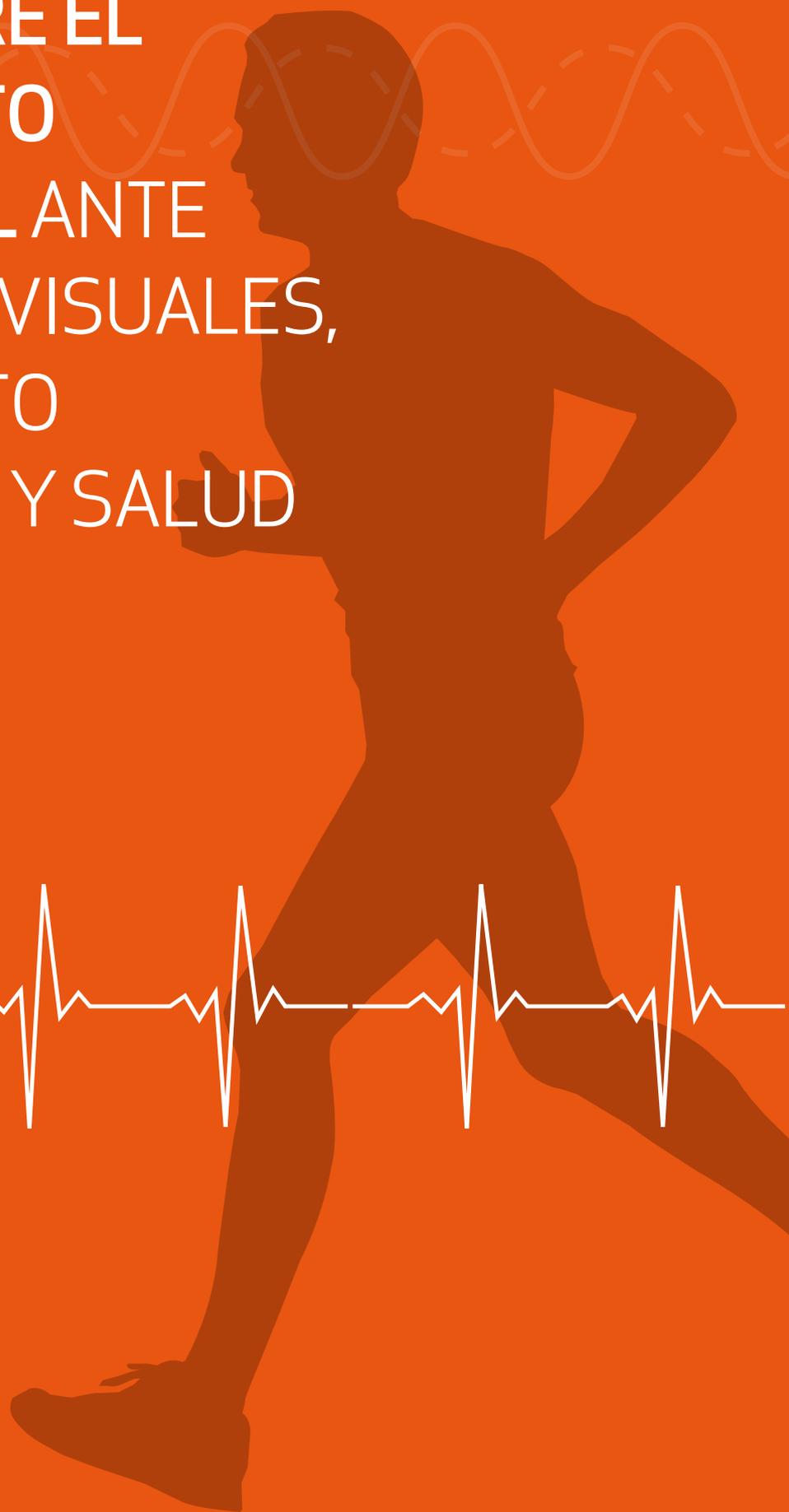




EFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE EL RENDIMIENTO ATENCIONAL ANTE ESTÍMULOS VISUALES, RENDIMIENTO ACADÉMICO Y SALUD MENTAL



ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Conceptualización de términos: ejercicio físico, atención, orientación atencional espacial, salud mental	5
3. Ejercicio físico, funcionamiento cognitivo y salud mental	7
4. Esfuerzo físico puntual y funcionamiento cognitivo	11
5. Esfuerzo físico puntual y funcionamiento atencional	13
6. Esfuerzo físico puntual y orientación atencional espacial	17
7. Conclusiones	20
8. Bibliografía	22
9. Acerca del autor	27

1. INTRODUCCIÓN

Nada más salir a la calle una gran cantidad de estímulos de diferente naturaleza (sonoros, visuales,...) “atacan” nuestro sistema sensorial. Sólo tenemos que ir un día de compras y ver o escuchar a la gente, vehículos, semáforos, sirenas de ambulancias, etc., que de una u otra manera atraen nuestra atención. Este bombardeo estimular, no solo se observa al salir a la calle, sino que prácticamente en cualquier contexto deportivo, el deportista se desenvuelve en un entorno caracterizado por la presencia de un gran número de estímulos dinámicos y cambiantes, como por ejemplo en un partido de baloncesto, movimiento de jugadores, posición del balón, el público, etc. Pero ¿Atendemos a todos los estímulos que nos llegan a través de los sentidos? Debido a la gran cantidad de estímulos que recibimos, en principio parece que sería imposible. Entonces, ¿A qué estímulos atendemos y cuáles obviaamos? ¿Cómo elegimos aquellos estímulos que realmente queremos atender y procesar?

Centrándonos en el ámbito deportivo y con las evidencias que existen hoy en día se puede afirmar que para que un deportista alcance su máximo nivel de rendimiento, sobre todo en los deportes colectivos, de combate y/o cancha dividida, este

ha de desarrollar tanto el nivel físico, técnico-táctico, como el cognitivo. Así, el saber cuándo y cómo actuar ante una situación comprometida lo más rápidamente posible, dará al deportista más posibilidades de conseguir un resultado satisfactorio en base a los estímulos relevantes atendidos y a la situación de juego en la que se encuentre inmerso él, sus compañeros y adversarios.

En situaciones de competición, un aspecto que, repercutirá directamente en el rendimiento deportivo es conocer cómo afectan los esfuerzos físicos puntuales al funcionamiento cognitivo, ¿El sistema cognitivo de un deportista funciona igual al principio y al final de un partido? ¿El nivel de activación y/o la fatiga del deportista podrán de algún modo modular dicho funcionamiento? Teniendo en cuenta que generalmente los partidos se deciden en los momentos finales, cuando el deportista ha realizado numerosos esfuerzos físicos, es de vital importancia conocer el funcionamiento cognitivo en situaciones de fatiga.

Por un lado, pretendemos conocer como un esfuerzo físico puntual puede afectar al funcionamiento cognitivo/atencional, ¿pero cuáles son los efectos

de una práctica de actividad física o deportiva regular durante un largo periodo de tiempo sobre el funcionamiento cognitivo? ¿Estos efectos pueden repercutir en el rendimiento académico y la salud mental?

Con el propósito de dar respuestas a las preguntas anteriormente formuladas y debido también a la creciente preocupación por el rendimiento académico de nuestros estudiantes que se desprende del informe PISA, nos interesa conocer como la práctica ejercicio físico regular puede

influir en el rendimiento académico de nuestros estudiantes.

Este informe de investigación por un lado se centra en conocer como diferentes esfuerzos físicos pueden repercutir en el normal funcionamiento atencional en general y en el procesamiento de la información visual en particular, y por otro lado, conocer si la práctica regular de actividad física afecta positivamente al rendimiento académico y a la salud mental.

2. CONCEPTUALIZACIÓN DE TÉRMINOS: EJERCICIO FÍSICO, ATENCIÓN, ORIENTACIÓN ATENCIONAL ESPACIAL, SALUD MENTAL

2.1. Ejercicio Físico

Por ejercicio físico entendemos todo movimiento que incide sobre el sistema motor, el sistema nervioso y el energético. Además debe presentar las siguientes características:

- Voluntariedad.
- Intencionalidad. Sobre todo la obtención de beneficios de tipo físico.
- Carga. Tanto a nivel cualitativo como cuantitativo.

