

APORTES Y DESAFÍOS PARA LA EDUCACIÓN FÍSICA, EL ENTRENAMIENTO, EL DEPORTE Y LA SALUD

Memorias de ponencias presentadas

**Primer Congreso Internacional
en Ciencias de la motricidad humana
Mar del Plata, 2021**

**Construyendo caminos
y encontrando puntos de encuentro**

3 y 4 de julio de 2021

Universidad FASTA. Facultad de Ciencias de la Educación.
Primer Congreso Internacional en Ciencias de la motricidad humana, 2021:
Memoria de ponencias presentadas: aportes y desafíos para la Educación
Física, el entrenamiento, el deporte y la salud /
1a ed. – Mar del Plata: Universidad FASTA, 2021.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-48372-0-2

1. Educación Física. 2. Deportes. 3. Ergonomía. I. Título.
CDD 796.071



**Primer Congreso Internacional en
Ciencias de la motricidad humana
Mar del Plata, 2021**
Memorias de ponencias presentadas

**Aportes y desafíos para la
Educación Física, el entrenamiento,
el deporte y la salud**

Construyendo caminos y
encontrando puntos de encuentro

3 y 4 de julio de 2021



ÍNDICE

Prólogo	5
<i>Prof. Santiago Mancuso, Mg. Sergio Córdoba, Prof. Esp. Mariano Ferro, Lic. Alejandro De Brandi</i>	
Actividad física, medios tecnológicos de pantalla y dinámica social en adolescentes.....	9
<i>Dr. José Devís Devís</i>	
Educación Física y salud como modelo pedagógico.	29
<i>Dra. Carmen Peiró Velert</i>	
Moverse y pensar: Proyecto Albatros. Una perspectiva práctica para la aplicación de los avances en neurociencia en la educación física inclusiva.....	43
<i>Dra. María del Carmen González-André</i>	
Moverse y pensar: incidencia del diseño de las tareas motrices en la mejora de las funciones ejecutivas	64
<i>Mg. Marc Guillem Molins</i>	
<i>Moverse y pensar: influencia de una dosis puntual de ejercicio sobre la consolidación de los aprendizajes en la memoria</i>	<i>79</i>
<i>Mg. Eric Roig Hierro</i>	
Moverse y pensar: influencia de la práctica de actividad física en la mejora de los aprendizajes en edad escolar	99
<i>Mg. Gabriel Díaz Cobos</i>	
Nuevos desafíos para la programación del ejercicio saludable.....	110
<i>Dr. Adrián Casas</i>	

Planificación y metodología en el desarrollo de la formación deportiva	134
<i>Dr. José Bruneau</i>	
Ejercicio, gasto energético y consumo de grasas: consideraciones evolutivas, prácticas y limitaciones	150
<i>Prof. Esp. Mariano Ferro</i>	
Hipoxia intermitente	173
<i>Lic. Fernando Lozano</i>	
El entrenamiento pliométrico: frenando un mito.....	201
<i>Lic. Ignacio Costa, Prof. Guillermo Oste</i>	
Abordaje interdisciplinario en el tratamiento de la persona con enfermedad cardiovascular - INaRePS.....	216
<i>Dr. Diego Mercader, Lic. Santiago Rossin, Lic. Alejandra Vicente, Mg. Sergio Córdoba</i>	
Efectos de ejercicios de fuerza y aeróbicos en el estado cognitivo en adultos mayores	246
<i>Dr. Humberto Castillo Quezada</i>	
Gestión deportiva: análisis de la percepción del usuario y el espectador en el mundo del deporte.....	263
<i>Dr. Sergio Aguado Berenguer</i>	
La promoción de estilos de vida activos desde la clase de Educación Física: el Proyecto colaborativo EVA (resumen)	303
<i>Dr. Jorge Lizandra Mora</i>	

PRÓLOGO

Es, fue y será memorable escuchar a personas contarnos cosas, anécdotas y vivencias. ¿Será la voz, el conocimiento, su experiencia o magia?

Tal vez un poco de todo, pero lo que es innegable, es que todos pasamos por ese lugar. Algunos de noche, antes de dormir, otros de tarde compartiendo un mate o en alguna mañana donde el tiempo sobra. Escuchar a los que saben siempre es una linda experiencia. Imagine escuchar a muchos, docenas, varones y mujeres, más o menos longevos. Eso es único, magnífico.

Entonces deténgase y lea estas líneas ya que encontrará datos, que Usted lector-a, podrá ubicar donde quiera y para lo que quiera. Seguramente hallará la explicación necesaria para la resolución de problemas eternos o simplemente se sorprenderá y quizás aprenda algo nuevo.

Lo que le podemos garantizar, es que no le pasará por alto este texto. Oirá en estas letras el sonido de la sabiduría, la reflexión y la experiencia. Se cruzará con su trabajo, con su formación, con sus compañeros, con sus lugares y tal vez con sus afectos.

Lo invitamos a leer el trabajo de un grupo de especialistas curiosos y comprometidos liderados por Alejandro De Brandi y Mariano Ferro, docentes de esos que dejan huellas en una recopilación de datos sobre las Ciencias aplicadas al deporte.

Considero el leer como un estado de bienestar muy vivificante. Los médicos prescriben leer; aunque pasen los años, hay quienes creen y lo hacen. Y aunque no hay ninguna certeza que asegure a la lectura perpetua como garantía de salud o bienestar, estoy seguro de que nos aparta de algunas formas de vida neuróticas y nocivas en un país que necesita tranquilidad. Por lo tanto, no podemos despegarnos de las utopías. La de escribir estas vivencias del Congreso de la motricidad humana y la de vivir mejor leyendo.

Prof. Santiago Mancuso¹

¹ Secretario Académico del Instituto Superior de Educación Física del Club Quilmes de Mar del Plata. Docente integrante del departamento de deportes de la Universidad Tecnológica Nacional de la ciudad de Mar del Plata. E-mail: santirecreo@yahoo.com.ar

La situación que hemos vivenciado desde principios de 2020 ha impactado de diversas formas en todos nosotros; desde los espacios académicos hemos tratado de continuar con la formación de recursos humanos desde nuestro campo disciplinar de la Educación Física, fomentando los espacios de discusión académica e investigación científica.

En los inicios del año 2021, el director del Instituto Superior del Profesorado en Educación Física del Club Atlético Quilmes, Mariano Ferro y el director de la Licenciatura en Educación Física de la Facultad en Ciencias de la Educación de la Universidad FASTA, Alejandro De Brandi, pensaron en aunar esfuerzos para poder generar un Congreso Internacional que tuviera como objetivo poder congregar diversas miradas acerca de variados temas vinculados con las Ciencias de la motricidad humana.

El trabajo mancomunado entre los equipos de gestión las dos Instituciones Educativas, tuvo como corolario la generación del I Congreso desarrollado en el mes de julio de 2021. Los aportes que generaron diferentes equipos y la mirada interdisciplinaria de diferentes abordajes, han realizado un aporte que considero muy provechoso para el desarrollo de la Educación Física.

Destaco el apoyo incondicional de la totalidad de profesionales que colaboraron desinteresadamente como docentes en cada una de las ponencias.

Por último y no menos importante, la generación del libro digital distribuido para todas las personas que se han inscripto en el Congreso, permitirá tener plasmada cada una de las ponencias de los profesionales participantes.

Una vez más, el trabajo interinstitucional de los equipos de gestión permitirá generar un pequeño aporte a nuestro campo disciplinar.

Mg. Sergio Córdoba²

El desarrollo del Congreso fue el corolario de una acción conjunta entre dos instituciones que trabajaron mancomunadamente para la concreción de un evento que

² Coordinador de la Licenciatura en Educación Física a Distancia - Universidad FASTA – Mar del Plata – Argentina. E-mail: scordoba@ufasta.edu.ar

mostró, una vez más, que cuando hay voluntad, entusiasmo, profesionalismo y pasión por lo que se hace, los límites se esfuman.

Durante meses hemos trabajado en conjunto los equipos de la Universidad FASTA y el ISPEF Club A. Quilmes de la ciudad de Mar del Plata. El camino recorrido fue un proceso de aprendizaje, que culminó con la emoción de ver plasmado en dos canales de transmisión un evento de nivel internacional de características únicas.

Hemos innovado desde 2020 con la realización de los dos primeros congresos virtuales y el éxito obtenido en aquel entonces nos motivó a ir por más. Fueron reuniones y conversaciones enriquecedoras y vitalizantes, que de alguna manera nos transformaron. Cuando uno se anima, y da ese primer paso, todo comienza a cambiar. ¡Y así fue! Del otro lado, enormes profesionales de la Educación Física y las Ciencias del Ejercicio, que dieron una y otra vez su apoyo incondicional y desinteresado para darle a este congreso la jerarquía que finalmente tuvo.

Como corolario, la presentación de este libro, que viene a ser “la frutilla del postre”, el esfuerzo, el profesionalismo, la perseverancia y la pasión (una vez más), plasmado en una publicación, y eso no es poco.

Prof. Esp. Mariano Ferro³

En equipo, siempre es más fácil. Dos Instituciones emblemáticas de Mar del Plata, dedicadas a la Educación y a promover valores esenciales para la construcción de una sociedad mejor, nos hemos unido para generar el primer Congreso Internacional en Ciencias de la motricidad humana, en su modalidad virtual. Después de experiencias individuales exitosas, nos propusimos potenciar la capacitación y la investigación desde nuestras miradas y experiencias personales.

Estos dos equipos directivos, desde la formación terciaria uno y desde la universitaria otro, quieren resaltar esta relación y reflejar la necesidad de promover hábitos de capacitación permanente más allá de nuestras aulas y trayectos académicos de base, en nuestros alumnados.

³ Prof. En Educación Física (ISPEFCAQ) / Esp. Fisiología del Ejercicio (UNLP) /Director en ISPEF CAQ. E-mail: direccion@ispefcaq.edu.ar

Un agradecimiento especial y necesario, a la Comisión directiva del Club Quilmes en la figura de su presidente Jorge Unzué; a la Universidad Fasta, en particular a su Rector Dr. Juan Carlos Mena y la Decana de la Facultad de Ciencias de la Educación, Mg. Melania Inés Markman. A la Secretaria de Extensión de la Facultad de Ciencias de la Educación, Prof. Marcela Mendiguren y la Coordinadora de Extensión de dicha Unidad Académica, Lic. Cecilia De Pablo. A la Secretaria de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Educación, Mg. María Eugenia Huinchulef, motor fundamental de esta publicación.

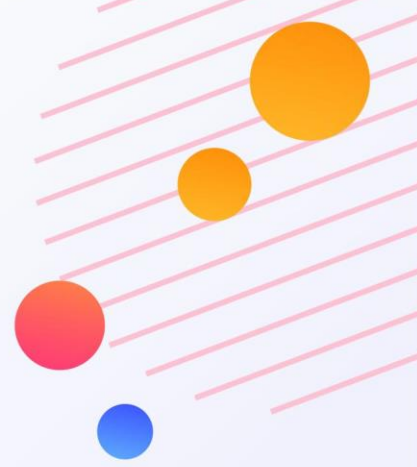
A todos los disertantes un apartado muy especial, por dedicarnos un tiempo extra antes, durante y después del congreso y a todos los-las profesionales de la Educación Física que nos acompañaron durante las disertaciones y ahora lo harán, con la lectura y la difusión de este libro, que compila las ideas y el trabajo de muchos profesionales amigos que hemos logrado a lo largo de nuestros recorridos en la Educación Física.

Creando firmemente, en que éste es el camino que debemos transitar para una jerarquización de la Educación Física, más integral, inclusiva, colaborativa y que promueva hábitos de vida saludable para nuestras sociedades. Que disfruten de la lectura y que promuevan acciones concretas en su futuro inmediato.

Lic. Alejandro Fabián De Brandi⁴

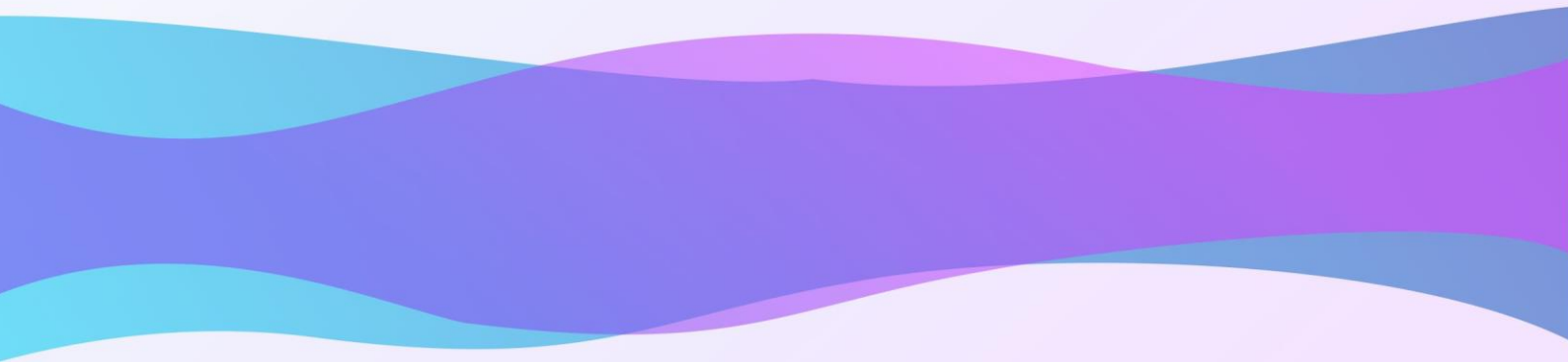
4

Director de la Licenciatura en Educación Física a Distancia - Universidad FASTA – Mar del Plata – Argentina.
E-mail: debrandiale@ufasta.edu.ar



Actividad física, medios tecnológicos de pantalla y dinámica social en adolescentes

Dr. José Devís Devís



ACTIVIDAD FÍSICA, MEDIOS TECNOLÓGICOS DE PANTALLA Y DINÁMICA SOCIAL EN ADOLESCENTES ESPAÑOLES

*José Devís Devís*⁵ – Jose.Devis@uv.es

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Universidad de Valencia, España.

Resumen

Los cambios sociales, culturales y tecnológicos en las sociedades posmodernas están afectando a los estilos de vida de las personas. Los jóvenes, en particular, crecen y se socializan con los recursos y las posibilidades ofrecidas por estos cambios. Diversos estudios cuantitativos españoles, y también los internacionales, señalan la disminución de actividad física en los adolescentes durante los últimos años, sin contar el periodo de pandemia de la COVID-19. Además, las chicas continúan realizando menor actividad física que los chicos adolescentes y dicha actividad disminuye con la edad. En cambio, aumenta el uso de los medios tecnológicos de pantalla, más entre los chicos que entre las chicas, aunque depende del tipo de medio. Esto apunta a una posible hipótesis de sustitución entre estos dos tipos de actividades, si bien los estudios no son concluyentes al respecto. Los estudios cualitativos recientes sobre los factores personales, sociales y medioambientales de la (in)actividad física de los adolescentes españoles dibujan una dinámica social que completa la comprensión de la práctica en esta etapa crucial del desarrollo humano.

Palabras clave: actividad física, medios tecnológicos de pantalla, hipótesis de sustitución, modelo socioecológicos, factores socioculturales, adolescentes.

⁵ José Devís Devís es Catedrático de Universidad y Director del Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universitat de València (España). Es Licenciado en Educación Física por el INEF de Madrid y Doctor en Filosofía y Ciencias de la Educación por la Universidad de Valencia. Ha participado en diversas titulaciones de Licenciatura/Grado, Master y Doctorado de diversas universidades y ha sido profesor-investigador en diversas universidades del Reino Unido. De su amplia actividad académica destacan varios libros: 'Nuevas perspectivas curriculares en educación física', 'Educación física, deporte y currículum', 'Actividad física, deporte y salud', 'Actividad física, deporte y salud en el siglo XXI' y 'Los discursos sobre las funciones de la educación física escolar. Continuidades, discontinuidades y retos'. Coordina el Grupo de Investigación 'Actividad Física, Educación y Sociedad' (AFES) de la Universitat de València y realiza una destacada labor de formación de investigadores.

Introducción

En las sociedades desarrolladas de las últimas décadas han aumentado las posibilidades de ocio de las personas, más que por un aumento del tiempo libre por un incremento en la diversidad de actividades y la incorporación de medios tecnológicos. Así, por ejemplo, los videojuegos permiten a las personas una serie de actividades, impensables hace unos pocos años, que conviven con otras actividades de ocio más tradicionales como el deporte y la práctica física. Pero, además, surgen nuevas prácticas que transforman las anteriores e incluso emergen de la combinación de actividades tecnológicas y tradicionales, tales como los videojuegos activos.

Tanto unas actividades como otras han acabado formando parte del estilo de vida de las personas de comienzo del siglo XXI, especialmente de los niños, niñas y adolescentes, porque han tenido a su alcance los recursos tecnológicos y las posibilidades de su uso desde su nacimiento. Es decir, el contexto sociocultural y el proceso de socialización de los jóvenes que han crecido con dichos recursos y posibilidades de uso ha ido construyendo las prácticas, los patrones de uso o actividad, las expectativas, las actitudes y los valores de los estilos de vida de nuestros niños y niñas y adolescentes. En este sentido, no podemos entender el estilo de vida como una simple conducta individual, sino como una construcción sociocultural (Bourdieu, 1998). Para Giddens (1997), el estilo de vida es el conjunto de prácticas que realiza una persona no sólo para satisfacer necesidades utilitarias sino para dar forma material a una particular manera de identidad personal. Para otros, es una concreción individual de condicionantes sociales, culturales, políticos y económicos particulares (Cockerham, 2005).

En el ámbito de la salud pública, se ha enfatizado mucho este término para identificar y favorecer estilos de vida saludables entre la población. Asimismo, aquellos interesados en el papel que juega la actividad física en la salud de las personas han llegado a acuñar el término de 'estilo de vida activo'. A finales del siglo XX se comenzó a utilizar dicho término para referirse a los beneficios físicos, psíquicos, sociales y medioambientales asociados a la práctica física e integrar las distintas experiencias de actividad física en la vida diaria de las personas (Curtis y Russell, 1997; Quinney, Gauvin y Wall, 1994).

Desde nuestro punto de vista, el estilo de vida activo permite conocer las conductas de 'actividad física' y precede 'inactividad' y, a la vez, comprender las circunstancias personales y socioculturales de las decisiones de las personas para implicarse o no implicarse en algún tipo de actividad física. Para los intereses de este trabajo, el estilo de vida activo atiende tanto a las prácticas físicas como a las sedentarias que realizan las personas para hacerse una idea del estilo global de vida. El uso de medios tecnológicos emerge, así, como un conjunto de actividades que, hasta hace poco, se han considerado conductas sedentarias por la literatura especializada y permiten ser estudiadas conjuntamente, tal y como haremos en este trabajo.

Las características de la infancia y la adolescencia y su relación con el tema

Los intereses, necesidades, características evolutivas y comportamentales, así como las respuestas fisiológicas de los niños, niñas y adolescentes ante la actividad física, difieren de las correspondientes a las personas adultas. Como ya es sabido, los niños y las niñas, no son adultos en miniatura. Durante la infancia, las actividades en las que se implican son muy variadas (juegos de persecución, trepa, lucha, juegos de patio, etc.), las realizan de manera intermitente y esporádica, y alternan la actividad vigorosa y el descanso (Corbin, Pangrazi y Welk, 1994; Welk, 1999). Con ello, los infantes consiguen un alto volumen de actividad física al día a pesar de no realizar un ejercicio físico continuo y de alta intensidad. Es interesante resaltar que esta forma de realizar actividad física conduce a un crecimiento y desarrollo óptimo. Asimismo, existen otras diferencias con los adultos, a nivel cognitivo, como la poca capacidad para el pensamiento abstracto y la menor capacidad de procesar información. Esto significa que los niños no persisten en una actividad si no ven razones concretas para hacerla, es decir, si los beneficios son poco tangibles y a más largo plazo como, por ejemplo, la salud o la condición física. Además, confían y dependen todavía mucho de sus padres e iguales en lo referente a sus valores y creencias.

Por otra parte, la adolescencia es considerada una etapa de transición comprendida entre la niñez y la edad adulta, caracterizada por grandes cambios físicos, psicológicos y sociales, y por la consecuente adecuación y concreción hacia una vida adulta en sociedad. En este periodo, los patrones de consumo en el uso de los medios y la participación en

actividades físicas no sólo satisfacen las necesidades utilitarias, sino que también contribuyen a la composición de una identidad propia. Las investigaciones recientes sugieren que los estilos de consumo juegan un papel importante en el mantenimiento de un sentido estable y coherente de su identidad, dando forma a sus nuevos deseos y facilitando su sentido de pertenencia. En cierta forma, todos estos factores combinados se convierten en la expresión de una subcultura juvenil. En este sentido, hacerse con el ordenador de moda, ver el último programa de televisión, jugar a los videojuegos de un compañero, hacer deporte con los amigos o amigas e intercambiar cubiertas móviles y tonos de llamada, son prácticas que facilitan la participación de los adolescentes en las redes y las relaciones sociales (Humphrey, 1998; Miles, 2000).

La actividad física y el uso de medios tecnológicos entre los jóvenes

Los beneficios asociados a un estilo de vida activo adquieren una especial importancia cuando nos referimos a niños, niñas y jóvenes por sus repercusiones a corto y a largo plazo, de modo que convierten a la actividad física en un elemento clave para las políticas sociales y de salud de las distintas administraciones públicas. No obstante, diversos estudios resaltan que es precisamente en la adolescencia cuando la implicación en actividad física suele comenzar a deteriorarse y a disminuir su interés y participación en las actividades físicas. Los informes y revisiones de estudios norteamericanos y europeos revelan que un amplio porcentaje de niños, niñas y adolescentes no están realizando suficiente actividad física para su salud, lo que constituye actualmente un motivo de preocupación en el ámbito de la salud pública (Blair, 2003; Cavill, 2001; Fox, Cooper y McKenna, 2004; Sallis y Owen, 1999; Welk, Eisenmann y Dollman, 2006).

En el contexto español, son diversos los estudios realizados en esta línea (Cantera y Devís, 2000; García Ferrando, 2006; Lasheras, Aznar, Merino y Gil, 2001; Mendoza, Sagrera y Batista, 1994; Peiró, Devís, Beltrán y Fox, 2008; Román, Serra, Ribas, Pérez y Aranceta, 2006; Zaragoza et al. 2006) y los principales resultados derivados de ellos, realizados con diferentes metodologías, indican:

- la existencia de un alto porcentaje de adolescentes inactivos, especialmente las chicas;
- la disminución de práctica física con la edad;
- el aumento de actividad física en aquellos adolescentes con niveles socioeconómicos más altos, sobre todo la realizada en el tiempo de ocio; y
- la variación en los niveles de actividad física en función del tipo de día y la época del año.

Los resultados relativos al género, edad y estatus socioeconómico coinciden con la literatura internacional (p.ej. Department of Health, 2004; Telama y Yang, 2000; Wright, Macdonald y Groom, 2003). En cambio, existen diferencias en cuanto a la variación de la actividad física según el tipo de día y la época del año. Los estudios internacionales indican que se realiza más actividad en verano que en invierno y entre semana que los días de fin de semana (p.ej. Jago, Anderson, Baranowski y Watson, 2005; Plasqui y Westerterp, 2004; Rowlands y Hughes, 2006; Silva, Santos, Welk y Mota, 2011). En cambio, en los estudios españoles se realiza más actividad los fines de semana y no existe acuerdo respecto a la época del año, ya que en algunos trabajos se realiza más práctica en invierno que en otoño y otros estudios menos en invierno que en primavera (Cantera y Devís, 2002; Peiró et al., 2008; Zaragoza et al., 2006). Probablemente el clima de las distintas zonas de España en que se han realizado las investigaciones se encuentre detrás de dichas diferencias.

A la preocupación que suscita la práctica física entre los adolescentes, se le añade el incesante uso de los medios tecnológicos por parte de la población joven. El consumo de horas ante la televisión sumadas al tiempo, cada vez mayor, que emplean los jóvenes en los nuevos medios tecnológicos (móvil, videojuegos y ordenador) se está convirtiendo en una conducta sedentaria que progresivamente va incorporándose al estilo de vida de un amplio sector de esta población, con las consecuencias negativas que esto comporta para la salud (AAP, 2001; Viner y Cole, 2005). De hecho, en la última década, son numerosos los estudios relativos a los estilos de vida de los niños, niñas y jóvenes que incorporan el uso de estos medios como una de las principales conductas sedentarias. La literatura especializada, tanto nacional como internacional, señala la existencia de variaciones en el uso de los medios

según la edad y el género, pero dependiendo del tipo de medio (televisión, ordenador, videojuegos o móvil), lo que muestra resultados menos concluyentes que en la práctica física (Bercedo et al., 2005; Christakis, Ebel, Rivara y Zimmerman, 2004; Garitaonandía, Fernández y Oleaga, 2004; Hardy, Dobbins, Denney-Wilson, Okely y Booth, 2006).

Un aspecto de especial preocupación se refiere al efecto sustitutorio de esta conducta con respecto a la práctica de actividad física ('hipótesis de la sustitución'). Según esta hipótesis, el tiempo que los adolescentes le dedican al uso de medios tecnológicos lo restan al tiempo de participación en actividad física y deportiva en su tiempo de ocio (Buchowski y Sun, 1996; DuRant, Baranowski, Johnson y Thompson, 1994). De ahí que los agentes e instituciones preocupadas por la salud pública de la población se estén tomando muy seriamente estas conductas porque se trata de edades en las que se va consolidando el estilo de vida del futuro como adultos.

Sin embargo, los estudios y revisiones recientes arrojan datos inconsistentes y poco claros sobre la hipótesis de la sustitución. Tal y como señala Vandewater (en Kfg, 2004):

Con la introducción de la televisión, hubo unos primeros estudios que se ocuparon de la televisión en comunidades rurales. Estos estudios mostraron una ligera disminución de actividad física, pero a lo largo del tiempo los niveles de actividad física volvieron a sus valores normales una vez dejó de ser una novedad. La evidencia epidemiológica reciente es inconsistente cuando se observa la prevalencia del fenómeno entre la población (p. 14).

En esta misma línea se manifiestan los autores de dos de las revisiones sistemáticas más citadas internacionalmente (Marshall, Biddle, Gorely, Cameron y Murdey, 2004; Sallis, Prochaska y Taylor, 2000) y un estudio longitudinal posterior (Taveras et al., 2007). Uno de los trabajos recientes que relaciona el uso de medios, la actividad física y la obesidad (Wong y Leatherdale, 2009), así lo indica textualmente:

La conducta sedentaria [uso de medios tecnológicos] y la actividad física no son conductas mutuamente excluyentes. El riesgo relativo del sobrepeso entre los adolescentes que son altamente sedentarios y altamente activos no está claro. (p.1, subrayado en el original).

La propia evolución de la industria tecnológica parece incluso estar evidenciándolo más con la aparición en el mercado de algunos videojuegos que implican mayor actividad física de los participantes y otros incluso de carácter específicamente deportivo. En esta misma línea se situarían las aportaciones del profesor Castells (2006) cuando considera que la tecnología no reduce las relaciones sociales y la participación en actividades sociales, contrariamente a lo que podía pensarse al comienzo de la revolución tecnológica.

Estas evidencias nos sitúan ante un escenario en el que las relaciones entre las conductas sedentarias provocadas por el uso de medios tecnológicos y la actividad física todavía no son claras y son necesarios más estudios que apoyen la idea de que los medios tecnológicos 'sustituyen' o 'desplazan' a la actividad física o si, por el contrario, hay tiempo para ambos en la vida de los adolescentes. Asimismo, es necesario indagar en las posibles diferencias de implicación en actividad física y medios tecnológicos dependiendo del tipo de día (entre semana y fin de semana) y época del año. En el mismo sentido, otros estudios señalan la necesidad de incluir en las investigaciones las nuevas tecnologías de pantalla como, por ejemplo, el teléfono móvil, dado que el consumo de este medio está cada día más extendido entre los adolescentes y sus múltiples usos pueden afectar su implicación en actividad física y la prevalencia de la obesidad entre ellos.

A continuación, nos centraremos en el nivel de práctica física de los adolescentes valencianos (del este de la península Ibérica), el tiempo que dedican al uso de los medios tecnológicos y a sus relaciones.

Los niveles de actividad física y el uso de los medios tecnológicos en los jóvenes valencianos

Las investigaciones realizadas en los últimos años con adolescentes valencianos y valencianas de 12 a 16 años y de 17 a 18 años, corroboran los patrones de actividad física de otros estudios (Peiró, et al., 2008; Beltrán, Devís y Peiró, 2012). En general, los resultados indican que las actividades más realizadas diariamente son las muy ligeras (10h. 37min.) y las menos realizadas son las más intensas como, por ejemplo, los deportes organizados (51 min.). En relación con el sexo, las chicas son más inactivas que los chicos, de modo que sólo

un 28,98% son activas frente al 65,99% de los chicos activos. Cabe añadir que esta inactividad se ve acrecentada con la edad, de modo que los y las adolescentes más jóvenes (12-16 años) son más activos (68%) que los adolescentes de 17-18 años (52% activos).

No obstante, nuestros estudios muestran algunas diferencias al compararlos con los resultados de otros estudios que han utilizado la misma metodología. Así, por ejemplo, el consumo medio de energía de los adolescentes valencianos es de 41,46 Kcal/kg/día, con un 68% de los adolescentes dentro de la categoría de activos, mientras que el gasto energético de los adolescentes de otras zonas españolas, como Aragón, es menor (38,6 Kcal/kg/día, con un 57% de los adolescentes activos) (Cantera y Devís, 2000; Zaragoza et al., 2006). La diferencia todavía es mayor con el gasto energético de los adolescentes de otros países de nuestro entorno, como Inglaterra, donde los adolescentes gastan diariamente 36,71 Kcal/kg/día, y sólo un 32% de son activos (Cale, 1994).

Otros factores como la época del año o el tipo de día son también determinantes en los patrones de actividad e inactividad de los jóvenes valencianos. En referencia a la época del año, los resultados del estudio revelan que son más activos en invierno que en otoño (ver figura 1). Comparativamente, este patrón es contrario al que presentan los y las adolescentes de Aragón e Inglaterra que son menos activos en invierno que en otoño/primavera. Estos datos hacen pensar que factores tales como las horas de luz solar y el clima, con temperaturas generalmente más suaves en invierno, pueden explicar los valores más altos de los adolescentes valencianos. Tal y como coinciden otros estudios, las buenas condiciones climáticas favorecen la realización de prácticas físicas al aire libre en el tiempo de ocio.

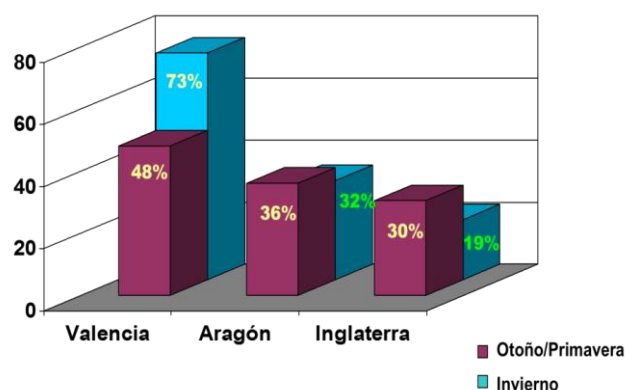


Figura 1. Porcentaje de adolescentes activos según la época del año.

En lo concerniente al tipo de día, el porcentaje de adolescentes valencianos activos es mayor en el fin de semana que entre semana (ver figura 2). Este resultado coincide con el obtenido en el estudio con los adolescentes aragoneses, aunque en éste apenas hay diferencias entre los dos tipos de días. Sin embargo, estos resultados contrastan con los de estudios extranjeros en los que los adolescentes son más activos durante la semana que en el fin de semana.

Es posible que, en este punto, exista algún otro aspecto cultural ligado a una mejor planificación del tiempo libre o una mayor práctica organizada los fines de semana entre los adolescentes españoles, comparado con los adolescentes ingleses. Al mismo tiempo, cabría reflexionar e indagar sobre la influencia de la Educación física escolar, cuyas actividades se llevan a cabo entre semana, y los niveles de actividad física de los escolares adolescentes.

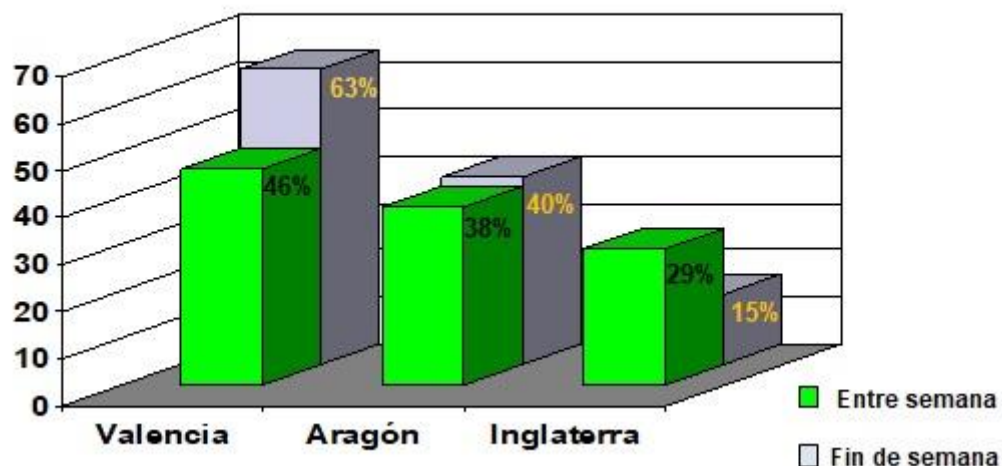


Figura 2. Porcentaje de adolescentes activos según el día de la semana.

Por lo que respecta al uso de los medios tecnológicos en la adolescencia, nuestra propia investigación con adolescentes valencianos y valencianas de 12 a 16 años y de 17 a 18 años (Devís, Peiró, Beltrán y Tomás, 2009; Beltrán, Devís y Peiró, 2012) revela que el tiempo promedio de uso de estos medios tecnológicos (TV, ordenador y móvil) es menor que el tiempo de uso de los adolescentes de otros países, por ejemplo, de Estados Unidos o Australia (ver figura 3). Destaca especialmente los bajos valores de tiempo dedicado al

ordenador y videojuegos entre los y las adolescentes valencianos y aunque la TV es el que acumula más tiempo de uso entre los medios tecnológicos que usan los jóvenes de nuestro estudio (1,73 horas), se encuentra dentro de las recomendaciones de la *American Academy of Pediatrics* (AAP) de ver la TV entre 1 y 2 horas diarias como máximo. Otros resultados de nuestro estudio revelan que el tiempo de uso de los medios aumenta con la edad y los adolescentes de nivel socio-económico más alto dedican más tiempo al uso de medios tecnológicos.

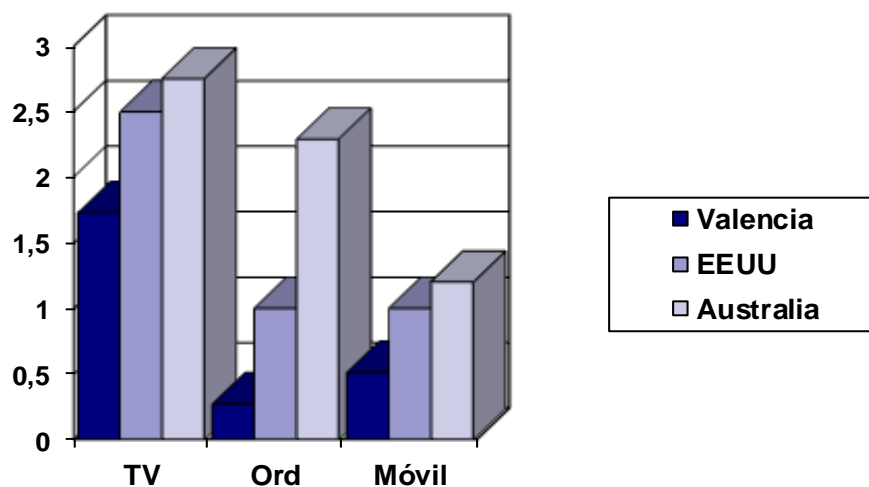


Figura 3. Tiempo medio de uso diario de TV, ordenador y móvil (horas).

Por otra parte, al analizar el tiempo de uso de los adolescentes valencianos según el tipo de día, se observa una variación respecto a la TV y al móvil, dependiendo de si lo utilizan entre semana o fin de semana, con un uso mayor en fin de semana. No obstante, esa diferencia no es significativa con el ordenador/videojuegos (ver figura 4). Estos datos parecen indicar que existe una menor penetración del ordenador y videojuegos en el estilo de vida de los adolescentes valencianos, en comparación con otros países desarrollados.

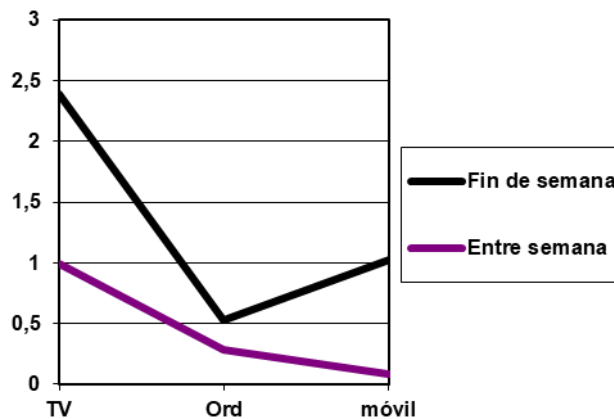


Figura 4. Tiempo medio de uso diario de TV, ordenador y móvil según tipo de día (horas).

A modo de resumen, los resultados previos referentes a los niveles de actividad física y el uso de medios tecnológicos de los adolescentes de nuestro estudio apuntan, en general, a un aumento del tiempo dedicado a los medios y una reducción de la práctica de actividad física con la edad. Todo ello parece anticipar la existencia de la denominada Hipótesis de la Sustitución, es decir, que conforme aumenta el tiempo dedicado a los medios tecnológicos disminuye el dedicado a la actividad física, como si fuera por un efecto de sustitución.

Dado que, como se ha argumentado en el apartado anterior, los estudios y revisiones de la literatura especializada arrojan resultados contradictorios y poco claros con respecto a la Hipótesis de la Sustitución, nuestro estudio intentaba indagar en este sentido y ver qué patrones de comportamiento tenían los adolescentes valencianos (Devís, Peiró, Beltrán, y Tomás, 2012). Así, por ejemplo, hemos encontrado relaciones diferentes entre los distintos medios tecnológicos y los diversos tipos de actividad física (ligera, moderada y vigorosa) dependiendo del tipo de día de la semana.

Tal y como puede observarse en la figura 5, entre semana, el tiempo dedicado a ver la TV se relaciona negativamente con la AF vigorosa, es decir, que la TV compite con la práctica física y deportiva vigorosa del tiempo de ocio de los y las adolescentes y no con la actividad física rutinaria u obligatoria como ir a la escuela o pasear con los amigos y amigas. También entre semana, se observan correlaciones positivas entre el uso del móvil y las actividades físicas ligeras, de modo que a mayor tiempo de uso de móvil más aumentan las AF ligeras

como, por ejemplo, caminar. Esta relación resulta coherente con la naturaleza de este medio tecnológico, ya que el móvil es de los pocos medios que permite el desplazamiento mientras se utiliza.

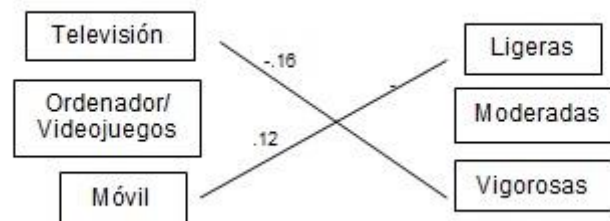


Figura 5. Relaciones entre el tiempo de uso de medios tecnológicos y tipos de AF entre semana.

Por otra parte, en el fin de semana, el consumo de TV y el uso del móvil se relacionan negativamente con las actividades físicas ligeras y las moderadas, pero no las vigorosas (Figura 6). Estos datos indican que la TV y el móvil, en cierto modo, compiten con este tipo de actividades físicas porque se trata de días en los que los adolescentes tienen más tiempo libre y tienen más cabida las actividades físicas vigorosas. Aquí resulta clave la versatilidad del móvil porque puede utilizarse en movimiento o como un medio más tradicional, lo que explica su flexibilidad atendiendo al tiempo disponible con que cuentan los usuarios adolescentes en fin de semana.

El uso del ordenador/videojuegos se correlaciona positivamente con actividades ligeras. Es decir, el uso del ordenador/videojuego no desplaza el tiempo dedicado a actividades ligeras, probablemente también por disponer de más tiempo en fin de semana.

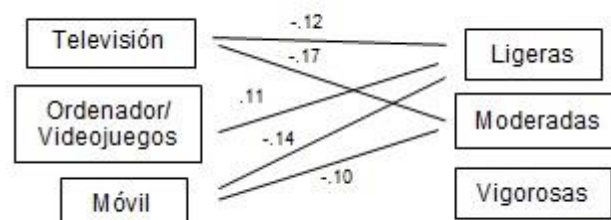


Figura 6. Relaciones entre el tiempo de uso de medios tecnológicos y tipos de AF en fin de semana.

5. La dinámica social de la participación física en adolescentes mayores españoles

Los datos que nos proporcionan los estudios anteriores, y muchos otros que no he mencionado, ofrecen información importante sobre el nivel y cantidad de actividad física que realizan los adolescentes. Es decir, si son activos o inactivos y las relaciones que esa actividad o inactividad tienen con otro tipo de variables personales, sociales o ambientales. Pero dicen poco de por qué son activos o inactivos y cómo se llega a dicha situación de actividad o inactividad. Por eso entendemos que es muy importante escudriñar en la dinámica social subyacente (mediante interacciones personales, sociales y medioambientales) que influye a chicos y chicas a ser activos o inactivos. Para ello, me centraré en el final de la adolescencia (chicos y chicas de 17-18 años) que son los que menos actividad física realizan, como hemos visto antes, y lo ilustraré con los estudios cualitativos de tipo socioecológico que hemos realizado dentro de nuestro grupo de investigación (Beltrán, Devís, Peiró y Brown, 2012; Devís, Beltrán y Peiró, 2015).

Aunque la ecología es un término que originalmente proviene de las ciencias biológicas, la perspectiva socioecológica se ha desarrollado durante las últimas décadas desde diferentes campos de las ciencias sociales y de la salud. Esta perspectiva considera los comportamientos y las comunidades humanas como sistemas complejos de interdependencias, de forma similar a los ecosistemas naturales. Se enfatizan, por tanto, las interacciones entre individuos, grupos, comunidades, instituciones sociales y entornos en los que se producen estas interacciones. Asimismo, la perspectiva socioecológica asume que los cambios sociales y ambientales producen o facilitan los cambios individuales y que la gente tiene la capacidad de actuar colectivamente para mejorar su salud al cambiar los contextos sociales y ambientales. Por lo tanto, los diferentes tipos de estilos de vida (in)activos surgen como consecuencia de la influencia que los factores y contextos particulares, así como sus interacciones, ejercen en las elecciones cotidianas de las personas. Dichos factores pueden desempeñar un papel inhibitorio o facilitador y pueden ser de naturaleza diferente, dependiendo de los ámbitos individuales, sociales y medioambientales que procedan.

La investigación socioecológica realizada con metodología cualitativa entiende que las conductas (in)activas de los adolescentes dependen de los significados que le asignan a la actividad física y la participación deportiva, en función de las interrelaciones entre los

factores, las capas sociales y los contextos que les afectan. Esto es así porque las personas no actúan mecánicamente y las interrelaciones entre factores influyentes funcionan como ‘cadenas de significado’. Por ello, presentamos algunos ejemplos en los que interactúan diversos factores que acaban facilitando o inhibiendo la práctica física en los adolescentes españoles.

La dinámica social entre factores personales y sociales con el género

La (in)competencia percibida se considera un factor influyente en los estilos de vida activos de los adolescentes, pero adquiere nuevas dimensiones cuando interactúa con otros factores personales y sociales, como el cuerpo, el género y los compañeros. La participación, especialmente de las chicas, se ve afectada por la apariencia corporal ante los chicos y el temor a ser evaluadas negativamente, tal y como sugieren estas citas:

Elisa: Hay chicas que como no tienen agilidad, no hacen gimnasia [...] para que no se ríen, por vergüenza y cosas de esas... (chica activa).

Laura: ...yo tenía poca facilidad para todo esto... [y] como los chicos se meten los unos con los otros y más... Yo, con poco que me decían... ya me hacían daño (chica inactiva).

Sin embargo, las burlas entre iguales no sólo se dirigen a las chicas, sino también a los chicos, aunque en este caso vinculadas a la gordura de los participantes en actividades físicas:

Andrés: ...Siempre ibas tú el último, que no podías con tu alma, y te pasaban... “¡Eh, venga va! ¡A ver si movemos el c...!” Pues eso te hace sentirte mal... Siempre había alguno que te hacía la puñeta... (chico inactivo).

Esta cita es un ejemplo de lo que Rukavina y Li (2008) llaman una actitud negativa anti-gordura. Es decir, un juicio negativo a las personas gordas que no se basa en los riesgos para la salud que tiene la obesidad, sino más bien en una atribución que hacen sobre estas personas, como la pereza y la estupidez. Según estos autores, el daño potencial que una actitud de este tipo puede acarrear para los estudiantes se convierte, como poco, en una barrera psicológica y emocional para llevar un estilo de vida activo.

La dinámica social entre factores sociales y ambientales con el género

El habitual apoyo que brinda la familia a los infantes para que participen en actividades físicas y deportivas, especialmente con el transporte, se transforma durante la adolescencia. Así, los chicos tienden a ganar autonomía como se ilustra en la siguiente cita:

Pablo: cuando era pequeño pues siempre [iba con mis padres]. Luego, cuando estaba con mis amigos, nos íbamos a buscar el bus y a entrenar. Después de entrenar cogías el bus y llegabas a casa y a estudiar o a la academia o a lo que sea. Y luego, desde que tuve la moto [iba] a cualquier sitio de la ciudad en la moto (chico activo).

Por el contrario, las chicas mantienen cierta dependencia de sus padres por razones de seguridad, ya sea por la posibilidad de incidentes en la zona donde practicaban deporte o debido a los horarios nocturnos de práctica:

Pilar: Y ahora cuando he sido mayor, pues, cojo el metro y el tranvía [...] Depende. Los días que salgo a las diez [de la noche] siempre me recogen [mis padres], siempre (chica activa).

Elisa: [...] porque yo salía a las nueve y media de la noche a veces del gimnasio, y claro, ya a esas horas [...] no hay mucha gente [...]y te puedes encontrar cualquier cosa [...] algunos días nos íbamos una amiga y yo, solas, andando a casa, y a lo mejor te encontrabas a algún... Por eso yo nunca me he ido sola a mi casa. Si no, venía mi madre a buscarme (chica activa).

Otras personas significativas de los adolescentes son los novios y novias, de tal manera que las chicas inactivas tienen un impacto negativo sobre sus novios activos. Como comentan los implicados, faltaban a algunos entrenamientos o llegaban tarde, o como señalaba un novio de una chica inactiva, “*decidí pasar más tiempo contigo que haciendo ejercicio*” (la novia estaba presente). Sólo en el caso de que ambos sean practicantes habituales el noviazgo no influye negativamente en la práctica, tal y como expresa uno de los chicos entrevistados:

Pablo: [...] yo he hecho deporte toda la vida y justamente mi novia también hace bastante deporte, juega a balonmano como yo. Y quitar tiempo del deporte no te lo quita

porque si ella entrena, tú entrenas y si tú tienes que ir a entrenar, tienes que ir a entrenar (chico activo).

Los entrenadores y profesores de educación física, también influyen en algunos adolescentes, para bien y para mal. De especial relevancia es la influencia que pueden ejercer sobre los adolescentes inactivos. Sin embargo, estos adolescentes suelen experimentar el rechazo, la exclusión, la reprimenda, la devaluación y el acoso en el contexto de la cultura de rendimiento, tal y como apunta el estudio de Beltrán, Devís, Peiró y Brown (2012) en el que participaron profesores o entrenadores y compañeros. Y, además, estas experiencias parecen tener sus diferentes enfoques según el género. Una de estas diferencias se observa en la atención diferente que reciben del profesorado de educación física, al menos, desde el punto de vista de las chicas. Así lo refleja Sara:

Sara: ... los profesores de gimnasia suelen mostrar gran cantidad de favoritismo. Por ejemplo, en nuestra clase, por lo general da mejores notas si eres un chico que una chica. Y luego siempre se fijan en el cuerpo que tienes. Si eres así como más atlético, o lo que sea, te pone más nota que si... (chica inactiva).

5.- A modo de conclusión

A la vista de los resultados de los distintos trabajos, incluidos los nuestros, podemos concluir que:

- Las relaciones entre el tiempo de uso de medios tecnológicos y de actividad física difieren según el tipo de medio tecnológico y el tipo de actividad física (ligera, moderada o vigorosa).

- Las relaciones difieren según tipo de día de la semana (entre semana o fin de semana).

- Estas relaciones entre tiempo de uso de medios tecnológicos y de actividad física no permiten saber concluyentemente si el primero desplaza al segundo.

- Son necesarios más estudios para poder confirmar la Hipótesis de la Sustitución o si, por el contrario, hay tiempo para ambas conductas en la vida de los y las adolescentes.

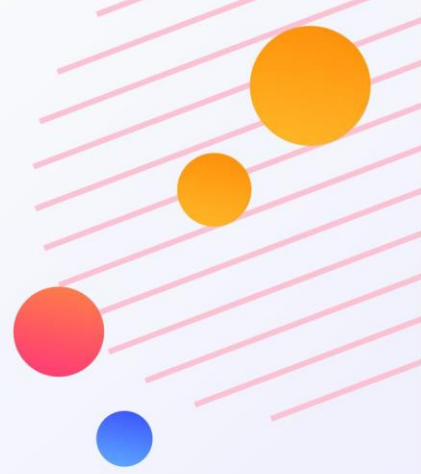
Las investigaciones cualitativas desde una perspectiva socioecológica contribuyen a iluminar y comprender las dinámicas sociales subyacentes a la participación físico-deportiva de los adolescentes que no son capaces de aportar los estudios cuantitativos.

Referencias bibliográficas

- American Academy of Pediatrics-AAP. (2001). Children, adolescents, and television. *Pediatrics*, 107(2), 423–426
- Beltrán-Carrillo, V., Devís-Devís, J. y Peiró-Velert, C. (2012), Actividad física y sedentarismo en adolescentes de la Comunidad Valenciana. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte*, 12 (45), 122-137.
- Beltrán-Carrillo, V.J.; Devís-Devís, J.; Peiró-Velert, C.; Brown, D.H. (2012). When Physical Activity Participation Promotes Inactivity Negative Experiences of Spanish Adolescents in Physical Education and Sport. *Youth & Society*, 44(1), 3-27.
- Beltrán-Carrillo, V., Valencia-Peris, A. y Molina-Alventosa, J.P. (2011), Los videojuegos activos y la salud de los jóvenes: una revisión de la investigación. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte*, 10(41), 203-219.
- Bercedo, A., Redondo, C., Pelayo, R., Gómez, Z., Hernández, M., & Cadenas, N. (2005). Consumo de los medios de comunicación en la adolescencia. *Anales de Pediatría*, 63(6), 516e525
- Blair, S.N. (2003). Physical activity, epidemiology, public health, and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 35(9), 1463.
- Bourdieu, P. (1998) *La distinción: criterio y bases sociales del gusto*. Colección Taurus Universitaria. Madrid: Taurus.
- Buchowski, M.S., & Sun, M. (1996). Energy expenditure, television viewing and obesity. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 20, 236-244
- Cale, L. (1994). Self-report measures of children's physical activity: recommendations for future development and a new alternative measure. *Health Education Journal*, 53, 439–453
- Cantera-Garde, M. A., & Devís-Devís, J. (2000). Physical activity levels of secondary school Spanish adolescents. *European Journal of Physical Education*, 5(1), 28–44
- Cantera-Garde, M.A. y Devís-Devís, J. (2002). La promoción de la actividad física relacionada con la salud en el ámbito escolar. Implicaciones y propuestas a partir de un estudio realizado entre adolescentes. *Apuntes Educación Física y Deportes*, 67, 54-62.
- Castells, M. (2006). *La sociedad red*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cavill, N. (2001). *Children and young people -The importance of physical activity*. Paper published in the context of the European Heart Health Initiative. Brussels: European Heart Network.
- Christakis, D. A., Ebel, B. E., Rivara, F. P. y Zimmerman, F. J. (2004). Television, video, and computer game usage in children under 11 years of age. *Journal of Pediatrics*, 145(5), 652-656.

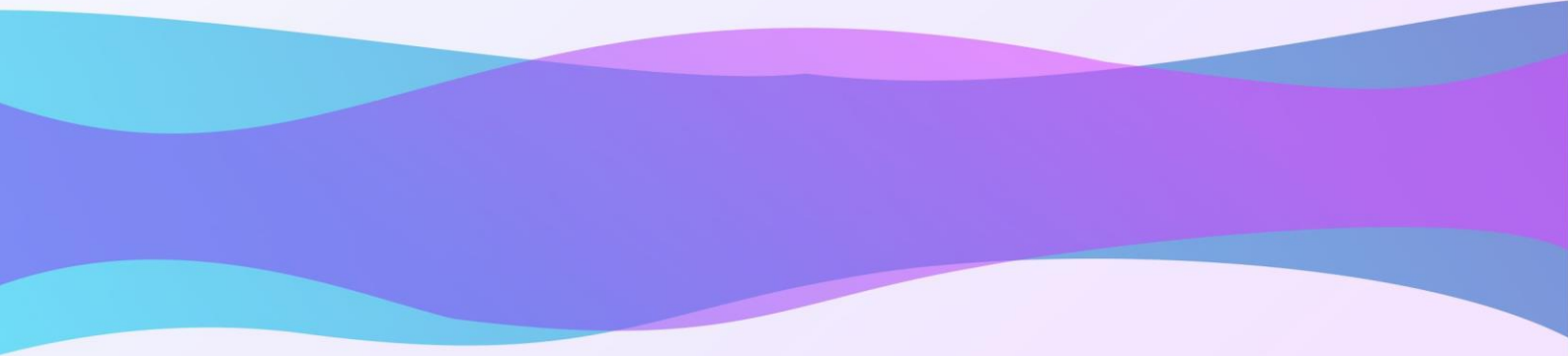
- Cockerham, W.C. (2005). Health Lifestyle Theory and the convergence of agency and structure. *Journal of Health and Social Behavior*, 46(1), 51-67.
- Corbin, C.B., Pangrazi, R.P., & Welk, G.J. (1994). Toward an understanding of appropriate physical activity levels for youth. *Physical Activity and Fitness Research Digest*, 1(8), 1-8.
- Curtis, J.E. y Russell, S.J. (1997). *Physical activity in human experience. Interdisciplinary perspectives*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Department of Health (2004). At least 5 a week: Evidence on the impact of physical activity and its relationship to health. A report from the Chief Medical Officer. London: Department of Health
- Devís-Devís, J., Peiró-Velert, C., Beltrán-Carrillo, V.J., y Tomás, J.M. (2009). Screen media time usage of 12-16-year-old Spanish school adolescents: Effects of socioeconomic factors, season and type of day. *Journal of Adolescence*. 39(2), 213-231.
- Devís-Devís, J., Peiró-Velert, C., Beltrán-Carrillo, V.J., y Tomás, J.M. (2012). Association between socio-demographic factors, screen media usage and physical activity by type of day in Spanish adolescents. *Journal of Adolescence*, 35 (1), 213-218
- DuRant, R. H., Baranowski, T., Johnson, M. y Thompson, W. O. (1994). The relationship among television watching, physical activity, and body composition of young children. *Pediatrics*, 94(4I), 449-455.
- Fox, K.R., Cooper, A. y McKenna, J. (2004). The school and promotion of children's health-enhancing physical activity: Perspectives from the United Kingdom. *Journal of Teaching in Physical Education*, 23, 338-358.
- Garitaonandía, C., Fernández, E. y Oleaga, J.A. (2004). Las tecnologías de la información y de la comunicación y su uso por los niños y los adolescentes. *Doxa*, 3, 45-64.
- García-Ferrando, M. (2006). *Posmodernidad y Deporte: Entre la individualización y la masificación. Encuesta sobre hábitos deportivos de los españoles 2005*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas. Consejo Superior de Deportes.
- Giddens, A. (1997). *Modernidad e identidad del yo. El yo y la sociedad en la época contemporánea*. Barcelona: Península.
- Hardy, L.L., Dobbins, T.A., Denney-Wilson, E.A., Okely, A.D. y Booth, M.L. (2006). Descriptive epidemiology of small screen recreation among Australian adolescents. *Paediatrics and Child Health*, 42, 709-717.
- Humphrey, K. (1998). *Shelf life: Supermarkets and the changing culture of consumption*. Melbourne, Cambridge: University Press.
- Jago, R., Anderson, C., Baranowski, T. y Watson, K. (2005). Adolescent patterns of physical activity: Differences by gender, day and time of day. *American Journal of Preventive Medicine*, 28, 447_452.
- Kfg (2004). The role of media in childhood obesity. The Henry J. Kaiser Family Foundation http://www.kaisernetwork.org/health_cast/uploaded_files/022404_Media_and_Obesity1.pdf (Consultado el 28 de Julio de 2009)
- Lasheras, L., Aznar, S., Merino, B., & Gil, E. (2001). Factors associated with physical activity among Spanish youth through the National Health Survey. *Preventive Medicine*, 32, 455-464.
- Marshall, S.J., Biddle, S.J.H., Gorely, T., Cameron, N., & Murdey, I. (2004). Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis. *International Journal of Obesity*, 28, 1238-1246.
- Miles, S. (2000). *Youth lifestyles in a changing world*. Buckingham: Open University Press.

- Peiró-Velert, C., Devís-Devís, J., Beltrán-Carrillo, V. J., & Fox, K. (2008). Variability of Spanish adolescents' physical activity patterns by seasonality, day of the week and demographic factors. *European Journal of Sport Science*, 8(3), 163–171.
- Plasqui, G. y Westerterp, K. R. (2004). Seasonal variation in total energy expenditure and physical activity in Dutch young adults. *Obesity Research*, 12, 688_694.
- Quinney, H.A., Gauvin, L. y Wall A.E.T. (1994). *Toward active living*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Román, B., Serra, Ll., Ribas, L., Pérez, C. y Aranceta, J. (2006). Actividad física en la población infantil y juvenil española en el tiempo libre. Estudio enKid (1998-2000). *Apunts. Medicina de l'Esport*, 151, 86-94.
- Rowlands, A. V., & Hughes, D. R. (2006). Variability of physical activity patterns by type of day and season in 8-10-year-old boys. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77, 391–395.
- Rukavina, P.B.; Li, W. (2008) School physical activity interventions: do not forget about obesity bias, *Obesity Reviews*, 9 (1), 67-75.
- Sallis, J.F. y Owen, N. (1999). *Physical activity and behavioral medicine*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Sallis, J. F., Prochaska, J. J., & Taylor, W. C. (2000). A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 963–975.
- Silva, P., Santos, R., Welk, G. y Mota, J. (2011). Seasonal differences in physical activity and sedentary patterns: The relevance of the PA context. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 66-72
- Taveras, E.M., Field, A.E., Berkey, C.S., Rifas-Shiman, S.L., Lindsay Frazier, A., Colditz, G.A., & Gillman, M.W. (2007). Longitudinal Relationship Between Television Viewing and Leisure-Time Physical Activity During Adolescence. *Pediatrics*, 119(2), e314-e319
- Telama, R. y Yang, X. (2000). Decline of physical activity from youth to young adulthood in Finland. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 1617–1622.
- Viner, R. M. y Cole, T. J. (2005). Television viewing in early childhood predicts adult body mass index. *Journal of Pediatrics*, 147(4), 429-435.
- Welk, G. J. (1999). The youth physical activity promotion model: A conceptual bridge between theory and practice. *Quest*, 51, 5-23
- Welk, G.J., Eisenmann, J.C. y Dollman, J. (2006). Health-related physical activity in children and adolescents: a bio-behavioral perspective. In D. Kirk, M. O'Sullivan, & D. Macdonald (Eds.) *The Handbook of Physical Education* (pp. 666-684). London: Sage.
- Wong, S.L. y Leatherdale, S.T. (2009) Association between sedentary behavior, physical activity, and obesity: inactivity among active kids. *Prev Chronic Dis*; 6 (1). http://www.cdc.gov/pcd/issues/2009/jan/07_0242.htm. Consultado el 29 de Julio de 2009.
- Wright, J., Macdonald, D. y Groom, L. (2003). Physical Activity and Young People: Beyond Participation. *Sport, Education and Society*, 8 (1), 17-33.
- Zaragoza, J, Serra, J.R., Ceballos, O., Generelo, E., Serrano, E. y Julián, J.A. (2006). Los factores ambientales y su influencia en los patrones de actividad física en adolescentes. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte on line*, 2(4), 1-14. Disponible en <http://www.cafyd.com/REVISTA/art1n4a06.pdf> Consultado el 2 de mayo de 2007.



Educación Física y salud como modelo pedagógico

Dra. Carmen Peiró Velert



EDUCACIÓN FÍSICA RELACIONADA CON LA SALUD COMO MODELO PEDAGÓGICO

Carmen Peiró-Velert⁶ - carmen.peiro@uv.es
Universitat de València (España)

1. Introducción

La noción de modelo pedagógico no cuenta con un largo recorrido en el ámbito de la Educación Física (EF). Fue Metzler (2005) quien inició la andadura al identificar varias formas de instrucción, más o menos identificables, alrededor de un grupo de prácticas en la enseñanza de la EF. Este autor se refería a modelos instruccionales, sentando las bases de una importante tendencia en la EF contemporánea. Con él comenzó un desarrollo conceptual que fue ampliándose con otras contribuciones posteriores y ya con el nombre que se les conoce actualmente de modelos pedagógicos (Haerens, et al. 2011; Kirk, 2010, 2013).

Sin embargo, resulta de justicia indicar que algunos de estos modelos ya tenían un cierto desarrollo previo con contribuciones diversas, incluso de distintos países incluyendo los de habla española. Este es el caso de la Educación deportiva (Siedentop, 1994, 1996; ver Evangelio, et al., 2016 para una revisión del estado de la cuestión sobre este modelo); la Enseñanza para la comprensión en los juegos deportivos (Thorpe, Bunker & Almond, 1986; Devís & Peiró, 1992) o la EF relacionada con la salud (Almond, 1992; Devís & Peiró, 1992). Actualmente, son diversos los modelos pedagógicos que se están desarrollando en la EF escolar, unos con mayor trayectoria y solidez que otros, y ejemplos de estos pueden encontrarse en un libro publicado recientemente y de acceso libre titulado: *Modelos pedagógicos en Educación Física: qué, cómo, por qué y para qué* (Pérez-Pueyo, Hortigüela & Fernández-Río, 2021).

⁶ Licenciada en Educación Física y Doctora en Psicología. Es Catedrática de Universidad en la Facultat de Magisteri de la Universitat de València (España), en el Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal, del que fue directora durante 3 años (2012-2014). Anteriormente trabajó durante seis años como profesora de Educación secundaria (1987-1993) donde llevó a cabo proyectos de innovación educativa vinculados a la Enseñanza de la Educación física relacionada con la salud y al enfoque comprensivo de la Enseñanza de los juegos deportivos. Sus campos de investigación son la 'Promoción de la actividad física, la motivación y la salud'; y la 'Enseñanza de la Educación física', sobre los que es autora de varios libros y capítulos de libro que han tenido una amplia repercusión en la Educación física en España y Latinoamérica, así como de un grupo importante de artículos publicados en revistas de impacto nacionales e internacionales.

Conforme señalan Peiró y Julián (2015), los modelos pedagógicos se caracterizan por mantener una interdependencia permanente e indisoluble entre el aprendizaje del alumnado, las estrategias de enseñanza que selecciona el profesorado, el contenido que se elige aplicar, el contexto donde se desarrolla la labor educativa y la evaluación. Todo ello como fundamento para poder desarrollar programas concretos o unidades didácticas que resulten significativas para todo el alumnado. Más concretamente, se caracterizan por:

- Incluir una fundamentación teórica.
- Establecer resultados de aprendizaje a conseguir.
- Identificar los aspectos clave para desarrollar ambientes de aprendizaje favorables.
- Resaltar los procesos de planificación, desarrollo y evaluación.
- Incluir actividades de aprendizaje debidamente secuenciadas y adecuadas al desarrollo evolutivo.
- Incorporar las expectativas de comportamiento del profesorado y del alumnado.
- Resaltar el conocimiento experto del profesorado sobre el contenido a desarrollar.

Como señalan esta autora y este autor, con esta noción se pretende que la EF conecte con los intereses y necesidades del alumnado, mediante formas de motivación que les ayude a aprender conocimientos, habilidades, y actitudes que favorezcan su implicación responsable y autónoma en actividades físico-deportivas. Veamos el caso concreto del modelo de educación física relacionada con la salud que enfatiza la construcción de estilos de vida activos, además de formar ciudadanas y ciudadanos críticos con las ofertas sociales de cultura físico-deportiva.

2. El modelo pedagógico de educación física relacionada con la salud

Este modelo se ha elaborado para canalizar las evidencias que resaltan los beneficios saludables de la EF en la población joven. Pretende conseguir que el alumnado valore llevar

una vida físicamente activa y también promover estilos de vida activos más allá del contexto escolar (Haerens et al., 2011). Para ello, proporcionan conocimientos y habilidades, con el apoyo de climas motivacionales, que ayuden a conformar actitudes que permitan construir y mantener identidades activas en el alumnado que duren toda la vida (Bowler, 2019; Devís-Devís & Peiró-Velert, 2002; Peiró-Velert & Devís-Devís, 1995; Peiró-Velert, Pérez-Gimeno y Valencia-Peris, 2012; Sammon, 2019).

2.1. Estrategias para favorecer que el alumnado sea un participante autónomo

Uno de los aspectos clave de la actividad docente que puede ayudar al profesorado en el desarrollo de este modelo pedagógico son las estrategias didácticas encaminadas a favorecer participantes autónomos en la realización de actividad física. Inicialmente, pueden resultar idóneos estilos más directivos, para ir dando paso a otros más centrados en la implicación activa del alumnado. Las tareas de aprendizaje resultarán significativas para todo tipo de alumnado, permitirán elegir entre varias opciones, pensar qué decisión es más adecuada tomar en cada momento, así como gestionar la actividad física, individual y grupalmente. Estos aprendizajes serán fácilmente transferibles a la hora de organizar la actividad física en su tiempo libre.

Son diversas las intervenciones que se han llevado a cabo en el contexto español encaminadas a favorecer una cesión progresiva de autonomía al alumnado dentro de un modelo de EF relacionado con la salud (Evangelio, Hurtado & Peiró, 2017; Evangelio, Peiró-Velert, & González-Víllora, 2017; Julián et al., 2021; Cebriá-Carrión et al., 2021; Peiró & Devís, 1995; Peiró-Velert, Hurtado, & Izquierdo, 2005). Así, por ejemplo, en una propuesta educativa, dentro de este modelo, en la que el alumnado tenía que realizar un montaje coreográfico grupal con combas, (Evangelio et al., 2017; Peiró-Velert et al., 2005) se establecieron diferentes niveles en la progresión en cuanto a la toma de decisiones (ver Tabla 1). En la tabla 1 se indican los 5 niveles de autonomía que se dieron en la práctica y que oscilaron desde el 1, donde la mayoría de las decisiones las tomaba la profesora, hasta el nivel 5 en el que el alumnado tomaba la mayoría de las decisiones. Así se observa cómo, poco a poco, se evoluciona a una fase autónoma, de elaboración del montaje de actividades con combas, en la que el alumnado toma la mayor parte de las decisiones.

Tabla 1. La toma de decisiones del profesorado y del alumnado según los niveles de progresión hacia la autonomía del aprendizaje.

NIVEL	PROFESORADO	ALUMNADO
1° -	Selecciona: - Actividades - Pasos con combas a realizar - Repeticiones de los pasos - Orden de las actividades - Descansos - Materiales curriculares	Selecciona: - Ubicación en el espacio
2° +	Selecciona: - Actividades - Orden de las actividades - Descansos - Repeticiones de los pasos - Materiales curriculares	Selecciona: - Pasos con combas a practicar - Ubicación en el espacio
3° ++	Selecciona: - Actividades - Orden de las actividades - Descansos - Materiales curriculares	Selecciona: - Pasos con combas - Repeticiones de los pasos - Ubicación en el espacio
4° +++	Selecciona: - Orden de las actividades - Descansos - Materiales curriculares	Selecciona: - Actividades - Pasos con combas - Repeticiones - Orden de los pasos - Ubicación en el espacio
5° ++++	Selecciona: - Tema de la actividad - Valores que se quieren trabajar - Propone el material con el que trabajar.	Selecciona: - Actividades - Pasos con combas - Repeticiones - Orden de los pasos - Ubicación en el espacio - Orden de las actividades - Descansos - Materiales curriculares

Fuente: modificado a partir de Peiró-Velert, et al. (2005: 160-161).

Asimismo, en la tabla 2, se presenta cómo evoluciona el papel del profesorado y el alumnado conforme se avanza en los niveles de autonomía.

Tabla 2. El papel del profesorado y del alumnado según los niveles de progresión hacia la autonomía del aprendizaje (a partir de Peiró-Velert, et al., 2005:160-161)

NIVEL	PAPEL DEL PROFESORADO	PAPEL DEL ALUMNADO
1º +	<ul style="list-style-type: none"> a- Elige y toma decisiones sobre tareas propuestas. b- Propone las actividades. c- Observa y evalúa el punto de partida del alumnado y de su progreso. d- Expone finalidades de las actividades. e- Reflexiona sobre su propia práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> a- Receptor de la información dada. b- Interpreta y realiza las tareas. c- Reflexiona sobre la propia práctica a partir de las orientaciones e información dada.
2º +	<ul style="list-style-type: none"> f- Asigna tareas y actividades g- Observador del progreso y dificultades del alumno/a h- Incide sobre problemas y dudas encontradas por alumnado proporcionándoles indicaciones. (+ d y e del nivel 1º) 	<ul style="list-style-type: none"> - Toma decisiones en actividades dirigidas sobre pasos, orden de ejecución, descansos, momento de puesta en práctica. - Observador reflexivo de la práctica a partir de las reflexiones del profesor (+ c del nivel 1º)
3º ++	<ul style="list-style-type: none"> - Plantea y propone las actividades - Orientador de la práctica de los alumnos - Valora las decisiones tomadas por el alumnado y en caso de ser necesario las reconduce. (+ d y e del nivel 1º, y g del nivel 2º) 	<ul style="list-style-type: none"> -Toma decisiones en cuanto a los pasos a realizar, el número de repeticiones, el orden de ejecución conveniente y el momento de puesta en práctica - Las decisiones tomadas pueden ser conjuntas con los compañeros y/o individuales - Observador y reflexiona a partir de la práctica propia y de los otros (+ c del nivel 1º)
4º +++	<ul style="list-style-type: none"> - Sugiere las actividades - Orienta, apoya y refuerza las decisiones tomadas por los alumnos - Motivador - Propone actividades de evaluación entre el alumnado (evaluación recíproca) 	<ul style="list-style-type: none"> - Selecciona las actividades a partir de las sugerencias del profesor - Creativo - Crítico con su propia práctica, de los demás y del profesor (+ c del nivel 1º)
5º ++++	<ul style="list-style-type: none"> - Orientador - Observador motivador - Reconduce las propuestas de los alumnos de forma reflexiva y consensuada. - Valora las propuestas de los alumnos. - Expone las finalidades de las tareas y da sentido a las actividades - Reflexiona sobre su propia práctica - Favorece y coordina el trabajo en equipo 	<ul style="list-style-type: none"> - Prepara el trabajo de forma individual o grupal. Decide sobre todos aquellos elementos para llevar a cabo la actividad - Creativo, observador y evaluador de las propuestas y de la práctica - Autoevaluador de la propia práctica y valora la propuesta de compañeros y profesores - Realiza las modificaciones correspondientes a partir de las reflexiones propias y/o externas (+ c del nivel 1º)

2.2. Climas de clase positivos e inclusivos

Para este modelo pedagógico de EF relacionada con la salud resultan importantes los climas de clase que proporcionen experiencias motrices satisfactorias para todo el alumnado. Estos climas han de ser clave y por ello deben cuidarse las interacciones interpersonales que se producen en el aula para promover una implicación del alumnado hacia la práctica de actividad física presente y futura. Para llegar a todo el alumnado, será importante la participación, la inclusión, la igualdad y la diversión (ver Figura, 1). Por ello,

deben desterrarse aquellas experiencias que provoquen frustraciones por sentirse incompetentes físicamente, o por no ajustarse al modelo corporal 'saludable' o 'apto para la actividad física'.



Figura 1. Climas de clase positivos para el modelo pedagógico de EF y salud (Peiró-Velert y Julián-Clemente, 2015).

Las experiencias negativas durante la realización de actividades físicas no facilitan, precisamente, que el alumnado se implique en más actividades físicas (ver Beltrán et al., 2012). En este sentido, un clima de práctica en el que predomine la competitividad, la evaluación y la comparación pública favorecerá, con mayor probabilidad, la percepción por parte de las y los participantes de un ambiente selectivo, excluyente y dirigido a una minoría. Todo este planteamiento viene apoyado por diversas teorías motivacionales que han venido aplicándose al ámbito educativo y, concretamente, al de la Educación física escolar con éxito: la teoría de la autodeterminación (Deci & Ryan, 2000; Ryan & Deci, 2020), la teoría de las metas de logro (Ames, 1992; Duda & Nicholls, 1992) o el Modelo Transcontextual (Hagger et al. 2003).

2.3. El proceso de práctica y la diversidad de actividades

El modelo debe maximizar la práctica de actividad física por parte del alumnado sin preocuparse de los niveles de condición física que consigan. La condición física debería

entenderse como una consecuencia de la realización de actividad física habitual, que es lo realmente importante desde el punto de vista de la salud.

Aunque la condición física puede ser un indicador del nivel de actividad en las personas adultas, no ocurre necesariamente lo mismo en los niños y las niñas. La condición física, en estas edades, parece estar muy vinculada a factores genéticos y su medición tiende a valorar características hereditarias tales como, la eficiencia del corazón y de los pulmones, las cuales no han tenido el tiempo suficiente para verse afectadas y modificadas por los hábitos de práctica física o por llevar un estilo de vida activo (Harris y Elbourn, 1997). Los cambios producidos en la condición física, sobre todo de los jóvenes, son debidos en gran medida a aspectos madurativos más que a la realización de actividad física, por lo que un aumento en su nivel de condición física no tiene por qué ser el resultado de la práctica física.

Desde el punto de vista de la salud, los mayores beneficios se encuentran en el proceso de realización de actividad física y en la participación (Biddle y Biddle, 1989; Ernst, Pangrazi y Corbin, 1998) y es que, en muchas ocasiones, el resultado final no garantiza que el proceso haya sido adecuado y valioso cualitativamente. En este sentido, deben presentarse diversidad de actividades para que la diversidad del alumnado pueda realizarlas, es decir, le supongan un reto alcanzable (no inalcanzable que les aleje de la práctica) y sea una oportunidad para el disfrute y la relación social positiva.

2.4. Enfoque curricular transversal y vertical con apoyo extracurricular

El modelo pedagógico de la EF relacionada con la salud se dirige al currículum de la asignatura, mediante la complementación de un sentido horizontal y vertical, como ya se indicó previamente (Devís-Devís, 2001; Peiró-Velert & Julián-Clemente, 2015). El primer sentido sitúa la salud como un criterio o principio curricular que impregna todos los contenidos, actividades y prácticas curriculares, a modo de filtro (el filtro de la salud). Con ello no se pretende reducir la Educación física a la salud, como podrían pensar algunos, sino conjugar sus distintos contenidos y actividades con esta noción.

El segundo sentido se refiere al tratamiento en profundidad que requiere la actividad física ya que, además de ser el contenido u objeto central de nuestro currículum, es uno de

los elementos clave para la promoción y la mejora de la salud. Con ello estamos haciendo referencia al bloque específico de contenidos que los distintos currícula oficiales de la EF mencionan en distintos niveles educativos.

Para que la educación física relacionada con la salud colme sus intenciones pedagógicas debería apoyarse con formas de desarrollo extracurricular que vaya más allá de la asignatura y alcance a la escuela y la comunidad. Es decir, se trata de iniciativas prácticas de promoción de la actividad física que impliquen coherentemente al currículum de educación física, a la escuela y la comunidad, tales como ‘el día de la actividad física y la salud’, ‘la semana de los estilos de vida activos’, ‘las escuelas activas’, tal y como se muestra en la figura 2, o proyectos educativos, como el que se muestra en la figura 3, que traten la actividad física relacionada con la salud de manera interdisciplinar(ver Peiró-Velert & Devís-Devís, 2001 y otros ejemplos en Julián-Clemente et al., 2021).

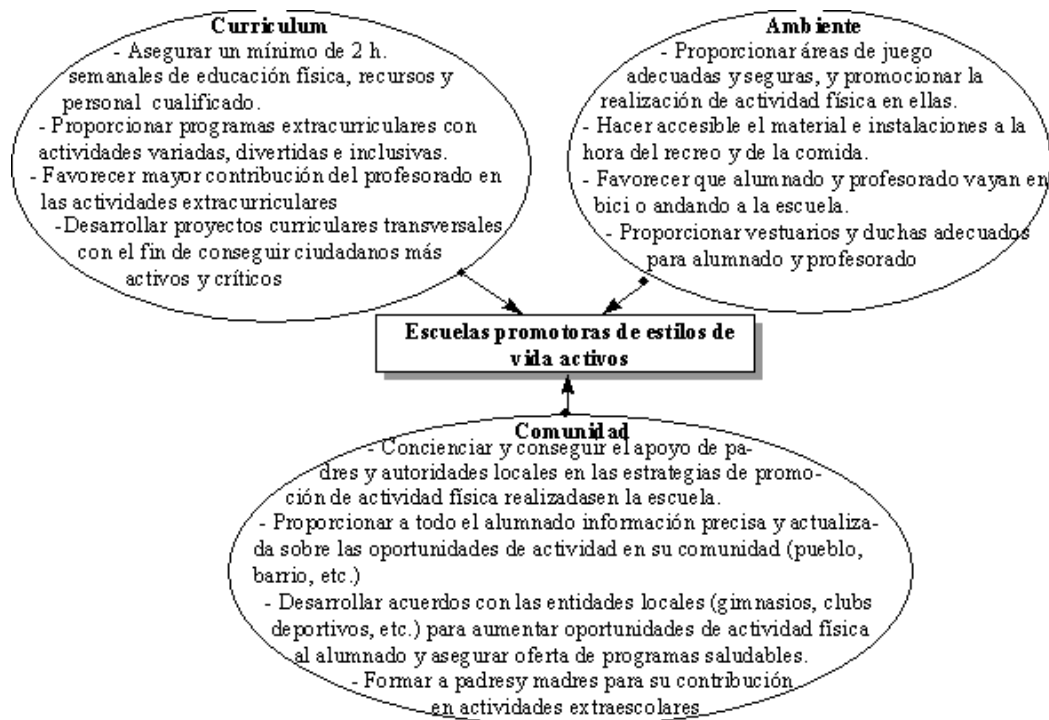


Figura 2. Orientaciones para una escuela activa.

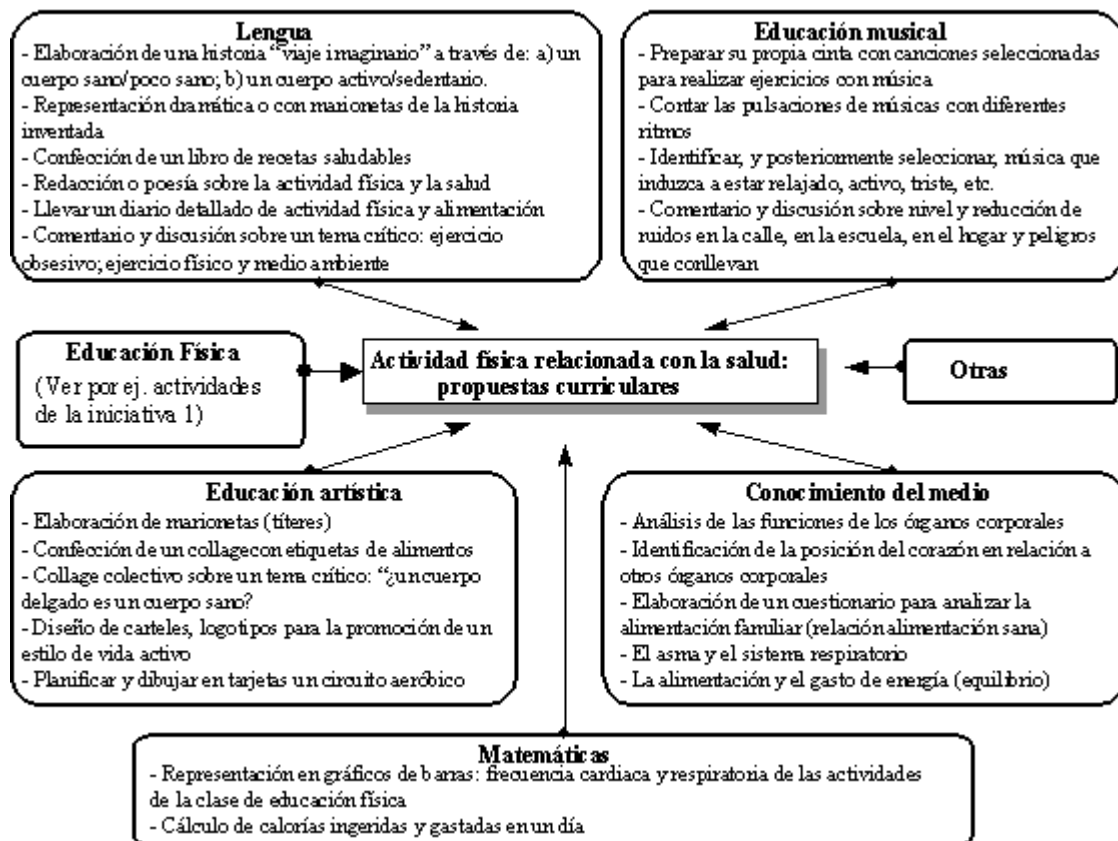


Figura 3. Una propuesta curricular interdisciplinar

2.5. Evaluación del proceso de desarrollo del modelo pedagógico

El modelo de EF relacionada con la salud requiere evaluar a partir de criterios, especificando estándares de aprendizaje claros que permitan al profesorado y al alumnado supervisar si se van logrando los patrones de conducta saludable, los roles y responsabilidades que se han ido planteando (Peiró-Velert & Devís-Devís, 2001; Peiró-Velert & Julián-Clemente, 2015). Es decir, si hemos hablado de la satisfacción, la participación, el proceso (y no tanto el resultado), a la hora de evaluarlos no podemos utilizar criterios e instrumentos de evaluación que se contradigan con ellos y sus principios. La utilización de tests físicos u otro tipo de pruebas cuyos resultados se evalúan en base a normas resultan problemáticos y, aunque el factor motivante sea considerado un aspecto positivo, son mayores los riesgos que los beneficios de este tipo de pruebas. Algunos autores coinciden en que los contextos orientados al producto y al rendimiento favorecen que el alumnado se

centre en la cantidad de trabajo que realiza en lugar del proceso y el aprendizaje de la tarea, además de enfatizar la ausencia de errores, la perfección y la comparación social.

Cuando se trata del contexto escolar, mantener la coherencia entre los criterios e instrumentos de evaluación y los principios del programa cobra mayor importancia puesto que, de no ser así, puede crearse confusión en el alumnado sobre los propósitos planteados en el programa y rápidamente identificar que lo realmente valioso es aquello que al final cuenta para la calificación y, por consiguiente, lo que ocurre en el proceso pierde sentido y valor (Peiró-Velert, 1995). Por tanto, proponemos la utilización de una evaluación en base a criterios y con instrumentos de tipo cualitativo como, por ejemplo, las anotaciones procedentes de la observación del profesorado sobre los acontecimientos más relevantes de cada clase, las preguntas o comentarios que le hace el alumnado, las decisiones que el alumnado toma en la práctica para adaptarse a la situación particular del momento y la progresión del alumnado en las actividades, entre otras. También es fundamental la valoración de la calidad de los trabajos elaborados, la participación e implicación del alumnado en las clases, así como el aprendizaje de los conceptos básicos y su aplicación a la práctica. A este respecto, resultan de gran utilidad, tanto la utilización de alguna prueba escrita como la elaboración de un diario del alumno/a, en el que reflejen, por ejemplo, los acontecimientos de la clase, sus vivencias y sensaciones, las decisiones tomadas, los comentarios que la sesión le suscite o lo que ha aprendido.

3. Comentarios finales

La EF, como materia escolar, corre el peligro de desaparecer tal y como se ha venido planteando convencionalmente y es urgente que se reinvente para ajustarse a las demandas sociales, a los diferentes contextos, a los nuevos tiempos (Kirk, 2010). Así, los modelos pedagógicos surgen como alternativa a una Educación física excesivamente centrada en: a) el desarrollo de contenidos inconexos y atomizados, que suelen repetirse en todos los cursos, y b) la utilización de actividades con resultados de aprendizaje encaminados a evaluar y calificar el grado de dominio de determinadas habilidades motrices (p. ej. vinculadas a un deporte) o niveles de condición física, que resultan poco relevantes y

significativas para la mayoría del alumnado, de modo que no las integra ni las ve transferibles a su vida fuera del contexto escolar (Peiró-Velert & Julián-Clemente, 2015).

