

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa.

Erick Atenas N.¹

Sayuri Toro M.²

Fecha Recepción: 17 de Diciembre de 2018.

Fecha de Aceptación: 31 de Diciembre de 2018.

Resumen

El rendimiento académico y los procesos de aprendizaje en educación superior están asociados a diversos factores, que pueden impactar de forma negativa o positiva. La atención, por una parte, ha sido de interés en la literatura científica por su impacto en los procesos de aprendizaje y como un importante sustrato neurobiológico de la cognición, específicamente las redes atencionales que plantean Posner y Petersen (2012). El crecimiento exponencial de la neurociencia en las últimas décadas sugirió que el sistema de atención se encuentra separado funcional y anatómicamente en tres redes, la red de alerta, de conflicto y la red de orientación. La atención y las redes atencionales se han relacionado con la capacidad aeróbica de las personas, la mayoría de los estudios las relacionan en personas con condiciones patológicas o en población adulta mayor. Sin duda que existe una relación entre la atención y la capacidad física de las personas, sin embargo, dicha relación no ha estado del todo dilucidada entre las redes atencionales y la capacidad aeróbica en estudiantes universitarios, y la relación que existe entre estos factores y el rendimiento académico. Esto toma real relevancia considerando los índices de obesidad y sedentarismo en Chile, ya que, además de

¹ Licenciado en Kinesiología. Magister ©. Correo electrónico: erick.atenas.n@ugm.cl, Universidad Gabriela Mistral, Santiago, Chile

² Licenciada en Kinesiología. Magister ©. Correo electrónico: sayuri.toro@ugm.cl, Universidad Gabriela Mistral, Santiago, Chile

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

la posible influencia en el rendimiento académico, podría incluso impactar en políticas de salud y educacionales.

Palabras claves: Redes atencionales, capacidad aeróbica, rendimiento académico.

Relationship of the Aerobic Capacity, the Attention Networks and the Academic Performance: A Narrative Review.

Abstract

Academic performance and learning processes in higher education are associated with several factors, which may impact in a negative or a positive way. Attention, on the one side, has been topic of interest in the scientific literature because of its impact on learning processes and as an important neurobiological substrate of cognition, specifically the attention networks posed by Posner and Petersen (2012). The exponential growth of neuroscience in recent decades suggested that the attention system is functionally and anatomically separated into three networks: *alerting*, *conflict* and the *orienting* network. Attention and attention networks have been related to the aerobic fitness capacity of people, most of the studies are related to people with pathological conditions or elderly population. There is certainly a relationship between attention and physical capacity of people, nevertheless, the relationship between attentional networks and aerobic fitness in university students has not been fully elucidated, and the relationship between these factors and the academic performance. This takes real relevance considering obesity index and sedentary lifestyle in Chile, since, in addition to the possible influence on academic performance, it could even impact on health and educational policies.

Key words: Attention networks, aerobic fitness, aerobic capacity, academic performance.

1. Introducción

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

El rendimiento académico en educación superior está asociado a diversos factores, que pueden impactar de forma negativa o positiva, entre los cuales destacan factores psicológicos, sociales, económicos, físicos, biológicos, entre otros (Calero Martínez, 2009). La contingencia actual de los estudiantes universitarios demuestra que, a modo general, son estudiantes con malos hábitos alimenticios, con altos índices de estrés, mala condición física, riesgo cardiovascular (Troncoso & Amaya, 2009; MacMillan, 2007), entre otros factores negativos para la salud y el aprendizaje. Estos datos pueden ser atribuidos a diversos factores, entre los que destacan la carga académica, sociofamiliar y laboral que presentan hoy en día los estudiantes universitarios. Lo cierto es que dichos factores finalmente impactan en la condición física del alumnado, la cual está estrechamente relacionada con sustratos neurobiológicos relacionados a cognición en diversas poblaciones. Dicha relación ha sido muy estudiada en adultos mayores o en personas con alguna patología que afecte el sistema nervioso central o con algún grado de deterioro cognitivo. Una de las habilidades cognitivas importantes en el proceso de aprendizaje es la atención, que juega un rol fundamental para lograr mantenernos vigiles y resolver ciertas tareas. Además, la atención ha sido relacionada con la condición física de las personas, más aún, un programa de ejercicio aeróbico puede mejorar los niveles de atención, específicamente los que Posner & Petersen (2012) han descrito como las Redes Atencionales. Pareciera relevante valorar cual es la relación entre las Redes Atencionales y la Capacidad Aeróbica de estudiantes universitarios, debido a que serviría como piso para que futuras investigaciones determinen la relevancia de la actividad física en la vida académica y ésta sea fomentada de forma rutinaria en los centros de educación superior.