Es un término que implica una actividad física planificada, estructurada y repetitiva realizada con una meta, generalmente con el objetivo de mejorar o mantener la condición física de la persona (Plan integral para la actividad física y el deporte, 2010).

2.2. Qué es la atención

Los humanos disponemos de una capacidad sensorial tan desarrollada que somos capaces de apreciar y procesar información de cualquier aspecto del medio ambiente que nos rodea, es decir, podemos percibir continua y simultáneamente

multitud de formas, tamaños, sonidos, colores, texturas,... (Posner y Petersen, 1990).

La sobrecarga de información sensorial que "sufrir" el sistema cognitivo, se debe a que los seres humanos disponemos de unos recursos limitados que no son capaces de procesar toda aquella información que llega a través de los sentidos (Posner, 1980). Así pues se torna necesaria la existencia de un sistema (el sistema atencional) que se encargue del procesamiento de la información, con el propósito de seleccionar y procesar sólo aquella información ambiental que podría ser relevante para llevar a cabo nuestro objetivo, desechando aquella otra que se considera irrelevante (Posner, 1980).

La concepción de la atención como un filtro ha sido relacionada con las hipótesis de "bottle neck" o "cuello de botella" (Pashler, 1998). Este símil permite mostrar cómo la atención permitiría que la información útil, es decir, aquella información relevante para el desempeño de la tarea propuesta, pase el primer filtro y llegue a niveles de procesamiento más profundos, mientras que aquella no útil e irrelevante para la tarea simplemente se disipa en los niveles anteriores.

Como hemos explicado anteriormente, la atención es un mecanismo de procesamiento y selección de la información que recibimos del exterior, así como de la información almacenada en el sistema (memoria). Además, la atención no solo selecciona y procesa aquellos estímulos relevantes que recibe de forma exógena (externa) o endógena (interna), sino que ejerce un control sobre la conducta mediante la identificación de una o varias necesidades, el procesamiento de una estrategia cognitiva o motora y la utilización apropiada de los recursos atencionales para satisfacer tal necesidad (Posner y Dehaene, 1994).

2.3. Orientación Atencional Espacial

La orientación atencional espacial se puede definir como la capacidad del sistema cognitivo para dirigir sus recursos atencionales hacia aquellos estímulos o lugares en el espacio que son potencialmente relevantes para llevar a cabo la tarea propuesta (Lupiáñez, Milliken, Solano, Weaver, & Tipper, 2001).

La literatura ha descrito dos formas diferentes de orientar la atención en el espacio, dependiendo de la "voluntariedad" con la que esta se orienta (para más detalle véase, Corbetta, Patel y Shulman, 2008).

La orientación de la atención hacia un lugar en el espacio donde aparece un estímulo, ya sea porque es un estímulo nuevo, no esperado o porque aparece de manera brusca en el campo visual, es decir, la captura atencional producida por las características propias de los estímulos, es conocida como orientación atencional exógena o involuntaria (Ruz y Lupiáñez, 2002) (e.g., el flash de una cámara de fotos cuando nos disponemos a lanzar un penalti en balonmano). Dicha orientación es de gran relevancia en el ámbito deportivo, y sobre todo en los deportes colectivos de

invasión, caracterizados por la aparición constante de estímulos novedosos a alta velocidad. La captura y procesamiento adecuado de dichos estímulos puede, por un lado mejorar los procesos de toma de decisión si se trata de un estímulo relevante para la tarea, o por el contrario, perjudicar la toma de decisiones si es irrelevante y nos distrae de nuestro objetivo.

Por otra parte, la atención espacial también puede dirigirse a los estímulos de acuerdo con las metas, intenciones y expectativas de la persona, siendo esta función conocida como orientación atencional endógena o voluntaria (e.g., cuando un jugador de baloncesto focaliza la atención en la posición corporal del contrario porque prevé que puede ayudar a determinar en qué dirección se moverá y poder anticiparse al movimiento) (Corbetta, Patel y Shulman, 2008; Posner, Nissen y Oggden, 1978).

2.4. Salud mental

La organización mundial de la Salud (OMS, 2001) define la salud mental como "un estado sujeto a fluctuaciones provenientes de factores biológicos y sociales en que el individuo se encuentre en condiciones de seguir una síntesis satisfactoria de sus tendencias instintivas, potencialmente antagónicas, así como de formar y sostener relaciones armónicas con los demás y participar constructivamente en los cambios que puedan introducirse en el medio ambiente físico y social", es decir, "la salud mental es un estado de bienestar en el cual el individuo se da cuenta de sus propias aptitudes, puede afrontar las presiones normales de la vida, puede trabajar productiva y fructíferamente y es capaz de hacer una contribución a su comunidad". La Organización Panamericana de la Salud (OPS) agrega: "No es simplemente la ausencia de enfermedad mental reconocible".

3. EJERCICIO FÍSICO, FUNCIONAMIENTO COGNITIVO Y SALUD MENTAL

Los efectos del ejercicio físico sobre el funcionamiento cognitivo pueden analizarse de dos modos distintos en función de la duración de la aplicación del mismo sobre el practicante. Por un lado podríamos diferenciar los efectos inducidos por un ejercicio físico puntual, aplicado en un momento concreto sobre el participante, y que tendrían efectos reversibles a corto plazo en el sistema cognitivo (ver McMorris, Tomporowski y Audiffren, 2009 o Tomporowski, 2009 para una revisión). Por otra parte se pueden analizar los efectos que provoca sobre el sistema cognitivo una práctica más regular o habitual a lo largo del tiempo, los cuales suelen tener un carácter más duradero sobre diferentes estructuras y funciones cerebrales (Colcombe y Kramer, 2003; Erickson et al., 2011).

Los efectos a largo plazo de la práctica regular de actividad físico-deportiva sobre el funcionamiento cognitivo han sido ampliamente estudiados, existiendo bastantes evidencias que demuestran el efecto positivo de esta práctica, sobre todo en intensidades aeróbicas moderadas (del 40% al 80% del consumo máximo de oxígeno [VO₂max]) sobre varios índices de salud mental (e.g., reducción del estrés, ansiedad, depresión, aumentos del estado de ánimo positivo y bienestar general psicológico), y otras funciones cognitivas (e.g., memoria a corto plazo, búsqueda visual percepción, motivación,...)

(ver revisiones de Etnier, Nowell, Landers y Sibley, 2006; Hillman, Erickson y Kramer, 2008 o Scully, Kremer, Meade, Graham y Dudgeon, 1998). Dichos efectos ¿Pueden repercutir en el rendimiento académico de los estudiantes?

3.1. Ejercicio Físico, salud y rendimiento académico

Durante las últimas décadas, estamos asistiendo al resurgir de la relación directa que existe entre la realización de actividad física diaria y la salud, debido principalmente a la creciente preocupación que el sedentarismo tiene sobre la salud de las personas. La OMS, considera que en los países desarrollados, el sedentarismo es el 7º factor de riesgo para la salud y relacionado directamente con el 2º, 4º y 6º (hipertensión, dislipemias y exceso de peso), lo que provoca un elevado gasto sanitario (Plan integral para la actividad física y el deporte, 2010).

Diversas investigaciones han puesto de manifiesto el abandono paulatino de la práctica de actividad física que se produce entre la población escolar con la llegada a la adolescencia. El estudio sobre Los hábitos deportivos de la población escolar en España realizado en el 2011 demuestra dicha tendencia, observándose que los porcentajes de práctica disminuyen pasando del 64% entre los 6-7 años al 50% entre los 16-18 años (ver Figura 1).