Los Modelos pedagógicos proporcionan un marco de referencia y un plan de acción coherente y holístico para la enseñanza de la Educación física. Además, sirven al profesorado para ayudar al alumnado a aprender, de modo que el alumnado se convierte en el protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje, pero, al mismo tiempo, el profesorado y alumnado actúan como co-aprendices, fortaleciendo así el proceso enseñanza-aprendizaje.

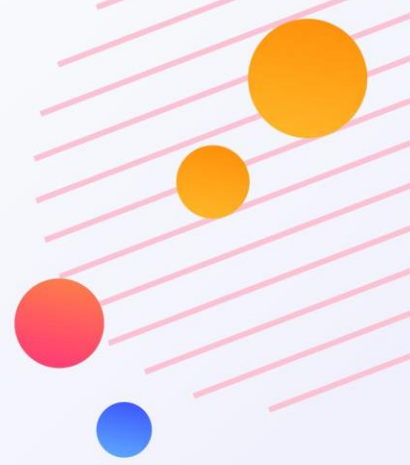
En este capítulo, hemos hecho una aproximación al modelo de EF relacionada con la salud, que está encaminado a proporcionar al alumnado conocimientos, experiencias satisfactorias y el aprendizaje de habilidades, así como propiciar actitudes que garanticen la construcción de identidades activas, que se mantengan de manera sostenible a lo largo de la vida. Todo ello a través de la adopción de una perspectiva holística de modo que se facilite, al mismo tiempo, la adquisición de un conocimiento teórico-práctico básico que alfabetice físicamente al alumnado y le permita tomar decisiones informadas e ir adquiriendo autonomía con respecto a un estilo de vida activo. Todo ello creando el profesorado climas de aula óptimos donde el proceso de enseñanza-aprendizaje vaya reajustándose constantemente dependiendo de las circunstancias contextuales.

Referencias bibliográficas

- Almond, L. (1992). El ejercicio físico y la salud en la escuela. En J. Devís-Devís & C. Peiró-Velert (Coords.), *Nuevas perspectivas curriculares en Educación Física: la salud y los juegos modificados* (pp. 47-55). Inde.
- Ames, C. (1992). Achievement goals, motivational climate, and motivational processes. En G. Roberts (ed.) *Advances in Motivation in sport and exercise*, pp.161-176. Human Kinetics.
- Beltrán-Carrillo, V. J., Devís-Devís, J., Peiró-Velert, C., & Brown, D.H. (2012). When physical activity participation promotes inactivity: Negative experiences of Spanish adolescents in physical education and sport. *Youth & Society*, 44(1), 3–27. doi:10.1177/0044118X10388262
- Biddle, S., & Biddle, G. (1989). Health-related fitness for the Primary school. En A. Williams (ed.) *Issues in Physical Education for the Primary years*, pp. 54-75. The Falmer Press.
- Bowler, M. T. (2019). *Developing a pedagogical model for Health-Based Physical Education* [Doctoral dissertation, Loughborough University]. <https://hdl.handle.net/2134/37704>
- Cebriá-Carrión, S., van Eldik, T., Boonekamp, G.M.M., & Lizandra, J. (2020). EVA Project: Una intervención educativa y colaborativa para la promoción de estilos de vida activos. En G. Gómez-García, M. Ramos-Parejo, C. Rodríguez-Jiménez y J.C. de la Cruz-Campos (coord.) *Teoría*

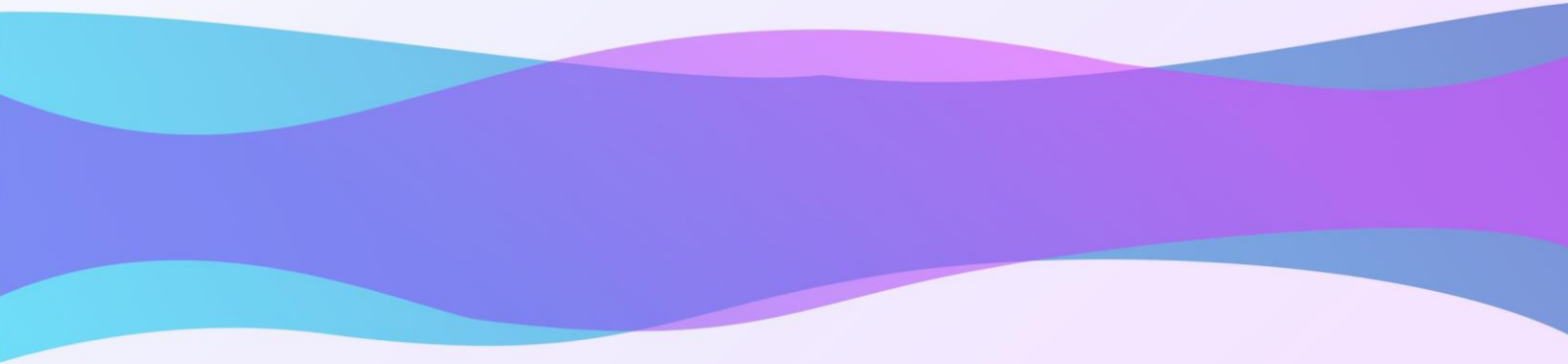
- y práctica en investigación educativa. *Una perspectiva internacional*, pp. 2172-2185. Dykinson S.L.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4): 227–268. doi:10.1207/S15327965PLI1104_01
- Devís, J. (2001) (Ed.) *Actividad física, deporte y salud*. INDE.
- Devís-Devís, & C. Peiró-Velert (1992), *Nuevas perspectivas curriculares en educación física: la salud y los juegos modificados*. INDE.
- Devís-Devís, & C. Peiró-Velert (2002). La salud en la educación física escolar: ¿qué es lo realmente importante? *Tándem: Didáctica de la educación física*, 8, 73-83.
- Ernst, M.P., Pangrazi, R.P., & Corbin, C.B. (1998). Physical education: Making a transition toward activity. *JOPERD*, 69 (9), 29-32.
- Evangelio, C., González-Víllora, S., Serra-Olivares, J., & Pastor-Vicedo, J. C. (2016). El Modelo de Educación Deportiva en España: una revisión del estado de la cuestión y prospectiva. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16(1), 307-324. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/254671>
- Evangelio, C., Hurtado, I., & Peiró-Velert, C (2017). Materiales para favorecer la autonomía. *Tándem. Didáctica de la Educación Física*, 57, 39-43.
- Evangelio, C., Peiró-Velert, C., & González-Víllora, S. (2017). Hibridación como innovación: Educación deportiva y educación física relacionada con la salud. *Tándem. Didáctica de la Educación Física*, 57, 24-30.
- Haerens, L., Kirk, D., Cardon, G. & De Bourdeaudhuij, I. (2011). Toward the development of a pedagogical model for health-based physical education. *Quest*, 63: 321–38.
- Hagger, M. S., Culverhouse, T., Chatzisarantis, N. L. D., & Biddle, S. J. H. (2003). The processes by which perceived autonomy support in physical education promotes leisure-time physical activity intentions and behavior: a trans-contextual model. *Journal of Educational Psychology*, 95(4): 784–795. doi:10.1037/0022-0663.95.4.784
- Harris, J., & Elbourn, J. (1997). *Teaching Health-related Exercise at Key Stages 1 and 2*. Human Kinetics.
- Julián, J., Peiro-Velert, C., Zaragoza, J., & Aibar, A. (2021). Educación física relacionada con la salud. En A. Pérez-Pueyo, D. Hortigüela, & J. Fernández-Río (Eds.). *Modelos pedagógicos en Educación Física: Qué, cómo, por qué y para qué*. Universidad de León. Descarga libre: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/13251>
- Kirk, D. (2010). *Physical Education Futures*. Routledge.
- Kirk, D. (2013). Educational Value and Models-based Practice in Physical Education. *Educational Philosophy and Theory*, 45 (9): 973–986.
- Metzler, M. W. (2017). *Instructional models for physical education* (4th Ed.). Taylor & Francis.
- Nicholls, J. (1989). *The competitive ethos and democratic education*. Harvard University Press
- Peiró-Velert, C. (1995). Un enfoque de educación física y salud a la luz de la perspectiva de metas: los contextos de clase y la motivación del alumnado. En C.Plana (coord.) *Actas del II Congreso Nacional de Educación Física de Facultades de Educación y XIII de Escuelas Universitarias de Magisterio*, pp. 227-237. Universidad de Zaragoza. <https://links.uv.es/hY8vkDq>
- Peiró-Velert, C., & Devís-Devís, J. (1995). Health-based physical education in Spain: the conception, implementation and evaluation of an innovation. *European Physical Education Review*, 1(1), 37-54. <https://doi.org/10.1177/1356336X9500100105>

- Peiró-Velert, C., & Devís-Devís, J. (2001). La escuela y la comunidad: principios y propuestas de promoción de la actividad física relacionada con la salud. En J.Devís-Devís (coord.) *La Educación Física, el Deporte y la Salud en el siglo XXI*, (pp. 323-339). Marfil, Alcoy
- Peiró-Velert, C., Hurtado, I., & Izquierdo, M. (2005). *Un salto hacia la salud. Actividades y propuestas educativas con combas*. Inde.
- Peiró-Velert, C., & Julián-Clemente, J. A. (2015). Los modelos pedagógicos en Educación Física: un enfoque más allá de los contenidos curriculares. *Tándem: Didáctica de la educación física*, 50, 9-15.
- Peiró-Velert, C., Pérez-Gimeno, E., & Valencia-Peris, A. (2021). Facilitación de la autonomía en el alumnado dentro de un modelo pedagógico de educación física y salud. *Tándem. Didáctica de la Educación física*, 40, 28-44.
- Pérez-Pueyo, Á., Hortigüela, D., & Fernández-Río, J. (2021). *Modelos pedagógicos en Educación Física: Qué, cómo, por qué y para qué*. Universidad de León. Descarga libre: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/13251>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61:101860. doi:10.1016/j.cedpsych.2020.101860
- Sammon, P. (2019). Adopting a new model for Health-Based Physical Education: The impact of a professional development programme on teachers' pedagogical practise [Doctoral dissertation, Loughborough University]. <https://doi.org/10.26174/thesis.lboro.8299685>
- Siedentop, D. (1994). *Sport education: Quality PE through positive sport experiences*. Human Kinetics Publishers.
- Siedentop, D. (1996). Valuing the Physically Active Life: Contemporary and future directions. *Quest*, 48, 266-274. <https://doi.org/10.1080/00336297.1996.10484196>
- Thorpe, R., Bunker, D. & Almond, L. (1986). *Rethinking games teaching. Department of Physical Education and Sport Science*. University of Technology of Loughborough.



**Movearse y pensar: Proyecto Albatros. Una perspectiva práctica
para la aplicación de los avances en neurociencia
en la educación física inclusiva**

Dra. María del Carmen González-André



MOVERSE Y PENSAR: PROYECTO ALBATROS. UNA PERSPECTIVA PRÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE LOS AVANCES EN NEUROCIENCIA EN LA EDUCACIÓN FÍSICA INCLUSIVA.

Dra. María del Carmen González-André⁷ - mcarmengonzalez@ub.edu

Universidad de Barcelona. Facultad de Educación.

Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física.

Centro Albatros, Centro de Desarrollo Integral. Colima México.

Resumen

En la presente aportación, mostramos la sinergia producida entre el grupo de trabajo: *Motricitat, cognició, infància i escola* del Departamento de Didácticas Aplicadas, sección Educación Física de la Universidad de Barcelona y el Centro Albatros de la Ciudad de Colima, México. Una sinergia reflejada en el trabajo de colaboración y multinivel entre los miembros del grupo de trabajo y los docentes del centro Albatros.

El objetivo de este trabajo colaborativo es crear líneas de intervención de educación especial a partir de las cuales se relacione la actividad física y las funciones ejecutivas en grupos de infantes y adolescentes atendiendo a su realidad. Entre los objetivos planteados con este trabajo podemos destacar, entre otros que se explicitaran a lo largo del presente artículo, el hecho de crear un espacio de trabajo colaborativo para el diseño de actividades orientadas a promover la actividad física como medio para la mejora del funcionamiento cognitivo de los alumnos del centro Albatros. Un trabajo que se ha organizado en dos fases y a partir de las cuales se establece una prospectiva que ayudará a seguir orientando la

⁷Pedagoga. Maestra de Educación Infantil. Psicomotricista. Dra. en Educación. Profesora invitada por la Universidad Panamericana sede Guadalajara y Aguascalientes, México, para impartir diferentes cursos y participar como conferencista en congresos internacionales organizados por la misma universidad. Formadora de maestros en diferentes Instituciones públicas y privadas en la ciudad Guadalajara, en la Ciudad de Aguascalientes y en la Ciudad de Culiacán, México. Actualmente: Profesora asociada en Universidad de Barcelona. Facultad de educación. Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física. Y Profesora asociada en Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica Musical, Plástica y Corporal.

colaboración y el trabajo multinivel que facilite el establecimiento de líneas de investigación cuantitativa y cualitativa.

Palabras clave: motricidad, cognición, actividad física, funcionamiento cognitivo, discapacidad.

Introducción

A continuación se expone una de las líneas de investigación incluida en la actividad del grupo: *Motricitat, cognició, infància i escola*, del Departamento de Didácticas Aplicadas, Sección Educación Física de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona, que tiene por objetivo acercar las escuelas y la universidad con el propósito de crear sinergias de colaboración per crear líneas de intervención a partir de las cuales se relacione la actividad física y las funciones ejecutivas en grupos de infantes y adolescentes partiendo de la realidad educativa escolar y de esta manera crear herramientas de actuación a partir de las diferentes líneas de investigación establecidas en el grupo:

- a) Explicitación de los aspectos básicos y fundamentales de La influencia del diseño de las tareas motrices en la mejora de las funciones ejecutivas.
- b) La repercusión de la realización de actividad física puntual sobre los procesos de memoria motora.
- c) La incidencia de la actividad física en la atención, la memoria y el cálculo.

En esta búsqueda de sinergias entre las realidades escolares y las investigaciones realizadas en el seno de la universidad, se ha detectado la posibilidad de acercar la investigación al campo de la educación especial de la mano de un centro pionero en la ciudad de Colima, México.

Albatros Centro de Desarrollo Integral es una institución de asistencia privada cuya misión es contribuir a la inclusión educativa, laboral y social de las personas con discapacidad a través del desarrollo de sus habilidades. Centro alineado a los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (2015) concretamente en lo relacionado a Reducir la desigualdad en los países y entre ellos. Y en el ámbito económico cuenta con el certificado

de transparencia JAPCOL 2019 emitido por la Junta de Asistencia Privada del Estado de Colima 2019.

El centro trabaja con un sistema que combina intervenciones en los ámbitos motor, cognitivo, de lenguaje, desde acciones propias de terapia visual, natación terapéutica y psicomotricidad, para atender, actualmente, a 60 personas con edades comprendidas entre los 5 meses y los 75 años con diagnósticos de: parálisis cerebral, síndrome de Down, autismo, microcefalia, retraso mental, hiperactividad y déficit de atención.

En la presente aportación exponemos el trabajo colaborativo y multinivel que se ha iniciado entre el grupo y el centro Albatros creando un ambiente de sinergias que permitan complementar una intervención educativa que ponga en práctica conductas de planificación, de toma de decisiones, de reflexividad crítica y de gestión personal y emocional que permitan un mejor desarrollo de las capacidades de cada uno de los alumnos de Albatros

Así pues, este trabajo colaborativo lo entendemos como una gran oportunidad para ir estructurando posibles respuestas a preguntas como: ¿cómo podemos incluir actividades físicas con alumnos que presentan necesidades educativas especiales que puedan incidir en la mejora de sus funciones ejecutivas?, ¿podemos adaptar los requerimientos de las funciones ejecutivas a las necesidades especiales de los alumnos de Albatros?, ¿La intervención desde la actividad física para desarrollar las funciones ejecutivas, puede ser un complemento a los procesos de aprendizaje de los alumnos de Albatros? ¿La intervención sistemática a partir de las actividades físicas puede ofrecer evidencias de oportunidad de mejora de la práctica docente y por ende de los procesos de aprendizaje de los alumnos de Albatros?

Para dar respuesta a estas preguntas partimos de un marco teórico del cual hacemos una breve referencia a continuación.

Marco teórico

Existen evidencias sobre la incidencia que la actividad física ejerce sobre los procesos cognitivos implicados en la adquisición de nuevos aprendizajes. Los conocimientos aportados por la neurociencia nos permiten entender cuáles son los efectos en el desarrollo

de dichas habilidades cognitivas, más específicamente sobre las funciones ejecutivas (Hillman et al., 2014; Álvarez-Bueno et al., 2017; Vazou et al., 2019).

La actividad física mejora la eficacia de los recursos cognitivos optimizando y facilitando el funcionamiento del cerebro. Esta incidencia se ha estudiado analizando sus efectos tanto desde una perspectiva fisiológica (Lubans et al., 2016), como desde la relación entre el propio diseño y sus implicaciones cognitivas (Pesce et al., 2016).

En los últimos años de investigación se han generado evidencias que sugieren que el ejercicio de alta intensidad, el entrenamiento aeróbico y el entrenamiento con requerimientos coordinativos mejoran la cognición a partir de diferentes mecanismos (Pesce, 2012). Últimamente, algunas investigaciones clave encontraron que una dosis puntual de ejercicio favorecía el almacenamiento en la memoria de listados de palabras o frases, que posteriormente se recordaban mejor (Labban & Etnier, 2011; Pesce et al., 2009). Por otro lado, también surgen estudios donde se demuestra que las memorias de carácter motriz también se pueden ver beneficiadas por la actividad física puntual (Yo et al., 2019; Nieva et al., 2019; Roig et al., 2012). De hecho, incluso se pueden destacar estudios que sugieren un efecto positivo producido por el ejercicio físico puntual, que se genera sobre las memorias emocionales (Keyan and Bryant, 2017).

La relevancia de este tema se puede centrar en el aspecto social. Algunos centros de neurorrehabilitación, incluso algunos laboratorios como el *Memorylab* de Canadá, están aprovechando los hallazgos en este campo de investigación para diseñar intervenciones con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los pacientes. En este caso, destinado a pacientes que han sufrido un accidente y tienen afectaciones sobre la memoria, o incluso pacientes que sufren enfermedades neurodegenerativas que afectan sobre la memoria. Más allá del anterior, las intervenciones pueden estar destinadas a la mejora de una función cognitiva esencial, como es la memoria, en población general, con el objetivo de aumentar la calidad de vida de las personas. En este sentido, los centros de enseñanza motriz (escuelas deportivas, centros de rendimiento, etc.) también pueden aprovecharse de los adelantos de este campo, para mejorar el rendimiento motor de los y las deportistas. Por todo esto, se ha considerado este tema relevante y la necesidad de aportar más conocimiento en el campo, como se espera a partir de este proyecto.

Los caminos por los cuales la actividad física puntual influencia la memoria son múltiples (Loprinzi, 2019). La explicación de cómo se alteran los sistemas del cerebro puede venir de los modelos que vienen del campo de la Neuroendocrinología. Estos modelos atribuyen las mejoras en el aprendizaje y memoria, a la secreción inducida por la actividad física de neurotransmisores, hormonas y sustancias neuromoduladores (McMorris, 2009). Gracias a una dosis puntual de ejercicio, se producen cambios en los niveles de circulación de numerosas sustancias neuroquímicas que afectan diferentes fases de la memoria (Knaepen et al., 2010; Singh & Staines, 2015; Skriver et al., 2014). Una de las sustancias clave que se ven afectadas por la dosis de ejercicio es lo BDNF (Chen and Russo-Neustadt, 2009; Piepmeier and Etnier, 2015). La importancia del BDNF reside en la capacidad que tiene esta molécula para modular la plasticidad sináptica, la neurogénesis e incrementar el número de sinapsis por axones (Alsina et al., 2001; Cantrelle et al., 2020; Luque Casado, 2016). Además de lo anteriormente comentado, la actividad física puede inducir incrementos en procesos celulares clave para la memoria, como la LTP (Roig et al., 2016).

Estas consecuencias generadas por el ejercicio favorecerán una mayor plasticidad cerebral (Wanner, Cheng, et al., 2020), un aspecto clave por la adquisición y almacenamiento de memorias (Fuster, 2010; Machado et al., 2008).

Finalmente, hay que destacar que las intervenciones propuestas en este campo son variadas (Wanner et al., 2020). Mientras algunas intervenciones realizan la dosis de ejercicio a intensidad moderada (Singh et al., 2016), otros lo realizan a máxima intensidad (Angulo-Barroso et al., 2019; Roig et al., 2012; Thomas et al., 2016), y ambos obtienen resultados favorables sobre la memoria en los grupos que realizaban ejercicio puntual. Pero no sólo la intensidad, otras variables como la ubicación temporal de la dosis del ejercicio respecto a la tarea a aprender (Roig et al., 2016), la tipología de ejercicio practicado (Pesce et al., 2009; Thomas et al., 2017), la complejidad del movimiento implicado durante el ejercicio (Tomporowski and Pendleton, 2018), o la duración del ejercicio (Angulo-Barroso et al., 2019). En este proyecto se intenta extraer el máximo potencial de cada una de las variables que la literatura específica recoge como relevantes, todo a partir del análisis de las diferentes intervenciones y los resultados obtenidos sobre la memoria.

Este proyecto se caracteriza por la aplicación desde un contexto ecológico de actividades enriquecidas con requerimientos cognitivos (Davidson et al., 2006; Diamond & Ling, 2016) para la mejora de las funciones ejecutivas y los procesos de aprendizaje.

Metodología de trabajo

Teniendo en cuenta estos elementos de marco teórico, exponemos a continuación la metodología de trabajo que se ha seguido con el Centro Albatros:

En primer lugar, frente a la posibilidad de establecer sinergias de colaboración con el centro se definió una ficha de buenas prácticas que permitiría orientar la colaboración entre las dos instituciones estableciendo las fases de la misma:

FICHA DE BUENAS PRÁCTICAS

Título:	Motricidad y cognición. Bases para mejorar el funcionamiento cognitivo mediante la actividad física.
Destinatarios:	Formación: Docentes del Centro Albatros para su intervención con alumnos y alumnas del centro.
Área:	Cognitiva, motora e individual
Frecuencia:	3 HORAS SEMANALES (Primera fase). Con cada equipo de educadores y educadoras. 1 HORA MENSUAL con cada equipo de educadores y educadoras (seguimiento).

Objetivos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer las líneas de trabajo colaborativo entre el grupo de investigación Motricitat, Cognició, Infància i Escola (Motricidad, Cognición, Infancia y Escuela), de la Universidad de Barcelona y el Centro Albatros de Colima, México. 2. Ofrecer un espacio de formación al personal docente del centro Albatros
-------------------	--

	<p>respecto a la influencia de la actividad física en la mejora de las funciones ejecutivas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Crear un espacio de trabajo colaborativo para el diseño de actividades orientadas a promover la actividad física como medio para la mejora del funcionamiento cognitivo de los alumnos de Albatros. 4. Hacer un seguimiento continuo para el diseño e implementación de actividades físicas para la mejora de las funciones ejecutivas atendiendo la diversidad educativa de los alumnos y las alumnas. 5. Establecer líneas de investigación cuantitativas y cualitativas para hacer el seguimiento de los alumnos a partir de las intervenciones. 6. Elaborar una publicación conjunta para exponer los resultados de la intervención.
--	---

Descripción:	<p>Una vez ya iniciadas las actividades del grupo de investigación i establecidas las líneas de trabajo en relación la mejora del funcionamiento cognitivo de los niños y las niñas de educación infantil, educación primaria y secundaria, se ha iniciado un trabajo de diseño de actividades que cumplan con los requisitos indispensables para favorecer la mejora de las funciones ejecutivas.</p> <p>Paralelo al trabajo del grupo se detecta la posibilidad de establecer una línea de trabajo colaborativo con el Centro Albatros de Colima, México; que sin ánimos de lucro i bajo la supervisión de una junta de patronato de la fundación, atiende a alumnos con necesidades educativas especiales. Frente al interés mostrado por su directora se establece una línea de trabajo compartido enmarcado en un proceso de intervención claramente definido.</p> <p>Primera fase:</p> <ol style="list-style-type: none"> A. Intervención de formación dirigida a los docentes del centro a cargo de algunos miembros del grupo de trabajo para hacer una breve introducción a los aspectos teóricos que sustentan nuestro trabajo B. Implementación de espacio colaborativo y multinivel. Organización de seguimiento con cada ámbito de intervención del Centro Albatros: Intervención Cognitiva, Intervención Motriz e Intervención individualizada. Realización de sesiones de trabajo con los
---------------------	---

educadores de cada ámbito de intervención organizadas de la siguiente manera:

Días de intervención: total 12h.

Ámbito de intervención	Cognitiva	Motriz	Individual
horario	Miércoles 1h.	Jueves 1h.	Viernes 1h.

Formato de intervención:

* Trabajar en el diseño de actividades físicas adaptadas a las necesidades especiales de cada grupo de intervención. A partir de las fichas elaboradas por el grupo de investigación.

C. Implementación de actividades. Intervenir con cada grupo de alumnos poniendo en práctica las actividades diseñadas. Grabación de la sesión revisar situaciones a mejorar.

*Puesta en común de dificultades o problemáticas detectadas en cada intervención.

*Reelaborar las actividades diseñadas a partir de las mejoras planteadas.

Segunda fase:

Duración: tres meses (abril-junio 2021)

D. Seguimiento de implementación y planteamiento de objetivos para cada grupo de alumnos en cada uno de los ámbitos de intervención.

E. Implementación de las actividades diseñadas como parte de la programación anual.

F. Definición de instrumento para verificación pre y post de la intervención.

Prospectiva:

- Diseñar y validar un formato de seguimiento para valorar las áreas de mejora de cada alumno.
- Establecer líneas de investigación cuantitativa y cualitativa para

	<p>hacer el seguimiento de los alumnos pre y post intervención.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Publicar los primeros indicios en relación con las primeras intervenciones. • Establecer posibles nuevas líneas de trabajo a partir de los primeros resultados obtenidos.
Observaciones:	Se realizarán modificaciones a la base de esta ficha de buenas prácticas en función de las necesidades que se detecten en el despliegue del proyecto.

Tabla 1. Ficha de Buenas Prácticas. Elaboración propia.

A partir de esta primera declaración de intenciones y de definición de objetivos se establecen las fases de actuación:

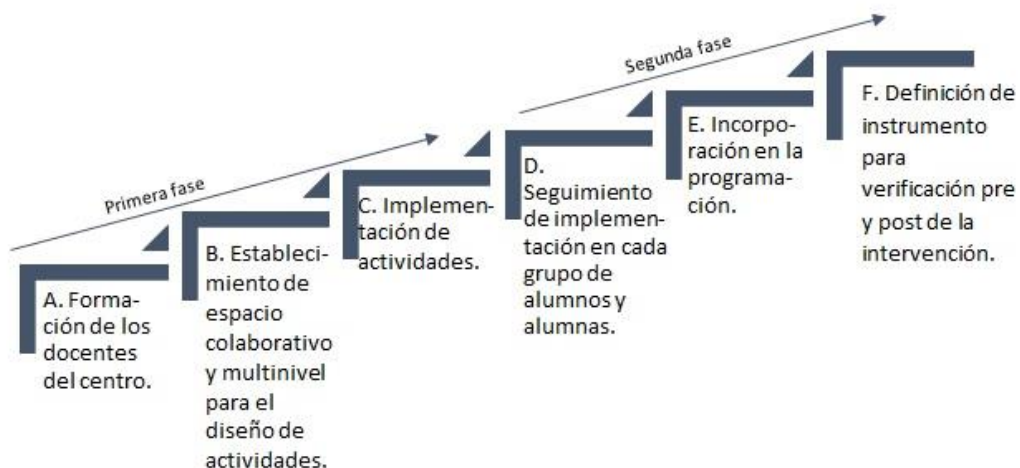


Figura 1. Esquema de fases de actuación. Elaboración propia.

Primera fase

A.- Formación de los docentes del centro.

En la primera fase se establecen los lineamientos básicos para ofrecer la formación a los docentes respecto a los aspectos básicos de la fundamentación teórica sobre la cual estamos trabajando como grupo.



Formación que se realiza a todo el personal docente y auxiliar del centro Albatros, en modalidad on line con una duración de 2h.

El objetivo de esta formación está centrado en:

Ofrecer los lineamientos teóricos básicos sobre la relación de la actividad física y el desarrollo de funciones ejecutivas que permitan diseñar actividades que fomenten dicha relación.



Al finalizar la formación se aplica una encuesta a los participantes, centrada en 6 preguntas de valoración y una de comentarios o sugerencias:



1. Haz una valoración del conjunto de la formación.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. ¿Se han cumplido con las expectativas sobre esta primera intervención?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. ¿Consideras que la formación tiene aplicación en tu ámbito de intervención con los alumnos que tu atiendes?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. ¿Los contenidos expuestos pueden tener relevancia práctica en tus ámbitos de intervención educativa?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. ¿El modelo de formación propició el aprendizaje deseado?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. ¿Consideras que la propuesta formativa puede ofrecer líneas de trabajo colaborativo con los formadores a partir de la realidad educativa de Albatros?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7. Espacio para comentarios y/o sugerencias.



A partir de los datos obtenidos podemos destacar que:

Las inquietudes que explicitan de forma más clara son con relación a si los contenidos expuestos podrán tener relevancia práctica en sus ámbitos de intervención. La pregunta más frecuente es ¿cómo se llevará a cabo la implementación atendiendo a la realidad de los alumnos del centro?

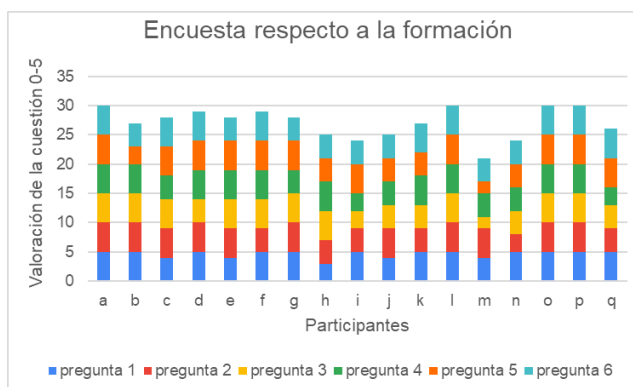


Figura 2. Gráfico de resultados de la encuesta de satisfacción posterior a la formación. 2.09.2021.

B - Establecimiento de espacio colaborativo y multinivel para el diseño de actividades.

En esta etapa del proceso se organizó el seguimiento con cada equipo de intervención del centro: grupo de Intervención Cognitiva, grupo de Intervención Motriz y grupo de Intervención individualizada. Se realizaron 12 sesiones de trabajo, de una hora de duración, con los educadores de cada ámbito, organizadas de la siguiente manera:

Ámbito de intervención	Cognitiva	Motriz	Individual
Horario de 8,30-9,30h.	Miércoles 1h.	Jueves 1h.	Viernes 1h.

Tabla 2. Distribución horaria para seguimiento de intervención con cada equipo. Elaboración propia.

En este espacio se trabajó de forma conjunta el diseño de las actividades físicas con requerimientos cognitivos teniendo en cuenta las necesidades especiales de cada grupo de alumnos.

Cada una de las actividades se diseñó teniendo como objetivo diseñar tareas en las que se lleve a cabo, de manera simultánea actividad cognitiva relevante (de acuerdo con las

necesidades de cada alumno/alumna o grupo de alumnos/alumnas) y actividad física de intensidad media o elevada (de acuerdo con las posibilidades motrices de cada alumno/alumna. Es importante considerar que:

- La actividad física puede ser diversa, pero siempre ha de ser continúa.
- La actividad cognitiva se ha de llevar a cabo de manera simultánea a la ejecución de la actividad motriz.
- La actividad cognitiva ha de estar adaptada a la edad, necesidad especial y vinculada con los contenidos concretos a trabajar con cada alumno/alumna o grupo de alumnos/alumnas.
- En cada una de las propuestas se ha de especificar:
 - a) Ciclo/edad. A quién va dirigida la propuesta.
 - b) Nombre de la actividad. Generalmente se sugiere que sean nombres atractivos.
 - c) Materiales e instalaciones. Necesarios para realizar la actividad.
 - d) Bloques de contenidos a trabajar. De acuerdo con la programación anual del ciclo.
 - e) Indicar la actividad cognitiva a realizar relacionada con los ámbitos de matemáticas, segundas lenguas, geometría, lógica, lengua materna (Resaland GK, Aadland E, Moe VF, et al. 2016; Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, et al. 2014)
 - f) Descripción detallada de la actividad y sus posibles variantes.

Una vez diseñadas las actividades, en esta segunda fase, cada grupo de intervención compartió sus propuestas con el resto de los grupos para iniciar la implementación en cada uno de los grupos de intervención y poder llevar a cabo una valoración de las mismas.

C.- Implementación de las actividades.

Cada uno de los docentes implementa en su grupo, las actividades diseñadas adaptando los contenidos, requerimientos cognitivos y propuesta de la actividad a las edades y necesidades de sus alumnos/alumnas. A partir de la implementación de las actividades como parte de su programación didáctica se llevó a cabo una valoración de cada una de las actividades implementadas a partir de la siguiente tabla de valoración:

Albatros – MCIE (UB)
Valoración de las actividades de la primera fase

Nombre:	Grupo:	Número de participantes:
Características destacadas de las personas participantes (insistiendo en limitaciones y necesidades)		

Cumplimentar teniendo presente las características del grupo del que es responsable. **Leyenda**

Cualidad que valorar		Puntuación	
Aplicabilidad	Hasta qué punto la actividad se puede aplicar en mi grupo	1	Muy poco – Mala
Complejidad	Es complejo aplicar la actividad en mi grupo	2	Poco – Pasable
Intensa física	Cuánto esfuerzo físico supone la realización de la actividad	3	Bastante – Buena
Implicación cognitiva	Qué grado de implicación cognitiva supone la tarea	4	Mucho – Muy buena
Valoración global	En general y teniendo en cuenta las características de mi grupo, valoro la actividad como		

Valoración →	Aplicabilidad				Complejidad				Intensidad física				Implicación cognitiva				Valoración global			
↓ Nombre de la actividad	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Comentarios:																				
Comentarios:																				
Comentarios:																				
Comentarios:																				
Comentarios:																				
Comentarios:																				
Comentarios:																				
Comentarios:																				
Comentarios:																				

Tabla 3. Valoración de las actividades de la primera fase. Elaborado por Batalla, A.

Con esta primera valoración se pudo detectar la necesidad de:

- Describir con detalles la realización de la actividad.
- Diseñar esquemas de organización de la actividad cuando esta sea compleja de estructura.
- Diseñar actividades suficientemente flexibles para dar la posibilidad de introducir variaciones a la propuesta sin afectar la estructura central de la misma.

- Especificar materiales a utilizar.
- Crear con antelación el material de soporte cognitivo atendiendo a las necesidades especiales de cada grupo de alumnos/alumnas.

A partir de una sesión de trabajo on line en el que se pusieron en común las dificultades o problemáticas detectadas en la puesta en práctica de las actividades se realizó una revisión y modificación de las actividades por todos los miembros del equipo docente. Se creó una carpeta para cada grupo de intervención, para que tuvieran acceso directo a las propuestas y las utilizaran de acuerdo con las características cognitivas y motrices de cada grupo de alumnos y alumnas.

Segunda fase

D.- Seguimiento de implementación en cada grupo de alumnos y alumnas.

En esta fase el trabajo consistió en implementar las actividades diseñadas por cada uno de los docentes, atendiendo a las necesidades especiales de cada grupo de intervención y a los objetivos cognitivos y motores programados para cada grupo de alumnos y alumnas.

La duración de esta fase ha sido de tres meses (abril-junio 2021) a lo largo de la cual se ha realizado un seguimiento y acompañamiento a los docentes para revisar y supervisar el diseño y adaptación de las actividades, hacer un registro fotográfico y una descripción breve de la situación observada, con carácter anecdótico, de la implementación de las propuestas en las sesiones de trabajo con cada grupo de alumnas y alumnos.

Registro fotográfico:



Se presenta la actividad física al grupo de alumnos y alumnas atendiendo a las necesidades especiales.

Los alumnos y las alumnas realizan el requerimiento cognitivo.



Resuelven el requerimiento cognitivo.

Siguen con la propuesta de actividad física.

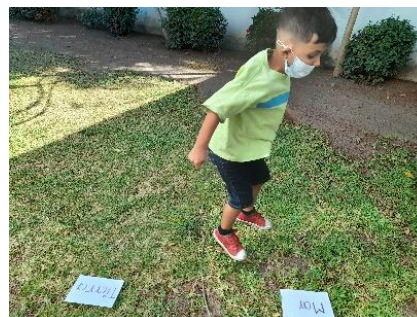


Tabla 4. Registro fotográfico anecdótico de las sesiones con actividad física y actividad cognitiva. Elaboración propia.

Registro anecdótico de observaciones por sesión:

Actividad: "CARRERA DE CONEJOS"	Fecha de aplicación: 31 de mayo
Los muchachos estuvieron entusiastas. Sólo participaron 4(LM, N, F, I) los demás no asistieron. Hicieron sus vueltas correspondientes hasta que se logró el cansancio en cada uno de ellos. En lo cognitivo se trabajó: letras, sílabas y palabras (según el nivel). Dentro del aula se les trabajó comprensión y los 4 respondieron correctamente, más activos, más rápidos, respuestas correctas.	

Actividad: “CARRERITAS DE NÚMEROS”	Fecha de aplicación: 01 de junio
Este día hubo más participantes, solo faltaron dos. Estuvieron un poco inquietos por el calor, pero cuando les expliqué la actividad, les gustó porque se trataba de competir. Al final, cuando llegaban a la meta, cada uno decía el número que se le preguntaba dependiendo el nivel, hubo muchos errores. En el salón se les leyó, respondieron bien, con una sola lectura, inclusive cuando se les preguntó individualmente, respondieron bien.	
Actividad: “BAILA CON LAS VOCALES”	Fecha de aplicación: 02 de junio
Hoy se quejaron demasiado, sus ánimos no estaban a tope. Se sentían cansados y con mucho calor (tomar en cuenta que hay mucha humedad). Así que la actividad tuvo que apresurarse. Se les preguntó por vocales, consonantes y sílabas (dependiendo el nivel) sólo faltó un alumno. En el aula se les leyó nuevamente, esta vez el único entusiasta y que respondía correctamente fue LM, los demás no quisieron participar por más que se les motivaba.	

Tabla 5. Registro anecdótico de observaciones en la aplicación de la actividad física con requerimiento cognitivo. Elaboración propia.

E-. Incorporación en la programación.

A partir de la fase anterior, a lo largo de los meses de junio y julio (2021) se realizó un trabajo intensivo por parte de los docentes del centro para elaborar las programaciones de intervención teniendo en cuenta el diseño de actividades físicas con requerimientos cognitivos partiendo de los objetivos de aprendizaje acordes a las necesidades especiales de cada grupo de alumnos y alumnas.

Cada uno de los docentes ha elaborado sus programaciones incluyendo los nombres de las fichas a utilizar para favorecer los objetivos específicos planteados para cada alumno/a. Además de una bitácora de observaciones de cada alumno/a respecto a su implicación en la propuesta y las situaciones sobrevenidas durante la propuesta.

JUNIO DEL 2021

ALUMNOS T.M		OBJETIVO GENERAL DE LENGUAJE Y COMUNICACIÓN	ACTIVIDAD DE FUNCIONES EJECUTIVAS		BITACORA DE ALUMNOS	
ALUMNOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS		NOMBRE DE LA FICHA	MATERIAL	ALUMNOS	OBSERVACIONES (SEMANA 1 DEL 31 AL 4 DE JUNIO)
CARLOS	.Identificar letras, palabras cortas y dibujos e imágenes .Identificar más verbos .Construir frases cortas .Mejorar la inteligibilidad del habla	Correcciones de la comunicación, lenguaje fluido y entendible inicio de comprensión a la lectoescritura	1-Viaje a la selva (SEMANA 1)	Juego de las letras del abecedario/ pictogramas	CARLOS	Realizo todas los ejercicios físicos bien aunque un poco lento ya que no tenía muchas ganas de hacerlos, aun así completo todos. En act. Cognitiva ha realizado mejor los ejercicios de búsqueda de palabras con más facilidad
MIKE	.Estructurar palabras y oraciones de fáciles a complejas .Comprender lenguaje más estructurado .Estructurar campos semánticos. .Estructurar imágenes .Estructurar mejor su lenguaje .Trabajar con regletas con símbolos para promover el uso de frases .Trabajar autonomía		2- Vamos de compras (SEMANA 2)	Juego de las letras del abecedario/ pictogramas	MIKE	Trabajo muy bien en todos los ejercicios realizándolos rápido con mucha actitud.
ESTEFANIA	.Estructurar palabras para formar oraciones .Comprender lenguaje .Realizar campos semánticos y regletas para estructuración de imágenes .Trabajar autonomía		3- Vamos de compras (SEMANA 3)	Juego de las letras del abecedario/ pictogramas	ESTEFANIA	No se realizó casi nada de ejercicios ya que se ha encontrado indispuesta con respuestas de ausencia en su comportamiento, al igual que en las act. Cognitiva con mucha negación
MARIA JOSE	.Identificar sílabas, palabras cortas y dibujos e imágenes para construir oraciones .Identificar más verbos		4- Activados (semana 4)	Bocina con memoria, pictogramas y palabras	MARIA JOSE	Termino todos los ejercicios, haciéndolos de manera lenta. La actividad cognitiva la realizo bien en la que observo bien las imágenes para dar las respuestas
			5- El malabarista (semana 5)	Bocina, memoria, juego de abecedario/ pictogramas	JESUS	La actividad se modificó a que hiciera como podía los ejercicios ya que le cuesta comprender del todo los ejercicios así como varias órdenes a la vez, en la act. Cog. Realizo bien la act. Aunque la ficha

Figura 3. Programación del área de lenguaje. Junio 2021.

Se acompaña la bitácora con imágenes del desarrollo de las actividades. Los diferentes equipos docentes realizan sus intervenciones teniendo en cuenta las programaciones en las que incorporan las diferentes actividades físicas con requerimiento cognitivo diseñadas por ellos mismos. Se está trabajando de esta manera hasta la fecha. Con la intención de en breve pasar a la siguiente etapa.

F.- Definición de instrumento para verificación pre y post de la intervención.

Actualmente estamos trabajando en esta etapa de la segunda fase. El propósito de esta fase es utilizar un instrumento que nos permita hacer un seguimiento cuantitativo y cualitativo en pretest y posttest de los avances de cada alumno respecto a las funciones ejecutivas como resultado de la intervención de la que venimos hablando a lo largo de estas páginas.

En esta segunda fase hemos iniciado la búsqueda del instrumento o instrumentos adecuados a la realidad cognitiva y motriz de los alumnos y alumnas del Centro Albatros, que nos permita realizar este seguimiento.

Prospectiva

Debido al momento de la intervención en el que nos encontramos no podemos mostrar ningún elemento que nos permita extraer conclusiones. Si que podemos exponer la prospectiva de este trabajo colaborativo y multinivel entre el equipo de la Motricidad, Cognición, Infancia y Escuela (UB) y el Centro Albatros (Colima, México), del cual destacamos:

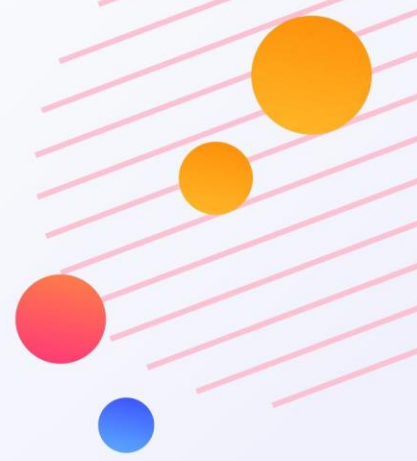
- Incorporar las actividades diseñadas en todos los programas de intervención con los alumnos y alumnas.
- Diseñar y validar un formato de seguimiento de cada alumno para valorar las mejoras de las intervenciones.
- Establecer líneas de investigación cuantitativa y cualitativa para el seguimiento de los estudiantes en pre y post intervención.
- Publicar los primeros indicios en relación con las primeras intervenciones.
- Establecer posibles nuevas líneas de trabajo en base a los primeros resultados.

Referencias bibliográficas

- Alvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sanchez-Lopez, M., Martínez-Hortelano, J. A., & Martínez-Vizcaino, V. (2017). The effect of physical activity interventions on children's cognition and metacognition: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 56(9), 729-738.
- Angulo-Barroso, R., Ferrer-Uris, B., Busquets, A., 2019. Enhancing children's motor memory retention through acute intense exercise: Effects of different exercise durations. *Front. Psychol.* 10, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02000>
- Chen, M.J., Russo-Neustadt, A.A., 2009. Running exercise-induced up-regulation of hippocampal brain-derived neurotrophic factor is CREB-dependent. *Hippocampus* 19, 962-972. <https://doi.org/10.1002/hipo.20579>

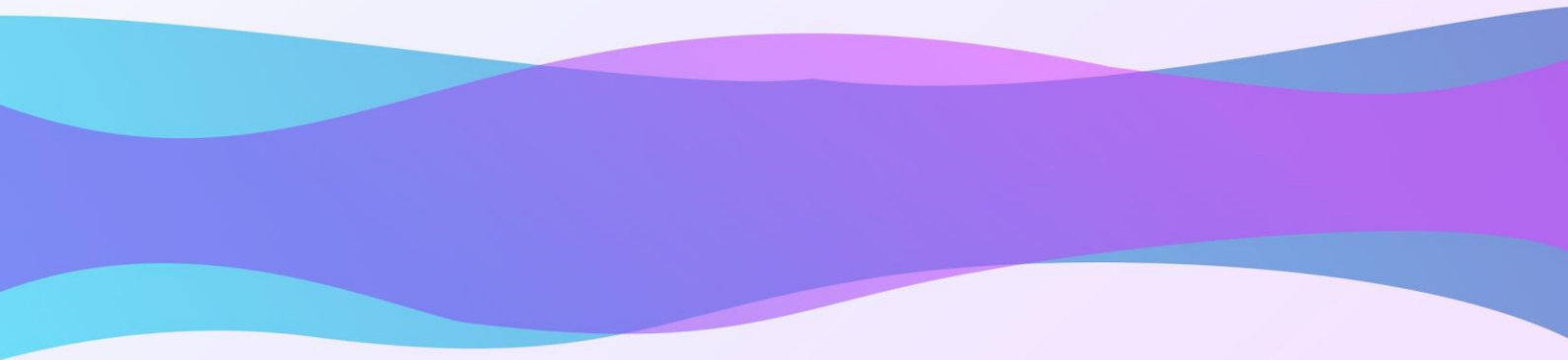
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037-2078.
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental cognitive neuroscience*, 18, 34-48.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., ... & Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics*, 134(4), e1063-e1071.
- Jo, J.S., Chen, J., Riechman, S., Roig, M., Wright, D.L., 2019. The protective effects of acute cardiovascular exercise on the interference of procedural memory. *Psychol. Res.* 83, 1543–1555. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1005-8>
- Keyan, D., Bryant, R.A., 2017. Acute physical exercise in humans enhances reconsolidation of emotional memories. *Psychoneuroendocrinology* 86, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.09.019>
- Labban, J.D., Etnier, J.L., 2011. Effects of acute exercise on long-term memory. *Res. Q. Exerc. Sport* 82, 712–721. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599808>
- Lubans, D., Richards, J., Hillman, C., Faulkner, G., Beauchamp, M., Nilsson, M., ... & Biddle, S. (2016). Physical activity for cognitive and mental health in youth: a systematic review of mechanisms. *Pediatrics*, 138 (3).
- Neva, J.L., Ma, J.A., Orsholits, D., Boisgontier, M.P., Boyd, L.A., 2019. The effects of acute exercise on visuomotor adaptation, learning, and inter-limb transfer. *Exp. Brain Res.* 237, 1109–1127. <https://doi.org/10.1007/s00221-019-05491-5>
- Pesce, C., 2012. Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *J. Sport Exerc. Psychol.* 34, 766–786. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.6.766>
- Pesce, C., Crova, C., Cereatti, L., Casella, R., Bellucci, M., 2009. Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Ment. Health Phys. Act.* 2, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2009.02.001>
- Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Säakslähti, A., & Tomporowski, P. D. (2016). Deliberate play and preparation jointly benefit motor and cognitive development: mediated and moderated effects. *Frontiers in Psychology*, 7, 349.
- Piepmeyer, A.T., Etnier, J.L., 2015. Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) as a potential mechanism of the effects of acute exercise on cognitive performance. *J. Sport Heal. Sci.* 4, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.11.001>
- Roig, M., Skriver, K., Lundbye-Jensen, J., Kiens, B., Nielsen, J.B., 2012. A Single Bout of Exercise Improves Motor Memory. *PLoS One* 7, 28–32. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044594>
- Roig, M., Thomas, R., Mang, C.S., Snow, N.J., Ostadan, F., Boyd, L.A., Lundbye-Jensen, J., 2016. Time-Dependent Effects of Cardiovascular Exercise on Memory. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 44, 81–88. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000078>
- Singh, A.M., Neva, J.L., Staines, W.R., 2016. Aerobic exercise enhances neural correlates of motor skill learning. *Behav. Brain Res.* 301, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.12.020>
- Thomas, R., Beck, M.M., Lind, R.R., Korsgaard Johnsen, L., Geertsen, S.S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., Lundbye-Jensen, J., 2016. Acute Exercise and Motor Memory Consolidation: The Role of Exercise Timing. *Neural Plast.* 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6205452>

- Thomas, R., Flindtgaard, M., Skriver, K., Geertsen, S.S., Christiansen, L., Korsgaard Johnsen, L., Busk, D.V.P., Bojsen-Møller, E., Madsen, M.J., Ritz, C., Roig, M., Lundbye-Jensen, J., 2017. Acute exercise and motor memory consolidation: Does exercise type play a role? *Scand. J. Med. Sci. Sport.* 27, 1523–1532. <https://doi.org/10.1111/sms.12791>
- Tomporowski, P.D., Pendleton, D.M., 2018. Effects of the timing of acute exercise and movement complexity on young adults' psychomotor learning. *J. Sport Exerc. Psychol.* 40, 240–248. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0289>
- Vazou, S., Pesce, C., Lakes, K., & Smiley-Oyen, A. (2019). More than one road leads to Rome: a narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(2), 153-178.
- Wanner, P., Cheng, F.H., Steib, S., 2020. Effects of acute cardiovascular exercise on motor memory encoding and consolidation: A systematic review with meta-analysis. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 116, 365–381. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.018>



**Movearse y pensar: incidencia del diseño de las tareas motrices
en la mejora de las funciones ejecutivas**

Mg. Marc Guillem Molins



MOVERSE Y PENSAR: INCIDENCIA DEL DISEÑO DE LAS TAREAS MOTRICES EN LA MEJORA DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS.

Mgtr. Marc Guillem Molins⁸ – mguillem@ub.edu

Universidad de Barcelona. Facultad de Educación.

Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física.

Centro Albatros, Centro de Desarrollo Integral. Colima México.

Resumen.

Palabras clave: motricidad, cognición, actividad física, Funciones Ejecutivas.

Las ciencias de la Educación, la psicología cognitiva y la neurociencia cognitiva comparten el interés en describir cuál es la incidencia que la actividad física ejerce en el desarrollo de ciertos procesos cognitivos, específicamente en relación a las Funciones Ejecutivas, y como pueden determinar las propuestas de intervenciones motrices en un contexto educativo. Este artículo enumera los principales efectos que la actividad física muestra sobre las funciones ejecutivas, y define como las características de la práctica motriz actúan como efectos mediadores o moderadores de la mejora de las funciones ejecutivas. También, desde una aproximación a su aplicabilidad en un contexto educativo, se describe cuáles son los requerimientos de las tareas motrices que permiten moldear su incidencia sobre las funciones ejecutivas.

Introducción.

⁸ Maestro especialista en Educación Física (más de 15 años impartiendo EF en la etapa primaria). Máster en Actividad Física y Educación. Máster en neuropsicología y educación. Doctorando en el programa “Actividad física, deporte y educación”. Profesor Asociado en la Universidad de Barcelona. Facultad de educación. Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física. Profesor Asociado en la Universidad de Vic. Facultad de Educación, Traducción y Ciencias humanas (FETCH). Departamento de Ciencias de la Actividad Física. Profesor Asociado en la Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica Expresión Musical, Plástica y Corporal. Agregado a la Cátedra de Neuroeducación Universidad de Barcelona - EDU1ST

La experiencia motriz juega un papel clave en el desarrollo de los infantes. Comprender cuales son todas las dimensiones del aprendizaje que dicha actividad proporciona implica tener en cuenta su relación con el aprendizaje social, afectivo y cognitivo (Crum, 2017). Investigaciones recientes provenientes del campo de la neurociencia cognitiva y del desarrollo proporcionan una fundamentación teórica imprescindible para comprender la relevancia de la motricidad y el ejercicio durante el proceso de aprendizaje (Tompsonski, McCullick, Pendleton, & Pesce, 2015), en el desarrollo de las habilidades cognitivas (Davidson, Amso, Anderson, & Diamond, 2006; Gomez-Pinilla & Hillman, 2013) y su relación con el rendimiento académico (Best, Miller, & Naglieri, 2011; Donnelly et al., 2016; Tomporowski et al., 2015).

El impacto de la actividad física en la cognición muestra evidencias gracias a la observación de los requerimientos que se relacionan con el procesamiento de la información, el control ejecutivo, la fluidez de la inteligencia y la atención que podemos observar en su ejecución (Vazou, Pesce, Lakes, & Smiley-Oyen, 2016).

Cuando realizamos un acto motriz se producen, de forma implícita, numerosos procesos cognitivos de orden superior; entre ellos destacan los estudios en relación a los procesos atencionales (Best, Nagamatsu, & Liu-Ambrose, 2014; Chaddock, Pontifex, Hillman, & Kramer, 2011; Horvat et al., 2016; Koziol & Lutz, 2013; Pesce, Croce, et al., 2016; Stillman, Cohen, Lehman, & Erickson, 2016; Vazou et al., 2016; Voelcker-Rehage, Niemann, Hübner, Godde, & Winneke, 2016), emocionales (Diamond, 2013; Etnier & Chang, 2009; Gomez-Pinilla & Hillman, 2013; Sommerville J. A. & Decety J., 2006) y sociales (Jeannerod, 2003; Morsella, Bargh, & Gollwitzer, 2009; Sommerville J. A. & Decety J., 2006).

Precisamente, del análisis de los elementos condicionantes del control del acto motor se determina el papel de las funciones ejecutivas como habilidades cognitivas clave que mantienen una relación recíproca durante el proceso de maduración motora (Koziol, Budding, & Chidekel, 2012). Esta relación rompe definitivamente con la clásica “dualidad” entre funciones motrices y cognitivas.

Desde el ámbito motriz, determinar la responsabilidad de la actividad motriz en el desarrollo de las funciones ejecutivas significa, por lo tanto, poner el foco en la mejora de las

funciones ejecutivas; con la voluntad de acelerar su desarrollo, frenar su declive o compensar posibles déficits (Diamond & Ling, 2016).

Durante la infancia existen diversos periodos sensibles para el desarrollo de las funciones ejecutivas (Best & Miller, 2010; Davidson et al., 2006; Diamond, 2013) con un impacto significativo de la experiencia que proporciona la actividad física (Aadland et al., 2017; Diamond & Ling, 2016; Oosterlaan, Hartman, Bosker, de Greeff, & Visscher, 2017; Vitiello & Greenfield, 2017) y que muestra un efecto positivo en el rendimiento académico (de Greeff, Bosker, Oosterlaan, Visscher, & Hartman, 2018; Donnelly et al., 2016; Fernandes et al., 2016; Singh, Saliasi, & Berg, 2018).

Éste es un ámbito de investigación que posibilita su aproximación desde un marco ecológico. La aplicación de los conocimientos que nos proporcionan los estudios en neurociencia dentro de un contexto escolar, teniendo en cuenta todos los factores que los caracterizan (Schmidt, Jäger, Egger, Roebbers, & Conzelmann, 2015).

Marco teórico.

Papel de las Funciones ejecutivas en la correlación entre el control de la acción, el rendimiento cognitivo y el rendimiento académico.

Para describir la incidencia de la actividad física organizada en relación al rendimiento cognitivo durante la infancia es necesario poner el foco, específicamente, en todas las habilidades cognitivas que están íntimamente relacionadas con la preparación escolar. Nos referimos a aquellos procesos que comprometen las áreas de atención, lenguaje, pensamiento, aprendizaje y memoria. Precisamente, existen numerosos estudios que nos presentan resultados que evidencian un efecto positivo de la actividad física tanto en funciones emocionales como cognitivas (Bidzan-Bluma & Lipowska, 2018). Todos estos procesos cognitivos requieren de la maduración del control ejecutivo, quién está en constante evolución a lo largo del desarrollo de la persona (Diamond, 2013).

Las funciones ejecutivas o control cognitivo nos permiten mantener, manipular y utilizar la información (memoria de trabajo), posibilitan un comportamiento adecuado mediante la autorregulación y el autocontrol (control inhibitorio) y habilitan la adaptación

rápida y flexible a un entorno cambiante (flexibilidad cognitiva) (Davidson et al., 2006). Las funciones ejecutivas hacen posible, desde la primera infancia, evitar distracciones, no realizar respuestas inadecuadas o alternar entre diferentes tareas (Best et al., 2011).

Esta es la razón por la que las funciones ejecutivas muestran una relación con un buen rendimiento académico. Esto es descrito gracias a su vínculo con una mejora competencial global en matemáticas, principalmente, y en lectura (Best et al., 2011).

Desde la perspectiva motriz, la maduración del control motor necesaria para la realización de tareas de motricidad fina permiten predecir un mejor rendimiento en habilidades matemáticas y de lectura durante la infancia (Pitchford, Papini, Outhwaite, & Gulliford, 2016). La teoría de la función ejecutiva, que proviene de la psicología, realizó una primera descripción de esta relación entre actividad física y cognición (Etnier & Chang, 2009), constatando su correlación con el rendimiento académico y la regulación del comportamiento a partir de los procesos metacognitivos presentes en la ejecución motriz (Tomporowski et al., 2015).

Pero la actividad física habitual también incide en las funciones ejecutivas a partir de la regulación de los efectos perturbadores que perjudican su rendimiento. Nos referimos a los beneficios producidos por la actividad física sobre el bienestar emocional, social y de salud. Estos tienen un efecto tan significativo como los desafíos cognitivos para el desarrollo de las funciones ejecutivas (Diamond & Ling, 2016).

Incidencia de los aspectos cuantitativos y cualitativos de la tarea

La incidencia de la práctica física en el rendimiento cognitivo va más allá de si la propia actividad conlleva desafío cognitivo explícito asociado. Es posible describir diferentes maneras en las que la actividad física implica demanda cognitiva. Diversos autores han estudiado diversas circunstancias en las que se observa efecto positivo:

- 1) Como resultado de la interacción social, de unos mejores hábitos alimentarios y de descanso propios de práctica física regular y que implica beneficios emocionales (Moreau et al. 2015; Pesce et al., 2013). A la vez, la fidelización a un programa regular

de entrenamiento requiere de autodisciplina, relacionada con las Funciones Ejecutivas (Diamond & Ling, 2016).

- 2) Durante el aprendizaje o ejecución de una tarea es necesaria la reflexión, concentración, resolución de problemas, memoria de trabajo y/o el control inhibitorio; incidiendo, necesariamente, sobre las Funciones Ejecutivas (Diamond & Ling, 2016).
- 3) De acuerdo con las características cualitativas propias de una actividad física. Estas, descritas en diferentes programas de intervención, se refieren a las habilidades coordinativas, el equilibrio, el ritmo, la organización espacial, las secuencias motrices, la complejidad cognitiva de la tarea motriz, las estrategias de adaptación al contexto y los aspectos emocionales (Pesce. et al., 2013; Crova et al., 2014; Diamond & Ling, 2016; Fernandes et al., 2016; Horvat et al., 2016; Pesce, 2012; Pesce et al., 2016; Tomporowski et al., 2015).
- 4) Según el nivel de habilidad y esfuerzo, requerido en la ejecución de la tarea propuesta, esta puede implicar diferentes niveles de atención sostenida e intensidad (Vazou et al., 2016); A la vez, estos procesos tienen una especial incidencia durante el proceso de aprendizaje (Tomporowski et al., 2015).
- 5) En relación a las habilidades coordinativas o perceptivo-motrices necesarias para la ejecución de las tareas. Es decir, las propias características de las tareas pueden determinar un mayor impacto sobre las Funciones Ejecutivas, incluso mayor si implican un ejercicio aeróbico (Pesce, Croce, et al., 2016; Schmidt et al., 2015).
- 6) El compromiso cognitivo se incrementa en actividades motrices con alto requerimiento cognitivo (Tomporowski et al., 2015). Ante un esfuerzo cognitivo, y más específicamente una alta dosis de atención, se implican los mecanismos propios del procesamiento de la información (Chaddock-Heyman et al., 2013; Hillman et al., 2008). Estos muestran un mayor efecto sobre el desarrollo de las Funciones Ejecutivas respecto las aeróbicas; las cuales muestran efectos beneficiosos, pero de menor impacto (de Greeff et al., 2018). Es cuando las demandas de las Funciones Ejecutivas para la resolución de las tareas motrices son más elevadas y cuando las

condiciones del entorno incrementan su dificultad que se aprecian mejoras significativas de éstas (Davis et al., 2011).

- 7) Incluso, para algunos autores, el objetivo es determinar si hay una correlación entre ejercicios con más requerimiento cognitivo, en relación a las funciones ejecutivas, y un mayor rendimiento cognitivo y académico (Singh et al., 2018); y si esta correlación responde a la diferenciación entre un acto consciente (“*mindful*”) o no consciente (“*mindless*”) (Diamond & Ling, 2016).
- 8) Para otros autores, en cambio, esta discusión entre actividad motriz consciente y no consciente es inconsistente (Hillman et al., 2018), ya que no es posible aislar la actividad física para que no exista un pensamiento deliberado. Tampoco se puede justificar mediante la falta de recuerdos de los pensamientos realizados durante la actividad física después de la práctica. En cualquier caso, es necesario investigación empírica para justificar el papel de la actividad física consciente e inconsciente en la mejorar, o no, del control ejecutivo.
- 9) Si que se ha puntualizado el efecto cuando la actividad física implica procesos metacognitivos, ya que estos permiten la mejora de la capacidad de regular el propio comportamiento y la comprensión del propio conocimiento (Tompsonski et al., 2015). Estos, que son necesarias para la planificación y la expresión creativa, tienen incidencia en todos los tipos de actividades motrices, y permiten describir parte de la participación cognitiva (Vazou et al., 2016). En todo caso, es otro aspecto en el que es necesario una mayor investigación, para completar todos los tipos de relación entre motricidad y cognición durante la infancia (Álvarez-Bueno et al., 2016; Tomporowski et al., 2015). Es un tema especialmente significativo, puesto que la metacognición resulta ser un mecanismo relacionado con las funciones ejecutivas, especialmente relevante en el ámbito escolar; las funciones ejecutivas, en este sentido, nos permiten controlar el rendimiento y ajustar el comportamiento (Davidson et al., 2006).

Dichas relaciones entre actividad física y cognición detrrminan un doble tipo de efectos: como mediadores y los moderadores (de Bruijn et al., 2018; Pesce et al., 2016; Stillman et

al., 2016). Ambos son determinantes en los beneficios de la actividad motriz sobre el rendimiento cognitivo y académico (Chang 2012a; Singh et al., 2018).

Perspectiva desde el contexto educativo

De acuerdo con estos tipos de efectos descritos, desde el contexto educativo es necesario profundizar, más allá de los efectos de la actividad Física “*per se*”, en las implicaciones que la gestión y control de la propuesta motriz tienen en el desarrollo cognitivo del infante, y ajustarlo al currículum. En este sentido, existen diferentes experiencias que proponen regular el impacto a partir del control de los descansos, la frecuencia en las prácticas, la intensidad, la gestión del docente y/o la adición de lecciones académicas activas (Singh et al., 2018).

Estas propuestas se basan en los diferentes aspectos clave que modulan la incidencia sobre las funciones ejecutivas de las tareas motrices realizadas en contextos educativos. Estos son la transferencia y la organización temporal de las tareas (Moreau et al., 2015; Oswald et al., 2006); la retención de los beneficios (Diamong and Ling, 2016); la duración del programa de intervención (Masley et al., 2009; De Greeff et al., 2018), de la sesión (Davis et al., 2011), la frecuencia de la práctica (Liu-Ambrose et al., 2012) o la intensidad del ejercicio (Chang et al., 2012); el control sobre los requerimientos cognitivos propios del contexto y su gestión (Kriemler et al., 2011); y la relevancia del papel del educador (Crum, 2017).

Estas cuestiones están presentes en la discusión de diversas investigaciones basadas en programas de intervención estandarizados. Todas ellas analizan la incidencia sobre las funciones ejecutivas desde enfoques diferentes: a) El Fitkids© (Hillman et al., 2014) que observa el impacto de un programa de entrenamiento basado en tareas de tipo aeróbico; b) TAKE10!© (Kibbe et al., 2011), en el que la actividad física durante el aprendizaje de otros contenidos académicos con la finalidad de reforzar los procesos de aprendizaje; c) “*Boost your Brain*” (Egger et al., 2019), basado en pausas activas que facilitan la predisposición al aprendizaje o refuerzan los procesos de asimilación, retención o recuperación de contenidos; y d) “*LCoMotion*” (Bugge et al., 2014; Tarp et al., 2016), donde se mide el efecto de las intervenciones realizándolas en momentos diferentes. Muchos de los programas

comparan el tamaño del efecto con entrenamientos más específicos de las funciones ejecutivas no motrices, como en el caso de Cogmed® (Diamond and Lee, 2011; Diamond, 2013).

Tareas con requerimientos cognitivos, incidencia sobre las funciones ejecutivas

La práctica motriz es una fuente de aprendizaje y, de acuerdo con lo descrito, una oportunidad de mejora integral del niño/a. La actividad física puede proporcionar una experiencia donde se desafíen numerosos procesos cognitivos. La consecución de los retos implícitos en los objetivos de logro de la tarea propuesta, más allá de las demandas físicas, puede comprometer las funciones ejecutivas mediante la simulación de conductas; la planificación de metas, y de las estrategias a realizar para alcanzarlas; el uso de recursos atencionales, discriminando, seleccionando, inhibiendo o manteniendo focos atencionales durante la práctica; sincronizar el procesamiento sensorial con los recursos cognitivos y la ejecución de diferentes acciones; o manteniendo propósitos y analizando consecuencias de posibles conductas. Todos estos procesos están presentes en numerosas actividades físicas e involucran tácitamente a las Funciones Ejecutivas (Carmona y Moreno; visto en Redolar, 2013).

Precisamente que dichas funciones cognitivas sean condicionantes del éxito en la Actividad Física significa que determinan las características de las tareas motrices que promovemos (Van der Fels et al., 2015). El control en el inicio y final de la ejecución, la adaptación a circunstancias cambiantes, la preedición de conductas, la anticipación de las consecuencias, la presencia de incertidumbre, la necesidad de planificación, el uso de estrategias, la gestión de la complejidad perspectiva del entorno son demandas específicas que pueden estar presentes en una Actividad Física organizada (Alarcón et al., 2017).

En consecuencia, es posible promover actividades que requieran de la gestión de la conducta para superar las demandas cognitivas de la tarea (Cárdenas et al., 2015). Mediante la manipulación del número de alternativas, de modificar los estímulos presentes (alterando el número, velocidad o calidad), la aparición de handicaps o distractores, el cambio de roles u objetivos, o la gestión de la fatiga mental y física, es posible modular el requerimiento

cognitivo de las tareas motrices según sus características (Pesce et al., 2013; Crova et al., 2014; van der Fer et al., 2015; Cárdenas et al., 2015; Alarcón et al., 2017).

La gestión de dichas demandas provoca la incidencia desde el diseño de las propias tareas promoviendo los siguientes retos cognitivos:

- Incertidumbre en la tarea: a partir de la variabilidad en los elementos de la tarea, como son las habilidades motrices implicadas, las consignas o los objetivos de logro.
- La diversidad: mediante la posibilidad de resolver un mismo objetivo gracias a diferentes soluciones, que la meta de la tarea se consiga a partir de diferentes objetivos donde escoger, o dar la opción de utilizar de diferentes habilidades para resolver la tarea.
- La presencia de condicionantes: cuando la tarea presenta limitaciones temporales individuales (por ejemplo, zonas restringidas a poder estar 3”), limitación temporal colectiva o que la limitación temporal para resolución se vea condicionada por el rival.
- Sobre la atención, condicionando los estímulos a atender: alterando los estímulos necesarios para el logro en la tarea, modificando los estímulos no significativos (que pueden ser distractores) o cambios en los estímulos que pueden entrar en conflicto con el logro.

Conclusiones

Desde las ciencias de la Actividad Física, el Deporte y de la Educación es necesario sumar las aportaciones de diferentes disciplinas científicas para que nos permitan atender a todas las dimensiones que la experiencia motriz puede aportar en el desarrollo integral de las personas (Best, 2010). Esto significa incorporar los numerosos estudios referidos a la relación entre la Actividad Física y la cognición y sus descubrimientos (Gomez-Pinilla and Hillman, 2013).

Específicamente, nos referimos a la importancia de incorporar los descubrimientos en relación a la incidencia que ciertas tareas motrices tienen en el desarrollo de las Funciones Ejecutivas y, consecuentemente, en la mejora del rendimiento académico.

En la relación entre motricidad y Funciones Ejecutivas se tiene en cuenta numerosos factores que la median y la moderan (Pesce et al., 2016). El conocimiento y control de la incidencia que ejercen entre ellos dichos factores, como por ejemplo conocer las características de nuestras propuestas motrices que moldean el impacto sobre las Funciones Ejecutivas, nos acerca a una Educación Física que contemple todo su potencial en el contexto educativo.

Aunque las aplicaciones de estos descubrimientos en contextos educativos requieren de un mayor número de estudios, las ciencias de la Actividad física y del deporte son el ámbito donde profundizar en ellos. Es decir, moldear las tareas a partir de los elementos descritos (incertidumbre, diversidad, presencia de condicionantes y atención), con el fin de focalizar en el impacto sobre los aspectos cognitivos deseados, es uno de los puentes que permiten aplicar los avances en campos científicos como son la neurociencia cognitiva en la escuela.

A la vez, estas investigaciones deben realizarse con equipos interdisciplinarios que incorporen profesionales de la Educación Física. Se pueden establecer numerosas líneas de investigación desde esta perspectiva: a partir de las características inherentes de una práctica motriz, en el análisis de las intervenciones, la aplicación de programas motores enriquecidos, la evaluación del impacto según las metodologías, el estudio de la gestión y el impacto de los desafíos cognitivos en el desarrollo cognitivo y en el rendimiento académico, y numerosas cuestiones aún por determinar. Pero todas ellas si desean incidir en los procesos de enseñanza-aprendizaje requieren de la intervención de profesionales de la Educación Física.

Referencias Bibliográficas

Aadland, K. N., Moe, V. F., Aadland, E., Anderssen, S. A., Resaland, G. K., & Ommundsen, Y. (2017). Relationships between physical activity, sedentary time, aerobic fitness, motor skills and

executive function and academic performance in children. *Mental Health and Physical Activity*. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2017.01.001>

Alarcón, F., Ureña, N., Castillo, A., Martín, D., & Cárdenas, D. (2017). Las funciones ejecutivas como predictoras del nivel de pericia en jugadores de baloncesto. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26, 71–74.

Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sánchez-López, M., Pardo-Guijarro, M., & Martínez-Vizcaíno, V. (2016). Association of physical activity with cognition, metacognition and academic performance in children and adolescents: A protocol for systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-011065>

Best, J. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>

Best, J., & Miller, P. (2010). A Developmental Perspective on Executive Function. *Child Development*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>

Best, J., Miller, P., and Naglieri, J. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 327–336.

Best, J., Nagamatsu, L., and Liu-Ambrose, T. (2014). Improvements to executive function during exercise training predict maintenance of physical activity over the following year. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8.

Bidzan-Bluma, I., & Lipowska, M. (2018). Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>

Bugge, A., Tarp, J., Østergaard, L., Domazet, S. L., Andersen, L. B., & Froberg, K. (2014). LCoMotion - Learning, cognition and motion; A multicomponent cluster randomized school-based intervention aimed at increasing learning and cognition - Rationale, design and methods. *BMC Public Health*, 14(1), 967. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-967>

Cárdenas, D., Conde-González, J., & Perales, J. C. (2015). El papel de la carga mental en la planificación del entrenamiento deportivo. *Revista de psicología del deporte*, 24(1), 91-100.

Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., and Kramer, A. F. (2011). A Review of the Relation of Aerobic Fitness and Physical Activity to Brain Structure and Function in Children. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 975–985.

Chang, Y. K., Tsai, Y. J., Chen, T. T., & Hung, T. M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: An ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187–196. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3360-9>

Crova, C., Struzzolino, I., Marchetti, R., Masci, I., Vannozzi, G., Forte, R., & Pesce, C. (2014). Cognitively challenging physical activity benefits executive function in overweight children. *Journal of Sports Sciences*, 32(3), 201–211. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.828849>

Crum, B. (2017). How to win the battle for survival as a school subject? Reflections on justification, objectives, methods and organization of PE in schools of the 21st century. *Retos-Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (31), 238–244.

Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., and Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Elsevier*, 44(11), 2037–2078.

Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., ... Naglieri, J. A. (2011). Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized, Controlled Trial. *Health Psychology, 30*(1), 91–98. <https://doi.org/10.1037/a0021766>

de Bruijn, A. G. M., Hartman, E., Kostons, D., Visscher, C., & Bosker, R. J. (2018). Exploring the relations among physical fitness, executive functioning, and low academic achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 167*. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.10.010>

de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport, 21*(5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>

Diamond, A. (2013). Executive Functions. Pdfs.Semanticscholar.Org. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/db72/02858dcd98c6d50cf5520812e60fd3e69526.pdf>

Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*. Retrieved from <http://science.sciencemag.org/content/333/6045/959.short>

Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. Elsevier. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878929315300517>

Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P. D., ... Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 48*(6), 1197–1222.

Egger, F., Benzing, V., Conzelmann, A., & Schmidt, M. (2019). Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. *PLoS ONE, 14*(3), e0212482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212482>

Etnier, J. L., & Chang, Y.-K. (2009). The Effect of Physical Activity on Executive Function: A Brief Commentary on Definitions, Measurement Issues, and the Current State of the Literature. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 31*(4), 469–483. <https://doi.org/10.1123/jsep.31.4.469>

Fernandes, V. R., Ribeiro, M. L. S., Melo, T., Maciel-Pinheiro, P. de T., Guimarães, T. T., Araújo, N. B., ... Deslandes, A. C. (2016). Motor coordination correlates with academic achievement and cognitive function in children. *Frontiers in Psychology, 7*(MAR). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00318>

Gomez-Pinilla, F., and Hillman, C. H. (2013). The Influence of Exercise on Cognitive Abilities. In *Comprehensive Physiology* (Vol. 3, pp. 403–428). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience, 9*(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>

Hillman, C. H., McAuley, E., Erickson, K. I., Liu-Ambrose, T., & Kramer, A. F. (2018). On mindful and mindless physical activity and executive function: A response to Diamond and Ling (2016). *Developmental Cognitive Neuroscience*. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.01.006>

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *PEDIATRICS, 134*(4), e1063–e1071. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3219>

Horvat, M., McCullick, B., Pesce, C., Croce, R., Ben-Soussan, T., Vazou, S., ... Horvat, M. (2016). Variability of practice as an interface between motor and cognitive development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, (October), 1–20. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223421>

Jeannerod, M. (2003). The mechanism of self-recognition in humans. *Behavioural Brain Research*, 142(1–2), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0166-4328\(02\)00384-4](https://doi.org/10.1016/S0166-4328(02)00384-4)

Koziol, L., Budding, D., & Chidekel, D. (2012). From Movement to Thought : Executive Function , Embodied Cognition , and the Cerebellum. Springer, 505–525. <https://doi.org/10.1007/s12311-011-0321-y>

Koziol, L., & Lutz, J. (2013). From Movement to Thought: The Development of Executive Function. *Applied Neuropsychology: Child*, 2(2), 104–115. <https://doi.org/10.1080/21622965.2013.748386>

Kibbe, D. L., Hackett, J., Hurley, M., McFarland, A., Schubert, K. G., Schultz, A., & Harris, S. E. (2011). Ten Years of TAKE 10!: Integrating physical activity with academic concepts in elementary school classrooms. *Preventive Medicine*, 52 Suppl 1(SUPPL.), S43–S50. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743511000533>

Kriemler, S., Meyer, U., Martin, E., van Sluijs, E. M., Andersen, L. B., & Martin, B. W. (2011). Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: a review of reviews and systematic update. *British Journal of Sports Medicine*. Retrieved from http://addssa.com/intranets/idrd/2011_10_activos_y_saludables/03_recursos/study_material/gestores/Guias de Actividad Fisica/Kriemler et al BJSM 2011.pdf

Moreau, D., Morrison, A. B., & Conway, A. R. A. (2015). An ecological approach to cognitive enhancement: complex motor training. *Acta Psychologica*, 157, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.02.007>

Oosterlaan, J., Hartman, E., Bosker, R. J., de Greeff, J. W., & Visscher, C. (2017). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>

Oswald, W. D., Gunzelmann, T., Rupprecht, R., & Hagen, B. (2006). Differential effects of single versus combined cognitive and physical training with older adults. *European Journal of Ageing*, 3(4), 179–192. <https://doi.org/10.1007/s10433-006-0035-z> T4 - The SimA study in a 5-year perspective Y3 - 07.03.2016 M4 - Citavi

Pesce, C. (2012). Shifting the Focus from Quantitative to Qualitative Exercise Characteristics in Exercise and Cognition Research. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(6), 766–786. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.6.766>

Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and Physical Activity*, 6(3), 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.001> LK

Pesce, C., Croce, R., Ben-Soussan, T., Vazou, S., McCullick, B., Tomporowski, P., & Horvat, M. (2016). Variability of practice as an interface between motor and cognitive development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, pp. 1–20. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223421>

Pitchford, N. J., Papini, C., Outhwaite, L. A., & Gulliford, A. (2016). Fine motor skills predict maths ability better than they predict reading ability in the early primary school years. *Frontiers in Psychology*, 7(MAY). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00783>

Redolar, D. (2013) *Neurociencia cognitiva*. Ed. Medica Panamericana.

Singh, A., Saliassi, E., & Berg, V. van den. (2018). Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents: a novel combination of a systematic review and. *Bjism.Bmj.Com*. Retrieved from https://bjism.bmj.com/content/early/2018/08/07/bjsports-2017-098136.abstract?casa_token=x_NkF-97J_wAAAAA:duz9pBxsSkVSkYySy2u00mSrrATcT0zWijEhllKkIkHG77XfsGrjM8Dw4yVhjOvU_1P5eQVz4w

Schmidt, M., Jäger, K., Egger, F., Roebers, C. M., & Conzelmann, A. (2015). Cognitively engaging physical activity and executive functions. *journals.humankinetics.com*. Retrieved from <http://journals.humankinetics.com/doi/abs/10.1123/jsep.2015-0069>

Sommerville J. A., & Decety J. (2006). Weaving the fabric of social interaction: Articulating developmental psychology and cognitive neuroscience in the domain of motor cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 13(2), 179–200. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03193831>

Stillman, C. M., Cohen, J., Lehman, M. E., & Erickson, K. I. (2016). Mediators of Physical Activity on Neurocognitive Function: A Review at Multiple Levels of Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00626>

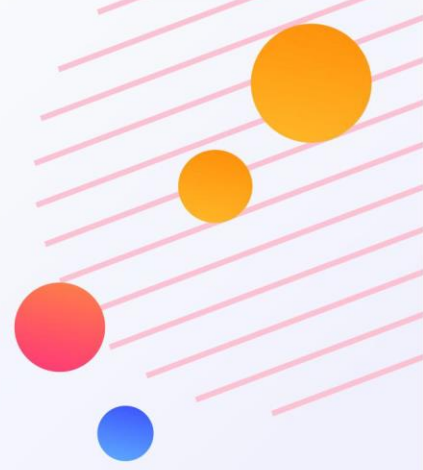
Tarp, J., Domazet, S. L., Froberg, K., Hillman, C. H., Andersen, L. B., & Bugge, A. (2016). Effectiveness of a school-based physical activity intervention on cognitive performance in Danish adolescents: LCoMotion-learning, cognition and motion - A cluster randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 11(6), e0158087. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158087>

Tomprowski, P. D., McCullick, B., Pendleton, D. M., and Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition. *Journal of Sport and Health Science*. van der Fels, I., te Wierike, S. C., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>

Vazou, S., Pesce, C., Lakes, K., and Smiley-Oyen, A. (2016). More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on cognition in youth. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1–26.

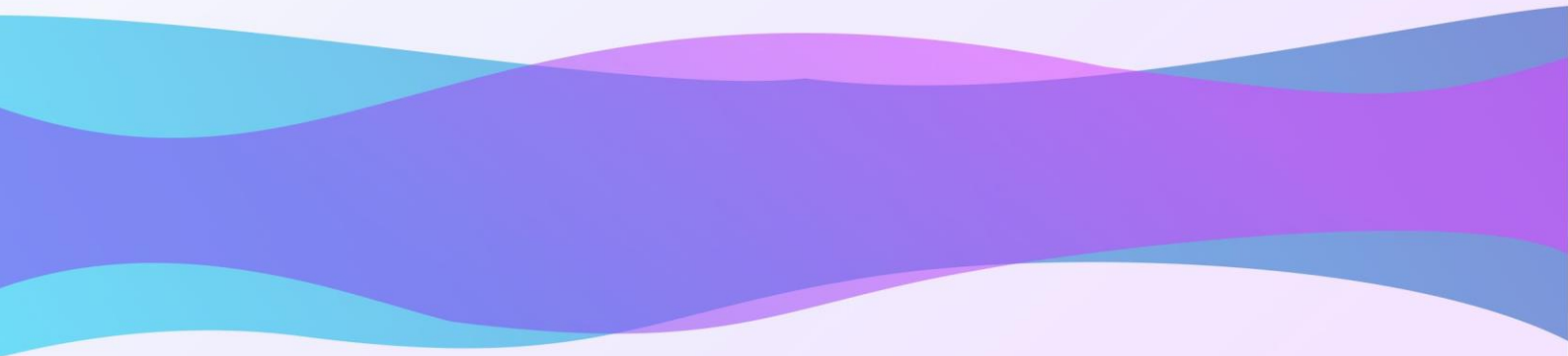
Vitiello, V., & Greenfield, D. (2017). Executive functions and approaches to learning in predicting school readiness. *Elsevier*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0193397316301988>

Voelcker-Rehage, C., Niemann, C., Hübner, L., Godde, B., & Winneke, A. H. (2016). Benefits of Physical Activity and Fitness for Lifelong Cognitive and Motor Development-Brain and Behavior. *In Sport and Exercise Psychology Research: From Theory to Practice* (pp. 43–73). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803634-1.00003-0>



Moverse y pensar: influencia de una dosis puntual de ejercicio sobre la consolidación de los aprendizajes en la memoria

Mg. Eric Roig Hierro



MOVERSE Y PENSAR: INFLUENCIA DE UNA DOSIS PUNTUAL DE EJERCICIO SOBRE LA CONSOLIDACIÓN DE LOS APRENDIZAJES EN LA MEMORIA

Mgtr. Eric Roig Hierro⁹ – e.roigh@ub.edu

Universidad de Barcelona. Facultad de Educación.

Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física.

Resumen

Este artículo pretende sintetizar la investigación realizada hasta el momento en el campo de la actividad física puntual y su influencia sobre los procesos de memoria. Se ofrecerán, las explicaciones existentes en el campo que justifican este efecto, así como los elementos que se deben tener en cuenta en los diseños experimentales, con el propósito de ofrecer herramientas para la autonomía en la creación de las propias intervenciones dirigidas a mejorar determinadas memorias. La utilización de dosis de ejercicio para la mejora de procesos cognitivos se postula como una herramienta útil que puede causar un impacto positivo tanto a nivel social como educativo.

Palabras clave: Actividad física, consolidación, memoria.

Introducción

Aprovechar la actividad física para influir sobre la memoria. Propuesta del proyecto en Albatros.

La propuesta que se realiza en el presente capítulo se centra en aprovechar y gestionar las características inherentes de la actividad física (A.F.) para maximizar la retención y consolidación en la memoria de los aprendizajes previamente conseguidos. El objetivo de esta propuesta, surge a partir de los diferentes estudios que han revelado un efecto superior sobre la memoria gracias a la realización de una dosis puntual de A.F. (Etnier et al., 2014;

⁹ Profesor de Educación Primaria. Máster en Actividad Física, Educación Física y Deporte. Profesor de Educación Primaria en escuela concertada en Barcelona. Profesor asociado del Grado de Educación Primaria en la Universidad de Barcelona. Facultad de educación. Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física. Doctorando en Actividad Física, Educación Física y Deporte.