La atención ha sido descrita como un sustrato neurobiológico importante del aprendizaje siendo el factor responsable de extraer los elementos esenciales para la actividad mental, el proceso que mantiene una estrecha vigilancia sobre el curso preciso y organizado de las actividades mentales (Luria, 1984). En el ámbito educacional la atención es un factor relevante para los alumnos existiendo diferentes factores pueden mermarla y que terminarán por impactar en su calidad y su rendimiento académico.

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

Cada vez existe mayor interés por el proceso de aprendizaje de los alumnos, y los factores que pueden influir en él. Alguno de los factores que puede impactar en el aprendizaje de los estudiantes de educación superior son: el género, la salud, el lugar de nacimiento, factores relativos al hogar, entre otros (Calero Martínez, 2009). El aprendizaje se lleva a cabo cuando se produce un cambio relativamente permanente en la conducta como resultado de la experiencia de interactuar con el entorno. Esta interacción con lo que nos rodea, nos obliga necesariamente a estar vigiles, atentos, reactivos, pero también implica estar focalizado en el objetivo en particular, y lo más probable también estar en constante diálogo con otras habilidades cognitivas cuando la tarea es mucho más compleja (Kandel, 2001). Así, en una primera instancia, la atención parece jugar un rol importante en el proceso de aprendizaje, debido a que es considerada como el corazón del sistema cognitivo, ya que tiene una implicancia en la regulación de otras funciones cerebrales como la memoria y el lenguaje (Pérez, Padilla, & Parmentier, 2014). La atención, además de regular la entrada de información, estaría también implicada en el procesamiento de la misma (Cooley & Morris, 2009). La atención la necesitamos durante largos periodos de tiempo en actividades cotidianas, como las actividades académicas universitarias o profesionales (Di Stasi, et al., 2015; Suess, Porges, & Plude, 1994)

En una de las teorías más prominentes sobre la atención, Posner y Petersen (2012) han definido la atención como el proceso de seleccionar un estímulo, percibirlo, por la razón que interese, y luego procesarlo. Los primeros estudios de estos autores se remontan hace aproximadamente 25 años, donde se la mayor parte de la evidencia era en base a lesiones cerebrales o estudios conductuales. El crecimiento exponencial de la neurociencia en las últimas décadas sugirió que el sistema de atención se encuentra separado funcional y anatómicamente en tres redes. La primera de estas es la red de alerta, que estaría encargada de la vigilia, es decir estar despierto y alerta al entorno. La segunda, es una red de orientación, la cual se encarga de atender a movimientos en el espacio ante estímulos sensoriales y la tercera, correspondería a una red ejecutiva encargada del monitoreo y resolución de conflictos en situaciones de interferencia, como por ejemplo cuando se realizan actividades

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

de mayor complejidad cognitiva y motora, requiriéndose autoinhibición de ciertas conductas que podrían entorpecer el objetivo final (Posner & Petersen, 1990; Petersen & Posner, 2012).

La capacidad aeróbica se ha asociado con diversas habilidades cognitivas, en distintos rangos etarios y en población. Existen diversos estudios experimentales que asocian el impacto agudo de ejercicio aeróbico en la función ejecutiva en diversos rangos etarios, encontrando un efecto moderado (Verburgh, Königs, Scherder, & Oosterlaan, 2014). Existen diversos estudios que estudian los beneficios del ejercicio aeróbico en alguna función cognitiva en adultos mayores y niños, o en diversas patologías, sin embargo, en adultos jóvenes universitarios existe escasa evidencia. Algunos sugieren que la aptitud cardiorrespiratoria se asocia con el desempeño cognitivo en adolescentes y adultos jóvenes por medio de la atención selectiva (Wengard, Kristoffersen, Harris, & Gundersen, 2017) y mantenida (Ciria, Perakakis, Luqye-Casado, Morato, & Sanabria, 2017).

Esta asociación entre el fitness aeróbico y las funciones cognitivas se han asociado a cambios estructurales corticales (Kramer, 2003), factores neurotróficos cerebrales involucrados en la neuroplasticidad (Vaynman, Gomez-Pinilla, & Gomez-Pinilla, 2003) y efectos neuroprotectores derivados de la irrigación sanguínea. El modelo de redes atencionales de Petersen & Posner (2012) se centra en tres redes relacionadas a la atención, que son funcional y anatómicamente independientes. Se ha visto que en adultos jóvenes que practican ejercicio regular exhiben un mejor control ejecutivo, una función cognitiva que desempeña un papel central en muchos aspectos del funcionamiento cognitivo de la vida cotidiana. Estos hallazgos deben ser considerados en la comunidad universitaria, debido a que se sugiere que estos resultados pueden estar relacionadas con el aprendizaje, el rendimiento académico e incluso políticas de salud y educación (Pérez L. Padilla, Parmentier, & Andrés, 2014). Esto toma real relevancia considerando los índices de obesidad y sedentarismo en Chile, donde la encuesta nacional de salud del 2010 refleja que existe un 25% de obesidad en la población chilena, la cual es superior a lo observado en la encuesta 2003, donde la población de entre los 24 y 44 años se encuentra en el tercer grupo de personas con más obesidad (Atalah, 2012). Por ende, dentro de los diversos beneficios del ejercicio físico se encuentran la mejora la