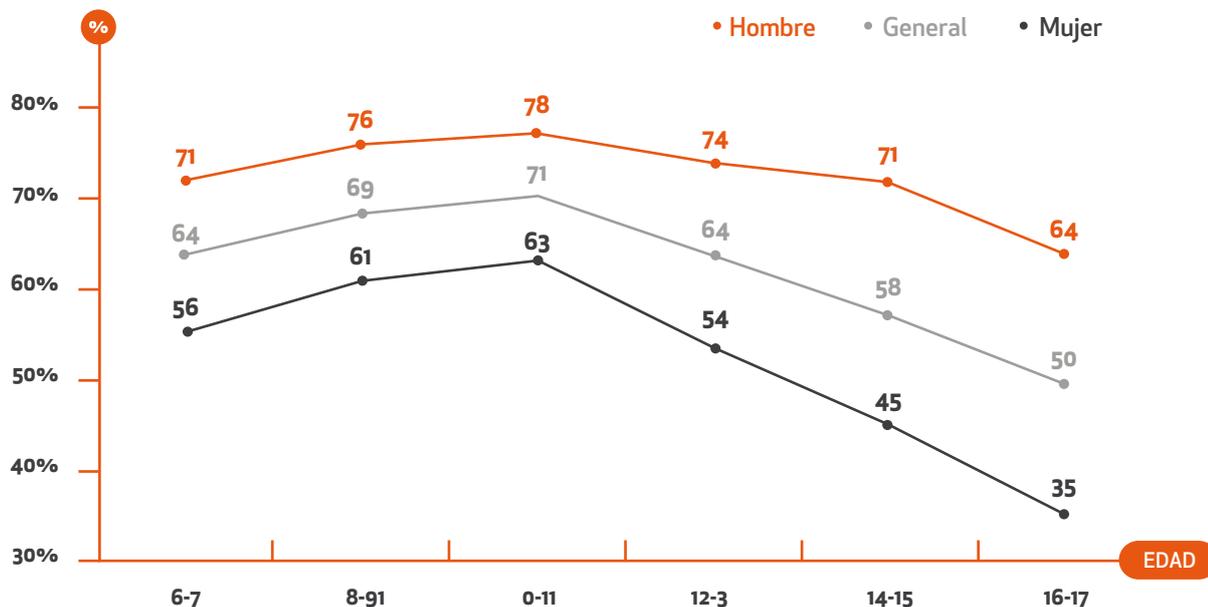


Figura 1: Práctica de actividad físico-deportiva organizada por sexo y edad. Extraído de <http://www.csd.gob.es/csd/estaticos/dep-escolar/encuesta-de-habitos-deportivos-poblacion-escolar-en-espana.pdf>.

Otra encuesta sobre los hábitos deportivos publicada en 2010 por el Consejo Superior de Deportes (CSD) junto con el Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS) demostró que tan solo el 36.22% de la población española entre 15 y 75 años o más realiza cualquier actividad físico-deportiva entre 1 y 2 veces por semana (ver Tabla 1).

Grupo de edad	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
15-24 años	74,03	37,32	56,56
25-34 años	62,2	34,46	48,54
35-44 años	46,12	30,19	38,47
45-54 años	35,57	24,14	29,97
55-64 años	28,76	26,98	27,83
65-74 años	22,36	24,6	23,57
75 y más años	7,99	11,8	10,34
Total	44,72	27,95	36,22

Tabla 1: Porcentaje de adultos que practican alguna actividad físico-deportiva en España. Encuesta de hábitos deportivos en España, CSD-CIS, 2010.

Respecto al contexto en América Latina se observan cifras bastante preocupantes relacionadas con la práctica de actividad física de la población adulta. Se estiman que más de un cuarto de la población mayor de 14 años no practica ningún tipo de actividad física o deporte. Uno de los estudios más reciente realizado en Argentina, observó que aproximadamente el 60% de los varones y el 75% de las mujeres de entre 25 y más de 70 años no realizan actividad física de forma regular (Argentina en movimiento, 2000).

Similar situación se observa en otros países de América del Sur, por ejemplo en Chile el 88.8% de los hombres y el 93.3% de las mujeres pueden ser catalogadas como sedentarios (Clínica Alemana, Santiago de Chile, 2002).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que la inactividad física de la población es el cuarto factor de riesgo en lo que respecta a la mortalidad mundial (6% de las muertes registradas en todo el mundo). Aunque las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte constituyen un campo aún en desarrollo,

existen multitud de evidencias de los peligros del sedentarismo y de que la práctica de actividad física comporta numerosos beneficios, entre los que se encuentra la reducción del riesgo de padecer diversas enfermedades y la mejora de la salud mental (Nieman, 1998; Márquez, Rodríguez y De abajo 2006).

Se puede concluir que, realizando planes estratégicos para aumentar la práctica de actividad física entre la población, proliferarían los estilos de vida saludables y con ello se reduciría en gran medida los gastos sanitarios relacionados con patologías causadas principalmente por el sedentarismo.

Otro aspecto y no menos importante hoy en día, es la relación entre la realización de ejercicio físico y el rendimiento académico de los adolescentes. Multitud de estudios han demostrado que la realización de ejercicio físico repercute directamente en el rendimiento académico de los estudiantes, observándose mejores resultados académicos en los estudiantes físicamente activos (e.g., Dwyer et al, 2001; Linder, 2002; Tremblay, Inman, y Willms, 2000). Por ejemplo, Esteban-Cornejo et al. (2014), apoyando la idea de que el dedicar un tiempo sustancial a actividades físicas en las escuelas puede traer beneficios en el rendimiento académico de los niños, realizaron un estudio con una muestra de 2038 participantes con edades comprendidas entre los 6 y los 18 años y observaron que la capacidad cardiorespiratoria y la habilidad motora estuvieron relacionadas con un mejor rendimiento académico. Otros estudios han observado cierta evidencia que niños con un nivel de "fitness" cardiovascular alto obtienen mejores resultados académicos y que la actividad física en general tiene un efecto positivo sobre el aprendizaje de algunas tareas escolares específicas (Roig, 2013).

¿Cómo podemos explicar estos beneficios? Por ejemplo, a nivel cerebral, la práctica de actividad física regular aumenta el flujo de sangre que recibe el órgano, se producen cambios en los

niveles hormonales, aumenta la asimilación de los nutrientes, y la activación del mismo es más elevada (Shephard, 1997). Por otro lado, un aspecto muy importante que se asocia con la práctica de ejercicio aeróbico es el aumento del Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (BDNF) (del inglés, "Brain Derived Neurotrophic Factor"), relacionándose directamente con aumentos en la actividad y la plasticidad neuronal, la memoria de trabajo, etc. (Cotman y Berchtold, 2002). En un estudio en el que participaron 120 personas mayores (Erickson et al., 2011) se demostró que un entrenamiento aeróbico de intensidad moderada de tres días por semana durante un año aumentó un 2% el volumen de su hipocampo, lo cual iba acompañado de una mejora de la memoria espacial y de un incremento de los niveles de una proteína, el BDNF.

En resumen, la práctica regular de ejercicio físico es causante del aumento de toda una serie de neurotransmisores y factores de crecimiento cerebrales que estimulan y fortalecen las conexiones neuronales que facilitan la memoria y el aprendizaje. Especialmente importantes son los estudios con niños en los que se demuestra la mejora de las funciones ejecutivas básicas como la capacidad de inhibición, la memoria de trabajo o la flexibilidad cognitiva que son imprescindibles para el buen desarrollo académico y personal de los alumnos.

Existen por lo tanto evidencias teóricas que apoyan que el ejercicio físico tiene una fuerte influencia en factores como los estados emocionales (ansiedad, depresión,...), disminución del estrés o mejoras en las capacidades intelectuales y cognitivas, que repercuten directamente en el rendimiento académico.

En el siguiente subapartado se realizará una breve revisión de los efectos a nivel fisiológico que produce la realización de un esfuerzo físico puntual, así como sus efectos sobre el sistema cognitivo.

3.2. Cambios fisiológicos inducidos por la realización de un esfuerzo físico puntual

Durante la realización de ejercicio físico participan prácticamente todos los sistemas y órganos del cuerpo humano. Así el sistema muscular es el efector de las órdenes motoras generadas en el sistema nervioso central, siendo la participación de otros sistemas (como el cardiovascular, pulmonar, endocrino,...) fundamental para el apoyo energético hacia el tejido muscular y de este modo poder mantener la actividad motora (Wilmore y Costill, 2007).