Pesce et al., 2009; Roig et al., 2016; Wanner et al., 2020). En este sentido, se han encontrado resultados superiores en memorias de tipo declarativo, como el aprendizaje de listas de palabras (Haynes et al., 2019; Winter et al., 2007) o de ítems específicos (Pontifex et al., 2016), de tipo emocional (Keyan & Bryant, 2017), o incluso de tipo procedimental, como el aprendizaje de habilidades motrices (Mang et al., 2016; Rhee et al., 2016; Roig et al., 2012; Thomas, Johnsen, et al., 2016).

En los estudios previamente mencionados, el diseño experimental estándar es el siguiente: un grupo realiza una dosis de ejercicio y, anterior o posterior a ésta, realiza una tarea de aprendizaje. Seguidamente, se mide la evolución del aprendizaje a partir de pruebas de retención pasadas 24 horas y una semana respecto al aprendizaje inicial. Lo que se encuentra en los estudios citados anteriormente es que los grupos que realizaron ejercicio obtuvieron mejores resultados en las pruebas de retención de los aprendizajes que los grupos control, que no realizaron ejercicio alguno. Cabe destacar que los beneficios que se observan en la memoria gracias a una dosis de ejercicio, se pueden magnificar pasados los días o incluso semanas, afectando así a la consolidación en la memoria a largo plazo (Roig et al., 2012; Thomas, Beck, et al., 2016), jugando así, el sueño, un papel destacable en esta interacción (Munz et al., 2021).

Los resultados de las investigaciones comentadas anteriormente ofrecen una visión amplia de las posibilidades de intervención sobre una función cognitiva, la memoria, a partir de la actividad física puntual. Algunos autores sugieren que estas intervenciones pueden dirigirse a colectivos con déficits cognitivos y afectaciones sobre la memoria (Segal et al., 2012), personas que han sufrido lesiones craneoencefálicas (Mang et al., 2013; Nepveu et al., 2017), personas con enfermedades como el Parkinson (Steib et al., 2018), o incluso personas sin ninguna afectación, con el simple objetivo de mejorar la calidad de vida de todas ellas (Thomas, Johnsen, et al., 2016). De hecho, las intervenciones físicas que pueden mejorar la función de la memoria tienen sentido y facilidad de aplicación en contextos cotidianos, como los centros escolares y deportivos (Tompsonski et al., 2015). En este sentido, se aprovecha la conveniencia de esta propuesta para aplicarse en un contexto educativo real, como es el centro de desarrollo integral Albatros, en México.

Algunas intervenciones destinadas a mejorar la calidad de vida de las personas a partir de la A.F. destinadas a impactar sobre procesos cognitivos como la memoria, ya se están llevando a cabo en la actualidad. Cabe destacar que en laboratorios como el Memory Lab de McGill University en Canadá, ya se realizan intervenciones de A.F. con pacientes que sufrieron accidentes cerebrovasculares.

Teniendo en cuenta la relevancia del tema, se ofreció en la fase de formación al profesorado del centro Albatros, la posibilidad y las herramientas para complementar las intervenciones físicas de carácter implícito o explícito ya previstas, con la finalidad de mejorar también la retención de los aprendizajes logrados.

Marco teórico

Explicaciones biológicas a los beneficios del ejercicio sobre la memoria.

Las justificaciones que se ofrecen en la literatura al efecto observado del ejercicio sobre la mejora en la memoria son eminentemente de carácter biológico. Los cambios que se producen en el sistema producto de la dosis de A.F. son los que nos ayudan a entender la afectación del ejercicio sobre la memoria. En este punto, cabe destacar dos perspectivas de las cuales se abordan dichos mecanismos explicativos, que son la perspectiva sistémica y la molecular.

La actividad física puede provocar...	
A nivel sistémico	A nivel molecular
Mayor excitabilidad corticoespinal (Ostadan et al., 2016).	Incremento de los neurotransmisores disponibles (Skriver et al., 2014)
Menor inhibición intracortical (Wanner et al., 2020).	Incremento de las neurotrofinas disponibles (Gomez-Pinilla et al., 2008).

Mejor regulación del flujo de sangre en el cerebro (Guiney et al., 2015).	Incremento de los factores de crecimiento disponibles (Thomas, Johnsen, et al., 2016).
Incremento en la activación fisiológica (Coles & Tomporowski, 2008).	Incremento en los niveles periféricos de lactato (Skriver et al., 2014).
Lo que provoca	
La mejora de los procesos celulares, como la potenciación a largo plazo, que tienen una incidencia directa en la formación y mantenimiento de las memorias gracias a la plasticidad inducida por los cambios previamente comentados.	

Tabla 1: Cambios en el sistema provocados por la actividad física con incidencia sobre la memoria. Elaboración propia.

Perspectiva sistémica

- Mayor excitabilidad corticoespinal. Una dosis de ejercicio físico puntual es capaz de modificar la excitabilidad corticoespinal (CSE) durante las fases cercanas a la consolidación de la memoria (Ostadan et al., 2016). En el caso de las memorias motoras, una reducción temporal de la CSE (a partir de interrumpir la transmisión a la corteza motora primaria) interfiere en los procesos de memoria que están activos (Censor & Cohen, 2011). Por tanto, los cambios en la CSE son claves para conseguir una mayor neuroplasticidad (Macdonald et al., 2019; Singh & Staines, 2015).

- Menor inhibición intracortical. La actividad física es capaz de provocar una menor inhibición intracortical (Wanner et al., 2020), lo que supone un evento clave para inducir mayor plasticidad cerebral (Floyer-Lea et al., 2006).

- Flujo de sangre al cerebro. La actividad física puntual provoca una mejor regulación del flujo de sangre en el cerebro (Guiney et al., 2015), lo cual contribuye a preservar una correcta actividad neuronal y metabólica en el cerebro (Ogoh & Ainslie, 2009).

-Incremento en la activación fisiológica. Según la perspectiva de la activación fisiológica, la actividad física puntual puede generar incrementos en la activación fisiológica general (Coles & Tomporowski, 2008), que a su vez favorecerá una mejor asignación de los recursos energéticos disponibles para el aprendizaje y retención (Lambourne & Tomporowski, 2010).

Perspectiva molecular

La mejora en los procesos de aprendizaje y memoria generada por una dosis de A.F. viene propiciada, en gran medida, por vías moleculares específicas (Skriver et al., 2014) que a continuación se comentan:

- Incremento de los neurotransmisores disponibles en el sistema. La A.F. de carácter puntual se puede asociar con la liberación de neurotransmisores que influyen la función de la memoria (Winter et al., 2007). Algunos autores destacan que la A.F. debe ser preferiblemente de intensidad elevada (Loprinzi, 2019) para incrementar el número de neurotransmisores clave que se generan (Skriver et al., 2014) y que activarán a su vez diferentes vías de señalización intracelular que facilitan la transcripción del factor de transcripción CREB en el núcleo de la célula (Loprinzi, 2018). Esta transcripción es necesaria para la formación de memorias (Loprinzi, 2019). Además, niveles elevados de neurotransmisores como las catecolaminas pueden mejorar la plasticidad sináptica en estructuras vitales para la memoria, como el hipocampo (Loprinzi, 2018).

- Incremento de las neurotrofinas disponibles. Las neurotrofinas o factores neurotróficos, una familia de proteínas que contribuyen a la supervivencia, proliferación, migración y diferenciación neuronal (Salehi et al., 2003), contribuyen en la mejora de procesos como la potenciación a largo plazo (Waters et al., 2020), promoviendo así una mayor plasticidad sináptica en el sistema nervioso central (Gomez-Pinilla et al., 2008; Knaepen et al., 2010). El factor neurotrófico más destacado por su influencia sobre procesos cognitivos como la memoria, y que se ven condicionados por la realización de A.F., es el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) (Baird et al., 2018; Knaepen et al., 2010).

Por tanto, el incremento de las neurotrofinas disponibles provocado por una dosis de A.F. afectará positivamente sobre la memoria.

- Incremento de los factores de crecimiento disponibles. La A.F., primordialmente de alta intensidad, incrementa la segregación de factores de crecimiento (Thomas, Johnsen, et al., 2016). Estos factores de crecimiento, tanto insulínico de tipo 1 (IGF-1) como el endotelial vascular (VEGF), tienen incidencia en la modulación de los efectos del ejercicio sobre la plasticidad cerebral (Skriver et al., 2014); principalmente, promueven la plasticidad sináptica (Ramsey et al., 2005), estimulan la neurogénesis (Lista & Sorrentino, 2010), promueven la síntesis y liberación de neurotransmisores que ayudan a la función de la memoria (Anlar, Sullivan & Feldman, 1999) y colaboran en la regulación energética del metabolismo y la función de la memoria en condiciones homeostáticas desafiantes (Gomez-Pinilla et al., 2008).

- Incremento en los niveles periféricos de lactato. Existe una correlación entre los niveles de concentración de lactato en sangre y la adquisición y retención de memorias (Skriver et al., 2014). Esto se podría deber a que las elevadas concentraciones de lactato implican elevados niveles de activación por el ejercicio que pueden facilitar el procesamiento cognitivo (Lambourne & Tomporowski, 2010), o bien se puede deber a que el cerebro utiliza el lactato como fuente principal de energía justo después del ejercicio potenciando así los procesos cognitivos implicados (Rasmussen et al., 2011). En cualquier caso, la correlación observada por Skriver et al. (2014) suponen un hallazgo innovador respecto al rol del lactato sobre la función de la memoria.

Llegados a este punto, se puede resaltar que los cambios que produce el ejercicio puntual en el sistema llevan a la mejora de los procesos celulares encargados de la formación y mantenimiento de las memorias. Uno de los procesos que se van más influenciados es el de la potenciación a largo plazo (PLP). El incremento en la PLP provocado por la A.F. puntual (Roig et al., 2016), generará un mayor crecimiento de espinas dendríticas en las células nerviosas (Loprinzi, 2018), y provocará neurogénesis y modificaciones estructurales en zonas del cerebro relevantes para la memoria (Haynes et al., 2019). Además, éste proceso (junto a la depresión a largo plazo) es requerido para modificar la fortaleza sináptica de las conexiones existentes, representando así un mecanismo primario

para la formación de nuevas redes de memoria (Poo et al., 2016). En esta línea, la formación de memorias es dependiente a los cambios que se producen en la eficacia sináptica, y que permitirán fortalecer las conexiones neuronales (Lynch, 2004).

Cabe destacar que, para conseguir un almacenamiento a largo plazo, se requerirá tanto la mejora en la eficacia sináptica como la plasticidad sináptica a largo plazo (Kandel, 2007). Teniendo en cuenta, como se ha visto en este apartado, que el ejercicio puntual es capaz de provocar cambios en el sistema que favorecen la plasticidad y eficacia sináptica, se postula como un mecanismo genuino para mejorar los procesos cognitivos que dependen de la plasticidad sináptica.

Concreción de la intervención sobre la memoria en la propuesta Albatros

En este apartado, se acercan los avances encontrados en la literatura relativos al diseño de intervenciones prácticas focalizadas en la mejora de los procesos de memoria. No obstante, cabe destacar que hoy en día no existen evidencias taxativas que permitan establecer un diseño estándar con máxima eficacia.

En esta línea, y recogiendo los diseños experimentales de la literatura del campo de investigación, cabe destacar que las intervenciones prácticas dirigidas a la mejora de la memoria son diversas, con variados elementos a tener en cuenta previos al diseño. La variación se presenta desde una dosis de 5 minutos de alta intensidad corriendo (Angulo-Barroso et al., 2019), a juegos de equipo o circuitos de fitness de intensidad moderada durante 40 minutos (Pesce et al., 2009), o incluso realizando bailes complejos durante 10 minutos (Tompsonski & Pendleton, 2018).

Evidenciadas las diferencias, el objetivo de este punto es ofrecer al profesorado del Centro Albatros las diferentes posibilidades y herramientas que permitan diseñar, de forma autónoma y en función de sus objetivos primordiales, las intervenciones más adecuadas.

La primera pregunta que se genera es relativa a la ubicación temporal de la dosis de ejercicio. Es decir, ¿situamos la dosis puntual de ejercicio antes del aprendizaje que queremos potenciar en la memoria, o después? No es una cuestión menor, debido a que la ubicación temporal de la dosis de A.F. respecto a la tarea de aprendizaje tiene incidencia

sobre las mejoras observadas en la memoria (Roig et al., 2016). Mientras algunas investigaciones encuentran que los beneficios sobre la memoria se acentúan cuando el ejercicio se realiza previo al aprendizaje (Haynes et al., 2019), también en el caso de las memorias episódicas (Loprinzi, 2018), otras investigaciones encuentran mejoras más significativas cuando el ejercicio se realiza posterior a la codificación del aprendizaje (Roig et al., 2012; Tomporowski & Pendleton, 2018), en este caso, para memorias de carácter motriz. Mientras algunos autores abogan por diferentes afectaciones según los tipos de memorias (Loprinzi, 2018), también se ofrecen, de manera no excluyente, explicaciones generalizadas a estas divergencias provocadas por la ubicación temporal de la dosis de ejercicio en relación a la tarea de aprendizaje.

Temporalidad de la dosis de ejercicio	Afectación sobre la memoria
Antes de la tarea a aprender	El ejercicio realizado antes de una tarea de aprendizaje puede impactar sobre todo en la fase de codificación de la memoria, así como en fases iniciales de la consolidación (Labban & Etnier, 2011; Roig et al., 2016; Wanner et al., 2020) gracias a la facilitación de la potenciación a largo plazo (Poo et al., 2016) -un proceso molecular clave para la formación y retención de memorias (Machado et al., 2008)- y la mejora en los procesos de atención (P. Loprinzi, 2019).
Después de la tarea a aprender	El ejercicio realizado después de la tarea de aprendizaje puede beneficiar exclusivamente la fase de consolidación de la memoria en cuestión (Roig et al., 2016; Wanner et al., 2020) a partir del incremento en las neurotrofinas disponibles que estabilizan los trazos de memoria (P. Loprinzi, 2019).

Tabla 2: Diferencias en la memoria según la ubicación temporal de la dosis de ejercicio. Elaboración propia.

Llegados a este punto, el profesorado del Centro Albatros podrá decidir, en función de su interés principal, si ubicar la dosis de ejercicio previamente o de manera posterior al aprendizaje. No obstante, las decisiones que se deben tomar respecto al diseño no se limitan a la ubicación temporal del ejercicio, pues se deben considerar otras variables de la A.F.,

conocidos como moderadores, que tienen influencia en la dirección o en la magnitud de los resultados sobre la memoria (Pesce, 2012). Además de la temporalidad, los moderadores destacados en la literatura son la intensidad, la distancia temporal entre la dosis y la tarea de aprendizaje, la duración, y el tipo de A.F. que se emplea (Roig et al., 2016; Wanner et al., 2020). Cabe destacar que los parámetros del ejercicio más investigados son de carácter cuantitativo (intensidad, duración, temporalidad), lo que refleja la perspectiva médica des de la cual se está abordando este campo de estudio (Lee, 2009). A pesar de ello, nuevas líneas de investigación están surgiendo para atender a los aspectos más cualitativos (tipología de ejercicio, movimiento requerido, etc.) del ejercicio y su influencia sobre la memoria (Pesce, 2012).

Moderadores de la actividad física	Influencia sobre la consolidación en la memoria
Intensidad	<p>Los beneficios sobre la consolidación de la memorias se hacen más evidentes cuanto mayor es la intensidad a la que se realiza el ejercicio físico (Thomas, Johnsen, et al., 2016). Esto se puede deber al aumento en la cantidad de neurotransmisores (Helm et al., 2017) y neurotrofinas (Winter et al., 2007) disponibles gracias a la intensidad elevada, y que activarán la cascada de procesos intracelulares necesarios -como la potenciación a largo plazo (Córdoba Montoya et al., 2010)- para mejorar la retención de una memoria (P. Loprinzi, 2019).</p> <p>No obstante lo anteriormente comentado, algunas investigaciones también encuentran mejoras sobre la memoria en los grupos que realizan actividad física de intensidad física moderada (Coles & Tomporowski, 2008; Jo et al., 2019; McDonnell et al., 2013).</p>
Duración	<p>La duración del ejercicio parece estar supeditada a la intensidad a la cual se realiza éste. Por ejemplo, en un estudio de Pyke et al. (2020) se utilizan dos grupos de intensidad moderada o descanso activo que realizan durante 30 minutos la actividad, y un grupo que realiza intensidad elevada durante 6 minutos. Los resultados en este aspecto son variables, y se encuentran resultados positivos tanto en intervenciones largas, como 30 minutos (Statton et al., 2015), como en duraciones más cortas, de 5 (Angulo-Barroso et al., 2019) o 6 minutos (Pyke et al., 2020). El trabajo futuro de este campo debe investigar el efecto y la interacción entre la duración del ejercicio y la intensidad del</p>

	mismo, así como la temporización, para analizar como influencia sobre los beneficios en la memoria (Charalambous et al., 2019).
Tipología de ejercicio	A pesar que la mayoría de intervenciones utilizan formas de ejercicio simple, como correr (Ferrer-Uris et al., 2018; Winter et al., 2007) o ciclismo estático (Roig et al., 2012; Skriver et al., 2014; Steib et al., 2018), algunas investigaciones han demostrado que otras formas de ejercicio más complejas, como los deportes o los bailes, son igualmente válidas (Cantrelle et al., 2020; Lundbye-Jensen et al., 2017; Thomas et al., 2017) o incluso provocan efectos superiores en la memoria (Pesce et al., 2009; Tomporowski & Pendleton, 2018). Estos hallazgos abren la posibilidad de utilizar tipología de intervenciones físicas más adecuadas a contextos cotidianos, como el contexto educativo Albatros.
Distancia temporal entre tarea y ejercicio	Debido a que los efectos generados por una dosis de ejercicio son temporales (Thomas, Beck, et al., 2016) la distancia temporal entre la tarea y el ejercicio debe ser limitada, incluso sin superar un margen relativo de 1 a 2 horas (Pontifex et al., 2016). Por ejemplo, los niveles de BDNF que se aumentan puntualmente gracias a la A.F., vuelven al nivel de base aproximadamente una hora después de la intervención (Statton et al., 2015).

Tabla 3: Influencia de los moderadores en la consolidación de los aprendizajes. Elaboración propia.

A partir de los hallazgos que se encuentran en la literatura científica, se propone en la formación realizada al profesorado de Albatros, el diseño de intervenciones de carácter práctico que atiendan directamente a la retención y consolidación de los aprendizajes que considere el profesorado. Los elementos que se detallan anteriormente son los que, según las investigaciones, se han encontrado relevantes para influir en la dirección (fase de la memoria que se ve afectada) y magnitud (cantidad de mejoras observadas) de las mejoras generadas en la memoria.



Ilustración 1: Elementos de la actividad física a tener en cuenta para diseñar intervenciones dirigidas hacia la mejora de la retención y consolidación de las memorias. Elaboración propia.

Más allá de lo anteriormente comentado, se debe tener en cuenta que existirán más factores que influirán en la relación A.F. y memoria. Por ejemplo, las características individuales de los sujetos (Chang et al., 2012). El elemento más estudiado en el campo es la influencia de la edad de las personas en los beneficios que provoca el ejercicio sobre la memoria. Esto se debe a que a mayor edad la excitabilidad corticoespinal se reduce (Centeno et al., 2018), además de tener influencia sobre estructuras clave para la formación de memorias, como el hipocampo, suponiendo un menor volumen y neurogénesis (Driscoll, 2005). Además, se observa una disminución de los beneficios offline (posterior a la práctica), es decir, los observados en la memoria a largo plazo gracias a una dosis de ejercicio, y un incremento de la susceptibilidad a la interferencia de otros aprendizajes similares (Roig et al., 2014).

Otro elemento individual a tener en cuenta es el sexo de las personas, pues tienen incidencia diferente en la influencia del ejercicio sobre la memoria (Loprinzi & Frith, 2018), lo cual condiciona los diseños experimentales para seleccionar exclusivamente personas de un sexo, mayormente, masculino. Una posible explicación a las diferencias que se observan

puede ser la diferente respuesta de BDNF al ejercicio entre hombres y mujeres (Dinoff et al., 2017). Conociendo la influencia que ejerce el BDNF sobre la memoria (Baird et al., 2018; Ploughman, 2008; Winter et al., 2007), éste podría ser un punto relevante.

Perspectivas de futuro en el campo

Llegados a este punto, cabe remarcar la necesidad del campo de seguir aportando nuevas evidencias y acercar los resultados observados a prácticas cotidianas que permitan mejorar la calidad de vida de las personas afectando sobre una función cognitiva destacada en el día a día. En este sentido, las perspectivas de futuro en el campo son variadas y nos permiten entender, a su vez, las necesidades aún por resolver. El objetivo principal debe ser el de construir marcos para el diseño de actividades prácticas aplicables a contextos cotidianos que persigan el fin de generar mejoras en la consolidación de las memorias, y, por ende, supongan una mejora del bienestar de las personas. Para ello, se debe seguir investigando en los aspectos comentados anteriormente, así como atender a los aspectos futuros por resolver que a continuación se comentan.

En primer lugar, destaca la vía de la complejidad del movimiento implicado en la dosis del ejercicio. Estudios como el de Tomporowski & Pendleton (2018) muestran que el movimiento implicado durante la dosis de ejercicio puede influir en los beneficios sobre la memoria. En esta investigación, se comprobó que el grupo que realizaba una actividad coordinativa compleja, como eran bailes complejos, obtenían mejores resultados en memorias motoras que no las personas que realizaban bailes simples. En esta línea, se propone que los patrones de movimientos tienen demandas corticales únicas, siendo los movimientos más complejos los que incrementan la excitabilidad cortical en mayor medida (Carey et al., 2005; Özkaya et al., 2005). Sin embargo, son muy pocos los estudios que atienden a analizar este efecto en la memoria, y se necesita más literatura para dilucidar las cuestiones relativas.

Similar a la línea anterior, hay autores que sugieren que las demandas implicadas durante la actividad física, por ejemplo, a nivel cognitivo, tienen influencia en el efecto del ejercicio sobre la memoria (Pesce, 2012). Diversas investigaciones han comparado

intervenciones de A.F. simple con formas de ejercicio como deportes de equipo. La mayoría de investigaciones no han encontrado diferencias entre grupos (Cantrelle et al., 2020; Lundbye-Jensen et al., 2017; Thomas et al., 2017). No obstante, una investigación de Pesce et al. (2009) sí encontró efectos superiores en la retención de aprendizajes declarativos para el grupo que realizaba deportes de equipo.

Relacionado con lo anterior, no sólo centra el interés de la investigación futura el tipo de ejercicio y sus demandas, también la tipología de las tareas de aprendizaje que se utilizan, para saber si los resultados que hasta el momento se están observando se pueden generalizar a todos los aprendizajes. Por ello, se postula como importante clarificar si los beneficios son específicos a la tipología y demandas de la tarea (Beck et al., 2020), y también utilizar tareas de diversa naturaleza, sobre todo aquellas que tengan cabida en contextos cotidianos (Bonuzzi et al., 2020), para facilitar la aplicabilidad de los hallazgos.

Una línea que se postula como importante es la que analiza la influencia del sueño en la relación entre la A.F. y los beneficios en la consolidación de la memoria (Chen et al., 2020; Munz et al., 2021). Esto se debe a la influencia que ejerce el sueño sobre los procesos de consolidación en la memoria (Dudai, 2012; Walker et al., 2005). La mayoría de investigaciones ya tienen en cuenta esta influencia, y por ello analizan la evolución de la memoria pasada una noche del aprendizaje (retención 24 horas) y una semana, incluso observando mejores resultados a largo plazo que los obtenidos justo después del aprendizaje (McNerney & Radvansky, 2015; Roig et al., 2012; Thomas et al., 2017).

Finalmente, otras líneas futuras van dirigidas a ampliar los resultados a nivel de mecanismos explicativos de la mejora en los procesos de consolidación de la memoria para construir un marco explicativo sólido basado en fundamentaciones biológicas (Ferrer-Uris et al., 2017; Roig et al., 2012; Skriver et al., 2014; Stavrinou & Coxon, 2017).

Conclusiones

Los hallazgos encontrados en el campo de investigación que analiza la interacción entre la actividad física y la memoria postulan la dosis de ejercicio físico como una herramienta eficaz para mejorar los procesos de retención y consolidación de los

aprendizajes. No obstante, como se ha visto en la formación realizada al profesorado del centro de desarrollo integral Albatros, esta potenciación en la memoria puede depender de diversas variables, como las diferencias que se observan en los diseños experimentales recogidos, hasta el momento, en el campo. Aunque queda mucha investigación para aclarar las dudas que surgen durante la lectura del presente artículo, podemos concebir la actividad física puntual como un recurso que proporcionará beneficios en los procesos cognitivos de las personas, en este caso la memoria, siendo una intervención aplicable a contextos de carácter social y/o educativos que ayudaran a mejorar la calidad de vida de las personas.

Referencias Bibliográficas

- Angulo-Barroso, R., Ferrer-Uris, B., & Busquets, A. (2019). Enhancing children's motor memory retention through acute intense exercise: Effects of different exercise durations. *Frontiers in Psychology, 10*(AUG), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02000>
- Baird, J., Gaughan, M., Saffer, H., Sarzynski, M., Herter, T., Fritz, S., den Ouden, D., & Stewart, J. (2018). The Effect of Energy-Matched Exercise Intensity on Brain-Derived Neurotrophic Factor and Motor Learning. *Neurobiology of Learning and Memory, 156*, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2018.10.008>.The
- Beck, M. M., Grandjean, M. U., Hartmand, S., Spedden, M. E., Christiansen, L., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2020). Acute Exercise Protects Newly Formed Motor Memories Against rTMS-induced Interference Targeting Primary Motor Cortex. *Neuroscience, 436*, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2020.04.016>
- Bonuzzi, G. M. G., Alves, É. J. M., & Perotti, A. (2020). Effects of the aerobic exercise on the learning of a sports motor skill. *Motriz. Revista de Educacao Fisica, 26*(2), 1–8. <https://doi.org/10.1590/s1980-6574202000011420>
- Cantrelle, J., Burnett, G., & Loprinzi, P. D. (2020). Acute exercise on memory function: Open vs. Closed skilled exercise. *Health Promotion Perspectives, 10*(2), 123–128. <https://doi.org/10.34172/hpp.2020.20>
- Carey, J. R., Bhatt, E., & Nagpal, A. (2005). Neuroplasticity promoted by task complexity. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 33*(1), 24–31.
- Censor, N., & Cohen, L. G. (2011). Using repetitive transcranial magnetic stimulation to study the underlying neural mechanisms of human motor learning and memory. *Journal of Physiology, 589*(1), 21–28. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.198077>
- Centeno, C., Medeiros, D., Beck, M. M., Lugassy, L., Gonzalez, D. F., Nepveu, J. F., & Roig, M. (2018). The effects of aging on cortico-spinal excitability and motor memory consolidation. *Neurobiology of Aging, 70*, 254–264. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2018.06.035>
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research, 1453*(250), 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>

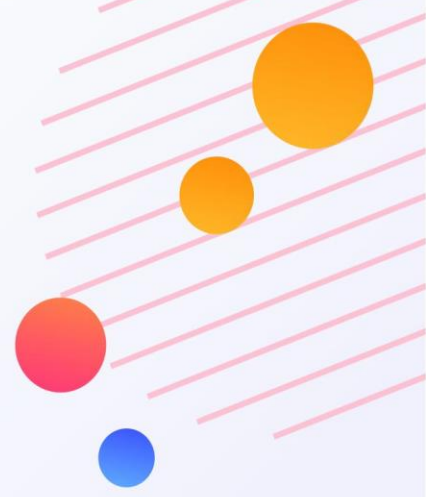
- Charalambous, C. C., French, M. A., Morton, S. M., & Reisman, D. S. (2019). A single high-intensity exercise bout during early consolidation does not influence retention or relearning of sensorimotor locomotor long-term memories. *Experimental Brain Research*, 237(11), 2799–2810. <https://doi.org/10.1007/s00221-019-05635-7>
- Chen, J., Roig, M., & Wright, D. L. (2020). Exercise reduces competition between procedural and declarative memory systems. *ENeuro*, 7(4), 1–9. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0070-20.2020>
- Anlar, B., Sullivan, K.A & Feldman, E.L (1999). Insulin-like growth factor-I and central nervous system development. *Hormone and metabolic research*, 31 (2-3), 120-125. <https://doi.org/10.1055/s-2007-978708>
- Coles, K., & Tomporowski, P. D. (2008). Effects of acute exercise on executive processing, short-term and long-term memory. *Journal of Sports Sciences*, 26(3), 333–344. <https://doi.org/10.1080/02640410701591417>
- Córdoba Montoya, D. A., Albert Bitaubé, J., & López Martín, S. (2010). Potenciación a largo plazo en la corteza humana. *Revista de Neurología*, 51(06), 367. <https://doi.org/10.33588/rn.5106.2009616>
- Driscoll, I. (2005). *The aging hippocampus: A multilevel analysis in the rat*. University of Lethbridge.
- Dudai, Y. (2012). The restless engram: Consolidations never end. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 227–247. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150500>
- Etnier, J., Labban, J. D., Piepmeyer, A., Davis, M. E., & Henning, D. A. (2014). Effects of an acute bout of exercise on memory in 6th grade children. *Pediatric Exercise Science*, 26(3), 250–258. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0141>
- Ferrer-Uris, B., Busquets, A., & Angulo-Barroso, R. (2018). Adaptation and retention of a perceptual-motor task in children: Effects of a single bout of intense endurance exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 40(1), 1–9. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0044>
- Ferrer-Uris, B., Busquets, A., Lopez-Alonso, V., Fernandez-Del-Olmo, M., & Angulo-Barroso, R. (2017). Enhancing consolidation of a rotational visuomotor adaptation task through acute exercise. *PLoS ONE*, 12(4), 3–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175296>
- Floyer-Lea, A., Wylezinska, M., Kincses, T., & Matthews, P. M. (2006). Rapid modulation of GABA concentration in human sensorimotor cortex during motor learning. *Journal of Neurophysiology*, 95(3), 1639–1644. <https://doi.org/10.1152/jn.00346.2005>
- Gomez-Pinilla, F., Vaynman, S., & Ying, Z. (2008). Brain-derived neurotrophic factor functions as a metabotrophin to mediate the effects of exercise on cognition. *European Journal of Neuroscience*, 28(11), 2278–2287. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06524.x>
- Guiney, H., Lucas, S. J., Cotter, J. D., & Machado, L. (2015). Evidence cerebral blood-flow regulation mediates exercise-cognition links in healthy young adults. *Neuropsychology*, 29(1), 1–9. <https://doi.org/10.1037/neu0000124>
- Haynes, J. T., Frith, E., Sng, E., & Loprinzi, P. D. (2019). Experimental Effects of Acute Exercise on Episodic Memory Function: Considerations for the Timing of Exercise. *Psychological Reports*, 122(5), 1744–1754. <https://doi.org/10.1177/0033294118786688>
- Helm, E. E., Matt, K. S., Kirschner, K. F., Pohlig, R. T., Kohl, D., & Reisman, D. S. (2017). The influence of high intensity exercise and the Val66Met polymorphism on circulating BDNF and locomotor learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 144, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.06.003>

- Jo, J. S., Chen, J., Riechman, S., Roig, M., & Wright, D. L. (2019). The protective effects of acute cardiovascular exercise on the interference of procedural memory. *Psychological Research*, 83(7), 1543–1555. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1005-8>
- Kandel, E. R. (2007). *En busca de la memoria: el nacimiento de una nueva ciencia de la mente* (Vol. 3022). Katz Editores.
- Keyan, D., & Bryant, R. A. (2017). Acute physical exercise in humans enhances reconsolidation of emotional memories. *Psychoneuroendocrinology*, 86(September), 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.09.019>
- Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E. M., & Meeusen, R. (2010). Neuroplasticity exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: A systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports Medicine*, 40(9), 765–801. <https://doi.org/10.2165/11534530-000000000-00000>
- Labban, J. D., & Etnier, J. L. (2011). Effects of acute exercise on long-term memory. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(4), 712–721. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599808>
- Lambourne, K., & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: A meta-regression analysis. *Brain Research*, 1341, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.03.091>
- Lee, I.-M. (2009). Current Issues in Examining Dose–Response Relationships Between. Physical Activity and Health Outcomes. In I.-M. Lee (Ed.), *Epidemiologic methods in physical activity studies* (Vol. 15, Issue 1, pp. 56–76). <https://doi.org/10.1093/acprof>
- Lista, I., & Sorrentino, G. (2010). Biological mechanisms of physical activity in preventing cognitive decline. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 30(4), 493–503. <https://doi.org/10.1007/s10571-009-9488-x>
- Loprinzi, P. (2019). An integrated model of acute exercise on memory function. *Medical Hypotheses*, 126(March), 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2019.03.010>
- Loprinzi, P. D. (2018). Intensity-specific effects of acute exercise on human memory function: Considerations for the timing of exercise and the type of memory. *Health Promotion Perspectives*, 8(4), 255–262. <https://doi.org/10.15171/hpp.2018.36>
- Loprinzi, P., & Frith, E. (2018). The Role of Sex in Memory Function: Considerations and Recommendations in the Context of Exercise. *Journal of Clinical Medicine*, 7(6), 132. <https://doi.org/10.3390/jcm7060132>
- Lundbye-Jensen, J., Skriver, K., Nielsen, J. B., & Roig, M. (2017). Acute exercise improves motor memory consolidation in preadolescent children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(April), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00182>
- Lynch, M. (2004). Long-term potentiation and memory. *American Physiological Society*, 87–116. https://doi.org/10.1142/9789814366700_0001
- Macdonald, M. A., Khan, H., Krautner, S. N., Usai, F., Rogers, E. A., Kimmerly, D. S., Dechman, G., & Boe, S. G. (2019). Intensity of acute aerobic exercise but not aerobic fitness impacts on corticospinal excitability. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 44(8), 869–878. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0643>
- Machado, S., Portella, C. E., Silva, J. G., Velasques, B., Bastos, V. H., Cunha, M., Basile, L., Cagy, M., Piedade, R. A., & Ribeiro, P. (2008). Aprendizaje y memoria implícita: Mecanismos y neuroplasticidad. *Revista de Neurologia*, 46(9), 543–549. <https://doi.org/10.33588/rn.4609.2007092>

- Mang, C. S., Campbell, K. L., Ross, C. J. D., & Boyd, L. A. (2013). Perspective Promoting Neuroplasticity for Motor Rehabilitation After Stroke : Brain-Derived Neurotrophic Factor. *Physical Therapy*, 93(12), 1707–1716.
- Mang, C. S., Snow, N. J., Wadden, K. P., Campbell, K. L., & Boyd, L. A. (2016). High-Intensity Aerobic Exercise Enhances Motor Memory Retrieval. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(12), 2477–2486. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001040>
- McDonnell, M. N., Buckley, J. D., Opie, G. M., Ridding, M. C., & Semmler, J. G. (2013). A single bout of aerobic exercise promotes motor cortical neuroplasticity. *Journal of Applied Physiology*, 114(9), 1174–1182. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01378.2012>
- McNerney, M. W., & Radvansky, G. A. (2015). Mind racing: The influence of exercise on long-term memory consolidation. *Memory*, 23(8), 1140–1151. <https://doi.org/10.1080/09658211.2014.962545>
- Munz, M., Baving, L., & Prehn-Kristensen, A. (2021). Sleep following intense physical exercise stabilizes motor learning in typically developing boys. *Mental Health and Physical Activity*, 20(November 2020), 100365. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2020.100365>
- Nepveu, J. F., Thiel, A., Tang, A., Fung, J., Lundbye-Jensen, J., Boyd, L. A., & Roig, M. (2017). A Single Bout of High-Intensity Interval Training Improves Motor Skill Retention in Individuals with Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 31(8), 726–735. <https://doi.org/10.1177/1545968317718269>
- Ogoh, S., & Ainslie, P. N. (2009). Cerebral blood flow during exercise: Mechanisms of regulation. *Journal of Applied Physiology*, 107(5), 1370–1380. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00573.2009>
- Ostadan, F., Centeno, C., Dalozze, J. F., Frenn, M., Lundbye-Jensen, J., & Roig, M. (2016). Changes in corticospinal excitability during consolidation predict acute exercise-induced off-line gains in procedural memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 136, 196–203. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2016.10.009>
- Özkaya, G. Y., Aydin, H., Toraman, F. N., Kizilay, F., Özdemir, Ö., & Cetinkaya, V. (2005). Effect of strength and endurance training on cognition in older people. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(3), 300–313.
- Pesce, C. (2012). Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(6), 766–786. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.6.766>
- Pesce, C., Crova, C., Cereatti, L., Casella, R., & Bellucci, M. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Mental Health and Physical Activity*, 2(1), 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2009.02.001>
- Ploughman, M. (2008). Exercise is brain food: The effects of physical activity on cognitive function. *Developmental Neurorehabilitation*, 11(3), 236–240. <https://doi.org/10.1080/17518420801997007>
- Pontifex, M. B., Gwizdala, K. L., Parks, A. C., Pfeiffer, K. A., & Fenn, K. M. (2016). The Association between Physical Activity during the Day and Long-Term Memory Stability. *Scientific Reports*, 6(November), 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep38148>
- Poo, M. ming, Pignatelli, M., Ryan, T. J., Tonegawa, S., Bonhoeffer, T., Martin, K. C., Rudenko, A., Tsai, L. H., Tsien, R. W., Fishell, G., Mullins, C., Gonçalves, J. T., Shtrahman, M., Johnston, S. T., Gage, F. H., Dan, Y., Long, J., Buzsáki, G., & Stevens, C. (2016). What is memory? The present state of the engram. *BMC Biology*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12915-016-0261-6>

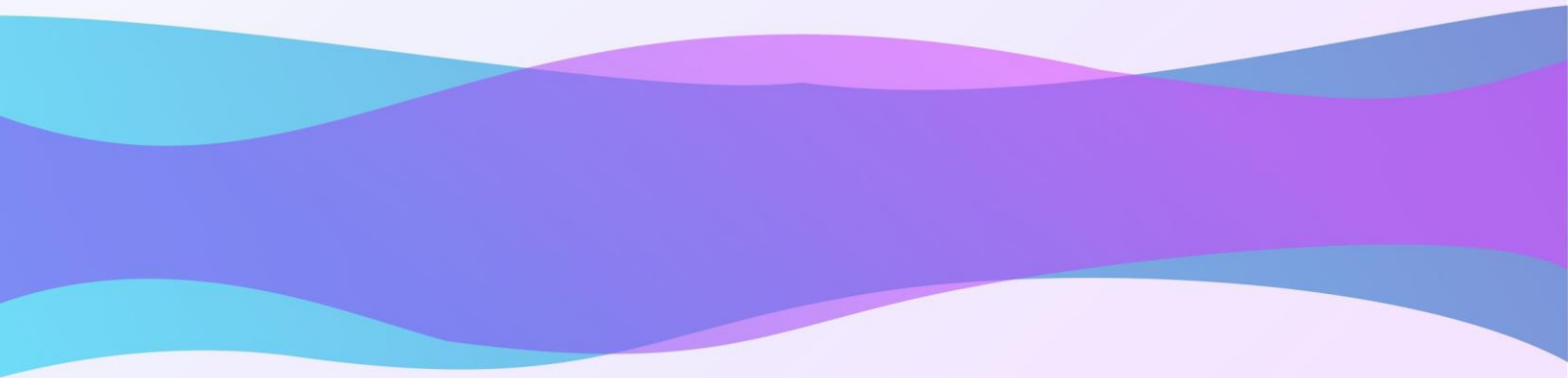
- Pyke, W., Ifram, F., Coventry, L., Sung, Y., Champion, I., & Javadi, A. H. (2020). The effects of different protocols of physical exercise and rest on long-term memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 167(April 2019), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2019.107128>
- Ramsey, M. M., Adams, M. M., Ariwodola, O. J., Sonntag, W. E., & Weiner, J. L. (2005). Functional characterization of Des-IGF-1 action at excitatory synapses in the CA1 region of rat hippocampus. *Journal of Neurophysiology*, 94(1), 247–254. <https://doi.org/10.1152/jn.00768.2004>
- Rasmussen, P., Wyss, M. T., & Lundby, C. (2011). Cerebral glucose and lactate consumption during cerebral activation by physical activity in humans. *The FASEB Journal*, 25(9), 2865–2873. <https://doi.org/10.1096/fj.11-183822>
- Rhee, J., Chen, J., Riechman, S. M., Handa, A., Bhatia, S., & Wright, D. L. (2016). An acute bout of aerobic exercise can protect immediate offline motor sequence gains. *Psychological Research*, 80(4), 518–531. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0682-9>
- Roig, M., Ritterband-Rosenbaum, A., Lundbye-Jensen, J., & Nielsen, J. B. (2014). Aging increases the susceptibility to motor memory interference and reduces off-line gains in motor skill learning. *Neurobiology of Aging*, 35(8), 1892–1900. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2014.02.022>
- Roig, M., Skriver, K., Lundbye-Jensen, J., Kiens, B., & Nielsen, J. B. (2012). A Single Bout of Exercise Improves Motor Memory. *PLoS ONE*, 7(9), 28–32. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044594>
- Roig, M., Thomas, R., Mang, C. S., Snow, N. J., Ostadan, F., Boyd, L. A., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Time-Dependent Effects of Cardiovascular Exercise on Memory. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 44(2), 81–88. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000078>
- Salehi, A., Delcroix, J. D., & Mobley, W. C. (2003). Traffic at the intersection of neurotrophic factor signaling and neurodegeneration. *Trends in Neurosciences*, 26(2), 73–80. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(02\)00038-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(02)00038-3)
- Segal, S. K., Cotman, C. W., & Cahill, L. F. (2012). Exercise-induced noradrenergic activation enhances memory consolidation in both normal aging and patients with amnesic mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*, 32(4), 1011–1018. <https://doi.org/10.3233/JAD-2012-121078>
- Singh, A. M., & Staines, W. R. (2015). The effects of acute aerobic exercise on the primary motor cortex. *Journal of Motor Behavior*, 47(4), 328–339. <https://doi.org/10.1080/00222895.2014.983450>
- Skriver, K., Roig, M., Lundbye-Jensen, J., Pingel, J., Helge, J. W., Kiens, B., & Nielsen, J. B. (2014). Acute exercise improves motor memory: Exploring potential biomarkers. *Neurobiology of Learning and Memory*, 116, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.08.004>
- Statton, M. A., Encarnacion, M., Celnik, P., & Bastian, A. J. (2015). A single bout of moderate aerobic exercise improves motor skill acquisition. *PLoS ONE*, 10(10), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141393>
- Stavrinos, E., & Coxon, J. P. (2017). High-intensity Interval Exercise Promotes Motor Cortex Disinhibition and Early Motor Skill Consolidation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 139. <https://doi.org/10.1162/jocn>
- Steib, S., Wanner, P., Adler, W., Winkler, J., Klucken, J., & Pfeifer, K. (2018). A Single Bout of Aerobic Exercise Improves Motor Skill Consolidation in Parkinson's Disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 10(October). <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00328>

- Thomas, R., Beck, M. M., Lind, R. R., Korsgaard Johnsen, L., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Acute Exercise and Motor Memory Consolidation: The Role of Exercise Timing. *Neural Plasticity*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6205452>
- Thomas, R., Flindtgaard, M., Skriver, K., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Korsgaard Johnsen, L., Busk, D. V. P., Bojsen-Møller, E., Madsen, M. J., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2017). Acute exercise and motor memory consolidation: Does exercise type play a role? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(11), 1523–1532. <https://doi.org/10.1111/sms.12791>
- Thomas, R., Johnsen, L. K., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Acute Exercise and Motor Memory Consolidation: The Role of Exercise Intensity. *PLoS ONE*, 11(7), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159589>
- Tomporowski, P. D., McCullick, B., Pendleton, D. M., & Pesce, C. (2015). Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.09.003>
- Tomporowski, P. D., & Pendleton, D. M. (2018). Effects of the timing of acute exercise and movement complexity on young adults' psychomotor learning. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 40(5), 240–248. <https://doi.org/10.1123/jsep.2017-0289>
- Walker, M. P., Stickgold, R., Alsop, D., Gaab, N., & Schlaug, G. (2005). Sleep-dependent motor memory plasticity in the human brain. *Neuroscience*, 133(4), 911–917. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.04.007>
- Wanner, P., Cheng, F. H., & Steib, S. (2020). Effects of acute cardiovascular exercise on motor memory encoding and consolidation: A systematic review with meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 116(March), 365–381. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.018>
- Waters, A., Zou, L., Jung, M., Yu, Q., Lin, J., Liu, S., & Loprinzi, P. D. (2020). Acute exercise and sustained attention on memory function. *American Journal of Health Behavior*, 44(3), 326–332. <https://doi.org/10.5993/AJHB.44.3.5>
- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C., Floel, A., & Knecht, S. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87(4), 597–609. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2006.11.003>



**Moverse y pensar: influencia de la práctica de actividad física
en la mejora de los aprendizajes en edad escolar**

Mg. Gabriel Díaz Cobos



MOVERSE Y PENSAR: INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICA EN LA MEJORA DE LOS APRENDIZAJES EN EDAD ESCOLAR.

*Mgtr. Gabriel Díaz Cobos¹⁰ – gdiaz.ef@ub.edu
Universidad de Barcelona. Facultad de Educación.
Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física.*

Agradecimientos

Queremos agradecer muy sinceramente al Sr. Alejandro de Brandi por su invitación a participar en el congreso y en la publicación de este artículo, además de la ayuda incondicional que nos ha prestado durante el proceso. También queremos agradecer al Dr. Albert Batalla Flores como coordinador de nuestro grupo de trabajo en la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona en el departamento de Didácticas Aplicadas (Sección Educación Física), por su dedicación y constante soporte para hacer posible el artículo que aquí se presenta.

Resumen

Educación a través de la neurociencia es una revolución que en pleno siglo XXI tiene que darse en las escuelas. Ciencia, salud, psicología, educación y ejercicio físico son concebidas como áreas de conocimiento separadas, pero las recientes investigaciones sobre procesos neuropsicológicos, funciones cerebrales, educación y ejercicio físico, nos permiten pensar en la necesidad de relacionarlas para descubrir más sobre el aprendizaje. Concretamente el ejercicio físico aeróbico estimula la síntesis de factores neurotróficos y neurotransmisores, la activación de programas que modifican la expresión de numerosos genes (epigenética) y cambia la comunicación neuronal actuando en el espacio de intercambio de información

¹⁰ Maestro de educación física. Especialista con máster en neuropsicología y educación. Doctorando en el programa “Actividad física, deporte y educación” Línea de investigación sobre el estudio de la incidencia que tiene la actividad física en las capacidades cognitivas. Profesor asociado a la Universidad de Barcelona Facultad de educación. Departamento de Didácticas Aplicadas. Sección Educación Física. Maestro de educación física en la etapa de primaria (Escuela Garbí - Barcelona). Proyecto de investigación en Hospital de San Juan de Dios (Barcelona). Entrenador de multideporte escolar.

(sinapsis), lo que repercute en la conectividad produciendo mejoras significativas en atención, memoria, cálculo y aprendizaje en general (Chaddock, Hillman et al., 2020). Con el objetivo de demostrar esta evidencia, el estudio se desarrollará en dos fases: la primera tiene como objetivo demostrar que existe correlación positiva entre la frecuencia con la que los alumnos de la muestra practican ejercicio físico; evaluado mediante una encuesta que permite clasificar a los participantes dependiendo de la frecuencia (baja, moderada, alta) con la que realizan ejercicio físico cada uno; y las capacidades en atención, memoria y cálculo; evaluadas mediante diversas pruebas neuropsicológicas y biológicas. Para ello se evaluará un grupo de 51 alumnos en edad prepuberal (6 y 7 años).

Algunos resultados muestran que existe correlación entre la frecuencia de práctica de ejercicio físico y la capacidad de cálculo mental y la capacidad atencional (tiempo de reacción). De los resultados que se obtengan se iniciará la segunda fase: crear un programa de intervención (3 años) mediante la práctica diaria de actividades motrices que conjugan el ejercicio físico (capacidades físicas) con los contenidos curriculares (capacidades cognitivas), a fin de determinar que el ejercicio físico puede influir positivamente en el rendimiento académico de los alumnos de la muestra.

Palabras clave: deporte, actividad física; cognición; aprendizaje; neuroeducación.

Introducción

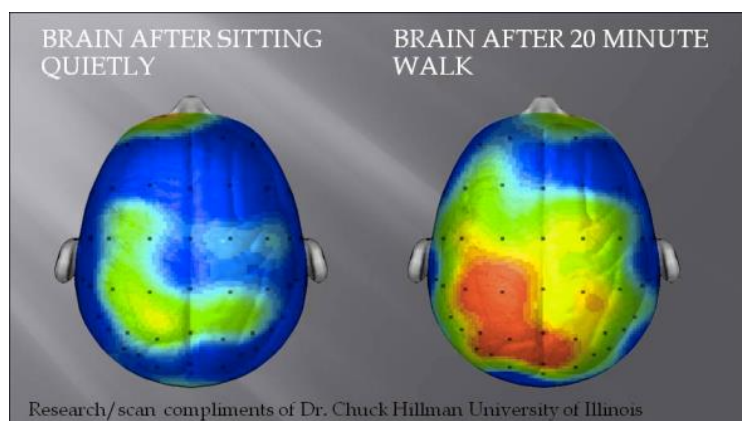
El sistema nervioso, que se activa significativamente cuando nos movemos, controla todas las funciones de nuestro organismo. Es responsable de funciones complejas como el lenguaje, el aprendizaje, la memoria y el pensamiento, permitiendo captar y asimilar la información tanto interna como del entorno y elaborar las respuestas correspondientes para interactuar con el exterior. Movernos forma parte de nuestra biología, en cambio el sedentarismo actual nos aleja de lo que en realidad somos. Evolutivamente hemos sido diseñados para movernos y expresarnos moviéndonos. Nuestro entorno ha cambiado y así como anteriormente necesitábamos movernos para conseguir comida, vestido, o alcanzar una serie de necesidades diarias, ahora estas acciones las desarrollamos siendo sedentarios. No obstante, nuestro organismo continúa igual de codificado que el de nuestros

antepasados, ya que la actividad física era una estrategia evolutiva ineludible para adaptarse a las exigencias del entorno. En los últimos años han surgido diversos estudios científicos (ver bibliografía, apartado anexo) que apoyan la idea de que la actividad física estimula el rendimiento intelectual mediante una serie de mecanismos biológicos aún no del todo bien conocidos. Esta mejoría parece suceder tanto en niños como en adultos y atañe básicamente al ejercicio aeróbico.

Marco teórico

El ejercicio físico modula la estructura anatómica y los patrones de activación y conectividad cerebral

Existen datos que sugieren que la actividad física modula y puede modificar la relación entre la estructura y función del cerebro en desarrollo. Como ejemplo, Chaddock (2014) observó que niños con edades comprendidas entre 7 y 9 años con unos niveles de VO_2 max



elevados mostraban un hipocampo y ganglios basales de mayor volumen comparado con niños con niveles de entrenamiento cardiovascular más reducidos. Además, se observó una correlación entre el volumen de estas dos áreas del

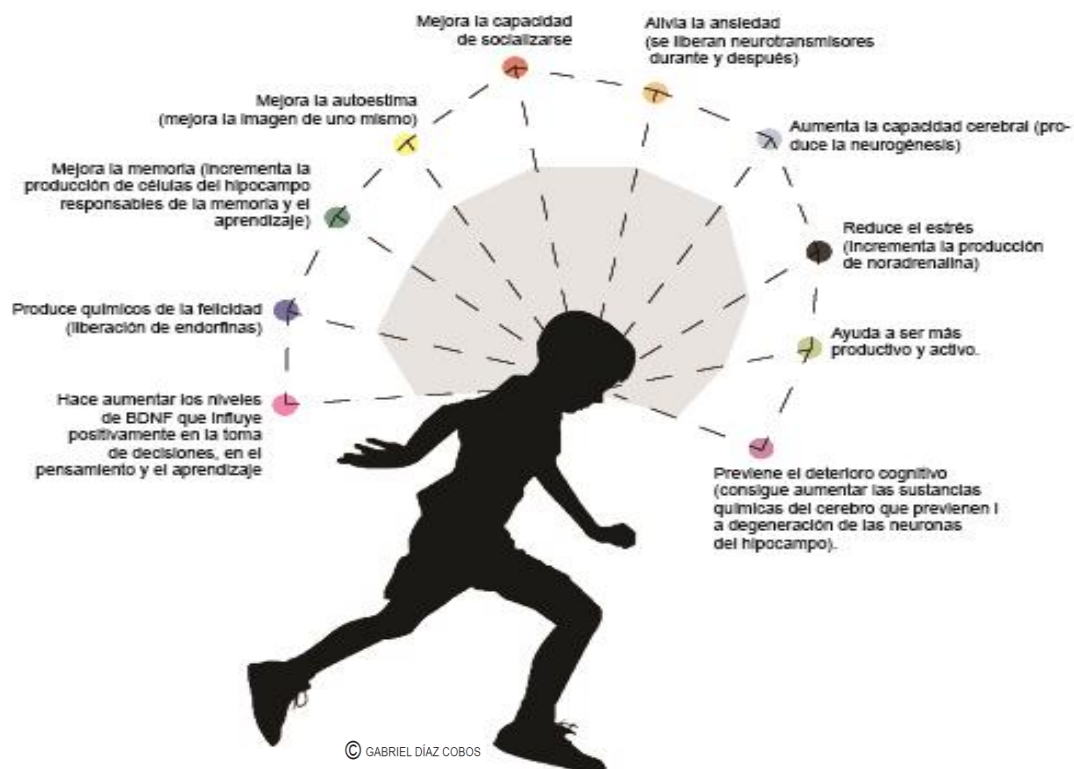
cerebro y el rendimiento en tareas que requerían memoria visual y funciones cognitivas de ejecución, control, memoria de trabajo (Chaddock 2014). Un estudio que usó RM funcional en niños con valores altos de fitness cardiovascular demostró un patrón de activación cerebral más eficiente en comparación con niños en peor forma física y con valores de VO_2 max significativamente más bajos (Voss et al, 2011).

Otros estudios mostraron que niños en mejor forma física muestran rasgos diferenciados en algunas zonas del espectro electroencefalográfico (P3), durante diferentes tareas cognitivas, que están asociados a un rendimiento cognitivo superior (Hillman, 2008).

Este grupo siguió estudiando el efecto del ejercicio en las capacidades de los niños y propuso que todos acudieran caminando a la escuela, pues considera que únicamente con ese cambio, que te obliga a caminar durante unos 20-30' diarios, ya encontraríamos crecimiento cerebral (Hillman et al. 2014). También se ha observado una mejoría de la atención y rasgos diferenciales de P3 en el EEG en niños preescolares (Chang et al, 2013).

¿Qué funciones cerebrales mejora el ejercicio físico?

De forma esquemática, el ejercicio físico incide en: Funciones ejecutivas (lóbulo prefrontal), que dirigen nuestra conducta (autorregulación) y nuestra actividad cognitiva y emocional; Inhibición (capacidad para no actuar de manera impulsiva, pararse a pensar); Atención (se libera dopamina y activa la corteza prefrontal para estar atentos); Memoria (aumenta volumen de hipocampo y los aprendizajes perduran por más tiempo); Repercute en lenguaje interior autodirigido o memoria de trabajo no verbal; Control de las emociones y de la motivación (dopamina); Planificación y resolución de problemas (estado de alerta y reconstitución); Control motor.



Recientemente, algunos estudios como el de Mullender (et al. 2016), demuestran que aprender matemáticas o lengua -entre otras disciplinas académicas- al mismo tiempo que se realiza actividad física, puede permitir que se aprenda mejor y se consoliden los aprendizajes con más facilidad.

Mecanismos biológicos que se conocen como responsables de estos cambios

Factores neurotróficos: responsables de adaptaciones importantes como la neurogénesis, la supervivencia y plasticidad neuronal, el incremento de capilares sanguíneos y la multiplicación de conexiones neuronales, es decir, de sinapsis. La actividad sináptica hace referencia a aquellos mecanismos de comunicación neuronal imprescindibles para desarrollar nuestras funciones intelectuales. El ejercicio repercute en la conectividad cerebral modificando así la estructura y función del sistema nervioso. Una de las estructuras que crece y que nos interesa por su función en los procesos de memoria, es el hipocampo. Lo que hace un estudiante cada día en la escuela es establecer nuevas conexiones entre neuronas. Cada operación matemática, cada proceso lingüístico y conocimiento que adquiere está sostenido por miles de conexiones entre neuronas que aparecen y desaparecen.

El factor neurotrófico que más interviene en estos procesos es el BDNF (*brain derived neurotrophic factor*), el cual se ha mostrado como un elemento relevante en los mecanismos de activación sináptica producidos por el ejercicio físico. Del mismo modo que los neurotransmisores, los factores tróficos de crecimiento, actúan a distancias relativamente cortas, son mensajeros químicos entre células y pueden ocasionar cambios rápidos (transitorios), y también a largo plazo, en la actividad sináptica. En particular, el BDNF facilita el crecimiento y la supervivencia neuronal, estimula el desarrollo y la diferenciación de las neuronas y de algunos sistemas de neurotransmisores (GABA, serotonina, acetilcolina), promueve la LTP (*“Long Term Potentiation”*: plasticidad, capacidad de aprendizaje) y regula el metabolismo energético. Éste es secretado en respuesta a la actividad neuronal. Ésta actividad neuronal puede conseguirse al realizar un ejercicio de tipo intelectual, pero también un trabajo físico que suponga la utilización de glucosa y oxígeno. De hecho, estudios recientes apuntan hacia la interesante idea de que variaciones individuales en la genética del BDNF (determinados polimorfismos) podrían favorecer un determinado tipo de aprendizaje

inducido o mejorado por el ejercicio. Es decir, existiría una susceptibilidad individual a que algunas funciones cognitivas mejoren con la exposición a la actividad física y esta misma actividad podría no producir efectos beneficiosos (o tan beneficiosos) en otras personas (Hopkins 2012).

En esta línea investigan y publican recientemente Daniel S. et al (2015), en un artículo de revisión, establecen una relación entre la cantidad de BDNF existente en plasma de pacientes con problemas psiquiátricos y los intentos de suicidio de estos. A menos concentración de BDNF, más estrés y depresión, y menos capacidad en las funciones cognitivas y regulación de las emociones. Megan M. et al (2016), muestran como adolescentes deportistas aumentan volumen en corteza frontal, parietal y occipital. Además, se proporcionan hallazgos preliminares de que el un determinado genotipo del BDNF se relaciona con este desarrollo cortical en adolescentes.

Neurotransmisores: El ejercicio aumenta la concentración de neurotransmisores (NT) como la serotonina, la dopamina, la adrenalina y la noradrenalina (Churchill et al, 2002). Estos neurotransmisores regulan diversos procesos de aprendizaje en el cerebro del niño. En un cerebro muy joven actúan además como factores tróficos promoviendo la neurogénesis, sinaptogénesis y la consolidación de circuitos neuronales. Está bien documentada la implicación de éstos en procesos cognitivos como la consolidación de la memoria (Cahill et al, 2003).

Es probable que los neurotransmisores influyan en otros aspectos de la cognición cerebral, ejerciendo acciones concretas que pueden variar según la franja de edad del niño. También se ha documentado recientemente una susceptibilidad individual en relación a determinados polimorfismos del sistema dopaminérgico (en receptores, el transportador DAT y el sistema de degradación de las monoaminas a través de la COMT). Las personas portadoras de éstos presentarían diferencias significativas en el aprendizaje motor y la plasticidad cerebral (Stroth 2010). Esta respuesta fisiológica –sumada al que nos aportan propiamente los neurotransmisores– comporta una predisposición activa para estar atentos y facilita el aprendizaje.

Objetivos y retos de la investigación

A nivel científico, se han realizado muy escasos estudios que incluyan marcadores biológicos en niños expuestos a actividad física. La mayoría de los artículos reportan análisis cognitivos o de rendimiento académico. Sería interesante conocer cómo determinados marcadores relacionados con la neurotransmisión, los factores tróficos y metabolismo energético pueden relacionarse con las mejoras observadas con el ejercicio. Tampoco está descrito cuál es el ejercicio más idóneo para mejorar algunas funciones cognitivas y no otras (por ejemplo, si hace que mejore más el lenguaje o la memoria).

A nivel social, dado que es durante la etapa escolar es cuando existen más posibilidades de adaptación, desarrollo y modulación de nuestro cerebro (plasticidad), la neuroeducación tiene como objetivo el desarrollo de nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje, al combinar la pedagogía y los descubrimientos en neurobiología y ciencias cognitivas. Se trata así de la suma de esfuerzos entre científicos y educadores, haciendo hincapié en la importancia de las modificaciones que se producen en el cerebro a edad temprana para el desarrollo de capacidades de aprendizaje y conducta que después nos caracterizan como adultos.

Hipótesis

1-A. El ejercicio físico activa la liberación de sustancias (factores tróficos, aumento de BDNF y NT) que producen cambios en la estructura cerebral (hipocampo, ganglios basales) y las funciones cognitivas (memoria, atención) y de aprendizaje en general.

1-B. El tipo de ejercicio, la intensidad y la duración influyen en la segregación y actuación de sustancias moleculares que intervienen en el funcionamiento cerebral. De igual modo, lo hacen las características individuales de la persona que lo practica (edad, hábitos, predisposición genética).

Objetivos

2-A.1. Determinar biomarcadores de función sináptica: a) moleculares (factores de crecimiento, neurotransmisores y marcadores de metabolismo energético): BDNF, FGF21, prolactina, melatonina, noradrenalina, adrenalina, ácidos orgánicos.

2-A.2. Evaluar funciones cognitivas y rendimiento académico, a lo largo del entrenamiento, mediante el uso de determinados test neuropsicológicos y otras pruebas especializadas que evalúen la influencia del ejercicio.

2-B.1. Determinar variaciones genéticas individuales que predisponen a un mayor beneficio cognitivo del ejercicio físico (polimorfismos en genes BDNF y catecolaminas).

2-B.2. Determinar la relación entre un determinado tipo de ejercicio físico y su influencia sobre las funciones cognitivas analizadas.

2-B.3. Determinar la relación entre los resultados de los test cognitivos y de rendimiento académico, con los diferentes biomarcadores.

2-B.4. Promover la actividad física como una herramienta educativa, comprometida en las funciones neuropsicológicas del niño, e incluirla en la programación y metodología de aula.

Resultados esperados del proyecto

Impacto clínico y educativo

Los resultados de este estudio podrían incidir muy positivamente en la introducción del ejercicio físico en los programas académicos escolares, con una finalidad diferente a la que se utiliza en la actualidad. El ejercicio físico sería no sólo una herramienta que permite mantener una buena salud y calidad de vida, sino que contribuiría a una mejora notable en diferentes habilidades cognitivas y de aprendizaje. El cerebro del niño constituye un sistema enormemente dinámico y es posible incidir en éste de diversos modos para contribuir a un desarrollo óptimo. Fundamentalmente se estaría modulando la plasticidad neuronal, la capacidad de aprender, y de manera especial el desarrollo de las funciones ejecutivas, aquellas relacionadas con la planificación de las tareas, la motivación, la constancia y el

mantenimiento de la atención. Diversos estudios han demostrado que estas funciones son clave en el éxito académico y de la organización de los proyectos personales. El conjunto de estudios aquí propuestos y con la duración prevista, no han sido previamente realizados en niños, y ayudaría a obtener la evidencia necesaria para informar a las autoridades en educación y sanidad de la necesidad de diseñar programas específicos de deporte y actividad física estratégicamente organizados, antes o después de determinada actividad de aprendizaje (lingüística, de memoria, atención, de razonamiento lógico, etc.).

Impacto bibliométrico

La investigación debe concluir en artículos científicos publicados para un doctorado, por lo que debe demostrar todo el trabajo que se ha realizado en cuanto a las pruebas, los test, los análisis, las estadísticas, las comparaciones, los resultados, la discusión y conclusión, y es necesario que sea adecuado e interesante. En definitiva, los resultados de este estudio serían de gran utilidad para:

- Evidenciar los efectos positivos del ejercicio a nivel biológico con marcadores moleculares.
- Demostrar que proporciona una mejora en habilidades cognitivas y de rendimiento escolar.
- Concretar programas de actividad física adecuados para diferentes perfiles de aprendizaje.
- Ser un punto de partida con argumentos contrastados para defender la importancia de un plan de actividades aeróbicas dentro de un proyecto de centro.
- Publicar artículos científicos innovadores y de utilidad no sólo científica sino social.

Referencias bibliográficas

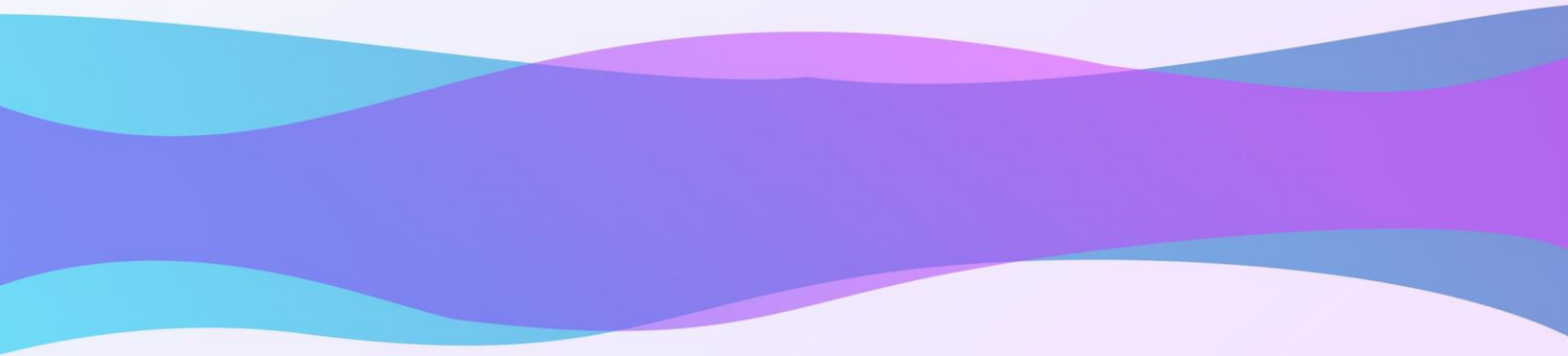
Cahill, L., Gorski, L., & Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & Memory*, 10, 270±274.

- Chaddock, Laura (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Dev Neurosci* 32: 249-2556. Karger.
- Chaddock L, Weng TB, Kienzler C, Weissshappel R, Drollette ES, Raine LB, Westfall DR, Kao S-C, Baniqued P, Castelli DM, Hillman CH and Kramer AF (2020) Brain Network Modularity Predicts Improvements in Cognitive and Scholastic Performance in Children Involved in a Physical Activity Intervention. *Front. Hum. Neurosci.* 14:346. doi: 10.3389/fnhum.2020.00346
- Churchill, G.A., Ford, N.M. Walker, O.C. Johnston, M.W. Tanner, J.F. (2002). *Sales Force Management // 6th Ed.* Illinois: Irwin Press.
- Silva, Daniel. Vicente, Benjamín. Valdivia, Mario (2015). Factor neurotrófico derivado del cerebro como marcador de conducta suicida en pacientes con trastorno depresivo mayor. 2015; 53 (1): 44-52. *Revista Chil Neuro-Psiquiatric.*
- Hillman, Charles. (2008). Be smart, exercise your heart, *Nature Reviews Neuroscience*, 9: 58-65. Science and Society.
- Hillman, Charles. Matthew B. Pontifex, Darla M. Castelli, Naiman A. Khan, Lauren B. Raine, Mark R. Scudder, Eric S. Drollette, Robert D. Moore, Chien-Ting Wu, Keita Kamijo (2014). Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *American Academy of Pediatrics* (ISSN Numbers: Print, 0031-4005; Online, 1098-4275).
- Chang, C. Zhongming, Liu. Michael, Chen. Xiao, Liu. Jeff, Duyn. (2013). EEG correlates of time-varying BOLD functional connectivity. *NeuroImage* 72 (2013) 227–236. Elsevier.
- Hopkins, M. E. (2012). Differential effects of acute and regular physical exercise on cognition and affect. *Neuroscience* 215 (2012) 59–68. Department of Psychological and Brain Sciences, Dartmouth. College, Hanover, NH, USA. Published by Elsevier.
- Megan, M. Madison, F. Bonnie, J. (2016). Aerobic fitness linked to cortical brain development in adolescent males: preliminary findings suggest a possible role of BDNF genotype. *National Institute for Physiological Sciences, Japan.* *Frontiers in Human Neuroscience.*
- Stroth S, Reinhardt RK, Thone J, Hille K, Schneider M, (2010). Impact of aerobic exercise training on cognitive functions and affect associated to the COMT polymorphism in young adults. *Neurobiology of Learning and Memory*, 2010, 364-72. Elsevier.
- Mullender-Wijnsma MJ, Hartman E, de Greeff JW, Doolaard S, Bosker RJ, Visscher C. [Physically Active Math and Language Lessons Improve Academic Achievement: A Cluster Randomized Controlled Trial.](#) *Pediatrics.* 2016 Mar; 137 (3)



Nuevos desafíos para la programación del ejercicio saludable

Dr. Adrián Casas



NUEVOS DESAFÍOS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL EJERCICIO SALUDABLE

Dr. Adrián Casas¹¹ - profcasas@yahoo.com.ar

La Plata, Argentina.

Felicitó a las autoridades del Instituto C.A. Quilmes y de la Universidad FASTA por la organización de este importante evento en momentos tan críticos para la humanidad.

Además, agradezco especialmente al Profesor Mariano Ferro por esta invitación.

Introducción

El ejercicio científicamente programado (ECP) induce y promueve efectos (agudos y crónicos) modificando la función y estructura de los diferentes tejidos y órganos, así como promoviendo el comportamiento activo, el estado de bienestar y el movimiento saludable. Estos efectos son mediados por señales intracelulares que provienen de moléculas intermediarias de diversos procesos y funciones biológicas; actúan bajo efecto de cascada e interactúan, positivamente, con el desarrollo de la aptitud física y, negativamente, con el sedentarismo y la inactividad física (Casas, 2008).

En esta presentación, se abordan los resultados de investigaciones en Fisiología del Ejercicio relacionados con los efectos del ejercicio sobre la salud. La atención está puesta en dos contenidos que han cambiado el paradigma, la perspectiva y la comprensión de los efectos y alcances del ejercicio, planteando nuevos desafíos para la programación del ejercicio saludable. Ellos son, las mioquinas y el lactato. Ambos con funciones en el propio

¹¹ Doctor en Ciencias del Deporte, Universidad A Coruña, España. (Calificación: *Cum Laude*). Profesor en Educación Física (Universidad Nacional de La Plata). Profesor Titular Ordinario de "Fisiología aplicada a la Educación Física", Facultad de Humanidades, UNLP. Director de la carrera de posgrado "Especialización en Programación y Evaluación del Ejercicio", Facultad de Humanidades, UNLP. Profesor de Grado en la carrera de Medicina de la Universidad Favaloro, Buenos Aires. Profesor de Posgrado en la carrera de Especialista en Kinesiología Deportiva. Universidad Favaloro. Buenos Aires. Docente Invitado, en calidad de experto en Valoración y Prescripción del Ejercicio, al Master en Actividad Física y Movimiento para la Salud, Universidad Europea de Madrid. España. Miembro del Consejo Académico del Instituto de Ciencias del Deporte de la Universidad Favaloro. Disertante en más de 80 Cursos, Jornadas, Simposios y Congresos de la Especialidad. Autor de diversas publicaciones académicas relacionadas con la Fisiología del Ejercicio, la salud y el rendimiento deportivo.

músculo esquelético, en tejidos vecinos y en tejidos distantes. Además, uno y otro son inducidos por la contracción muscular.

Para empezar, se describen los conceptos más importantes relacionados con la temática y sus interacciones. Siguiendo con un breve análisis del músculo esquelético y su importancia como órgano de secreción. Al mismo tiempo, se expone el mecanismo fisiológico de acción del ejercicio. Luego, se desarrollan y aportan diferentes investigaciones relacionadas con las mioquinas y la actividad física. Seguidamente, se profundiza en los recientes aportes científicos relacionados con el metabolismo del lactato y el ejercicio. Finalmente, se integran los aspectos tratados junto a las herramientas para programar ejercicio, a los efectos de precisar nuevos desafíos.

Conceptos iniciales e interacciones

Efectos de entrenamiento

La adaptación biológica es un proceso fisiológico, rasgo morfológico o modo de comportamiento de un organismo que ha evolucionado y así, incrementa sus expectativas de supervivencia (Futuyma, 1997). El proceso de adaptación es muy lento en la escala de la vida humana, es decir, una adaptación ocurre durante ciento de generaciones y en general, no es reversible. Sin embargo, algunos fisiólogos del ejercicio, utilizan el término adaptación para describir los cambios que ocurren a partir de un programa de entrenamiento. Las modificaciones que se producen a corto, mediano y largo plazo por un programa de ejercicio son resultado de la plasticidad fenotípica, son efectos de entrenamiento, no adaptaciones.

De acuerdo con Kesaniemi y sus colegas (2001), los efectos de entrenamiento pueden ser agudos y crónicos. Los primeros, se desarrollan durante la práctica misma y perduran en las horas inmediatas posteriores. Mientras que, los crónicos, son mediados por el tiempo de entrenamiento y se desarrollan durante semanas, meses y años de programa.

Biomarcadores y aptitud física.

En el campo del ejercicio para la salud, los biomarcadores son indicadores fundamentales para evaluar el impacto que tiene el ejercicio sobre los órganos y tejidos (Bouchard et al., 1994). Un biomarcador es un parámetro indicativo de un estado biológico, que puede medirse objetivamente a nivel molecular, bioquímico o celular. Además, se caracteriza por ser específico, sensible, predictivo, estable y relevante. El biomarcador específico para la Educación Física es la Aptitud Física, por ello es que propongo y trabajo desde hace más de una década, el concepto de salud como el desarrollo y mantenimiento de la aptitud física saludable. Entendiendo a ésta como el conjunto de elementos (fisiológicos y habilidades) que condicionan la capacidad de trabajo, grado de rendimiento y disponibilidad corporal para desempeñarse en diferentes contextos y tareas (Casas, 2021). De este modo, la aptitud física es indicativa del estado biológico, agregando a las características antes señaladas, la condición de “no invasiva”, fundamental para nuestra disciplina. Además, la evidencia científica es concluyente al señalar que el incremento de la aptitud física se asocia con la reducción de todas las causas morbilidad y mortalidad cardiovascular (Blair, 1993).

Ejercicio clínico (EC) y Ejercicio científicamente programado (ECP).

El ejercicio es una categoría dentro de la actividad física, que se define como un conjunto de movimientos corporales planificados, estructurados y sistemáticos con el objetivo de desarrollar y/o mantener la aptitud física (Caspersen et al., 1985). Esta intención implícita de actuar sobre la aptitud física requiere de la programación y estructuración del ejercicio. Es preciso diferenciar al EC del ECP, el primero se prescribe y desarrolla en un contexto terapéutico, bajo indicación y supervisión médica, y es utilizado como parte de un tratamiento médico. El segundo, es el ejercicio que se programa para desarrollar y/o mantener la aptitud física, no actúa sobre una patología o condición médica preexistente, ya que un examen profesional inicial descarta este aspecto. Sin embargo, se basa en fundamentos y evidencia científica para diseñar y desarrollar el programa. De este modo, el ECP desarrolla efectos de entrenamiento agudos y crónicos; funcionales y morfológicos a niveles: metabólico, neural, muscular, cardiovascular, pulmonar, endócrino, inmunológico, osteoarticular, volitivo y psicosocial. Estos efectos se reflejan en la aptitud física.

Programación y Prescripción del ejercicio.

La programación del ejercicio saludable consiste en definir objetivos, medios, contenidos y periodizarlos científicamente, dirigiéndolos al desarrollo y/o mantenimiento de la aptitud física. Es importante diferenciar programación de prescripción de ejercicio, ya que con frecuencia se emplean ambos términos como sinónimos. La programación implica el diseño de un proyecto a seguir, construido de manera conjunta entre alumno y profesor; la programación reconoce esas entidades y la riqueza de sus interacciones, incorporando al alumno en la toma de decisiones y en el desarrollo del proceso. En tanto, la prescripción es el acto de indicar, ordenar y determinar cómo deber ser el ejercicio; considerando que uno (el prescriptor) es el poseedor del conocimiento y otro, el mero ejecutante del saber del primero. La programación construye e integra una relación de dos, cargada de significaciones y desafíos por resolver. Es un acto esencialmente docente, rico en motivaciones, complejo y enriquecedor (Casas, 2006).

El músculo esquelético y el mecanismo fisiológico del ejercicio.

El músculo esquelético es considerado un auténtico órgano de secreción (Pedersen, 2013), con propiedades plásticas y mecánicas que le confieren un altísimo potencial para modificaciones fenotípicas.

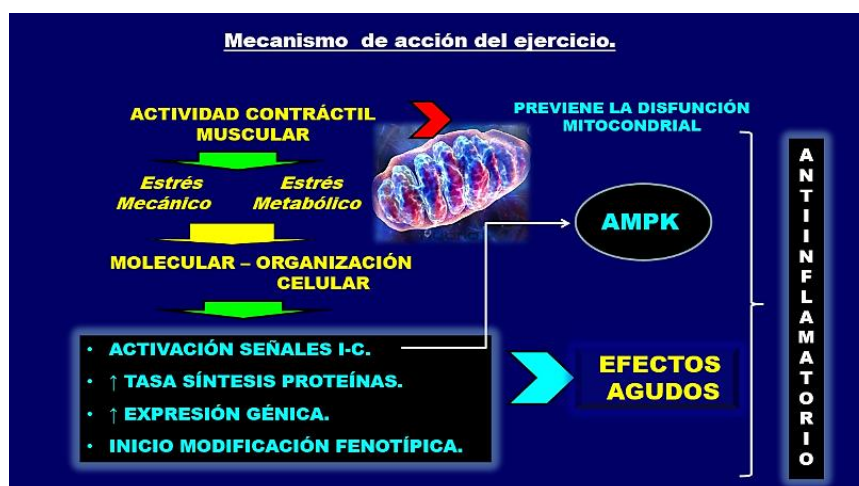


Figura 1. Mecanismo de acción del ejercicio (Casas, 2021).

La conservación de la masa muscular, su metabolismo, la fuerza, resistencia y potencia muscular son esenciales para el campo de la salud (Wolfe, 2006). La contracción muscular regular (ejercicio) es el fundamento primario para el desarrollo de efectos saludables. En la figura 1 se describen los mecanismos fisiológicos implicados en el ejercicio. La actividad contráctil provoca la alteración del equilibrio celular mediante la carga mecánica y/o metabólica del ejercicio, al mismo tiempo que activa fisiológicamente a las mitocondrias musculares.

Es así como se incrementan los niveles moleculares del complejo enzimático AMPK (proteína quinasa activada por AMP) y se aceleran los procesos celulares de uso y resíntesis de energía (ATP), simultáneamente se activan una gran cantidad de moléculas intracelulares (mioquinas) que desencadenan efectos agudos saludables. Además, la cascada de eventos inducida por la contracción muscular, provoca una respuesta antiinflamatoria, clave tanto en contextos patológicos como fisiológicos, es decir, en personas con y sin enfermedades. La comprensión del mecanismo descrito es esencial para la configuración del ejercicio y la especificidad de los efectos que se persiguen (Casas, 2021).

La inflamación es un mecanismo de inmunidad innata, que tiene como objetivo eliminar o limitar la agresión de diferentes agentes extraños al cuerpo. El estado inflamatorio es la base de muchas y diversas enfermedades. El sedentarismo es una condición proinflamatoria y el ejercicio es un poderoso agente antiinflamatorio, tal como lo demuestran una variedad de estudios científicos (Petersen & Pedersen, 2005; Pedersen & Fischer, 2007; Pedersen & Febbraio, 2008; Benatti & Pedersen, 2015).

Mioquinas y ejercicio.

Las mioquinas son proteínas y péptidos musculares que se producen, expresan y liberan en el músculo esquelético e intervienen en la mediación de múltiples efectos fisiológicos, metabólicos e inmunológicos del ejercicio (Pedersen & Febbraio, 2008).

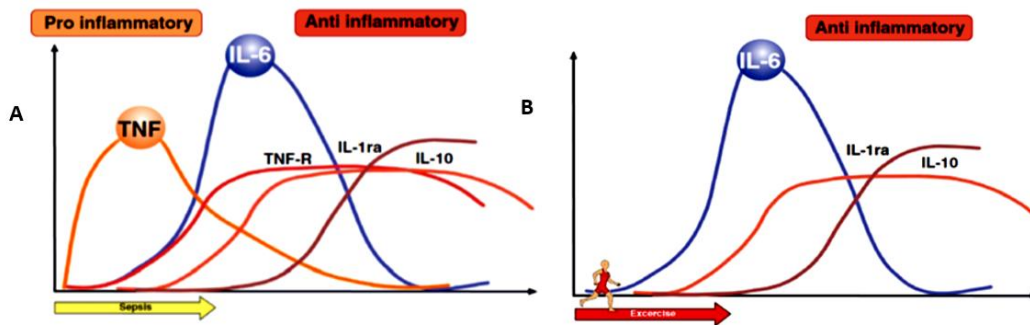


Figura 2. Respuesta de las citoquinas a la sepsis y al ejercicio (Pedersen y Febbraio, 2008).

La primera mioquina identificada y la más estudiada fue la interleucina-6 (IL-6), que puede aumentar hasta 100 veces en sangre después del ejercicio físico, aunque los incrementos menos drásticos son más frecuentes (Pedersen & Fischer, 2007). Esta respuesta aguda es fuertemente antiinflamatoria y tiene numerosos efectos biológicos, incluso sobre el metabolismo de la glucosa y las grasas. En la figura 2, se observa el aumento de la IL-6, tanto durante una inflamación generalizada (A) como durante el ejercicio (B). Sin embargo, en el caso de la sepsis (A) hay un incremento anticipado y marcado del factor de necrosis tumoral alfa (TNF α) que no ocurre con el ejercicio (B). En la mayoría de los estudios con ejercicio, las concentraciones de TNF α no cambian, excepto en casos de extrema intensidad y duración como una maratón, que produce un pequeño incremento (Starkie et al., 2001).

Una sola sesión de ejercicio incrementa los niveles plasmáticos de IL-6 y la duración de la actividad influye exponencialmente sobre la respuesta. Por lo tanto, los efectos antiinflamatorios del ejercicio son inducidos con cada sesión. La duración del ejercicio es el componente más influyente en los efectos, explicando el 50% de la variación de IL-6 (Fischer, 2006). También, el ejercicio puede inducir efectos antiinflamatorios de manera indirecta, a través de la reducción de la grasa abdominal (Rosenkilde et al., 2016). La evidencia reciente señala que, el ejercicio regular disminuye la adiposidad visceral y cardíaca mediante la acción de la IL-6 derivada del músculo esquelético (Wedell-Neergaard et al., 2019). Aunque en otro sentido, los niveles crónicos muy elevados de IL-6, como se observa en pacientes con artritis reumatoide, desempeñan un papel patogénico en esta enfermedad y el bloqueo de IL-6 tiene efectos beneficiosos.

En relación con el tipo o modo de ejercicio y la respuesta de la IL-6, dos estudios (Fischer, 2006; Pedersen & Fischer, 2007) analizaron la respuesta de 800 participantes en diversas modalidades de ejercicio, la carrera fue el tipo de actividad donde mayores incrementos de IL-6 se produjo. Los investigadores señalaron que para aumentar 100 veces los niveles de la mioquina fue preciso 6 horas de ejercicio. En casos extremos, como, por ejemplo, después de una carrera “*Spartathlon*” de 246 kilómetros, la IL-6 se incrementó 8.000 veces (Margeli et al., 2005).

El ejercicio es la respuesta.

En un escenario actual de creciente y persistente inactividad física, concurrente con bajos niveles de aptitud muscular, para todas las edades, no podemos desconocer los efectos -aún más nocivos- que subyacen. La figura 3, exhibe las diferentes alteraciones que potencian el riesgo de morbimortalidad del comportamiento inactivo y su cronificación. Así, el deterioro de la activación neuromuscular, la atrofia de los diferentes tipos de fibras musculares y el aumento de la debilidad y fragilidad física, se traducen en un estado de dinapenia que conducirá a otro de mayor gravedad, la sarcopenia. Concurrentemente, el metabolismo muscular es afectado severamente, se promueve el incremento de moléculas inflamatorias y el predominio catabólico celular. La atrofia muscular afecta significativamente a las fibras de tipo 2 y éstas son las que mayor resistencia a la insulina desarrollan, al mismo tiempo, este tipo de fibras son responsables de la producción de potencia muscular, la cual es determinante para la calidad de vida y las actividades cotidianas. Este cóctel de elementos destructivos se prepara en el envase del estilo de vida inactivo.

Diferentes investigaciones en los últimos 30 años (Blair, 1993; Pedersen & Saltin, 2006; Jackson et al., 2009), consolidaron la evidencia relacionada con los efectos saludables del estilo de vida activo y recomendaron al ejercicio como medicina (Wilkinson et al., 2016). A principios de este siglo, dos científicos británicos (Wald & Law, 2003) propusieron la “polipíldora”, el primer medicamento en el mundo que combinó diferentes fármacos en uno para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Posteriormente, un estudio liderado por el grupo de Alejandro Lucía (Fiuza-Luces et al., 2013), comparó los beneficios, eficacia y

seguridad del ejercicio con los de la polipíldora. Los resultados fueron superiores para el ejercicio en todos los aspectos, además, su costo es bajo y libre de efectos adversos. En consecuencia, el ejercicio se presenta como la herramienta más eficaz para promover la salud.