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

salud subjetiva, el estado de ánimo y emotividad (Biddle, 1995), también reduce la depresión clínica (Lawlor & Hopker, 2001), ayuda en el incremento del autoestima (McAuley, Mihalko, & Sandvik, 1997) y hoy en día se estudia su relación con los factores que impactan en el aprendizaje y el rendimiento académico.

2. Atención y Redes Atencionales

La atención es un concepto complejo y de difícil abordaje, se ha descrito diversas definiciones sin lograr consenso, a pesar de su fácil caracterización. Según García Sevilla (2014), la complejidad del difícil abordaje radica en la falta de consenso del concepto, las múltiples definiciones y pobre delimitación de la definición, debido a sus múltiples teorías sobre su naturaleza. Luria (1975) define la atención como un proceso selectivo de la información necesaria, la consolidación de programas de acción elegibles y el mantenimiento de un control pertinente sobre el curso de los mismos. Según Kahneman (1973) establece también que debe existir un control para lograr seleccionar los estímulos que controlarán su conducta. Existen muchas definiciones de atención (Pinillos, 2006), (Vega, 1984; Rossello, 1994; García Sevilla, 2014), sin embargo, de las diversas definiciones sobresalen algunos conceptos como la claridad y la selección (Meidman, 1970). Es considerada como el corazón del sistema cognitivo, ya que tiene una implicancia en la regulación de otras funciones cerebrales como la memoria y el lenguaje (Pérez, Padilla, & Parmentier, 2014) La atención además, nos permite enfocar dirigir y seleccionar nuestra atención a algo particular, el cual requiere ser procesado en cada momento, además de distribuir nuestros recursos atencionales evitando aquellos aspectos que pueden hacer cambiar el foco de atención (Prados Gallardo, Sánchez Jiménez, Spanchez-Queija, & del Rey Alamillo, 2014). Desde la psicopatología se pueden evidenciar diversas disfunciones atencionales como, los problemas de amplitud, oscilamiento, disfunción de procesos selectivos, disposición, distribución de recursos y mecanismos de alerta de la atención (García Sevilla, 2014). Una disfunción atencional se debe considerar dependiendo del ciclo del desarrollo vital en el que se encuentra cada persona. Por ejemplo, en la lactancia la atención se considera básicamente como un reflejo

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

de orientación o habilidades visuo-auditivo-motoras y su capacidad varía entre 5 a 10 segundos. Su disfunción se aprecia al no atender selectivamente a expresiones faciales ni juguetes. Uno de los déficits clásicos que se pueden presentar en cualquier edad es el déficit atencional, el cual se caracteriza por una incapacidad o dificultad para coordinar y sostener la atención, (American Academy of Pediatrics, 2011). Un estudio reveló que un 31% de los estudiantes de Medicina de la Universidad Católica de Chile pueden padecer Déficit Atencional, de los cuales solo un 7% estaba diagnosticado y un 4% en tratamiento (Santander, Berner, Contreras, & Gómez, 2013), no es infrecuente encontrar esta alteración en individuos con muy buen funcionamiento cognitivo (Culpepper, 2011).

Junto a las diversas definiciones de atención, también existen diferentes tipos de atención, asociado a los sentidos que el término toma para cada autor (Rossello, 1994). Por ejemplo, existe la atención visual-auditiva asociado a la modalidad sensorial implicada, o la global-selectiva asociada a la amplitud e intensidad con la que se atiende, entre otros (Rossello, 1994). Hoy en día, gracias a los estudios de neuroimagen, se ha evidenciado las áreas cerebrales relacionadas a la atención. Dependiendo del modelo cognitivo en que se enmarca cada investigación, pueden existir diversas áreas cerebrales relacionadas a la atención. En una de las teorías más prominentes sobre la atención, Posner y Petersen (2012) han sugerido que el sistema de atención humana se puede subdividir en tres redes funcional y anatómicamente independientes, las redes de alerta, orientación y conflicto.