La contracción muscular durante la realización de esfuerzos físicos es posible gracias a un proceso de transformación de energía, es decir, las moléculas de los diferentes sustratos energéticos (glucosa, grasas, hidratos de carbono,...) disponen de una energía química que es transformada en energía mecánica mediante la molécula de ATP (adenosin trifosfato). Los sustratos más utilizados para la obtención de energía en las diferentes rutas metabólicas son los hidratos de carbono y las grasas (Wilmore y Costill, 2007).

El organismo dispone de tres sistemas diferentes de obtención de energía, el sistema ATP-PC, el sistema glucolítico y el sistema oxidativo. Mediante estos tres sistemas, el organismo genera por medio de diferentes reacciones químicas moléculas de ATP, que serán las encargadas de liberar la energía a los músculos. Estas reacciones químicas se pueden dar con la presencia de oxígeno (metabolismo aeróbico) o en ausencia de este (metabolismo anaeróbico) (Wilmore y Costill, 2007).

Debido a todas estas reacciones, la realización de un esfuerzo físico consume gran cantidad de recursos metabólicos para obtener energía y satisfacer las demandas físicas del esfuerzo, entre los que se encuentran el glucógeno muscular y hepático, los

hidratos de carbono, las grasas, etc.

Por otra parte, existen determinadas respuestas del organismo a la realización de un esfuerzo físico. Por ejemplo, en el sistema cardiovascular y circulatorio se producen (Wilmore y Costill, 2007):

- Aumento del gasto cardíaco.
- Aumento del volumen sistólico.
- Aumento de la frecuencia cardíaca (FC).
- Aumenta el flujo sanguíneo.
- Aumenta la presión arterial.
- Aumenta el volumen cardíaco.

También se produce un aumento en la concentración de ácido láctico, un aumento en la secreción de neurotransmisores, como por ejemplo noradrenalina (Dishman, 1997), endorfinas (Hoffman, 1997) o serotonina (Chaouloff, 1997), así como un aumento en la absorción de oxígeno para satisfacer las demandas energéticas requeridas principalmente por los músculos (Wilmore y Costill, 2007).

Todos estos aspectos afectan directamente al metabolismo cerebral, siendo el flujo sanguíneo y la concentración de sustancias metabólicas los factores más importantes a la hora de cuantificar la magnitud del metabolismo cerebral (Secher, Seifert y Van Lieshout, 2008). El volumen del flujo sanguíneo está directamente relacionado con la tensión arterial de dióxido de carbono (P_{aCO_2}), y esta varía según la intensidad del esfuerzo realizado, observándose una disminución al realizar esfuerzos de alta intensidad, produciendo a su vez una reducción del flujo sanguíneo cerebral (Nielsen et al., 2002). Esta disminución en el flujo sanguíneo cerebral reducirá la correcta oxigenación del cerebro (Rasmussen, Stie, Nielsen, Nybo, 2006) y a su vez provocará una disminución de los recursos metabólicos disponibles en las zonas cerebrales (oxígeno $[O_2]$, glucosa, hidratos de carbono,...) (Secher et al., 2008).

4. ESFUERZO FÍSICO PUNTUAL Y FUNCIONAMIENTO COGNITIVO

En el ámbito deportivo, como hemos dicho anteriormente, el atleta suele realizar esfuerzos físicos de distinta intensidad y se encuentra continuamente rodeado de estímulos cambiantes en el espacio y en tiempo. En este contexto, los procesos cognitivos y su relación con los efectos que tendrán los esfuerzos físicos realizados jugarán un papel importante en la conducta del deportista, repercutiendo directamente en su rendimiento deportivo (ver revisiones de Lambourne y Tomporowski, 2010; McMorris et al., 2009; Tomporowski, 2003).

Para entender mejor el funcionamiento cerebral durante el ejercicio físico hay que tener en cuenta que con el objetivo de llevar a cabo un esfuerzo, este se ve obligado a realizar cambios en la asignación de sus recursos cerebrales debido a que dispone de un suministro de energía finito (Dietrich y Audiffren, 2011). Por otra parte, la realización de un esfuerzo físico es una tarea muy demandante a nivel cognitivo (Dietrich y Audiffren, 2011), donde se activan un gran número de zonas o redes cerebrales, entre otras las corteza motora primaria y secundaria, los ganglios basales, el cerebelo, el hipotálamo, el tronco cerebral,...

(Dietrich, 2006).

El hecho, como he descrito anteriormente, de que el cerebro disponga de un suministro de energía limitado para el funcionamiento de las distintas zonas cerebrales, provoca que la activación de unas zonas relevantes para realizar el ejercicio físico se deba realizar a expensas de otras menos relevantes (Chang, Labban, Gapin Y Etnier, 2012).

Estos efectos descritos anteriormente a nivel cerebral y fisiológico suceden durante la realización del esfuerzo, entonces, ¿Qué sucede al finalizar el esfuerzo? ¿Cuánto tiempo perduran estos cambios en el tiempo?

En cuanto a la actividad en las regiones motoras involucradas en el procesamiento motor, presumiblemente, vuelvan a su línea base inmediatamente después de finalizar el esfuerzo (Dietrich y Audiffren 2011), provocando que esos recursos utilizados para activar dichas zonas motoras queden libres para ser utilizados por otras zonas cerebrales. Por otra parte, en referencia a los cambios en los niveles de lactato, la glucosa y el oxígeno, diferentes estudios observaron que la normalización metabólica que se da tras el cese del esfuerzo se producía de forma gradual en unos pocos minutos (Ide, Schmalbruch, Quistorff, Horn y

Secher, 2000). Lo que no queda claro en la literatura existente es el tiempo que transcurre hasta que estos cambios producidos por el cese de la actividad afecten directamente al cerebro de manera global (Dietrich y Audiffren, 2011) y podamos observar cambios en su funcionamiento.

En el siguiente subapartado se detallará el estado actual de la literatura en torno a los efectos que se producen sobre el sistema atencional después de realizar un esfuerzo físico puntual.

5. ESFUERZO FÍSICO PUNTUAL Y FUNCIONAMIENTO ATENCIONAL

En el deporte en general, la toma de decisiones rápidas en momentos concretos nos puede conducir al éxito o el fracaso en determinadas situaciones, dependiendo del tiempo que empleemos en reaccionar ante un determinado estímulo (Williams, Davis y Williams, 1999). Para esto debemos de extraer y procesar la información relevante del complejo contexto deportivo, caracterizado por un gran número de estímulos que son recibidos por los diferentes sentidos (visual, auditiva, táctil,...).

Cuando participamos en cualquier tipo de deporte y/o competición, el jugador realiza un gran número de acciones bajo un determinado estrés fisiológico, el cual puede ser muy cambiante debido a que, los deportistas, con el paso del tiempo tras la realización de un esfuerzo físico, van recuperando su estado metabólico y fisiológico de reposo progresivamente (Bessa et al., 2013; Ide et al., 2000). Así pues, las decisiones que se toman en diferentes situaciones están condicionadas por el estado de fatiga y/o activación fisiológica en el que se encuentra el deportista (Moore, Romine, O'Connor y Tomporowski, 2012). Por este motivo, hay que tener en cuenta cómo afecta esta variable a la hora de

estudiar la relación entre la atención y la respuesta motriz en el deporte (Weinberg y Gould, 1995).

5.1. Funcionamiento atencional tras la realización de un esfuerzo físico puntual

Un número importante de estudios han demostrado que la realización de esfuerzos aeróbicos con una duración entre 20 y 60 minutos (!) tiene un efecto positivo sobre un gran número de procesos cognitivos inmediatamente después de su finalización (Tomporowski, 2003), como por ejemplo en procesos de inhibición de respuesta, control cognitivo, búsqueda visual, etc, que se describirán más detalladamente a continuación. Una posible explicación de este beneficio sería que el aumento de activación general que induce el esfuerzo físico provoque que los participantes estén mejor preparados para realizar cualquier tipo de acción, concentrarse o resolver problemas complejos que antes de realizar el esfuerzo físico, aunque están por investigar e identificar los parámetros específicos de la actividad aeróbica que afectan positivamente a la función cognitiva (ver Tomporowski, 2003 para una revisión). Por otra parte, también existen estudios

en los que se ha observado un empeoramiento de la función cognitiva tras realizar un esfuerzo físico en comparación con la situación de reposo (e.g., Moore et al., 2012) o que simplemente, no han observado efectos (e.g., Tomporowski y Ganio, 2006).