Figura 3. Inactividad física, morbimortalidad y ejercicio científicamente programado.
Fuente: elaboración propia.

Algo más sobre mioquinas.

En 1961, Goldstein se refirió a “factores de ejercicio humorales” para definir a un grupo de moléculas que se producían durante la contracción muscular regular, se liberaban a sangre y modificaban la glucemia (Goldstein, 1961). Actualmente, una extensa cantidad de moléculas (especies reactivas del O₂; exosomas; mioquinas y otras) constituyen el principal mecanismo de comunicación celular entre los tejidos, modulado por el ejercicio en diversos contextos fisiológicos y fisiopatológicos.

Los músculos esqueléticos pueden secretar más de 650 mioquinas (Khan & Ghafoor, 2019), hasta ahora, la función biológica se ha descrito solo para el 5% de todas las mioquinas conocidas. No obstante, la identificación del mioquinoma ha proporcionado un nuevo paradigma y una base conceptual para comprender qué mecanismos comunican los músculos con otros órganos y cuáles son sus efectos (figuras 4 y 5).

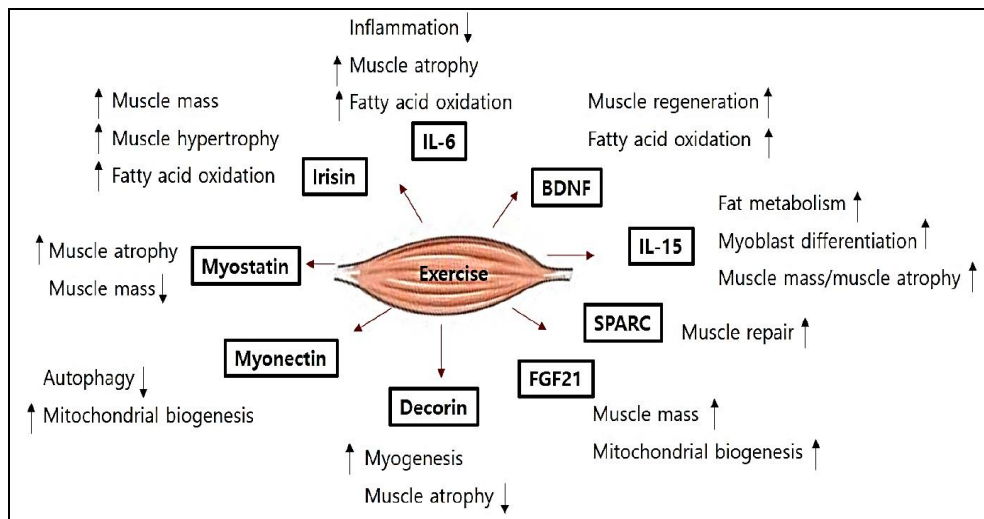


Figura 4. Función de mioquinas inducidas por el ejercicio (BDNF, factor neurotrófico derivado del cerebro; FGF21, factor de crecimiento de fibroblastos 21; SPARC, proteína secretada ácida y rica en cisteína; IL, interleucina), (Lee & Jun, 2019).

Las diferentes mioquinas producidas durante la contracción (aguda y crónica) han demostrado ser un maravilloso, complejo y sorprendente sistema de comunicación entre los órganos y tejidos.

En la figura 4, se exponen los efectos de diferentes mioquinas, por ejemplo, la SPARC (osteonectina) que desempeña un papel central en la reparación del tejido muscular y en la mineralización ósea, interactuando entre la matriz celular y el colágeno. La decorina, que actúa en la formación del tejido muscular y regula la hipertrofia muscular, siendo antagónica de la miostatina. La Irisina, BDNF, IL-6 e IL-15 actúan sinérgicamente sobre la oxidación de las grasas. En el año 2011, se introdujo en la comunidad científica el término "inmunometabolismo" (Mathis & Shoelson, 2011), para referirse a la interacción entre el metabolismo y los procesos inmunológicos. Considerando, por un lado, cómo la función de los leucocitos y linfocitos está regulada por su metabolismo interno; y por el otro, cómo las patologías consideradas no inmunes, como la obesidad, dan como resultado una activación del sistema inmunológico, que promueve anomalías metabólicas y aumentan el riesgo de diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y cáncer.

Sin duda, acordaremos la importancia que tiene para la programación del ejercicio, la comprensión del concepto de inmunometabolismo y la mediación del ejercicio para

promover efectos, tanto en el ejercicio clínico como en ejercicio científicamente programado.

En la figura 5, se destacan algunas funciones inmunometabólicas de las mioquinas, liberadas durante el ejercicio, sobre diferentes tejidos. En particular, actúan en: cerebro; tejido adiposo y grasa visceral; sistema vascular; huesos; hígado; páncreas; intestino; neutrófilos, macrófagos y linfocitos; glándula adrenal y piel. Por ejemplo, la irisina y catepsina B mejoran la producción de BDNF y así, la neurogénesis del hipocampo. La IL-6 inhibe el apetito, estimula la lipólisis y juega un papel importante en la disminución de la grasa visceral. Mientras que, la IL-6, irisina y similar a la meteorina intervienen en la transformación del tejido adiposo blanco en un fenotipo marrón. La IL-6, decorina, FGF-2 e IGF-1 influyen positivamente en la formación de hueso. La musculina, LIF, IL-4, IL-6, IL-7 e IL-15 intervienen en la mediación de la hipertrofia muscular. La IL-6 y BDNF estimulan la activación de AMPK y la oxidación de grasas. La IL-6 e estimula la captación de glucosa y la producción de glucosa hepática durante el ejercicio; además, ejerce efectos antiinflamatorios inhibiendo la producción de TNF. La FSTL-1 tiene efectos beneficiosos sobre la función endotelial y la revascularización de los vasos sanguíneos ateroscleróticos. La osteoprotegerina, la angiogenina y la IL-6 poseen acciones protectoras de las células beta contra las citoquinas inflamatorias (Bay & Pedersen, 2020).

Para finalizar este apartado, es importante señalar un estudio (Greiwe et al., 2001), que comprobó la disminución del factor de necrosis tumoral alfa (TNF α) como respuesta crónica al ejercicio de fuerza muscular en ancianos frágiles. Los resultados señalaron que, el grupo entrenado versus el grupo control, redujo significativamente la expresión y el contenido de TNF (46 y 34%, respectivamente); además, el grupo entrenado incrementó 83% la tasa de síntesis proteica (anabolismo) y 91% la actividad de lipoproteinlipasa (LPL) muscular, incrementando significativamente la captación de ácidos grasos libres (AGL) por el músculo esquelético.

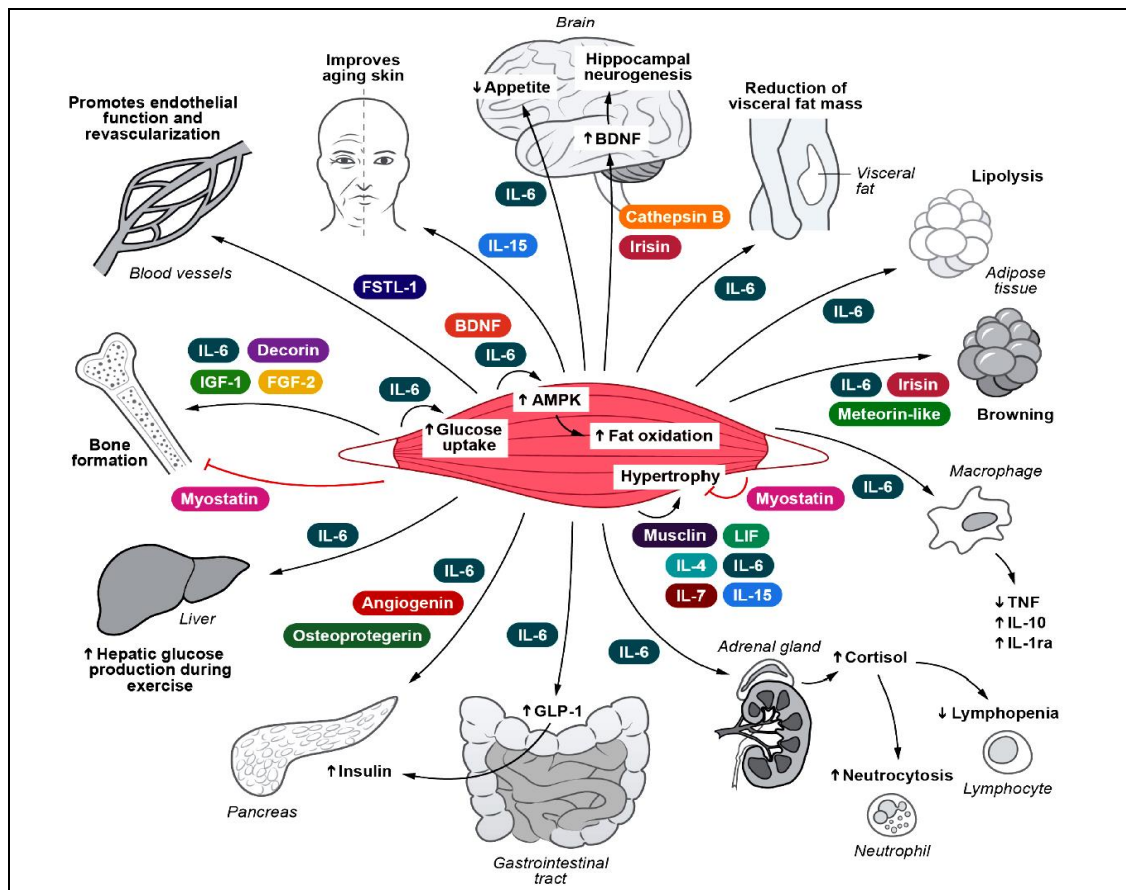


Figura 5. Mioquinas y función inmunometabólica (AMPK, proteína quinasa activada por AMP; BDNF, factor neurotrófico derivado del cerebro; FGF-2, factor de crecimiento de fibroblastos 2; FGF-21, factor de crecimiento de fibroblastos 21; FSTL-1, proteína 1 relacionada con folistatina; GLP-1, péptido 1 similar al glucagón; IGF-1, factor de crecimiento similar a la insulina I; IL-1ra, antagonista del receptor de IL-1; LIF, factor inhibidor de la leucemia; TGF- β , factor de crecimiento transformante β ; TNF, factor de necrosis tumoral) (Bay & Pedersen, 2020).

Como se ha mencionado, las mioquinas son proteínas y péptidos musculares que se expresan, producen y liberan en el músculo esquelético. De igual modo, el lactato, es un metabolito producido en la glucólisis muscular y puede oxidarse en el músculo o ser removido a la sangre. Ambas moléculas tienen funciones autócrinas, parácrinas y endócrinas, y el ejercicio actúa positivamente sobre las dos.

Lactato y ejercicio.

El lactato (La⁻) ha estado durante mucho tiempo en el centro de la controversia en la investigación clínica y deportiva. Fue descubierto en 1780 y se afirmó –erróneamente– que su producción era consecuencia de la contracción del músculo esquelético frente a la ausencia de O₂, provocando múltiples efectos deletéreos y devastadores. Este metabolito es producido por la glucólisis, que constituye la primera vía metabólica descubierta en 1940 (Schurr & Gozal, 2015). Los textos específicos la describen como: secuencia de reacciones que convierte la glucosa en piruvato y produce ATP, destacando que, en condiciones aeróbicas el piruvato se oxida en la mitocondria y si las condiciones son anaeróbicas, el piruvato se reduce a lactato (Schurr, 2017). Así, indefectiblemente se asocia la producción de lactato con falta o insuficientes niveles de O₂ tisular. Esta descripción de la vía glucolítica no ha sido revisada durante más de seis décadas.

Lactato y no ácido láctico.

Considerando el rango fisiológico del pH (muscular y sanguíneo), el ácido láctico se encuentra en su forma disociada, lactato, en más del 99%. Esto ocurre en los sistemas biológicos que se regulan con un pH entre 6.0 y 7.45. Entonces, el uso correcto es lactato, no ácido láctico (Ferguson et al., 2018; Robergs et al., 2018).

Producción de lactato, glucólisis y O₂ celular.

El lactato, no el piruvato, es el producto final de la glucólisis (Rogatzki et al., 2015; Schurr, 2017), y ésta es citosólica, no anaeróbica. Es una vía metabólica única que usa como sustrato la glucosa y su producto final es el lactato (Schurr, 2017). La producción de lactato por hipoxia en un entorno no patológico es más la excepción que la regla. En 1990, se introdujo el término disoxia (Connett et al., 1990) para referir la situación donde la producción de ATP se encuentra limitada por el oxígeno, impidiendo realizar la respiración mitocondrial, perdiéndose la estructura y función celular. Entonces, ¿son los niveles críticos de O₂ intracelular responsables de la producción de lactato? Actualmente, existe evidencia experimental (Haseler et al., 1998; Richardson et al., 1998) para respaldar que la producción

de lactato no es inducida por niveles disóxicos tisulares sino por el incremento en las concentraciones de ADP y Pi en relación con el ATP necesario para mantener la tasa metabólica y para impulsar la respiración mitocondrial. En otras palabras, es la intensidad del ejercicio realizado el factor inductor del incremento en la producción de lactato.

Funciones del lactato.

El Lactato tiene tres funciones básicas: (1) Fuente de energía; (2) Precursor gluconeogénico y (3) Señalizador celular (Brooks, 2020). Es un actor importante en la coordinación del metabolismo de diferentes órganos del cuerpo, además, es combustible de fácil uso y transporte, y una potente señal de angiogénesis, independientemente de la presión tisular de oxígeno (Schurr, 2017; Brooks, 2020; Glancy et al., 2021).

El concepto shuttle de lactato y el cambio de paradigma.

Diferentes estudios desarrollados por Brooks, impulsaron y promovieron una nueva comprensión en torno al lactato y su dinámica metabólica (Brooks, 1985, 2002, 2009, 2018). En 1985, el investigador introdujo el concepto de *shuttle* de lactato para describir el mecanismo de transporte de lactato, tanto intra como intercelular. La figura 6, panel A, muestra las funciones del lactato en el suministro de sustratos oxidativos y gluconeogénicos, así como en la señalización celular. Las fibras musculares rápidas (FG), son productoras del metabolito y las fibras musculares lentas (ST), consumidoras de lactato; en ambas actúa el mecanismo *shuttle* como mediador. De esta manera, el lactato se transporta dentro de la misma célula hacia la mitocondria, a otra célula vecina o al lecho vascular con destino abierto a otros tejidos como el corazón, cerebro, hígado y riñones. En el panel B, se resumen los eventos descritos anteriormente.

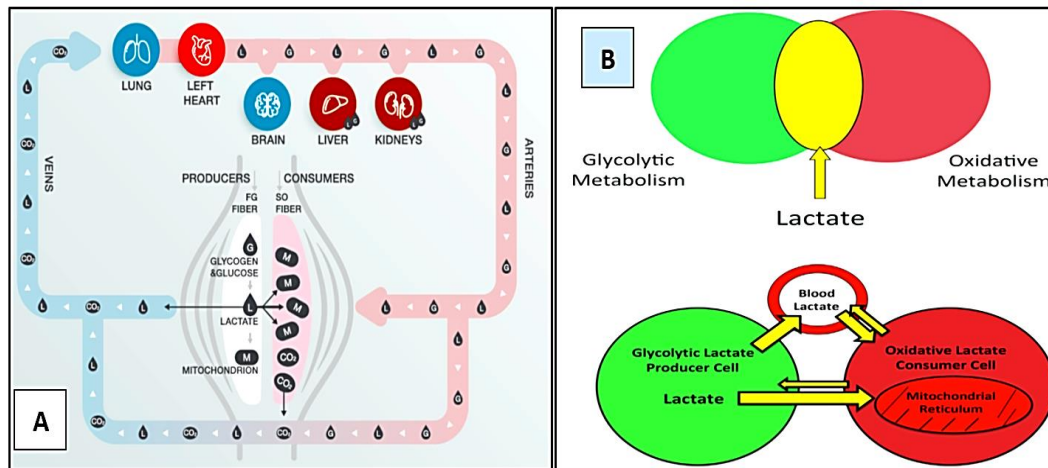


Figura 6. Transporte de lactato entre fibras musculares y hacia otros tejidos (Brooks, 2018, 2020).

El lactato se forma en condiciones totalmente aeróbicas y se utiliza continuamente en diversas células, tejidos, órganos y a nivel de todo el cuerpo (Brooks, 2020). Con un rango fisiológico tisular de 0,5 a 20 mMol, la dinámica del lactato tiene efectos rápidos e importantes, a corto y largo plazo sobre la redox celular y otros sistemas de control metabólico durante el ejercicio en todas sus intensidades. Así, por ejemplo, puede inhibir la lipólisis en el tejido adiposo y controlar la captación de ácidos grasos mitocondriales del músculo (Brooks, 2018). La exposición repetida al lactato por el ejercicio regular, produce efectos saludables sobre la expresión de las enzimas reguladoras de la glucólisis y la respiración mitocondrial. Además, actúa como molécula de señalización con importantes funciones en otros tejidos. El lactato es el punto de apoyo de la regulación metabólica *in vivo* (Brooks, 2020).

Lactato, función cerebral y ejercicio.

Durante largo tiempo, el lactato en el cerebro fue asociado con isquemia, aunque, investigaciones pioneras lo propusieron como un sustrato adecuado para el metabolismo neural (McIlwain, 1955). Además de esta función metabólica, el descubrimiento de un receptor específico neural provocó una reconsideración de su función y, actualmente, el lactato es considerado una especie de hormona, incluso involucrada en procesos tan complejos como la formación de la memoria y la neuroprotección (Proia et al., 2016).

En reposo, 10% de la energía que utiliza el cerebro procede del lactato y durante el ejercicio y la recuperación el aporte aumenta significativamente. Así, en humanos sanos, durante el ejercicio, por ejemplo, los niveles de lactato plasmático pueden aumentar 10 veces y ello proporciona el 25% de la necesidad total de energía del cerebro (Gallagher et al., 2009). El lactato es un metabolito altamente eficaz en su transporte y oxidación neural.

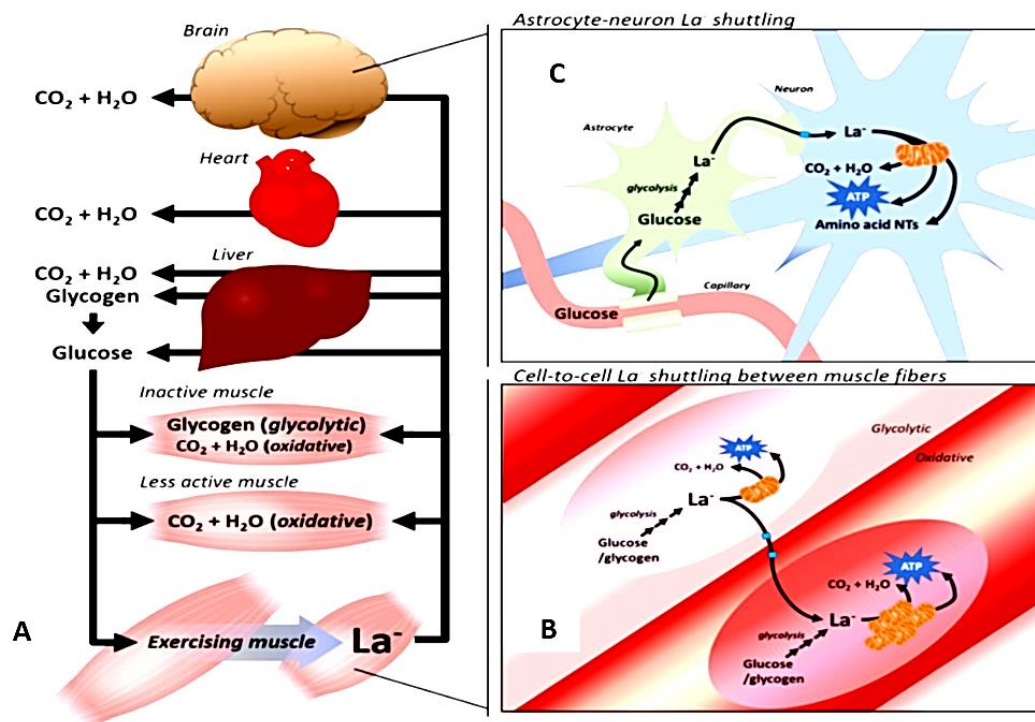


Figura 7. Transporte de lactato célula a célula y transporte Astrocito-neurona (Pellerin et al., 1998; Brooks, 2009).

Dada la heterogeneidad celular del cerebro, no es sorprendente que diferentes tipos de células tengan distintos perfiles metabólicos. Así, las neuronas son en su mayoría oxidativas, mientras que las células gliales -en particular, astrocitos y oligodendrocitos- son predominantemente glucolíticas, lo que significa que producen lactato y piruvato a partir de glucosa (Magistretti & Allaman, 2015). Esta dinámica metabólica implica a los transportadores (*shuttle*) de lactato, así, el transporte Astrocito-Neurona-Lactato-Shuttle (ANLS), propone que los astrocitos liberan lactato a través de transportadores de monocarboxilato (MCT) y luego, las neuronas lo consumen y oxidan activamente (Pellerin et al., 1998). El lactato se transfiere de los astrocitos a las neuronas para satisfacer las

necesidades energéticas neuronales y para proporcionar señales que modulan las funciones neuronales, incluida la excitabilidad, la plasticidad y la consolidación de la memoria. Además, el lactato afecta varias funciones homeostáticas. En general, el lactato asegura un suministro de energía adecuado, modula los niveles de excitabilidad neuronal y regula las funciones adaptativas para establecer el "tono homeostático" del sistema nervioso.

En la figura 7, panel A (parte inferior), se observa cómo el músculo esquelético, durante el ejercicio, aumenta su producción de lactato frente a una demanda creciente de ATP y el metabolito sale de la fibra muscular por medio de los MCT. Dentro del músculo, panel B, el lactato se transporta desde las fibras glucolíticas a las oxidativas con la participación de los MCT (pequeños cuadrados celestes en la imagen). También (panel A), el lactato puede transportarse por la circulación sanguínea a otro músculo esquelético menos activo o ligeramente activo, donde se oxida en fibras lentas. En las fibras musculares esqueléticas glucolíticas inactivas, el lactato se convierte principalmente en glucógeno, y, en menor medida se oxida en fibras lentas. El lactato también se transporta por la sangre al hígado, donde se oxida o se convierte en glucosa a través de la gluconeogénesis. La glucosa formada se almacena como glucógeno o vuelve a la circulación (ciclo de Cori), donde puede ser utilizada, por ejemplo, nuevamente en los músculos activos. El lactato circulante también se oxida fácilmente en las fibras cardíacas y en el cerebro. Dentro del cerebro, el transportador de lactato astrocito-neurona (panel C) es el proceso por el cual los astrocitos absorben glucosa de la microcirculación, convirtiendo la glucosa en lactato a través de la glucólisis. El lactato es transportado por los MCT y oxidado en las mitocondrias de las neuronas.

Otras investigaciones, identificaron una función protectora postraumática del lactato; comprobándose la eficacia de la suplementación con lactato para acelerar y mejorar los resultados después de una lesión cerebral traumática y otras afecciones (Holloway et al., 2007; Schurr & Gozal, 2011; Proia et al., 2016). En esta dirección, los investigadores identifican importantes efectos del lactato como: incremento de la supervivencia neuronal y de la neurogénesis; desarrollo de la plasticidad cerebral y de angiogénesis; y mejora de la función cognitiva (Panza et al., 2018; Sobral-Monteiro-Junior et al., 2019; Valenzuela et al., 2020; Calverley et al., 2020). De este modo, el ejercicio actúa retrasando el envejecimiento cerebral y la neurodegeneración.

En las últimas dos décadas, el ejercicio físico programado fue una de las intervenciones más investigadas relacionadas con la neuroplasticidad (Deslandes et al., 2009). Los estudios en humanos han mostrado un aumento del volumen del hipocampo en individuos con mayores niveles de aptitud física (Erickson et al., 2011). También, otros estudios mostraron una mejor memoria y funciones ejecutivas en personas que hacían ejercicio regular (Cassilhas et al., 2007; Vasques et al., 2011; Engeroff et al., 2018).

Mioquinas, lactato y programación del ejercicio.

Las mioquinas y el lactato son producidos en el músculo esquelético y durante el ejercicio. Ambas moléculas tienen funciones autócrinas, parácrinas y endócrinas, y sus efectos son de trascendencia para promover la salud.

El desarrollo de los programas de ejercicio para la salud atravesó diferentes etapas y controversias, impuestas por paradigmas que sólo consideraron regularidades de interpretación. Es así como durante varias décadas el modelo de ejercicio sugerido fue –exclusivamente- cardiovascular y con intensidad baja a moderada. Luego, tuvo especial y justificada consideración el ejercicio neuromuscular, basado en el desarrollo de la fuerza muscular. Y, en la actualidad, uno de los modelos más estudiados es el ejercicio alta intensidad (HIE) y sus diferentes modalidades.

Existe fuerte evidencia (Kessler et al., 2012; MacInnis & Gibala, 2017; He et al., 2018) que indica que los ejercicios programados de alta intensidad mejoran los marcadores de salud cardiopulmonar, vascular, metabólico, endócrino, ósteoarticulares y otros. Además, este tipo de programas emplea menos tiempo y resulta muy efectivo para una mayor adherencia. Dentro de este grupo se encuentra el ejercicio intervalado de alta intensidad (HIIT), cuyos efectos se resumen en la tabla 1.

Un estudio reciente (He et al., 2018), comparó la respuesta aguda de varias mioquinas y hormonas entre dos tipos de ejercicio: HIIT y entrenamiento de fuerza. Los investigadores no encontraron diferencias significativas entre ambas modalidades de ejercicio, resaltando la importancia de la heterogeneidad de la respuesta y la recomendación de no generalizar estos resultados (agudos) en un programa real (crónico).

En coincidencia con López Chicharro (López Chicharro & Vicente Campos, 2018), el HIIT es un protocolo de ejercicio propuesto para deportistas, y su aplicación en el campo del ejercicio para la salud implica modificaciones y ajustes en, prácticamente, todos sus componentes de origen. En este sentido, es oportuno resaltar dos aspectos: el primero, la importancia que tiene el uso y desarrollo de una terminología específica en el campo del ejercicio científicamente programado, para no incurrir en el error generalizado de utilizar términos y conceptos del campo del entrenamiento deportivo y del ejercicio clínico. El segundo, la consideración del proceso metodológico, es decir, la configuración y progresión de las cargas, los tiempos necesarios para sus efectos, la respuesta heterogénea de la aptitud física y la calidad e idoneidad del proceso de enseñanza.

↑ VO ₂ pico	↑ PGC-1α
↓ PA sistólica y diastólica	↑ tasa máxima de recaptación de Ca ⁺⁺
↑ HDL-C	↑ disponibilidad óxido nítrico
↓ triglicéridos y glucosa ayunas	↑ Función cardíaca
↓ estrés oxidativo e inflamación	↑ Adherencia
↑ adiponectina	↑ calidad de vida
↑ sensibilidad insulina	
PA: presión arterial · HDL-C: lipoproteínas de alta densidad	

Tabla 5. Efectos sobre la salud del HIIT (López Chicharro & Vicente Campos, 2018).

Otra de las propuestas para realizar ejercicio de alta intensidad es el entrenamiento cardiomuscular, cuyo planteamiento se basa en el desarrollo de la aptitud cardiovascular con acento en las adaptaciones musculares y periféricas (principalmente). Su organización plantea cargas intensas y cortas en su duración, con dinámica intermitente (no intervalada) induciendo una mayor y rápida activación del sistema neuromuscular antes que el sistema cardiovascular (Casas, 2006). Esta modalidad incrementa la potencia muscular, la aptitud para realizar esfuerzos intensos y otros efectos saludables.

Para finalizar, es fundamental destacar el aporte de ellos (figura 8), los científicos que pensaron y trabajaron diferente, desde la irregularidad e incomodidad, contrastando dogmas y teorías, interpelando su propio trabajo y profundizándolo. Gracias a ellos y sus invalorable aportes, podemos analizar e interpretar los resultados de las investigaciones recientes para resignificar las bases de la programación del ejercicio.



Figura 8. (De izquierda a derecha), Per Olof Astrand (†); Bengt Saltin (†); Bente Pedersen; George Brooks y Philip Gollnick (†).

El ejercicio programado es la herramienta más fuerte y poderosa para la promoción y protección de la salud, con efectos antiinflamatorios e inmunológicos, metabólicos, vasculares, neuromusculares y otros. Previene más de 35 enfermedades crónicas. Entonces, ¿incorporar el ejercicio en nuestras vidas es una opción?

Referencias bibliográficas

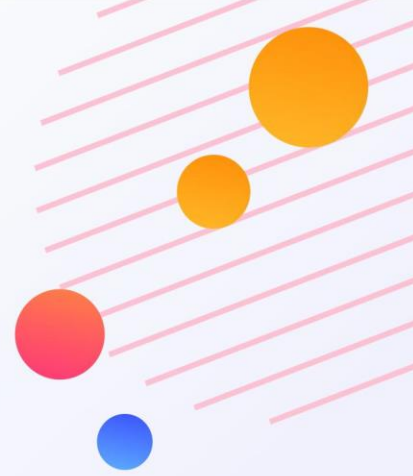
- Bay, M. L., & Pedersen, B. K. (2020). Muscle-Organ Crosstalk: Focus on Immunometabolism. *Frontiers in Physiology*, *11*, 567881. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.567881>
- Benatti, F. B., & Pedersen, B. K. (2015). Exercise as an anti-inflammatory therapy for rheumatic diseases-myokine regulation. *Nature Reviews. Rheumatology*, *11*(2), 86-97. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2014.193>
- Blair, S. N. (1993). 1993 C.H. McCloy Research Lecture: Physical activity, physical fitness, and health. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *64*(4), 365-376. <https://doi.org/10.1080/02701367.1993.10607589>
- Bouchard, C., Shephard, R. J., & Brubaker, P. H. (1994). Physical Activity, Fitness, and Health: Consensus Statement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *26*(1), 119.
- Brooks, G. A. (2002). Lactate shuttles in nature. *Biochemical Society Transactions*, *30*(2), 258-264. <https://doi.org/10.1042/>
- Brooks, G. A. (2009). Cell-cell and intracellular lactate shuttles. *The Journal of Physiology*, *587*(Pt 23), 5591-5600. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.178350>

- Brooks, G. A. (2018). The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell Metabolism*, 27(4), 757-785. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.03.008>
- Brooks, G. A. (2020). Lactate as a fulcrum of metabolism. *Redox Biology*, 35, 101454. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101454>
- Brooks, G. A. (1985). Lactate: Glycolytic End Product and Oxidative Substrate During Sustained Exercise in Mammals—The “Lactate Shuttle”. En R. Gilles (Ed.), *Circulation, Respiration, and Metabolism* (pp. 208-218). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-70610-3_15
- Calverley, T. A., Ogoh, S., Marley, C. J., Steggall, M., Marchi, N., Brassard, P., Lucas, S. J. E., Cotter, J. D., Roig, M., Ainslie, P. N., Wisløff, U., & Bailey, D. M. (2020). HIITing the brain with exercise: Mechanisms, consequences and practical recommendations. *The Journal of Physiology*, 598(13), 2513-2530. <https://doi.org/10.1113/JP275021>
- Casas, A. (2006). Capítulo IV. La programación y el entrenamiento de la aptitud aeróbica para la prevención de enfermedades cardíacas. En A. Casas (Ed.), *Fundamentos científicos y metodológicos del ejercicio en la prevención e intervención sobre las enfermedades cardiovasculares*. (p. 366). UCALP.
- Casas, A. (2008). Capítulo XI. Aspectos endócrinos y metabólicos del entrenamiento de la fuerza: Aplicaciones. En A. Jiménez Gutiérrez (Ed.), *Nuevas dimensiones en el entrenamiento de la fuerza: Aplicación de nuevos métodos, recursos y tecnologías*. (INDE publicaciones, p. 470). INDE.
- Casas, A. (2021). Capítulo 9. Ejercicio y deportes en prevención y tratamiento de la obesidad. En R. Peidro (Ed.), *Cardiología, ejercicio y deportes*. (Journal, p. 448). Journal.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126-131.
- Cassilhas, R. C., Viana, V. A. R., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1401-1407. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060111f>
- Connett, R. J., Honig, C. R., Gayeski, T. E., & Brooks, G. A. (1990). Defining hypoxia: A systems view of VO₂, glycolysis, energetics, and intracellular PO₂. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 68(3), 833-842. <https://doi.org/10.1152/jap.1990.68.3.833>
- Deslandes, A., Moraes, H., Ferreira, C., Veiga, H., Silveira, H., Mouta, R., Pompeu, F. A. M. S., Coutinho, E. S. F., & Laks, J. (2009). Exercise and mental health: Many reasons to move. *Neuropsychobiology*, 59(4), 191-198. <https://doi.org/10.1159/000223730>
- Engeroff, T., Ingmann, T., & Banzer, W. (2018). Physical Activity Throughout the Adult Life Span and Domain-Specific Cognitive Function in Old Age: A Systematic Review of Cross-Sectional and Longitudinal Data. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(6), 1405-1436. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0920-6>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3017-3022. <https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>
- Ferguson, B. S., Rogatzki, M. J., Goodwin, M. L., Kane, D. A., Rightmire, Z., & Gladden, L. B. (2018). Lactate metabolism: Historical context, prior misinterpretations, and current understanding.

- European Journal of Applied Physiology*, 118(4), 691-728. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3795-6>
- Fischer, C. P. (2006). Interleukin-6 in acute exercise and training: What is the biological relevance? *Exercise Immunology Review*, 12, 6-33.
- Fiuza-Luces, C., Garatachea, N., Berger, N. A., & Lucia, A. (2013). Exercise is the real polypill. *Physiology (Bethesda, Md.)*, 28(5), 330-358. <https://doi.org/10.1152/physiol.00019.2013>
- Futuyma, D. J. (1997). *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates Inc.
- Gallagher, C. N., Carpenter, K. L. H., Grice, P., Howe, D. J., Mason, A., Timofeev, I., Menon, D. K., Kirkpatrick, P. J., Pickard, J. D., Sutherland, G. R., & Hutchinson, P. J. (2009). The human brain utilizes lactate via the tricarboxylic acid cycle: A ¹³C-labelled microdialysis and high-resolution nuclear magnetic resonance study. *Brain: A Journal of Neurology*, 132(Pt 10), 2839-2849. <https://doi.org/10.1093/brain/awp202>
- Glancy, B., Kane, D. A., Kavazis, A. N., Goodwin, M. L., Willis, W. T., & Gladden, L. B. (2021). Mitochondrial lactate metabolism: History and implications for exercise and disease. *The Journal of Physiology*, 599(3), 863-888. <https://doi.org/10.1113/JP278930>
- Goldstein, M. S. (1961). Humoral nature of the hypoglycemic factor of muscular work. *Diabetes*, 10, 232-234. <https://doi.org/10.2337/diab.10.3.232>
- Greiwe, J. S., Cheng, B., Rubin, D. C., Yarasheski, K. E., & Semenkovich, C. F. (2001). Resistance exercise decreases skeletal muscle tumor necrosis factor alpha in frail elderly humans. *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 15(2), 475-482. <https://doi.org/10.1096/fj.00-0274com>
- Haseler, L. J., Richardson, R. S., Videen, J. S., & Hogan, M. C. (1998). Phosphocreatine hydrolysis during submaximal exercise: The effect of FIO₂. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 85(4), 1457-1463. <https://doi.org/10.1152/jap.1998.85.4.1457>
- He, Z., Tian, Y., Valenzuela, P. L., Huang, C., Zhao, J., Hong, P., He, Z., Yin, S., & Lucia, A. (2018). Myokine Response to High-Intensity Interval vs. Resistance Exercise: An Individual Approach. *Frontiers in Physiology*, 9, 1735. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01735>
- Holloway, R., Zhou, Z., Harvey, H. B., Levasseur, J. E., Rice, A. C., Sun, D., Hamm, R. J., & Bullock, M. R. (2007). Effect of lactate therapy upon cognitive deficits after traumatic brain injury in the rat. *Acta Neurochirurgica*, 149(9), 919-927; discussion 927. <https://doi.org/10.1007/s00701-007-1241-y>
- Jackson, A. S., Sui, X., Hébert, J. R., Church, T. S., & Blair, S. N. (2009). Role of lifestyle and aging on the longitudinal change in cardiorespiratory fitness. *Archives of Internal Medicine*, 169(19), 1781-1787. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.312>
- Kessler, H. S., Sisson, S. B., & Short, K. R. (2012). The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(6), 489-509. <https://doi.org/10.2165/11630910-000000000-00000>
- Khan, S. U., & Ghafoor, S. (2019). Myokines: Discovery Challenges and Therapeutic Impediments. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 69(7), 1014-1017.
- Lee, J. H., & Jun, H.-S. (2019). Role of Myokines in Regulating Skeletal Muscle Mass and Function. *Frontiers in Physiology*, 10, 42. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00042>
- López Chicharro, J., & Vicente Campos, D. (2018). Aplicaciones en clínica y promoción de la salud. En *HiIT Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad* (Fisiologiadelejercicio.com, p. 192).

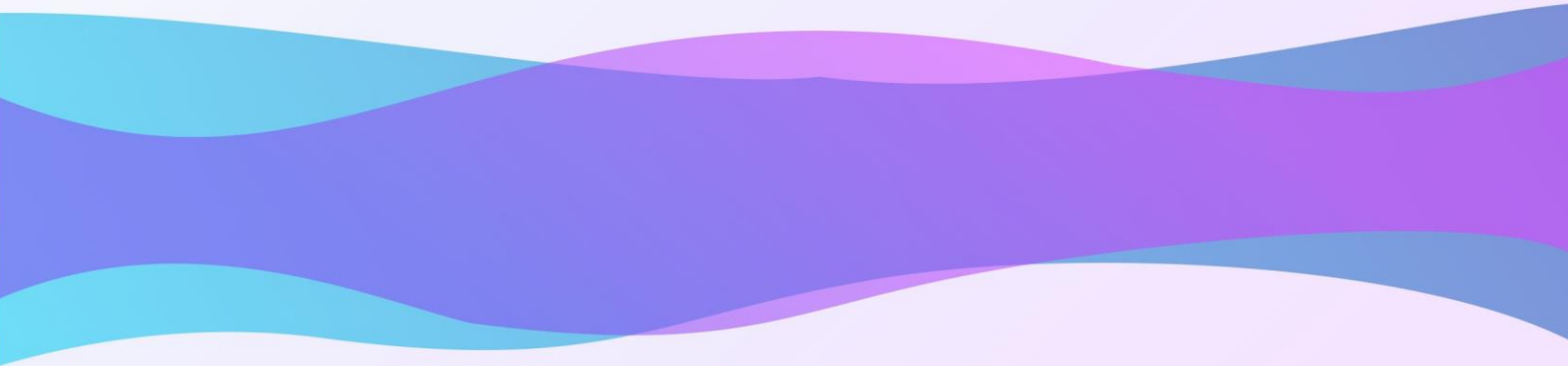
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915-2930. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Magistretti, P. J., & Allaman, I. (2015). A cellular perspective on brain energy metabolism and functional imaging. *Neuron*, 86(4), 883-901. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.03.035>
- Margeli, A., Skenderi, K., Tsironi, M., Hantzi, E., Matalas, A.-L., Vrettou, C., Kanavakis, E., Chrousos, G., & Papassotiriou, I. (2005). Dramatic elevations of interleukin-6 and acute-phase reactants in athletes participating in the ultradistance foot race spartathlon: Severe systemic inflammation and lipid and lipoprotein changes in protracted exercise. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 90(7), 3914-3918. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-2346>
- Mathis, D., & Shoelson, S. E. (2011). Immunometabolism: An emerging frontier. *Nature Reviews. Immunology*, 11(2), 81. <https://doi.org/10.1038/nri2922>
- McIlwain, H. (1955). A transitory, rapid, production of lactate in electrically excited cerebral tissues. *The Biochemical Journal*, 60(4), xxxi.
- Panza, G. A., Taylor, B. A., MacDonald, H. V., Johnson, B. T., Zaleski, A. L., Livingston, J., Thompson, P. D., & Pescatello, L. S. (2018). Can Exercise Improve Cognitive Symptoms of Alzheimer's Disease? *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(3), 487-495. <https://doi.org/10.1111/jgs.15241>
- Pedersen, B. K. (2013). Muscle as a Secretory Organ. En *Comprehensive Physiology* (pp. 1337-1362). American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/cphy.c120033>
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2008). Muscle as an Endocrine Organ: Focus on Muscle-Derived Interleukin-6. *Physiological Reviews*, 88(4), 1379-1406. <https://doi.org/10.1152/physrev.90100.2007>
- Pedersen, B. K., & Fischer, C. P. (2007). Beneficial health effects of exercise—The role of IL-6 as a myokine. *Trends in Pharmacological Sciences*, 28(4), 152-156. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2007.02.002>
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2006). Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16 Suppl 1, 3-63. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00520.x>
- Pellerin, L., Pellegrini, G., Bittar, P. G., Charnay, Y., Bouras, C., Martin, J. L., Stella, N., & Magistretti, P. J. (1998). Evidence supporting the existence of an activity-dependent astrocyte-neuron lactate shuttle. *Developmental Neuroscience*, 20(4-5), 291-299. <https://doi.org/10.1159/000017324>
- Petersen, A. M. W., & Pedersen, B. K. (2005). The anti-inflammatory effect of exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 98(4), 1154-1162. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00164.2004>
- Proia, P., Di Liegro, C. M., Schiera, G., Fricano, A., & Di Liegro, I. (2016). Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9), E1450. <https://doi.org/10.3390/ijms17091450>
- Richardson, R. S., Noyszewski, E. A., Leigh, J. S., & Wagner, P. D. (1998). Lactate efflux from exercising human skeletal muscle: Role of intracellular PO₂. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 85(2), 627-634. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.1998.85.2.627>
- Robergs, R. A., McNulty, C. R., Minnett, G. M., Holland, J., & Trajano, G. (2018). Lactate, not Lactic Acid, is Produced by Cellular Cytosolic Energy Catabolism. *Physiology*, 33(1), 10-12. <https://doi.org/10.1152/physiol.00033.2017>

- Rogatzki, M. J., Ferguson, B. S., Goodwin, M. L., & Gladden, L. B. (2015). Lactate is always the end product of glycolysis. *Frontiers in Neuroscience*, 9, 22. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00022>
- Rosenkilde, M., Nordby, P., & Stallknecht, B. (2016). Maintenance of improvements in fitness and fatness 1 year after a 3-month lifestyle intervention in overweight men. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(10), 1212-1214. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.64>
- Schurr, A. (2017). *Lactate, Not Pyruvate, Is the End Product of Glucose Metabolism via Glycolysis | IntechOpen*. <https://www.intechopen.com/chapters/53367>
- Schurr, A., & Gozal, E. (2011). Aerobic production and utilization of lactate satisfy increased energy demands upon neuronal activation in hippocampal slices and provide neuroprotection against oxidative stress. *Frontiers in Pharmacology*, 2, 96. <https://doi.org/10.3389/fphar.2011.00096>
- Schurr, A., & Gozal, E. (2015). Glycolysis at 75: Is it time to tweak the first elucidated metabolic pathway in history? *Frontiers in Neuroscience*, 9, 170. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00170>
- Sobral-Monteiro-Junior, R., Maillot, P., Gatica-Rojas, V., Ávila, W. R. M., de Paula, A. M. B., Guimarães, A. L. S., Santos, S. H. S., Pupe, C. C. B., & Deslandes, A. C. (2019). Is the «lactormone» a key-factor for exercise-related neuroplasticity? A hypothesis based on an alternative lactate neurobiological pathway. *Medical Hypotheses*, 123, 63-66. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2018.12.013>
- Starkie, R. L., Rolland, J., Angus, D. J., Anderson, M. J., & Febbraio, M. A. (2001). Circulating monocytes are not the source of elevations in plasma IL-6 and TNF-alpha levels after prolonged running. *American Journal of Physiology. Cell Physiology*, 280(4), C769-774. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.2001.280.4.C769>
- Valenzuela, P. L., Castillo-García, A., Morales, J. S., de la Villa, P., Hampel, H., Emanuele, E., Lista, S., & Lucia, A. (2020). Exercise benefits on Alzheimer's disease: State-of-the-science. *Ageing Research Reviews*, 62, 101108. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101108>
- Vasques, P. E., Moraes, H., Silveira, H., Deslandes, A. C., & Laks, J. (2011). Acute exercise improves cognition in the depressed elderly: The effect of dual-tasks. *Clinics*, 66, 1553-1557. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322011000900008>
- Wald, N. J., & Law, M. R. (2003). A strategy to reduce cardiovascular disease by more than 80%. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 326(7404), 1419. <https://doi.org/10.1136/bmj.326.7404.1419>
- Wedell-Neergaard, A.-S., Lang Lehrsokov, L., Christensen, R. H., Legaard, G. E., Dorph, E., Larsen, M. K., Launbo, N., Fagerlind, S. R., Seide, S. K., Nymand, S., Ball, M., Vinum, N., Dahl, C. N., Henneberg, M., Ried-Larsen, M., Nybing, J. D., Christensen, R., Rosenmeier, J. B., Karstoft, K., ... Krogh-Madsen, R. (2019). Exercise-Induced Changes in Visceral Adipose Tissue Mass Are Regulated by IL-6 Signaling: A Randomized Controlled Trial. *Cell Metabolism*, 29(4), 844-855.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.12.007>
- Wilkinson, T. J., Shur, N. F., & Smith, A. C. (2016). «Exercise as medicine» in chronic kidney disease. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(8), 985-988. <https://doi.org/10.1111/sms.12714>
- Wolfe, R. R. (2006). The underappreciated role of muscle in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(3), 475-482.



Planificación y metodología en el desarrollo de la formación deportiva

Dr. José Bruneau



PLANIFICACIÓN Y METODOLOGÍA EN EL DESARROLLO DE LA FORMACIÓN DEPORTIVA

Ph. D. José Gastón Bruneau Chávez¹² - jose.bruneau@ufontera.cl
Facultad de Educación y Humanidades – Universidad de la Frontera

Introducción

A palabras de Juan José Muraro, los niños son “Princesitas y Principitos”. Por tanto, nuestro deber como formadores es sostenerlos con firmeza y cariño para que crezcan en amor con los demás, en armonía con la naturaleza y así reinen en un mundo de paz.

El presente trabajo está dirigido a estudiantes de pedagogía en Educación Física, educadores físicos, técnicos deportivos, a los padres que comprenden que el éxito en la vida se cimienta sobre la base de la educación de los niños, siendo uno de los objetivos importantes de alcanzar; que no basta guiarse por un amor espontáneo, sino por un amor inteligente que necesita de la información, el estudio y la investigación de la comprensión y la exigencia, de la confianza y el respeto, de libertad y obediencia, de la intimidad y apertura, constituyéndose así en un verdadero arte para el formador.

Es importante que los entrenadores tengan presente en utilizar el movimiento como la base para el conocimiento del mundo real y la construcción de la personalidad de las niñas y niños, pues es el movimiento el que pone en juego las funciones de la inteligencia, la afectividad, sociabilidad, entregando la opción en base a la frecuencia de su repetición la posibilidad de propender a una mejor salud en la adultez. Los patrones motores se desarrollan progresivamente pasando por notables cambios de fácil identificación. Por tanto, los proyectos deportivos deben contar con programas de volumen e intensidad progresiva que contenga una vasta riqueza y variedad de actividades motrices, juegos y ejercicios seleccionados con sutileza, entregando a los futuros deportistas la posibilidad real de un mejor actuar biomecánico a los 7 u 8 años; los que al combinarse y diversificarse junto al mejoramiento natural de su fuerza, movilidad y resistencia le entregaran una formación

¹² Dr. en Investigación sobre Motricidad Humana, Actividad Física y Deporte (Universidad de Granada, España). Magíster en Motricidad Humana (Universidad de la Frontera / Castello Branco, Chile). Profesor en Educación Física (Universidad de la Frontera, Chile).

motora de base alrededor de los 10 a 12 años que lo capacitarán para alcanzar niveles de desempeño eficaz y eficiente en tareas motrices de importante dificultad o alta especialización (Muraro, 2006).

La Metodología del Entrenamiento Deportivo desde hace muchos años se ha encargado de aportar conocimientos a los especialistas para enfrentar el proceso de formación técnica, táctica, física, psicológica y cognitiva especializada del deportista, es una disciplina científica posee su propio objeto de estudio, sus principios y regularidades que constituyen todo un sistema de teorías, con un nivel de conocimientos y desarrollo suficiente como para demarcarla de otras ciencias y ganar su autonomía como tal (Verkhoshansky, 2002).

Desacuerdos y consensos

Actualmente se presenta notable desacuerdo en relación con la planificación del entrenamiento con niños. Posiciones diversas a favor o en contra son comunes y desafortunadamente colocan al entrenador ante una situación bastante comprometida (Ramos & Toborda, 2001).

La infancia representa la etapa más activa del desarrollo humano, a los niños les gusta jugar y participar en actividades físico - deportivas. Los padres, instructores, entrenadores, buscan los mejores programas de entrenamiento para aumentar el potencial deportivo de los niños; los entrenadores suelen convertirse en modelos y los niños sueñan en sobrepasar los logros de sus líderes deportivos. No obstante, es un error grave someter a los niños a los programas de adultos. Los niños no son adultos pequeños, son únicos en cada una de las fases del desarrollo con diferentes capacidades fisiológicas en cada etapa del crecimiento.

Es de suma importancia para cualquiera que trabaje con niños estar informado respect a todos los cambios físicos, emocionales y cognitivos que ocurren durante las etapas de desarrollo, para así estructurar el entrenamiento de forma que se adapte a las necesidades de cada etapa.

Gran parte de la bibliografía hace referencia al deportista de elite, muy pocos consideran la planificación diseñada específicamente para los niños (Tudor Bompa, 2003).

Es importante comprender que los programas de entrenamiento deben ser diseñados de acuerdo con la tasa de maduración deportiva en lugar de la edad cronológica, debido a que las necesidades y sus respectivas demandas varían de acuerdo a cada persona. Los niños de una misma edad cronológica pueden ser diferentes en varios años respecto a su madurez biológica; un niño con maduración precoz puede mostrar mejores patrones de rendimiento motor inicialmente, mientras que un niño con maduración tardía puede ser mejor deportista a future. Por tanto, es importante visualizar más allá de los logros a corto plazo dejando que los niños se desarrollan a su ritmo (Heredia et al., 2007).

Se entiende que un principio es una ley o regla que se cumple o debe seguirse con cierto propósito, como consecuencia necesaria de algo o con el fin de lograr un objetivo. En nuestro caso, las normas o pautas que, basadas en las ciencias biológicas, psicológicas y pedagógicas, nos ayudan a dirigir sistemáticamente el proceso global de entrenamiento de la actividad física y/o entrenamiento deportivo. Muchos autores de relevancia en entrenamiento deportivo (Delgado, Gutiérrez y Castillo, 2016; García-Manso, Navarro-Valdivieso y Ruiz-Caballero, 1996; Grosser, 1997; Navarro-Valdivieso, Oca y Rivas, 2010; Zintl, 1991) analizan los principios que se deben tener en cuenta a la hora de planificar el entrenamiento, desde diferentes puntos de vista.

El consenso habitual entre la bibliografía especializada del entrenamiento físico se centra en analizarlos desde dos enfoques principalmente: El pedagógico y el biológico. Sin embargo, otros autores (Campos y Ramón, 2003; Castelo, Barreto, Alves, Mil-Homens, Carvalho, & Vieira, 1996) proponen una triple clasificación: Pedagógico, Metodológico y Biológico. Incluso profundizan, dentro de ellos y proponen (León, 2006) entre los biológicos, los que inician la adaptación, los que aseguran la adaptación y los que dirigen la adaptación de forma específica.

La bibliografía específica sobre entrenamiento formula los principios con diferentes variaciones en lo que a su denominación se refiere, así como a al número de ellos. Para el desarrollo del tema se partirá de la clasificación planteada por la mayoría de los autores

(Campos y Ramón, 2003; García-Manso, Navarro-Valdivieso y Ruiz-Caballero, 1996), que los divide en principios pedagógicos y en principios biológicos:

Los principios pedagógicos se centran en el proceso de enseñanza-aprendizaje, para que se logre sacar el mayor rendimiento de la habilidad, tarea o forma deportiva suficiente. Incluyen directamente en la Metodología empleada durante el proceso de entrenamiento o de acondicionamiento físico. Están más indicados al aprendizaje y automatización de la tarea, la motivación, la progresión y la estabilización de los resultados. Son muy adecuados en la iniciación deportiva y en la adquisición de patrones motores nuevos.

Los principios biológicos son aquellos que afectan a los procesos de adaptación del organismo del deportista. Es decir, aquellas normas que inciden sobre las adaptaciones endógenas que el propio organismo experimenta al sufrir una carga de entrenamiento. Son principios que están especialmente orientados a los factores energéticos del músculo, a los parámetros antropométricos y mecánicos del organismo y a los propios procesos neuronales y motores del organismo. Podemos decir que inciden directamente en la puesta a punto del organismo y el rendimiento propio de las posibilidades reales que éste presenta como potencial.

Controversias

Ramos (2009) se muestra escéptico respecto a la planificación del entrenamiento con niños, indicando que una real planificación se habla aproximadamente a partir de los 14 años.

Planificar consiste en elaborar o establecer el plan, en nuestro caso de adaptación física, conforme a los objetivos que se pretenden desarrollar o conseguir (Vasconcelos, 2000). Por tanto, el fundamento de este principio, está estrictamente relacionado con la actividad consciente e implicación del joven deportista en el proceso de organización de sus objetivos de entrenamiento. De forma básica, podemos manifestar que cualquier ejercicio o tarea tiene tres momentos estandarizados para su aprendizaje, dominio y rendimiento (Ruiz, 1997); Enseñanza, Automatización y Perfeccionamiento. Estas fases de todo aprendizaje

deben tener en cuenta, no sólo la tarea individual, sino una planificación mayor, que estructure los objetivos en función de las necesidades y posibilidades del deportista.

Los niños y jóvenes que se están iniciando en la senda del deporte, debe conocer el punto exacto donde se encuentran, es decir, si están aprendiendo una nueva habilidad, no se podrá exigir un rendimiento de la misma, sino que su concepción irá orientada al aprendizaje correcto y al conocimiento más adecuado para su dominio.

Para que los resultados sean adecuados a los objetivos planteados, todo entrenamiento deberá sustentarse en una planificación, que previamente establezca una progresión y sus tiempos, los cuales permitan pasar de un momento a otro (Campos, 2011). Un control de los ejercicios, tareas y sesiones de entrenamiento y una individualización del deportista, ya que no todos aprenden a la misma velocidad.

En ese concierto, encuentran aplicación lógica la estructuración de un conjunto de objetivos, contenidos, métodos, medios y formas de valoración del desempeño, que guían en el sentido deseado la formación integral del niño. Hahn, (1988) indica que incrementos demasiado rápido de los rendimientos deportivos tendrían poca duración puesto que pronto se presentaría una sobresaturación por el deporte”.

Entrenador como centro de atención

Cada día la sociedad demanda con más fuerza la formación y capacitación de especialistas que planifiquen las acciones para el desarrollo del Deporte, capaces no sólo de resolver con eficiencia los problemas de la práctica profesional sino también y fundamentalmente de lograr un desempeño ético, responsable.

Es importante orientar estas capacitaciones a la integración de procesos mediante el cual el entrenador deportivo adquiere nuevas destrezas y conocimientos que promueven, fundamentalmente un cambio de actitud. Este proceso estimula la reflexión sobre la realidad, sustentada en el contexto social dado y evalúa la potencialidad creativa, con el propósito de modificarla, al dirigirse hacia la búsqueda de condiciones metodológicas y materiales que permitan mejorar el desempeño de estos profesionales, logrando incrementar las habilidades profesionales de manera integradora, abarcando temas tales

como los métodos, medios, principios, leyes, estructuras y los sistemas de control, evaluación y análisis del rendimiento deportivo, así como las bases que lo sustentan, es decir la dirección pedagógica del proceso de entrenamiento (Platonov, 2001)

A la guía programática que orienta el proceso de entrenamiento se le llama planificación. Ehlenz, Grosser, Zimmermann (2001) la describen como una coordinación a corto y largo plazo de las medidas necesarias para la realización de acciones motrices enfocadas hacia la mejora del rendimiento motriz.

Tales posiciones son discutidas a partir de lo cual se propone una manera de abordar la planificación, teniendo en cuenta la coherencia necesaria con los fundamentos del entrenamiento en la infancia, sus objetivos y la necesaria promoción del desarrollo integral a través de la práctica deportiva.

Es importante la integración y consolidación sobre un sustento Biológico, Pedagógico y Afectivo-Motivacional; el sujeto predispuesto al esfuerzo en aras del logro deportivo, motivado por el núcleo social en que este se desempeña (Mateviev, 1993).

Respeto a la niñez

En deporte infantil, a partir de lo expuesto por múltiples especialistas, podemos plantear como concepto universal que la planificación es una proyección lógica y sistemática, que respetando las características de evolución y desarrollo de los niños en todas las esferas y una permanente evaluación de sus condiciones y desempeños, está orientado a construir, promover y desarrollar condiciones especiales de obtención matizada y futura de un cierto rendimiento de los niños en la práctica deportiva.

Platonov (1995) indica el camino que lleva a un niño a convertirse en deportista, debe considerar etapas.

Presenta interesantes propuestas que consideran etapas y factores:

- Factor Condicional: incluiría como subfactores en la planificación, tales como resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad y sus combinaciones entrenables en la infancia.

- Factor Psicomotor: incluiría como subfactores: La educación del esquema corporal (consciencia corporal, concepto corporal, inventario corporal, lateralidad, ajuste de la postura, consciencia de la ventilación alveolar), educación de las nociones espacio temporales (ritmo, apreciación de tiempos y distancias, anticipación) y educación de la coordinación dinámica general, ojo mano y ojo pie.
- Factor Socioafectivo: incluiría la educación progresiva del auto control, la motivación, la confianza en sí mismo, la concentración, la autoestima, la tolerancia a la frustración, la constancia y la voluntad). Además, ayudas en el manejo de la angustia y el estrés escénico y orientación en aspectos como responsabilidad, respeto por el otro, solidaridad, capacidad para trabajar en equipo.
- Factor Técnico Táctico: incluiría como subfactores la técnica global (compartida por varios deportes), desarrollo técnico específico y estímulos iniciales al desarrollo del pensamiento y actuación táctica.
- Factor Cognoscitivo: considera como subfactores la educación de la capacidad perceptiva, de la capacidad de análisis y juicio y de las capacidades de selección y actuación motora.
- Factor Teórico: incluirá como subfactores para el entrenamiento de base a la asimilación, de acuerdo a la edad, de los requisitos de participación en juegos, en actividades predeportivas y en minideportes. El otro subfactor hace referencia a los conocimientos básicos en hábitos de higiene y salud.

Por su parte Tudor & Hahn (1998) recomienda un modelo de planificación general deportiva fundado en el desarrollo psicológico y corporal, que considera tres fases:

- Entrenamiento básico (centrado en el desarrollo de una base variada para los diferentes deportes, con fundamento psicomotriz y desarrollo de resistencia).
- Entrenamiento de desarrollo (con énfasis en la especialización en una disciplina deportiva, desarrollo de condición física específica, del repertorio tecnomotriz y de la táctica básica)

- Entrenamiento de rendimiento y fase de entrenamiento de alto rendimiento.

En deporte infantil, a partir de lo expuesto por múltiples especialistas, podemos plantear como concepto universal que la planificación es una proyección lógica y sistemática, que respetando las características de evolución y desarrollo de los niños en todas las esferas y una permanente evaluación de sus condiciones y desempeños, está orientado a construir, promover y desarrollar condiciones especiales de obtención matizada y futura de un cierto rendimiento motor de los niños en la práctica deportiva.

Esta planificación, estructurada como proceso sistemático, organiza tareas, anticipa logros, define estrategias de acción, analiza estados presentes y proyecta a futuro, siempre teniendo en cuenta al protagonista: el niño.

Dick (1993) considera adecuado un entrenamiento moderado para niñas y niños, a partir de los 10-12 años advirtiéndole que el entrenador debe procurar que el entrenamiento del deportista en crecimiento se caracterice por un programa sensato de desarrollo general que no produzca el agotamiento de las reservas de energía las cuales son reducidas.

Ramos (1994) era escéptico respecto a la planificación del entrenamiento con niños, exponía entonces: *“De una real planificación se habla aproximadamente a partir de los 14 años. Antes de eso es un proceso netamente pedagógico, de escuelas de deportes”*.

La planificación de los procesos de entrenamiento del deporte escolar al momento de traducir esta planificación en propuestas a través de la definición de estructuras temporales, encuentra dificultades y posiciones opuestas.

Feige (1995) expone un no rotundo a la organización de estructuras temporales, porque se asume que ellas definen un contexto de rigidez y de exigencia tales que van en contra de las necesidades e intereses de los niños, inducen a un agotamiento prematuro de la capacidad de rendimiento, porque la aptitud y los intereses del niño no están aun muy reconocibles, EN atención al ritmo y grado de adaptación, preparación y de recuperación son muy diferentes al del adulto, porque la infancia es un período más adecuado para la ejercitación múltiple que para el rendimiento de élite.

Al respecto la advertencia de Forteza (2005) es muy dicente; la aceleración en el deporte es un hecho lamentable, en ocasiones es el resultado de la ansiedad por el

rendimiento, que manifiesta el entrenador ante el futuro talento, al aplicar cargas elevadas a tempranas edades de la vida deportiva, llevando rápidamente a la obtención de resultados, desvaneciéndose estos en los momentos en que verdaderamente se deben obtener los máximos rendimientos". Son principios del entrenamiento, el respaldo y la necesaria planificación del entrenamiento con niños; El principio de adecuación a la edad y a la evolución, El principio de sistematización, El principio de continuidad y El principio de adaptación biológica de la carga de trabajo.

Brancacho Gil (1993) desarrolla en su propuesta de planificación un modelo rígido a partir de los 6 años de edad y específicamente para el caso de la natación.

En este modelo plantea una metodología para el trabajo en el agua y fuera de ella, asignando a los niveles iniciales entre los 6 y 7 años de edad, la responsabilidad de la fundamentación con exigencias muy específicas a los niveles de; 8 a 10 y de 10 a 14 años, la responsabilidad del perfeccionamiento técnico y de los primeros rendimientos regionales y nacionales.

Aunque el diseño de los ejercicios técnicos por su esencia son de uso imprescindible durante cualquier etapa de preparación del deportista, el énfasis está dirigido hacia la edad temprana, muy particularmente hacia los 11- 12 años, edades donde se debe producir la base del hábito motor de la preparación técnica específica del acto natatorio. Por ello, la expectativa de éste puede verse en el contexto de la acción de repetir el ejercicio hasta lograr el hábito motor.

Por su parte Grosser, Bruggermann y Zintl (1989), manifiestan que la planificación es innecesaria en el entrenamiento de base y perfeccionamiento (entre los 6 y 12 años) y aducen como razones: no deben plantearse "las típicas curvas" de competición.

Matveev (1991) indica que la formación especial y general del deportista considere el aumento progresivo y aumento máximo de los esfuerzos dentro del proceso de entrenamiento, en atención a una variación ondulante de las cargas, dividiendo la temporada en ciclos. Haciendo corresponder los períodos del entrenamiento (General, preparatorio, Específico, competitivo y transitorio) como proceso pedagógico a las fases de

la forma deportiva como proceso biológico de base, respetando en tal planificación los ciclos vacacionales de los niños.

Sustento pedagógico - biológico

El sustento pedagógico, se constituye en la persona misma del entrenador, literalmente desarrolla y consolida al homo-sportivus (Cagigal, 1996). La Pedagogía de la Práctica Deportiva hacia el Alto Rendimiento, desde el punto de vista teórico aporta a la sociedad, conocimientos que permiten enriquecer, perfeccionar teorías, en la formación de entrenadores (Ballesteros, 1992)

La planificación del entrenamiento con niños es una forma de planificar las acciones motrices considerando un crecimiento progresivo de las exigencias del entrenamiento según la cual, a la par con el desarrollo de la capacidad condicional y coordinativa se estructuran habilidades psicológicas básicas, y habilidades cognoscitivas a partir de las cuales, de una fase a otra, se deben afianzar las competencias construidas e iniciar el proceso de construcción de otras más complejas de acuerdo con las características evolutivas de los niños y con las exigencias de la práctica y guiados por un principio de moderación.

El sustento biológico, se interpreta a través del ciclo vital más sintéticamente expresado; nacer, crecer, reproducir y morir. Quienes conocen el comportamiento de los procesos de adaptación en lo biológico, y el desarrollo de los procesos agonísticos en lo pedagógico saben interpretar que la sumatoria temporal de aquellos estadios no puede en ningún caso abarcar menos de 8-10 años. Las etapas de la vida periodizables para el entrenamiento son las de crecimiento y reproducción que coinciden con la juventud y la adultez (Dantas, 2003).

El norte de la entrenabilidad del ser humano es el Síndrome General de Adaptación, el hombre es entrenable porque tiene capacidad de adaptación. La adaptación a un rango mayor de funcionamiento homeostático consiste metodológicamente en la correcta administración de las cargas, teniendo en cuenta las leyes de Arnoldt Schultz (estímulos óptimos entrenan, estímulos insuficientes no provocan efectos, y estímulos excesivos provocan fatiga).

La adaptación biológica es buscada a través de años en el organismo de un deportista, ésta debe ser planificada, en lo que constituye una mega estructura (megaciclo), teniendo en cuenta que esa planificación debe ser simple, sugestiva y sensible (Tudor Bompá, 2002), y que la modificación del plan no es indicador de debilidad del entrenador, sino, por el contrario, de que es capaz de observar, analizar y solucionar creativamente un inconveniente (Ozolín, 1970).

La posición de estos autores aunque es respetable, considera una negación de la planificación periódica que es “habitual” para entrenamiento de adultos, en niños. Debe replantearse en el sentido de asimilar el plan anual teniendo en cuenta precisamente los ciclos vacacionales y una concepción del entrenamiento como proceso preparatorio. Ello, Para que se produzcan los mecanismos de adaptación y lograr los beneficios de los efectos del entrenamiento, los estímulos de carga, los esfuerzos que deben realizar los sujetos, deben superar un cierto umbral o nivel de esfuerzo.

En síntesis, podemos indicar, parafraseando a L.P. Matveev, que los cambios positivos operados e el organismo, de carácter fisiológico, bioquímico y morfológico condicionados por el entrenamiento, se expresan en definitiva en la elevación de la capacidad de trabajo.

Los intervalos de descanso deben ser preferiblemente frecuentes y cortos, que esporádicos y prolongados, pero siempre deben estar formando parte del llamado período de transición. Este concierto, encuentra una aplicación lógica la estructuración de un conjunto de objetivos, contenidos, métodos, medios y formas de valoración del desempeño, que enmarcaran el sentido necesario a la formación integral del niño.

Por su parte, Taborda, Murcia y Ángel (1997/1998), en su propuesta de planificación conciben como etapas fundamentales, las de iniciación, perfeccionamiento diversificado y orientación focalizada con miras a la selección; para cada una de estas etapas ellos definen niveles y subniveles los objetivos, contenidos y evaluación de desempeño a partir de la observación del niño en actividades deportivos y en pruebas periódicas.

Forma deportiva

La "forma deportiva" es el estado de predisposición óptima para la consecución de los logros deportivos. Es un fenómeno polifacético caracterizado por los siguientes rasgos; Fisiológicamente, el atleta es capaz de ejecutar un trabajo a un nivel funcional tan alto que no es accesible en otro momento de ciclo. El costo energético se reduce y optimiza, gracias al elevado grado de coordinación. La dinámica adaptativa es más rápida, más perfecta, y la actividad motora en consecuencia más eficaz y eficiente (Matveev, 2001).

Continuidad del proceso de entrenamiento

Hay tres aspectos que lo caracterizan (Bompa, 2006).

1° - El proceso del entrenamiento ocurre a lo largo del año y durante muchos años seguidos, lo que determina que las mega estructuras a menudo tomen nombre de Megaciclo, Ciclos Plurianuales o Pluriciclos.

2° - La influencia de cada entrenamiento "ulterior" se materializa en base a huellas del "anterior", por consiguiente, la relación intrínseca que tiene el carácter dinámico y ondulante de la adaptación biológica hace que el planeamiento se conciba desde el megaciclo hacia la sesión entrenamiento y no a la inversa.

3° - Los intervalos de descanso y los ciclos de restablecimiento son interdependientes entre sí y permiten capitalizar los esfuerzos realizados, mediante el fenómeno de la supercompensación, cuya concreción debe ser prevista y formar parte de las mega estructuras.

El megaciclo

Es considerado como la mas grande unidad de trabajo y de diseño en la Periodización Deportiva, y comprende etapas de la vida del "honus-sportivus" (Cagigal, 1989). El megaciclo denomina un periodo de tiempo tan extenso como el necesario para que un

deportista pase por sus estadios de iniciación, formación, consolidación, y protagonismo Deportivo

Objetivos del Megaciclo (Bompa, 2006):

- Formación y desarrollo del organismo.
- Aprendizaje de ejercicios generales y especiales.
- Aprendizaje de las técnicas.
- Desarrollo gradual de las cualidades físicas.
- Garantizar el grado de coordinación en situaciones de "stress".
- Educar las cualidades morales y volitivas.
- Calificar deportivamente al individuo.
- Capacitar en conocimientos sobre higiene, medicina y nutrición.
- Desarrollar la capacidad de control y equilibrio emocional.
- Orientar la madurez, la que implica toma de decisiones en situaciones límites.

En términos de diseños de planes más pequeños de entrenamiento, como lo son los macrociclos, mesociclos y microciclos, deberán tenerse en cuenta factores que garantizan o modifican el cumplimiento del plan, desde el rendimiento académico del deportista estudiante, hasta el entorno familiar - social, desde la infraestructura deportiva del lugar donde entrena hasta los medios de transporte que utiliza en los traslados pre y post competitivos, desde su relación con el cuerpo técnico, hasta su conocimiento reglamentario, del periodismo, público, situaciones adversas, etc.

Conclusión

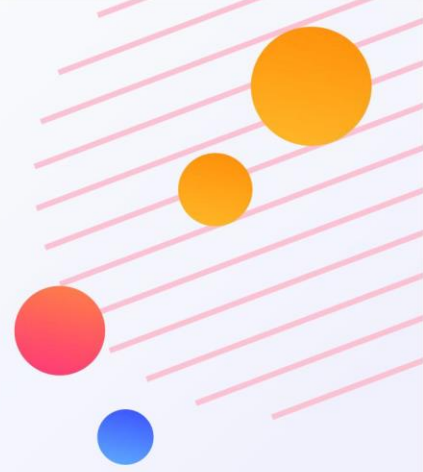
El entorno del grupo deportivo tiene influencia biosicosocial en la predisposición, dado que la convivencia en un ambiente positivo colabora a que la excitabilidad neuropsíquica precompetitiva sea la óptima y evite el nerviosismo extremo o la apatía de salida que suele caracterizar al individuo demasiado aislado en situaciones de tanta responsabilidad.

Podríamos extendernos mucho más en este tema. Sin embargo, exponamos al respecto, que existe consenso entre académicos y entrenadores en que la planificación, llámese pedagógica, del entrenamiento o del deporte infantil, es necesaria e indicada para promover el desarrollo del niño integralmente, aún en el caso de un inicio temprano en una especialidad o en el caso también de que el niño acceda a prácticas multivariadas. Son principios del entrenamiento, que respaldan la necesaria planificación de este.

Referencias bibliográficas

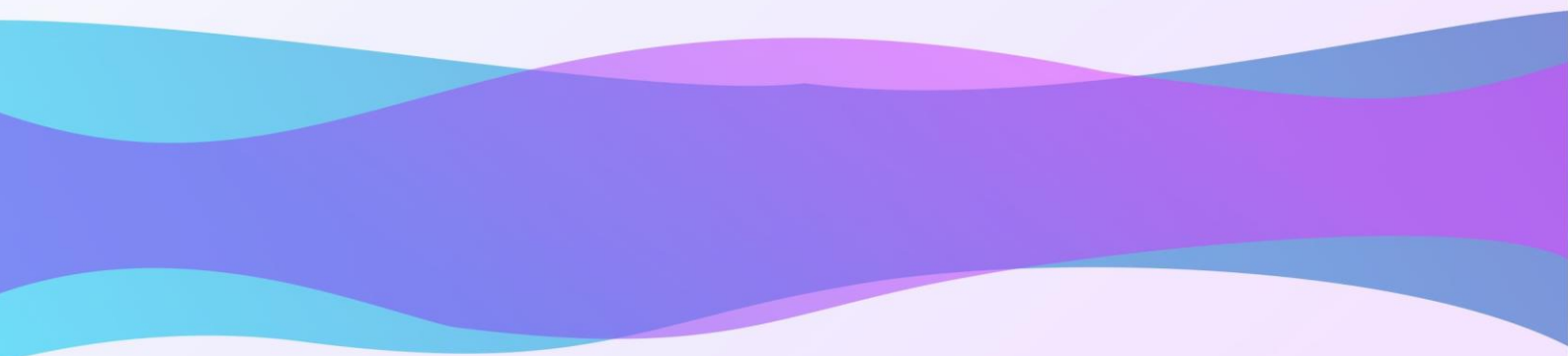
- Ballesteros, J. (2004), ¿La competición, como afecta a los pequeños deportistas? *Revista Digital-Buenos Aires-Argentina Año 10 – N.º 73*. <http://www.efdeportes.com>
- BOMPA, T.O (2006). *Periodización. Teoría e metodología do treinamento*. Guarulhos: Phorte editora, 4ª edição.
- CAGIGAL, J. M. (1996). *Obras selectas*, Volumes I, II e III. Comitê Olímpico Español e Asociación Española de Deportes para Todos: Cadiz.
- Campos, J., Ramón, V (2011). *Teoría y Planificación del Entrenamiento Deportivo* (4ª Edición), ISBN: 84-8019-520-7. Paidotribo, Barcelona.
- DANTAS, E.H.M. & CAMERON L.C (2003). Respostas fisiológicas e mecânicas do treinamento intervalado, de alta intensidade, de distâncias curtas a longas em atletas de natação. *Fitness & Performance*. Vol. 02 (2): p. 75-81.
- [Delgado, M, Fernández, A. Gutierrez Sainz, M. J. Castillo Garzón](#) (2016). *Entrenamiento físico deportivo y alimentación: de la infancia a la edad adulta* (3ª ed.), Paidotribo, Barcelona.
- Forteza, A (2006). *Teoría, Metodología y Planificación del Entrenamiento Deportivo: de lo Ortodoxo a lo Contemporáneo*. ISSN 1696-5043. Disponible en <https://www.redalyc.org/artículo.oa?id=163017601007>
- García Manso, J.M. Navarro Valdivieso, M. & Ruiz Caballero, J.A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones*, Gymnos, Madrid.
- Grosser, M-Muller, H., (1989). *Power Stretch*. Barcelona: Editorial Hispano-europea.
- Hahn, E., (1998). *Entrenamiento con niños y jóvenes*. Barcelona: Editorial Martínez Roca, S.A.
- Mateviev, L. (1993). *El proceso del entrenamiento deportivo*, Buenos Aires: Editorial Stadium.
- Matveev, L. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.

Ozolin, N. G. (1970). *Sistema contemporáneo de entrenamiento deportivo*. Moscú: Editorial Progreso,
Platonov, V.N. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*, Barcelona: Paidotribo.
Taborda, J., (1997). Entrenamiento deportivo infantil y escuelas de formación deportiva. *Educación Física Deportiva y Recreación*, Manizales, Universidad de Caldas. Vol 2 Nº 1. pp 49 – 74
Verkhoshansky, Y. (2002). *Teoría y metodología del entrenamiento deportivo*, Barcelona: Paidotribo.



Ejercicio, gasto energético y consumo de grasas:
consideraciones evolutivas, prácticas y limitaciones

Prof. Esp. Mariano Ferro



EJERCICIO, GASTO ENERGÉTICO Y CONSUMO DE GRASAS. CONSIDERACIONES EVOLUTIVAS, PRÁCTICAS Y LIMITACIONES

*Prof. Esp. Mariano Ferro*¹³ – mferro71@hotmail.com

*Director – Instituto Superior del Profesorado en Educación Física
Club Atlético Quilmes*

Resumen

El presente trabajo compila teorías acerca de nuestro metabolismo desde una perspectiva evolucionista. Diversos autores intentan explicar desde distintos puntos de vista la evolución de Homo Sapiens, hacia un metabolismo extremadamente ahorrativo desde el punto de vista energético por un lado y sumamente eficiente en la utilización de esa energía mediante el ejercicio, por el otro.

A partir de esto, nos replanteamos el foco puesto muchas veces sobre el ejercicio como una herramienta eficaz para disminuir el tejido graso. Esto termina convirtiéndose en una paradoja, ya que nuestro metabolismo ha evolucionado hacia la utilización de muy poca cantidad de grasa como fuente energética, para la realización de actividad física.

Buscar alternativas, y aceptar las limitaciones existentes, nos ayudan a no poner presión sobre el ejercicio y a no exacerbar metodologías de trabajo.

Palabras Clave: Metabolismo, Gasto Calórico, Genotipo, Ejercicio

Introducción

La actividad física tuvo y tiene un rol fundamental para para el normal desarrollo del metabolismo, y si bien esto ya es sabido desde hace décadas visto desde un punto de vista histórico – evolutivo, toma otra dimensión, y nos hace replantear el lugar desde donde abordamos la problemática de la programación del ejercicio desde el punto de vista de la salud, pero sobre todo poniendo el foco en el control del peso. Desde las teorías evolutivas

¹³ Prof. En Educación Física (ISPEFAQ). Esp. Fisiología del Ejercicio (UNLP). Director en Instituto Superior del Profesorado en Educación Física.Club Atlético Quilmes.

iniciales, hasta las más actuales, podemos ver de qué forma nuestro metabolismo intenta ser ahorrativo y eficiente respecto a la utilización de la energía. Este concepto, que atraviesa todos los trabajos presentados, se contrapone en el ideario generalizado y a las prácticas establecidas respecto a la viabilidad del ejercicio “per se”, como herramienta para maximizar la utilización de grasas y disminuir tejido adiposo.

Teoría del genotipo ahorrador¹⁴

Hace miles de años, nuestros ancestros homínidos deambulaban por la estepa africana en busca de alimentos. Básicamente a lo largo de la evolución, habíamos pasado de ser estrictamente herbívoros a convertirnos en unos más multifuncionales omnívoros.

La obtención de alimentos para unos seres privados de la capacidad de ser veloces, ni de poseer una fuerza muscular destacable, ni de tener garras o colmillos, realmente se complicaba. La alimentación a base de vegetales y frutas, no cubría de ninguna manera las expectativas energéticas de un ser que debía deambular en busca de alimentos, ya que las grandes selvas estaban en auténtica retirada, y solo se podían obtener frutas dulces y jugosas en los cada vez más escasos islotes de bosque.

Con este panorama, se hacía indispensable obtener alimentos que aportaran mayor cantidad de calorías que las hojas y frutos. Una buena salida fue identificar y consumir algunos tubérculos ricos en hidratos de carbono complejos como los almidones, que de todas formas eran escasos, o se debía tener el conocimiento necesario para encontrarlos, y además había que recorrer para ello grandes extensiones, con lo cual se gastaba buena parte de la energía que me aportaban estas raíces.

El aporte de proteínas de origen animal fue decisivo, y a pesar de que las presas a las que podían acceder no poseían un porcentaje apreciable de grasas, el aporte calórico respecto a los vegetales fue significativo. La realidad es que nuestros ancestros no eran grandes cazadores, pero sí muy buenos carroñeros, y cada vez comenzaron a aprovechar

¹⁴ Neel J. V. (1999). Diabetes mellitus: a "thrifty" genotype rendered detrimental by "progress"? 1962. *Bulletin of the World Health Organization*, 77(8), 694–693.

más las “sobras” de los grandes depredadores, y hasta tal vez aprendieran a robarles su presa, haciendo uso de su herramienta más preciada y diferenciadora: El Cerebro.

Buscando Alimentos

Pero además había otro problema, debíamos recorrer grandes distancias para buscar el alimento, y sabemos también que las reservas de glucógeno muscular y hepático son sumamente limitadas, con lo cual fuimos creando a través de mutaciones que se llevaron a cabo en miles de años, un metabolismo capaz de fabricar y guardar un combustible excepcionalmente rendidor: La Grasa.

Insulino Resistencia y Leptino Resistencia

En una parte de la población apareció una mutación que hacía que fueran más resistentes a la acción de la insulina a nivel muscular que el resto. Pero ¿para qué? Eran insulinoresistentes a nivel muscular, pero insulinosensibles a nivel adipositos. En estas células (adipositos), la insulina terminaba estimulando a su metabolismo para que los azúcares que estaban circulando en sangre (ya que había resistencia celular a nivel muscular para que éstos ingresen) se convirtieran en grasas de depósito (triglicéridos). Esto es lo que Neel denomino en 1962, “Genotipo Ahorrador”.¹⁵

Estos individuos eran afortunados, ya que la gran facilidad que tenían para convertir los azúcares en grasas y guardarla como depósito, hacía que poseyeran una excelente capacidad de resguardo de la energía. Esta energía la podrían utilizar para realizar grandes desplazamientos en el terreno, con lo cual tendrían mayor capacidad de exploración y por lo tanto de obtención de alimentos.

Esta disponibilidad energética, también tuvo un logro accesorio: al tener mayor energía de resguardo, tuvieron también mayor tiempo para compartir socialmente o para

¹⁵ En 1962, Neel introdujo la hipótesis del genotipo ahorrador como un factor predisponente para diabetes *mellitus* tipo 2 y obesidad, argumentando que las variaciones genéticas, favorables en el pasado en poblaciones cazadoras- recolectoras para enfrentar episodios de hambruna, se han convertido a la fecha en una desventaja, por la gran disponibilidad y abundancia de alimentos.

fabricar utensillos y herramientas, sin tener la necesidad constante de la obtención de alimentos.

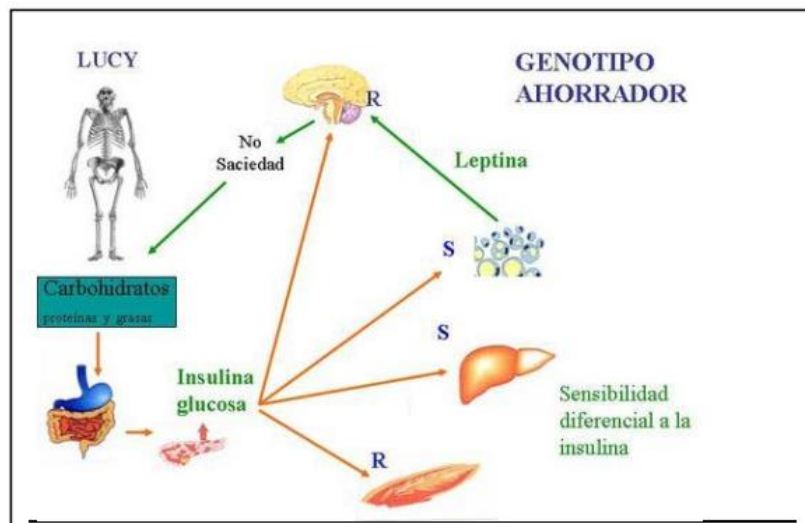


Imagen 1. El diseño evolutivo del organismo humano. Dr. José E. Campillo Álvarez (2008). *El Mono obeso*. Editorial Crítica.

Pero además desarrollaron leptino resistencia¹⁶ Los adipositos, al incrementar el depósito de triglicéridos, envía leptina (la leptina es una proteína secretada por el tejido adiposo blanco que participa en la regulación del peso corporal al disminuir la ingesta de alimentos y aumentar el gasto energético) al cerebro y aparece la sensación de saciedad. Pero al tener resistencia a la leptina en nuestras células cerebrales, también les costaba saciarse, con lo cual ingerían más cantidad de alimento que a su vez se transformaba en depósitos de grasa. Sucede que no sabían cuándo iban a tener nuevamente disponibilidad de comida, con lo cual se guardaba para cuando no había.

Por otra parte, y en sinergia, la hormona gástrica ghrelina es segregada y enviada al cerebro en donde se activan las neuronas NPY/AgRP (que son reguladas a la baja por la leptina) que son reguladores importantes del comportamiento de alimentación, ya que actúan en oposición a las neuronas POMC (estimuladas por la leptina) para estimular el apetito. Esto sucede cada vez que se detecta gasto de energía, y es muy inducida por el GC producido por el ejercicio. La ghrelina nos induce a comer, genera sensación de hambre, ni

¹⁶ Morales Clavijo, Martha, & Carvajal Garcés, Carola F., (2010). Obesidad y resistencia a la leptina. *Gaceta Médica Boliviana*, 33(1), 63-68.

bien se produce GC. Esta es una adaptación del metabolismo, que una vez más vemos como hace lo imposible para resguardar y/o incrementar las reservas energéticas.¹⁷

Depósitos de Grasa

Los homínidos comenzaron a acumular grasa en el tejido adiposo, sobre todo a nivel subcutáneo. Al ser bípedos y corredores, una forma segura (para no perder el equilibrio) de acumularla, fue depositándola alrededor del eje longitudinal en la región central, es decir en la región abdominal (acumulación androide). En las mujeres, la evolución dispuso que la grasa se acumulase principalmente en los muslos y caderas, ya que en el embarazo la acumulación abdominal sería una complicación.