En los años 90, las técnicas de neuroimagen estaban comenzando a ocuparse para la investigación científica, por ende, la evidencia disponible en aquellos años era a partir estudios de comportamiento en adultos con lesiones cerebrales (Posner & Petersen, 1990). Hoy en día, la investigación actual en neurociencia, debido al desarrollo de técnicas de imagen no invasivas, ha tenido un desarrollo exponencial. Posner y Petersen (2012) detallan que el sistema de atención está compuesto por tres “redes atencionales”, llamadas de esta forma debido a que cada red representa un conjunto diferente de los procesos de atención y son anatómicamente y funcionalmente independientes. Las redes de orientación, alerta y conflicto, descritas por Posner y Petersen (2012) tienen independencia funcional, debido a

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

que ciertos fármacos pueden inhibir una función y no otra (Fernandez-Duque & Posner, 1997), sin embargo, estos sistemas suelen trabajar en conjunto en la mayoría de las actividades funcionales. La red de atención se define como el lograr y mantener un estado de alerta; red de orientación es la selección de la información de la entrada sensorial; y el control ejecutivo (red de conflicto) se define como la resolución de conflictos entre las respuestas (Posner & Petersen, 1990). Las redes atencionales son probablemente los procesos cognitivos mejores estudiados, se han estudiado desde el punto de vista de la anatomía funcional, modulación química e incluso algunos fenotipos genéticos específicos estrechamente relacionados con cada red atencional (Fossella, Posner, Fan, Swanson, & Pfaff, 2002).

El estudio de cada red atencional ha sido complicado, debido al tiempo que tardaba en realizar los test y las complejidades de estandarizar una prueba para diversas edades. El Attention Network Test (ANT), es una herramienta computacional diseñada para valorar cada red atencional en una sola tarea. El tiempo aproximado de aplicación es de 30 minutos y se puede aplicar en niños jóvenes de incluso 4 años. Los sujetos deben ser capaces de presionar una tecla izquierda o derecha según la dirección de una flecha que aparecerá en la pantalla (Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002). Debido a las características amigables del ANT, se ha convertido en una herramienta popular en la literatura neuropsicológica. Sin embargo, últimamente se ha apreciado una baja fiabilidad de este método de evaluación e incluso que no se aprecia independencia entre cada red evaluada, como se planteaba anteriormente (MacLeod, et al., 2010).

Las definiciones clásicas de atención se valoran de forma subjetiva y no proporcionan indicios de que podrían conducir a una comprensión del desarrollo atencional, patologías o incluso en el aula. Por lo mismo se ha propuesto ver la atención como algo mucho más concreto, o sea como un sistema de órganos. Un sistema de órganos hace relación a diversas estructuras en animales y plantas compuesto de varias células y tejidos adaptados para la realización de alguna función específica y agrupada con otras estructuras. La atención puede ser abordada desde este punto de vista debido a que diversos estudios de neuroimagen han demostrado sistemáticamente que existen redes neurales específicas que se activan ante

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

operaciones mentales específicas (Raichle, et al., 1994). Tal vez las zonas de activación han sido más consistentes para el estudio de la atención que para cualquier otro sistema cognitivo. Podemos ver la atención como la participación de las redes especializadas para llevar a cabo funciones tales como lograr y mantener el estado de alerta, orientando a los eventos sensoriales y controlar los pensamientos y sentimientos.

La alerta se define como el lograr y mantener un estado de alta sensibilidad a los estímulos entrantes. Como cualquier red de atención, la red de alerta presenta un área cerebral y neuromodulador específico. Se ha dado gran énfasis en el sistema neuromodulador del troncoencéfalo y el tálamo y su rol en el mantenimiento vigilante y el óptimo rendimiento durante alguna tarea, ejes que son centrales en el sentido de alerta. Una fuerte evidencia relaciona la norepinefrina (NE) con el sistema de alarma, siendo el Locus Coeruleus (Aston-Jones & Cohen, 2005), nodos en corteza frontal y parietal (Marrocco, 1998) una gran fuente de NE, considerándose parte relevante de la Vía de la NE. Otros neuromoduladores como la Acetilcolina no se relacionan con la red de alerta. El estado de alerta se puede dividir como tónico o fásico. La alerta tónica varía dependiendo del transcurso del día, en la mañana, los tiempos de reacción son más lentos y disminuye en el transcurso del día (Posner M. , *Psychobiology of attention*, 1975). El estado de alerta tónico a medida se mide utilizando una tarea prolongada en el tiempo y no muy atrayente, para medir la vigilancia sostenida (Petersen & Posner, 2012). Para estudiar el estado de alerta fásico se realiza una señal de advertencia antes del estímulo blanco a atender, con el objetivo de suprimir el estado de reposo por un estado de preparación para detectar y responder una señal esperada. Al parecer el estado de alerta tónico y fásico están involucrados en hemisferios cerebrales distintos, en el hemisferio derecho e izquierdo respectivamente (Ivry & Robertson, 1997).