La literatura revisada en base los efectos que produce la realización de un esfuerzo físico puntual sobre el funcionamiento del sistema cognitivo, como se ha citado anteriormente, muestra cierta controversia (ver Lambourne y Tomporowski, 2010). Esto sería debido fundamentalmente a la variedad de protocolos, funciones cognitivas estudiadas, tareas empleadas, etc. (Grego et al., 2004; Tomporowski, 2003). Por ejemplo, se ha observado que después de la realización de un esfuerzo aeróbico se produce un aumento en el rendimiento en tareas de tiempo de reacción simple, (e.g., Hogervorst, Riedel, Jeukendrup y Jolles, 1996), de búsqueda visual (e.g., Aks, 1998), de computación matemática (e.g., Heckler y Croce, 1992), de toma de decisión complejas (e.g., Marriotte, Reilly y Miles, 1993), y de inhibición de respuesta (e.g., Hogervorst et al., 1996; Tomporowski et al., 2005).

Diferentes estudios (e.g., Audiffren, Tomporowski, & Zagrodnik 2008; Collardeau, Brisswalter y Audiffren 2001) observaron una disminución de los tiempos de reacción (TR) (tiempo que transcurre desde la aparición del estímulo hasta la respuesta proporcionada por el participante) tras realizar un esfuerzo físico, pero dicha disminución duró muy poco en el tiempo, es decir, los efectos del esfuerzo sobre la disminución de los TRs tan solo duraron unos minutos tras el cese del esfuerzo físico. Estos autores sugirieron que este patrón de resultados implica que los mecanismos energéticos que impulsan el efecto facilitatorio del ejercicio sobre los TRs dependen estrechamente del esfuerzo físico, debido a que la realización de un esfuerzo físico produce un aumento del "arousal" o activación (Kamijo et al., 2004), siendo este el principal causante de la disminución de los TRs (e.g., McMorris

y Graydon, 2000). Dicho aumento del "arousal" va desapareciendo paulatinamente tras la finalización del esfuerzo físico (Audiffren et al., 2008).

El control ejecutivo es el encargado de ejercer el control voluntario sobre el procesamiento en situaciones que requieren algún tipo de planificación, desarrollo de estrategias, resolución de conflicto estimular o de respuesta, o situaciones que impliquen la generación de una respuesta novedosa (Posner y Raichle, 1994). Debido a la importancia que tiene el control ejecutivo sobre el rendimiento deportivo, puesto que juega un papel fundamental en la resolución de muchas situaciones debido a que los jugadores tienen que tomar decisiones (pasar, lanzar o moverse en función de la posición de los compañeros) en un corto periodo de tiempo (Bailey et al., 2008; Boot, Kramer, Simons, Fabiani y Gratton, 2008), podemos indicar que es una de las funciones atencionales más estudiadas, aunque con resultados controvertidos. Por ejemplo, Hillman et al. (2009) demostraron que el control ejecutivo de un grupo de niños mejoró después de 20 minutos de caminata en cinta, observándose una mayor precisión en las respuestas respecto a la condición de reposo. En esta misma línea de resultados, Chang y Etnier (2009) observaron un patrón similar tras la realización de un ejercicio de resistencia. Otros autores (e.g., Audiffren et al., 2009; Davranche y Audiffren, 2004), encontraron también esta mejoría, pero a diferencia del estudio anterior, solo cuando los participantes realizaban la tarea cognitiva durante el ejercicio, no tras su finalización. Por otra parte, y en contraposición a los estudios anteriores, Davranche et al. (2009), no encontraron modulación alguna en el funcionamiento del control ejecutivo después de la realización de un ejercicio físico al 75% de la frecuencia cardíaca (FC) de umbral anaeróbico (UA).

En cuanto al estudio de la alerta, que es la encargada de mantener un estado preparatorio o de "arousal" general o alerta, necesario para la detección del

estímulo esperado (Posner y Petesen, 1990), Smit, Eling, Hopman y Coenen (2005), mediante la utilización de electroencefalogramas (EEG), observaron que después de realizar un esfuerzo moderado (entre 130 y 150 pulsaciones por minuto [ppm]), aumentaba la potencia tanto de alpha como de beta1, y disminuía beta2. Con estos resultados, sugirieron que se producía una mejora en la alerta tónica (vigilancia) inmediatamente después de realizar un ejercicio físico.

Refiriéndonos a los efectos negativos tras la realización de un esfuerzo físico sobre el rendimiento atencional, un estudio reciente (Moore et al., 2012) demostró que tras realizar un esfuerzo de 60' al 90% del umbral ventilatorio (UV), los participantes mostraron un empeoramiento en una tarea de discriminación visual compleja en comparación a la tarea de discriminación visual simple y con la condición de reposo. Los autores demostraron que se producía un empeoramiento en el rendimiento cognitivo por la fatiga general producida por el esfuerzo, pero al igual que otras investigaciones (ver Tomporowski 2003, para una revisión) sin detallar los aspectos que a nivel cognitivo o fisiológico (i.e., cambios provocados por la realización del esfuerzo) han inducido esta disminución en el rendimiento. Sugieren, que sería necesario conocer detalladamente como la intensidad, duración o el tipo de esfuerzo realizado repercuten en el consumo de recursos metabólicos y cognitivos, y como este hecho puede afectar a los mecanismos que determinaran el futuro rendimiento atencional.

Una de las explicaciones más utilizadas para justificar el deterioro o empeoramiento del funcionamiento atencional provocado durante la realización de un ejercicio físico puntual, y unos pocos minutos después de realizar el esfuerzo, ha sido la denominada "hipótesis de la hipofrontalidad transitoria" (Dietrich, 2006). Según esta hipótesis, cuando un participante realiza un esfuerzo físico de

cierta intensidad, éste consume una gran cantidad de recursos metabólicos para mantener el nivel de funcionamiento de las áreas cerebrales involucradas en el procesamiento motor. Esto provoca que haya un déficit de recursos metabólicos disponibles para otras regiones cerebrales encargadas del procesamiento cognitivo, induciendo a su vez una disminución en el rendimiento de ciertas funciones, y más concretamente en la red de control de ejecutivo (Dietrich, 2003, 2006).

Por otra parte, este deterioro del rendimiento atencional debido a la realización de esfuerzos físicos, también se ha intentado justificar en base al "arousal" o activación provocada por la realización de esfuerzos físicos puntuales. Concretamente en base a la teoría de la U invertida (Schmidt, 1988), la cual apoya la idea de que en aquellas condiciones en las que la duración o intensidad del ejercicio provocan un aumento del nivel de activación por encima del punto/zona de funcionamiento óptimo, se observaría un perjuicio en el funcionamiento de diferentes procesos cognitivos. Sin embargo, un aumento del "arousal" hasta el punto óptimo, tendría un efecto positivo sobre el funcionamiento atencional puesto que conllevaría un aumento en el flujo sanguíneo cerebral y el consiguiente incremento en los niveles de neurotransmisores, catecolaminas y/o endorfinas (ver Brisswalter, Collardeau y Arcelin, 2002 para una revisión), así como en los niveles glucosa, oxígeno o sustratos energéticos (Ide et al., 2000).

Con todo lo descrito anteriormente y a los efectos sobre el funcionamiento del sistema atencional que han observado algunos estudios después de realizar un esfuerzo físico, podemos suponer, como describe Dietrich y Audiffren (2011), que los efectos del esfuerzo sobre el funcionamiento cognitivo perduran cierto tiempo, aunque como ya se ha mencionado anteriormente quedan muchas preguntas por resolver, como por ejemplo, ¿A qué funciones cognitivas les afecta en mayor

medida? ¿Cuánto tiempo perduran dichos efectos?
¿Cómo afecta las características de la muestra
seleccionada? ¿Y la duración e intensidad del
esfuerzo realizado?