Ventaja

Los individuos que poseían esta facilidad para guardar como grasa la energía que disponían a través de los alimentos (genotipo ahorrador), tenían una ventaja sobre el resto. Es decir, tenían una mayor disponibilidad energética de resguardo para hacer frente al gasto calórico que demandaba la búsqueda de alimentos.

Ji Di Chen estima en “Evolutionary Aspect of Exercise”¹⁸, que el Gasto Calórico Total de un Homo Erectus podría calcularse multiplicando el Gasto Calórico de Reposo (GCR) por 1,8, pero solo hay que multiplicar por 1,18 el GCR para un H. Sapiens sedentario.

La posibilidad de incrementar las reservas de grasas a través de la insulina resistencia, fue un descubrimiento maravilloso para la capacidad metabólica aeróbica en nuestros antepasados. Y lo hemos heredado: Comparados con otros animales, somos realmente muy buenos resistiendo el trabajo muscular en intensidades que van del 50 al 70-75 % del VO₂. Somos seres aeróbicos desde el punto de vista metabólico-muscular.

¹⁷ Astrid Selene Espinoza García, Alma Gabriela Martínez Moreno, Zyanya Reyes Castillo, Papel de la grelina y la leptina en el comportamiento alimentario: evidencias genéticas y moleculares, *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 2021, ISSN 2530-0164, <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2020.10.011>.

¹⁸ Cordain L, Gotshall RW, Eaton SB. Evolutionary aspects of exercise. *World Rev Nutr Diet*. 1997; 81:49-60. doi: 10.1159/000059601. PMID: 9287503.

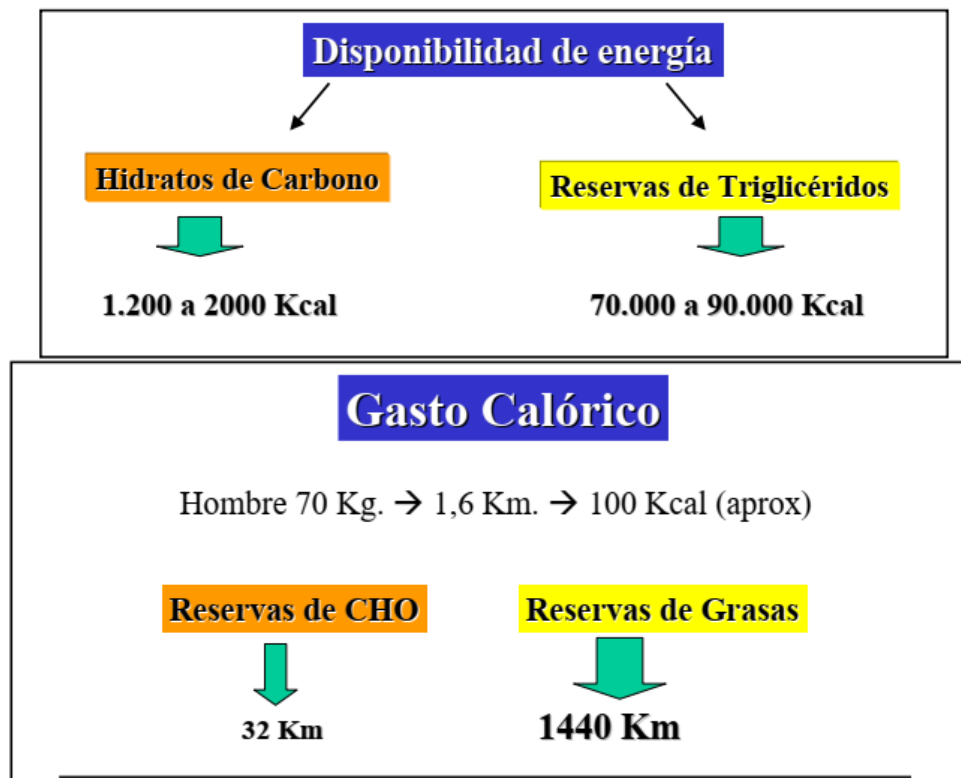


Imagen 2. Reservas energéticas y capacidad de GC. Fuente: elaboración propia.

Desventajas Actuales

Ahora bien, es factible pensar que las poblaciones que tuvieran individuos con una alta resistencia muscular a la insulina eran las que más posibilidades de sobrevivir tenían. Tenían una excelente capacidad para guardar como grasa energía para disponer motrizmente para la búsqueda de alimento. Además, como ya lo vimos, esta disponibilidad también les permitió socializarse más y acrecentar su bagaje tecnológico.

Sucede que luego de miles de años, el hombre comenzó a cultivar y cosechar, y también criar ganado. Es decir, se redujo la dependencia de la caza y la recolección, hace solo unos 20.000 años. Comenzó entonces a haber gran disponibilidad de alimentos. Esto hizo entre otras cosas, que el tiempo rindiera más y se pudo ir perfeccionando la cultura.

A mayor avance tecnológico menor tasa de gasto calórico: Lo que antes lo hacía a fuerza de gasto, ahora lo hacía una máquina que alguien había inventado: para un hombre de unos 65 Kg. Trabajar en la tierra durante unas 6 horas diarias, puede demandar más de

2000 Kcal. para conducir un tractor durante 6 Hs. el mismo hombre de 65 Kg. Puede utilizar menos de 1000 Kcal.

Aproximadamente 4000 generaciones (Homo Sapiens) con el mismo genoma, y tan solo 3 o 4 con cambios en los hábitos de alimentación y actividad física.

El caso es que nuestro metabolismo siguió haciendo lo mismo que hace miles de años: Si hay alimentos disponibles acumulo toda la energía posible en forma de grasa, porque cuando escaseen tendré que utilizarla. Así aparece también el síndrome metabólico que engloba a una serie de patologías derivadas directa e indirectamente del sedentarismo, como dislipemias, hipertensión, obesidad y diabetes.

Ciclos de Banquete – Hambre y Actividad Física – Reposo

La actividad física, en aquellas lejanas épocas, estaba determinada por los ciclos en los que se poseía el alimento, se comía más allá de la saciedad (si se podía), y en el mejor de los casos en esos momentos la actividad física se disminuía y se podían almacenar algunos escasos pero rendidores depósitos de grasa.

Por otro lado, en algún momento había que volver a buscar alimentos, entonces, ahí la principal herramienta para rastrear, buscar, correr, atrapar, etc., era la actividad física, con lo cual el momento de escasez de alimentos, se vinculaba con el de mayor nivel de actividad física para su búsqueda. Obviamente que aquellos individuos con mayor cantidad de reservas energéticas, eran los que mayores posibilidades tenían de conseguir el alimento (Incluso hay cuestiones valoradas hoy desde lo estético, como los glúteos prominentes y/o musculosos tanto en hombres como en mujeres, que podrían provenir de la observación de que, si aquellos tenían buenos glúteos, tenían también la posibilidad de transportarse más eficientemente, correr, saltar, traccionar, etc. era una imagen saludable)¹⁹.

¹⁹ Daniel E. Lieberman, David A. Raichlen, Herman Pontzer, Dennis M. Bramble, Elizabeth Cutright-Smith; The human gluteus maximus and its role in running. *J Exp Biol* 1 June 2006; 209 (11): 2143–2155.

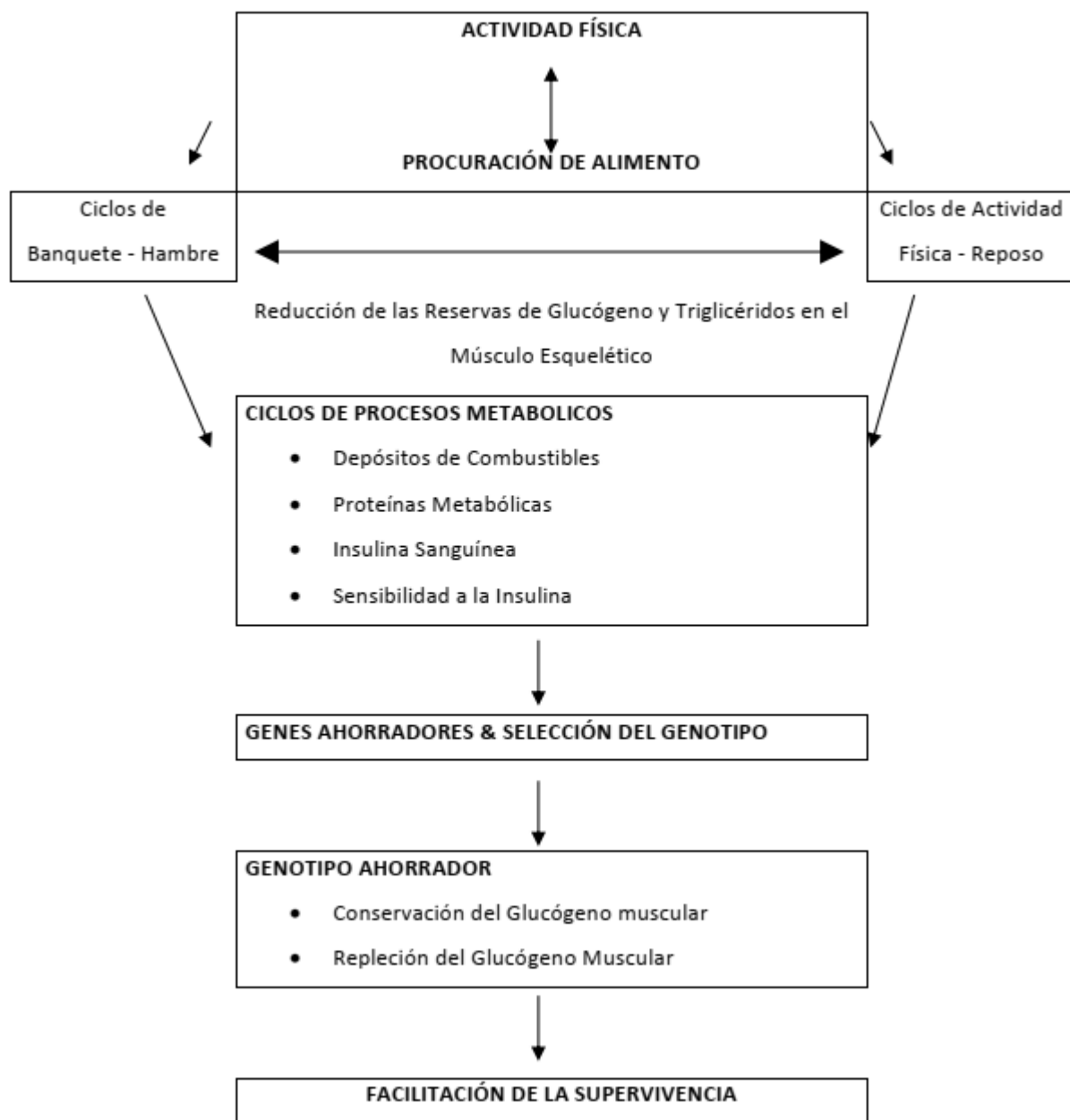


Imagen 3 – Este diagrama muestra la interacción de los ciclos de actividad física y los procesos metabólicos que probablemente influenciaron la selección genética y del “genotipo ahorrador” en el período que comprende los 50.000 a 10.000 años A.C. Traducido y Adaptado por *Prof. Mariano Ferro de MV Chakravarthy, FW Booth: Eating, exercise and thrifty genotypes*²⁰

²⁰ Chakravarthy MV, Booth FW. Eating, exercise, and "thrifty" genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Jan; 96(1):3-10. doi:10.1152/jappphysiol.00757.2003. PMID: 14660491

El ejercicio

La evolución y las características y costumbres motrices y culturales de nuestros ancestros, también ha condicionado genéticamente nuestro desenvolvimiento metabólico.

Por ejemplo, existen estudios que muestran una diferencia significativa respecto a la utilización del tipo de combustible durante el ejercicio en hombres y mujeres. Esta diferencia está relacionada con el hecho de que, por ejemplo, las mujeres utilizan mayor cantidad de grasas que de carbohidratos en comparación a los hombres, para intensidades relativas de trabajo similares. Los hombres tienden a utilizar mayor cantidad de azúcares para la obtención del gasto calórico total en ejercicios submáximos²¹

Este hecho podría estar relacionado con que ancestralmente y durante la mayor parte de la historia del hombre, hemos vivido de la caza, la pesca y la recolección. Las mujeres poseen una respuesta más lipolítica al ejercicio, ya que ellas se ocupaban de la recolección, que implicaba la realización de un ejercicio de tipo leve. Los hombres en cambio, debían recorrer largas distancias para encontrar la presa y a un ritmo bastante más elevado que el de recolección de las mujeres (en las tribus actuales se observa que gran parte de ese recorrido lo hacen al trote, o en trabajos intervalados). Además, debían tener la capacidad para correr a intensidades mayores al 80% del VO₂, para perseguir a un animal herido o para huir de él, o para realizar emboscadas.

Tal vez sea por tantos años de utilización cultural de un tipo de metabolismo para el ejercicio, que se observa en hombres una mayor actividad enzimática glucolítica que en mujeres. Hay estudios que muestran una mayor tasa de fosfofructoquinasa / 3-hidroxiacilCoA deshidrogenasa en los hombres en comparación con las mujeres, sugiriendo un mayor potencial enzimático para la glucólisis en los hombres²²

²¹ Cordain L, Gotshall RW, Eaton SB. Evolutionary aspects of exercise. *World Rev Nutr Diet.* 1997; 81:49-60. doi: 10.1159/000059601. PMID: 9287503.

²² Tracy J. Horton, Michael J. Pagliassotti, Karen Hobbs, and James O. Hill. Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. *L Appl Physiol*, Vol. 85, Issue 5, 1823-1832, 1998.

La respuesta a las catecolaminas, si bien es lipolítica en ambos, está muy relacionada con la glucogenólisis en el músculo de los hombres y mayormente con la lipólisis en las mujeres (algunas hormonas sexuales podrían influir en este hecho durante el ejercicio).

Las dietas altas en fibras y bajas en azúcares simples, resulta en una sensibilidad aumentada para la insulina, y menores niveles de insulina (por reducción de la respuesta glucémica de las comidas) a través del día. Concentraciones más bajas de insulina pueden liberar las acciones inhibitorias normales de la acción de la insulina sobre la síntesis de 3,5 AMP, y por ello inhibir las enzimas lipogénicas (acetil-CoA carboxilasa, piruvato dehidrogenasa, glicerol fosfato transferasa) y estimular las enzimas lipolíticas (lipasa hormono sensible). Esta situación puede haber creado un ambiente en el cuerpo que posibilitara a los sujetos movilizar preferentemente las reservas del tejido adiposo en oposición al músculo esquelético.²³

La desaparición de la presión predatoria²⁴

Esta hipótesis esgrimida por *J. Speakman* (Liberación de Depredadores) se refiere básicamente a que nuestra propensión a la acumulación de tejido adiposo, se debe a que hace ya varios miles de años, para *Homo Sapiens* ha desaparecido la presión ambiental respecto a los depredadores; de esta manera el autor discute y pone en duda algunos conceptos de la teoría del genotipo ahorrador:

“Hace alrededor de dos millones de años la depredación fue eliminada como factor significativo por el desarrollo del comportamiento social, las armas y el fuego. La ausencia de depredación provocó un cambio en la distribución poblacional de la grasa corporal debido a mutaciones aleatorias y deriva²⁵...”

²³ William J. Kraemer, Jeff S. Volek, Kristine L. Clark, Scott E. Gordon 1, Tomhas Incledon 1, Susan M. Puhl, N. Travis Triplett-McBride, Jeffrey M. McBride, Margot Putukian1, Wayne J. Sebastianelli. Physiological adaptations to a weight-loss dietary regimen and exercise programs in women. *J Appl Physiol* 83:270-279, 1997

²⁴ John R. Speakman, A Nonadaptive Scenario Explaining the Genetic Predisposition to Obesity: The “Predation Release” Hypothesis, *Cell Metabolism*, Volume 6, Issue 1, 2007, Pages 5-12, ISSN 1550-4131

²⁵ La deriva genética. Es un proceso evolutivo. Es un cambio aleatorio en la frecuencia de nuestro ADN de una generación a otra. Como resultado de este suceso fortuito, se pueden poner en evidencia ciertos rasgos particulares en una población. Es algo que puede causar que un tipo concreto de genes pase a ser más dominante o que una cierta enfermedad desaparezca de una población. Es un hecho casual, y parte del proceso evolutivo. *Charles N. Rotimi, Ph.D*

Speakman muestra como en estudios sobre animales, pueden identificarse dos puntos de intervención de respuesta metabólica. Uno inferior, con un % graso muy bajo en el que el metabolismo reacciona para que el individuo no caiga en inanición, o desarrolle problemas inmunes, etc. Por otro lado, un punto de intervención superior, en donde el % graso y el consiguiente incremento de la masa corporal, pone en riesgo la supervivencia del individuo por ser más vulnerable a los predadores. Es muy probable que en nuestros ancestros esto haya sido así, por evidencia, y es por eso que también es muy probable que estos dos puntos de intervención hayan estado lo suficientemente juntos, como para que los ajustes metabólicos les permitiesen poseer una masa corporal eficiente y centrada entre el almacenamiento de grasa y la capacidad motriz necesaria para huir de los depredadores.

Luego, la evolución social, el unirse para aunar fuerzas contra las amenazas, y más tarde el desarrollo de la tecnología (fuego, herramientas, vivienda) necesaria para defenderse, fue haciendo disipar de a poco el riesgo de depredación:

“...La eliminación efectiva de la depredación como fuerza evolutiva se sugiere aquí como el evento evolutivo más significativo en la regulación de nuestra grasa corporal porque elimina la presión selectiva que mantiene el punto de intervención superior...”
(*Speakman, 2007*).

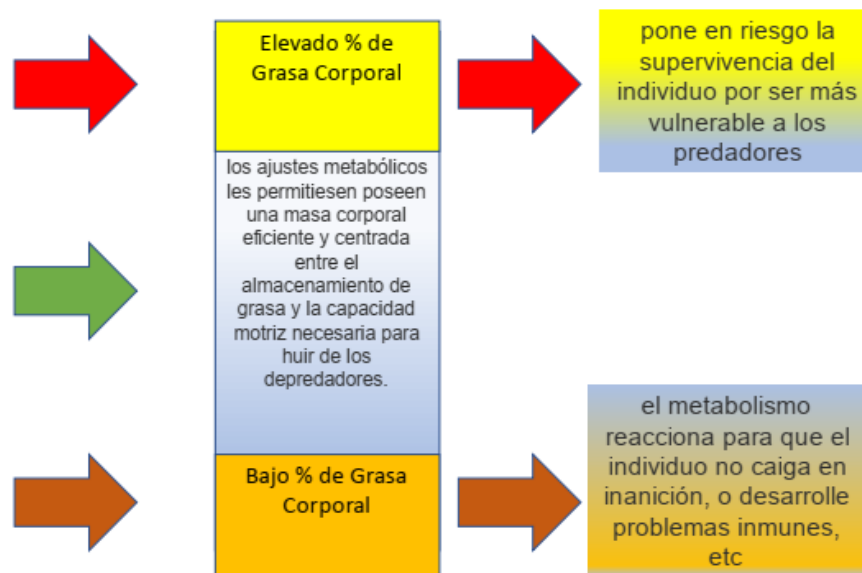


Imagen 4. Diagramación de la respuesta metabólica en relación a la teoría de “liberación de depredadores”. Fuente: elaboración propia.

Siempre los genes...

Aunque los primeros seres humanos con una anatomía "moderna" (similar a la nuestra) aparecieron en el planeta hace al menos 100.000 años, estudios de DNA mitocondrial de diversos grupos étnicos parecen indicar que nuestro genoma ha sufrido relativamente pocas modificaciones en los últimos 50.000 años, a pesar de los enormes cambios que se han producido en la sociedad (nacimiento de la agricultura hace unos 10.000 años y, sobre todo, revolución industrial, mucho más reciente). Estos cambios, a su vez, han modificado y reducido drásticamente nuestra actividad física diaria, a pesar de que nuestro organismo y nuestra información genética posiblemente aún siguen en la Edad de Piedra, cuando el hombre era un animal cazador (y que debía escapar constantemente de otros predadores) y que por tanto para sobrevivir día a día estaba obligado a tener un nivel de actividad física diaria exigente.

El gasto calórico de estos ancestros nuestros -o casi hermanos desde un punto de vista genético- en la actividad física diaria superaba incluso las 1000 kcal, hasta alcanzar un gasto calórico diario total de unas 3500 kcal. Por ejemplo, un habitante normal -y por tanto de hábitos sedentarios- de nuestras acomodadas sociedades occidentales debería caminar nada menos que unos 20 kilómetros diarios para alcanzar ese gasto calórico de 1000 o más kcal, para el que está diseñado nuestro organismo desde hace miles de años. Incluso, las recomendaciones de la OMS para actividad física²⁶ parecen insuficientes desde esta perspectiva evolucionista. En las sociedades occidentales actuales, sólo algunos deportistas parecen llevar un estilo de vida acorde con nuestra biología y nuestra genética.²⁷

Los genes que nos predisponen a la obesidad, la mayoría de sus mutaciones son inactivas y han variado durante la evolución. Bouchard, en "La predisposición biológica a la obesidad: más allá del escenario del genotipo ahorrativo"²⁸ expresa que hay 127 genes con al menos una asociación positiva con algunos fenotipos relevantes para la obesidad. Entre ellos, 22 están respaldados por al menos cinco estudios positivos.

²⁶ <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

²⁷ Cordain L, Gotshall S, Boyd Eaton S. Evolutionary aspects of exercise. *World Rev Nutr Diet* 1997;81:49-60.

²⁸ Bouchard, C. La predisposición biológica a la obesidad: más allá del escenario del genotipo ahorrativo. *Int J Obes* **31**, 1337-1339 (2007)

Cuando se alinea estos genes con rasgos biológicos o de comportamiento que pueden favorecer un balance energético positivo sostenido, tienden a surgir cinco clases principales de genotipos. Estos son:

1. un *genotipo ahorrativo*: tasa metabólica baja y termogénesis insuficiente;
2. un *genotipo hiperfágico*: mala regulación del apetito y saciedad y propensión a sobrealimentar;
3. un *genotipo sedens*: propensión a ser adicto a la televisión o inactivo físicamente;
4. un *genotipo de baja oxidación de lípidos*: propensión a ser un oxidante de bajo nivel de lípidos; y
5. un *genotipo de adipogénesis*: capacidad para expandir el complemento de los adipocitos y alta capacidad de almacenamiento de lípidos.

Es decir que más allá del entorno que favorece a la teoría del Genotipo Ahorrador, es insoslayable el peso que en esto tiene la biología. Por otro lado, no es posible dejar de marcar que el entorno, el ambiente, la familia, los hábitos juegan un papel determinante a la hora de disparar determinadas características heredadas.

En un trabajo realizado en los EEUU²⁹, se encontró que los adultos que residían en ciudades con una gran proporción de trabajadores de supermercados y restaurantes de servicio completo tenían menos probabilidades de ser obesos, mientras que los adultos que residían en ciudades con una gran proporción de trabajadores de tiendas de conveniencia y restaurantes de comida rápida tenían más probabilidades de ser obesos. Los trabajadores de supermercados y restaurantes de servicio completo se concentran en el noreste y oeste de los EEUU., Donde la prevalencia de la obesidad es relativamente más baja, mientras que los trabajadores de las tiendas de conveniencia y los restaurantes de comida rápida se concentran en el sur y el medio oeste, donde la prevalencia de la obesidad es relativamente más alta. Los paisajes del entorno alimentario medidos a nivel de área metropolitana explican los patrones de prevalencia de la obesidad a escala continental. Los tipos de

²⁹ Michimi A, Wimberly MC. The food environment and adult obesity in US metropolitan areas. *Geospat Health*. 2015 Nov 26;10(2):368. doi: 10.4081/gh.2015.368. PMID: 26618317.

alimentos que están disponibles y se sirven ampliamente pueden traducirse en disparidades de obesidad en las áreas metropolitanas.

Son similares a la enorme cantidad de trabajos que muestras entornos familiares obesogénicos: padres sedentarios, mucha exposición a pantallas, alimentos de mala calidad, etc. Estos ambientes producen efectos que son acumulativos y que generan círculos viciosos que terminan en el deterioro metabólico.

COMER PARA CORRER, CORRER PARA COMER

Recomenzando

Si uno observa hoy en día a los grupos de cazadores de la sabana africana, como los Bosquimanos, que son nuestros ancestros vivos más antiguos, verá con asombro, como los hombres realizan un tipo de caza que solo los humanos en esas latitudes pueden realizar: La caza por persistencia. En este tipo de caza, grupos reducidos de hombres, identifican a una presa, por ejemplo, a un antílope. Lo único que hacen es lanzar algunas flechas o simplemente correr para asustarlo, y que el animal comience a huir. Lo que ellos comienzan a hacer entonces es a seguir el rastro del animal. Cada vez que se acercan, lo espantan nuevamente. Hay un detalle, esto suelen hacerlo cuando el sol está en lo más alto, y el calor agobia. Tienen reservas de agua estratégicamente dispuestas. Cada vez que se desplazan, pueden hacerlo con caminatas intensas y trotes suaves. Esto pueden realizarlo durante horas, e incluso se sabe, que lo hacen durante días. En algún momento, el pobre animal colapsa. Lo han mantenido desplazándose bajo un sol despiadado, no lo han dejado hidratarse ni descansar bajo la sombra de algún arbusto. El metabolismo del antílope no está preparado para esto, el de los humanos sí.

Nuestra bipedestación hace que el gasto energético sea mucho menor que el de un cuadrúpedo³⁰, pero, por otro lado, ofrecemos una superficie de exposición al sol, mucho menor,

³⁰ Michael D. Sockol, David A. Raichlen, Herman Pontzer. Chimpanzee locomotor energetics and the origin of human bipedalism. *Proceedings of the National Academy of Sciences Jul 2007*, 104 (30) 12265- 12269; DOI: 10.1073/pnas.0703267104

¡Apenas hacemos sombra! También, a lo largo de la evolución, nos ha desaparecido el pelo corporal, y apenas nos ha quedado un despreciable vello. Esto nos ha permitido desarrollar de una manera sumamente eficiente el sistema de transpiración y evaporación, que, en esas circunstancias, nos permite regular nuestra temperatura interna (0,58 calorías por cada gramo de agua evaporada). Hemos plagado nuestra superficie corporal, de miles de glándulas sudoríparas (unas 600 por centímetro cuadrado). Este sistema es altamente eficiente (junto con otros) para eliminar el calor excedente, sobre todo cuando realizamos ejercicio en calor y en ambientes secos como la sabana africana. No existe ningún mamífero terrestre con la capacidad de regulación de la temperatura corporal que hemos heredado de nuestros lejanos primos

Modelo del gasto energético restringido³¹

Según *Herman Pontzer*³² Los seres humanos y otras especies se adaptan dinámicamente a los cambios en la actividad física diaria, manteniendo el gasto energético total dentro de un rango estrecho, por tanto, el ejercicio suprime otras actividades fisiológicas, como la inmunidad, la reproducción y la respuesta al estrés. Esta regulación a la baja inducida por el ejercicio mejora la salud en niveles moderados de actividad física, pero puede ser perjudicial en cargas de trabajo extremas.

La energía que se gasta cada día, el cuerpo trata de que sea similar. Si uno se mueve, gasta más energía en actividad muscular, pero disminuye el gasto en otros sistemas.

Pontzer, realizó miles de observaciones en poblaciones de África, América y Asia. Poblaciones con un alto nivel de actividad física diaria, con menor ingesta calórica, etc. Los resultados comparativos, muestran que el GET (Gasto Energético Total)³³ es similar en estas

³¹ Pontzer, Herman Constrained Total Energy Expenditure and the Evolutionary Biology of Energy Balance, Exercise and Sport Sciences Reviews: July 2015 - Volume 43 - Issue 3 - p 110-116.

³² Dr. En Antropología Evolutiva. Universidad Duke. Profesor auxiliar de Antropología de la Universidad de Washington en San Luis

³³ El Gasto Energético Total (GET) es la cantidad de energía o calorías que una persona necesita para garantizar el buen desempeño de las actividades fundamentales como la respiración, circulación sanguínea, digestión de los alimentos y actividades físicas.

poblaciones que en poblaciones occidentales con bajo nivel de actividad física diario y un nivel de ingesta calórica mucho mayor.

Los Hadza de Tanzania, son pobladores que todavía hoy viven cazando animales salvajes o recogiendo plantas y que caminan hasta 14 km diarios. Se suponía que iban a tener un gasto energético o metabólico muy alto, porque su forma de vida demanda mucho esfuerzo físico. Se encontró que era exactamente el mismo que el de poblaciones sedentarias o con mucho menor nivel de actividad física. El GET de los cazadores-recolectores Hadza físicamente activos en el norte de Tanzania y los recolectores de Tsimane en Bolivia son similares a poblaciones sedentarias en los EE. UU., Europa y Asia.

Mujeres en una comunidad agrícola físicamente activa en Nigeria y en una zona urbana más sedentaria comunidad en los EE. UU. tenían un gasto de energía similar. *Pontzer* afirma: *“Tuvo un fuerte impacto en el campo de estudio y cambió la manera en que pensamos del metabolismo”*. ¿Cómo podía ser que los Hadza fueran tan activos físicamente y tuvieran el mismo gasto energético de cualquiera?

Resulta que el metabolismo es todo lo que el cuerpo hace, no solo lo que se ve. Y si realiza más de una actividad, disminuye otras. Cuando comenzamos con un programa de entrenamiento, nuestro gasto calórico diario podrá incrementarse en una determinada cantidad de calorías, en el mediano y largo plazo aparecerá una compensación energética que morigerará ese gasto, en virtud del mantenimiento del GE necesario para el normal funcionamiento del resto de las funciones metabólicas. Algunas personas compensarán más rápidamente, y otras de forma más lenta. Las primeras tendrán siempre más capacidad para acumular tejido adiposo que las segundas. La compensación puede ser superior al 30% del gasto generado³⁴

Caminando, trotando, corriendo...

Como ya lo hemos visto, nuestro metabolismo aeróbico, es altamente eficiente. Pero,

³⁴ Flack KD, Ufholz K, Johnson L, Fitzgerald JS, Roemmich JN. Energy compensation in response to aerobic exercise training in overweight adults. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2018 Oct 1; 315 (4):R619-R626. doi: 10.1152/ajpregu.00071.2018. Epub 2018 Jun 13. PMID: 29897822; PMCID: PMC6230893.

¿Qué quiere decir que es “altamente eficiente”? Básicamente, que a intensidades leves y moderadas (sobre todo leve), podemos recorrer larguísimas distancias, utilizando nuestro gran metabolismo oxidativo. Es decir, a esas intensidades, entre el 50 y el 70% del nuestro consumo máximo de oxígeno, utilizando una proporción similar de azúcares y grasas, nuestro rendimiento aeróbico es altísimo.

“El almacenamiento de energía de la grasa humana es efectivamente ilimitado en el contexto del ejercicio. De hecho, dado que 1 g de grasa proporciona ~ 9,75 kcal de energía se puede estimar que incluso individuos muy delgados de 70 kg y 10% de grasa corporal poseen ~ 68,250 kcal (7,000 g) de energía grasa endógena. (Jeukendrup y Wallis, 2005)”.

Ahora bien, esto en general es mal interpretado.

Fat Max³⁵

Si observamos la evidencia que ofrece el concepto de *FatMax*, en donde se identifica una zona individual (entre el 50 y el 70% del VO₂ máximo), veremos que a esas intensidades se verifica el Máximo Consumo de Grasas (MFO). Es decir, a esas intensidades en donde metabólicamente consumimos mayor cantidad de lípidos intraesfuerzo.³⁶

Este dato puede ser relevante para el entrenamiento de deportistas, pero realmente carece de sentido, si lo que hacemos es trasladar este concepto al de “zona de uso de grasas”, con el foco puesto en el descenso del tejido graso, ya que el Fat Max tiene sentido en cuanto se analiza en relación a la eficiencia metabólica, y no a la “cantidad” que se consume.

Si nos fijamos en el gráfico presentado por *Asker Jeukendrup*, veremos en el el rango de mayor consumo de grasas intraesfuerzo estamos alrededor de los 0,5 gramos/min. Este dato es variable y depende relativamente de la individualidad biológica, pero estamos rondando esa cifra.

³⁵ Jeukendrup, Asker & Achten, Juul. (2001). Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise?. *European Journal of Sport Science - EUR J SPORT SCI.* 1. 10.1080/17461390100071507.

³⁶ Maunder Ed, Plews Daniel J., Kilding Andrew E.Contextualising Maximal Fat Oxidation During Exercise: Determinants and Normative Values. *Frontiers in Physiology*; vol9;2018

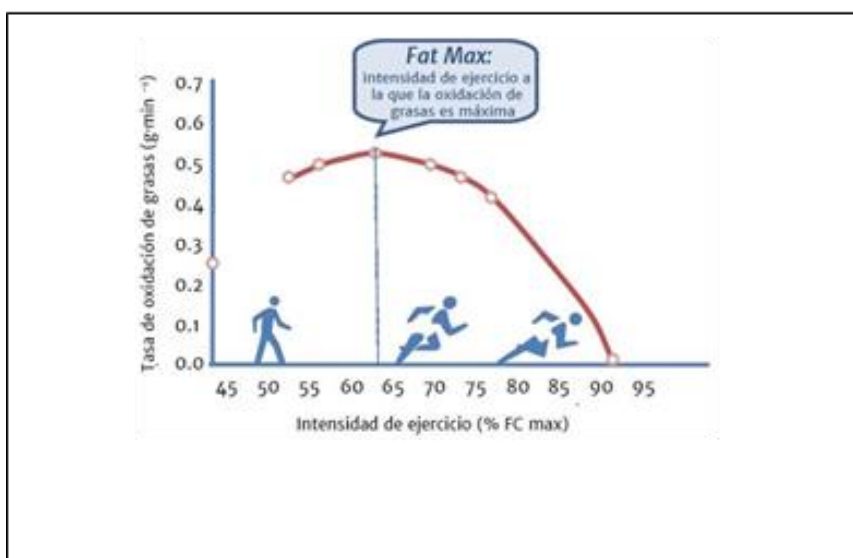


Imagen 5. FATMAX. Asker Jeukendrup. Recuperado de: <https://www.mysportscience.com/>.

Imaginemos que si el consumo es de supongamos 0,6 g/min, y nos ejercitamos al 65% de nuestro VO₂max. durante unos 40 minutos, habremos consumidos unos 24 grs. de lípidos. Este dato es sumamente relativo, ya que si uno ve las posibilidades reales de personas que necesitan bajar de peso, es muy difícil que puedan mantener estos datos de intensidad y tiempo, con lo cual el consumo sería incluso sustancialmente menor.

Si esto lo medimos desde el Gasto Calórico, podemos inferir que una persona de 70 kg. que recorre unos 5 km estará gastando unas 350 cal (1kca/Kg/Km), si suponemos que su RQ (Cociente Respiratorio)³⁷ es de +/- 0,85, nos dará que aproximadamente un 50% de esas calorías provienen de la utilización de grasas, es decir unas 175 cal, si aceptamos que cada gramo de grasa nos aporta unas 9,75 cal³⁸. Tendríamos que este individuo al final de su recorrido habrá utilizado unos 18 grs. de grasas.

³⁷ El cociente respiratorio o CR (QR) es la proporción entre oxígeno inspirado y CO₂ expirado. En términos generales, si el cociente respiratorio es igual a 1 estamos oxidando prácticamente un 100% de carbohidratos pero si se acerca a 0,7 estamos derivando la energía de las grasas

³⁸ A. E. Jeukendrup, G. A. Wallis, Measurement of Substrate Oxidation During Exercise by Means of Gas Exchange Measurements, International Journal of Sports Medicine, Georg Thieme Verlag KG, Jan 1, 2005.

Como podemos observar el gasto medido en gramos es sustancialmente pequeño. En personas que se ejercitan una 3 o 4 veces por semana, esto implica un gasto de entre 200 y 350 gramos de grasas al mes. A este “gasto” claro está hay que agregarle la ingesta, con lo cual es en general, sustancialmente menor.

El fundamento lo encontramos claro está en todas las teorías que explican el concepto ahorrativo y de eficiencia metabólica oxidativa. Hemos evolucionado hacia un metabolismo que por todos los medios intenta ahorrar energía. Esto hace miles de años nos puede haber salvado la vida, hoy nos está complicando la existencia.

Individuos Mitocondriopáticos

Por otro lado, debemos prestar especial atención a la condición de individuos con sarcopenia y dinapenia, derivados claro está de la misma hipocinesia omnipresente. En estos individuos se observa poca densidad mitocondrial, mitocondrias ineficientes y bajo GC derivado. Es imperioso el trabajo muscular para intentar regenerar el tejido perdido por efecto del no uso y la biogénesis mitocondrial consecuente.³⁹ El trabajo muscular realizado a conciencia, puede incrementarnos la densidad mitocondrial y las enzimas correspondientes. No olvidemos que el musculo sano y activo hoy es considerado como un verdadero órgano endócrino⁴⁰.

NEAT⁴¹

El NEAT (*non-exercise activity thermogenesis*) hace referencia a toda la actividad física no asociada al ejercicio programado que genera un gasto calórico. Se refiere a todas aquellas acciones más o menos rutinarias que no se consideran actividades deportivas o ejercicio

³⁹ Irrcher I, Peter J. Adihetty, Anna-Maria Joseph, Vladimir Ljubicic and David A. Hood. Regulation of Mitochondrial Biogenesis in Muscle by Endurance Exercise. *Sports Med* 2003; 33 (11): 783-793

⁴⁰ Pedersen B. K & Febbraio M. A. Muscle as an Endocrine Organ: Focus on MuscleDerived Interleukin-6 *Physiol Rev* vol. 88 no. 4 (2008) 1379-1406

⁴¹ James A. Levine, Non-exercise activity thermogenesis (NEAT), *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, Volume 16, Issue 4, 2002, Pages 679-702, ISSN 1521-690X

como tal pese a que requieran de un esfuerzo físico. Implica actividades de nuestro día a día como subir escaleras, caminar, utilizar menos el coche, utilizar la bicicleta, etc.⁴². Dentro de modificación de la conducta, es importante la reeducación para poder incrementar la Actividad Física diaria de forma espontánea. Esto requiere cambios de hábitos y por supuesto, trabajo transdisciplinario y programación.⁴³

El incremento del gasto calórico suele caer también en el mismo error de enfoque que el consumo de grasas, ya que se sigue insistiendo en el incremento de este como medio de afrontar la obesidad, cuando en realidad el gran problema es nuestro “eficiente y ahorrativo” metabolismo y el exceso de ingesta (sobre todo).

El foco debe ponerse en los enormes beneficios que el incremento del Gasto Calórico, la aptitud cardiovascular y muscular, traen respecto a la salud: Diabetes, hipertensión, osteoporosis, dislipemias, etc. Etc. Incluso, claro está el sobrepeso y la obesidad, por la tendencia a la normalización de algunos parámetros clínicos asociados a las patologías antes mencionadas, pero no desde la mirada del consumo de grasas “*in situ*” e incluso en la poscarga.

También porque encontramos una enorme diferencia en individuos que intentan bajar de peso con ejercicio y restricción calórica y en otros solo con restricción calórica. En los primeros la adherencia y posterior mantenimiento de parámetros saludables de peso es sustancialmente mayor que en los segundos⁴⁴

⁴² Haley M. Scott , Tess N. Tyton , Craig A. Horswill conducta ocupacional sedentaria y soluciones para aumentar la termogénesis no asociada al ejercicio.. vol. 14 núm. 2 (2016): pensar en movimiento: revista de ciencias del ejercicio y la salud.

⁴³ Lopategui Corsino, E. (2016). El Comportamiento Sedentario - Problemática de la Conducta Sentada: Concepto, Efectos Adversos, y Estrategias Preventivas. *Saludmed.com: Ciencias del Movimiento Humano y de la Salud*.

⁴⁴ Chamarro Lusa, A., Blasco Blasco, T., & Palenzuela, D. L. (2000). Modelos teóricos de adherencia al ejercicio: Algunas consideraciones críticas [Theoretical models in exercise adherence: Some critical features]. *Revista de Psicología Social Aplicada*, 10(1), 31–50.

Conclusión

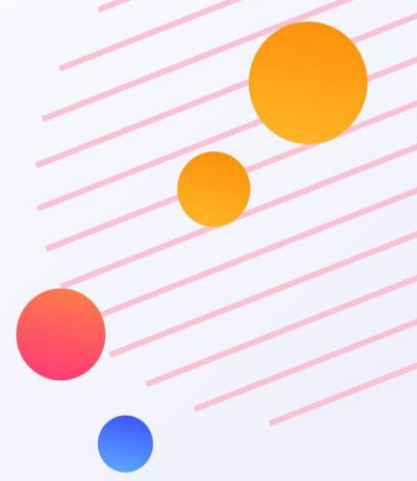
A la vista de la evidencia es imperioso quitar “presión” al ejercicio, desde la perspectiva de su utilización como herramienta para el descenso de peso. Esta presión sin fundamento tiene como consecuencia la frustración, abandono y comportamiento cíclico que la gente en general tiene respecto al ejercicio. Si nos enfocamos en los enormes beneficios que éste y la actividad física espontánea producen en nuestra salud, a través de la programación responsable y profesional, podremos lograr adherencia y permanencia de los sujetos dentro de los programas de descenso de peso o de incremento de la aptitud.

El foco erróneo del consumo de grasas deforma las prácticas y abusan de metodologías que en teoría estarían orientadas a producir un consumo elevado de lípidos intraesfuerzo e incluso en la poscarga.

Referencias bibliográficas

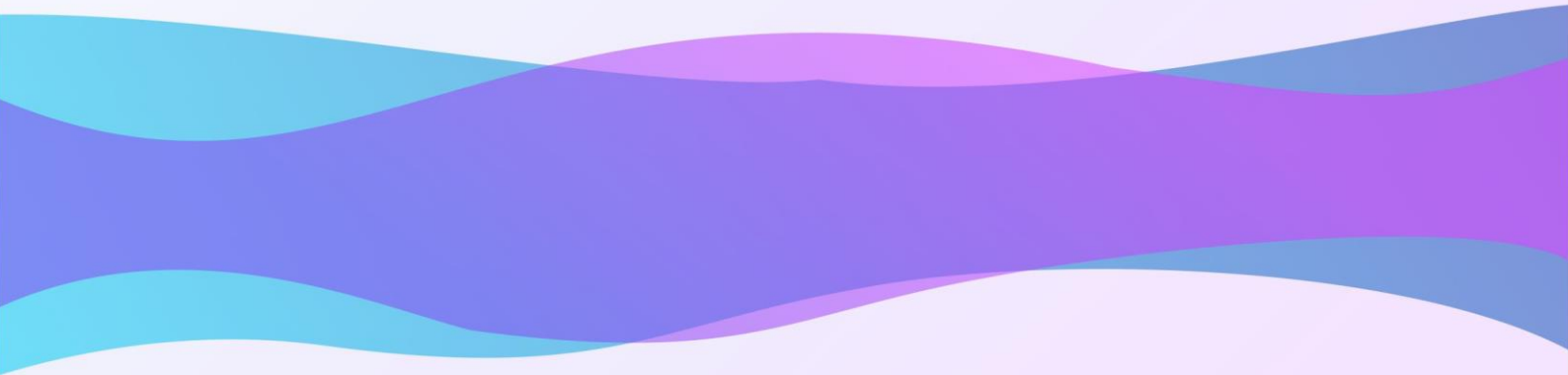
- A. E. Jeukendrup, G. A. Wallis, Measurement of Substrate Oxidation During Exercise by Means of Gas Exchange Measurements, *International Journal of Sports Medicine*, Georg Thieme Verlag KG, Jan 1, 2005
- Astrid Selene Espinoza García, Alma Gabriela Martínez Moreno, Zyanya Reyes Castillo, Bouchard, C. La predisposición biológica a la obesidad: más allá del escenario del genotipo ahorrativo. *Int J Obes* **31**, 1337-1339 (2007)
- Chakravarthy MV, Booth FW. Eating, exercise, and "thrifty" genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Jan; 96(1):3-10. doi:10.1152/jappphysiol.00757.2003. PMID: 14660491
- Chamarro Lusa, A., Blasco Blasco, T., & Palenzuela, D. L. (2000). Modelos teóricos de adherencia al ejercicio: Algunas consideraciones críticas [Theoretical models in exercise adherence: Some critical features]. *Revista de Psicología Social Aplicada*, 10(1), 31–50.
- Cordain L, Gotshall RW, Eaton SB. Evolutionary aspects of exercise. *World Rev Nutr Diet*. 1997; 81:49-60. doi: 10.1159/000059601. PMID: 9287503.
- Daniel E. Lieberman, David A. Raichlen, Herman Pontzer, Dennis M. Bramble, Elizabeth Cutright-Smith; The human gluteus maximus and its role in running. *J Exp Biol* 1 June 2006; 209 (11): 2143–2155.
- Flack KD, Ufholz K, Johnson L, Fitzgerald JS, Roemmich JN. Energy compensation in response to aerobic exercise training in overweight adults. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2018 Oct 1; 315(4):R619-R626. doi: 10.1152/ajpregu.00071.2018. Epub 2018 Jun 13. PMID: 29897822; PMCID: PMC6230893.
- Haley M. Scott , Tess N. Tyton , Craig A. Horswill conducta ocupacional sedentaria y soluciones para aumentar la termogénesis no asociada al ejercicio.. vol. 14 núm. 2 (2016): pensar en

- movimiento: *revista de ciencias del ejercicio y la salud*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Irrcher I, Peter J. Adhihetty, Anna-Maria Joseph, Vladimir Ljubcic and David A. Hood. Regulation of Mitochondrial Biogenesis in Muscle by Endurance Exercise. *Sports Med* 2003; 33 (11): 783-793
- James A. Levine, Non-exercise activity thermogenesis (NEAT), *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, Volume 16, Issue 4, 2002, Pages 679-702, ISSN 1521- 690X
- Jeukendrup, Asker & Achten, Juul. (2001). Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise? *European Journal of Sport Science - EUR J SPORT SCI*. 1.
- John R. Speakman, A Nonadaptive Scenario Explaining the Genetic Predisposition to Obesity: The "Predation Release" Hypothesis, *Cell Metabolism*, Volume 6, Issue 1, 2007, Pages 5-12, ISSN 1550-4131
- Lopategui Corsino, E. (2016). El Comportamiento Sedentario - Problemática de la Conducta Sentada: Concepto, Efectos Adversos, y Estrategias Preventivas. *Saludmed.com: Ciencias del Movimiento Humano y de la Salud*.
- Maunder Ed, Plews Daniel J., Kilding Andrew E. Contextualising Maximal Fat Oxidation During Exercise: Determinants and Normative Values. *Frontiers in Physiology*; vol9
- Michael D. Sockol, David A. Raichlen, Herman Pontzer. Chimpanzee locomotor energetics and the origin of human bipedalism. *Proceedings of the National Academy of Sciences Jul 2007*, 104 (30) 12265-12269; DOI: 10.1073/pnas.0703267104
- Michimi A, Wimberly MC. The food environment and adult obesity in US metropolitan areas. *Geospat Health*. 2015 Nov 26;10(2):368. doi: 10.4081/gh.2015.368. PMID: 26618317.
- Morales Clavijo, Martha, & Carvajal Garcés, Carola F.. (2010). Obesidad y resistencia a la leptina. *Gaceta Médica Boliviana*, 33(1), 63-68.
- Neel J. V. (1999). Diabetes mellitus: a "thrifty" genotype rendered detrimental by "progress"? 1962. *Bulletin of the World Health Organization*, 77(8), 694-693.
- Organización Mundial de la Salud. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health. Physical Activity. 2019 <https://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/en/>
- Papel de la grelina y la leptina en el comportamiento alimentario: evidencias genéticas y moleculares,
- Pedersen B. K & Febbraio M. A. Muscle as an Endocrine Organ: Focus on Muscle-Derived Interleukin-6 *Physiol Rev* vol. 88 no. 4 (2008) 1379-1406
- Pontzer, Herman Constrained Total Energy Expenditure and the Evolutionary Biology of Energy Balance, *Exercise and Sport Sciences Reviews: July 2015 - Volume 43 - Issue 3 - p 110-116*
- Tracy J. Horton, Michael J. Pagliassotti, Karen Hobbs, and James O. Hill. Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. *J Appl Physiol*, Vol. 85, Issue 5, 1823-1832, 1998.
- William J. Kraemer, Jeff S. Volek, Kristine L. Clark, Scott E. Gordon 1, Tomhas Incledon 1, Susan M. Puhl, N. Travis Triplett-McBride, Jeffrey M. McBride, Margot Putukian1, Wayne J. Sebastianelli. Physiological adaptations to a weight-loss dietary regimen and exercise programs in women. *J Appl Physiol* 83:270-279, 1997



Hipoxia intermitente

Lic. Fernando Lozano



HIPOXIA INTERMITENTE: NUEVOS ENFOQUES EN EL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD

*Lic. Fernando Lozano⁴⁵ – lozanomartinezf@gmail.com
Director Técnico de la empresa iAltitude Training (www.ialtitude.es)*

Un origen: el entrenamiento deportivo

El entrenamiento deportivo y su sistematización tienen una vida relativamente joven. El nacimiento de los modelos periodizados de Matveev y Ozolín en la escuela soviética de los años 50, e incluso un poco antes Lauri Pikhala, tuvieron en cuenta el comportamiento cíclico y periódico de los animales y específicamente del ser humano. En base a las leyes biológicas, surgieron entonces principios fundamentales de entrenamiento que fueron ampliándose conforme los estudios científicos y el conocimiento se fueron desarrollando. El objetivo no era otro que el de lograr la excelencia deportiva en los ciclos olímpicos, donde los deportistas de los distintos países demostraban su rendimiento deportivo en competencia con otros atletas. El logro de la excelencia deportiva serviría como cartera de presentación del poderío que tantas veces se utilizó como arma política.

Han pasado ya siete décadas y se ha evolucionado mucho, profundizando cada vez más en estas leyes biológicas comportamentales. El desciframiento por Craig Venter en el año del genoma humano, ha introducido además el factor genético como explicación de la variabilidad de los ciclos de adaptación del deportista. Dicha variabilidad y respuestas genuinas de cada ser humano ante un mismo estímulo es lo que enriquece el proceso de entrenamiento, convirtiéndose en un reto continuo para los preparadores y equipos multidisciplinarios que tutelan los ciclos de entrenamiento. Si tuviésemos que decantarnos por un marco biológico que sirva para explicar las bases estructurales de la programación, sin duda, tendríamos que hablar del SGA, que dio origen al concepto estrés y a su conceptualización. Su descubridor fue Hans Bruno Selye, fisiólogo y médico astro-húngaro

⁴⁵ Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Máster en Alto Rendimiento Deportivo. Entrenador Internacional de Atletismo por la RFEA. Premio mejor entrenador del año 2002. Director Técnico de la empresa iAltitude Training (www.ialtitude.es). Consultor Deportivo de Atletas de Elite. Empresario, conferenciante y articulista.

que llegó a ser Director del Instituto de Medicina y Cirugía Experimental de la Universidad de Montreal. En 1950 publicó su obra más famosa sobre el estrés y la ansiedad dando nacimiento a su famoso y utilizado *Síndrome de Adaptación General de Adaptación*, en la que describía que el organismo se “enfrenta” ante un estrés bajo manifestaciones generales independientemente la causa de la afectación, empleando una primera fase inicial de ALARMA, que precede a una fase de fatiga generada por ese estrés.

Los mecanismos endocrinos y neurales son capaces de compensar esa fase de fatiga y conforman una fase de mejora de la respuesta adaptativa llamada *supercompensación*. Si el estrés desaparece por completo, se entra en una fase de reversibilidad hasta una situación de homeostasis o equilibrio nuevamente. Los seres vivos han creado este *sistema de adaptación al estrés* para sobrevivir a base de las mejoras fisiológicas generadas a corto-medio y largo plazo. La selección natural ha dado lugar a estos mecanismos de supercompensación, y sin ellos el ser vivo no hubiese sobrevivido a las perturbaciones del entorno.

Desde la célula, siempre en permanente comunicación con el medio extracelular, adaptándose permanentemente a medios más o menos ácidos, hasta el sistema muscular tan efectivo de la gacela para poder escapar del ataque del guepardo, los seres vivos han tenido que desarrollar a través de modificaciones genotípicas y fenotípicas mejoras para adaptarse al entorno. El ser humano, como vértice de la pirámide evolutiva, es el ejemplo máximo de adaptación, ya que somos los únicos seres vivos que en dicho proceso tan complejo integramos factores emocionales y anticipatorios en el sistema de respuesta.

Proceso de supercompensación

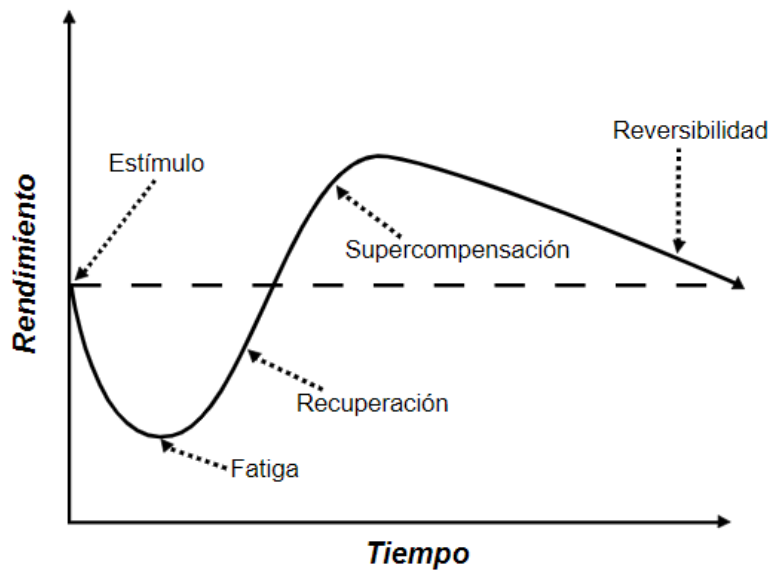


Figura 1: Fuente de elaboración propia.

Si aplicamos de forma racional y lógica este proceso obtendremos un proceso de mejora fisiológica que estará limitada por la reserva de adaptación de cada sujeto. Este proceso puede sintetizarse en este otro esquema que detalla claramente a lo que nos referimos:



Figura 2: Platonov, V. (1988).

Históricamente, el deporte de Alto Nivel acuña el concepto de *entrenamiento en altitud* tras la elección como sede olímpica de la Ciudad de México DF en 1968. Situada a

una altitud sobre el nivel del mar de 2250 m/h, supuso un gran reto fisiológico y científico, ya que existía total desconocimiento sobre la seguridad de los atletas que compitieron en aquellos JJOO. Aquel hecho marcó un precedente en estudios e investigaciones científicas llevadas a cabo por el COI. Previamente ya se tenían algunos conocimientos empíricos desde los ámbitos aeroespaciales norteamericanos y soviéticos, e incluso, experiencias derivadas del alpinismo, ya que en los años 50 comienza la era del Himalayismo donde el ser humano se enfrenta a altitudes extremas.

Muchas cosas han cambiado desde entonces, y prácticamente el concepto de entrenamiento en altitud ha desaparecido. Actualmente se define como *entrenamiento hipóxico* debido a los avances tecnológicos. En el ámbito terapéutico, en absoluta expansión e interés científico, se acuña el concepto de *pre-acondicionamiento hipóxico permisivo (PHP)*, donde se empiezan a observar efectos muy interesantes a nivel terapéutico ante dosis precisas de terapia de privación de oxígeno buscando mejoras metabólicas y fisiológicas apoyadas en los mecanismos de ajuste celular y mitocondrial ante la ausencia de este preciado gas, que paradójicamente nos otorga la vida pero que conforme envejecemos está asociado a muchas de las patologías degenerativas, inflamatorias y auto-inmunes.

Durante estos 50 años hemos obtenido ingente investigación sobre la hipoxia y su impacto en la salud. Los 30 primeros centrados exclusivamente en los efectos eritropoyéticos, el impacto sobre la EPO. Hoy día sabemos que la respuesta y acomodación hipóxica viene regulada en base a una respuesta genética a la hipoxia, ya que cada individuo, reacciona de forma diferente en base a los más de 250 pares de genes descubiertos hasta el momento relacionados con una proteína que se empieza a acumular cuando a nivel celular se detecta hipoxemia: el Hipoxia Inducible Factor 1 o HIF1.

El descubrimiento de esta proteína y otras muchas más han dado lugar a nuevos y apasionantes conocimientos sobre el *impacto no eritropoyético* ⁽¹⁾. Actualmente sabemos que algunos de estos factores están relacionados con el consumo de nutrientes por parte de la célula a través de la mejora de la eficiencia en los transportadores de glucosa, el impacto anti-inflamatorio relacionado con el NO⁽²⁾, cito-protector de la adenosina⁽³⁾, el equilibrio redox metabólico, la mejora de factores vasculo-endoteliales como el VEGF o la endotelina⁽⁴⁾ o incluso el predominio de balance anabólico.

El estímulo hipóxico

El proceso sucesivo de adaptación debe aplicarse en cualquier estructura de entrenamiento. Si nos referimos al estímulo hipóxico, éste se basa en un estímulo determinado respirado una FiO_2 reducida con respecto al aire ambiental, en la que el oxígeno es el 20.8%. En el deporte, se ha acudido a la montaña para conseguir este estrés, esto es, a la altitud, un estímulo que origina hipoxia hipobárica a través de la disminución de la PaO_2 en el lecho alveolar, o hipoxia normobárica por reducción de la FiO_2 en el ciclo de la ventilación, como es el caso de la mayoría de los sistemas de simulación de altura que usan el nitrógeno para reducir la presencia del gas. Esta hipoxia alveolar que luego desemboca en una hipoxia tisular o hipoxemia, genera un importante reto estrés al organismo, un organismo muy sensible ante las caídas en la SPO_2 a partir de una reducción del 10%. La señal de alarma de falta de O_2 es captada por los sensores carotídeos y aórticos informando al cerebro de que tome medidas ante este grave reto. La medida no es otra que una primera respuesta adrenérgica aguda para compensar dicho descenso, incrementando la respuesta ventilatoria y cardiovascular del sistema (aclimación). ¿Por qué y cuando el Deporte se interesó por este tipo de estímulo hipóxico?

La altitud y el deporte iniciaron su relación tras la celebración de los JJO disputados en una ciudad de altura como es México DF. Es a partir de entonces cuando se inician por un lado serias investigaciones de la fisiología de la altitud y además, se comienzan a invertir recursos económicos creando los primeros Centros de Entrenamiento en Altura (Font Romeu 1967). Pronto se comprobó como existía una alta variabilidad de los deportistas frente a su respuesta a la hipoxia, generando muchos interrogantes sin resolver entonces, y muchas dudas sobre la utilidad de dicha aclimatación en la mejora del rendimiento deportivo.

Posteriormente se ha conocido que esta variabilidad obedecía por un lado al potencial genético del deportista, favorable o desfavorable, y por otro, a la distinta sensibilización ventilatoria ante la escasez de oxígeno por parte de los distintos sujetos. Es por tanto, más adecuado hablar de estrés hipoxémico que de hipoxia en general, ya que cada individuo plantea una tolerancia particular y una respuesta particular. Hablamos de que cada individuo interpreta su propia sensibilización ante cada nivel de altitud generando situaciones de

hipoxemia absolutamente individuales, por aclimaciones particulares ventilatorias, neurales y endocrinas. Es actualmente cuando se hace necesario abordar la necesidad de personalizar las cargas de altitud e hipoxemia a dicha variabilidad individual, seguir ampliando los conocimientos sobre genética en este aspecto y empezar a concebir la altitud como una terapia dosificada a cada individuo.

Esta nueva etapa solo es posible con la incursión de la tecnología que es capaz de dosificar las FiO₂ de forma precisa y de la tecnología informática que es capaz de interpretar los datos de la respuesta a dicha hipoxemia.

Un popular método: el entrenamiento en altitud

Desde sus orígenes, hablar de entrenamiento o stage en altitud se asociaba a un concepto de entrenar y permanecer en altura. Realmente, este proceso de entrenamiento va a originar una óptima o no tan óptima aclimatación y por tanto, resultados más o menos favorables, según conjugemos correctamente una serie de factores que hacen bastante complejo este proceso. La primera guía en la que tenemos que basarnos no es otra que los postulados generales del entrenamiento llamados “Principios”, que pueden ayudarnos a configurar una metodología razonable y coherente. Bien conocidos por los profesionales del entrenamiento desde los años 60, nos informan de cómo deben ser los estímulos para poder enfrentarse ante la fatiga originada en las mejores condiciones. No deja de ser paradójico como algo tan evidente en la metodología del entrenamiento, no ha sido contemplado (con sus lógicas particularidades) en el entrenamiento en altitud. Dichos principios crean un marco lógico y coherente de mejora adaptativa del organismo ante el estrés. Centrándonos en el entrenamiento deportivo, los principios son:

- *Principio de progresión*, que hace referencia expresa a que la carga debe incrementarse progresivamente para originar nuevos estados adaptativos, si no se hace así caeremos en un estado de adaptación estándar del cual es difícil salir, en el cual ya no existe mejora. En las planificaciones a medio/largo plazo observamos con frecuencia este error, y en la altitud este principio ha sido inexistente. Si observamos el contexto de la aclimatación a la altitud, pocas veces se ha contemplado este

principio, por un lado porque la altitud natural es la que es y es muy complicado alterarla si queremos unas condiciones óptimas de estancia, y por otro, porque grandes altitudes impiden cargas suficientemente intensas como así requiere el deportista de Alto Nivel.

- *Principio de sobrecarga*, en referencia a que el estímulo debe sobrepasar un umbral mínimo eficaz de descompensación (Fase de alarma). Si no lo hacemos así, estaremos generando adaptaciones muy poco efectivas en el mejor de los casos, o nulas. En el caso de la altitud, hoy día ya conocemos ese umbral mínimo para empezar a producir efectos significativos, y cuáles son los umbrales de tolerancia máxima en la gran mayoría de los sujetos. Dicho umbral está íntimamente relacionado con la hipoxemia por un lado (intensidad) como con el tiempo de estimulación (volumen).
- *Principio de especificidad*, hace referencia a que debemos buscar una lógica de adaptación específica en base a los objetivos que buscamos (salud o rendimiento). ¿Debe aclimatarse de la misma forma un alpinista que un sujeto que busca mejorar su difusión respiratoria debido a un problema de salud? O incluso, ¿debe aclimatarse igual un ciclista que prepara el Tour de Francia que un piragüista K1, donde el esfuerzo de este último puede ser solo de 3' al máximo rendimiento?
- *Principio de recuperación*, que se centra en la necesidad de recuperación tras cualquier estímulo o estrés, para dar protagonismo a los procesos anabólicos destinados a recuperar los niveles de homeostasis tras una carga de entrenamiento. En 1997, nace el concepto "living high training low" que asienta las bases de la necesidad de oxígeno para recuperarse de estímulos hipoxémicos, concepto que ha ido desarrollando hasta dar lugar al concepto de estimulación hipóxica intermitente. El manejo inteligente de la recuperación dará lugar a mayores prestaciones en todo proceso de planificación del entrenamiento. Igual debe suceder con la altitud. Cuando se estimula y cuando se recupera será clave para conseguir efectos positivos. Más adelante ampliaré los beneficios moleculares asociados a la recuperación desde la hipoxia hacia la normoxia e hiperoxia.
- *Principio de reversibilidad*, o desaparición de los cambios logrados para compensar cualquier estímulo o carga, llegando a desaparecer totalmente si no se vuelve a

repetir el estrés. Emplear la aclimatación hipóxica a medio-largo plazo debe contemplar este concepto para lograr estabilizar los efectos conseguidos, debiendo evolucionar el concepto desde un empleo ocasional hacia un empleo periodizado y programado en el tiempo.

- *Principio de periodización*, muy relacionado con el anterior, se deben periodizar las distintas fases de cargas de entrenamiento o estímulo en base a un objetivo perseguido. Este principio engloba a todos los demás, porque toda periodización, incluyendo la de la altitud, debe tener en cuenta la progresión, la sobrecarga, la especificidad, la recuperación, la reversibilidad y la individualidad del sujeto si queremos llegar a buen puerto.
- *Principio de individualidad*, dejamos para el final este principio porque supone un antes y un después en la metodología de la altitud. Cada sujeto expuesto a un estrés hipóxico va a responder ante él de forma individualizada. Aunque parezca paradójico, esto ha estado sin contemplarse hasta hace muy pocos años, por distintos motivos, siendo el más relevante el desconocimiento de las condiciones genéticas y su implicación en la respuesta a la altitud de los distintos individuos. Hoy día podemos medir y monitorizar mucho más fielmente el verdadero impacto interno de la altitud y podemos llegar a cuantificar mucho mejor precisamente el estímulo parcial y total de la misma. Con ello, vamos acercándonos cada vez más al conocimiento de cómo cada uno de nosotros tiene una respuesta particular ante la altura, y tenemos que tener en cuenta esta particularidad si queremos lograr con éxito nuestros objetivos.

La hemoglobina: la primera de nuestras proteínas clave en hipoxia

En una situación de hipoxia, se activan factores moleculares muy diversos y complejos. Una proteína clave en la generación del contexto hipoxémico es la hemoglobina ya que existe una estrecha relación entre la presión parcial de oxígeno y la afinidad que alberga la hemoglobina por el mismo, siendo ésta muy alta ante presiones parciales elevadas (tejido pulmonar), y muy inferior cuando nos acercamos a zonas periféricas con menor presión parcial (tejido muscular). Esta estrecha relación se plasma en la curva sigmoidea de

la asociación Hb/desaturación/PPO2, capital para conocer la esencia del entrenamiento en altitud. La hemoglobina libera con mayor facilidad el oxígeno al que va ligada cuando la PPO2 decae por debajo de 88%, así sucede en territorios periféricos como lo es el tejido muscular. Sin embargo, cuando la PPO2 es alta como sucede en el pulmón, la Hb aumenta su afinidad por el preciado gas, dando lugar a saturaciones casi máximas de hasta el 98%.

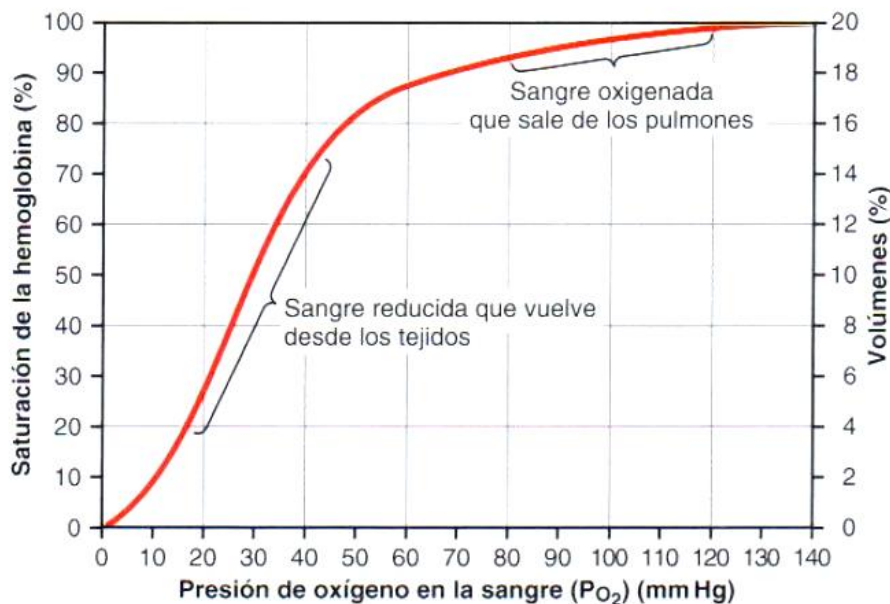


Figura 3: Fuente de elaboración propia.

Cuando hablamos de estímulo hipóxico definimos variables como el tiempo que se aplica (volumen), la forma en la que se aplica (continua o intermitente), la intensidad medida como el nivel de desaturación de la hemoglobina, considerándose que por debajo del 85% estamos hablando ya de intensidades elevadas, por lo que hay que extremar el control del proceso. Igualmente estamos hablando del carácter del estímulo hipóxico, ¿es en reposo o es en actividad?

Dichas variables van a configurar la unidad de entrenamiento hipóxico o sesión, caracterizando los macrociclos de entrenamiento o protocolos, y por tanto a definir y personalizar la metodología a cada sujeto. Nos acercamos al protagonista de esta película, al master regulador de la hipoxia, el HIF1.

El HIF1: el regulador máster de la hipoxia

El factor inducible por la hipoxia

La caída de la PO_2 desde el aire inspirado hasta el interior de la mitocondria se conoce como cascada de oxígeno, por la similitud a una corriente fluvial que fluye a favor de la pendiente. La cascada de oxígeno se cumple con independencia del nivel de altitud o grado de HIT aplicado. En la mitocondria, la presión del oxígeno puede ser cercana a cero, pero no puede interrumpirse en ningún momento; es imperceptible pero imprescindible.

El factor inducible por la hipoxia 1 (HIF-1) juega un papel fundamental en la homeostasis del oxígeno al facilitar este suministro a los tejidos en situaciones hipóxicas, como en la aclimatación a la hipoxia de la altitud o en la respuesta molecular hipoxemia/inflamación que prevalecen en la sepsis. El HIF-1 se encuentra en casi todos los tejidos corporales. Con la normoxia se degrada por hidroxilación, pero con la hipoxia no se degrada, sino que crece exponencialmente. Su presencia activa numerosos genes que ejercen una acción citoprotectora, facilitando un mayor aporte de oxígeno a los tejidos y una mejor utilización.

El factor de transcripción inducible por hipoxia HIF-1 es un activador de la transcripción que funciona como un master regulador de la homeostasis del O_2 . El HIF-1 es una proteína heterodimérica compuesta por las subunidades HIF-1 α / HIF-2 α ambas reguladas por O_2 y la subunidad HIF-1 β que es expresada constitutivamente. En condiciones normoxicas, HIF-1 α sufre degradación por hidroxilación. En condiciones hipóxicas, el HIF-1 α se estabiliza y heterodimeriza con el HIF-1 β (también denominado ARNT por sus siglas en inglés de “translocador nuclear del receptor de aril hidrocarburos”) para regular la transcripción de genes posteriores. Esta transcripción genética es regulada por factores que reconocen secuencias específicas en el ADN denominados HRE (por sus siglas en inglés de “elemento de respuesta de hipoxia”).

El HIF-1 y su expresión genética

La hipoxia induce un gran número de mecanismos reactivos y el HIF-1 es el maestro regulador de la expresión de numerosos genes (se han identificado más de 300) implicados

en estos mecanismos. Los más importantes se exponen en la siguiente tabla:

Biología vascular
- Angiogénesis: Factor de crecimiento vascular (VEGF) - Regulador del tono vascular: Óxido nítrico, Adrenomedulina, Adenosina, Endotelina-1
Hierro / Eritropoyesis
Eritropoyetina (EPO) Ceruloplasmina Transferrina Receptor de la transferrina Hepcidina
Metabolismo
- Enzimas glucolíticos. Incremento de la glucólisis - Anhidrasa carbónica-9: regulador del pH - Leptina: regulador del peso y apetito
Proliferación / Supervivencia
Óxido nítrico Adrenomedulina EPO VEGF

Tabla 1. Productos génicos regulados por el Factor Inducible por la Hipoxia-1 (HIF-1) y su función fisiológica.

Existen tres importantes vasodilatadores relacionados con la hipoxia y el HIF-1: el óxido nítrico (NO), la adrenomedulina y la adenosina. Sus principales acciones se exponen en la tabla 2.

Óxido Nítrico (NO)
Potente vasodilatador Antiinflamatorio Antimicrobiano Antiagregante plaquetario Favorece la biogénesis mitocondrial (mejora producción de ATP) Promueve la angiogénesis
Adrenomedulina
Polipéptido vasodilatador Antiinflamatorio Antimicrobiano Estabilizador del endotelio vascular Protector contra la neumonía durante la ventilación mecánica Promueve la angiogénesis Influencia positiva en enfermedades que cursan con hipoxia (tolerancia celular al estrés oxidativo y a la lesión hipóxica)
Adenosina
Nucleósido endógeno con acción vasodilatadora y antiinflamatoria. Es conocido como el "Ángel de la Guarda" contra el daño celular, al aumentar sus niveles en situaciones de isquemia/hipoxia aguda.

Tabla 2. Factores vasodilatadores y anti-inflamatorios regulados por el Factor Inducible por la Hipoxia-1 (HIF-1) y su función fisiológica.

Las bases fisiológicas del entrenamiento intermitente son sólidas y fundamentadas, derivadas de un proceso denominado hormesis. Desde el punto de vista de la hipoxia, se justifica en que una aplicación hipóxica produce un estado pro-oxidante y pro-inflamatorio que hay que desactivar para no producir daño crónico. Ello posiblemente esté inducido entre otras cosas en las acciones de HIF2 y su retorno a niveles basales (Semenza-Radcliffe-Kaelin 2019).

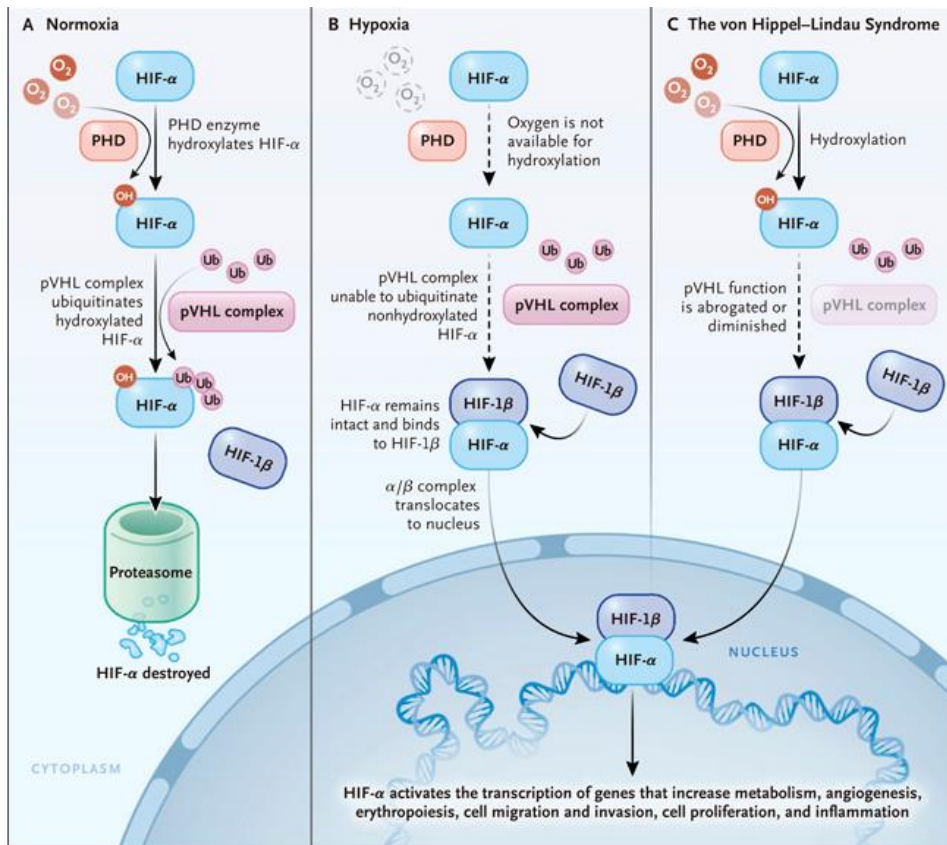


Figura 4. Mecanismos relacionados con HIF1 y HIF 2, en relación a la situación de hipoxia o normoxia (sacado del Premio Nobel de Medicina 2019: Greg Semenza, Peter Radcliffe y William Kaelin).

Es aquí donde es conveniente detenerse para comentar un aspecto clave para repercutir beneficios en este proceso de hormesis. Debemos facilitar procesos de recuperación normóxica e incluso hiperóxica tras los estímulos de hipoxia, para no provocar excesivo daño tisular. Debemos salir de situaciones pro-inflamatorias y pro-oxidantes asociadas a HIF para activar mecanismos anti-oxidantes y anti-inflamatorios asociados a NFR2. Estos fundamentos son los que apoyan el empleo del concepto pre-acondicionamiento permisivo que vamos a detallar en breve, ya que mantener la hipoxia excesivo tiempo provocará daño tisular, que podrá ser compensado o no, pero independientemente de ello, jugamos con un riesgo que es clave asumir. El siguiente diagrama explica los procesos regeneradores a nivel molecular asociados a la recuperación de los niveles de oxígeno:

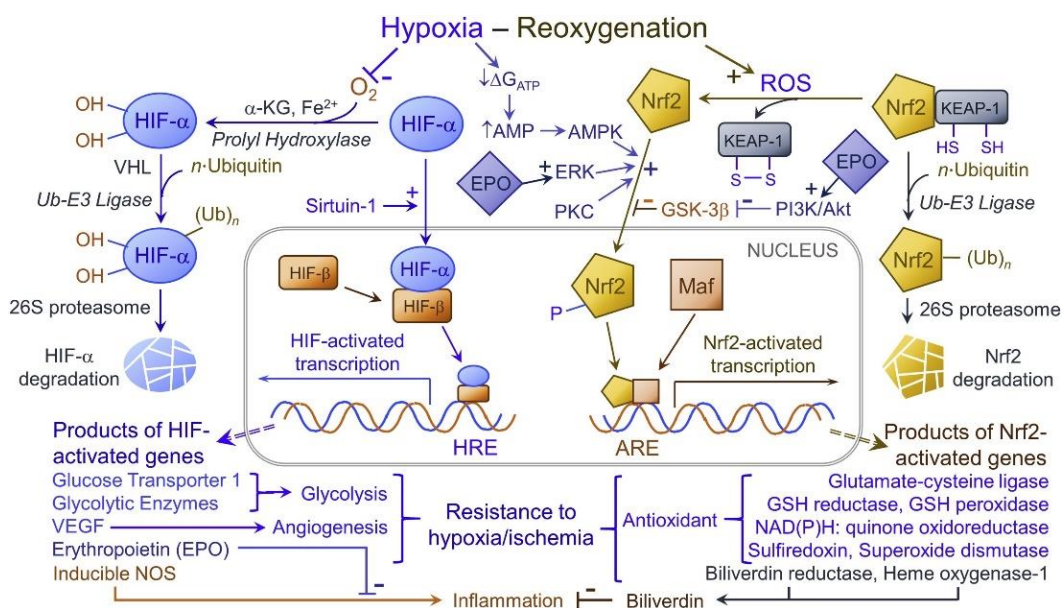


Figura 5. Mecanismos positivos asociados a NFR2 o re-oxigenación.

Nacimiento del LHTL y su derivación al PHP

En 1997, Benjamin Levine y Stray Gundersen demostraron como la mejora en el rendimiento en corredores de 5000 metros lisos de nivel avanzado era superior cuando los entrenamientos de calidad se realizaban en condiciones de menor altitud y por tanto presencia de oxígeno. Este nuevo paradigma lleva reflejado en las bases científicas casi 25 años, casi al mismo tiempo que se descubre HIF1 y dio lugar al concepto Living High/Training Low (LHTL). Las razones que se argumían en su momento estaban basadas en la mejora enzimática y reajuste motriz necesario a velocidad competitiva que únicamente puede desarrollarse a nivel del mar, ya que en altitud no es posible por falta de oxigenación metabólica. Sin embargo ya hemos visto y explicado como existe base científica que apoya y fundamenta los beneficiosos procesos asociados a NFR2 que cursan con status anti-inflamatorio y anti-oxidante.

Este concepto donde se alterna estímulo hipóxico y estímulo de oxigenación nos da base para justificar una base de pre-acondicionamiento hipóxico (PHP), basado en estos conceptos. Usado en el ámbito cardíaco bajo la aplicación sucesiva de isquemias, el PHP va tomando cada vez más fuerza no sólo en el ámbito deportivo sino en la mejora de la salud y

la calidad de vida, aplicándolo incluso para recuperación de patologías o atenuación de efectos secundarios.

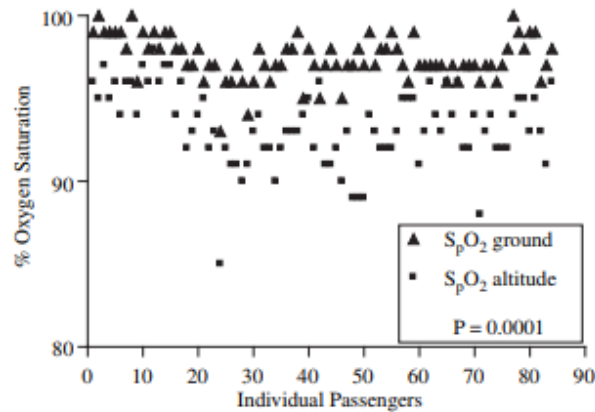
Los principios fundamentales del pre-acondicionamiento se justifican en la compleja capacidad del organismo de activar sus defensas y ajustes biológicos para enfrentarse a las consecuencias adversas de la privación de oxígeno. En estos ajustes y modulaciones el papel de HIF1 y HIF 2, y la diversidad de zonas específicas HRE son fundamentales²⁹. Nos movemos y oscilamos por tanto entre daños hipóxicos no compensables y daños hipóxicos compensables que logran el fortalecimiento del sistema. Tendremos ante nosotros estímulos que pueden oscilar entre la ineficacia, o peor aún, la patología, siendo la franja óptima aquella zona de intensidad que discurra en rangos permisivos de daño que provoquen a través de HIF adaptaciones positivas.

Bajo el lema popular, lo que no mata fortalece, se ha creado un interesante campo de rehabilitación en el ámbito terapéutico a explorar en el futuro.

En unos comienzos no existía personalización alguna de la carga de altura, se manejaron y aplicaron conceptos de permanencia en altitud para estimular la serie roja de los deportistas (por cada incremento de 1 gr de hemoglobina (Hb) mejora aproximadamente 4 ml/kg/min el VO_2^{\max}), y se construyeron Centros de Entrenamiento en Altura en una horquilla de altitudes entre 2000-2800 m/h, donde los deportistas permanecían para lograr dichas mejoras hematológicas, que luego se transferirían o no a un incremento al rendimiento deportivo a nivel del mar. Tras más de dos décadas de debate científico sobre la eficacia de estas concentraciones o stages de altura, es a partir de la década de los 90, con el descubrimiento de los genes precursores de la EPO y su síntesis farmacológica en laboratorio, junto al descubrimiento de los efectos y estimulación genética de HIF1-HIF2-HRE cuando podemos profundizar en la respuesta específica de cada individuo ante un estímulo hipóxico

Conocemos que existe una estrecha relación entre la desaturación de la Hb monitorizada con pulsioximetría y la activación de HIF1. Todo parece indicar que es a partir de un 10% de desaturación cuando se activan los procesos moleculares y genéticos de ajuste celular hipóxico.

La dificultad y paradoja es que la caída de oxigenación en el ser humano ante un contexto hipóxico es genuina y personal. Un estudio que realizó la compañía Boeing en un vuelo intercontinental, monitorizando a todos los pasajeros de la aeronave, mostró datos muy heterogéneos de hipoxemia durante el vuelo.



En este sentido, conocemos 4 respuestas fisiológicas a la hipoxia:

Clase A: Desaturación muy acusada y rápida, menor a los 3', con recuperaciones muy rápidas tras el cese del estímulo hipóxico. Corresponde a un 20% de la población.

Clase B: desaturación más amortiguada, entre los 3' y 5', con recuperaciones rápidas menores a 90". Es la respuesta más habitual, más o menos corresponde al 60% de la población.

Clase C: desaturación menos acusada, muy amortiguada y extendida en el tiempo. Recuperaciones menos claras, ya que durante el proceso de hipoxemia compensa a través de la ventilación la caída de oxígeno arterial modificando el patrón ventilatorio. Corresponde al 15% de la población.

Clase D: sujetos que no desencadenan ninguna respuesta de aclimación, desaturan en menos de 1'. Son personas que tienen muy mala respuesta a la hipoxemia. Son únicamente un 5% de la población.

Un sujeto clase A percibirá y ocasionará un estrés hipóxico mayor que un sujeto C, lo que le llevará a ajustes y modificaciones distintas entre un sujeto y otro. La cuantificación del estrés hipóxico hoy puede realizarse a través de la pulsioximetría.

Esta útil herramienta utiliza los oxímetros globales y/o regionales como sensores que determinan el nivel y grado de hipoxemia del organismo. Son sensores LEDS que están en contacto con la piel clara y fina, como puede ser la yema de los dedos o el lóbulo de la oreja. Las distintas afinidades por la luz roja entre hemoglobina oxigenada y hemoglobina desoxigenada nos dan un valor ponderado de la saturación de oxígeno arterial que será más o menos preciso en función de la calidad de electrónica y la actualización de los algoritmos.

Con estos equipos y sus software correspondientes en los que se aplican algoritmos de predictibilidad, podemos conocer el nivel de hipoxemia a los que se encuentra un sujeto.