La red de orientación es la selección de la información que ingresa al sistema por la vía sensorial. Se centra, por lo tanto, en la capacidad de priorizar la entrada sensorial mediante la selección de una modalidad o ubicación (Petersen & Posner, 2012). Por ejemplo, con el fin de orientar la atención hacia un nuevo objeto primero tiene que “desenganchar” la atención de su enfoque actual y moverlo a la nueva ubicación donde el objetivo puede ser

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

atendido. Corbetta y Shulman (2002) mostraron que dos sistemas cerebrales están relacionados con la orientación a los estímulos externos. Un sistema dorsal y otro más ventral. Un sistema más dorsal incluye los campos oculares frontales (COF) y el surco interparietal y se relaciona con el control estratégico sobre la rápida atención. Ambas zonas están involucradas en la orientación de estímulos externos. Inyecciones de inhibidores de acetilcolina en el área intraparietal lateral (en humanos área relacionada con ubicación espacial) de monos tuvo un efecto significativo en la orientación de monos (Davidson & Marrocco, 2000),. Por ende, el neuromodulador de la red de orientación parece ser la acetilcolina (Everitt & Robbins, 1997). La red más ventral, incluida la unión temporoparietal parece estar más activa al seguir un objetivo y, por lo tanto, se identificó como parte de una red receptiva a los eventos sensoriales.

La red de conflicto o el control ejecutivo se define como la participación de los mecanismos de resolución de conflictos entre los pensamientos, sentimientos y respuestas (Fossella, Posner, Fan, Swanson, & Pfaff, 2002). El control ejecutivo es más necesario en situaciones que implican la planificación o la toma de decisiones, la detección de errores, nuevas respuestas, y en la superación de las acciones habituales. Detectar un blanco produce ciertas interferencias en todo el sistema, por ende, la detección de otro blanco será mucho más complejo. Debido al avance de la neurociencia y de los métodos imagenológicos cerebrales, existe gran avance de las áreas involucradas en tareas que impliquen atención ejecutiva. Dichas tareas relacionadas con el “pensar” a menudo activan una amplia gama de áreas frontales y posteriores. Por otra parte, las manipulaciones del contenido de material a menudo han demostrado que las mismas áreas pueden ser activas independientemente del tipo de estímulo, sea espacial, verbal o visual. Esto ha llevado a algunos a concluir que los lóbulos frontales pueden ser una excepción a la identificación específica de las áreas del cerebro con las operaciones mentales que hemos discutido para orientar (Duncan & Owen, 2000). La asociación de la corteza cingulada anterior con el control de la atención de alto nivel puede parecer bastante extraño, porque esto es claramente una zona antigua filogenéticamente del cerebro. Algunas tareas para evaluar el conflicto son la tarea de Stroop (nombrar el color de

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

las letras de una palabra que contiene otro color), tarea que se evaluó por medio de Resonancia Nuclear Magnética funcional en la cual, las zonas cerebrales mediales estuvieron relacionadas con el conflicto. (McDonald, Cohen, Stenger, & Carter, 2000). El hecho de solo nombrar ciertas palabras, sin un conflicto de por medio, o el hecho de realizar una tarea ya aprendida, reduce la actividad de dichas áreas nombradas anteriormente (Raichle, et al., 1994). Estudios recientes demuestran que pacientes con lesiones pequeñas de la corteza cingulada anterior (Ochsner, et al., 2001; Turken & Swick, 1999) presentan déficits en tareas relacionadas con el conflicto, sin embargo, con frecuencia estos pacientes se recuperan de sus déficits, sugiriendo que otras áreas también pueden estar implicados. Estos procesos están relacionados con una capacidad limitada de la atención y la conciencia, y ha sido llamada como atención focal. Se podría pensar en atención focal como la entrada para el estado consciente, que puede implicar conexiones generalizadas de la corteza de frontal medial y la corteza cingulada anterior para producir el espacio global de trabajo con frecuencia asociada con la conciencia (Dehaene & Changeux, 2011). Tales áreas además, están asociadas con la percepción de temperatura, dolor, recompensa, seguimiento o resolución de conflictos, detección de error. La activación en estas áreas es mayor cuando existen metas y actividades que produzcan un conflicto. Es un sistema que influye mucho en la regulación desde áreas corticales superiores hacia inferiores, por lo que se relaciona directamente con el control ejecutivo (Botwinick, Carter, Braver, Barch, & Cohen, 2001; Carter & Krug, 2012; Fair, Dosenbach, Cohen, Schlaggar, & Petersen, 2008).