Todas estas cuestiones tienen difícil respuesta,
puesto que la literatura en este sentido es muy
controvertida, debido a, como se ha descrito en los
apartados anteriores, la gran cantidad de protocolos
utilizados (Grego et al., 2004; Tomporowski, 2003),

por lo que futuras investigaciones serán necesarias
para dar una respuesta concreta a estas cuestiones.

Una vez descrito el estado de la literatura en base
a los efectos que se producen sobre diferentes
funciones atencionales después de realizar un
esfuerzo físico puntual, en los siguientes apartados
nos centraremos en describir los efectos de la
realización de un esfuerzo físico sobre la orientación
espacial.

6. ESFUERZO FÍSICO PUNTUAL Y ORIENTACIÓN ATENCIONAL ESPACIAL

En diferentes situaciones deportivas, como por ejemplo en un lanzamiento en balonmano, el portero intentará orientar su atención hacia aquellos estímulos (posición del lanzador, brazo dominante del lanzador, posición de sus compañeros, etc.) que le puedan dar información relevante para averiguar hacia dónde se dirigirá el lanzamiento del adversario. En este caso el portero activará la orientación atencional endógena, ya que se orienta hacia un lugar en el espacio en función de sus expectativas y metas (Ruz y Lupiañez, 2002). Por otro lado, imagine una situación en la que un jugador de tenis se encuentra preparando su saque, y que unas décimas de segundo antes de golpear la pelota, en la cual está centrando su atención, un miembro del público que se encuentra en su campo visual se levanta y captura la atención del sacador, distrayéndolo y por tanto, repercutiendo en su ejecución final. En este caso se ha activado la orientación espacial exógena, debido a que el jugador ha procesado la información procedente de un lugar donde ha aparecido un estímulo nuevo e inesperado (Corbetta et al., 2008). Por tanto, consideramos de gran utilidad el estudio del funcionamiento de la orientación atencional espacial puesto que tiene una repercusión directa en el rendimiento del deportista.

En los siguientes subapartados se realizará una breve revisión del estado actual de conocimiento en el ámbito de la relación entre el ejercicio físico y la orientación espacial tanto endógena como exógena.

6.1. Esfuerzo físico puntual y orientación espacial endógena

La literatura existente en torno al estudio de la relación entre la realización de un ejercicio físico puntual y la orientación espacial endógena no es muy abundante. En esta línea son dignos de resaltar los trabajos realizados por Pesce y colaboradores (Cereatti, Casella, Manganelli, & Pesce, 2009; Pesce, Capranica, Tessitore y Figura, 2002; Pesce, Capranica, Tessitore y Figura, 2003; Pesce, Casella y Capranica, 2004; Pesce, Cereatti, Casella, Baldari y Capranica, 2007a; Pesce, Cereatti, Forte, Crova y Casella, 2010; o Pesce, Tessitore, Casella, Pirritano y Capranica, 2007b). Cabe destacar, que estos autores en ninguno de los estudios anteriormente citados, empleando diferentes muestras poblacionales (e.g., deportistas expertos y no deportistas, niños y adultos, etc.) se ha descrito efecto alguno de la señal endógena (i.e., efecto "cueing"), sino que lo

que han observado los autores es un efecto del esfuerzo sobre las diferencias en el cambio del foco atencional de las características locales a las globales del objeto o viceversa. Por tanto, hasta el momento no podemos conocer con precisión si el ejercicio físico modula directamente la orientación espacial endógena, o depende, por un lado del tipo de estímulo objetivo (global-local en este caso) o de las propias características de la tarea atencional (e.g., cambio de foco atencional).

6.2. Esfuerzo físico puntual y orientación espacial exógena

En cuanto a los estudios referentes al comportamiento de la orientación espacial exógena tras o durante la realización de un ejercicio físico puntual, en la literatura revisada tan solo hemos encontrado cuatro artículos que hayan estudiado dicha relación. En primer lugar Sanabria et al. (2011), uno de los pocos estudios que ha investigado los efectos sobre la orientación espacial exógena tras realizar un esfuerzo físico puntual, usando una tarea de discriminación en tres condiciones distintas de actividad (reposo, durante la realización de un esfuerzo aeróbico y después de haber finalizado el esfuerzo y recuperar hasta la FC de reposo), observaron que el ejercicio aeróbico aumentaba la capacidad de los participantes para redirigir la atención espacial hacia lugares que habían sido previamente atendidos. Por otro lado, Llorens, Sanabria y Huertas (2014) demostraron que después de realizar un esfuerzo físico existe una modulación en el funcionamiento de la orientación espacial exógena, observando una reducción en la magnitud del efecto denominado captura atencional, efecto producido por los estímulos distractores que aparecen en el campo visual. Cabe destacar que estos efectos se han observado únicamente que participantes con una baja condición física.

La captura atencional es un fenómeno que se produce cuando aparece en nuestro campo visual un

estímulo nuevo de forma inesperada, esto provoca que focalicemos la atención en él, pudiendo por un lado, mejorar los procesos de toma de decisión si se trata de un estímulo relevante para la tarea que estoy desempeñando, o por el contrario, perjudicar la toma de decisiones si es un estímulo irrelevante y me distrae de mi objetivo principal.

En este mismo sentido, Llorens, Sanabria, Huertas, Molina y Bennett (2015), investigaron mediante el análisis de movimientos oculares, si la realización de un esfuerzo aeróbico intenso de 15' de duración, podía afectar a la magnitud de la captura atencional producida por estímulos distractores en participantes con baja condición física. Para cuantificar la magnitud de la captura atencional, se compararon los TR en responder al estímulo objetivo y el TR de la primera sacada dirigida hacia el estímulo objetivo (i.e., tiempo que transcurre desde la aparición del estímulo objetivo y el inicio del desplazamiento ocular hacia el mismo), entre ensayos con y sin distractor. Los resultados mostraron que la captura atencional producida por los estímulos distractores (i.e., irrelevantes) fue mayor en la condición de reposo que en la condición de esfuerzo, es decir, la diferencia en el TR de las respuestas y el TR de las sacadas dirigidas hacia el estímulo objetivo fue mayor en la condición de reposo respecto a la de esfuerzo. Así pues, estos hallazgos permiten sugerir que la realización de un esfuerzo aeróbico intenso en participantes con baja condición física reduce la captura atencional que provoca la aparición de un estímulo irrelevante en nuestro campo visual, sin afectar a la capacidad de orientar la atención al estímulo objetivo.

Por último, Huertas et al., (2011) estudiaron la influencia del esfuerzo físico sobre las redes atencionales de orientación, alerta y control ejecutivo en una muestra de ciclistas expertos. Los participantes completaron la tarea atencional ANT-I (Callejas, Lupiañez y Tudela, 2004) en reposo, durante la realización de un esfuerzo al 80% del

UA y durante la realización de un esfuerzo al 95% del UA. Estos autores observaron únicamente una reducción de la magnitud del efecto de alerta durante la realización del esfuerzo al 80% del UA

respecto a la condición de reposo. Al contrario que en el estudio de Sanabria et al. (2011), no se observó ningún efecto del esfuerzo físico sobre la orientación espacial exógena.

7. CONCLUSIONES

Nuestra sociedad se está adaptando a un estilo de vida sedentario. Está es una de la razones que ha motivado el reciente interés por destacar los beneficios sobre la salud mental y física que provoca la práctica regular de actividad física. Numerosas investigaciones nos indican los efectos positivos de la práctica regular de actividad física sobre el funcionamiento cognitivo, que repercutirá directamente en el rendimiento académico, y sobre la salud mental, como por ejemplo una reducción del estrés, la ansiedad y una mejora en los estados de ánimo.

Respecto al rendimiento académico de nuestros estudiantes, según el informe PISA, se encuentran en los últimos puestos de los países Europeos. En el caso de América Latina, la situación también es bastante preocupante, pues de los ocho países latinoamericanos que integran el informe, Chile es el mejor situado al colocarse en el puesto número 51, de los 65 que realizan el informe PISA.