De este modo, si sometemos a una situación de hipoxia a un sujeto podemos conocer qué nivel de hipoxemia medio ponderado alcanza. Esto va a depender de su nivel de aclimación ventilatoria inicial por un lado, a la sensibilidad de sus sensores barométricos estacionados en el cayado aórtico y en el seno carotídeo y de su respuesta cardiovascular.

Las casas punteras a nivel mundial de electrónica en pulsioximetría avanzan a velocidades crucero muy intensas, y a día de hoy podemos ya encontrarnos con tecnología de medir hemoglobinas metaoxiladas e incluso el nivel de oxígeno disuelto en plasma, esto es, el que no va fijado a la hemoglobina. Estos nuevos parámetros pueden abrir un interesante campo de conocimiento en el contexto de oxigenación orgánica.

Como se dijo en apartados anteriores, la característica esencial de la HIT son los episodios repetidos o recurrentes de bajo nivel de oxígeno (hipoxia), intercalados con períodos de normoxia o hiperoxia. La HIT ha sido objeto de una considerable investigación en los últimos años, y desencadena una desconcertante variedad de efectos perjudiciales y beneficiosos en múltiples sistemas fisiológicos como el respiratorio, cardiovascular, inmune, metabólico, óseo y nervioso. Es crucial entender la necesidad de intercalar episodios hipóxicos con episodios de oxigenación, combinando e integrando las distintas funciones y genes tanto de HIF 1 como de HIF2.

Promedio SpO ₂	88%	Menor SpO ₂	74%
Promedio FC	54	Registro (hs)	1h6m
Pasos	429		

Nota

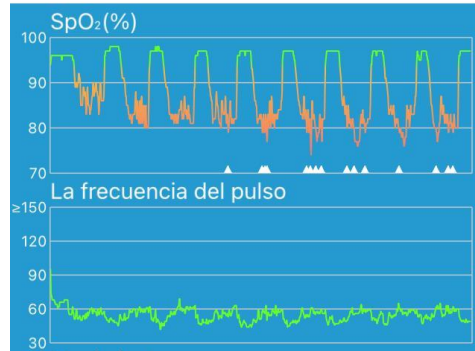


Figura 6: Fuente de elaboración propia.

Desde hace al menos una década se van dilucidando los límites permisivos y por contra patológicos de esta metodología. La hipoxia intermitente nace hace al menos 40 años en el ámbito militar del ejército ruso como entrenamiento de adaptación al estrés en pilotos de combate, y se aplica y adapta al ámbito hospitalario en multitud de hospitales de la antigua Unión Soviética. Es necesario reseñar de nuevo el metaanálisis de autores como Angela Navarrete Opazo y Gordon S. Mitchell en 2014, desde la Universidad de Winsconsin, donde reflejan como exposiciones moderadas en unos márgenes de desaturación que podemos llamar permisivos provocan efectos beneficiosos en distintos niveles y sistemas, mientras que desaturaciones y elevados volúmenes de ciclos de hipoxia ocasionan efectos perjudiciales a la salud

Por ejemplo, un posible efecto beneficioso muy estudiado en el ámbito del pre-acondicionamiento hipóxico que es el de la neovascularización y la vasodilatación si la dosis es óptima, que se puede revertir a consecuencias perjudiciales si la exposición y terapia se vuelve crónica, produciendo un efecto contrario como sucede en la AOS. Una buena herramienta cuantificadora la ofrecieron hace más de una década Oleg Bassovich y E. Sebrovskaya conceptualizando un índice de estrés hipoxémico al que han denominado HTi (Hipoxic Training index) mediante el cual conocemos el área de desaturación que origina cada una de las situaciones hipoxémicas generadas. Viene apoyado en la siguiente fórmula de predicción:

$$HTi = \frac{1}{60} \int_0^t [90 - SpO_2(t)] dt$$

Concibe como desaturación eficaz todo descenso inferior al 90% de SPO2, hasta un límite del 75% de SPO2. De esa forma, evitamos conceptualizar la carga por valores absolutos como puede ser la altitud, pasando a generar un estrés de desaturación provocado por la hipoxia. Ellos no apoyan la idea de “responders o non responders” que acuñó en 1998 Chapman RF et al, sino que para provocar estímulo eritropoyético debemos activar el HIF1, solo posible con caídas significativas de la SPO2.

El ajuste de la carga debe ir modificándose según el tipo de respuesta va alterándose conforme el nivel de aclimatación progresa. Podemos encontrarnos con patrones B que evolucionan a C, o incluso al revés, patrones C que evolucionan a B. Si no somos capaces de “estar alerta” a estos cambios de forma periódica, el nivel de carga se nos escapa perdiendo el control sobre el proceso.

Reflexiones finales

El entrenamiento en altitud o hipóxico ha evolucionado a velocidad de vértigo en los últimos 20 años pasando de ser una herramienta con escasa individualización a un modelo de entrenamiento altamente personalizado y ajustado a la respuesta individual de cada sujeto, muy mediada por su acervo genético relacionado con HIF1. En el reciente futuro se necesitan más estudios e investigación sobre el impacto que acontece en distintos factores presentes en el campo del entrenamiento y en el ámbito terapéutico: mejora del consumo de oxígeno, mejora en la calidad de sueño y recuperación, mejora en la tolerancia al esfuerzo, potencial anti-oxidante, biogénesis mitocondrial, acción del NO a nivel celular, neovascularización y otro largo etcétera que presentan un futuro más que prometedor.

Solo será así si la tecnología y metodología aplicada cumple con rigurosos criterios de aplicación, midiendo la carga hipóxica, personalizándola a la respuesta de cada uno de los

pacientes, controlando todos los factores de riesgo y midiendo el impacto que tiene en esta patología.

Nota final de autor: este artículo ha sido posible por el apoyo y amistad de uno de los grandes sabios de la altitud, el Doctor D. Manuel Avellanas Chavala, Director Médico Científico de la empresa iAltitude, que cito en bibliografía y que tengo el privilegio de disfrutar de su amistad y sabiduría.

Referencias bibliográficas

- Almendros I, Wang Y, Gozal D. The polymorphic and contradictory aspects of intermittent hypoxia. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2014; 307 (2):L129-L140. doi:10.1152/ajplung.00089.2014.
- Almendros I, Wang Y, Gozal D. The polymorphic and contradictory aspects of intermittent hypoxia. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2014; 307(2):L129-L140. doi:10.1152/ajplung.00089.2014.
- Austin S, St-Pierre J. PGC1 α and mitochondrial metabolism--emerging concepts and relevance in ageing and neurodegenerative disorders. *J Cell Sci.* 2012; 125(Pt 21):4963-4971. doi:10.1242/jcs.113662.
- Avellanas ML, Bernabé M, Rubio MP, Moreda E. Mal agudo de montaña. En: Avellanas ML, Coord. Atención al accidentado en el medio natural. *Guía de urgencias.* Barcelona: EdikaMed; 2009. p. 131-140.
- Avellanas Chavala ML. Hipertensión arterial pulmonar y COVID-19. *Med Intensiva.* 2020;S0210-5691(20)30171-6. doi:10.1016/j.medin.2020.05.005.
- Avellanas Chavala ML. Un viaje entre la hipoxia de la gran altitud y la hipoxia del enfermo crítico: ¿qué puede enseñarnos en la compresión y manejo de las enfermedades críticas? *Med Intensiva.* 2018; 42(6):380-390. doi:10.1016/j.medin.2017.08.00625.
- Asha Devi S, Subramanyam MV, Vani R, Jeevaratnam K. Adaptations of the antioxidant system in erythrocytes of trained adult rats: impact of intermittent hypobaric-hypoxia at two altitudes. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.* 2005;140(1):59-67. doi:10.1016/j.cca.2005.01.003.
- Bao X, Tan JW, Long Y, Liu H, Liu HY. Effect of Intermittent Hypoxia Training for Dizziness: A Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil.* 2019;28(6):540-543. doi:10.1123/jsr.2017-0341.
- Bao X, Liu H, Liu HY, Long Y, Tan JW, Zhu ZM. The effect of intermittent hypoxia training on migraine: a randomized controlled trial. *Am J Transl Res.* 2020;12(7):4059-4065.
- Badenhorst CE, Dawson B, Goodman C, et al. Influence of post-exercise hypoxic exposure on hepcidin response in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2014; 114(5):951-959. doi: 10.1007/s00421-014-2829-6.
- Barrios Y, Espinoza M, Barón MA. Pro-hepcidina, su relación con indicadores del metabolismo del hierro y de inflamación en pacientes hemodializados tratados o no con eritropoyetina recombinante. *Nutr Hosp.* 2010; 25(4):555-560.

- Bassovitch O. and Serebrovskaya T. Equipment and Regimes for Intermittent Hypoxia Therapy. En: Xi L, Serebrovskaya TV, Eds. Intermittent Hypoxia: *From Molecular Mechanisms to Clinical Applications*. New York: Nova Science Publishers; 2009. p. 539-601
- Bassovitch O, Westerman 2013: Uses of oxygen for recovery in hipoxya awareness training: what is optimal?. *J. Aust Soc Aerospace Med*. 2013; 8: 20-21.
- Bested AC, Marshall LM. Review of Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome: an evidence-based approach to diagnosis and management by clinicians. *Rev Environ Health*. 2015; 30(4):223-249. doi: 10.1515/reveh-2015-0026.
- Billing-Ross P, Germain A, Ye K, Keinan A, Gu Z, Hanson MR. Mitochondrial DNA variants correlate with symptoms in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome. *J Transl Med*. 2016;14:19. doi:10.1186/s12967-016-0771-6.
- Booth NE, Myhill S, McLaren-Howard J. Mitochondrial dysfunction and the pathophysiology of Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS). *Int J Clin Exp Med*. 2012; 5(3):208-220.
- Botella de Maglia J, Garrido E. Patología de la hipoxia de la altitud. En: Avellanas ML, Coord. Medicina crítica en medios hostiles y de asilamiento. Colección Medicina Crítica Práctica. Barcelona: EdikaMed; 2005. p. 39-57.
- Borea PA, Gessi S, Merighi S, Varani K. Adenosine as a Multi-Signalling Guardian Angel in Human Diseases: When, Where and How Does it Exert its Protective Effects?. *Trends Pharmacol Sci*. 2016;37(6):419-434. doi:10.1016/j.tips.2016.02.006.
- Bousslama M, Adla-Biassette H, Ramanantsoa N, Bourgeois T, Bollen B, Brissaud O, et al. Protective effects of intermittent hypoxia on brain and memory in a mouse model of apnea of prematurity [published correction appears in *Front Physiol*. 2016;7:105]. *Front Physiol*. 2015;6:313. doi:10.3389/fphys.2015.00313.
- Brurberg KG, Fønhus MS, Larun L, Flottorp S, Malterud K. Case definitions for chronic fatigue syndrome/myalgic encephalomyelitis (CFS/ME): a systematic review. *BMJ Open*. 2014; 4(2):e003973. Doi: 10.1136/bmjopen-2013-003973.
- Burtscher M, Pachinger O, Ehrenbourg I, Günther M, Faulhaber M, Reinhard P, et al. Intermittent hypoxia increases exercise tolerance in elderly men with and without coronary artery disease. *Int J Cardiol*. 2004;96(2):247-254. doi:10.1016/j.ijcard.2003.07.021.
- Carod-Artal FJ. Complicaciones neurológicas por coronavirus y COVID-19. *Rev Neurol*. 2020;70(9):311-322. doi:10.33588/rn.7009.2020179.
- Carruthers BM, Jain AK, De Meirleir KL, Peterson DL, Klimas NG, Lerner AM, et al. Myalgic Chronic Fatigue Syndr. 2003, 11, 7–36. doi: [10.1300/J092v11n01_02](https://doi.org/10.1300/J092v11n01_02).
- Chapman RF, Stray-Gundersen J, Levine BD. Individual variation in response to altitude training. *J Appl Physiol* (1985). 1998; 85(4):1448-1456. doi:10.1152/jappl.1998.85.4.1448.
- Cliff JM, King EC, Lee JS, Sepúlveda N, Wolf AS, Kingdon C, et al. Cellular Immune Function in Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS). *Front Immunol*. 2019; 10: 796. doi:10.3389/fimmu.2019.00796.
- Cockshell SJ, Mathias JL. Cognitive functioning in chronic fatigue syndrome: a meta-analysis. *Psychol Med*. 2010; 40(8):1253-1267. doi: 10.1017/S0033291709992054.
- Cortes Rivera M, Mastronardi C, Silva-Aldana CT, Arcos-Burgos M, Lidbury BA. Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome: A Comprehensive Review. *Diagnostics* (Basel). 2019; 9(3):91. Doi : 10.3390/diagnostics9030091.

- Costa Pinto DC. Mecanismos implicados en la respuesta cerebral frente a la exposición a la hipoxia respiratoria: efecto neuroprotector de la hipoxia intermitente. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departamento de Fisiología e Inmunología. Barcelona, 2015.
- Dale EA, Ben Mabrouk F, Mitchell GS. Unexpected benefits of intermittent hypoxia: enhanced respiratory and nonrespiratory motor function. *Physiology (Bethesda)*. 2014; 29(1):39-48. doi:10.1152/physiol.00012.2013.
- Dale EA, Ben Mabrouk F, Mitchell GS. Unexpected benefits of intermittent hypoxia: enhanced respiratory and nonrespiratory motor function. *Physiology (Bethesda)*. 2014;29(1):39-48. doi:10.1152/physiol.00012.2013.
- Davenport TE, Stevens SR, Baroni K, Van Ness M, Snell CR. Diagnostic accuracy of symptoms characterising chronic fatigue syndrome. *Disabil Rehabil*. 2011; 33 (19-20):1768-1775. doi:10.3109/09638288.2010.546936.
- Domínguez R, Garnacho-Castaño MV, Maté-Muñoz JL. Efecto de la hepcidina en el metabolismo del hierro en deportistas. *Nutr Hosp*. 2014; 30 (6):1218-1231. doi:10.3305/nh.2014.30.6.7440.
- Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome. *Journal of Chronic Fatigue Syndrome*, 11:1, 7-115 J.
- Fantuzzi G, Faggioni R. Leptin in the regulation of immunity, inflammation, and hematopoiesis. *J Leukoc Biol*. 2000; 68 (4):437-446.
- Fernández-Moriano C, González-Burgos E, Gómez-Serranillos MP. Mitochondria-Targeted Protective Compounds in Parkinson's and Alzheimer's Diseases. *Oxid Med Cell Longev*. 2015; 2015:408927. doi: 10.1155/2015/408927.
- Ferré A. Síndrome de fatiga crónica y los trastornos del sueño: relaciones clínicas y dificultades diagnósticas. *Neurología*. 2018; 33(6):385-394. doi:10.1016/j.nrl.2015.11.019.
- Finsterer J, Zarrouk-Mahjoub S. Is chronic fatigue syndrome truly associated with haplogroups or mtDNA single nucleotide polymorphisms? *J Transl Med*. 2016; 14(1):182. doi: 10.1186/s12967-016-0939-0.
- Friedberg F, Bateman L, Bested A, Davenport T, Friedman K, Gurwitt A, et al. ME/CFS: A Primer for Clinical Practitioners. Chicago, IL: IACFS/ME (2014). Disponible en: https://www.iacfsme.org/assets/docs/Primer_Post_2014_conference.pdf. [Comprobado: Agosto 2020].
- Ganie SA, Dar TA, Bhat AH, et al. Melatonin: A Potential Anti-Oxidant Therapeutic Agent for Mitochondrial Dysfunctions and Related Disorders. *Rejuvenation Res*. 2016; 19(1):21-40. doi:10.1089/rej.2015.1704.
- Ganz T. Heparin and iron regulation, 10 years later. *Blood*. 2011; 117(17):4425-4433. doi: 10.1182/blood-2011-01-258467.
- Genís L, Gonzalo P, Tutor AS, Gálvez BG, Martínez-Ruiz A, Zaragoza C, et al. Functional interplay between endothelial nitric oxide synthase and membrane type 1 matrix metalloproteinase in migrating endothelial cells. *Blood*. 2007; 110(8):2916-2923. doi: 10.1182/blood-2007-01-068080.
- Guerra Narbona R. Estudio neurofisiológico y comportamental del efecto de la hipoxia hipobárica sobre el rendimiento cognitivo submáximo en ratones y su implicación en el balance del sistema colinérgico. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Facultad de Ciencias Experimentales. Sevilla 2013.
- Holden S, Maksoud R, Eaton-Fitch N, Cabanas H, Staines D, Marshall-Gradisnik S. A systematic review of mitochondrial abnormalities in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue

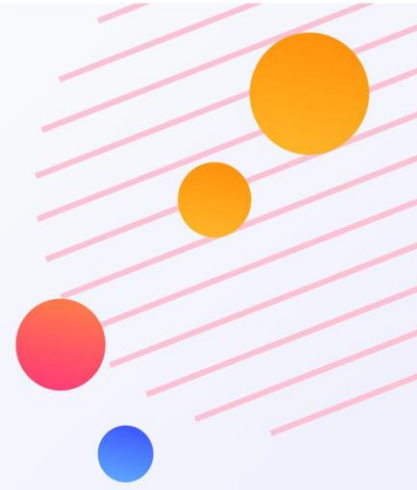
- syndrome/systemic exertion intolerance disease. *J Transl Med.* 2020; 18 (1):290. doi:10.1186/s12967-020-02452-3.
- Humphreys, R.Deyermund, I. Bali, M.Stevenson and J.P.H. Fee: The effect of high altitude commercial air travel on oxygen saturation. *Anaesthesia*, 2005, 60, pages 458-460.
- Kaur C, Srinivasan KN, Singh J, Peng CM, Ling EA. Plasma melatonin, pinealocyte morphology, and surface receptors/antigen expression on macrophages/microglia in the pineal gland following a high-altitude exposure. *J Neurosci Res.* 2002;67(4):533-543. doi:10.1002/jnr.10136.
- Keller BA, Pryor JL, Giloteaux L. Inability of myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome patients to reproduce VO₂ peak indicates functional impairment. *J Translat Med.* 2014;12(1):104.
- Kennedy G, Spence VA, McLaren M, Hill A, Underwood C, Belch JJ. Oxidative stress levels are raised in chronic fatigue syndrome and are associated with clinical symptoms. *Free Radic Biol Med.* 2005; 39 (5):584-589. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2005.04.020.
- Kennedy G, Khan F, Hill A, Underwood C, Belch JJ. Biochemical and vascular aspects of pediatric chronic fatigue syndrome. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2010; 164 (9):817-823. doi:10.1001/archpediatrics.2010.157.
- Kulaksiz H, Gehrke SG, Janetzko A, Rost D, Bruckner T, Kallinowski B, et al. Pro-hepcidin: expression and cell specific localisation in the liver and its regulation in hereditary haemochromatosis, chronic renal insufficiency, and renal anaemia. *Gut.* 2004; 53 (5):735-743. doi:10.1136/gut.2003.022863.
- Kushwah N, Jain V, Deep S, Prasad D, Singh SB, Khan N. Neuroprotective Role of Intermittent Hypobaric Hypoxia in Unpredictable Chronic Mild Stress Induced Depression in Rats. *PLoS One.* 2016;11(2):e0149309. doi:10.1371/journal.pone.0149309.
- Lande A, Fluge Ø, Strand EB, Flåm ST, Sosa DD, Mella O, et al. Human Leukocyte Antigen alleles associated with Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS). *Sci Rep.* 2020; 10(1):5267. doi: 10.1038/s41598-020-62157-x.
- Lavie L. Obstructive sleep apnoea syndrome--an oxidative stress disorder. *Sleep Med Rev.* 2003;7(1):35-51. doi:10.1053/smr.2002.0261.
- Li X, Yang T, Sun Z. Hormesis in Health and Chronic Diseases. *Trends Endocrinol Metab.* 2019; 30(12):944-958. doi:10.1016/j.tem.2019.08.007.
- Loboda A, Jozkowicz A, Dulak J. HIF-1 and HIF-2 transcription factors--similar but not identical. *Mol Cells.* 2010; 29(5):435-442. doi: 10.1007/s10059-010-0067-2.
- Maes M, Mihaylova I, Kubera M, Leunis JC, Twisk FN, Geffard M. IgM-mediated autoimmune responses directed against anchorage epitopes are greater in Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS) than in major depression. *Metab Brain Dis.* 2012; 27(4):415-423. doi: 10.1007/s11011-012-9316-8.
- Maes M. Inflammatory and oxidative and nitrosative stress pathways underpinning chronic fatigue, somatization and psychosomatic symptoms. *Curr Opin Psychiatry.* 2009; 22(1):75-83. doi:10.1097/ycp.0b013e32831a4728.
- Maes M, Mihaylova I, Kubera M, Leunis JC, Twisk FN, Geffard M. IgM-mediated autoimmune responses directed against anchorage epitopes are greater in Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS) than in major depression. *Metab Brain Dis.* 2012; 27(4):415-423. doi: 10.1007/s11011-012-9316-8.

- Manukhina EB, Downey HF, Shi X, Mallet RT. Intermittent hypoxia training protects cerebrovascular function in Alzheimer's disease. *Exp Biol Med* (Maywood). 2016;241(12):1351-1363. doi:10.1177/1535370216649060.
- Melancon MO, Lorrain D, Dionne JJ. Exercise and sleep in aging: emphasis on serotonin. *Pathol Biol* (Paris). 2014;62(5):276-283. doi:10.1016/j.patbio.2014.07.004.
- Mitchell GS, Johnson SM. Neuroplasticity in respiratory motor control. *J Appl Physiol* (1985). 2003;94(1):358-374. doi:10.1152/jappphysiol.00523.2002.
- Moncada S, Palmer RM, Higgs EA. Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology. *Pharmacol Rev*. 1991; 43(2):109-142.
- Morris G, Maes M. Mitochondrial dysfunctions in myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome explained by activated immuno-inflammatory, oxidative and nitrosative stress pathways. *Metab Brain Dis*. 2014; 29(1):19-36. doi: 10.1007/s11011-013-9435-x.
- Morton JP, Cable NT. Effects of intermittent hypoxic training on aerobic and anaerobic performance. *Ergonomics*. 2005; 48(11-14):1535-1546. doi:10.1080/00140130500100959.
- Muangritdech N, Hamlin MJ, Sawanyawisuth K, Prajumwongs P, Saengjan W, Wonnabussapawich P, et al. Hypoxic training improves blood pressure, nitric oxide and hypoxia-inducible factor-1 alpha in hypertensive patients. *Eur J Appl Physiol*. 2020;120(8):1815-1826. doi:10.1007/s00421-020-04410-9.
- Müller-Redetzky HC, Will D, Hellwig K, Kummer W, Tschernig T, Pfeil U, et al. Mechanical ventilation drives pneumococcal pneumonia into lung injury and sepsis in mice: protection by adrenomedullin. *Crit Care*. 2014; 18(2):R73. doi: 10.1186/cc13830.
- Myhill S, Booth NE, McLaren-Howard J. Chronic fatigue syndrome and mitochondrial dysfunction. *Int J Clin Exp Med*. 2009; 2(1):1-16.
- Narita M, Nishigami N, Narita N, Yamaguti K, Okado N, Watanabe Y, et al. Association between serotonin transporter gene polymorphism and chronic fatigue syndrome. *Biochem Biophys Res Commun*. 2003; 311(2):264-266. doi:10.1016/j.bbrc.2003.09.207.
- Narita M, Narita N. *Nihon Rinsho*. 2007;65(6):997-1002.
- Navarrete-Opazo A, Dougherty BJ, Mitchell GS. Enhanced recovery of breathing capacity from combined adenosine 2A receptor inhibition and daily acute intermittent hypoxia after chronic cervical spinal injury. *Exp Neurol*. 2017;287(Pt 2):93-101. doi:10.1016/j.expneurol.2016.03.026.
- Navarrete-Opazo A. Potencial terapéutico de la hipoxia intermitente. *Rehabil. integral* 2015; 10 (1): 32-41.
- Navarrete-Opazo A, Mitchell GS. Therapeutic potential of intermittent hypoxia: a matter of dose. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2014; 307 (10):R1181-R1197. doi:10.1152/ajpregu.00208.2014.
- Neubauer JA. Invited review: Physiological and pathophysiological responses to intermittent hypoxia. *J Appl Physiol* (1985). 2001; 90(4):1593-1599. doi:10.1152/jappl.2001.90.4.1593.
- Nemeth E, Valore EV, Territo M, Schiller G, Lichtenstein A, Ganz T. Hecidin, a putative mediator of anemia of inflammation, is a type II acute-phase protein. *Blood*. 2003; 101(7):2461-2463. doi: 10.1182/blood-2002-10-3235.
- Nemeth E, Rivera S, Gabayan V, Keller C, Taudorf S, Pedersen B, et al. IL-6 mediates hypoferrremia of inflammation by inducing the synthesis of the iron regulatory hormone hepcidin. *J Clin Invest*. 2004; 113(9):1271-1276. doi: 10.1172/JCI20945.

- Nichols NL, Gowing G, Satriotomo I, Nashol LJ, Dale EA, Suzuki M, et al. Intermittent hypoxia and stem cell implants preserve breathing capacity in a rodent model of amyotrophic lateral sclerosis. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(5):535-542. doi:10.1164/rccm.201206-1072OC.
- Nisenbaum R, Jones A, Jones J, Reeves W. Longitudinal analysis of symptoms reported by patients with chronic fatigue syndrome. *Ann Epidemiol*. 2000; 10(7):458. doi: 10.1016/s1047-2797(00)00119-8.
- Ohta A, Diwanji R, Kini R, Subramanian M, Ohta A, Sitkovsky M. In vivo T cell activation in lymphoid tissues is inhibited in the oxygen-poor microenvironment. *Front Immunol*. 2011; 2:27. doi:10.3389/fimmu.2011.00027.
- Oliver SJ, Macdonald JH, Harper Smith AD, Lawley JS, Gallagher CA, Di Felice U, et al. High altitude impairs in vivo immunity in humans. *High Alt Med Biol*. 2013; 14 (2):144-149. doi:10.1089/ham.2012.1070.
- Peuhkuri K, Sihvola N, Korpela R. Diet promotes sleep duration and quality. *Nutr Res*. 2012;32(5):309-319. doi:10.1016/j.nutres.2012.03.009.
- Philpott CC. Molecular aspects of iron absorption: Insights into the role of HFE in hemochromatosis. *Hepatology*. 2002; 35(5):993-1001. doi:10.1053/jhep.2002.33466.
- Prabhakar NR, Semenza GL. Adaptive and maladaptive cardiorespiratory responses to continuous and intermittent hypoxia mediated by hypoxia-inducible factors 1 and 2. *Physiol Rev*. 2012; 92(3):967-1003. doi:10.1152/physrev.00030.201.
- Prabhakar NR, Semenza GL. Adaptive and maladaptive cardiorespiratory responses to continuous and intermittent hypoxia mediated by hypoxia-inducible factors 1 and 2. *Physiol Rev*. 2012;92(3):967-1003. doi:10.1152/physrev.00030.2011.
- Pugin J. Adrenomedullin: a vasodilator to treat sepsis?. *Crit Care*. 2014; 18(3):152. doi: 10.1186/cc13924.
- Rizo-Roca D, Ríos-Kristjánsson JG, Núñez-Espinosa C, Santos-Alves E, Magalhães J, Ascensão A, et al. Modulation of mitochondrial biomarkers by intermittent hypobaric hypoxia and aerobic exercise after eccentric exercise in trained rats. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42(7):683-693. doi:10.1139/apnm-2016-0526.
- Rollnik JD. Das chronische Müdigkeitssyndrom – ein kritischer Diskurs [Chronic Fatigue Syndrome: A Critical Review]. *Fortschr Neurol Psychiatr*. 2017; 85(2):79-85. doi: 10.1055/s-0042-121259.
- Rowe PC, Underhill RA, Friedman KJ, Gurwitt A, Medow M.S, Schwartz MS, et al. Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome Diagnosis and Management in Young People: A Primer. *Front Pediatr*. 2017; 5: 121. doi:10.3389/fped.2017.00121.
- Schäfer ST, Frede S, Winning S, Bick A, Roshangar P, Fandrey J, et al. Hypoxia-inducible factor and target gene expression are decreased in patients with sepsis: prospective observational clinical and cellular studies. *Anesthesiology*. 2013;118(6):1426-1436. doi:10.1097/ALN.0b013e31828baa67.
- Semenza GL. HIF-1: mediator of physiological and pathophysiological responses to hypoxia. *J Appl Physiol* (1985). 2000; 88(4):1474-1480. doi:10.1152/jappl.2000.88.4.1474.
- Semenza GL, Prabhakar NR. The role of hypoxia-inducible factors in oxygen sensing by the carotid body. *Adv Exp Med Biol*. 2012;758:1-5. doi:10.1007/978-94-007-4584-1_1.
- Semenza GL, Neifelt MK, Chi SM, Antonarakis SE. Hypoxia-inducible nuclear factors bind to an enhancer element located 3' to the human erythropoietin gene. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1991; 88(13):5680-5684. doi:10.1073/pnas.88.13.5680.

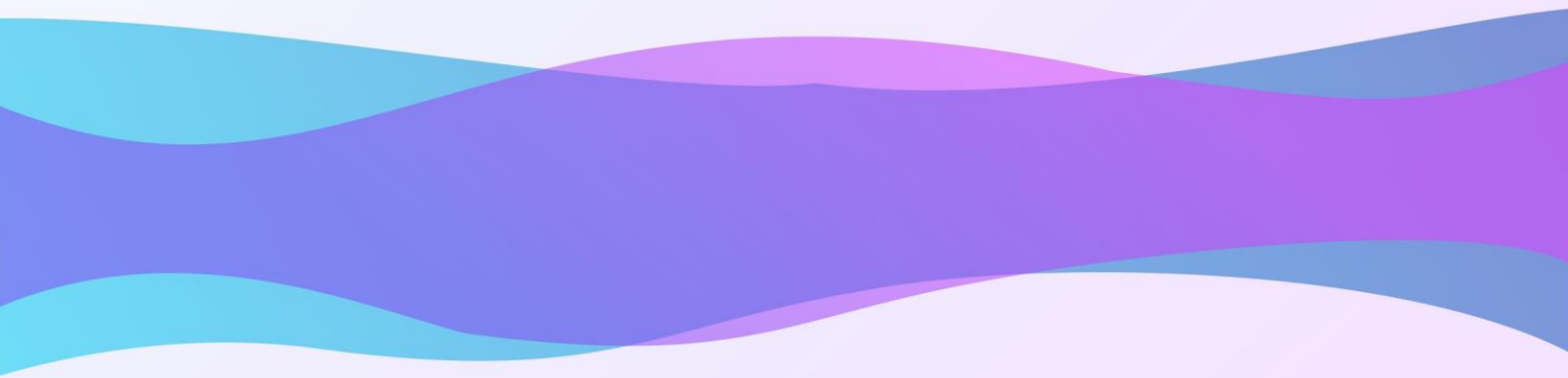
- Serebrovskaya TV, Manukhina EB, Smith ML, Downey HF, Mallet RT. Intermittent hypoxia: cause of or therapy for systemic hypertension? *Exp Biol Med* (Maywood). 2008; 233(6):627-650. doi: 10.3181/0710-MR-267.
- Serebrovskaya TV, Nikolsky IS, Nikolska VV, Mallet RT, Ishchuk VA. Intermittent hypoxia mobilizes hematopoietic progenitors and augments cellular and humoral elements of innate immunity in adult men. *High Alt Med Biol*. 2011;12(3):243-252. doi:10.1089/ham.2010.1086.
- Serebrovska ZO, Serebrovska TV, Kholin VA, Tumanovska LV, Shysh AM, Pashevin DA, et al. Intermittent Hypoxia-Hyperoxia Training Improves Cognitive Function and Decreases Circulating Biomarkers of Alzheimer's Disease in Patients with Mild Cognitive Impairment: A Pilot Study. *Int J Mol Sci*. 2019;20(21):5405. doi:10.3390/ijms20215405.
- Serebrovskaya TV, Swanson RJ, Kolesnikova EE. Intermittent hypoxia: mechanisms of action and some applications to bronchial asthma treatment. *J Physiol Pharmacol*. 2003; 54 Suppl 1:35-41.
- Schoeman EM, Van Der Westhuizen FH, Erasmus E, van Dyk E, Knowles CVY, Al-Ali S, et al. Clinically proven mtDNA mutations are not common in those with chronic fatigue syndrome. *BMC Med Genet*. 2017; 18(1):29. doi: 10.1186/s12881-017-0387-6.
- Stevens S, Snell C, Stevens J, Keller B, VanNess JM. Cardiopulmonary Exercise Test Methodology for Assessing Exertion Intolerance in Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome. *Front Pediatr*. 2018; 6: 242. doi:10.3389/fped.2018.00242.
- Stringer EA, Baker KS, Carroll IR, Montoya JG, Chu L, Maecker HT, et al. Daily cytokine fluctuations, driven by leptin, are associated with fatigue severity in chronic fatigue syndrome: evidence of inflammatory pathology. *J Transl Med*. 2013; 11:93. doi: 10.1186/1479-5876-11-93.
- Thompson AA, Dickinson RS, Murphy F, Thomson JP, Marriott HM, Tavares A, et al. Hypoxia determines survival outcomes of bacterial infection through HIF-1alpha dependent re-programming of leukocyte metabolism. *Sci Immunol*. 2017; 2(8):eaal2861. doi:10.1126/sciimmunol.aal2861.
- Ursin R. Serotonin and sleep. *Sleep Med Rev*. 2002;6(1):55-69. doi:10.1053/smr.2001.0174.
- van Campen CLM, Rowe PC, Visser FC. Two-Day Cardiopulmonary Exercise Testing in Females with a Severe Grade of Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome: Comparison with Patients with Mild and Moderate Disease. *Healthcare (Basel)*. 2020; 8(3):E192. doi: 10.3390/healthcare8030192.
- Valero T. Mitochondrial biogenesis: pharmacological approaches. *Curr Pharm Des*. 2014; 20(35):5507-5509. doi:10.2174/138161282035140911142118.
- Vermeulen RC, Kurk RM, Visser FC, Sluiter W, Scholte HR. Patients with chronic fatigue syndrome performed worse than controls in a controlled repeated exercise study despite a normal oxidative phosphorylation capacity. *J Transl Med*. 2010; 8: 93. doi: 10.1186/1479-5876-8-93.
- Vermeulen RC, Vermeulen van Eck IW. Decreased oxygen extraction during cardiopulmonary exercise test in patients with chronic fatigue syndrome. *J Transl Med*. 2014;12:20. doi:10.1186/1479-5876-12-20.
- Vgontzas AN, Papanicolaou DA, Bixler EO, Kales A, Tyson K, Chrousos GP. Elevation of plasma cytokines in disorders of excessive daytime sleepiness: role of sleep disturbance and obesity. *J Clin Endocrinol Metab*. 1997; 82(5):1313-1316. doi:10.1210/jcem.82.5.3950.
- Vlasova MA, Smirin BV, Pokidyshev DA, Mashina SY, Vanin AF, Malyshev IY, et al. Mechanism of adaptation of the vascular system to chronic changes in nitric oxide level in the organism. *Bull Exp Biol Med*. 2006; 142(6):670-674. doi: 10.1007/s10517-006-0447-y.

- Viscor G, Torrella JR, Corral L, Ricart A, Javierre C, Pages t, et al. Physiological and Biological Responses to Short-Term Intermittent Hypobaric Hypoxia Exposure: From Sports and Mountain Medicine to New Biomedical Applications. *Front Physiol.* 2018;9:814. doi:10.3389/fphys.2018.00814.
- Wang H, Shi X, Schenck H, Hall JR, Ros SE, Kline GP, et al. Intermittent Hypoxia Training for Treating Mild Cognitive Impairment: A Pilot Study. *Am J Alzheimers Dis Other Demen.* 2020;35:1533317519896725. doi:10.1177/1533317519896725.
- Yuan G, Peng YJ, Reddy VD, Makarenko VV, Nanduri J, Khan SA, et al. Mutual antagonism between hypoxia-inducible factors 1α and 2α regulates oxygen sensing and cardio-respiratory homeostasis. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013; 110(19):E1788-E1796. doi:10.1073/pnas.1305961110.
- Zhang H, Rzechorzek W, Aghajanian A, Faber JE. Hypoxia induces de novo formation of cerebral collaterals and lessens the severity of ischemic stroke. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2020;40(9):1806-1822. doi:10.1177/0271678X20924107.
- Zambrano P, Cáceres O, Blanco M. Tratamiento oxigenoterapia de hipoxia e hiperoxia en pacientes con Síndrome de Fatiga Crónica. II Simposio Internacional de Síndrome de Sensibilidad Central, Sevilla 2018. Disponible en: <https://www.shcmedical.es/shc-medical-presenta-5-posters-ii-simposio-internacional-ssc/>. [Comprobado: Agosto 2020].
- Zembron-Lacny A, Gramacki A, Wawrzyniak-Gramacka E, Tylutka A, Hertmanowska N, Kasperska A, et al. Intermittent Hypoxic Exposure with High Dose of Arginine Impact on Circulating Mediators of Tissue Regeneration. *Nutrients.* 2020; 12(7):1933. doi: 10.3390/nu12071933.
- Zhang YD, Zhao JJ. TFEB Participates in the A β -Induced Pathogenesis of Alzheimer's Disease by Regulating the Autophagy-Lysosome Pathway. *DNA Cell Biol.* 2015; 34(11):661-668. doi:10.1089/dna.2014.2738.



El entrenamiento pliométrico: "frenando" un mito

Lic. Ignacio Costa, Prof. Guillermo Oste



EL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO: “FRENANDO” UN MITO

*Lic. Ignacio Alejandro Costa*⁴⁶ – costa.ignacio@gmail.com
Docente de la Licenciatura en Educación Física a Distancia –
Universidad FASTA – Mar del Plata – Argentina.

*Prof. Guillermo Oste*⁴⁷ – quilleoste36@gmail.com
Especialista en Fisiología del Ejercicio y Metodología del Entrenamiento,
Universidad Católica de La Plata.

Resumen

En el presente texto se intenta primeramente exponer los errores conceptuales históricos que llevan a los entrenadores, a incorrectas propuestas en el campo de los trabajos “pliométricos”.

En segundo lugar con base en el conocimiento científico actual, incluso con evidencia en resultados preliminares de nuestro trabajo de investigación, se postulan tres posibles aspectos a considerar como factores determinantes de las acciones pliométricas de desaceleración y frenado, en los deportes sociomotrices de oposición-colaboración.

Finalmente se intenta brindar una guía de referencia general para el entrenamiento de la pliometría en un continuo que va desde el ciclo de estiramiento-acortamiento, hasta la amortiguación o frenado.

⁴⁶ Licenciado en Educación Física (UNL); Especialista en preparación física. Desde el 2010, profesor de las cátedras: Planeación Estratégica del Entrenamiento Deportivo, y Estrategias Metodológicas del Entrenamiento, en la Licenciatura en Educación Física (con orientación al alto rendimiento) de la Universidad FASTA. (Mar del Plata, Argentina). Más de 20 años, desarrollándose en el área académica y en el campo, tanto en Argentina, como en el extranjero. Por un lado como docente en diferentes instituciones educativas, en cursos de especialización, grado y post-grado; y por el otro, como preparador físico, particularmente en el baloncesto, en Argentina, Chile y Ecuador. Al mismo tiempo, ha realizado varios trabajos de investigación en el área de entrenamiento deportivo, y también en ejercicio para la salud. <https://orcid.org/0000-0002-6369-4914>

⁴⁷ Profesor en Educación Física, Universidad Nacional de Río Cuarto. Especialista en Fisiología del Ejercicio y Metodología del Entrenamiento, Universidad Católica de La Plata. Realizó un Posgrado en Alto Rendimiento en la Universidad Provincial de Córdoba. Actualmente cursa la Licenciatura en Educación Física, Universidad Nacional de Río Cuarto. Preparador Físico y Coordinador, Universidad Nacional de Río Cuarto. Consultor de P.F. de Clubes, Liga de Fútbol de Río Cuarto. P.F. Club Atenas, Ascenso Federal B. P.F. de Ciclistas Campeones Argentinos, Argentinos de Pista.

Introducción

El entrenamiento “pliométrico” es utilizado con gran frecuencia por los entrenadores, en el campo. Pero pese a su popularidad, es un tema, en general, mal entendido y consecuentemente incorrectamente aplicado, lo que repercute en la posibilidad del logro de las adaptaciones pretendidas.

Marco teórico

Para evitar errores, debe comenzarse por atender a ciertas cuestiones terminológicas. Como por ejemplo, hablar de “acción muscular” en vez de “contracción muscular”. El diccionario de la Real Academia Española define por “contracción”, el “*estrechar, juntar algo con otra cosa; o reducir a menor tamaño algo*” (RAE, 2021); si bien esto sería aplicable a una actividad muscular concéntrica (donde los puntos de inserción muscular se aproximan), no lo es para la isométrica, y mucho menos la excéntrica. Por ello, más atinado es incluso más abarcativo, sería sencillamente hablar de “acción muscular”, pues este término nos permite contemplar otros aspectos por los cuales se pueden clasificar las manifestaciones de fuerza. (ver tabla 1).

Acciones musculares según:	
El tipo de tensión muscular	
Alotónica (<i>allos</i> : otro; <i>tono</i> : tensión).	Tiene lugar cuando la tensión muscular es variable, y se adapta a situaciones cambiantes. Lo cual implica que los puntos de inserción muscular se acerquen, se alejen, y hasta puedan presentar momentos donde mantengan una misma distancia entre si (es decir sin movimiento articular). (Weineck, J., 1998). La mayoría de las acciones musculares que realizamos en la vida diaria son ejemplos de esto, ya que el “continuum” del movimiento, hace que se presente una sucesión de unas a otras.
Isotónica (<i>iso</i> : igual; <i>tono</i> : tensión).	La tensión muscular es constante a lo largo de un rango de movimiento articular. No obstante, al contemplarse que el brazo del “momento de fuerza” muscular cambia a lo largo del movimiento articular, y ello afecta la tensión muscular (Lorenz, T., y col., 2001); este tipo de tensión es posible durante una corta amplitud de movimiento, a una velocidad realmente muy lenta (cuasi-isométrica), y durante un tiempo limitado (ya que la fatiga disminuye rápidamente la tensión). (Siff, M.C., y Verkhoshansky, Y., 2004). Es, por tanto, que este tipo de acción muscular solo puede lograrse en situaciones controladas de laboratorio, y no en el entrenamiento de fuerza en un gimnasio.

<p>Auxotónica (<i>auxo</i>: incremento; <i>tono</i>: tensión).</p>	<p>La acción muscular implica un aumento en la tensión progresivo a lo largo del incremento del ángulo articular. Comienza con un acercamiento de los puntos de inserción muscular (acción miométrica), finalizando con un momento de tensión elevado en el que estos mantienen su distancia (acción isométrica).</p> <p>Como ejemplo, en el ámbito del ejercicio, se ve cuando se trabaja con bandas elásticas y se las estira hasta hasta el límite de tensión; o cuando se tensa un arco, y se sostiene hasta el instante antes de disparar una flecha.</p>
<p>La velocidad del movimiento</p>	
<p>Alocinética (<i>allos</i>: otro; <i>cinética</i>: movimiento).</p>	<p>La acción muscular, genera un movimiento articular a velocidades variables.</p> <p>Es comúnmente observable en los gestos deportivos, pues ellos suponen una aceleración positiva, y/o una negativa (“desaceleración”).</p>
<p>Isocinética (<i>iso</i>: igual; <i>cinética</i>: movimiento).</p>	<p>Ocurre cuando el movimiento de la articulación, dada por una contracción o estiramiento muscular, se mantiene a una velocidad constante. De este modo la energía muscular no se disipa a través de la aceleración de una parte del cuerpo, y se convierte en un “momento de resistencia”. La fuerza muscular varía con cambios en su brazo de palanca a lo largo del rango de movimiento articular. (Lorenz, T., y col., 2001).</p> <p>Dado que la carga se adapta a las diferentes posiciones segmentarias, se supone que trabajar con este tipo de acciones permitiría mejorar la fuerza en todo el rango de movimiento. Es muy interesante por tanto en el ámbito de la rehabilitación y en algunas actividades deportivas donde la tensión muscular en cierto momento es “cuasi-uniforme”, (Ej.: natación, remo, kayak). Pero, aunque podría incluso ser contemplado en un período preparatorio en otros deportes, definitivamente no es favorable para las actividades que requieren de una aceleración motriz variable.</p> <p>Vale destacar que resulta biomecánicamente imposible diseñar una máquina puramente isocinética, puesto que el solo hecho de la presencia de cualquier aceleración o desaceleración (inicio de la aplicación de fuerza y fin), revela siempre la ausencia de una velocidad constante durante todo el movimiento. Por lo tanto sería más exacto denominar las máquinas isocinéticas con cuasi-isocinéticas, o pseudo-isocinéticas, comprendiendo incluso que la tensión sería isocinética solo en parte del movimiento, y no en todo. (Siff, M.C., y Verkhoshansky, Y., 2004).</p>
<p>El movimiento articular</p>	
<p>Anisométrica (<i>an</i>: negación; <i>iso</i>: igual; <i>metrica</i>: medida o longitud).</p>	<p>Es aquella en la que durante la tensión hay movimiento articular, por lo que también se la denomina con “dinámica”; y dependiendo de la dirección de este pueden presentarse dos posibilidades:</p>

<p>Miométrica (<i>minus</i>: menos; <i>metrica</i>: medida o longitud):</p>	<p>Quando el músculo desarrolla suficiente tensión para vencer la resistencia, provocando movimiento acelerado de los segmentos óseo, en la misma dirección que el cambio del ángulo articular.</p> <p>Dado que los puntos de inserción muscular se aproximan popularmente se la conoce también como acción concéntrica (Lorenz, T., y col., 2001), y valdría por ello aquí, el término contracción.</p> <p>Ejemplos en el deporte, se encuentran en la acción de los glúteos, cuádriceps y tríceps surales, el momento de la partida desde el cubo en natación, o desde los tacos en las carreras de atletismo; también en las fases de despegue y tirón, en los ejercicios de levantamiento olímpico (arranque y envión); y en la vida diaria, puede verse en la acción de subir escaleras.</p>
<p>Pliométrica (<i>plio</i>: más; <i>metrica</i>: medida o longitud).</p>	<p>Quizás se la conoce más por el nombre de acción excéntrica, puesto que los puntos de inserción muscular se alejan durante la tensión. Ocurre cuando el músculo, cede ante la resistencia y progresivamente se estira. (Lorenz, T., y col., 2001). Podría decirse entonces, que el sistema neuromuscular mediante esta acción “absorbe” la fuerza externa a la que se ve sometido (Hody, S., et al., 2019).</p> <p>En el deporte, se observan situaciones como estas en las acciones de frenado o en los aterrizajes luego del salto; donde ya sea que para desacelerar o amortiguar, los músculos implicados, (por ejemplo, los cuádriceps), generan tensión al tiempo que se estiran, permitiendo una flexión de rodilla controlada, a fin de absorber fuerzas. Pero también se pueden ver acciones pliométricas en la vida diaria, como cuando se camina descendiendo en un plano inclinado. Aquí vale aclarar, que si bien, uno podría ejercer una fuerza tal que le permita vencer a la resistencia de la fuerza de la gravedad; cede ante esta, y desciende de manera controlada, por medio de una sucesión de acciones pliométricas. Debe quedar claro que no necesariamente las acciones excéntricas suponen que el sujeto debe someterse a resistencias muy altas o supra-máximas, como a priori se podría pensar, y obviamente esto mismo debe contemplarse en las progresiones para el entrenamiento, especialmente en la rehabilitación, y el trabajo en personas poco entrenadas. No obstante, aunque no parece haber consenso en la literatura sobre la velocidad, la resistencia (absoluta, y relativa), y el equipamiento apropiado que se requiere para evaluar la fuerza máxima excéntrica (Cronin, J.B., y col., 2015; Naclerio, F., 2011), se sabe perfectamente que este tipo de acción permite desarrollar una tensión muscular, muy superior al valor máximo que puede registrarse en una acción miométrica, y aún también, mayor que la isométrica. (Hody, S., et al., 2019; Gabriel, D.A., et al. 2006). Consecuentemente las ganancias de fuerza, y la hipertrofia muscular son superiores, e incluso se dan en menos tiempo (Hody, S., et al., 2019), muy especialmente en las fibras musculares tipo II. (Gabriel, D.A., et al. 2006).</p>

<p>Isométrica (<i>iso</i>: igual; <i>metrica</i>: medida o longitud).</p>	<p>Aquí la magnitud de la tensión muscular se iguala a la resistencia, y no se percibe un acercamiento de los puntos de inserción muscular. Por ello también se la conoce como “estática”; aunque dado que existe una obvia activación de los elementos contráctiles del músculo que generan tensión, se presentará un estiramiento de los componentes elásticos. (Lorenz, T., y col., 2001).</p> <p>El registro de fuerza máxima isométrica, será superior a la máxima miométrica, pero obviamente inferior que la máxima pliométrica.</p> <p>Este tipo de trabajo es con frecuencia utilizado en la rehabilitación, ya que puede aislarse un grupo muscular con facilidad, en un ángulo determinado. (López Chicharro, J., y Fernández Vaquero, A., 2006).</p> <p>En el ámbito del deportivo hay acciones de este tipo, en las posiciones de equilibrio de la gimnasia, y en los agarres deportes de lucha, y la escalada deportiva. Pero cabe considerar, que, en los entrenamientos de fuerza para la generalidad de deportes, solo debería utilizarse como un complemento en momentos puntuales; ya que en este tipo de acción la función del metabolismo y de los sistemas de coordinación tienen un carácter secundario. También debe tenerse en cuenta que, aunque existe un rápido crecimiento del volumen muscular, la vascularización del músculo no sigue la misma evolución. (Weineck, J., 1998).</p>
--	--

Tabla 1. Diferentes clasificaciones de las acciones musculares.

Vale destacar que también se presentan acciones musculares combinadas y que en el ejercicio y el deporte estas se dan en forma compleja. Así, por ejemplo, un gesto motor puede explicarse en forma simultánea con acciones, anisométrica (miotométrica), alotónica y alocinética.

Ciertas combinaciones, dan como resultado otro tipo diferentes de acciones que son muy interesantes a la hora de diseñar entrenamientos (ver tabla 2).

Combinación de acciones musculares:	
<p>Isoinercial (<i>iso</i>: igual; <i>inercial</i>: resistencia).</p>	<p>En este tipo de trabajo muscular la resistencia contra la cual el músculo se opone permanece constante, pero el “momento de fuerza” (torque) concéntrico producido especialmente al inicio y durante el primer tercio del recorrido angular, es muy elevado, pudiendo incluso llegar al máximo; lo que genera una aceleración del objeto movilizado durante el segundo tercio del recorrido, mientras el músculo solo acompaña su movimiento. Finalmente, en el último tercio del movimiento el músculo en forma excéntrica debe contraerse fuertemente para desacelerar la fuerza generada durante la fase concéntrica. (Romero Rodríguez, D. y Tous</p>

	<p>Fajardo, J., 2010; Lorenz, T., y col., 2001).</p> <p>Los efectos del entrenamiento isoinercial son similares a los logrados con el trabajo con acciones musculares pliométricas, pero con el aditivo de los beneficios de las miométricas. Así se vuelve una alternativa muy interesante a la hora de mejorar la fuerza, con un incremento considerable de la masa muscular. Justamente esta combinación sucesiva de acciones miométrica- pliométrica, lo vuelve una alternativa interesante en la potenciación post-activación (PAP) de las entradas en calor, previas a la competencia, y al mismo tiempo la posibilidad de trabajar solo en un dado rango de movimiento, hace que sea utilizada como estrategia para la reducción de riesgo de lesiones deportivas. (Beato, M., & Dello Iacono, A. 2020).</p> <p>Incluso se ha demostrado que con estas acciones mejora el rendimiento del salto vertical, el sprint, y los cambios de dirección (Beato, M., & Dello Iacono, A. 2020). A demás esta directamente relacionado con la eficiencia en las desaceleraciones o frenados; como el que tiene lugar luego de un sprint; o en los movimientos de “estocada” en deportes de raqueta, y en la esgrima (Cronin, J.B., y col., 2015); así como también en el aterrizaje al amortiguar la caída de un salto.</p>
<p>Ciclo de Estiramiento Acortamiento (CEA)</p>	<p>Se trata de una acción muscular indivisible, donde se da un veloz encadenamiento entre tres fases:</p> <p>En primer lugar, una preactivación, la cual comprende un incremento de la actividad mioeléctrica, que ocurre gracias a la ejecución de un patrón de movimiento organizado centralmente y controlado visualmente; que ayuda a incrementar el grado de rigidez muscular, antes del inicio del CEA (siempre que se previsible que este tendrá lugar).</p> <p>La segunda fase es el estiramiento del músculo agonista (acción pliométrica), provocado, ya sea por una fuerza externa, o por la contracción de la musculatura antagonista. Esto dará como resultado una supuesta acumulación de energía mecánica en los componentes elásticos musculares, al tiempo que se activan ciertos receptores que desencadenarán una respuesta refleja de contracción posterior. Esta fase se enlaza con la siguiente, por un muy breve momento transitivo de acoplamiento, o de “amortiguación”.</p> <p>Así, finalmente acontece la tercera fase con la acción miométrica (de la musculatura agonista); donde se aprovecha el estímulo generado en la segunda fase, permitiendo una expresión de fuerza superior, a cuando acontece una simple acción miométrica (sin el estiramiento previo). (Naclerio, F., 2011; Cometti, G., 2007; Chu, D.A., 2006; Verkhoshansky, Y., 1999; Komi, P.V., 2003).</p> <p>Golpear, lanzar, saltar, correr, son ejemplos de acciones donde el CEA tiene relevancia, lo cual evidencia lo común que es en la actividad motriz. (Naclerio, F., 2011; Komi P.V., 2003)</p> <p>Cabe destacar que no cualquier acción pliométrica previa a la miométrica,</p>

resultará en un efecto potenciador posterior. Para que esto se dé, la fase excéntrica deberá tener una velocidad e intensidad tal, que permita se de una acción conjunta de ciertos factores neuromusculares y elasticoestructurales, que resulten en una acción concéntrica final, potenciada.

Tabla 2. Diferentes clasificaciones de las acciones musculares.

En el ámbito del entrenamiento deportivo, desde hace más de 50 años se utiliza el CEA para el desarrollo de la capacidad de salto y el sprint; y se lo ha denominado de diferentes formas. Así hay autores que hablan de entrenamiento “de elasticidad”, “reactivo”, “excéntrico”, “de choque”, “de salto en profundidad”, entre otros. (Weineck, J., 2005).

Pero, dada la importancia potenciadora de la acción muscular pliométrica inicial, es que, desde hace muchos años, se lo llama popularmente como “pliométrico”. No obstante, atendiendo a lo que se ha desarrollado antes, queda claro que esto es un error, que implica un desconocimiento profundo del proceso que tiene lugar en una acción muscular pliométrica, y en la combinación de acciones que resultan en el CEA.

Equivocación que se ha extendido tanto, que incluso se ha llegado a confundir el método de entrenamiento propuesto por Yury Verkoshanski, con los dos conceptos antes mencionados como si fueran todo lo mismo.

Hasta se ha llamado a dicho autor como “el padre de la pliometría”, pese a que él mismo enfatizó en varias de sus presentaciones y libros, que su propuesta metodológica se denominaba método de shock, y no pliométrico. (Verkoshansky, N., 2019; Siff, M.C., y Verkoshansky, Y., 2004). Lamentablemente para él, hasta los traductores de sus obras confundieron el tema; y así su libro originalmente titulado “*Mezzi e metodi per l'allenamento della forza esplosiva: tutto sul metodo d'Urto*”; que se traduce como “*Medios y métodos para el entrenamiento de fuerza explosiva: Todo sobre el método de choque*”; ha sido desvirtuado, al cambiarse la palabra “choque” por “pliométrico”. (Verkoshansky, N., 1999).

Para evitar estas confusiones terminológicas, y reconociendo que la acción pliométrica, es solo una parte de lo que acontece en el “ciclo de estiramiento acortamiento”, sería atinado distinguir, y hablar, por un lado, simplemente de CEA (tal como los autores

originalmente siempre han referido) (Chu, D.A., 2006); y de acción muscular pliométrica o pliometría, por otro.

En las acciones deportivas propias de los deportes de colaboración-oposición con gran variabilidad de acciones motrices (como el fútbol, el básquetbol, o el hockey), la actividad muscular pliométrica es determinante en las desaceleraciones (Harper, D.J. et al., 2020), cuando el sujeto debe absorber fuerzas de gran magnitud en un breve tiempo. (Hewit, J. et al., 2011; Dos'Santos, T. et al., 2017). Por lo que tiene lugar durante las transiciones entre gestos deportivos (Griffith, M., 2005); tanto en el cambio de dirección o sentido, como también en el detenerse, al frenar la carrera o amortiguar un salto.

Parecería existir entonces un cierto “*continuum*” de dominancia de la acción pliométrica, que va desde su participación en el CEA, hasta el frenado o amortiguación; lo cual podría simplificarse en tres puntos, que presentan diferentes efectos adaptativos en el entrenamiento:

- CEA básico: donde la acción miométrica se destaca por sobre la pliométrica.
- CEA avanzado: en el que ambas acciones toman una relevancia similar.
- Amortiguación: que se corresponde con la acción pliométrica estricta, en pos de desacelerar la fuerza externa; donde pese a que podría haber una acción miométrica posterior, el encadenamiento pliométrico-miométrico no es veloz, ni existe potenciación inmediata (ver tabla 3).

Más allá de lo expuesto, en la bibliografía científica, las acciones pliométricas de amortiguación (asociadas al frenado de la carrera), han sido mucho menos tratadas que la acción miométrica propia de la aceleración; pese a que, en el campo, en muchas situaciones, para obtener una ventaja estratégica, es necesario detener la carrera repentinamente. Como, por ejemplo, al evitar cometer una falta en ataque en el baloncesto; o en el tenis, frenar la carrera para recibir y devolver la pelota; etc.

La escasa información también se evidencia en que no parece haber consenso sobre como evaluar la acción de frenado en el campo.

Aunque son dos acciones contrarias (acelerar y desacelerar), ambas están estrechamente relacionadas.

Es claro que para llegar antes que un rival, acelerar es determinante, y que esto tiene un costo energético mayor que desacelerar. (Gabriel, D.A., et al., 2006). Pero ocurre a la inversa en cuanto al estrés mecánico, lo que conlleva a un incremento de microlesiones estructurales en el músculo (disrupción sarcomérica), y esto no solo genera un dolor de aparición tardía (DOMS) más elevado (Hody, S., et al., 2019; Gabriel, D.A., et al., 2006; Siff, M.C., y Verkhoshansky, Y., 2004); sino que durante el esfuerzo (entrenamiento o partido) se ve afectada la posibilidad seguir aplicando fuerza excéntrica, no solo para detenerse; sino también para reutilizarla como energía elástica, lo cual afecta a la velocidad que el sujeto puede desarrollar en un cambio de dirección (Metral, G., s.f.).

Han sido estos puntos lo que nos han motivado para investigar sobre el tema, intentando no solo mensurar la capacidad de desacelerar luego de una carrera lineal, si no relacionar los datos con otras variables, como la capacidad de aplicar fuerza en el vector vertical y horizontal.

Evaluamos entonces, a 12 jugadoras de hockey sobre césped (21.84, \pm 6.81 años), de primera división; pertenecientes al plantel de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Se registró la velocidad máxima de carrera lineal en 17 metros (17m), y en misma distancia, pero con un frenado final en un espacio de 50 centímetros (17mFr). También se tomaron dos saltos; uno en el vector vertical (salto con contramovimiento), y otro en el horizontal (salto en largo, con manos en la cintura). Para ello se utilizó tecnología de GPS, fotocélulas, alfombra de salto y odómetro.

Los resultados preliminares, mostraron que las jugadoras más rápidas, tienden a mantener velocidades similares a su máximo aún cuando saben que deben frenar en un espacio limitado ($r = 0.91$ vs 0.62), y aplican fuerza en el vector horizontal, mejor que las más lentas ($r = -0.70$ vs -0.58); las cuales curiosamente fueron superiores en el vertical. ($r = -0.19$ vs -0.82).

Discusión

La capacidad de desacelerar y frenar (para detenerse totalmente), es un tema que aún no ha sido extensamente estudiado, pese a la importancia que tiene especialmente en los deportes de equipo (colaboración-oposición, con gran variabilidad de acciones motrices). (Altmann, S., et al., 2019; Harper, D.J., & Kiely, J., 2018).

Si bien, no parecen ser claro cuales son los procesos por los que los deportistas más lentos empeoran más su velocidad cuando saben que deben detenerse en un breve espacio (test 17m vs 17mFr), se sugiere que trabajos futuros deberían enfocarse en tres aspectos:

- *Los niveles de fuerza:* En particular la velocidad de reacción del sistema neuromuscular en el CEA, y la capacidad de aplicar fuerza en el menor tiempo posible (tasa de desarrollo de fuerza), parecen ser factores determinantes en las desaceleraciones. (Dos'Santos, T., et al., 2017; Kovacs, M.S., et al., 2008). Pero también el nivel de fuerza excéntrica de los grupos musculares dominantes en la desaceleración (Harper, D.J, et al., 2021; Hewit et al., 2011; Griffith, M., 2005), así como cierto grado de fuerza de base para el control del cuerpo y hasta un óptimo ajuste mecánico entre las acciones musculares concéntricas y excéntricas. (Harper, D.J., et al., 2021; Spiteri, T., et al., 2015; Spiteri, T., et al., 2014).
- *El control motor:* Relacionado a los aspectos técnicos que tiene que ver con la falta de control motor de todo el cuerpo al desacelerar, muy especialmente cuando esto es previo a un cambio de dirección (Hader, K., et al., 2015).
- *La toma de decisión y los aspectos psico-emocionales:* Las desaceleraciones durante el entrenamiento y especialmente en situaciones de juego, implican una la toma de decisiones, relacionada incluso con factores de percepción espacio-temporales. Esto, aún quizás con una relativa contribución de la fuerza, parece ser clave para el nivel de agilidad de los deportistas. (Paul, Gabbett, & Nassis, 2016). Por otro lado, en la evaluación realizada, a demás de cuestiones desicionales, parecería haber existido algún tipo de auto-limitación, o regulación, dada por cuestiones psico-emotivas; ya que eran los mismos sujetos los que decidían cuanto acelerar en los 17mFr. Ejemplos

de estas podrían ser: el temor a no poder cumplir con la tarea, o el riesgo a lesionarse por intentarlo.

Quizás no sorprenda que las jugadoras más veloces (17m), y buenas frenadoras (17mFr), correlacionen mejor con el vector fuerza horizontal (expresado en el test de HJb), pues se ha reportado previamente. (Moran, J., et al., 2021; Abade, et al., 2019). Pero deja interrogantes sin responder el hecho que las más lentas, lo hagan mucho mejor con el vector fuerza vertical (representado por el CMJ); y esto debería ser dilucidado para establecer óptimas estrategias de intervención en el campo cuando se trabaja la fuerza.

Aplicación práctica

Ante la mencionada confusión del concepto pliometría, y sus obvias repercusiones negativas en el campo; sumado a lo relativamente escaso de los trabajos sobre acciones excéntricas (desaceleración, frenado y amortiguación), se vuelve necesario contar con al menos una guía de referencia de trabajo del continuum CEA-Amortiguación, que contemple en forma organizada y coherente lo que se sabe hasta ahora. Es en este sentido y atendiendo incluso que los ejercicios de salto, se asocian con riesgo de lesión incrementado (si el sujeto no posee una base de entrenamiento en fuerza relativa “pre-habilitante”) es que se propone la siguiente tabla:


Acción muscular	t con.	Nivel de tensión (tipo)	Función acción pli.	Tipos de saltos según la fuerza relativa en sentadilla (barra atrás)		
				1,0 MC	1,5 MC	≥ 2,0 MC
CEA Básico ("Rápido") Pli+ / Mio++		Alto <i>stiffness</i>	+ Acumula E ++	CMJ al cajón Saltos subiendo escaleras (tribunas)	DJ nivel 1 Saltos sobre vallas nivel 1	DJ nivel 2 Saltos sobre vallas nivel 2
CEA Avanzado ("Lento") Pli++ / Mio++				Saltos Pogo Skipping	Saltos repetidos Saltos en profundidad nivel 2	Carera con saltos (<i>Bounding</i>) Saltos en profundidad nivel 2 y 3
Amortiguación (Pli+++)	Alto	Bajo <i>compliance</i>	Absorbe E	Aterrizajes en profundidad nivel 1 (<i>tall-to-short</i>)	Aterrizaje en profundidad nivel 2	Aterrizaje en profundidad nivel 3

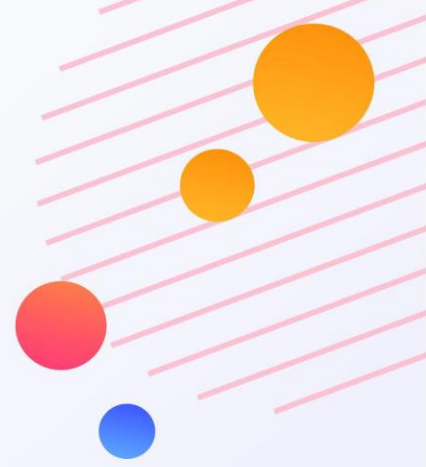
Tabla 3. Relación entre las acciones musculares en el *continuum* CEA-Amortiguación, la fuerza relativa en sentadillas, y los tipos de saltos posibles. (Rel. de la acc. mus. = relevancia de la acción muscular; MC = masa corporal; t con. = tiempo de contacto; Pli = pliométrica; Mio = miométrica; DJ = drop jump; CMJ = coutermovement jump; SJ = squat jump; tall-to-short = desde posición bípeda en puntas de pie, caer a posición de "triple flexión" (cadera-rodilla-tobillo); E = energía; Nivel saltos y aterrizajes en profundidad según valores del test de DJ: Nivel 1: altura menor a la máxima alcanzada ($h < hDJ_{max}$); Nivel 2: altura igual a la del máximo registro ($h = hDJ_{max}$); Nivel 3: altura mayor a la máxima alcanzada ($h > hDJ_{max}$). (modificado de Suchomel, T., et al., 2019).

Referencias bibliográficas

- Abade, E., Silva, N., Ferreira, R., Baptista, J., Gonçalves, B., Osório, S., & Viana, J.L. (2019). Effects of adding vertical or horizontal force-vector exercises to in-season general strength training on jumping and sprinting performance of youth football players. *J Strength Cond Res* doi: 10.1519/JSC.0000000000003221. Epub ahead of print. PMID: 31145387.
- Altmann, S., Ringhof, S., Neumann, R., Woll, A., & Rumpf, M.C. (2019). Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PloS one*. 14(8), e0220982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220982>
- Beato, M., & Dello Iacono, A. (2020). Implementing flywheel (Isoinertial) exercise in strength training: Current evidence, practical recommendations, and future directions. *Front. Physiol.* 11: 569. doi:10.3389/fphys.2020.00569
- Chu, D.A. (2006). *Ejercicios pliométricos*. Barcelona: Paidotribo.
- Cometti, G. (2007). *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Cronin, J.B., Meylan, C., y Nosaka, K. (2015). Valoración isoinercial de la fuerza muscular excéntrica. *Rev Entren Deport.* 29(3): 29-40.

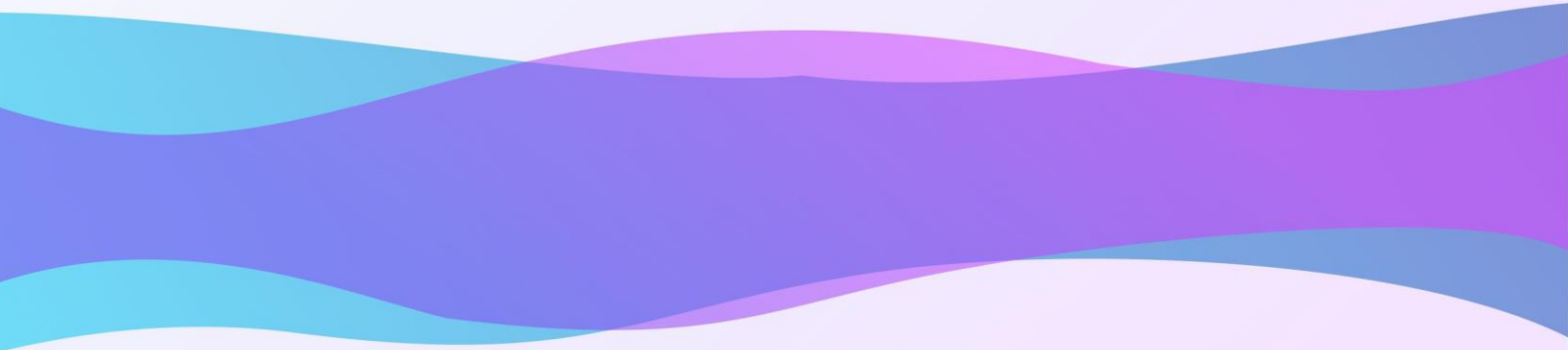
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A. & Comfort, P. (2017). Mechanical determinants of faster change of direction speed performance in male athletes. *J Strength Cond Res.* 31(3): 696-705.
- Gabriel, D.A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise Mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med.* 36(2): 133-149.
- Griffith, M. (2005). Putting on the brakes: Deceleration training. *Strength Cond J.* 27(1): 57-58.
1. Hader, K., Palazzi, D., & Buchheit, M. (2015). Change of direction speed in soccer: How much is enough. *Kinesiology* 47(1): 67-74.
- Harper, D.J., & Kiely, J. (2018). Damaging nature of decelerations: ¿Do we adequately prepare players? *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4, e000379. doi: 10.1136/bmjsem-2018-000379
- Harper, D.J., Jordan, A.R., & Kiely, J. (2021). Relationships between eccentric and concentric knee strength capacities and maximal linear deceleration ability in male academy soccer players. *J Strength Cond Res.* 35(2): 465-472.
- Harper, D.J., Morin, J-B., Carling, C. & Kiely, J. (2020). Measuring maximal horizontal deceleration ability using radar technology: reliability and sensitivity of kinematic and kinetic variables. *Sports Biomechanics.* doi: 10.1080/14763141.2020.1792968
- Hewitt, J., Cronin, J., Button, C., & Hume, P. (2011). Understanding deceleration in sport. *Strength and Conditioning Journal.* 33(1): 47-52.
- Hody, S., Croisier, J.L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: Risks and benefits. *Front Physiol.* 10: 536. doi: 10.3389/fphys.2019.00536
- Komi, P.V. (2003). Strength and power in sport. Oxford: Blackwell Science.
- Kovacs, M.S., Roetert, P.E. & Ellenbecker, T.S. (2008). Efficient deceleration: The forgotten factor in tennis-specific training. *Strength Cond J.* 30(6): 58-69.
- López Chicharro, J. y Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Medica Panamericana.
- Lorenz, T., Campanello, M., Pitman, M.I., y Peterson L. (2001). Capítulo 6. Biomecánica del músculo esquelético. En Nordin, M., y Frankel, V.H. (Ed.). *Biomecánica básica del sistema músculo esquelético*. 152-178. Madrid: Mc Graw Hill.
- Metral, G. (s.f). Analisis de los nuevos marcadores de rendimiento físico en el fútbol. K-sport science to perform.
- Moran, J., Ramirez-Campillo, R., Liew, B., Chaabene, H., Behm, D.G., García-Hermoso, A., Izquierdo, M., & Granacher, U. (2021). Effects of vertically and horizontally orientated plyometric training on physical performance: A meta-analytical comparison. *Sports Med* 51, 65-79.
- Naclerio, F. (2011). *Entrenamiento deportivo. Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.4 en línea]. <https://dle.rae.es> (21/07/2021).
- Romero Rodríguez, D. y Tous Fajardo, J. (2010). *Prevención de lesiones en el deporte*. Claves para un rendimiento deportivo óptimo. Madrid: Editorial Panamericana.
- Suchomel, T.J., Wagle, J.P., Douglas, J., Taber, C.B., Harden, M., Haff, G.G., & Stone, M.H. (2019). Implementing eccentric resistance training Part 2 Practical recommendations. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 4, 55; doi: 10.3390/jfmk403005
- Siff, M.C., y Verkoshansky, Y. (2004). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N.H., Specos, C., Sheppard, J.M., & Newton, R.U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *J Strength Cond Res.* 28(9): 2415-2423.

- Spiteri, T., Newton, R.U., Binetti, M., Hart, N.H., Sheppard, J.M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *J Strength Cond Res.* 29(8): 2205-2214.
- Verkhoshansky, N. (2019). New books: Shock method & jump training guide for beginners. [Recuperado el 21 de junio, 2021, de <http://www.verkhoshansky.com>].
- Verkhoshansky, Y. (1999). *Todo sobre el método pliométrico. Medios y métodos para el entrenamiento y la mejora de la fuerza explosiva.* Barcelona: Paidotribo.
- Weineck, J. (1998). *Entrenamiento óptimo.* Barcelona: Hispano Europea.



**Abordaje interdisciplinario en el tratamiento
de la persona con enfermedad cardiovascular - INaRePS**

**Dr. Diego Mercader, Lic. Santiago Rossin,
Lic. Alejandra Vicente, Mg. Sergio Córdoba**



EL DEPORTE MASIVO COMO HERRAMIENTA DE INTEGRACIÓN

Dr. Diego Mercader⁴⁸ – diego.n.mercader@hotmail.com

Lic. Santiago Rossin⁴⁹ – santitandil@ufasta.edu.ar

Lic. Alejandra Vicente⁵⁰ – abvicente@ufasta.edu.ar

Mg. Sergio Cordoba⁵¹ – scordoba@ufasta.edu.ar

*Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur.
Mar del Plata – Argentina.*

El propósito de la Rehabilitación Cardiovascular (RC), es obtener el “Efecto Entrenamiento”, con lo que se logra disminuir el tono simpático, aumentar el tono vagal,

⁴⁸ Especialista en cardiología. Cardiólogo del Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur, organismo dependiente del Ministerio de la Salud de la Nación. Cardiólogo del Centro de investigaciones cardiovasculares. Coautor del Programa de Rehabilitación Cardiovascular del INaRePS.

⁴⁹ Licenciado en Educación Física. (orientación en entrenamiento deportivo). Universidad Fasta. Profesor en Educación Física. Instituto Superior de Formación Docente N ° 84. (2010). Mar del Plata. Integrante del Servicio de Recreación y Deportes del Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur (I.Na.Re.P.S.), Mar del Plata. Integrante del equipo de rehabilitación cardiovascular de I.Na.Re.P.S. Coautor del Programa de Rehabilitación Cardiovascular de I.Na.Re.P.S. Ayudante de trabajos prácticos de las cátedras “Evaluación y Control del Rendimiento Deportivo” y “Estadística Aplicada” del Ciclo de Licenciatura en Educación Física de la Universidad FASTA, Mar del Plata. Integrante de la Comisión Directiva de la Asociación de Profesionales en Educación Física de Mar del Plata (A.P.E.F. Mar del Plata).

⁵⁰ Licenciada en Psicología (UBA). Especialista en Psicología clínica con niños y adolescentes. (APDEBA). Doctorando en Ciencias de la Salud (Univ. Barceló). Integrante del Servicio de Psicología del Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur, organismo dependiente del Ministerio de la Salud de la Nación. Mar del Plata. Argentina. Docente Adjunta en la materia Teorías del desarrollo temprano 2. En la Especialización en Psicología clínica con niños y adolescentes. (APDEBA). Titular de la asignatura de Psicología aplicada al entrenamiento deportivo. Licenciatura en Educación Física. Universidad Fasta. Coautora del Programa de Rehabilitación Cardiovascular del INaRePS.

⁵¹ Licenciado en Educación física (Facultad en Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Catamarca.1996). Especialista en Metodología de la investigación Científica (UNLa. 2015). Magister en Diseño y Gestión de Programas de actividad física para la salud (Univ. CAECE. 2011). Doctorando en Ciencias de la Salud. (Univ. Barceló). Maestrando en Metodología de la Investigación científica (UNLa). Instructor (L3) de la *International Society for the advancement of kinanthropometry*. Director de la Dirección de docencia e Investigación científica Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur, organismo dependiente del Ministerio de la Salud de la Nación, Mar del Plata. Coautor del Programa de Rehabilitación Cardiovascular del INaRePS. Coordinador de la Licenciatura en Educación Física, Facultad de Ciencias de la Educación, UFASTA, Mar del Plata. Investigador titular, Facultad de Ciencias de la Educación, UFASTA. Docente de las asignaturas: Metodología de la investigación científica, Estadística aplicada, Análisis biomecánico del gesto deportivo y Evaluación y control del rendimiento deportivo en la Facultad de Ciencias de la Educación, UFASTA. Docente de las materias Biomecánica aplicada y Evaluación de la condición física, Profesorado del Club A. Quilmes, Mar del Plata. Docente de la materia Análisis biomecánico del gesto deportivo. Profesorado del CADS. Mar del Plata.

aumentar el consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx.), mejorar el consumo de oxígeno submáximo (VO_2 submáx.) para igual carga (previa al PReCar); reducir los triglicéridos, aumentar la HDL, disminuir el colesterol total y el LDL, reducir los triglicéridos, aumentar la HDL, disminuir el colesterol total y el LDL, reducir niveles de ansiedad y depresión, aumentar la motivación para la adherencia a la rehabilitación, aprender diferentes estrategias de afrontamiento, trabajar con las atribuciones, fomentar la comunicación y la socialización, favorecer una mejor autoestima y autoconfianza, trabajar con los niveles de stress y las emociones negativas, favorecer el apoyo social.

Todo lo anteriormente mencionado mejora la calidad de vida, lo que aumenta un 25% la sobrevivencia de los pacientes con cardiopatía isquémica. La Rehabilitación Cardiovascular es una herramienta terapéutica posible de utilizar en todos los pacientes en los que no exista contraindicación médica. Se evalúa a la persona con patología cardiovascular mediante un electrocardiograma, una Prueba Ergométrica graduada (15 canales), una evaluación directa del consumo de oxígeno, una evaluación cineantropométrica, una evaluación nutricional y una evaluación psicológica.

La RC se compone de cuatro fases: **1.-** Hospitalaria, **2.-** Comienza con el alta Hospitalaria y dura aproximadamente 6 semanas, **3.-** Rehabilitación propiamente dicha, **4.-** Fase de mantenimiento.

La rehabilitación cardiovascular se compone de cuatro fases:

I.- Hospitalaria,

II.- Comienza con el alta Hospitalaria y dura aproximadamente 6 semanas,

III.- Rehabilitación propiamente dicha,

IV.- Fase de mantenimiento.

La tercera fase, que es la que se lleva a cabo en el INaRePS, se logra con un esquema de ejercicios físicos (en gimnasio y en pileta) con una definida calidad, intensidad y periodicidad; se instruye convenientemente al paciente en lo referente a cómo utilizar el tiempo en los días que no concurre. Paralelamente se realiza tratamiento psicológico y control en nutrición. Durante el período en el que la persona con discapacidad

cardiovascular realiza rehabilitación, se realiza un estudio de todos los factores de riesgo que pudiera padecer cada paciente actuando en función de los mismos para lograr su erradicación o modificación con el seguimiento correspondiente.

Palabras Clave: Rehabilitación Cardiovascular. Infarto Agudo de Miocardio.

Consideraciones generales

Los altos índices de morbimortalidad (véase 4.a-Análisis de la situación actual) exigen una solución efectiva que comprometa a los distintos efectores de salud en todos sus niveles y ese compromiso permita un menor costo social.

La Rehabilitación Cardiovascular (R.H.C.V.) está planteada de esta manera como una herramienta terapéutica que el médico cardiólogo puede usar en todos los pacientes con excepción de aquellos en los que exista una formal contraindicación. Evita la progresión de la enfermedad a etapas de mayor compromiso. Actualmente existen evidencias de que podría determinar la regresión de placas ateroscleróticas, produce modificaciones favorables en los factores de riesgo como la hipertensión arterial, las dislipemias, la diabetes mellitus, la hipercoagulabilidad, el tabaquismo. En los pacientes que padecen cardiopatía isquémica es capaz de reducir los infartos, reinfartos y prolongar su vida. Se consigue reducir el tono simpático con menores niveles basales de catecolaminas y menor liberación de las mismas a niveles de ejercicio submáximo.

En el presente proyecto se pone énfasis en las fases III y IV dejando las fases I y II como parte de la educación constante que se debe realizar para tener éxito en estas últimas etapas y que de por sí ya está generalizado como rutina de tratamiento por lo que no se abundará en más detalles.

Objetivos y estrategias

La R.H.C.V. es una estrategia de salud destinada a disminuir las tasas de morbimortalidad de la población más vulnerable mediante acciones diseñadas bajo el concepto de eficacia, eficiencia, accesibilidad y cobertura. Permite, mediante las acciones

multidisciplinarias, lograr un compromiso generalizado con la salud que es patrimonio de todo el espectro comunitario. Plantea la incorporación de la docencia y la investigación como una herramienta permanente de formación en RR.HH.

Unidad ejecutora y responsable

Será ejecutado por la Sección de Cardiología a cargo del médico cardiólogo, quien coordinará todos los procedimientos de la rehabilitación cardíaca con evaluación, prescripción, supervisión y educación. Es el nexo de unión entre todos los integrantes del equipo y el encargado de establecer contacto con los médicos de cabecera o instituciones que envían a sus pacientes para tratamiento de rehabilitación cardiovascular.

Debe contar además con los siguientes recursos humanos:

Médico fisiatra: con conocimientos en fisiología del ejercicio, ergometría, resucitación cardiopulmonar y rehabilitación cardiovascular.

Lic. en Educación Física: con conocimientos en fisiología del ejercicio y Cineantropometría, deberá especializarse en el manejo de programas de rehabilitación cardiovascular, con capacitación en resucitación cardiopulmonar y ergometría.

Psiquiatra: con experiencia en el manejo de la personalidad del cardiópata, marcará pautas de porcentaje de abandono, reinserción laboral, acomodamiento social, control del estrés, comprensión familiar y todo aquello que permita integrar el concepto psicosocial de la prevención secundaria. Deberán participar en la ficha psicopatológica correspondiente, consulta de ingreso, y realizarán controles periódicos individuales y/o grupales acordes a la necesidad de cada caso.

Lic. en Psicología: con experiencia en el manejo de la personalidad del cardiópata, marcará pautas de porcentaje de abandono, reinserción laboral, acomodamiento social, control del estrés, comprensión familiar y todo aquello que permita integrar el concepto psicosocial de la prevención secundaria. Deberán participar en la ficha psicopatológica correspondiente, consulta de ingreso, y realizarán controles periódicos individuales y/o grupales acordes a la necesidad de cada caso.

Lic. en Kinesiología o Terapeuta Físico: con conocimientos en fisiología del ejercicio y entrenamiento en ergometría, resucitación cardiopulmonar y rehabilitación cardiovascular.

Lic. en Terapia Ocupacional: con conocimientos en fisiología del ejercicio y habilidad para implementar el nexo de unión entre la capacidad funcional del paciente y la actividad laboral adecuada de acuerdo a la misma. Deberá participar en la ficha de ingreso y las evaluaciones periódicas correspondientes.

Lic. en Nutrición: asesorará respecto al hábito y dietética conveniente de cada paciente particular participando en la ficha de ingreso y los controles periódicos correspondientes.

Lic. en Enfermería: con conocimientos en fisiología del ejercicio, interpretación de complicaciones y entrenamiento en ergometría, preparación del paciente, resucitación cardiopulmonar y rehabilitación cardiovascular.

Recursos del programa o actividad

a.- *Gimnasio o sala de entrenamiento:* adecuadamente ventilado, luminoso y con temperatura acondicionada entre 18 y 22 grados. Provisto de instalación eléctrica adecuada para facilitar el uso rápido de equipos electrónicos de emergencia. Con sistema de alarma eficiente para eventuales emergencias. Con un mínimo de 30 m² de superficie.

b.- *Vestuario y baños:* adecuados para que el paciente pueda cambiarse antes y después de la actividad física, con inodoros, lavabos y duchas.

c.- *Sala de evaluación y consultorio médico:* donde el paciente será interrogado y examinado cardiológicamente, contando con electrocardiógrafo, ergómetros, cinta ergométrica, ciclo ergómetro, osciloscopio, cardioversor, tensiómetro, estetoscopio, equipo completo de reanimación. Se cuenta además con un ecocardiógrafo con sistemas modo M, bidimensional y Doppler blanco y negro, servicios de radiología y laboratorio convencionales.

Descripción de la RHCV

Rehabilitación indica según los expertos de la O.P.S. (1969-1988) el proceso continuo y coordinado, tendiente a obtener la restauración máxima de la persona discapacitada en los aspectos funcional, física y psíquica, educacional, social, profesional y ocupacional con el fin de reintegrarla como miembro productivo a la comunidad, así como promover las medidas que buscan prevenir la discapacidad.

Por tal motivo se propone el presente programa como una solución de continuidad entre el proceso agudo y la reincorporación total a la sociedad del enfermo cardiovascular en líneas generales, y de la persona que sufrió el infarto agudo de miocardio. Promueve una participación activa de los servicios mediante una red de prestadores que involucra las distintas jurisdicciones (nivel I, II, III y IV). Propone la participación de otros sectores que no están incorporados con el sector salud (educación, etc.). Vinculación con el programa de rehabilitación respiratoria en los compromisos cardiorespiratorios.