3. Rol de la Atención en los procesos de aprendizaje

Tanto en el aula como en sus hogares, las personas están constantemente solicitando la atención de otras personas. El mundo social exige la atención de los niños porque los adultos en sus vidas saben que se necesita una atención sostenida para que el aprendizaje ocurra, ya sea que la lección sea sobre una regla familiar, andar en bicicleta, leer una palabra o usar una recta numérica. Para optimizar el aprendizaje y recordar un estímulo o evento ambiental, uno debe primero atenderlo. Dentro de este contexto social de demandas de atención, los sistemas

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

biológicos involucrados en el desarrollo de la conducta atenta cambian dramáticamente desde la niñez temprana hasta la niñez media.

Por ende, la atención parece jugar un rol importante en el proceso de aprendizaje, debido a que es considerada como el corazón del sistema cognitivo, ya que tiene una implicancia en la regulación de otras funciones cerebrales como la memoria y el lenguaje (Pérez, Padilla, & Parmentier, 2014). La atención, además de regular la entrada de información, estaría también implicada en el procesamiento de la misma (Cooley & Morris, 2009). La atención la necesitamos durante largos periodos de tiempo en actividades cotidianas, como las actividades académicas universitarias o profesionales (Di Stasi, et al., 2015; Suess, Porges, & Plude, 1994)

Una red cerebral que conecta el cíngulo anterior al hipocampo parece ser importante para el registro de nuevos aprendizajes. Esta red nos informa de cómo la atención influye en el aprendizaje. La información que viene a la mente espontáneamente o durante las pruebas activa un área parietal relacionada con la orientación de la atención. La información sobre los sistemas de control de la atención relacionados con el aprendizaje es prometedora para las nuevas aplicaciones para adquirir experiencia relacionada con todas las materias universitarias. Sin duda, mantener un estado de alerta o el control emocional y cognitivo para mantener la atención a ciertas señales externas son actividades necesarias en el aprendizaje de estudiantes universitarios. Sin embargo, la red de conflicto es la más estudiada en este ámbito, debido a que la mayoría de las tareas diarias implican un conflicto el cual debe ser resuelto.

La capacidad atencional evoluciona con la edad y puede ser entrenada e instruida y, por tanto, se desarrolla y perfecciona en el transcurso de la escolaridad. En la infancia la red de orientación está bien desarrollada y guía al niño a un comportamiento crítico para aprender, fomentando el aprendizaje de fonemas a fines del primer año y al segundo año lo nombres que el cuidador brinda a los objetos del entorno (Kuhl, 2011). La red ejecutiva comienza a operar a los 7 meses cuando los niños detectan un error. Sin embargo, en esta edad no juega

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

un rol preponderante. Por otra parte, en etapa escolar y universitaria, la medida de la red de conflicto solo se correlaciona con las matemáticas, quizás por la objetivación que presenta esta asignatura, por ende, dependen más puramente con áreas cognitivas relacionadas al cingulo anterior.

A pesar de que se considera la atención un proceso básico para aprender, resulta ser un proceso mental realmente complejo, que según (Prados Gallardo, Sánchez Jiménez, Spanchez-Queija, & del Rey Alamillo, 2014) puede ser desglosado en diversas operaciones implicadas en el aprendizaje como, por ejemplo: enfocar o dirigir la atención a una situación y seleccionar aspectos que requieren ser procesados en cada momento, sostener el interés en la situación de aprendizaje evitando aspectos que pueden cambiar el foco de atención

Otro factor relevante al que se vincula la atención es la memoria. No puede funcionar una sin otra. A lo largo de la historia de la neurociencia, la memoria y la atención han sido descritas como procesos fundamentales en la función intelectual y el aprendizaje. La memoria tiene una capacidad limitada, por lo tanto, la atención determina lo que se va a codificar. De esta misma manera, la atención opera en un mundo que no varía mucho en el corto plazo, por lo que parece ser útil confiar en la experiencia pasada para optimizar la selección (p.e. la memoria podría ser la atención selectiva a representaciones internas). Además, ciertas áreas cerebrales implicadas en la memoria son necesarias para la atención y se ha descrito que ambos sustratos neurobiológicos están estrechamente relacionados (Mack, Erol, & Clarke, 2015; Persuh, Genzer, & Melara, 2012). Tanto la atención como la memoria son procesos neuropsicológicos importantes para el proceso de enseñanza/aprendizaje, por ende, los profesionales de la educación deben conocer estos procesos cognitivos y los diversos factores que impactan en ellos (García Ortega, 2001).