Consideramos pues, en base a las investigaciones revisadas en este informe, que la práctica regular de actividad física puede contribuir directa y positivamente en el rendimiento académico de los adolescentes, por lo que consideramos totalmente

necesario crear propuestas de intervención para incluir la práctica diaria de actividad física dentro de las escuelas, y con ello en estilo de vida de nuestros jóvenes.

Respecto a la modulación del sistema atencional tras la realización de un esfuerzo físico, aspecto que como se ha indicado anteriormente repercute directamente en el rendimiento deportivo, diferentes estudios han observado una reducción en la magnitud de captura atencional producida por los estímulos distractores que aparecen en el campo visual. Cabe destacar que estos efectos se han observado únicamente en participantes con una baja condición física.

En consecuencia, determinar la condición física de un deportista, nos puede ayudar a determinar en gran medida el rendimiento atencional que puede alcanzar un deportista en situaciones de competición.

Por lo que se refiere a la utilidad de los resultados obtenidos respecto a la captura atencional, ¿Podemos afirmar que el esfuerzo físico puntual mejora operativamente el funcionamiento de la orientación espacial exógena? Al menos en condiciones de

laboratorio, todo parece apuntar que los esfuerzos puntuales provocan un beneficio, ya que se reduce la captura atencional y el procesamiento de los estímulos irrelevantes, es decir, los participantes se distraen menos después del esfuerzo, pero, ¿Qué sucedería en condiciones más ecológicas, como por ejemplo un partido de tenis? Desde nuestro punto de vista, pensamos que en este tipo de contextos, la inhibición de todos los estímulos irrelevantes/distractores puede suponer una disminución en el futuro rendimiento deportivo, ya que en multitud de situaciones, los estímulos que un principio podemos pensar que son irrelevantes, se pueden convertir en relevantes transcurridas unos segundos, incluso en décimas de segundo. Por ejemplo, en el caso del tenis, cuando el jugador se dispone a realizar el saque, en un principio el principal estímulo objetivo es la pelota (posición, velocidad), pero si un instante

antes de golpear, el jugador fuera capaz de capturar y procesar el movimiento del contrario, si lo hubiera, podría realizar el saque en función del movimiento de este para dificultarle el posterior golpeo y de este modo aumentar las posibilidades de conseguir el punto.

En base a este conocimiento sería posible optimizar los procesos de entrenamiento gracias al diseño de herramientas y/o protocolos que nos permitan medir estas variables y mejorar los procesos de detección talentos. Del mismo modo, el conocimiento de esta relación entre activación fisiológica y funcionamiento cognitivo nos ayudaría a intervenir sobre aquellos deportistas con déficit en alguna de las funciones estudiadas, y así mejorar su rendimiento deportivo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Argentina en Movimiento. (2000). Hábitos deportivos de la población argentina. Investigación realizada por la Secretaría de Turismo y Deporte de la Nación, con el soporte calificado del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).
- Audiffren, M., Tomporowski, P. D., y Zagrodnik, J. (2009). Acute aerobic exercise and information processing: Modulation of executive control in a Random Number Generation task. *Acta Psychologica*, 132, 85-95.
- Bailey, S. P., Holt, C., Pflugger, K. C., La Budde, Z., Afergan, D., Stripling, R., Miller, P. C., y Hall, E. E. (2008). Impact of prolonged exercise in the heat and carbohydrate supplementation on performance of a virtual environment task. *Military Medicine*, 173(2), 187-192.
- Bessa, A., Oliveira, V. N., De Agostini, G. G., Oliveira, R. J., Oliveira, A. C., White, G., Wells, G., Teixeira, D.N., y Espindola, F. S. (2013). Exercise intensity and recovery: Biomarkers of injury, inflammation and oxidative stress. *Journal of Strength y Conditioning Research*. (Epub ahead of print).
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., y Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129, 387-398.
- Brisswalter, J., Collardeau, M., y Arcelin, R. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Medicine*, 32, 555-566.
- Callejas, A., Lupiáñez, J., y Tudela, P. (2004). The three attentional networks: On their independence and interactions. *Brain and Cognition*, 54, 225-227.
- Chang, Y. K., y Etnier, J. L. (2009). Effects of an acute bout of localized resistance exercise on cognitive performance in middle-aged adults: A randomized controlled trial study. *Psychology of Sport and Exercise*, 10, 19-24.
- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., y Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101.
- Chaouloff, F. (1997). The serotonin hypothesis. In: W. P. Morgan (Ed.), *Physical Activity and Mental Health* (pp. 179-198). Washington, DC: Taylor y Francis.

- Clínica Alemana (2002). Sedentarismo chileno: ¿preocupante o una exageración? Santiago. Disponible en: <http://www.alemana.cl>
- Colcombe, S. F., y Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological Science*, 14, 2125-2130.
- Collardeau, M., Brisswalter, J., y Audiffren, M. (2001). Effects of a prolonged run on simple reaction time of well trained runners. *Perceptual and Motor Skills*, 93, 679-689.
- Consejo superior de deportes. (2010). Plan integral para la actividad física y el deporte. Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- Corbetta, M., Patel, G., y Shulman, G. L. (2008). The Reorienting System of the Human Brain: From Environment to Theory of Mind. *Neuron*, 58, 306-324.
- Cotman, C. W., y Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosc*, 25(6), 295-301.
- Cereatti, L., Casella, R., Manganelli, M., y Pesce, C. (2009). Visual attention in adolescents: facilitating effects of sport expertise and acute physical exercise. *Psychology of Sport and Exercise*, 10, 136-145.
- Davranche, K., y Audiffren, M. (2004). Facilitating effects of exercise on information processing. *Journal of Sport Sciences*, 22, 419-428.
- Dietrich, A. (2003). Functional neuroanatomy of altered states of consciousness: The transient hypofrontality hypothesis. *Consciousness and Cognition*, 12, 231-256.
- Dietrich, A. (2006). Transient hypofrontality as a mechanism for the psychological effects of exercise. *Psychiatry Research*, 145, 79-83.
- Dietrich, A., y Audiffren, M. (2011). The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35, 1305-1325.
- Dishman, R. K. (1997). The norepinephrine hypothesis. In W. P. Morgan (Ed.), *Physical Activity and Mental Health* (pp. 199-212). Washington, DC: Taylor y Francis.
- Dwyer, T., Sallis, J. F., Blizzard, L., Lazarus, R., y Dean, K. (2001). Relation of Academic Performance to Physical Activity and Fitness in Children. *Pediatric Exercise Science*, 13, 225-238.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *PNAS*, 108(7), 3017-3022.
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martínez-Gómez, D., del Campo, J., González, A., Padilla-Moledo, C., Sallis, J., y Veiga, O. L. (2014). Independent and Combined Influence of the Components of Physical Fitness on Academic Performance in Youth. *The journal of pediatrics*, 165, 306-312.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., y Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Review*, 52, 119-130.
- Grego, F., Vallier, J. M., Collardeau, M., Bermon, S., Ferrari, P., Candito, M., Bayer, P., Magnié, M. N., y Brisswalter, J. (2004). Effects of long duration exercise on cognitive function, blood glucose, and counterregulatory hormones in male cyclists. *Neuroscience Letters*, 364, 76-80.
- Heckler, B., y Croce, R. (1992). Effects of time of posttest after two durations of exercise on speed

and accuracy of addition and subtraction by fit and less-fit women. *Perceptual and Motor Skills*, 75, 1059-1065.

Hillman, C. H., Erickson, K. I., y Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Review in Neuroscience*, 9, 58-65.

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., y Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159, 1044-1054.

Hoffman, P. (1997). The endorphin hypothesis. In W. P. Morgan (Ed.), *Physical Activity and Mental Health* (pp. 161-177). Washington, DC: Taylor y Francis.

Hogervorst, E., Riedel, W., Jeukendrup, A., y Jolles, J. (1996). Cognitive performance after strenuous physical exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 83, 479-488.