Propósitos

El propósito es llegar a obtener el efecto entrenamiento con lo que se consigue "un rápido retorno a un estilo de vida normal o lo más semejante al que el individuo tenía previo a su enfermedad, que le permita cumplir un rol satisfactorio en la sociedad, retornando a una vida activa y productiva". (Definición de la O.M.S. que se adoptó hace muchos años en cardiología).

Promueve la participación en red de los distintos niveles de prestación para mejorar la calidad de vida de la población asistida. Es una herramienta terapéutica que el médico cardiólogo puede usar en todos los pacientes con excepción de aquellos en los que existe una contraindicación. La rehabilitación cardiovascular (RHCV) puede evitar la progresión de la enfermedad a etapas de mayor compromiso.

Actualmente existen evidencias que la práctica de la RHCV podría determinar también regresión de placas arterioescleróticas. El beneficio más importante es la mejoría de la capacidad funcional, provocando una serie de adaptaciones periféricas y cardíacas (aumento de la extracción periférica de oxígeno, aumento del volumen minuto y mejoría del

transporte de oxígeno) que llevan a una disminución de la frecuencia cardiaca, presión arterial y consumo de oxígeno miocárdico en reposo y en niveles submáximos de ejercicio. Esto se traduce en un aumento del umbral para síntomas como: angor, disnea, fatiga y agotamiento y un aumento de la capacidad de trabajo, lo que redundará en una mejor calidad de vida por medio de un método fisiológico (no farmacológico ni invasivo).

El ejercicio físico regular de mayor intensidad puede provocar adaptaciones cardíacas con aumento del consumo de oxígeno miocárdico, mejoría de la contractilidad y del volumen sistólico. La RHCV produce modificaciones favorables en los factores de riesgo: reducción de la hipertensión arterial, control de las dislipemias, de la diabetes Mellitus, de la hipercoagulabilidad y del tabaquismo. Es capaz además de prolongar la vida y reducir los reinfartos en los pacientes coronarios.

El entrenamiento produce una disminución del tono simpático con menores niveles basales de catecolaminas y menor liberación de noradrenalina a niveles de ejercicio submáximo.

Objetivos

La forma de llegar a los propósitos descritos es efectuando un esquema de ejercicios físicos que como mínimo deben ser de una hora día por medio, cuya calidad e intensidad serán detallados suficientemente en el ítem Programación propiamente dicha; a su vez se instruirá convenientemente al paciente en lo referente a como utilizar el tiempo en los días en que no concurre al servicio, siempre atendiendo a las posibilidades de cada caso en particular. Se efectuará también una asistencia nutricional y psiquiátrica, así como un estudio completo de los factores de riesgo que pudiera padecer cada paciente actuando sobre los mismos para lograr su erradicación o modificación con el seguimiento correspondiente.

La población objetivo sobre la que se actuará será la que se encuadra dentro de las indicaciones de la RHCV:

Indicaciones

- Post-infarto agudo de miocardio
- Post-cirugía cardíaca
- Post-angioplastia
- Angina crónica estable
- Isquemia silenciosa
- Insuficiencia cardíaca
- Claudicación intermitente de miembros inferiores
- Previo trasplante cardíaco
- Post-implante cardíaco
- Hipertensión arterial controlada
- Hipersimpálicotonía
- Control de Obesidad
- Control de dislipemia
- Diabetes Mellitus
- Longevos
- Osteoporosis
- Insuficiencia renal crónica
- Marcapasos

Esta población objetivo será excluida en caso de que esté encuadrada dentro de las contraindicaciones de la RHCV.

Contraindicaciones

Es menester acotar que hay contraindicaciones que pueden ser erradicables o modificables, una vez conseguido lo cual el paciente puede iniciar RHCV.

- Infarto agudo en evolución
- Angor inestable
- Angina refractaria al tratamiento
- Insuficiencia cardiaca descompensada
- Miocarditis aguda y subaguda
- Endocarditis infecciosa
- Pericarditis aguda
- Tromboembolismo pulmonar
- Trombosis venosa profunda
- Tromboflebitis
- Hipertensión arterial grave
- Estenosis aórtica moderada y grave
- Estenosis mitral moderada y grave
- Arritmias graves refractarias al tratamiento
- Evidencias de lesión de tronco de coronaria izquierda
- Aneurisma ventricular extenso
- Sospecha de disección de aorta
- Miocardiopatía con trombos murales
- Bloqueo A-V mayor de primer grado (modificable con el ejercicio)

- Comportamiento paradójico intraesfuerzo de la presión arterial
- Wolff Parkinson White que aparece con el ejercicio
- Paciente con cuadros febriles
- Anemia sintomática
- Insuficiencia respiratoria grave
- Asma con crisis desencadenadas por el ejercicio físico
- Disfunción tiroidea
- Cualquier enfermedad crónica en etapa de descompensación

El área geográfica dependerá de la que corresponda a la institución donde funcione cada unidad de RHCV. En nuestro caso, la cobertura corresponderá a la población de riesgo del Partido de General Pueyrredón. En lo referente al costo/beneficio del programa debe recalcarse, que de dicha relación resulta un saldo altamente favorable respecto de la erogación necesaria para su implementación, mantenimiento y los resultados obtenidos con su realización.

Programación propiamente dicha

Se consideran cuatro fases dentro de la RHCV, de las cuales el I.Na.Re.P.S. efectuará la III y la IV:

Fase I- Intrahospitalaria

Se realiza en el paciente internado. Representa el comienzo del proceso de rehabilitación. Debe iniciarse lo más temprano posible como lo permita la evolución del paciente, considerando tres metas: educacional, psicológica y fisiológica; y efectuando a los pacientes que no presentaron angor post-infarto o falla de bomba de difícil control una mini

prueba ergométrica graduada, lo que permite estratificar los riesgos y prescribir el nivel de actividades en la fase II.

Fase II

Comienza con el alta hospitalaria y dura aproximadamente seis semanas. Durante esta fase el paciente se reintegra paulatinamente a su ámbito familiar, social y laboral. La actividad física inicial es la marcha, que debe comenzar en forma progresiva. La fase II finaliza con una prueba ergométrica máxima realizada con la medicación habitual del paciente, que sirve para obtener una nueva evaluación física y pronóstica. Si ella es satisfactoria se inicia la fase III.

Fase III

Es la fase de rehabilitación propiamente dicha. La PEG máxima realizada al final de la etapa II determina los parámetros adecuados para el comienzo de esta nueva etapa, que se prolonga hasta que el paciente está en condiciones de pasar a la fase IV.

El objetivo de este momento de la RHCV es desarrollar un condicionamiento o entrenamiento físico igual o superior al que poseía el paciente antes del evento cardíaco o descompensación, y además controlar o eliminar los factores de riesgo cardiovascular.

El equipo de profesionales a cargo debe ser multidisciplinario: Cardiólogo, Lic. o Prof. en Educación Física, Lic. en kinesiología o Ter. Fís., Fisiatra, Nutricionista, Psiquiatra y Lic. en Terapia Ocupacional.

El efecto favorable del entrenamiento comienza a objetivarse luego del tercer mes. Un correcto control de la evolución en esta fase puede alertar al médico sobre la posibilidad de nuevos eventos, ya que el mayor predictor de los mismos es el empeoramiento de la capacidad funcional.

Si el paciente evoluciona en forma favorable durante por lo menos un año y tiene una capacidad funcional superior a siete Mets o 600 Kgm., está en condiciones de pasar a la etapa siguiente.

Fase IV

Esta fase se la denomina de mantenimiento. Consiste en un programa de sostén a largo plazo que se puede realizar con menor supervisión. La fase IV se prolonga mientras el paciente permanezca clínicamente estable y con la misma capacidad funcional.

La meta es mantener el entrenamiento alcanzado en la etapa previa. Esto se logra con una actividad de RHCV que puede estar supervisada por un profesor en educación física, un kinesiólogo y un fisiatra con experiencia y conocimiento de la fisiología del ejercicio. La dirección médica del centro debe estar a cargo de un médico cardiólogo rehabilitador.

Fase III de la RHCV

1er. paso

El médico cardiólogo del equipo evalúa el ingreso, teniendo en cuenta la presencia de indicaciones para RHCV y la ausencia de contraindicaciones.

2do. paso

Evaluación de la capacidad funcional y de los factores de riesgo presentes. Para ello se levanta la historia clínica de RHCV y los estudios pertinentes (como figuran en la ficha de historia clínica).

Se efectúa además una consulta con psiquiatría, psicología, nutrición, interconsultas electivas si fueran necesarias y consulta con terapia ocupacional. En esta última, considerando que debe canalizar las actividades laborales futuras de todo paciente rehabilitado, es perentorio que prime el criterio, no siempre posible de cumplir, de que no se aplique en forma sistemática la obligación del cambio laboral, sino que es de gran utilidad concientizar a cada paciente de modificar su actitud integral frente a la misma ocupación u otra.

Por intermedio de la prueba ergométrica graduada (PEG) se estratificarán las diferentes clases funcionales de los pacientes, tomando en cuenta lo que a continuación referimos:

Capacidad funcional útil (CFU): es la carga máxima lograda sin signos ni síntomas patológicos o agotamiento.

Capacidad funcional límite (CFL): es la máxima carga con la que aparece cualquier signo o síntoma patológico.

Capacidad funcional máxima (CFM): es la carga máxima alcanzada a partir de la cual debe suspenderse la prueba por agotamiento, síntomas o signos abarcados dentro de los criterios ergométricos para detener el esfuerzo o, en el caso de las pruebas normales, cuando llega a la capacidad funcional máxima que puede ser sin o con reducción funcional aeróbica.

A su vez, en relación a la carga en que se establece la CFL, los clasificamos de acuerdo a la tabla 1 de clase funcional ergométrica (CFE):

Tabla 1

	Clase 4	Clase 3	Clase 2	Clase 1b	Clase 1a
Consumo de O₂ (ml x kg/min)	3.5	7	10.5-14	17.5	21 o más
Cal/min mas *	Hasta 1.5	1.5 a 2.7	2.7 a 4	4 a 6.6	6.6 o más *
Met	1.6	2	3 - 4	5	6.6 o más
Kgm/min	30	150	300	450	600 o más

*AA: asignológico - asintomático

Por ejemplo: CFL 3 Mets
CFE 2
ó
CFL 300 Kgm/min
CFE 2

Tabla 1. Fuente: elaboración propia

En este segundo paso se determinan también la presencia de factores de riesgo modificables o erradicables sobre los que se trabajará simultáneamente con los ejercicios programados. En los casos que presenten una CFL en CFE 3 ó 4 se evaluará la posibilidad de derivación a un servicio con la complejidad suficiente para tratamientos más agresivos, si

esto no es posible porque la patología del paciente ya no lo permite o por cualquier otra causa justificada- los CFE 4, por intermedio del servicio de terapia ocupacional, serán canalizados hacia actividades laborales livianas y los de CFE 3 podrán ir al gimnasio con actividades acordes a su estado.

Una vez efectuados estos pasos, al paciente se le efectúa una antropometría cuya sistemática está incluida al final del programa.

(Las fichas de HC de RHCV, PEG, psiquiatría, terapia ocupacional, nutrición y sistemática de la antropometría, se adjuntan al final.)

3er. paso

Estructura de los ejercicios programados

Serán coordinados por el Lic. en Educación Física o kinesiólogo y supervisados por el cardiólogo y el fisiatra. Las sesiones deben realizarse tres veces por semana como mínimo. Las mismas deben tener una duración de una hora.

Se puede efectuar el trabajo en el 70 al 85% de la CFL o en la CFU. Elegimos, por lo práctico, la CFU tratando, en lo posible y en base al entrenamiento, de mejorarla en forma progresiva, en los casos AA se trabajará en el 70-85% de la frecuencia cardiaca máxima. Respecto a la (CFL), en el caso de que se presente solo una respuesta hipertensiva, sin otra alteración patológica, si bien por definición estaríamos en dicha clase funcional, excluimos de la misma los casos en que la presión arterial se halla por debajo de 110 de diastólica o 240 de sistólica, los incluimos sí como (CFL) cuando igualan o superan esas cifras como única variante patológica.

a) Entrada en calor: toda sesión de gimnasia deberá contar con un precalentamiento de no menos de 5 minutos de duración. Este podrá realizarse con calistenia o bicicleta.

b) Plan de bicicleta: cada sesión de bicicleta deberá alcanzar un mínimo de 15 minutos por sesión con un máximo de 30 minutos.

c) Gimnasia general: cada una de las sesiones deberá contar con un mínimo de 20 minutos y hasta un máximo de 30 minutos.

Se comenzará con un gasto calórico que en la misma sesión irá progresivamente en aumento, todo acorde con la clase funcional ergométrica en que se halla el paciente.

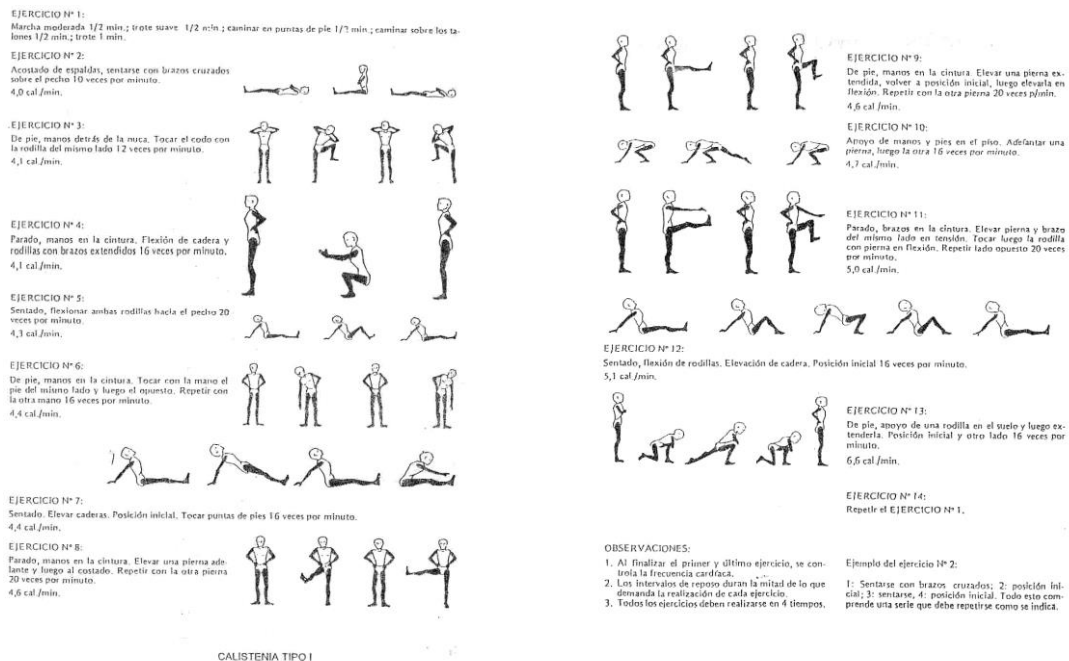
El componente isométrico deberá adecuarse a la capacidad ergométrica alcanzada en sucesivas evaluaciones con el criterio de que a menor capacidad funcional le corresponde menor grado de isometría.

d) *Deportes:* se efectuarán de acuerdo a la capacidad funcional y la adherencia de cada uno de los pacientes a los diversos deportes posibles con los que cuentan las instalaciones del I.Na.Re.P.S.

e) *Trote:* esta actividad se recomienda para todos los pacientes que estén en condiciones de realizarlo. Las evaluaciones ergométricas serán determinantes en su indicación y su duración. En general, no superarán los 10 minutos.

Tipo I

Antes de comenzar el plan de actividades, deberá realizar caminata/trote en cinta durante un tiempo no mayor 20 minutos, en una velocidad de hasta 6 km/h. Figura 1 y 2



Figuras 1 y 2. Fuente: Bertolasi, Cs A. Cardiología Clínica

Tipo II

Antes de comenzar el plan de actividades, deberá realizar bicicleta fija durante un tiempo no mayor a 15 minutos con una carga no mayor a 450 kgm.

EJERCICIO N° 1:
Marcha moderada 1/2 min.; trote suave 1/2 min.; caminar en puntas de pie 1/2 min.; caminar sobre los talones 1/2 min.; trote 1 min.

EJERCICIO N° 2:
Manos detrás de la nuca. Elevar ambos brazos con inclinación derecha e izquierda 14 veces por minuto.
2,8 cal./min.

EJERCICIO N° 3:
Manos en la cintura. Inclinación a la derecha e izquierda 14 veces por minuto.
2,9 cal./min.

EJERCICIO N° 4:
Sentado, elevar una pierna, luego la otra. Después ambas en flexión 16 veces por minuto.
2,9 cal./min.

EJERCICIO N° 5:
Sentado, llevar manos hacia los pies 16 veces por minuto.
3,0 cal./min.

EJERCICIO N° 6:
De espaldas, llevar rodillas flexionadas al pecho 10 veces por minuto.
3,2 cal./min.

EJERCICIO N° 7:
De espaldas, tocar con una mano la rodilla flexionada opuesta 16 veces.
3,3 cal./min.

EJERCICIO N° 8:
Sentado, separar ambas piernas y luego juntarlas 16 veces por minuto.
3,4 cal./min.

EJERCICIO N° 9:
Parado con brazos elevados. Flexionar el tronco. Tocar pie derecho, al centro y pie izquierdo 16 veces por minuto.
3,6 cal./min.

EJERCICIO N° 10:
De pie, manos en la cintura. Elevar los brazos en cruz con rotación del tronco a derecha e izquierda 16 veces por minuto.
3,8 cal./min.

EJERCICIO N° 11:
Manos en la cintura, flexión del tronco. Llevar los brazos hacia atrás. Posición inicial 16 veces por minuto.
3,9 cal./min.

EJERCICIO N° 12:
Repetir el EJERCICIO N° 1.

OBSERVACIONES:

- Al finalizar el primer y último ejercicio, se controla la frecuencia cardíaca.
- Los intervalos de reposo duran la mitad de lo que demanda la realización de cada ejercicio.
- Todas las actividades deben realizarse en 4 tiempos, con excepción del ejercicio N° 3 que debe ejecutarse en 8 tiempos.

Ejemplo del ejercicio N° 2:
1: elevar brazos hacia un lado; 2: posición inicial; 3: elevar brazos hacia el otro lado; 4: posición inicial.
Todo esto comprende una serie, que debe repetirse las veces que se indica.

CALISTENIA TIPO II

Figuras 3 y 4. Bertolasi, Cs A. Cardiología Clínica TIPO III

EJERCICIO N° 1:
Manos en la cintura, flexión de tronco con inclinación lateral a ambos lados, 16 veces por minuto.
CAL 1,2

EJERCICIO N° 2:
Sentado, tocar con la mano el pie opuesto, 16 veces por minuto.
CAL 1,4

EJERCICIO N° 3:
De espaldas, cruzar una pierna. Luego la otra, 16 veces por minuto.
CAL 1,7

EJERCICIO N° 4:
Sentado, Manos al pecho, luego llevarlas atrás 28 veces por minuto.
CAL 1,8

EJERCICIO N° 5:
Manos en la cintura. Elevar una mano con inclinación lateral del tronco opuesta. Repetir con el otro brazo, 16 veces por minuto.
CAL 2,1

EJERCICIO N° 6:
Brazos al costado del cuerpo. Elevarlos por delante, por detrás y luego por sobre la cabeza, 14 veces por minuto.
CAL 2,3

EJERCICIO N° 7:
Sentado con piernas separadas. Elevar una pierna, luego la otra, alternativamente, 16 veces por minuto.
CAL 2,4

EJERCICIO N° 8:
De espaldas. Elevar una pierna hasta el ángulo recto, y luego la otra, 10 veces por minuto.
CAL 2,5

EJERCICIO N° 9:
Manos en la cintura. Elevar los brazos adelante, luego atrás, 28 veces por minuto.
CAL 2,6

EJERCICIO N° 10:
Recuperar con respiración diafrágica.
PRES. CON DIAFRAGMA
REPOSO

Figuras 5 y 6. Bertolasi, Cs A. Cardiología Clínica

TIPO IV

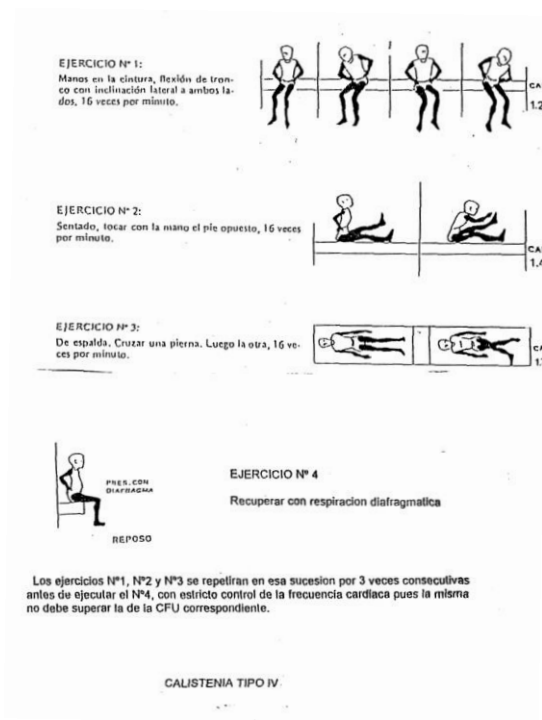
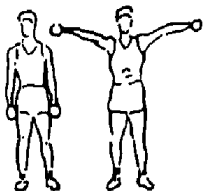


Figura 7. Bertolasi, Cs A. Cardiología Clínica

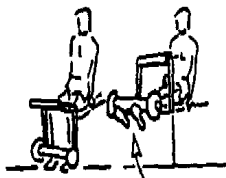
Trabajo de fortalecimiento con sobrecarga

Luego de un período de adaptación al Plan que corresponda a su categoría funcional, el paciente comenzará con un programa general de fortalecimiento, el cual se llevará a cabo luego de la sesión de los ejercicios programados anteriormente enunciados. Se realiza entre tres a cuatro semanas de adaptación y luego se lleva a cabo la etapa de evaluación, a partir de esta etapa se realiza la programación del trabajo de fuerza resistencia. Este plan de fuerza resistencia se plantea de la siguiente forma:

3 series x 10 repeticiones x al 50 % de la carga máxima, al 50% de velocidad de desplazamiento, y con un minuto de micropausa y 2 minutos de macropausa.



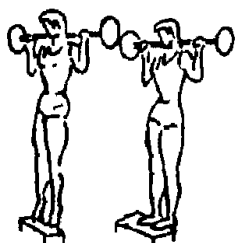
Ej. N°1



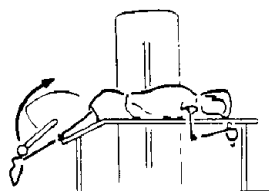
Ej. N°2



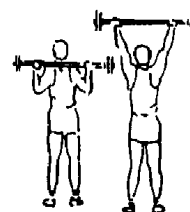
Ej. N°3



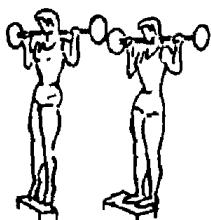
Ej. N°4



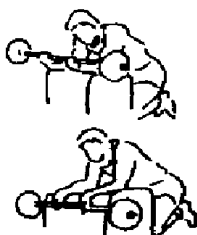
Ej. N°5



Ej. N°6



Ej. N°7



Ej. N°8

Controles

Sólo se monitorearán los pacientes que posean muy baja capacidad funcional. No los haremos para el grueso de los pacientes por su innecesidad y para no generar dependencias de los mismos, pues no aportan mayores elementos de control que la no superación de la frecuencia cardiaca útil de cada paciente, controlada por el equipo o el propio paciente tomándose el pulso en 15" y observando el reloj de pared.

El control de la frecuencia cardiaca se efectuará:

- 1) previamente al comienzo de la sesión;
- 2) durante la carga máxima de bicicleta;
- 3) posteriormente a la realización de los ejercicios acostados, sentados y parados;
- 4) en forma inmediata al trote;
- 5) en forma inmediata a la práctica de los deportes realizados;
- 6) a los 5' de concluida la sesión.

La presión arterial se controlará antes y después de las sesiones y según el caso en forma electiva.

Relax (vuelta a la calma): su objetivo consiste en lograr la disminución de la frecuencia cardiaca luego de haber completado la sesión, intentando llegar a la frecuencia basal registrada al comienzo de la misma. Por otro lado, cumple un verdadero rol de relajación, sumiendo al paciente en un estado de completa tranquilidad motora y psicológica. Se logrará con una marcha lenta de escasos minutos seguida inmediatamente de un descanso en posición decúbito dorsal.

Historia clínica de RHCV

Fecha:

Nombre y apellido:

Edad:

Dirección:

Teléfono:

Sintomatología actual:

Antecedentes familiares:

Madre:

Padre:

Hermanos:

Antecedentes personales:

HTA:

Tabaco:

Dislipemias:

Diabetes:

Gota:

Anticonceptivos:

Drogadicción:

Menopausia:

Antecedentes patológicos:

Infarto previo:

Tipo de alimentación:

Ocupación:

Examen físico:

Ojos: arco senil - xantema - fondo de ojo

Cuello: pulsos - soplos

Aparato respiratorio:

Examen cardíaco:

Abdomen:

Hígado:

Aorta abdominal:

Soplos:

Miembros:

Pulsos: derecho - izquierdo

Radial: maniobra de Allen

Tibial posterior:

Pedio:

Poplíteo:

Femoral:

Soplos:

Coronariografía:

Angioplastía:

Cirugía de revascularización:

Otras cirugías cardíacas:

Rayos X tórax frente y perfil:

Electrocardiograma:

Ecocardiograma:

Ergometría:

Consumo directo de oxígeno:

Capacidad funcional útil:

Capacidad funcional límite:

Capacidad funcional máxima:

Laboratorio:

Conclusión diagnóstica:

Plan de ejercicio físico

Educación Física

El plan de actividades dependerá de la CFU de cada paciente, cada una de las clases funcionales obtenidas a través de la P.E.G., será utilizada para el planteamiento de actividades de cada sujeto. Pero básicamente todas las actividades propuestas se llevarán a cabo con una frecuencia semanal de tres veces por semana, con una duración de una hora por sesión; dos de esos días realizarán actividades programadas en gimnasio y el tercer día hidroterapia en la pileta climatizada del hospital.

Evaluación Cineantropométrica

1). Referencias anatómicas I.S.A.K. Protocolo Completo

Se utiliza para el procesamiento de los datos el software AntroS.

A partir del mismo se obtiene, entre otras, las siguientes variables:

Fraccionamiento en 5 Masas

Sumatoria de pliegues

Somatotipo

Índices cineantrométricos

Fraccionamiento en cinco componentes:

La evaluación permite obtener los 5 componentes de la composición corporal:

Piel

Masa Adiposa

Masa Muscular

Masa Ósea

Masa Visceral

En los cinco casos expresados en kg. y % de masas. Las ecuaciones utilizadas para la predicción de estos componentes son los utilizados por Kerr.

Tratamiento psicocardiológico en rehabilitación cardiovascular del INaRePS

La Organización Mundial de la Salud, plantea que la Salud no es sólo la ausencia de enfermedad, sino también es el estado de bienestar somático, psicológico y social del individuo y de la colectividad. ⁽¹⁾

Desde un abordaje interdisciplinario, el apoyo psicológico es uno de los pilares necesarios en un programa de rehabilitación cardiovascular. Consiste en una serie de medidas tendientes a garantizar un adecuado equilibrio psíquico de los pacientes.

La enfermedad cardiovascular supone un cambio que afecta a todas las áreas de la vida del sujeto, quién deberá adoptar nuevas conductas que disminuyan los factores de riesgo asociados a la enfermedad. Algunos pacientes superan el impacto emocional inicial y se adhieren al Programa de Rehabilitación Cardíaca, pero otros pacientes presentan dificultades para afrontar estos cambios, instalándose en un estado de vulnerabilidad psicológica que incide negativamente en su calidad de vida.

Los factores de riesgo psicológicos son: los estímulos ambientales estresantes, las características personales y los trastornos emocionales

Psicocardiología

Es la rama de la psicología de la salud que detecta e interviene sobre los factores de riesgo psicosociales que inciden en el desarrollo y desencadenamiento de las enfermedades cardíacas, sus secuelas y su rehabilitación.

En la actualidad se considera al sujeto como un ser biopsicosocial, por lo tanto, el abordaje a implementar debe ser integral, tomando en cuenta los factores biológicos, psicológicos, sociales y ambientales. (Figura 8).

Históricamente se han planteado dos modelos de intervención:

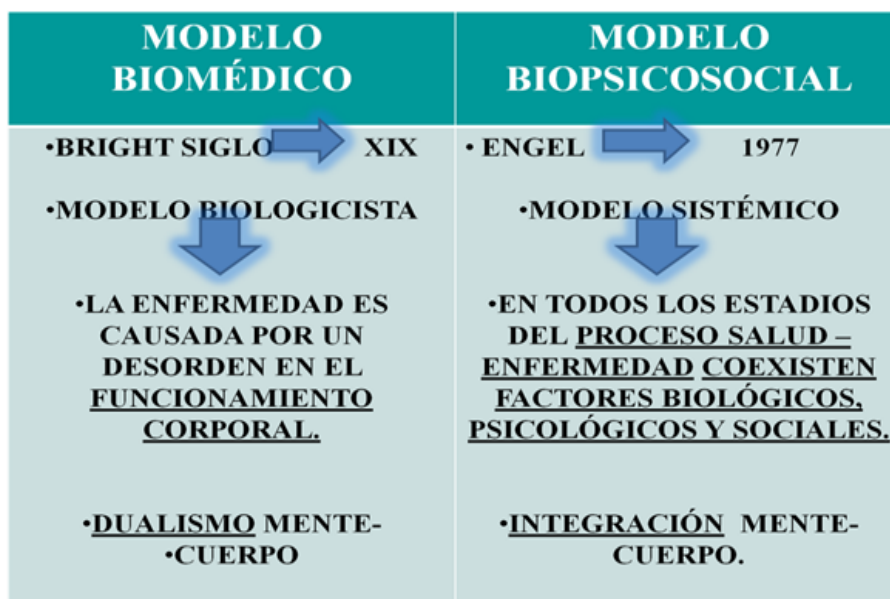


Figura 8. Fuente: elaboración personal.

La terapia psicocardiológica puede actuar en prevención primaria, prevención secundaria y prevención terciaria. Los enfoques de cada una de ellas se describen en la Figura 9.

	PRIMARIA	SECUNDARIA	TERCIARIA
Concepto	Medidas orientadas a evitar la aparición de una enfermedad o problema de salud, mediante el control de los agentes causales y factores de riesgo.	Medidas orientadas a detener o retardar el progreso de una enfermedad o problema de salud, ya presente en un individuo en cualquier punto de su aparición.	Medidas orientadas a evitar, retardar o reducir la aparición de las secuelas de una enfermedad o problema de salud.
Objetivo	Disminuir la incidencia de las enfermedades.	Reducir la prevalencia de la enfermedad.	Mejorar la calidad de vida de las personas enfermas.
Etapas de la historia natural de la enfermedad	Prepatogénico	Patogénico	Resultados: cronicidad
Actividades	a. Promoción de la salud (dirigida a las personas) b. Protección de la salud (realizadas sobre el medio ambiente).	El núcleo fundamental de actividades lo forman los programas de cribado o detección.	a. Tratamiento para prevención de secuelas. b. Rehabilitación física, ocupacional, psicológica.

Figura 9. Fuente: elaboración personal.

Partiendo desde los conceptos transversales planteados la figura 7, los objetivos en psicología, podría describirse de la siguiente forma.

En prevención primaria, prevenir la aparición de enfermedades cardiovasculares a través de la concientización de los estímulos ambientales estresantes. En prevención secundaria, las medidas están orientadas a:

- reducir la prevalencia de la enfermedad,
- acompañar a la persona en su internación; participar en la psicoprofilaxis quirúrgica con el objetivo de reducir el impacto traumático a nivel psicológico que una cirugía cardiovascular pueda causarle (reconocimiento de su mortalidad).

En prevención terciaria, procurar mejorar la calidad de vida de las personas con patología cardiovascular, actuando en programas de rehabilitación cardiovascular.

Fase de rehabilitación cardiovascular

Objetivos generales

- Brindar apoyo emocional a la persona que ingresa a Rehabilitación Cardiovascular.
- Promover la disminución de la ocurrencia de episodios cardíacos a partir de la detección de factores emocionales negativos.
- Favorecer el proceso de toma de conciencia y aceptación de su estado actual de salud.
- Promover la adherencia y la motivación a la rehabilitación cardiovascular.
- Detectar factores de riesgos biológicos, psicológicos y ambientales.
- Trabajar con las expectativas depositadas en el tratamiento de rehabilitación (fantasías de enfermedad y curación).

Objetivos específicos

- Elaborar el impacto emocional que genera un episodio cardíaco.
- Evaluar los patrones de conducta presentes. (PACTA, PACTB, PACTC, PACTD)
- Evaluar y controlar los niveles de estrés y ansiedad.
- Detectar la presencia de depresión y pensamientos negativos.

- Propiciar estrategias de afrontamiento en el proceso de adaptación a la enfermedad.
- Fomentar cambios en las condiciones ambientales conducentes a un nuevo estilo de vida.
- Fomentar la autorregulación y autocontrol de las emociones.
- Empoderar las capacidades remanentes.
- Propiciar encuentros informativos con especialistas sobre temáticas de interés propias de esta patología.
- Colaborar en la re-inserción de actividades sociales.
- Promover sistemas de apoyo social.

Estrategias de abordaje

La intervención psicológica se desarrolla en diferentes momentos:

1. Una evaluación individual, la cual consiste en una evaluación psicométrica de: niveles de ansiedad, depresión y patrón de conducta tipo A.

2. La intervención grupal como espacio facilitador de aspectos relacionales con características de un grupo abierto y operativo. Las sesiones grupales se desarrollan a través de talleres reflexivos e informativos, utilizando técnicas de dinámica grupal.

3. Asimismo, se implementan entrevistas individuales, a demanda del paciente o solicitadas por el profesional.

Evaluación psicométrica

La evaluación psicométrica se realiza mediante los siguientes cuestionarios estandarizados:

- Cuestionario STAI de ansiedad (rasgo y estado).

- Cuestionario Beck para la depresión.
- Cuestionario de Patrón de conducta tipo A.

Actividades de investigación

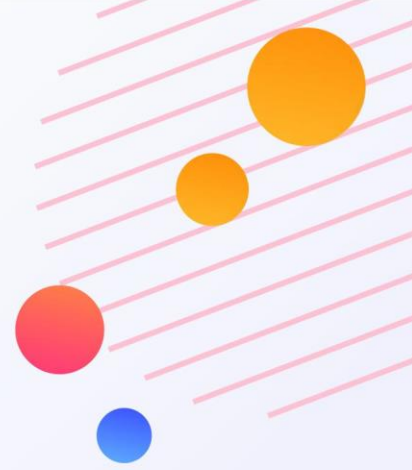
Se encuentra en etapa de elaboración un trabajo de investigación en el cual se toma como referencia la formulación de patrones de personalidad de los cardiólogos Friedman y Rosenman. Se intenta definir qué patrón de conducta es prevalente en personas con cardiopatías cuando ingresan a Rehabilitación Cardiovascular en el Instituto Nacional de Rehabilitación Psicofísica del Sur (INaRePS).

Referencias bibliográficas

- Acevedo M., Kramer V, Bustamante M. J., Yáñez F., Guidi D., Corbalán R., Godoy I., Vergara I., Jalil J, Fernández M. Rehabilitación cardiovascular y ejercicio en prevención secundaria. *Rev. méd. Chile* vol.141 no.10 Santiago oct. 2013
- Antunes C. (1999) Manual de Técnicas de dinámicas de grupo, de sensibilización y lúdico pedagógicas. Buenos Aires: Lumen.
- Estado actual de la rehabilitación cardiovascular en Colombia (2010). Anchique C., Pérez-Terzic C., López-Jiménez F., Cortés-Bergoderi M. *Revista Colombiana de Cardiología* Vol. 18 No. 6 ISSN 0120-5633.
- Bernard M. (2006) *El trabajo psicoanalítico con pequeños grupos*. Buenos Aires: Lugar editorial.
- Bertolasi, Cs A. (1998). *Cardiología Clínica*. Editorial Panamericana.
- Bertolasi, Cs A. (2000). *Cardiología Clínica*. Buenos Aires. Editorial Panamericana
- Cano de la Cuerda R, Alguacil Diego I, Alonso Nartín J, Sánchez A, Miangolarra P., (2013). Programas de rehabilitación cardíaca y calidad de vida relacionada con la salud. Situación actual. Recuperado de <http://www.revespcardiol.org.es/programas-rehabilitacion-cardiaca>
- Cardiovascular Rehabilitation Increases Walking Distance in Patients with Intermittent Claudication (2021). Results of the CIPIC Rehab Study: A Randomised Controlled Trial. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*.
- Consejo de ergometría y rehabilitación cardiovascular Dr. José Menna. (1996) Comité Ejecutivo.
- Consenso Argentino de Rehabilitación Cardiovascular. (2019) Sociedad Argentina de Cardiología.
- Behnke A., Wilmore J. (1974). *Evaluation and Regulation of Body Build and Composition*.
- Impacto de los programas de Rehabilitación cardiovascular sobre el control lipídico en paciente con antecedentes de Síndrome Coronario con elevación del ST. Manuel García Del Río y col. *Revista Española de Cardiología*. Vol 73, suplemento 1. Octubre 2020

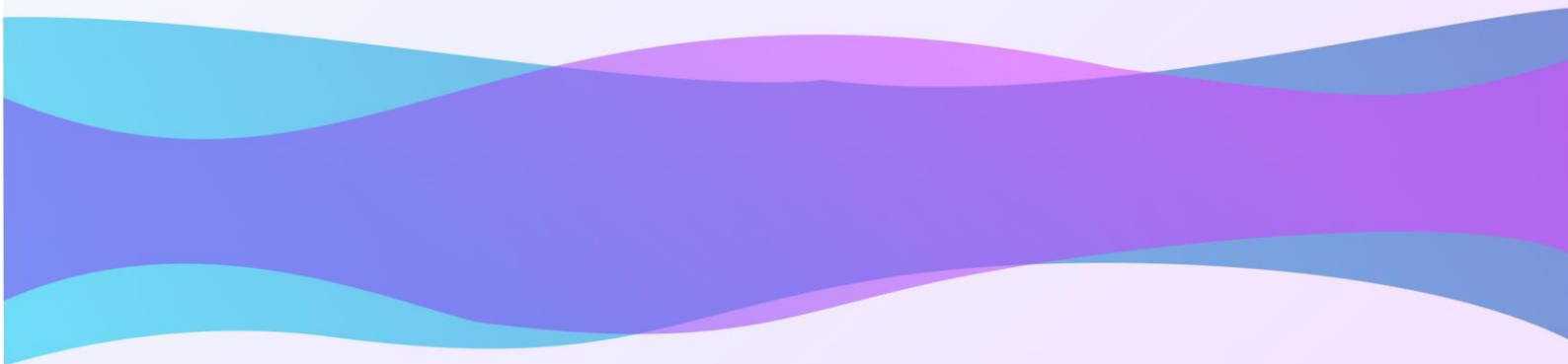
- Jasiner G. (2011). *Coordinando grupos. Una lógica para los pequeños grupos*. Buenos Aires: Editorial Lugar
- Lahan M, (2010) *Psicocardiología*. Buenos Aires: Ediciones del Instituto de psicocardiología.
- Lahan M., (2011) Escuchar al corazón 2. Psicología cardíaca. Actualización en psicocardiología. Pp 19-21. Buenos Aires: Ediciones del Instituto de psicocardiología.
- Manual de Cineantropometría. (1988) FEMEDE.
- Núñez Bravo N. (2014) Capacidad funcional en adultos mayores que Asisten a un programa de rehabilitación cardíaca. Universidad Simón Bolívar. ISSN: 2344-8636 2 (1): 33 – 39 enero - junio 2014
- OMS. Recuperado de http://www.who.int/publications/list/cadio_pocket_guidelines/es/
- Pichon - Riviere E. (1985). *El proceso grupal. Del Psicoanálisis a la Psicología social (I)*. Buenos Aires: Ediciones Nueva visión.
- Ricón L. (2005) *Las Psicoterapias. Pensadas a partir de lo posible*. Buenos Aires: Editorial Polemos.
- Romero R. (1987) *Grupo: Objeto y teoría*. Buenos Aires: Editorial Lugar.
- Ross W, Kerr D. A. Fraccionamiento de la Masa Corporal: Un Nuevo Método para Utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva. (1993). *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte* Vol. 1 Nº 3.
- Serra, C M. J. (2017). *Infarto agudo de miocardio. Opciones diagnósticas y terapéuticas actuales*.
- Watzlawick P, Bavelas J, Jackson D. (1989) *Teoría de la comunicación humana*. Barcelona: Editorial Herder.

Para cualquier información complementaria comunicarse con Instituto Nacional de Rehabilitación Psicosfísica del Sur, dirección de docencia e Investigación científica al siguiente e-mail: dirección.doceinv@inareps.gov.ar



Efectos de ejercicios de fuerza y aeróbicos en el estado cognitivo en adultos mayores

Dr. Humberto Castillo Quezada



Resumen

El efecto de dos métodos de entrenamiento físico en adultos mayores debe ser investigado con mayor profundidad y exponer los resultados. El objetivo de la investigación fue determinar los efectos de dos tipos de entrenamiento físico sobre las funciones ejecutivas asociadas al estado cognoscitivo y el efecto sobre un mediador fisiológico de la hormona del crecimiento (IGF-1) en mujeres mayores.

El Método es un Estudio cuasi-experimental que consideró 12 semanas de entrenamiento a dos grupos con ejercicios de contra resistencia muscular y de ejercicios aeróbicos. En una población de 113 mujeres de $69,39 \pm 6,48$ años pertenecientes a la comuna de Talcahuano, Chile, asignadas aleatoriamente. Se empleó el test MINIMENTAL para examinar las funciones ejecutivas del estado cognitivo y la concentración sanguínea de IGF-1 para examinar los factores neurotróficos. Para la valoración de la condición física, se empleó un test indirecto para la máxima masa desplazada en una repetición (1RM) por las extremidades y la prueba TM6 para la estimación del consumo máximo de oxígeno.

Se evidenciaron, diferencias significativas entre los grupos respecto del puntaje total obtenido en el test MINIMENTAL (GE1=28,13 \pm 2,26; GE2=28,57 \pm 1,83 y GC=23,47 \pm 2,80; ANOVA; $p=0,000$). Un análisis post-hoc, reveló que no existieron diferencias significativas al examinar individualmente las funciones ejecutivas entre los grupos (Bonferroni; $p>0,05$). Se registró además un aumento del factor neurotrófico IGF-1 en los grupos entrenados (GE1 $p=0,014$ y GE2 $p=0,005$). La diferencias pre post test de mayor magnitud se registraron en el grupo de entrenamiento que desarrollo ejercicios de contraresistencia en estaciones de máquinas de fuerza (TE=0,9; 20,41% de cambio).

⁵² Doctor en Ciencias de la Motricidad Humana – Universidad Metropolitana en Ciencias de la Educación. Profesor de Educación Física - Pontificia Universidad Católica de Chile. Profesor de Educación General Básica – Universidad De Concepción. Post –Título Magister en Administración y Gestión Deportiva Recreativa – Universidad Mayor. Profesor de Educación Física en el área de la Motricidad Infantil (Kinder y Primer Ciclo Básico). Profesor encargado catedra de Psicomotricidad, Maduración y Desarrollo Motor, Didáctica de la Educación Física, Neuroeducación. Director de la Carrera de Educación Física de la Universidad Andrés Bello, Sede Concepción. Director de la Carrera de Entrenador Deportivo de la Universidad Andrés Bello, Sede Concepción.

Como conclusión, se puede expresar que ambos entrenamientos producen una mejora general de las funciones ejecutivas asociadas al estado cognitivo y aumentan las concentraciones sanguíneas del IGF-1 en adultas mayores.

Palabras claves: Adulto Mayor, Capacidad Aeróbica, Fuerza Muscular, Estado Cognitivo.

Introducción

El proceso de envejecimiento biológico del ser humano, es un fenómeno que se asocia a las limitaciones funcionales en el adulto mayor, que impacta a nivel mundial y se caracteriza por el aumento de la expectativa de vida. Para el año 2050 se prevé que una quinta parte de la población mundial será mayor de sesenta años, lo cual determinara que las enfermedades crónicas y de carácter degenerativo aumentaran, esto lleva a la fragilidad y dependencia a las personas que las padecen. Además, el envejecimiento de la población va de la mano con el desmejoramiento de la calidad de vida, de acuerdo a Pérez, los trastornos mentales y el deterioro cognitivo constituyen una de las principales causas de discapacidad, incapacidad y reducción de dicha calidad de vida en los adultos mayores. Dentro de los trastornos cognitivos, la demencia senil es la que produce mayor inhabilidad y dependencia. Chile no se encuentra ajeno a estas problemáticas, ya que el envejecimiento de su población es un hecho comprobado cómo en otros países , manifestándose un deterioro en la calidad de vida . La evidencia científica revela que es posible prevenir y o retrasar la aparición o los efectos de estas enfermedades con adecuados tratamientos preventivos, entre los cuales destaca la actividad física controlada o ejercicio, con la ventaja de que se trata de una solución de bajo costo para mejorar la calidad de vida de estas personas.

Según datos entregados por el Banco Mundial el promedio de esperanza de vida de Chile, alcanza los 79,57 años, con lo cual sitúa al país en un segundo lugar en Latinoamérica, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas

La Organización Mundial de la Salud plantea como una necesidad de atención a este grupo etario y fijen su atención en la demencia senil, situación contemplada en Chile como política de estado. Las cifras son alarmantes, alrededor del 7 % de las personas mayores de 65 años en Chile presentan algún tipo de demencia.

El ejercicio atenúa el deterioro cognitivo y reduce el riesgo de demencia, logrando aumento de la materia gris en el hipocampo en adultos mayores que poseían una mejor condición física. Erickson et al, plantean que los factores neurotróficos del cerebro mejoran con la actividad física teniendo está un rol neuroprotector.

Ding et al, revelaron que el ejercicio incrementa el Factor de Crecimiento Insulínico del tipo 1 (IGF-1) y juega un rol de mediador e inducidor del Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (BDNF), que mejora la adquisición de aprendizaje y el aumento de la memoria, es decir, es un estimulante para la capacidad cognitiva, que, precisamente, se pierde en la vejez. El papel que juega el IGF-I durante el ejercicio está asociado con la acción del BDNF, que es un modulador crítico de plasticidad sináptica del cerebro, un mediador que mejora la capacidad cognitiva del adulto. Tanto el BDNF como el IGF-1 aumentan el tamaño de hipocampo a través del ejercicio, con un efecto positivo sobre la cognición , como la prevención de enfermedades neurodegenerativas convirtiéndose por lo tanto en un poderoso método para mejorar la salud del cerebro.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar los efectos de dos tipos de entrenamiento físico en el estado cognoscitivo y de un mediador fisiológico de la hormona del crecimiento IGF-1 en mujeres mayores.

Marco Teórico

El envejecimiento de la población mundial tiene como consecuencia la expansión de enfermedades crónicas y de carácter degenerativo, las que pueden llegar a invalidar a las personas que las padecen. La investigación así lo confirma:

El deterioro gradual de las condiciones de salud física y mental que acompañan el envejecimiento individual, con el consecuente aumento de problemas de salud crónicos, conducen de no mediar intervenciones específicas a limitación funcional y gradual pérdida de autonomía. Las limitaciones funcionales, definidas como la restricción de las capacidades físicas o mentales para efectuar las tareas requeridas para mantener una vida independiente, identifican un subgrupo importante de adultos mayores. (Albala et al., 2011; p. 1277)

Zoeller Jr. (2010) confirma que el envejecimiento de los sujetos también va acompañado del decaimiento de diferentes funciones cognitivas, especialmente en funciones como la rapidez con la que se procesa la información y la memoria. Frente a esta situación, Fernández (2013) plantea que en las próximas décadas las enfermedades mentales tendrán una alta incidencia en la salud, especialmente en los países latinoamericanos, puesto que, en su mayoría, estas naciones no se encuentran preparadas para este reto.

Chile no es la excepción, pues de acuerdo a datos entregados por el Servicio Nacional del Adulto Mayor y el Ministerio de Planificación (SENAMA-MIDEPLAN, 2009), existen 2,6 millones de personas mayores a 60 años que corresponde aproximadamente al 15,6 % de la población y, según Gajardo y Abusleme (2016), doscientas mil de esas personas presentan algún tipo de demencia. Esta cifra se triplicará al año 2050. Constituyéndose, demencias y la enfermedad de Alzheimer, en la tercera causa de pérdida de años de vida saludables y en las de más alto costo público y privado, después de las enfermedades cardiovasculares y de cáncer.

De acuerdo a lo planteado, el ejercicio es una herramienta privilegiada para el mejoramiento en la calidad de vida. Así también, lo plantea la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010), entidad que destaca a la actividad física como un agente efectivo para mejorar la salud funcional de los adultos mayores y, asunto de la mayor relevancia para esta tesis, también destaca de manera especial el efecto que tiene el ejercicio para la prevención y tratamiento de las enfermedades cognitivas. Investigaciones epidemiológicas confirman que mejora las funciones cognitivas, disminuye el riesgo de demencia y muestran que a mayores niveles de práctica de actividad física se reduce la incidencia su incidencia en un 28% y la enfermedad de Alzheimer en un 7.8 %, correlacionado que a mayor nivel de masa muscular, menor es el riesgo de contraer la última enfermedad (Yoon et al., 2016).

Ante el crecimiento de este segmento de la población, como se ha remarcado, se hacen necesarios estudios multidisciplinarios que aborden esta realidad y que permitan un mejoramiento en la calidad de vida de sus adultos mayores. Hoy la evidencia científica revela, de forma contundente, que la actividad física practicada en forma regular puede atenuar el deterioro cognitivo, transformándose, además, en un agente neuroprotector del

sistema cognitivo y, por lo tanto, puede disminuir el riesgo de contraer alguna enfermedad asociada a la demencia (Ahlskog et al., 2011). Numerosas revisiones sistemáticas trabajan bajo estas premisas, describiendo los efectos positivos del ejercicio físico sobre el proceso de avance de las enfermedades mentales como la demencia, Alzheimer, trastornos depresivos, entre otras. Las investigaciones sugieren que la actividad física practicada en forma regular trae beneficios significativos en las respuestas metabólicas y de neuroprotección en los seres humanos pudiendo reducir la progresión de las enfermedades neurodegenerativas; además, los programas de ejercicios físicos podrían tener un alto potencial en el tratamiento preventivo en contexto de programas sociales asociados a las personas en riesgo de adquirir trastornos mentales (Knöchel et al., 2012). Por su parte Intlekofen and Cotman (2013) indican que el ejercicio contrarresta la disminución de la función del hipocampo en el envejecimiento, que subyacen a la pérdida progresiva de la memoria con la edad. Señalando finalmente que la actividad física mejora el aprendizaje y la memoria para las personas de todas las edades.

Del punto de vista científico esta es una comprobación que ya viene desde hace bastante tiempo. Siancas and Ernesto (2016) publican el artículo *Exercise and brain neurotrophins*, en él se muestra en un experimento con animales (ratones) que podían correr a diario dentro de sus jaulas, mostraban aumentos en la síntesis de factores neurotróficos en zonas concretas del cerebro, cuestión que no ocurría con los mismos animales en estado sedentario. Esto es muy importante, pues las neurotrofinas son sustancias de tipo hormonal que ejercen todo tipo de efectos positivos sobre las neuronas adultas y la experiencia descrita por los investigadores sugería que el ejercicio las protege. Durante unos años esto no suscitó el debido interés, aunque se continuó analizando la relación entre factores neurotróficos y ejercicio físico, llegándose a la conclusión de que la producción cerebral de algunos de estos factores protectores de la salud de las neuronas podría ser estimulada por el ejercicio físico (Kramer et al., 1999; Neeper et al., 1996).

Hoy en día, la capacidad del ejercicio para estimular los procesos neuronales y cognitivos es conocido. Un estudio importante en este sentido es el Ding, Vaynman, Akhavan, Ying, and Gomez-Pinilla (2006) revelaron que el ejercicio incrementa el Factor de Crecimiento Insulínico del tipo 1 (IGF-1). Esto es muy importante, pues el IGF-1 juega un rol de mediador e inducidor del Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (BDNF), es por esta

razón que se incluyen algunos estudios que relacionan actividad física y BDNF. Y como decíamos, aquí se fija el punto esencial, el BDNF mejora la adquisición de aprendizaje y el aumento de la memoria, es decir, es un estimulante para la capacidad cognitiva. Capacidad que, precisamente, se pierde en la vejez. Concluyendo que es lo motiva y sustenta la presente investigación, en que el ejercicio aumenta significativamente la acción de la proteína BDNF en su acción en cascada de otras proteínas moleculares encargadas de los procesos de memoria. Los distintos factores neurotróficos están interrelacionados. El papel que juega el IGF-I durante el ejercicio puede ser asociado con la acción del BDNF, un modulador crítico de plasticidad sináptica del cerebro, un mediador que mejora la capacidad cognitiva del adulto. Se puede afirmar, que tanto el BDNF como el IGF-1 aumentan el nivel hipocampal a través del ejercicio ya que ambos factores neurotróficos, es necesario repetirlo, tienen un efecto positivo sobre la cognición (Ding et al., 2006).

Dadas las evidentes razones mencionadas, es fácil comprender que desde hace un tiempo se viene investigando en el área de la actividad física y salud sobre el aumento o disminución del BDNF y su relación con la aplicación de ejercicios, ya sea aeróbicos o de fuerza, en adultos mayores sanos. En la mayoría de ellos se han reportado niveles de mejoramiento del BDNF periférico como respuesta al ejercicio, pero aún no se sabe con exactitud, cuál es la magnitud del aumento de este mediador neurotrófico en el mejoramiento de la función cognitiva del ser humano.

Metodología de Trabajo

El estudio se llevó a cabo en una población de 113 mujeres mayores de la comuna de Talcahuano, Chile, con una muestra de 63 mujeres mayores con un promedio de edad de 69,89 años, divididas en tres grupos equivalentes en condición física. Con 20 personas en cada uno de los grupos experimentales y 23 individuos en el grupo control, es una investigación de diseño cuasi- experimental con pre y post prueba. El tipo de muestreo fue No Probabilístico, con asignación de sujetos aleatorios voluntarios, la tasa de deserción fue de un 30,2%, configurándose así una muestra final de 44 mujeres mayores distribuidas equitativamente en tres grupos. El grupo control (GC), Grupo de Trabajo Aeróbico (GA) y Grupo de entrenamiento de Fuerza (GF). se utilizaron los siguientes protocolos de

evaluación para la fuerza Máxima, se utilizó el método indirecto descrito en el protocolo de Hardman la capacidad aeróbica se evaluó con la prueba de los “Seis Minutos de Marcha para Mujeres” el Estado Cognoscitivo de los sujetos se midió con el “Mini Mental State Examination-Folstein”, validado en Chile por Quiroga, se midió en los tres grupos al inicio y al término del experimento, el nivel basal del IGF1 (Factor de Crecimiento Insulínico tipo 1).

El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad de Santiago de Chile (Informe ético N°140, del año 2017)

Análisis de Datos

El plan de análisis de datos, consistió en determinar la Normalidad mediante el “Test de Shapiro–Wilk” y la Homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas), por el test de Levene, las variables de las muestras se describen utilizando: La media y la desviación estándar para variables continuas y con un intervalo de confianza para la media (IC 95%), se aplicó el estadístico de Anova de una vía para muestras independientes para determinar las diferencias entre los grupos. Dicho análisis fue complementado luego con un análisis “post-hoc” con la prueba de Bonferroni. En las comparaciones de intragrupos (pre-post), se utilizaron las pruebas de T de Student o Wilcoxon, para determinar la magnitud de las diferencias intragrupos se calculó el valor del tamaño del efecto mediante de Cohen, para cuantificar la diferencia en las comparaciones intergrupos se aplicó η^2 (η^2), los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 23.0. El nivel de significancia fue de ($p < 0,05$).

Discusión y Resultados

Los resultados señalan una mejora en el estado cognoscitivo y de la concentración de factores de crecimiento IGF-1, se reportan diferencias ($p \leq 0,05$) entre los grupos, con una magnitud de efecto grande tanto el GA (TE=0,80) como el GF (TE=1.0), coincidiendo con Stein et al, sobre los efectos del ejercicio, tiene como resultado, el aumento de los niveles del IGF-1 y mejora del estado cognitivo. Wall et al, encuentra con tres meses de intervención de ejercicios aeróbicos, mejoras significativas en las funciones ejecutivas ($p=0,02$)

registrando también cambios en los biomarcadores (cortisol y el IGF-1) encontrando una asociación significativa con la cognición. En cuanto al VO₂max, GA, presentó un cambio superior respecto de otros dos grupos, GC y GF, respaldando la recomendación de la OMS , de que los ejercicios aeróbicos sea la modalidad principal para maximizar la salud cognitiva de los adultos mayores, siendo ratificado con lo encontrado por Bouaziz , quien observo que los grupos que realizaron actividad aeróbica, presentaron niveles superiores de VO₂max, que los grupos que realizaron entrenamiento de fuerza muscular u otro. Los resultados obtenido en el estado cognoscitivo son similares al estudio de López et al . En la intervención se obtuvieron diferencias significativas a favor de los grupos intervenidos (GA, GF), considerando los resultados por dimensiones del Minimental, principalmente en el aumento de la capacidad de procesamiento, retención, y evocación de la información verbal y visual. Russo et al., sugieren que el ejercicio físico mejora el funcionamiento cognitivo, especialmente de las funciones ejecutivas y memoria, y retrasar la aparición de la demencia, Erickson et al, plantea que los ejercicios de tipo aeróbico probablemente aumentan el tamaño del hipocampo en mujeres de 70 y 80 años de edad con deterioro cognitivo leve, pues estas personas, mejoraron la memoria espacial y verbal. Las diferencias observadas en la prueba MMSE, coinciden con Huang et al., que concluyeron que un entrenamiento a una intensidad del 35-50% mejoró significativamente el VO₂max; y a una intensidad del 66% - 73% se lograron los máximos de mejora de VO₂max. Freudenderger et al, concluyo que a mayor VO₂ máx, los adultos mayores dispondrán de mejores funciones cognitivas generales como la memoria, la función ejecutiva. La actividad física, pero especialmente el entrenamiento de tipo aeróbico y de fuerza, tienen un rol clave en la protección contra el deterioro cognitivo y la demencia a través de procesos de Neuroplasticidad.

En relación al programa de entrenamiento de contra resistencia para la fuerza muscular, los resultados mostraron que los grupos intervenidos con ejercicio, mejoraron significativamente los niveles de fuerza post intervención. Zoeller, asegura que aún son pocos los estudios que sugieren que a largo plazo el entrenamiento de la fuerza puede traer beneficios sobre la cognición en los adultos mayores. Los resultados encontrados reportan que el GA experimentó una mejora promedio del 53,1% respecto de la masa desplazada (kg) en la estimación de una repetición máxima para el ejercicio de extremidades superiores (press banca) y un 36,3% para el ejercicio de extremidades inferiores (Squat). El GF, aumentó

un 66,8% en la estimación de una repetición máxima para el ejercicio de MMSS y un 65,4% la masa máxima desplazada estimada para los MMII. Entre los factores que pueden explicar el aumento de la fuerza observada, tanto de los MMSS como MMII en el GF, es que todas las mujeres intervenidas nunca se habían sometido a un programa de entrenamiento, según Candow et al, plantean que los sujetos que no han entrenado la fuerza por años, responden favorablemente a los entrenamientos de fuerza. Al analizar los resultados del programa fuerza muscular y el efecto que produjeron en el estado cognitivo, se obtuvieron diferencias significativas en los tres grupos, en estado cognitivo y el IGF-1 ($p < 0,001$). Estos resultados, son similares con lo encontrado por De Camargo et al. En esta investigación se evaluó con el test de capacidad cognitiva Moca, y reportaron una ganancia de un 19% con un ($p = 0,01$). Yoon et al, encontró aumentos significativos en los niveles de función cognitiva, fuerza muscular, tras la aplicación de un entrenamiento de la fuerza muscular, ellos utilizaron bandas elásticas en 30 mujeres mayores con deterioro del estado cognitivo leve, por un periodo de intervención de 12 semanas. La evidencia presentada permite aseverar que el deterioro neuromuscular, puede ser interrumpido por el entrenamiento.

Gerlinger et al, Sostuvieron que el deterioro cognitivo y la pérdida de masa muscular sean una característica del envejecimiento humano, ella podría ser evitada, o paliada, por mecanismos biológicos endógenos como son la generación del IGF-1, que es inducida por el entrenamiento de ejercicios de fuerza. Así mismo Franco Martin et al. plantean que *“la actividad física está siendo reconocida como un factor altamente protector, y se establece, en la actualidad, como una estrategia psicosocial prometedora para la protección de las facultades cognitivas”*.

Conclusiones

La intención primordial de esta investigación fue conocer el efecto que tienen dos programas de entrenamiento físico (Ejercicios de Contra Resistencia y Aeróbico) en el estado cognitivo de mujeres mayores de la comuna de Talcahuano, durante 12 semanas de duración, con 36 sesiones de 60 minutos cada una con intensidades de ejercicios de baja a moderada intensidad. Una vez analizados y discutidos los datos, podemos destacar las siguientes conclusiones:

1.- Al finalizar el periodo de intervención, ambos programas de ejercicio aplicados en los grupos experimentales mejoran globalmente las funciones ejecutivas del estado cognitivo y aumentan la expresión del mediador fisiológico de la hormona del crecimiento IGF-1 en las mujeres mayores de la comuna de Talcahuano.

2.- El análisis intragrupo, reveló que ambos programas de ejercicio generan un aumento significativo en el estado cognitivo de las adultas mayores. En este sentido, ambos programas generan un efecto de gran magnitud, sin embargo, es el programa que incluye ejercicios de contra resistencia (fuerza) el que generó el efecto de mayor magnitud en el estado cognitivo al finalizar la intervención en las mujeres mayores. El análisis intergrupar que examinó los resultados post test, reveló que ambos grupos de entrenamiento luego del periodo de intervención mostraron puntajes significativamente superiores en el total de las pruebas para las funciones ejecutivas comparados con el grupo control.

3.- Una examinación más profunda permitió observar respecto de las dimensiones ejecutivas contempladas en el MINIMENTAL test, cambios significativos en el puntaje parcial de la prueba que contempla las funciones de Atención y Cálculo. Lo anterior fue observado solo en el grupo de entrenamiento que incluyó ejercicios de contra resistencia. No se observaron diferencias relevantes en los puntajes parciales de las funciones ejecutivas de organización temporal, orientación espacial, atención y cálculo, recuerdo y lenguaje y comunicación. Solo al considerar el puntaje que reúne todas las funciones ejecutivas en el post test fue posible observar cambios al finalizar la intervención.

4.- Respecto de la secreción del mediador fisiológico de la hormona del crecimiento IGF-1, fue el programa que incluyó ejercicios de contra resistencia (fuerza) el que generó cambios de gran magnitud. Si bien el programa de entrenamiento aeróbico genera efectos significativos, la magnitud del efecto pre post test es más bien pequeño

5.- Al examinar la relación entre la fuerza de las extremidades y el estado cognitivo, los resultados muestran que cambios favorables en los niveles de fuerza muscular (aumentos) se relacionan directamente con cambios también favorables en la prueba que determinó el estado cognoscitivo. Los resultados revelan además que los aumentos relativos en la fuerza muscular se relacionan directamente con aumentos en el estado cognitivo de las adultas mayores. Realizando este mismo análisis, los resultados revelaron además que

cambios favorables en la fuerza muscular se relacionaron directamente con cambios favorables en la expresión sanguínea del factor de crecimiento Insulínico. No fue posible establecer relaciones de similares características entre los cambios en el estado cognitivo y el factor de crecimiento insulínico con cambios favorables en el consumo máximo de oxígenos estimado por medio de la prueba de marcha.

A la luz de lo anterior se puede señalar que los programas de entrenamiento tanto el de fuerza muscular como el programa de ejercicios aeróbico provocan cambios favorables en el estado cognoscitivo de las mujeres mayores y no se registraron mejoras en el grupo control (de ninguna de las tres variables)

También se puede afirmar que los programas de entrenamiento tanto el de fuerza muscular como el programa de ejercicios aeróbico provocan cambios favorables en las concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores.

Finalmente es posible establecer una relación entre cambios favorables producidos en la condición física y cambios favorables también producidos en el estado cognoscitivo y en el factor de crecimiento insulínico tipo-1 en las mujeres mayores sometidas a entrenamiento. Es necesario puntualizar que dicha relación es explicada particularmente al examinar los cambios producidos en la fuerza muscular.

Anexo: Tablas

En la Tabla I, Se observa que los grupos presentaron varianzas similares para todas las variables estudiadas (MMSS, MMII, VO2max, MMSE, IGF-1, con los resultados de la prueba ANOVA, permitió establecer que las variables examinadas, no presentaron diferencias significativas pre-test

Variables	GC (n =15)		GA (n =15)		GF (n=14)		Comparación Intergrupo [§]		
	M±SD	CI (95%)	M±SD	CI (95%)	M±SD	CI (95%)	F	Valor p	Parcial Eta ²
RM MMSS (kg)	13,67±1,91	12,61-14,73	14,40±2,38	13,08-15,72	14,29±2,58 Kg	12,79-15,78	0,437	0,649	0,1
RM MMII (kg)	44,53±3,50	42,59-46,47	47,20±3,91	45,03-49,37	47,43±3,88 Kg	45,19-49,67	2,701	0,079	0,4
VO2 máx. (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	16,13±1,80	15,14-17,13	16,02±2,06	14,88-17,16	16,69±1,10	16,06-17,32	0,625	0,540	0,2
MMSE (Ptos)	24,33±3,52	22,38-26,28	26,80±2,76	25,27-28,33	26,43±2,65	24,90-27,96	2,912	0,066	0,5
IGF-1 (ng.ml ⁻¹)	91,41±23,10	78,61-23,10	107,88±28,56	92,07-123,69	105,42±39,08	82,86 -127,99	1,246	0,298	0,2

M±SD = medias y desviación estándar; CI= Intervalo de Confianza (CI 95%); §=análisis multivarianza de un factor (Grupo); Eta²= Tamaño del Efecto.

Tabla I. Comparación Intergrupos de la capacidad aeróbica (VO₂máx.), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Pre-test.

En la Tabla II. Se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (GC- GA- GF) respecto de los valores de la RM post intervención, en el análisis post hoc se encontraron diferencias significativas, entre los grupos, El análisis de medias post intervención de la RM de las extremidades inferiores, arrojó diferencias estadísticamente significativas, en la prueba post hoc estableció diferencias significativas en dos contrastes (GC-GA y GC-GF)

Variables	GC (n =15)		GA (n =15)		GF(n=14)		Comparación Intergrupo [§]		
	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)	M±DS	IC (95%)	F	p valor	Parcial Eta ²
RM MMSS (kg)	13,47 ±2,77 ^{bc}	11,93-15,00	21,40±4,75 ^{ac}	18,77-24,03	23,57±4,13 ^{ab}	21,19-25,95	26,443	0,000	0,7
RM MMII (kg)	44,13±4,69 ^{bc}	41,54-46,73	64,33±18,46 ^a	54,11-74,56	77,79±26,07 ^a	62,73-92,84	25,506	0,000	0,6
VO2 máx. (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	15,79±2,15	11,60-16,98	16,59±1,43	15,80-17,38	16,91±1,02	16,32-17,50	1,885	0,165	0,2
MMSE (Ptos)	23,47±2,80 ^{bc}	21,92-25,02	28,13±2,26 ^a	26,88-29,39	28,57±1,83 ^a	27,52-29,63	21,572	0,000	0,8
IGF-1 (ng.ml ⁻¹)	92,34±22,80 ^{bc}	79,72-104,96	109,33±28,74 ^a	93,41-125,24	127,14±51,56 ^a	97,37-156,91	3,366	0,044	0,4

M±SD = medias y desviación estándar; CI= Intervalo de Confianza (CI 95%); §=análisis multivarianza de un factor (Grupo); Eta²= Tamaño del Efecto.; a,b,c= post hoc Bonferroni significativo

Tabla II. Comparación Intergrupo de la capacidad aeróbica (VO₂máx), resistencia máxima de fuerza muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1) Post test.

Respecto del estado cognitivo (MMSE), arrojó diferencias significativas entre los grupos respecto de los valores del Minimental Test, en el análisis post hoc, se encontraron diferencias significativas en dos contrastes, (GC-GA; y GC-GF), los resultados post test para la concentración de IGF-1. La prueba arrojó diferencias significativas entre los grupos, el análisis post hoc, se encontraron diferencias significativas en (GC-GA y GC-GF),

En la Tabla III. Se muestran las diferencias significativas pre y post test únicamente para los grupos experimentales (GA y GF). Respecto de la resistencia máxima de fuerza muscular (RM), el GF experimentó un cambio significativo en los (MMSS) y en las extremidades (MMII). Al igual que GF, el GA incrementó significativamente la resistencia máxima de la fuerza muscular de los (MMSS) y en los (MMII). La capacidad aeróbica, expresada en el consumo máximo de oxígeno estimado: ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), arrojó diferencias significativas solo en el GA. El estado cognitivo, expresado en el puntaje de la prueba Minimental (pts.), presentó cambios significativos, para el GA y para el GF. En el factor de crecimiento IGF-1, existieron diferencias pre-post test ($p \leq 0.05$) tanto el GA como el GF.

Variables	GC (n =15)				GA (n =15)				GF (n=14)			
	Pre	Post	Valor P	TE	Pre	Post	Valor p	TE	Pre	Post	Valor p	TE
VO2máx. ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	16,13±1,80	15,79±2,15	0,451	0,3	16,02±2,06	16,59±1,43	0,030	0,7	16,69±1,10	16,91±1,02	0,105	0,5
RM MMSS (kg)	13,67±1,91	13,47±2,77	0,745	0,1	14,40±2,38	21,40±4,75	0,010	1,2	14,29±2,58	23,57±4,13	0,011	2,4
RM MMII (kg)	44,53±3,50	44,13±4,69	0,531	0,2	47,20±3,91	64,33±18,46	0,003	0,9	47,43±3,88	77,79±26,07	0,001	1,1
MMSE (Ptos)	24,33±3,52	23,47±2,80	0,316	0,3	26,80±2,76	28,13±2,26	0,011	0,8	26,43±2,65	28,57±1,83	0,004	1,0
IGF-1 ($\text{ng}\cdot\text{ml}^{-1}$)	91,41±23,10	92,34±22,80	0,347	0,3	107,88±28,56	109,33±28,74	0,014	0,1	105,42±39,08	127,14±51,56	0,005	0,9

M±SD = medias y desviación estándar; CI= Intervalo de Confianza (CI 95%); a= corresponde a la Prueba T Student; b= corresponde a la Prueba de Wilcoxon; TE= Tamaño del Efecto.

Tabla III. Comparación Intragrupos pre y postest de la capacidad aeróbica (VO2máx), resistencia máxima muscular (RM) de los miembros superiores (MMSS), miembros inferiores (MMII), estado cognitivo (MMSE) y concentración de factores de crecimiento (IGF-1).

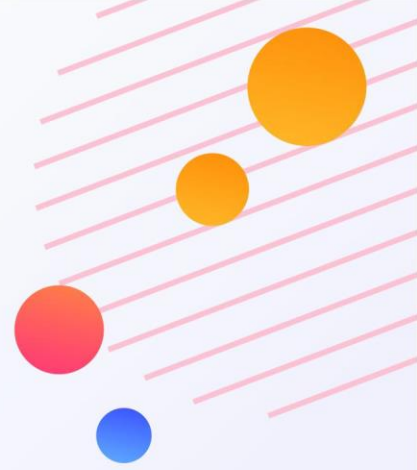
Referencias bibliográficas

- Albala C, Sánchez H, Lera L, Angel B, Cea X., (2011). Efecto sobre la salud de las desigualdades socioeconómicas en el adulto mayor: resultados basales del estudio expectativa de vida saludable y discapacidad relacionada con la obesidad (Alexandros). *Rev Med Chile*; 139(10):1276-85.
- Ahlskog JE, Geda YE, Graff-Radford NR, Petersen RC, editors., (2011). Physical exercise as a preventive or disease-modifying treatment of dementia and brain aging. *Mayo Clinic Proceedings*; Elsevier.
- Bravo HLP., (2015). *Influencia de un programa de actividad física sobre los procesos cognitivos de las personas mayores de 60 años*. Universidad de Granada.
- Becerril-Montekio V, Reyes JdD, Manuel A. Sistema de salud de Chile; (2011). *Salud Públ. Méx.*; 53:s132-s42.
- Borg G., (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales: Human kinetics*.

- Bouaziz W, Vogel T, Schmitt E, Kaltenbach G, Geny B, Lang PO., (2017). Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: a systematic review. *Arch Gerontol Geriatr*; 69:110-27.
- Cadore EL, Pinto RS, Bottaro M, Izquierdo M., (2014). Strength and endurance training prescription in healthy and frail elderly. *Aging Dis.*;5(3):183-95.
- Candow DG, Burke DG., (2007). Effect of short-term equal-volume resistance training with different workout frequency on muscle mass and strength in untrained men and women. *J Strength Cond Res.*;21(1):204.
- De Camargo A, Ferreira LHB, Mascarenhas LPG, McAnulty SR, Varela KD, Dangui MC, et al., (2016). The effects of strength training on cognitive performance in elderly women. *Clin Interv Aging.*;11:749.
- Díaz V. La construcción social de las demencias en las personas mayores de la Región Metropolitana, Chile., (2015). G. Guajardo; ME Tijoux; MT Abusleme, eds. (2015). Santiago: SENAMA, FLACSO Chile, Instituto Chileno de Terapia Familiar, Ediciones Servicio Nacional del Adulto Mayor. *Persona y sociedad.* 29:135-9.
- Ding Q, Vaynman S, Akhavan M, Ying Z, Gomez-Pinilla F, (2006). Insulin-like growth factor I interfaces with brain-derived neurotrophic factor-mediated synaptic plasticity to modulate aspects of exercise-induced cognitive function. *Neuroscience*; 140 (3):823-33.
- Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, Basak C, Szabo A, Chaddock L, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2011; 108(7):3017-22.
- Erickson KI, Gildengers AG, Butters MA., (2013). Physical activity and brain plasticity in late adulthood. *Dialogues Clin Neurosci.*; 15(1):99-108.
- Franco-Martín M, Parra-Vidales E, González-Palau F, Bernate-Navarro M, Solis A., (2013). Influencia del ejercicio físico en la prevención del deterioro cognitivo en las personas mayores: revisión sistemática. *Rev Neurol*; 56(11):545-54.
- Freudenberger P, Petrovic K, Sen A, et al. Fitness and cognition in the elderly: The Austrian Stroke Prevention Study. *Neurology.* 2016;86(5):418-424.
- Gajardo J, Abusleme MT., (2016). Plan nacional de Demencias: antecedentes globales y síntesis de la estrategia Chilena. *Rev. méd. Clín. Las Condes*; 27(3):286-96.
- García Gil M., (2012). Manual de ejercicio físico para personas de edad avanzada. Bizkaia, Dirección General de Deporte y Juventud de la Diputación Foral de Bizkaia.
- Gerlinger-Romero F, Caperuto ÉC, Maia AF, Guimarães-Ferreira L, (2014). Bases moleculares das ações da testosterona, hormônio do crescimento e IGF-1 sobre a hipertrofia muscular esquelética e respostas ao treinamento de força. *Rev. Mackenzie Educ. Fís. Esporte (Online)*; 12(2).
- Grande G, Vanacore N, Maggiore L, Cucumo V, Ghiretti R, Galimberti D, et al., (2014). Physical activity reduces the risk of dementia in mild cognitive impairment subjects: a cohort study. *J Alzheimers Dis.*; 39(4):833-9.
- Hardman JaT, H., (1996). *Entrenamiento Moderno de la Fuerza.* Barcelona: Paidotribo.
- Huang G, Wang R, Chen P, Huang SC, Donnelly JE, Mehlferber JP., (2015). Dose-response relationship of cardiorespiratory fitness adaptation to controlled endurance training in sedentary older adults. *Eur J Prev Cardiol*; 23(5):518-29.
- INE., (2018). *Síntesis de Resultados Censo 2017.* In: Nacional. GPÁD, editor.
- Karvonen J, Vuorimaa T., (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sports Med.*; 5(5):303-11.

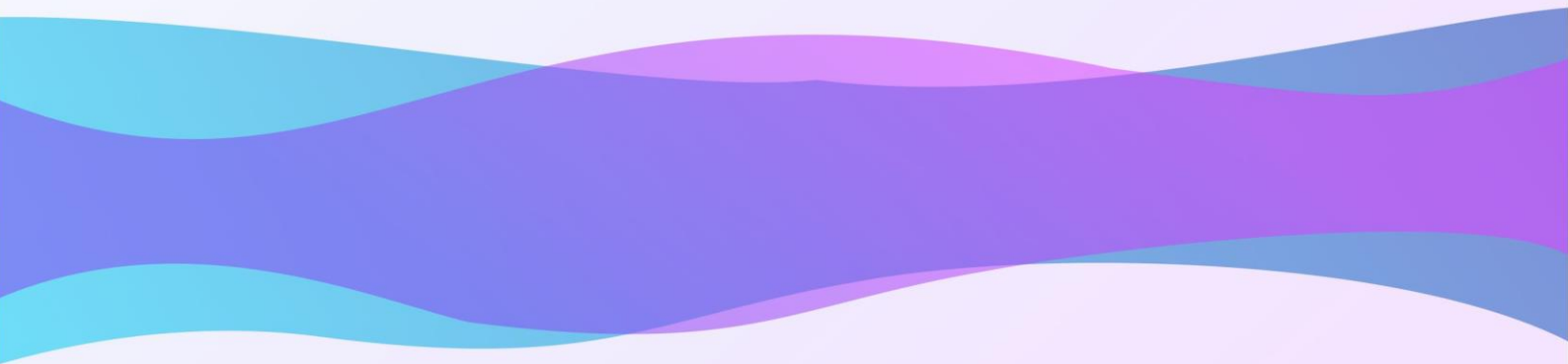
- López N, Véliz A, Allegri R, Soto-Añari M, Chesta S, Coronado JC., (2015). Efectos del ejercicio físico sobre la memoria episódica en ancianas chilenas sanas. *Liberabit*; 21:81-9.
- López, J. A. H., Martínez, P. Y. O., Bernal, A. Z., León, R. S., Garza, L. G. U., Almagro, B. J., Buñuel, P. S.-L., (2017). Efecto de un programa de actividad física de moderada a vigorosa de diez meses sobre el vo2máx y el porcentaje de grasa corporal en niños con sobrepeso y obesidad. *MH Salud*; 14(1), 2.
- Madathil SK, Saatman KE.,(2015). IGF-1/IGF-R Signaling in Traumatic Brain Injury: Impact on Cell Survival, Neurogenesis, and Behavioral Outcome. In: Kobeissy FH, editor. *Brain Neurotrauma: Molecular, Neuropsychological, and Rehabilitation Aspects*. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis. Chapter 7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK299190/>
- Molina-Sotomayor M, Castillo-Quezada H, Martínez -Salazar C, González-Orb M, Espinoza-Salinas A, González-Jurado J., (2020). Effects of Progressive Resistance Training on Cognition and IGF-1 Levels in Elder Women Who Live in Areas with High Air Pollution. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 6203
- Northey JM, Cherbuin N, Pumpa KL, Smee DJ, Rattray B., (2018). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.*; 52(3):154-60. DOI: 10.1136 / bjsports-2016-096587
- OMS, (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. Recuperado de: https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/es/
- Orozco-Arbelaez E, Banegas JR, Rodríguez-Artalejo F, López-García E., (2017). Consumo habitual de chocolate y estado cognitivo en los adultos mayores españoles. *Nutr Hosp*; 34(4):841-6.
- Perez MC, Fernández JR, Gili M., (2013). Prevalencia de trastornos mentales y factores asociados en pacientes de atención primaria mayores de 75 años. *Actas Esp Psiquiatr.*; 41(4):218-26.
- Quiroga P, Albala B, Klaasen C, Gonzalo P., (2004). Validación de un test de tamizaje para el diagnóstico de demencia asociada a edad, en Chile. *Rev. Méd. Chile*; 132(4):467-478.
- Rikli RE, Jones CJ., (2013). *Senior fitness test manual*. Human Kinetics.
- Russo MJ, Kaňevsky A, Leis A, Iturry M, Roncoroni M, Serrano C, et al., (2020). Papel de la actividad física en la prevención de deterioro cognitivo y demencia en adultos mayores: una revisión sistemática. *Neurol Argentina*. In press.
- Serrano-Guzmán M, Valenza-Peña CM, Serrano-Guzmán C, Aguilar-Ferrándiz E, Olmedo-Alguacil M, Villaverde-Gutiérrez C., (2016). Efectos de un programa de danzaterapia en la composición corporal y calidad de vida de mujeres mayores españolas con sobrepeso. *Nutr Hosp*; 33(6):1330-5.
- Stein AM, Silva TMV, Coelho FGdM, Arantes FJ, Costa JLR, Teodoro E, et al., (2018). Physical exercise, IGF-1 and cognition A systematic review of experimental studies in the elderly. *Dement Neuropsychol*; 12(2):114-122.
- Valdés-Badilla P, Godoy-Cumillaf A, Ortega J, Díaz D, Castro N, Sandoval L, et al., (2017). Relación entre índices antropométricos de salud con el consumo de alimentos en adultos mayores físicamente activos. *Nutr Hosp*; 34(5):1073-9.
- Wall K, Stark J, Schillaci A, Saulnier E, McLaren E, Striegnitz K, et al., (2018). The Enhanced Interactive Physical and Cognitive Exercise System (iPACESTM v2. 0): Pilot Clinical Trial of an In-Home iPad-Based Neuro-Exergame for Mild Cognitive Impairment (MCI). *J Clin Med*;7(9):249.
- Zoeller Jr RF., (2010). Exercise and cognitive function: can working out train the brain, too? *Am. J. Lifestyle Med*; 4(5):397-409.

Yoon DH, Kang D, Kim Hj, Kim JS, Song HS, Song W., (2017). Effect of elastic band-based high-speed power training on cognitive function, physical performance and muscle strength in older women with mild cognitive impairment. *Geriatr Gerontol Int*; 17(5):765-72.



Gestión deportiva: análisis de la percepción del usuario y el espectador en el mundo del deporte

Dr. Sergio Aguado Berenguer



GESTIÓN DEPORTIVA: ANALISIS DE LA PERCEPCIÓN DEL USUARIO Y EL ESPECTADOR EN EL MUNDO DEL DEPORTE.

*Dr. D. Sergio Aguado Berenguer⁵³ – sergio.aguado@cefms.es
Profesor Asociado en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
Universidad de Valencia.*

Introducción

Una de las características de la sociedad actual es la ocupación del tiempo libre y de ocio. El enorme abanico de posibilidades que la sociedad moderna ofrece pone al alcance de la población un extenso catálogo de oportunidades para ocupar ese espacio de su vida. Dentro de las distintas actividades que podemos realizar en ese tiempo libre, el deporte y la actividad física ocupan un papel relevante, los distintos estudios de García Ferrando (2006) así lo demuestran. La práctica de actividades físicas aporta beneficios para la salud física y mental de las personas, además de cumplir funciones socializadoras o educativas entre otras. Este relevante papel del deporte y la actividad física no pasa desapercibido a los ojos de gran cantidad de instituciones, empresas y organismos de diversa índole.

Las formas en las que las personas se acercan al deporte son diferentes y a la vez complementarias, el deporte como práctica física o el deporte como espectáculo y entretenimiento. Las corporaciones locales y los distintos organismos regionales y nacionales se esfuerzan continuamente en desarrollar e implementar diferentes programas deportivos para sus ciudadanos. Pero también reconocen la gran repercusión que los eventos deportivos aportan, convirtiéndose en muchas ocasiones en organizadores, patrocinadores y colaboradores directos o indirectos de estos eventos deportivos. Estos organismos públicos y privados son conscientes de la imagen positiva que supone a nivel social el fenómeno deportivo en términos publicitarios, de transformación de las ciudades, prestigio, inversión económica, modernización e imagen entre otros muchos factores.

⁵³ Profesor Asociado en la Facultad de CC de la Actividad Física y el Deporte (Universitat de Valencia, España). Participante del Grupo de investigación *Sport Management and Innovation Research Group* (SMIRG). Gestor deportivo con experiencia en la prestación de servicios deportivos y en la organización de competiciones nacionales e internacionales, entre los que se destacan: eventos de vela, Europeo Triatlón (preolímpico), Mundial de Atletismo en pista cubierta, preolímpicos de hockey hierba (2015 y 2019).

Es cierto que el deporte de alto nivel en la actualidad dista mucho de parecerse al ideal difundido por Pierre de Coubertin. Gran parte de la responsabilidad en este cambio de filosofía viene marcada por el papel de los medios de comunicación y sus intereses. Pero analizando el espacio que ocupa el deporte en la prensa, radio, televisión y en las redes sociales no es de extrañar que esta transformación se haya producido. Solo hace falta pensar en cómo un determinado evento o final deportiva puede hacer detenerse el tiempo y toda actividad en países enteros.