4. Capacidad Aeróbica: capacidad en estudiantes y relación con funciones cognitivas

La actividad física se define como cualquier movimiento corporal producido por la contracción de los músculos esqueléticos que resulta en un aumento sustancial en

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

requerimientos calóricos sobre el gasto de energía en reposo (Pescatello, Arena, Riebe, & Thompson, 2013), por su parte el ejercicio físico es entendido como una actividad física planificada, estructurada y repetitiva que tiene por objetivo mejorar o mantener los componentes de la forma física (Firman, 2000).

La OMS ha generado una guía de recomendaciones en base a tres grupos etarios poblacionales. El primer grupo etario compone la población entre los cinco y diecisiete años en el cual se recomienda 60 minutos de ejercicio diario de intensidad moderada a vigorosa buscando como objetivo mejorar las funciones cardiorrespiratorias y musculares además de la salud ósea y el riesgo de generar enfermedades no transmisibles (Organización Mundial de la Salud, 2010). El segundo grupo etario está compuesto por la población entre los dieciocho y los sesenta y cuatro años, para los cuales está recomendado un mínimo de 150 minutos semanales de actividad física moderada, con los mismos objetivos que en el grupo etario anterior, agregando a estos objetivos la reducción del riesgo de la depresión (Organización Mundial de la Salud, 2010). El tercer grupo etario lo compone la población mayor de sesenta y cinco años para quienes también se encuentra recomendado un mínimo de 150 minutos semanales de actividad física moderada, sumando a los objetivos antes mencionados disminuir los deterioros cognitivos que aquejan a los adultos mayores (Organización Mundial de la Salud, 2010).

En los últimos años la población chilena que ingresa a la universidad ha ido en crecimiento constante dadas las nuevas opciones de ingresar a este tipo de estudios aumentando las matriculas en el año 2012 a la suma de 1.127. 181 alumnos (Centro de estudios del Ministerio de Educación, 2013). Estos estudiantes entran en un periodo crítico en sus vidas al ingresar a la educación superior, debido a que tienden a disminuir su nivel de actividad física y por tanto aumentan su peso, adicionalmente, adquieren prácticas de conductas para controlar el peso, tales como utilizar dietas inadecuadas que favorecen el riesgo tanto a desórdenes alimentarios como de obesidad y sobrepeso afectando la capacidad aeróbica como indicador de condición física y su relación con el estado nutricional (Secchi & García , 2013). Todo esto dado por las facilidades y comodidades que existen hoy en día, pues la tecnología ha

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

contribuido a aumentar los porcentajes de obesidad de la población, aumentando así los riesgos cardiovasculares en la población chilena.

Es por esto que la capacidad aeróbica de la población es un tema a tratar, mayormente con los porcentajes de obesidad y sobrepeso que existen hoy en día en los estudiantes universitarios, pues la valoración de la capacidad aeróbica de la población universitaria es un indicador del estado de salud que permite detectar grupos de riesgo propensos a sufrir condiciones de morbilidad (Kalichman, Livshits, & Kobylansky, 2004). Si desde la niñez, la adolescencia y la adultez se mantiene una adecuada aptitud, los componentes del perfil fitness se encontrarán en óptimas condiciones de funcionamiento durante la vejez, llevando esto, a un excelente estado de salud (Tammelin, 2003).

La Encuesta Nacional de Salud del Ministerio de Salud del 2010 mostró un importante incremento de la obesidad y de la obesidad mórbida respecto a la encuesta del 2003 se considera el sobrepeso, siendo 2 de cada 3 adultos en Chile presentan un peso sobre lo normal. Generando una mayor prevalencia de obesidad en mujeres, en personas de mayor edad y en personas con menor escolaridad (Atalah, 2012)

La capacidad aeróbica se ha asociado con diversas habilidades cognitivas, en distintos rangos etarios y población. La relación que existe entre aptitud física y habilidades cognitivas supone no solo elementos de rendimiento, sino también neurobiológicos (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008).

Existen diversos estudios experimentales que asocian el impacto agudo de ejercicio aeróbico en la función ejecutiva en diversos rangos etarios, encontrando un efecto moderado (Verburgh, Königs, Scherder, & Oosterlaan, 2014).

Los mecanismos de señalización celular, por los cuales el ejercicio impacta en la función cognitiva, se han investigado a través del estudio imagenológico y molecular, centrando su atención en la liberación de determinadas sustancias como respuesta al ejercicio. Estas sustancias tienen como función modular algunos procesos cognitivos involucrados en la actividad cognitiva a través de la regulación de las vías vasculares, metabólicas,

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

inflamatorias, el estrés, la mejora del funcionamiento del metabolismo neuronal y mitocondrial, la disminución del estrés oxidativo en el hipocampo y el aumento en los niveles de la maquinaria mitocondria (Ding, et al., 2005).