Huertas, F., Zahonero, J., Sanabria, D., y Lupiáñez, J. (2011). Functioning of the Attentional Networks at Rest vs. During Acute Bouts of Aerobic Exercise. *Journal of Sport y Exercise Psychology*, 33, 649-665.

Ide, K., Schmalbruch, I. K., Quistorff, B., Horn, A., y Secher, N. H. (2000). Lactate, glucose and O₂ uptake in human brain during recovery from maximal exercise. *Journal of Physiology*, 522, 159-164.

Kamijo, K., Nishihira, Y., Hatta, A., Kaneda, T., Wasaka, T., Kida, T., y Kuroiwa, K. (2004). Differential influences of exercise intensity on information processing in the central nervous system. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 305-311.

Lambourne, K., y Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain*

Research, 1341, 12-24.

Linder, K. (2002). The Physical Activity Participation--Academic Performance Relationship Revisited: Perceived and Actual Performance and the Effect of Banding (Academic Tracking). *Pediatric Exercise Science*, 14, 155-170.

Llorens, F., Sanabria, D., y Huertas, F. (2014). The influence of acute intense exercise on exogenous spatial attention depends on physical fitness level. *Experimental Psychology*, 62(1), 20-29.

Llorens, F., Sanabria, D., Huertas, F., Molina, E., y Bennett, S. (2015). Intense physical exercise reduces overt attentional capture. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. (Aceptado).

Lupiáñez, J., Milliken, B., Solano, C., Weaver, B., y Tipper, S. P. (2001). On the strategic modulation of the time course of facilitation and inhibition of return. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54(3), 753-773.

Márquez, S., Rodríguez, J., y De Abajo, S. (2006). Sedentarismo y salud: Efectos beneficiosos de la actividad física. *Apuntes: Educación Física y Deportes*, 1, 12-24.

Marriott, T., Reilly, T., y Miles, (1993). The effect of physiological stress on cognitive performance in a simulation of soccer. In T. Reilly, J. Clarys, y A. Stibbe (Eds.), *Science and football II* (pp. 261-264). London: E and FN Spon.

McMorris, T., Tomporowski, P., y Audiffren, M. (2009). *Exercise and cognitive function*. Michigan: Wiley-Blackwell.

Moore, R. D., Romine, M. W., O'Connor, P. J., y Tomporowski, P. D. (2012). The influence of exercise-induced fatigue on cognitive function. *Journal Sports Sciences*, 30, 841-850.

- Nielsen, H. B., Bredmose, P.B., Stromstad, M., Volianitis, S., Quistorff, B., y Secher, N. H. (2002). Bicarbonate attenuates arterial desaturation during maximal exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 93, 724-731.
- Nieman, D. C. (1998). Exercise and resistance to infection. *Can J Physiol Pharmacol*, 76, 573-80.
- OMS (2015). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Recuperado de <http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/>
- OMS (2001). Fortaleciendo la promoción de la salud mental. Ginebra. Organización Mundial de la Salud (Hoja informativa, N° 220).
- OPS (1997). Salud Mental en el Mundo. Washington D.C.: Oxford University Press.
- Pashler, H. E. (1998). *The psychology of attention*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Pesce, C., Capranica, L., Tessitore, A., y Figura, F. (2002). Effects of a submaximal physical load on the orienting and focusing of visual attention. *Journal of Human Movement Studies*, 42, 401-420.
- Pesce, C., Capranica, L., Tessitore, A., y Figura, F. (2003). Focusing of visual attention under submaximal physical load. *International Journal of Sport Psychology*, 1, 275-292.
- Pesce, C., Casella, R., y Capranica, L. (2004). Modulation of visuospatial attention at rest and during physical exercise: Gender differences. *International Journal of Sport Psychology*, 35, 328-341.
- Pesce, C., Cereatti, L., Casella, R., Baldari, C., y Capranica, L. (2007a). Preservation of visual attention in older expert orienteers at rest and under physical effort. *Journal of Sport y Exercise Psychology*, 29, 78-99.
- Pesce, C., Cereatti, L., Forte, R., Crova, C., y Casella, R. (2010). Acute and chronic exercise effects on attentional control in older road cyclists. *Gerontology*, 57(2), 121-128.
- Pesce, C., Tessitore, A., Casella, R., Pirritano, M., y Capranica, L. (2007b). Focusing of visual attention at rest and during physical exercise in soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 25, 1259-1270.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 23-25.
- Posner, M. I., y Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neuroscience*, 17(2), 75-79.
- Posner, M. I., Nissen, M., y Odgen, W. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. In H. L. Pick y E. Saltzman (Eds.), *Models of perceiving and processing information* (pp. 128-181). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Posner, M. I., y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I., y Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York: Scientific American.
- Posner, N. I., Snyder, C. R. R., y Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Rasmussen, P., Stie, H., Nielsen, B., y Nybo, L. (2006). Enhanced cerebral CO₂ reactivity during strenuous exercise in man. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 299-304.
- Roig, M. (2013). Los efectos de la actividad física en el cerebro del niño. En A. García, M. Roig, S. Gabaldón.

- et al. (Eds), La actividad física mejora el aprendizaje y el rendimiento escolar (pp. 10–30). Esplugues de Llobregat (Barcelona): Hospital Sant Joan de Déu.
- Ruz, M., y Lupiáñez, J. (2002). A review of attentional capture: On its automaticity and sensitivity to endogenous control. *Psicológica*, 23(2), 283-309.
- Sanabria, D., Morales, E., Luque, A., Galvez, G., Huertas, F., y Lupiáñez, J. (2011). Effects of aerobic exercise on exogenous spatial attention. *Psychology of Sport and Exercise*, 12(5), 570-574.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (2 ed.). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Scully, D., Kremer, J., Meade, M. M., Graham, R., y Dudgeon, K. (1998). Physical exercise and psychological well being: A critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 32, 111-120.
- Secher, N. H., Seifert, T., y Van Lieshout, J. J. (2008). Cerebral blood flow and metabolism during exercise: implications for fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 104, 306-314.
- Shephard, R. (1997). Relation of Academic Performance to Physical Activity and Fitness in Children. *Pediatric Exercise Science*, 13, 225-238.
- Smit, A. S., Eling, P. A., Hopman, M. T., y Coenen, A. M. (2005). Mental and physical efforts affect vigilance differently. *International Journal of Psychophysiology*, 57, 211-217.
- Tomporowski, P. D. (2003). Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychologica*, 112, 297-324.
- Tomporowski, P. D. (2009). Methodological issues: Research approaches, research design, and task selection. En T. McMorris, P. D. Tomporowski y M. Audiffren (Eds), *Exercise and Cognitive Function* (pp. 91–112). Chichester: John Wiley y Sons.
- Tomporowski, P. D., y Ganio, M. S. (2006). Short term effects of aerobic exercise on executive processing, memory, and emotional reactivity. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4, 57-72.
- Tremblay, M., Inman, J., y Willms, J. (2000). The Relationship Between Physical Activity, Self-Esteem, and Academic Achievement in 12-Year-Old Children. *Pediatric Exercise Science*, 12, 312-324.
- Weinberg, R. S., y Gould, D. (1995). *Foundations of sport and exercise psychology*. Illinois: Human Kinetics.
- Williams, A. M., Davids, K., y Williams, J. G. (1999). *Visual perception and action in sport*. London: Routledge.
- Wilmore, J. H., y Costill, D. L. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (6ª ed.). Barcelona: Paidotribo.

9. ACERCA DEL AUTOR

Francesc Llorens es profesor del Grado de Educación Infantil, Primaria y del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas en la Universidad Internacional de Valencia (VIU). Es doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y cuenta con buena experiencia en el campo de los efectos del ejercicio físico sobre el sistema cognitivo en general y el atencional en particular, campo en el

que tiene diversos artículos publicados en revistas internacionales (*Experimental Psychology, Journal of Sport and Exercise Psychology*). Colabora como investigador externo en el Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento de la Facultad de Psicología de la Universidad de Granada (UGR) y en el grupo de investigación Actividad Física, Rendimiento y Calidad de Vida de la Universidad Católica de Valencia (UCV).

viu | **Universidad**
Internacional
de Valencia

Síguenos en:



www.viu.es