Tras comprobar el elevado número de organizaciones de eventos deportivos realizadas en los últimos años, sorprende el gran desconocimiento de nuestra sociedad en general sobre la organización y gestión de un gran acontecimiento deportivo. A nuestro juicio, este trabajo debe de ser desarrollado con la suficiente antelación y eficiencia por profesionales preparados a tal efecto. Teniendo en mente el objetivo de que al finalizar el evento los ciudadanos, deportistas y espectadores que experimentan esa experiencia en su ciudad, solo recuerden aspectos positivos de lo vivido.

Es desde este punto de vista donde debemos poner en valor la labor de una gestión deportiva profesional. Entendemos la gestión de la actividad física y el deporte como el campo profesional y/o de estudio, vinculado con las actividades que realiza el gestor del deporte, es decir, acciones encaminadas a organizar, planificar, administrar, coordinar, dirigir, ejecutar, evaluar, etc. todo lo relacionado con la práctica deportiva.

Marco teórico

Los eventos deportivos

Con el propósito de establecer un marco general de los eventos deportivos en la actualidad, haremos un breve recorrido por su historia. Esto nos dará una visión de la organización deportiva desde la Grecia Clásica hasta los Juegos Olímpicos modernos, deteniéndonos brevemente en la Roma imperial y en el asociacionismo deportivo inglés del siglo XIX, cuna del deporte moderno.

Cuando pensamos en grandes eventos deportivos, los primeros que sin duda nos vienen a la mente son los Juegos Olímpicos modernos. Pero para llegar a uno de los fenómenos deportivos más importantes de la actualidad, se ha recorrido un largo camino. Este gran evento mundial, cuyo restablecimiento en la era moderna fue principalmente promovido por el barón Pierre de Coubertin, y que en la actualidad se celebra cada cuatro años, tiene sus orígenes en el Olimpismo de la antigua Grecia. Es por todos conocido, que fueron los griegos los impulsores de este tipo de eventos con una simbología y unas características muy distintas a los actuales JJ.OO. Es Homero en el 800 a.C., en la *Ilíada* y la *Odisea*, el primero en relatar una actividad deportiva similar a lo que después se desarrollará en los JJ.OO. Pero éstos, no fueron los únicos juegos de la época.

Tras los antecedentes griegos, son los romanos los que transforman la manera helena de entender los juegos y lo convierten en un espectáculo de masas con grandes edificaciones destinadas a albergar al mayor número posible de espectadores como el Anfiteatro o el Circo romano. Los Ludi romanos tuvieron una mayor expansión geográfica debido al tamaño que alcanzó en Europa el Imperio Romano. No obstante, no se pueden comparar su nivel organizativo con el que alcanzaron los griegos. Las luchas de gladiadores o las carreras de carros fueron grandes espectáculos de masas que se desarrollaban en grandes estadios y construcciones, pero sin el gran entramado organizativo griego.

A nivel deportivo, tras la caída del imperio romano, pasan muchos años hasta que los fenómenos competitivos de masas vuelven a resurgir. Es cierto que las justas medievales y algunas competiciones de destrezas guerreras surgen sobre todo en la edad media, pero sin una gran relevancia y entramado organizativo relevante. También podemos datar el nacimiento de la palabra deporte como término en la Edad Media con un significado similar al de ejercicio físico, según Piernavieja (1967).

No obstante, tendremos que esperar hasta finales del siglo XVIII o principios del siglo XIX al nacimiento de la Educación Física surgida de la Ilustración y al fenómeno del asociacionismo deportivo inglés surgido de la sociedad industrializada, como precursor del deporte moderno. Tal y como explica Rodríguez (2003, p.168), *“los deportes contemporáneos se podría decir que son una forma de pasatiempo inventado por los ingleses y que van a conquistar al mundo”*.

Es por tanto en este periodo cuando podemos hablar del deporte como organización. Los ingleses instauraron la práctica deportiva en las escuelas y universidades, algo que indefectiblemente llegó a la sociedad de la época tras la revolución industrial. Esta práctica deportiva y organizativa realizaba el sentido competitivo del deporte sobre otros valores del mismo, convirtiendo a la Gran Bretaña en un referente educativo y exportando su modelo a todo el mundo. Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que el deporte actual surge en gran medida de lo ocurrido en la sociedad inglesa de la época.

Los eventos deportivos. Conceptualización.

Para Añó (2003, p.81) un evento deportivo es: *“...aquella actividad deportiva que cuenta con un alto nivel de repercusión social traducido en una fuerte presencia de los medios de comunicación y que genera por sí misma ingresos económicos”*. Sin embargo, esta definición es muy general y según el mismo autor añadiremos que una actividad deportiva se convierte en evento deportivo si cumple las siguientes características:

1. Repercusión social.
2. Nivel amplio de asistencia de público.
3. Presencia de los medios de comunicación.
4. Audiencia televisiva.
5. Tipo de deporte
6. Dificultad de la práctica.
7. Patrocinadores
8. Ingresos propios.

Las cuatro primeras características están interrelacionadas. Pues si un evento consigue una buena repercusión social es por la presencia de público. Y por tanto, si es de interés del público, los medios de comunicación querrán tener presencia y difundirlo en televisión por el interés suscitado en los espectadores que no pueden asistir presencialmente al evento.

Añó (2003) propone que los puntos cinco y seis, es decir, tipo de deporte y dificultad, son especialmente relevantes. Ya que, si el deporte es muy complejo en su práctica, tendrá menor número de practicantes y por tanto de seguidores y espectadores. Como resultado de los puntos anteriores, y del interés despertado en el evento, éste en consecuencia contará con distintos niveles de patrocinio y por tanto de ingresos. Esto nos dará la rentabilidad y el balance económico para sostener y hacer viable el evento o no.

Pérez (2010) aporta en su tesis doctoral, que las características enumeradas anteriormente nos llevan a la creación de tres dimensiones definitorias del concepto de evento deportivo: dimensión social, dimensión económica y dimensión deportiva. Según se observa en la figura 1 y volviendo a la clasificación de Añó (2003), la dimensión social estaría ocupada por la repercusión social del evento y la asistencia de público, con la consiguiente presencia de los medios de comunicación. La dimensión deportiva la ocuparía la referente al deporte y a su nivel de dificultad. Y finalmente la dimensión económica, ocupada por ingresos y patrocinios. Por ello, para que una actividad deportiva común pase a denominarse evento deportivo, deberá cumplir las citadas tres dimensiones.



Figura 1. Dimensiones de los eventos deportivos. Fuente: Pérez-Campos, (2010).

Clasificación de los eventos deportivos

Puede ser realmente complicado establecer una única clasificación de eventos deportivos. Esta ardua labor, está en función del prisma con el que se observe. Podemos obtener multitud de clasificaciones muy diferentes entre sí. Por lo que, expondremos algunas de las categorizaciones que distintos autores han hecho sobre este tema.

Atendiendo a factores de audiencia directa y mercado, Roche (2000), desarrolla una clasificación sencilla. Los eventos pueden ser locales, regionales, nacionales o internacionales. Este autor, además de aportar esta sencilla clasificación aporta un nuevo concepto: el mega event. Refiriéndose al mismo como un gran acontecimiento.

Sin embargo, autores como Desbordes y Falgoux (2006) o Graham (2001), focalizan su atención y por tanto su propuesta en el organizador. Los primeros, en referencia al modelo francés, aportan estos cuatro tipos de evento:

1. Organizado por proveedores de servicios públicos. Federaciones. (Roland-Garros).
2. Organizado por proveedores privados. Tour de Francia o París-Dakar.
3. Eventos extraordinarios dependientes del ámbito público pero con el respaldo de entidades privadas. JJ.OO. ó Copa Mundial de fútbol.
4. Organizados por una asociación. Meeting atletismo del Estadio de Francia.

Añó (2003), propuso dos clasificaciones distintas. La primera de ellas, la podemos observar en la figura 2. En ella divide, en función de su complejidad organizativa, hasta catorce los distintos tipos de eventos deportivos.

- | TIPOS DE EVENTOS DEPORTIVOS | |
|-----------------------------|--|
| 1. | Carrera Populares. |
| 2. | Maratones. |
| 3. | Exhibiciones / competiciones amistosas. |
| 4. | Partidos de Liga. |
| 5. | Partidos de Copa. |
| 6. | Campeonatos de España. |
| 7. | Finales de copa / play off. |
| 8. | Finales y salidas de etapa ciclistas. |
| 9. | Fase clasificación campeonatos Mundo / Europa. |
| 10. | Torneos o grandes premios. |
| 11. | Torneos preolímpicos. |
| 12. | Juegos Regionales (Mediterráneos, Asiáticos...). |
| 13. | Campeonatos de Europa / Mundo. |
| 14. | Juegos Olímpicos. |

Figura 2. Tipología de los eventos deportivos según Añó (2003)

En la segunda clasificación, Añó (2003), divide en cuatro subgrupos a los distintos eventos: puntuales, puntuales extraordinarios, puntuales de gran impacto y los habituales.

Conceptualización de la calidad, la satisfacción y variables relacionadas

Conceptualización de calidad de servicio

La forma de entender la calidad ha variado con el paso de los años. Dicho concepto, tal y como se entiende en la actualidad, no aparece en un momento concreto, sino que ha ido desarrollándose a lo largo del tiempo (Calabuig, 2005). En este camino, la forma en que entendemos la calidad ha evolucionado de una postura exclusivamente técnica a una visión más complementaria, en la que el criterio del consumidor adquiere mayor relevancia. Es por esto, que hemos pasado de una excesiva importancia en los procesos y los resultados de producción a una mayor relevancia en lo referente a las relaciones interpersonales. Estas relaciones serán analizadas tanto desde la visión del cliente, como desde la perspectiva del trabajador.

Actualmente, podemos entender la calidad de servicio de distintas formas. Pero según Reeves y Bednar (1994), podríamos resumirlas en cuatro:

1. Calidad como excelencia.
2. Calidad como valor.
3. Calidad como ajuste de especificaciones.
4. Calidad como satisfacción de las expectativas de los usuarios.

Las tres primeras formas de entender la calidad fueron las predominantes durante largo tiempo. Según Parasuraman, Berry y Zeithaml (1993), éstas trataban de encontrar formas objetivas de evaluar y criterios cuantificables orientados a rentabilizar los bienes de consumo. Pero, el desarrollo del sector servicios exige una nueva visión de la calidad de servicio que analice las actitudes y comportamientos de los clientes en su relación con los proveedores. Esto provoca el desplazamiento de la visión interna de las organizaciones hacia el análisis de los usuarios, sus expectativas y percepciones (Martínez-Tur, Peiró y Ramos, 2001). Según Bailey (1991), *“el único juicio importante es el del cliente”* (p.254).

Este cambio de visión se ve reflejado en un aumento de la corriente utilitarista en la literatura especializada, comprendiendo la calidad como la satisfacción de las demandas y expectativas de los usuarios. De esta manera, habrá calidad cuando el servicio cumpla con su función entendiéndolo desde la visión del usuario o cliente, según Mano y Oliver (1993). Por su parte, Zeithaml (1998), nos muestra la calidad percibida de un modo distinto a la calidad objetiva, definiéndola con una mayor abstracción y diferente a un atributo específico de un producto, asemejándola a la valoración global semejante a la actitud o al juicio emitido generalmente dentro de un conjunto. Parasuraman, Zeithaml y Berry (1988), definirán la calidad de servicio percibida como *“un juicio global, o actitud, relativa a la superioridad del servicio”* (p.16). Aplicando esto a los servicios deportivos, Mundina y Calabuig (1999) definirán la calidad del servicio deportivo como: *“la satisfacción de los requerimientos, deseos y expectativas de los clientes-usuarios de un servicio deportivo”* (p. 80)

Como podemos leer, esto supone una gran variedad de perspectivas y enfoques, en las que según Grönroos (1984), la calidad es el resultado de las discrepancias entre las expectativas y la propia percepción de los usuarios. Parasuraman, Zeithaml y Berry (1985) describen las cuatro discrepancias más significativas para una gestión eficaz del servicio:

- Diferencia entre las expectativas del cliente percibidas por la dirección y sus expectativas reales en calidad de servicio.
- Diferencia entre las líneas de acción marcadas por la dirección para el desarrollo del servicio y las expectativas del cliente conocidas por la dirección.
- Diferencias entre el servicio realmente ofrecido y el planificado por la organización.
- Diferencia entre la comunicación de la organización hacia el exterior del servicio y el servicio entregado.

La medición de todos estos factores es compleja. Es por esto que mencionaremos la forma más utilizada y analizada hasta el momento a tal efecto, la denominada escala Servqual de Parasuraman et al. (1988). Servqual utiliza dos escalas en las que analiza expectativas y percepciones, utilizando para ello los mismos atributos en ambas escalas. La calidad de servicio percibida es directamente dependiente de la comparación del servicio esperado con el servicio percibido. Precisamente esta es la razón por la que la evaluación

deberá ser continua en el tiempo. Así pues, Parasuraman et al. (1985), para el desarrollo de un modelo que analice el proceso de calidad de los servicios, parten de la premisa de que las expectativas del cliente pueden ser: confirmadas, negativamente confirmadas o positivamente confirmadas. La literatura sobre marketing y calidad acepta ampliamente este planteamiento añadiendo que: *“los juicios de alta o baja calidad de servicio dependen de cómo perciben los consumidores el resultado actual del servicio en el contexto de lo que esperaban”*, Zeithaml, Berry y Parasuraman (1996).

No obstante, al ser un modelo ampliamente utilizado, también encontramos voces discrepantes al modelo Servqual. Cronin y Taylor (1992; 1994) critican duramente este modelo, ya que consideran que solo debemos valorar la percepción de los clientes y crean la escala Servperf que tendrá solo en cuenta la segunda parte de la Servqual. Pero no son las únicas voces discrepantes; De Ruyter, Lemmink, Wetzels y Mattsson (1997) centran el objetivo de sus propuestas en factores emocionales y hedonistas, asociando la calidad al valor intrínseco proveniente de las emociones propias del servicio. Por otro lado, Price, Arnould y Tierney (1995), también discrepan del modelo Servqual centrándose en la interacción emocional existente entre el usuario y el empleado. Aunque todas las aportaciones son interesantes, la necesidad de objetivar los resultados hace prevalecer las visiones cognitivo-utilitaristas del modelo Servqual.

Las características propias del servicio complican la definición del término calidad de servicio. Dicha complejidad, aumenta al referirse a servicios deportivos, por el hecho de que el consumo se produce de manera simultánea a la producción del servicio generalmente sin resultados tangibles. Por ello, intentaremos profundizar en la calidad de servicio en el siguiente apartado.

Dimensiones de la calidad de servicio

El interés que suscita la definición de las dimensiones de la calidad de servicio es relevante dada la cantidad de publicaciones e investigaciones realizadas en esta línea. Esto nos lleva a una multidimensionalidad con diferentes campos de aplicación. Pero una vez más, son Parasuraman et al. (1985) los que hacen la aportación más relevante presentando

la calidad percibida en diez dimensiones. Estas dimensiones explicarían la calidad de servicio, aunque la relevancia que adquiriera cada una de ellas puede ser distinta.

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1. Fiabilidad | 6. Comunicación |
| 2. Reactividad | 7. Credibilidad |
| 3. Competencia | 8. Seguridad |
| 4. Accesibilidad | 9. Comprensión |
| 5. Cortesía | 10. Tangibles |

Estas diez dimensiones se explican a través del modelo conceptual de Parasuraman, Zeithaml y Berry. Para definir este modelo, los autores realizaron un estudio exploratorio cualitativo sobre consumidores y ejecutivos de servicios para determinar las razones que llevaron a errar en las políticas de calidad de algunos servicios. El resultado del estudio presenta cinco desajustes que los autores relacionan con el origen del déficit de calidad de servicio.

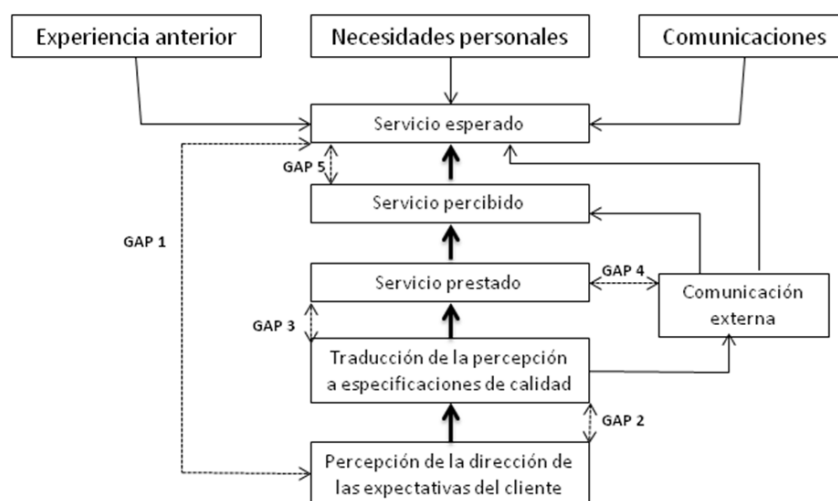


Figura 3. Los desajustes del modelo Parasuraman et al. (1985). Fuente: Parasuraman et al. (1985).

El primer desajuste o GAP 1, relaciona las expectativas del cliente percibidas por la dirección y las expectativas reales en cuanto a la calidad de servicio. Esta discrepancia puede

llevar a la dirección a una errónea toma de decisiones ya que éstas irían enfocadas a mejorar una realidad diferente a la que percibe el usuario. El segundo desajuste, provoca un desajuste entre lo que la dirección cree que desea el cliente y lo que planifica hacer. En este caso, aunque la dirección es sabedora de las expectativas del cliente, las acciones que define no se corresponderán con las que el cliente demanda. El tercer desajuste, se producirá entre el servicio ofrecido en realidad y el planificado desde la organización. El cuarto será el que se da entre la comunicación de la organización al exterior y el servicio entregado.

El resultado de los anteriores desajustes explicaría el quinto, producido entre las expectativas del cliente y las percepciones del servicio recibido por éste mismo. Este quinto será el único desajuste, que según los autores, nos dará un patrón en materia de calidad. Por tanto, su desarrollo, implementación e investigación explica todos los anteriores desajustes. Descritos los cinco desajustes, los autores presentan las causas de los errores para cada uno de ellos, intentando así subsanar las acciones de no calidad.

Conceptualización del valor percibido

Según Woodruff (1997), el valor percibido tiene gran importancia en el marketing ya que, del total de los productos y servicios, es el determinante en el comportamiento del consumidor. Esto lo convierte en una excelente herramienta para predecir el éxito competitivo de una organización. Además, su relevancia aumenta si pensamos en la influencia que el valor percibido ejerce en diversas variables del comportamiento del consumidor como son la calidad y la satisfacción (Cronin, Brady y Hult, 2000; Zeithaml, 1988).

Sin embargo, son escasos los trabajos que hacen referencia al valor percibido en el ámbito del deporte y la organización de eventos deportivos. Gran parte de ellos están relacionados con el mundo del turismo a través de complejos turísticos con campos de golf y servicios de spa o relacionados con el turismo deportivo de aventura.

Encontramos estudios sobre el valor percibido por los clientes y su importancia en relación con las dimensiones de compra de los consumidores desde hace algún tiempo (Zeithaml, 1988). Pero, no será hasta el año 2000 cuando empezarán a superarse las

distintas dificultades que presenta la conceptualización y modelización del valor percibido. Dichas dificultades metodológicas y de medición parecen superadas dada la cantidad de escalas y trabajos propuestos (Gil y Gallarza, 2008). Aún así, no existe una clara y generalizada definición de este concepto (McDougall y Levesque, 2000; Zeithaml, 1988). Podemos agrupar en cuatro tipos de definiciones las encontradas en la literatura referente al valor percibido. Se encuentran divididas entre aquellas basadas en la percepción de utilidad del producto, la relación calidad/precio, el precio e incluso en lo que el consumidor da y recibe a cambio.

En la línea de la primera de este grupo de definiciones, Goyhenetche (1999) dirá que el valor es cómo los clientes miden la respuesta a una expectativa. Para Woodruff (1997), valor sería la preferencia y evaluación percibida de los atributos de un producto, de los atributos de los resultados además de las consecuencias derivadas de su uso. Dichas consecuencias, pueden ayudarnos o impedirnos la consecución de los objetivos propuestos por el consumidor antes de su uso. Esta definición muestra el concepto de valor como una fuente de ventaja competitiva.

Las definiciones del concepto basadas en el precio han sido muy abundantes. Monroe (1990), define el valor percibido global como una suma ponderada del valor de adquisición y de transacción. Para Zeithaml (1984), el valor percibido sería similar a la evaluación que hace el consumidor del valor del producto según su precio.

El tercer grupo de definiciones, relaciona el concepto anterior con el de calidad. Para Gale (1994), el valor percibido puede entenderse como la percepción de la calidad que el mercado tiene de ese producto corregido por el precio del mismo. En opinión de Monroe (1990), valor percibido sería el resultante del intercambio entre la calidad relativa y el precio relativo.

En la actualidad, gran número de autores coinciden al afirmar que el valor es percibido por el cliente (Woodruff y Gardial, 1996; Zeithaml, 1988), en lugar de ser objetivamente establecido por el vendedor (Day y Crask, 2000), añadiendo al concepto los posibles beneficios y sacrificios. De esta forma Zeithaml (1988, p.14) lo definirá como “la valoración global del consumidor de la utilidad de un producto basado en la percepción de lo que es

recibido y de lo que es dado". Esta forma de entender el concepto de valor percibido, sería la más común y aceptada, ya que puede incluir al resto de definiciones.

Una vez definido el concepto pasaremos a establecer sus principales características. Algo que sin duda no es sencillo, debido al carácter complejo y multifacético del término. Así pues, resultará complicado aunar los principales elementos que conforman el valor percibido en un único listado de características. Esto hace que las características atribuidas al término sean distintas en muchas de las investigaciones realizadas impidiendo su comparativa y dificultando el consenso general. En este sentido, encontraremos variables como: costes, beneficios, precio, calidad, sacrificios, etc. Además podemos encontrar definiciones unidireccionales y bidireccionales. Las primeras solo considerarían los beneficios, mientras que las bidireccionales estudiarían la relación entre beneficio y sacrificio. La definiciones basadas en la vertiente bidireccional serán la mas aceptadas generalmente.

Existe un gran desacuerdo en la literatura en cuanto a la elección de los componentes positivos y negativos incluidos en el concepto de valor percibido. Algunos asocian beneficio a calidad y sacrificio a precio. En cambio Sweeney y Soutar (2001) consideran esta perspectiva demasiado simplista para el marketing. La inclusión de nuevas dimensiones tanto positivas como negativas ha mejorado esto como afirman Gallarza y Gil (2006). Las investigaciones llevadas a cabo han permitido estudiar en profundidad el valor percibido en las distintas etapas por las que pasa el consumidor en los diferentes momentos de sus compras resultando de éstas que el valor percibido por el consumidor difiere en función del momento del proceso de compra en que se encuentre.

Revisadas las definiciones y características, podemos observar dos características comunes entorno al término valor percibido. La primera de ellas va en línea con lo aportado por Zeithaml (1988), asociando el valor percibido por el consumidor al uso del producto o vivencia del servicio que éste realiza. Por tanto, el valor percibido no podrá ser nunca establecido objetivamente por el vendedor, ya que éste es percibido por el consumidor. También observamos que las percepciones de valor sobre una misma oferta pueden variar en función de distintos factores dependiendo del tipo de consumidor, dependiendo de el tipo de oferta, el tiempo y la experiencia (Sabiote, 2010).

La revisión de la literatura nos lleva a reducir a dos vertientes los diferentes modelos utilizados en investigación sobre el valor percibido: los de estructura unidimensional y los multidimensionales. Son de especial interés las extensas tablas aportadas por Sabiote (2010) recogiendo las principales aportaciones de valor unidimensional y multidimensional.

En el modelo multidimensional observamos como el valor percibido se compone de un intercambio entre beneficios y sacrificios, analizado desde la percepción del consumidor. Por otro lado, vemos la evolución del valor percibido hacia una perspectiva global, abarcando las distintas etapas del proceso de decisión de compra. También se observa una creciente tendencia a considerar el valor percibido con un marcado carácter subjetivo al incluir aspectos cognitivos, funcionales y afectivos en el desarrollo de los modelos. (Cengiz y Kirkbir, 2007; Fandos, Sánchez, Moliner y Llorens, 2006; Holbrook, 1999, 1994; Moliner, Sánchez, Rodríguez y Callarisa, 2006; Monroe, 1990; Petrick, 2002; Sánchez, Callarisa, Rodríguez y Moliner, 2006; Sheth, Newman y Gross, 1991; Sweeney y Soutar, 2001; Wang, Lo y Yang, 2004; Woodruff, 1997; Zeithaml, 1988), y por último, profundizando en el componente funcional encontraremos, de forma generalizada, el uso de la calidad percibida. Ésta engloba los elementos de los beneficios funcionales e incluye dentro de los sacrificios funcionales el precio como principal determinante.

Las aportaciones resumidas por Sabiote (2010) también consideran el valor percibido como una variable unidimensional y lo relacionan con otras variables. Este tipo de trabajos aportan algunas dimensiones externas al valor percibido como la calidad y el sacrificio y su relación con otras variables de estudio. Destaca por un lado el sacrificio entendido como precio y riesgo percibido, y por el otro, la calidad percibida, la satisfacción y las intenciones del consumidor, especialmente la intención, la recomendación y la recompra (Cronin et al., 2000; Dodds, Monroe y Grewal, 1991; Oh, 1999).

Calidad de servicio, valor percibido y su relación con otras variables

Para algunos autores (Sabiote 2010; Moliner et al., 2006), existe una clara diferenciación en la definición de los conceptos de valor percibido y calidad percibida. En cambio, Oliver (1999) y Zeithaml (1988), aportan dudas sobre la delimitación de ambos

términos. Estas dos variables, calidad de servicio y valor percibido, son consideradas constructos de evaluación subjetivos, personales y dependientes de cada situación según Sánchez e Iniesta (2006). Estos autores, establecen la principal diferencia entre ellos en que el valor percibido parece tener un mayor carácter individualista y personal, pudiendo llegar a ser un concepto más amplio que el de calidad. Esto se sustenta en que la calidad percibida incluye básicamente componentes positivos, frente al valor percibido que también poseería componentes negativos relacionados con los sacrificios que hace el consumidor. Sánchez e Iniesta (2006) afirman que mientras que la evaluación de la calidad va a atender a las preferencias internas del propio consumidor, la evaluación del valor percibido por parte de los consumidores va a depender del contexto en el que se encuentre.

En la literatura encontraremos, por tanto, dos líneas investigadoras con amplio respaldo: la que refuerza la teoría de que la calidad de servicio es un antecedente del valor percibido (Chen y Dubinsky, 2003; Cronin et al., 2000; Hume, 2008; Kim, Zhao y Yang, 2008), y la que apoya otro grupo de investigadores, que consideran la calidad percibida como componente del valor percibido (Holbrook, 1999; Lapierre, 2000; Petrick, 2002; Sweeney y Soutar, 2001; Zeithaml, 1988). El análisis de las investigaciones derivadas de la literatura denota que la tendencia en las investigaciones cuyo objeto es el estudio de la formación del valor percibido, considera al valor percibido desde una perspectiva multidimensional, siendo la calidad percibida un componente del valor percibido. Por otro lado, las investigaciones que analizan las relaciones entre el valor percibido y otros conceptos utilizarán una estructura de valor percibido unidimensional y considerarán la calidad percibida como una variable antecedente del valor percibido por el consumidor.

Conceptualización de las intenciones futuras

Solamente con que a un cliente le agrade un determinado producto la primera vez que lo consume, no nos garantiza que lo vuelva a consumir en el futuro. Es por esto que las organizaciones deben medir muy bien como gestionan sus recursos para que los clientes quieran disfrutar de ese producto de nuevo. Una organización ha de saber rentabilizar las inversiones en calidad, siendo consciente de que calidad y productividad, no tienen porque ser incompatibles (Bigné, Andreu y Sánchez, 2005). En esta línea, la lealtad del cliente es un

tema recurrente en los estudios sobre gestión empresarial. El mundo de la gestión deportiva también ha intentado profundizar en este tema, prueba de ello es el creciente interés en la implementación de estrategias de fidelización del cliente deportivo. Un cliente fidelizado es la mejor promoción para una empresa u organización y a un coste realmente económico. La comunicación boca a oído, como transmisor de ese cliente satisfecho es una excelente herramienta publicitaria para una organización.

A lo largo de los años la definición de lealtad ha seguido distintos caminos y recibido distintas conceptualizaciones. Pero si nos detenemos en la aportación de Varela (1991), en su definición de lealtad y para intentar diferenciarla de otras formas de comportamiento, propone cinco condiciones:

- Que sea una respuesta comportamental.
- Que esté orientada y no aleatoria.
- Que sea expresada a lo largo del tiempo.
- Que esté relacionada con una o varias alternativas de un grupo de marcas.
- Que forme parte de un proceso psicológico.

Distintos autores aportan a estas características propias de la lealtad, una nueva visión compuesta por dos tipos de aspectos: los aspectos del comportamiento y los actitudinales. La lealtad actitudinal, se centraría en el análisis de los sentimientos y pensamientos del cliente hacia una determinada empresa e incluiría entre sus variables aspectos como la calidad, la satisfacción o la imagen (Martínez y Martínez 2009). Por otro lado, aquellos que entienden la lealtad orientada al comportamiento, dirigirán sus estudios hacia términos como la recomendación, la repetición de compra y la voluntad de abonar un precio superior (Kwak, Kim y Hirt, 2011). Por tanto, basándonos en las aportaciones de Ferrand, Robinson & Valette-Florence (2010), hablaremos de tres perspectivas conceptuales al referirnos a la lealtad:

- La perspectiva del comportamiento. Basada en la repetición de compra del servicio.
- La perspectiva actitudinal. Dispuesto a recomendar el servicio. Boca a oído o WOM.

- Perspectiva conjunta: actitudinal y del comportamiento.

Todo esto nos vuelve a conducir de nuevo a la importancia del consumidor leal. De este tipo de consumidor, se espera que provoque efectos positivos en el rendimiento empresarial, reduciendo entre otros los costes de marketing. Parece claro afirmar, que el coste de conservar a un cliente será mucho menor que el de adquisición de uno nuevo. Otra ventaja que aporta a una organización la lealtad de sus clientes, es que la proporción de un boca a oído positivo y una buena adaptación a los proveedores rivales resulta en un resultado positivo, según Chumpitaz Caceres y Papanoidamis (2007).

Por todo lo expuesto, es el momento de intentar definir o aclarar el complejo termino de intenciones futuras, ya que podemos decir que éstas derivan de la lealtad del consumidor. Las intenciones futuras aunarían la lealtad en el comportamiento del consumidor y el boca a oído. Convirtiéndose así en la variable dependiente mas importante en el marketing empresarial, ya que conlleva la repetición del servicio y la recomendación de uso a otros potenciales clientes. Algunos autores, entienden las intenciones futuras como un intento de medir la lealtad del comportamiento. Sin embargo, Ferrand et al. (2010) hablarían de que a través de la medición única de la lealtad actitudinal, no se estaría midiendo el comportamiento de compra. Martínez y Martínez (2009), no consideran que las intenciones futuras sean un buen predictor del comportamiento futuro de compra y presentan un modelo dinámico como propuesta para entender el comportamiento de los usuarios.

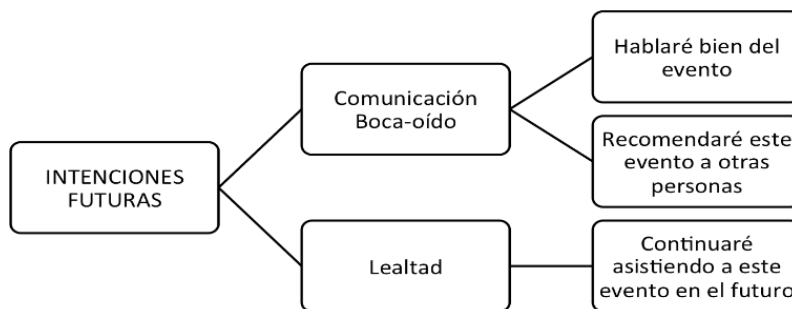


Figura 4. Intenciones futuras. Ejemplificación.

En cuanto a la escala de medición de intenciones futuras, parece acertado señalar la propuesta por Zeithalm et al. (1996), en la que se asigna un ítem a la lealtad de comportamiento y tres a la recomendación del servicio.

Impacto de los eventos deportivos

Comenzaremos el presente capítulo definiendo el impacto social y su relación con los eventos deportivos. Para Olsen y Merwin (1977, p. 41), los impactos sociales se definen como “los cambios en la estructura y en el funcionamiento del orden de los patrones sociales que ocurren en conjunción con una innovación o alteración medioambiental, tecnológica y social”. En el caso que nos ocupa, profundizaremos en el impacto social vinculado a un evento deportivo y su repercusión en las percepciones de los residentes. No obstante, la revisión de la literatura nos lleva a aportar que, en gran medida, los estudios de este tipo se alejan del análisis del evento deportivo propiamente dicho. Los estudios realizados mayoritariamente provienen de investigaciones asociadas al impacto social en el turismo (Fredline, Jago y Deery, 2003). Es por ello, que los métodos, las teorías y la recogida de datos son similares en las dos áreas de investigación.

Desde la óptica del turismo, Mathieson y Wall (1982, p.137), definen los impactos sociales como los “cambios en la calidad de vida de los residentes de los destinos turísticos”. Esta perspectiva englobaría tanto a los cambios económicos como a los ambientales dentro del impacto social. Por tanto, en un evento deportivo puntual podría aumentar el número de turistas propiciando una mayor demanda de empleo entre los ciudadanos de la ciudad sede del evento, provocando un determinado impacto económico, que a su vez tendría evidentes implicaciones sociales. Hall (1992, p. 67), desde un punto de vista turístico dirá de los impactos sociales que son “la manera en la que los efectos del turismo y los viajes cambian el sistema de valores individual y colectivo, los patrones de comportamiento, las estructuras comunitarias, el estilo de vida y la calidad de vida”. Es por esto que, a modo de resumen, podríamos describir el impacto social de un determinado evento deportivo como aquellos cambios en la calidad de vida de los residentes debidos a la celebración de ese evento.

De cara al organizador de un evento, es de gran utilidad poseer información relevante sobre aquellos aspectos que pueden influir positiva o negativamente en el desarrollo de su tarea. En el caso de los residentes, esto nos permitiría maximizar los beneficios y reducir los costes. Según Rancla (2003), la pronta identificación de dichos impactos puede ayudarnos en la toma de decisiones de los procedimientos y por otro lado, en el diseño de acciones destinadas a minimizar los daños y aumentar los beneficios de un evento deportivo. Por todo esto, se hace imprescindible la evaluación de impacto social de un evento deportivo. Es decisivo conocer en que medida se verán afectados los residentes y sobre todo su calidad de vida, por un evento deportivo.

Objetivos e hipótesis

Estudio de caso: OPEN TENIS VALENCIA. ATP 500.

En el presente documento desarrollado a partir de la tesis doctoral publicada en enero de 2016 se plantea un análisis del rendimiento de un evento deportivo desde un doble punto de vista, el del espectador del Open 500 y el del residente de Valencia que no fue espectador. De esta manera, se plantea un gran objetivo general común como es el evaluar el Open 500 de Valencia. Los objetivos que se plantean para cada uno de los dos estudios planteados son los siguientes:

ESTUDIO 1. Percepción del espectador

El objetivo general del estudio 1 era conocer el rendimiento del Open de Tenis de Valencia según la percepción de los espectadores.

Los objetivos específicos son:

- Conocer el rendimiento del Open a través de la medida del nivel de calidad de servicio, la satisfacción del usuario, el valor del servicio percibido, la imagen corporativa, las emociones, los elementos de la competición y las intenciones futuras de los espectadores.
- Analizar la influencia que tienen las emociones experimentadas durante el Open 500 sobre la satisfacción.

- Conocer las dimensiones de calidad más influyentes en la predicción de la satisfacción del espectador del Open 500.
- Conocer las dimensiones de calidad más influyentes en la predicción del valor percibido por el espectador del Open 500.
- Determinar el peso del valor y la satisfacción en la predicción de las intenciones futuras del espectador del Open 500.
- Averiguar el efecto que tiene la imagen corporativa sobre el valor y las intenciones futuras del espectador.

A partir de estos objetivos, se plantea un modelo de relaciones causales en el que se plantean 8 hipótesis a contrastar que se establecen de acuerdo con la teoría y estudios previos desarrollados en el marco teórico de este trabajo. En la figura 5.1 se observa el modelo puesto a prueba.

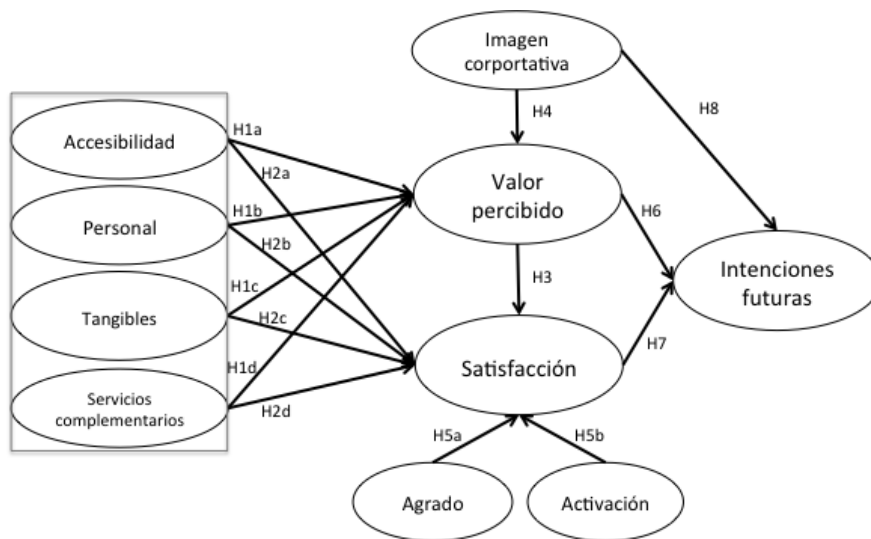


Figura 5. Modelo estructural de relaciones e hipótesis de investigación

Como Hipótesis 1 y 2 planteamos que las dimensiones de calidad se establecen como antecedentes de la calidad y el valor percibido. Dichas hipótesis se subdividen en las siguientes:

H1a: Accesibilidad como predictor del Valor percibido

H1b: Personal como predictor del Valor percibido

H1c: Tangibles como predictor del Valor percibido

H1d: Servicios complementarios como predictor del Valor percibido

H2a: Accesibilidad como predictor de la Satisfacción general

H2b: Personal como predictor de la Satisfacción general

H2c: Tangibles como predictor de la Satisfacción general

H2d: Servicios complementarios como predictor de la Satisfacción general

Las siguientes hipótesis buscarán demostrar que el valor es un predictor de la satisfacción y de las intenciones futuras del espectador, así como que la satisfacción es un predictor de las intenciones futuras.

H3: Valor percibido es predictor de la Satisfacción general

H6: Valor percibido es predictor de las Intenciones futuras

H7: Satisfacción general es predictor de las Intenciones futuras

Finalmente, en este modelo se establecen las emociones como predictoras de la satisfacción, y la imagen corporativa como predictora de las intenciones futuras y el valor. Así pues, se puede decir que las intenciones futuras y la satisfacción son las dos variables que pueden informar del rendimiento del open de una forma más acertada.

H4: Imagen corporativa como predictor del Valor percibido

H5a: Agrado como predictor de la Satisfacción general

H5b: Activación como predictor de la Satisfacción general

H8: Imagen corporativa --- Intenciones futuras

ESTUDIO 2: Percepción del residente

El objetivo general del estudio 2 es conocer el nivel de impacto que los residentes de Valencia le otorgan al Open.

Los objetivos específicos son:

- Comprobar la validez y fiabilidad de la escala para conocer las percepciones de los residentes sobre Open 500.
- Conocer las percepciones de los residentes sobre los impactos positivos y negativos que ha tenido el Open 500 en Valencia.
- Analizar las percepciones de los residentes según diversas variables independientes como son el sexo, la edad, la ocupación, el estado civil, nivel de ingresos y residencia de origen.

Muestra

Muestra Estudio 1:

Se recogieron 730 encuestas entre los espectadores que acudieron a los encuentros del Valencia Open 500 de tenis disputados. Finalmente, se descartaron 33 encuestas incompletas, obteniendo una muestra de casos válidos compuesta de un total de 697 espectadores. En este caso, la población objeto de estudio queda definida por los espectadores que acudieron a algunos de los diversos partidos que se celebraron en el edificio del Ágora durante la semana de celebración del torneo.

El aforo del Ágora es de 6.300 espectadores y teniendo en cuenta que el torneo tuvo una duración de siete días, se puede estimar una cifra aproximada de 44.100 espectadores que podrían haber asistido alguno de los días en los que se celebró el evento. De este modo, teniendo en cuenta que la muestra está integrada por un total de 697 espectadores, el error muestral calculado es de $\pm 3,68$ para un nivel de confianza del 95%.

Se llevó a cabo un muestreo no probabilístico intencional o de conveniencia, logrando la mayor representatividad del conjunto de espectadores mediante la consulta durante todos los días del torneo, excepto el día de la final, y la distribución de los entrevistadores en diferentes partes de las gradas del recinto.

La edad media de los espectadores encuestados es de 36,36 (DT=13,08). Para facilitar la interpretación y descripción de la muestra se ha agrupado a los sujetos en tres grupos de edad: de 18 a 23 años (15,7%), de 24 a 35 años (34,67%) y mayores de 35 años (49,63%). Según el género, comprobamos que es mayor el número de espectadores entrevistados (456) que el de espectadoras (241).

La mayoría de espectadores encuestados eran residentes en la ciudad (45,8%), seguidos de los que residen en algún municipio del resto de la provincia (31,6%) y de los que residen en alguna localidad de las provincias de Alicante y Castellón (12,5%). Sólo un 7,7% residen fuera de la Comunidad Valenciana y un 2,4% residen en el extranjero.

Muestra Estudio 2:

La población objeto de estudio hace referencia al grupo de personas, eventos o cosas que el investigador desea estudiar, siendo el marco poblacional el conjunto de elementos o características de la población de la que se obtiene la muestra. En el presente estudio, la población objeto de estudio correspondía a los residentes de la ciudad de Valencia ya que es lugar en el que se celebraba el Valencia Open 500 de tenis.

Según las cifras del padrón municipal la población de la ciudad de Valencia mayor de 16 años en 2013 comprende un total de 647.374 personas (Portal Estadístico de la Generalitat Valenciana, 2014). Se incluyó en la población objeto de estudio a residentes mayores de 16 años ya que se consideró que a partir de esta edad las personas podrían tener una opinión razonada y conocimiento suficiente sobre el evento deportivo analizado.

Se recogieron un total de 347 encuestas, a través de un muestreo por conveniencia debido a la ausencia de un marco muestral adecuado, que se debe diferenciar del de residentes empadronados, que permita conocer el número real de residentes que viven en Valencia. El muestreo de conveniencia es consistente con otros trabajos previos (e.g., Gursoy

y Kendall, 2006; Kim et al., 2006). La elección de este tipo de muestreo se debe a que en este estudio se tienen en cuenta los residentes que residen en la ciudad en una estancia prolongada por motivos académicos, laborales u otros. También, este muestreo disminuye los costes económicos y temporales.

El sesgo de selección es una de las principales debilidades asociadas al muestreo de conveniencia (Kim et al., 2006). Así, para evitar este sesgo en el trabajo de campo, se indicó a los entrevistadores que recogieran encuestas de distintos grupos de población con la finalidad de entrevistar a colectivos proporcionales de residentes en función del género y la edad.

Asimismo, se les asignó distintos distritos de la ciudad para abarcarlos todos. De este modo, aunque el muestreo de conveniencia no es representativo de una población como es la de la ciudad de Valencia, la muestra recogida representa una buena mezcla de los diferentes residentes que viven en Valencia.

En primer lugar, según el sexo, se pudo observar cómo la muestra estaba integrada por un porcentaje ligeramente superior en el caso de los hombres (59,9%) frente a un 40,1% de mujeres. Según la edad comprobamos que el grupo de residentes más jóvenes (16-23) es el que representa una mayor proporción de la muestra (31,5%), seguido de los de 35 a 50 años (30,6%). En cuanto a la ocupación, los residentes empleados representan el 36,7%, seguido de los estudiantes (35,1%) y de los desempleados (10,1%). La mayor parte de los encuestados tiene estudios universitarios (44,3%) o estudios secundarios (36,1%). Respecto al estado civil, cerca de la mitad están solteros (49,8%), mientras que el (46,2%) están casados. El nivel de ingresos muestra cómo la mayor parte tiene ingresos inferiores a 12.000 euros anuales (51,1%), aspecto que puede explicarse por el elevado grupo de residentes encuestados con edades inferiores a los 25 años. Por último, la mayoría de los ciudadanos entrevistados residen en Valencia desde hace más de 10 años (74%) y el origen de su residencia familiar está en la propia ciudad (67,6%).

Instrumento

Instrumento 1. Estructura del cuestionario para los espectadores del Valencia Open 500.

El cuestionario empleado para analizar la satisfacción y la calidad percibida entre los espectadores que acudieron al torneo a presenciar el evento en directo está formado por un total de 60 ítems y preguntas. Las escalas que componen el instrumento son las siguientes:

- Calidad: EVENTQUAL (Calabuig et al., 2010). 16 ítems; 4 dimensiones: accesibilidad (3 ítems), personal (4 ítems), tangibles (5 ítems) y servicios complementarios (4 ítems).
- Calidad de servicio general de Hightower, Brady y Baker (2002)
- Satisfacción general de Oliver (1997)
- Elementos de la competición adaptada de Mundina et al. (2005) y Pérez-Campos (2010)
- Intenciones futuras adaptada de Zeithaml et al. (1996)
- Imagen corporativa adaptada de Souiden, Kassim y Hong (2006)
- Emociones adaptada de Bigné y Andreu (2004)
- Valor percibido adaptada de Hightower et al. (2002)
- Motivos de asistencia adaptada a partir de Alonso-Dos-Santos (2012)

Instrumento 2. Estructura del cuestionario para los residentes de Valencia

Se implementaron 45 ítems que aluden a diversos impactos positivos y negativos sobre la acogida de este evento deportivo:

- 34 ítems beneficios o impactos positivos
- 11 ítems a posibles costes o impactos negativos

Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis de los datos con la finalidad de dar respuesta a los objetivos planteados en el trabajo. En primer lugar, se presentan los resultados derivados del análisis de calidad percibida y la satisfacción de los espectadores que acudieron a alguno de los partidos de tenis disputados. En segundo lugar, se exponen los resultados sobre la percepción de los residentes en Valencia en torno a los posibles impactos positivos y negativos asociados a la celebración de este acontecimiento deportivo en la ciudad.

Valoración del evento entre los espectadores del Valencia Open 500 de tenis:

La valoración general del evento es muy positiva destacando por este motivo los ítems relacionados con: La calidad de servicio, el valor percibido, los elementos de la competición y las emociones. La satisfacción junto con las intenciones futuras son las variables mejor valoradas ya que muestran puntuaciones medias de 5,95 (DT=,94) y 6,02 (DT=1,05), respectivamente como podemos apreciar en la tabla 6.1.

	N	\bar{x}	D.T.
Calidad de servicio percibida total	623	5,51	,79
Calidad de servicio percibida general	680	5,30	1,04
Valor de servicio percibido	678	5,26	1,17
Elementos de la competición	684	5,77	,88
Emociones	633	4,07	,58
Satisfacción	693	5,95	,94
Intenciones futuras	693	6,02	1,05

Tabla 1. Valoración general de los espectadores

A nivel general, se pudo comprobar que los espectadores valoraban con una tendencia positiva todas las dimensiones de calidad de servicio percibida en todos los ítems analizados como podemos observar en la siguiente tabla:

<i>Calidad de servicio general</i>	N	\bar{X}	D.T.
En general, he recibido un servicio de alta calidad del Valencia Open 500.	695	5,47	1,08
Generalmente, el servicio ofrecido en el Valencia Open 500 es excelente	694	5,32	1,14
Hablando en general, el servicio ofrecido en el Valencia Open 500 es superior	688	5,16	1,20
En general, el servicio ofrecido en el Valencia Open 500 es sobresaliente	684	5,13	1,25
Creo que el trabajo realizado por los empleados del Valencia Open 500 es excelente	689	5,42	1,16
Media total	680	5,30	1,04

Tabla 6.2. Resultados descriptivos de la escala de calidad servicio percibida general.

En este trabajo, los espectadores se muestran satisfechos y presentan buenas puntuaciones, pero sobre todo, muestran unas valoraciones muy altas en las intenciones futuras. Estos resultados coinciden con otros trabajos previos en el ámbito español (Calabuig et al., 2008; Calabuig et al., 2008; Crespo et al., 2008; Mundina et al., 2005; Pérez et al. 2008a; Pérez et al., 2009 y Pérez, 2010).

Los resultados de esta investigación confirman que la calidad de servicio predice la satisfacción de los espectadores en un 35%. Los tangibles es la dimensión que ejerce un mayor peso, seguida del personal. El resto de las dimensiones de calidad (accesibilidad y servicios complementarios) no se relacionan significativamente con la satisfacción. Los datos confirman la teoría general, reforzando la idea de que, a mayor calidad percibida por los espectadores, más satisfechos se encontrarán los mismos al finalizar la experiencia de servicio.

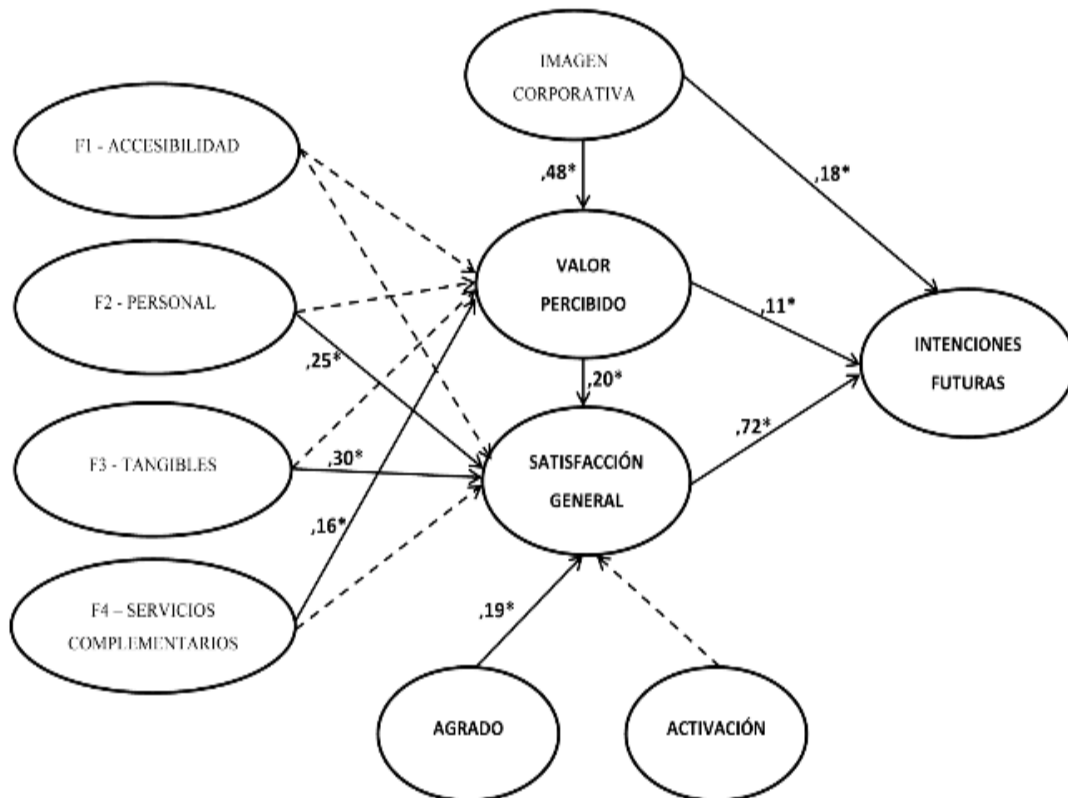
En el trabajo de Pérez (2010) todas y cada una de las dimensiones de calidad, la calidad de la interacción, la calidad del entorno, es decir, los tangibles y el ambiente, así como la calidad del resultado, influyen significativamente en la satisfacción de los espectadores de atletismo. De igual modo la el trabajo de Crespo (2012) confirma esta relación en un club de baloncesto con eventos de liga. En cambio, en el trabajo de Pérez (2010) en la muestra del Campeonato del Mundo, la dimensión que mayor influencia tiene sobre la satisfacción es la calidad del personal del evento. Clemes et al. (2011) también confirman la teoría de que la calidad es antecedente de la satisfacción también en eventos deportivos, aunque en su caso

lo hacen con una relación de segundo orden y no relacionan las dimensiones de calidad directamente con la satisfacción.

En el contexto de los estudios sobre deporte Sumino y Harada encuentran que la excitación es un predictor de las intenciones de asistir en el futuro. Por el contrario, las emociones negativas tienden a provocar intenciones de comportamiento desfavorables (Bougie, Pieters, & Zeelenberg, 2003). Por otro lado, Biscaia et al. (2012) encuentra que la emoción de disfrute predice la satisfacción y las intenciones futuras de espectadores de eventos futbolístico. Tomando las emociones con un sentido más amplio, Calabuig et al. (2015) analizan las emociones en un nivel superior e hipotetizan que pueden tener un efecto moderador en alguna de las relaciones ya mencionadas y no solo como predictor de la satisfacción o la intención. Esto autores finalmente encuentran que el agrado tiene un efecto moderador entre la calidad y el valor percibido.

En nuestro trabajo, se observa que el agrado ejerce una influencia significativa en la formación de la satisfacción general del espectador y no así la activación. Este efecto puede ser explicado entendiendo que la emoción de placer o alegría es fácil que se asocie con satisfacción, en cambio la emoción de activación (excitación, alteración...) no tiene porqué causar satisfacción en estos contextos.

De los resultados obtenidos en este estudio podemos establecer el siguiente modelo de relaciones causales.



Nota. * Indica relación estadísticamente significativa $p \leq ,05$

Figura 6. Modelo de relaciones causales entre la calidad percibida, valor percibido, satisfacción general, emociones, imagen corporativa e intenciones futuras.

A partir de las hipótesis planteadas, se efectuó un modelo de relaciones causales con el programa EQS 6.2. con el que contrastar dichas hipótesis. De este modo, en el modelo planteado las puntuaciones medias de los factores de la escala de calidad de servicio percibida eran las variables predictoras del valor percibido y la satisfacción general con el servicio. En la misma línea, la variable imagen corporativa es predictora del valor percibido y de las intenciones futuras, mientras que la puntuación media de las dimensiones de la escala de emociones es predictora de la satisfacción general. A su vez, el valor percibido es predictor de la satisfacción y de las intenciones futuras, mientras que la satisfacción es predictora de las intenciones futuras.

Valoración del evento entre los residentes del Valencia Open 500 de tenis:

A continuación, comentaremos los resultados descriptivos de la escala de impactos positivos compuesta de 24 ítems distribuidos en cuatro dimensiones: impacto sociocultural y deportivo (8 ítems), impacto en la imagen y la promoción (6 ítems), impacto socioeconómico (6 ítems) e impacto en el desarrollo urbano y en las infraestructuras (4 ítems).

En lo referente al impacto sociocultural y deportivo podemos destacar que los residentes encuestados no consideran que la celebración del Valencia Open 500 de tenis repercuta positivamente en los principales aspectos relacionados con los impactos a nivel sociocultural y deportivo en la ciudad.

En líneas generales las puntuaciones medias de los indicadores que componen el factor referente al impacto de la imagen y la promoción muestran una tendencia neutral que significa que los residentes no consideran que la celebración del Valencia Open 500 de tenis repercuta en la imagen y promoción internacional. Sin embargo, este factor es de los cuatro que forman la escala de impactos positivos el que presenta puntuaciones más elevadas.

Los resultados obtenidos en los ítems que medían el impacto socioeconómico coinciden con los detectados para los otros factores en los que la opinión de los residentes muestra una tendencia neutral o hacia el desacuerdo. En este caso, la percepción mayoritaria de los residentes entrevistados considera que el evento no genera beneficios socioeconómicos para la ciudad.

En líneas generales, el impacto en el desarrollo urbano y en las infraestructuras es percibido por los residentes con una tendencia al desacuerdo, considerando la mayoría de los residentes entrevistados que la celebración del Valencia Open 500 de tenis no repercute en desarrollo urbano y en las infraestructuras de la ciudad.

En cuanto a la escala de impactos negativos los resultados descriptivos compuestos por 24 ítems distribuidos en cuatro dimensiones: impacto sociocultural y deportivo (8 ítems), impacto en la imagen y la promoción (6 ítems), impacto socioeconómico (6 ítems) e impacto en el desarrollo urbano y en las infraestructuras (4 ítems). los residentes encuestados no consideran que la celebración del Valencia Open 500 de tenis repercuta positivamente en los principales aspectos relacionados con estos impactos.

En líneas generales, el análisis de las percepciones de los residentes como parte interesada en la acogida del evento muestra que la mayoría no consideran que el Valencia Open 500 de tenis tenga una repercusión positiva en las principales áreas de interés para el desarrollo de la ciudad: socioeconómico, sociocultural y deportiva, desarrollo urbano e infraestructuras y en la imagen y la promoción de la ciudad. Asimismo, tampoco consideran que el evento suponga un impacto negativo a nivel social o medioambiental, aunque la mayoría tienden a mostrarse de acuerdo ante la posibilidad de que el evento haya supuesto un gasto excesivo de dinero público, que podría haberse invertido en otros proyectos para la sociedad valenciana.

La comparación de estos resultados con los de otros trabajos realizados en la misma ciudad (Añó et al., 2012; Calabuig et al., 2014; Parra y Duclos, 2013; Parra et al., 2012), en los años posteriores a la celebración de la Copa América (a partir de 2010), muestra algunas semejanzas o tendencia similar en las percepciones de los ciudadanos. Aunque en este trabajo los residentes no destacan ningún impacto positivo, sí se observa una mejor valoración en algunos aspectos referidos a la imagen, la apertura y la promoción de la ciudad. Este hecho, coincidiría con lo destacado en la mayoría de los estudios realizados sobre otros eventos deportivos importantes celebrados en la ciudad (la Copa América o el GP de Europa de Fórmula 1), en los que señalaban que los aspectos relacionados con mejora de la imagen y el reconocimiento internacional de la ciudad serían uno de los principales beneficios derivados de la acogida de los mismos.

En cualquier caso, la percepción de los ciudadanos en torno a los costes públicos derivados de la acogida del evento y la tendencia al desacuerdo en la mayoría de los impactos positivos que pueden influir en la mejora de la calidad de vida de los residentes, debería ser considerada como una señal de alerta o advertencia sobre el escaso impacto social de este acontecimiento para la población local.

Como se ha apuntado en los apartados anteriores, el contexto socioeconómico desfavorable de los últimos años ha incrementado el malestar de gran parte de la sociedad por el gasto público en determinadas partidas, en las que parecen haber percibido un escaso beneficio y un incremento de los costes, produciéndose, para un gran sector de la población local, un intercambio social deficitario.

Así pues, a la vista de los resultados, teniendo en cuenta las limitaciones que este tipo de estudios presentan y que las percepciones deben analizarse periódicamente, dada su naturaleza cambiante, sería necesario desarrollar una estrategia de comunicación que permitiese dar a conocer los posibles beneficios de la acogida de ese tipo de acontecimientos en las ciudades. No obstante, la reorientación de la política de eventos deportivos hacia otros de menor escala, con mayor participación social y menor gasto público parece la más adecuada dado el contexto socioeconómico actual.

Conclusiones

Las conclusiones extraídas de ambos estudios fueron las siguientes:

Conclusiones respecto a las percepciones de los espectadores:

- El aspecto mejor valorado por los espectadores del Open 500 de Tenis de Valencia son las intenciones futuras. Le sigue la satisfacción y en tercer lugar los elementos de la competición.
- La calidad del personal es la dimensión de calidad mejor valorada. Le sigue la accesibilidad y los tangibles.
- La emoción de agrado es la mejor valorada. Le sigue la activación
- Los motivos de asistencia de los espectadores al open de tenis están relacionados con la sensación de escape de la vida diaria, porque es importante para Valencia y por el ambiente que se vive durante el evento.
- El personal y los elementos tangibles son las dimensiones de calidad predictoras de la satisfacción general del espectador.
- Los servicios complementarios del Open son predictores del valor percibido.
- La imagen corporativa es un fuerte predictor del valor del Open.
- El valor y el agrado son predictores de la satisfacción del espectador.
- La emoción de activación no predice la satisfacción.

- La satisfacción del espectador es el predictor más fuerte de las intenciones futuras.
- La imagen corporativa y el valor percibido también son predictoras de las intenciones futuras, aunque con escaso peso.

Conclusiones respecto a las percepciones de los residentes:

- El impacto social positivo mejor valorado por los residentes de Valencia respecto al Open 500 es la imagen y la promoción de la ciudad. Le sigue el socioeconómico y las infraestructuras y desarrollo urbano.
- El impacto social positivo peor valorado ha sido el sociocultural y deportivo.
- El mayor impacto social negativo que los ciudadanos de Valencia le otorgan al open de tenis es el económico. Los ciudadanos creen que la financiación pública del evento ha sido excesiva y podría haberse destinado a otros proyectos.
- Las mujeres creen que el open ha tenido un impacto más negativo en el medioambiente y en lo económico que los hombres.
- La edad de los residentes no está relacionada con los impactos positivos asociados al open.
- Los residentes más jóvenes (16 a 23) creen que el open ha tenido un impacto económico más negativo que los residentes de 24 a 50 años.
- El nivel de estudios de los residentes no está relacionado con la percepción de los impactos del Open de tenis.
- Los empleados tienen una mejor percepción del impacto del Open en la imagen y la promoción de la ciudad que los desempleados.
- Los estudiantes opinan que el Open ha tenido un impacto económico más negativo que los empleados.
- Los residentes solteros creen que el impacto económico ha sido más negativo que los casados.

- El nivel de ingresos de los residentes está relacionado con el impacto negativo y positivo del open de tenis.
- Los residentes con ingresos más bajos opinan que el Open ha tenido un impacto positivo más bajo y un impacto negativo más alto que los residentes de ingresos medio-bajo.
- Existen relación entre el tiempo residiendo en Valencia y los impactos asociados al Open de tenis. Cuanto menos tiempo llevan residiendo en la ciudad le otorgan un impacto económico negativo más alto.
- El interés por el deporte está relacionado con los impactos positivos asociados al Open de tenis. Los residentes interesados en el deporte creen que el Open de tenis ha tenido un impacto más positivo en la ciudad que los no interesados o indiferentes.
- Los residentes que han asistido al evento le otorgan mayores impactos positivos y menores impactos negativos que los que no han asistido.
- Los residentes que apoyan el evento le otorgan mayores niveles de impactos positivos y menores de impactos negativos que los residentes que no lo apoyan.

Referencias bibliográficas

- Afthinos, Y., Theodorakis, N.D. & Nassis, P. (2005). Customers' expectations of service in greek fitness centers. Gender, age, type of sport center, and motivation differences. *Managing Service Quality*, 15(3), 245-258.
- Aguado-Berenguer, S. (2016). *Evaluación de los eventos deportivos. Percepción de los espectadores y los residentes sobre el Open de tenis de Valencia*. Tesis doctoral, Universitat de València.
- Alcañiz, J. E. B., & Simó, L. A. (2004). Modelo cognitivo-afectivo de la satisfacción en servicios de ocio y turismo. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 21, 89-120.
- Alexandris, K., Kouthouris, C. & Meligdis, A. (2006). Increasing customers' loyalty in a skiing resort: The contribution of place attachment and service quality. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 18(5), 414-425.
- Alexandris, K., Zahariadis, P., Tsorbatzoudis, C., & Grouios, G. (2004). An empirical investigation of the relationships among service quality, customer satisfaction and psychological commitment in a health club context. *European sport management quarterly*, 4, 36-52.

- Baena-Arrollo, J., García, J., Bernal, A., Lara, A., & Gálvez, P. (2016). El valor percibido y la satisfacción del cliente en actividades dirigidas virtuales y con técnico en centros de fitness. *Revista de Psicología del Deporte*, 25(2), 219-227
- Bailey, D. (1991). Inside quality service. *Managing Service Quality*, 1(5), 253- 257.
- Bigné, E., Andreu, L. & Sánchez, I. (2005). Investigación y Marketing turístico: un análisis de las publicaciones en el periodo de 1995-2003. XV Jornadas Hispano-Lusas de Gestión Científica, Sevilla.
- Bigné, J. E. & Andreu, L. (2004). Modelo cognitivo-afectivo de la satisfacción en servicios de ocio & turismo. *Cuadernos de Economía y Dirección de Empresas*, 21, 89-120.
- Bitner, M. (1990). Evaluating service encounters: the effects of physical surroundings and employee responses. *Journal of Marketing*, 54, 69-82.
- Bodet, G. (2006). Investigating customer satisfaction in a health club context by an application of the tetraclasse model. *European Sport Management Quarterly*, 6(2), 149-165.
- Bodet, G. (2008). Customer satisfaction and loyalty in service: Two concepts, four constructs, several relationships. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 15 (3), 156-162.
- Bolton, R. & Drew, H. (1991). A Multistage Model of Customers' Assessments of Service Quality and Value. *Journal of Consumer Research*, 17, 375- 384.
- Brady, K. M. & Cronin, J. J. (2001). Some new thoughts on conceptualizing perceived service quality: A hierarchical approach. *Journal of Marketing*, 65(July), 17-31.
- Calabuig, F., Prado-Gascó, V., Crespo Hervás, J., Núñez-Pomar, J., & Añó Sanz, V. (2015). Spectator emotions: Effects on quality, satisfaction, value, and future intentions. *Journal of Business Research*, 68(7), 1445-1449.
- Cavalcante, A. & Da Costa, F. A. (2008). The influence of perceived value and customer satisfaction on the word of mouth behavior: an analysis in academies of gymnastics. *Revista Brasileira de Gestao de Negocios*, 28, 296-312.
- Cengiz, E. & Kirkbir, F. (2007). Customer Perceived Value: The Development of a Multiple Item Scale in Hospitals. *Problems and Perspectives in Management*, 5(3), 252-270
- Chen, Z. & Dubinsky, A. J. (2003). A conceptual model of perceived customer value in e-commerce: A preliminary investigation. *Psychology and Marketing*, 20(4), 323-347.
- Chumpitaz, R., & Paparoidamis, N. G. (2007). Service quality, relationship satisfaction, trust, commitment and business-to-business loyalty. *European Journal of Marketing*, 41(7/8), 836-867.
- Crespo, J. (2011). *Los eventos deportivos: Calidad de servicio, valor percibido y satisfacción de los espectadores*. Tesis doctoral, Universitat de València.
- Cronin, J. J. & Taylor, S. A. (1992). Measuring service quality: A reexamination and extension. *Journal of Marketing*, 56(3), 55-68.
- Cronin, J. J. & Taylor, S. A. (1994). SERVPERF versus SERVQUAL: Reconciling performance –based and perceptions-minus-expectations measurement of service quality. *Journal of Marketing*, 58(1), 125–131.
- Cronin, J. J., Brady, M. K., & Hult, G. T. M. (2000). Assessing the effects of quality, value, and customer satisfaction on consumer behavioral intentions in service environments. *Journal of Retailing*, 76(2), 193- 218.
- Day, E. & Crask, M. R. (2000). Value assessment: the antecedent of consumer satisfaction. *Journal of Consumer Satisfaction, Dissatisfaction and Complaining Behaviour*, 13, 52-59.

- De Ruyter, K., Lemmink, J., Wetzels, M. & Mattsson, J. (1997). Carry-over effects in the formation of satisfaction: the role of value in a hotel service delivery process. *Advances in Services Marketing and Management*, 6, 61-77.
- Dodds, W. B., Monroe, K. B. & Grewal, D. (1991). The effects of price, brand and store information on buyers' product evaluations. *Journal of Marketing Research*, 28(3), 307-319.
- Fandos Roig, J. C., Sánchez García, J., Moliner Tena, M. A. & Llorens Monzones, J. (2006). Customer perceived value in banking services. *The International Journal of Bank Marketing*, 24(5), 266-283.
- Ferrand A, Robinson L & Valette-Florence P (2010) The Intention-to-Repurchase Paradox: A Case of the Health and Fitness Industry, *Journal of Sport Management*, 24 (1), 83-105.
- Gale, B. T. (1994). *Managing customer value: Creating quality and service that customers can see*. Nueva York: The free press.
- Gallarza, M. & Gil, I. (2006). Desarrollo de una escala multidimensional para medir el valor percibido de una experiencia de servicio.
- García Ferrando, M. (2006). Veinticinco años de análisis del comportamiento deportivo de la población española (1980-2005). *Revista internacional de sociología*, 44, 15-38.
- Gil, I. & Gallarza, M. (2008). Investigating perceived value from a marketing view point. *Innovar*, 18(31), 9-18.
- Goyhenetche, M. (1999). *Créer de la valeur pour le client: le marketing de la valeur*. Paris: INSEM Editions.
- Gremler, D. D. & Gwinner, K. P. (2000). Customer-Employee Rapport in Service Relationships. *Journal of Service Research*, 3, 82-104.
- Grönroos, C. (1984). A service quality model and its marketing implications. *European Journal of Marketing*, 18(4)
- Hightower, R., Brady, M. K., & Baker, T. L. (2002). Investigating the role of the physical environment in hedonic service consumption: An exploratory study of sporting events. *Journal of Business Research*, 55(9), 697-707.
- Holbrook M. B. (1999). *Consumer value. A framework for analysis and research*. Londres: Routledge.
- Holbrook, M. B. (1994). The nature of customer value: An axiology of services in the consumption experience. In R. Rust & R. L. Oliver (Eds.). *Service Quality: New Directions in Theory and Practice*. California: Sage.
- Hume, M. (2008). Understanding core and peripheral service quality in customer repurchase of the performing arts. *Managing Service Quality*, 18(4), 349-369.
- Kim, CH.; Zhao, W.; Yang, K. H. (2008): An Empirical Study on the Integrated Framework of e-CRM in Online Shopping: Evaluating the Relationships Among Perceived Value, Satisfaction, and Trust Based on Customers' Perspectives. *Journal of Electronic Commerce in Organizations*, 6(3), 1-20.
- Kim, H. J., Gursoy, D. & Lee, S. B. (2006). The impact of the 2002 World Cup on South Korea: Comparisons of pre-and post-games. *Tourism Management*, 27(1), 86-96.
- Kim, M. K., Lee, D., Schoenstedt, L., Lee, S., & Kim, S. K. (2014). Effects of service quality in motor boat racing: relationships among perceived value, customer satisfaction, and word-of-mouth. *International Journal of Sports Science*, 4(2), 39-46.
- Kim, S. S. & Petrick, J. F. (2005). Residents' perceptions on impacts of the FIFA 2002 World Cup: The case of Seoul as a host city. *Tourism Management*, 26(1), 25-38.

- Kim, W. & Walker, M. (2012). Measuring the social impacts associated with Super Bowl XLIII: Preliminary development of a psychic income scale. *Sport Management Review*, 15(1), 91-108. doi:10.1016/j.smr.2011.05.007
- Ko, Y. J., & Pastore, D. L. (2005). A hierarchical model of service quality for the recreational sport industry. *Sport Marketing Quarterly*, 14(2), 84-97.
- Kwak, D. H., Kim, Y. K. & Hirt, E. R. (2011). Running head. Emotion and sport consumers. *European Sport Management Quarterly*. 11(3). In press.
- Kwak, D. H., Kim, Y. K., & Hirt, E. R. (2011). Exploring the role of emotions on sport consumers' behavioral and cognitive responses to marketing stimuli. *European Sport Management Quarterly*, 11(3), 225-250.
- Lapierre, J. (2000). Customer-perceived value in industrial contexts. *The Journal of Business y Industrial Marketing*, 15(2/3), 122-140.
- Luna-Arocas, R. & Mundina, J. J. (1998). La satisfacción del consumidor en el marketing del deporte. *Revista de Psicología del Deporte*, 13 (7), 149-158.
- Mano, H. & Oliver, R. L. (1993). Assessing the dimensionality and structure of the consumption experience: evaluation, feeling, and satisfaction. *Journal of Consumer Research*, 20, 451-466.
- Martínez-Tur, V., Peiró, J. M., & Ramos, J. (2001). *Calidad de servicio y satisfacción del cliente*. Madrid: Síntesis.
- Martínez, J.A. & Martínez, L. (2009). La calidad percibida en servicios deportivos; mapas conceptuales de marca [en línea]. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(35), 232-253.
- Mcdougall, G. H. & Levesque, T. (2000). Customer satisfaction with services: putting perceived value into the equation. *The Journal of Services Marketing*, 14(5), 392-410.
- Moliner, M. A.; Sánchez, J.; Rodríguez, R. M.; Callarisa, L. (2006): Relationship quality with a travel agency: The influence of the postpurchase perceived value of a tourism package. *Tourism and Hospitality Research*, 7(3/4), 194-211.
- Monroe, K.B. (1990): *Pricing: Making Profitable Decisions*. New York: McGraw-Hill
- Nguyen, N. (1991). Un Modèle Explicatif de l'Évaluation de la Qualité d'un Service: une Étude Empirique. *Recherche et Applications en Marketing*, 6(2), 83-98.
- Nguyen, N., & Leblanc, G. (2001). Corporate image and corporate reputation in customers' retention decisions in services. *Journal of retailing and Consumer Services*, 8(4), 227-236.
- Nuviala, A. & Casajús, J. A. (2005). Calidad percibida del servicio deportivo en edad escolar desde la perspectiva de los padres. El caso de la provincia de Huelva. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* 5(17), 1-12.
- Oh, H. (1999). Service quality, customer satisfaction and customer value: an holistic perspective. *International Journal of Hospitality Management*, 18(1), 67-82.
- Oliver, R. (1981): Measurement and Evaluation of Satisfaction Processes in Retail Settings, *Journal of Retailing*, 57, 25-48.
- Oliver, R. L. (1997). *Satisfaction, a behavioral perspective on the consumer*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Oliver, R.L. (1999): Value as excellence in the consumption experience. In M. B. Holbrook (Eds.). *Consumer value. A framework for analysis and research*. London: Routledge.
- Parasuraman, A., Berry, L. & Zeithaml, V. (1993). More on improving service quality measurement. *Journal of Retailing*, 69, 140-147.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. & Berry, L. (1985). A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, 49, 41-50.

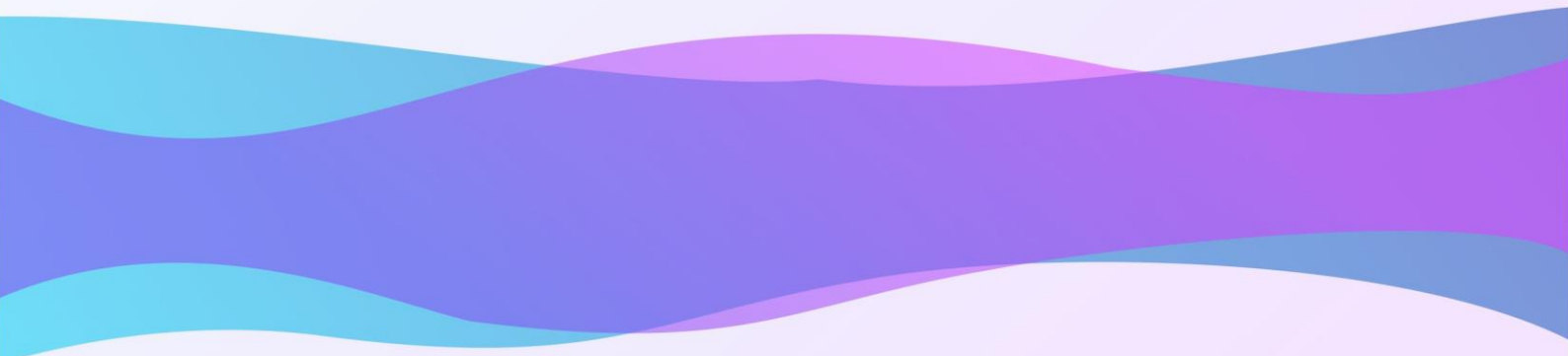
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. & Berry, L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64, 12-40.
- Pérez-Campos, C. (2010). *Análisis de la calidad de servicio en los eventos deportivos. Calidad percibida y satisfacción de los espectadores y de los deportistas*. Tesis doctoral, Universitat de València.
- Petrick, J. (2002). Development of a multi-dimensional scale for measuring the perceived value of a service. *Journal of Leisure Research*, 34(2), 119-134.
- Price, L. L., Arnould, E. J. & Tierney, P. (1995). Going to extremes: managing service encounters and assessing provider performance. *Journal of Marketing*, 59, 83-97.
- Reeves, C. A. & Bednar, C. A. (1994). Defining quality: alternatives and implications. *Academy of Management Review*, 19, 419-445.
- Sabiote, C. (2010). *Valor percibido global del proceso de decisión de compra online de un producto turístico efecto moderador de compra*. Tesis doctoral, Universidad de Granada.
- Sánchez, J., Callarisa, L., Rodriguez, R. M., & Moliner, M. A. (2006). Perceived value of the purchase of a tourism product. *Tourism Management*, 27(6), 394-409.
- Sánchez, R.; Iniesta, M.A. (2006). Consumer perception of value: Literature Review and a New Conceptual Framework. *Journal of Consumer Satisfaction, Dissatisfaction and Complaining Behavior*, 19, 40-59.
- Scanlan, T. K., Simons, J. P., Carpenter, P. J., Schmidt, G. W., & Keeler, B. (1993). The Sport Commitment Model: measurement development for the Youth-sport domain. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 15(1), 16-38.
- Sheth, J. N., Newman, B. I., & Gross, B. L. (1991). Why we buy what we buy: A theory of consumption values. *Journal of Business Research*, 22, 159-170.
- Sweeney, J. C., & Soutar, G. N. (2001). Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. *Journal of Retailing*, 77(2), 203- 220.
- Theodorakis, N. D., Howat, G., Ko, Y. J. & Avourdiadou, S. (2014). A comparison of service evaluation models in the context of sport and fitness centres in Greece. *Managing Leisure*, 19(1), 18-35.
- Triadó, X., Aparicio, P., & Rimbau, E. (1999). Identification of factors of customer satisfaction in municipal sport centers in Barcelona. Some suggestions for satisfaction improvement. *The Cyber-Journal of Sport Marketing*, 3(4). <http://www.ausport.gov.au/fulltext/1999/cjasm/v3n4/triadio34.htm>
- Varela, F. J. (1991). Organism: a meshwork of selfless selves, in A. Tauber (Eds.). *Organism and the Origin of Self* (pp 79-107), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wang, C. Y. (2010). Service quality, perceived value, corporate image, and customer loyalty in the context of varying levels of switching costs. *Psychology & Marketing*, 27(3), 252-262.
- Wang, T., Zhang, J. & Tsuji, Y. (2009). Examining the relationships between fan motivation and loyalty for the Chinese Professional Baseball League of Taiwan. *Sport Marketing Association*.
- Wang, Y., Lo, H. P. & Yang, Y. (2004). An Integrated Framework for Service Quality, Customer Value, Satisfaction: Evidence from China's Telecommunication Industry. *Information Systems Frontiers*, 6(4), 325- 340.
- Woodruff, R. B. (1997). Customer value: The next source for competitive advantage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25(2), 139- 153.
- Woodruff, R. B. (1997). Customer value: The next source for competitive advantage. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25(2), 139- 153.

- Woodruff, R. B., & Gardial, S. F. (1996). *Know your customer: New approaches to understanding customer value and satisfaction*. Malden: Blackwell Business.
- Zamorano Solís, S., & García Fernández, J. (2018). El análisis importancia-valoración según género y permanencia: El caso de los centros de fitness. *Materiales para la Historia del Deporte*, 16, 24-35.
- Zeithaml, V. (1988). Consumer perceptions of price, quality and value: a means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing*, 52, 2-22.
- Zeithaml, V. & Bitner, M.J. (2003). *Services Marketing: Integrating Customer Focus across the Firm* (3a ed.). New York: McGraw-Hill.
- Zeithaml, V. A., Berry, L. L., & Parasuraman, A. (1996). The behavioral consequences of service quality. *Journal of Marketing*, 60, 31-46.



La promoción de estilos de vida activos desde la clase de Educación Física: el Proyecto colaborativo EVA (resumen)

Dr. Jorge Lizandra Mora



LA PROMOCIÓN DE ESTILOS DE VIDA ACTIVOS DESDE LA CLASE DE EDUCACIÓN FÍSICA: EL PROYECTO COLABORATIVO EVA

Dr. Jorge Lizandra Mora⁵⁴ – jorge.lizandra@uv.es

Universitat de València, España

Resumen⁵⁵

Los discursos sobre la salud suelen posicionarse en un espectro que va desde el continuo entre el déficit por enfermedad a la ausencia de patología y el logro de un bienestar físico, psicológico y social. No obstante, desde finales de siglo se han ido incorporando discursos más complejos que se alejan de la concepción de la salud como un estado, planteándolo como un proceso sobre el que se puede actuar a distintos niveles y en el que las personas no son sujetos pacientes sino sujetos activos y corresponsables.

Desde esta visión activa, dinámica y compleja de la salud, se diseñó es proyecto EVA (estilo de vida activo), consistente en realizar intervenciones colaborativas y participativas en centros educativos para realizar programas de educación física y salud que partan de los intereses y preferencias identificados por el alumnado y que se vehiculen mediante el diseño

⁵⁴ El Dr. Jorge Lizandra Mora, es Profesor Contratado Doctor en el Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal de la Universitat de València y miembro del grupo de investigación Actividad Física, Educación y Sociedad.

Su trayectoria profesional se ha desarrollado principalmente el ámbito de la educación, tanto como personal docente e investigador en la Universidad, como profesor en educación secundaria y formación profesional, así como en el sector privado. Además, ha impartido docencia tanto presencial, como semi-presencial y a distancia, manteniendo un gran interés por los aspectos pedagógicos y metodológicos de la enseñanza.

Entre sus líneas de investigación destaca la relacionada con la promoción de la Actividad Física y la Salud en la etapa de la adolescencia, siendo en la actualidad investigador principal del proyecto titulado: "EVA Project: Una intervención educativa y colaborativa para la promoción de estilos de vida activos desde la educación física".

Ha publicado diferentes artículos y capítulos de libro sobre las relaciones entre la Actividad física, el uso de medios tecnológicos de pantalla y su interacción con variables como el perfil de peso, el rendimiento académico la motivación o el género, indicando recomendaciones de uso y relación que permitan el desarrollo de estilos de vida saludables. Asimismo, ha participado en numerosos congresos nacionales e internacionales relacionados con la promoción de la actividad física, psicología deportiva o didáctica e innovación educativa.

Es posible encontrar más información sobre el Profesor Lizandra en su perfil profesional (www.uv.es/persona/jorge.lizandra) o en Twitter (@JorgeLizandra).

⁵⁵ Se presenta el resumen de un trabajo que será publicado próximamente.

por parte del profesorado de una unidad didáctica basada en el modelo pedagógico de educación física relacionada con la salud. Con ello queremos tratar de lograr la mejora y/o mantenimiento de los hábitos de vida saludables del alumnado en su tiempo de ocio, transferencia que al parecer no acaba de lograrse en intervenciones de tipo prescriptivo.

La primera fase del trabajo se realizó durante el curso 2020-2021 en 2 centros educativos con 4 cursos de educación secundaria y bachillerato. Concretamente se trabajó con 106 estudiantes de entre los 14 i los 17 años. Además, participaron también los 2 profesores y la 1 profesora de EF, 3 miembros del grupo de investigación (observación participante) y 4 estudiantes universitarios que actuaron como facilitadores. La primera intervención constó a su vez de 3 fases: la primera fue un mapeo de activos de salud a través de una matriz de entrevistas estructuradas. Después se diseñaron y pusieron en práctica de programas de AF y Salud para movilizar algunos de los activos identificados que en la última fase fueron evaluados mediante estrategias de fotovoz y entrevistas individuales y grupales.

A pesar de estar todavía en fase de análisis de resultados, podemos avanzar que las metodologías utilizadas permitieron la identificación y selección de actividades de manera satisfactoria, resultando ser una actividad atractiva e innovadora para el alumnado y el profesorado. Además, se valora positivamente la progresión que se ha observado en el diseño y puesta en práctica de los programas de actividad física y salud, especialmente en el desempeño de las actividades de manera autónoma. No obstante, conviene seguir trabajando es en la capacidad de reflexión y autoevaluación del alumnado, así como el hecho de vincular el trabajo a la evaluación de la asignatura de educación física.

Con todo esto, consideramos que el éxito del proyecto EVA se deberá valorar en base a indicadores relacionados con el nivel de autonomía adquirido en los centros educativos para implementar dinámicas de trabajo inspiradas en el modelo de intervención del proyecto, el grado de sostenibilidad y transferencia de los aprendizajes adquiridos una vez finalizada la intervención.

Palabras clave: Intervención; didáctica; adolescencia; actividad física; salud.

Aportes y desafíos para la Educación Física, el entrenamiento,
el deporte y la salud.

Primer Congreso Internacional en Ciencias de la motricidad humana:
Construyendo caminos y encontrando puntos de encuentro
Memorias de ponencias presentadas - Mar del Plata, 2021.

Facultad de Ciencias de la Educación UFASTA
Edificio San Vicente de Paul
Gascón 3145 (B7600FNK)
Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Tel. / Fax (54223) 499-0400