El ejercicio físico aumenta la secreción del factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF, del inglés brain-derived neurotrophic factor; Suijo, et al., 2012). Este factor de crecimiento, al igual que el insulín-like growth factor-1 (IGF-1), mejora la supervivencia de las neuronas, la neurogénesis favorece la transmisión sináptica y la sinaptogénesis (Baker, et al., 2010). Además el ejercicio induce la secreción de hormonas como estrógenos en las mujeres y testosterona en los hombres, ambos, elementos constituyentes de los procesos de mejora de las funciones cognitivas (Enea, Boisseau, Fargeas -Gluck, Díaz, & Dugué, 2011). Específicamente el ejercicio aeróbico agudo genera aumento de neurotransmisores, aumento del flujo sanguíneo cerebral, por otra parte el ejercicio aeróbico crónico genera plasticidad neuronal y neurogénesis, aumento de la vascularización de las regiones cerebrales (Riquelme Uribe, Sepúlveda Guzmán, Muñoz Marambio, & Valenzuela Harrington, 2016). Todos estos cambios preparan el cerebro para mejorar el rendimiento de este y poder sacar provecho a las capacidades de cada persona.

El ejercicio físico podría estar implicado en el retraso del deterioro cognitivo (Snowder, et al., 2011) y en la conservación de la inteligencia fluida de las personas mayores. De este modo, la realización de actividad física se ha asociado a lo que se conoce como envejecimiento cognitivo saludable (Tseg, Gau, & Lou, 2011; Miller, Taler, Davidson, & Messier, 2012). El ejercicio físico recientemente se ha sugerido como un factor de mejora de la atención (Hillman, Erickson, & Kramer, 2008).

Se han realizado estudios que donde se ha visto que el ejercicio aeróbico agudo reduce el efecto de alerta, sin embargo, no modula el funcionamiento de la atención y las redes atención ejecutiva (Perez, Padilla, Parmentier, & Andrés, 2014). Se han encontrado cambios a nivel cortical, relacionados principalmente al ejercicio crónico, debido a que al ser realizado por un tiempo más amplio podría producir cambios más permanentes (Dishman, Berthoud, Boot,

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

Cotman, & Edgerton, 2006). En otros estudios se ha descubierto que el control inhibitorio está estrechamente relacionado con el funcionamiento del lóbulo frontal (Weinstein, Voss, Prakash, Chaddock, & Szabo, 2012), mejorando las habilidades inhibitorias en participantes que realizan ejercicio aeróbico crónico principalmente en tareas ejecutivas más exigentes, relacionándose también con las mejoras en la memoria de trabajo (Perez, Padilla, Parmentier, & Andrés, 2014).

Es así que diferentes estudios han probado que una rutina de ejercicio físico de tipo aeróbico conlleva beneficios y mejoras significativas en habilidades cognitivas de adultos mayores sanos que han participado en una intervención de entrenamiento de ejercicio aeróbico de 6 meses, en comparación con un grupo de control no aeróbico (Erickson, et al., 2009).

El rendimiento académico es una medida de las capacidades correspondientes o estimativa, de lo que una persona ha aprendido como consecuencia de un proceso de instrucción o formación, esta perspectiva centra la atención y las expectativas del desempeño del estudiante y lo coloca como el único responsable del éxito o fracaso escolar. (Reyes, 2003), así el rendimiento pasa a ser la suma de diferentes y complejos factores que actúan en la persona que aprende, y ha sido definido con un valor atribuido al logro del estudiante en las tareas académicas. Se mide mediante las calificaciones obtenidas, con una valoración cuantitativa, cuyos resultados muestran las materias ganadas o perdidas, la deserción y el grado de éxito académico (Perez Luño & Sanchez Vásquez, 2000).

El rendimiento académico se ha visto influenciado positivamente por aquellas personas que practican actividad física, Se ha encontrado una relación positiva entre la práctica de la actividad física y el rendimiento académico en varios estudios realizados por el departamento de educación del estado de California en los EE.UU (Dwyer, Sallis, Blizzard, Lazarus, & Dean, 2001).

Un estudio demostró que mayor tiempo de dedicación a la clase de Educación Física no producía efectos perjudiciales en los exámenes académicos en estudiantes de primaria; y que la participación en un programa de dos años de Educación física y salud tuvo efectos

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

significativamente positivos en los resultados académicos (González, 2003). Otro estudio Al respecto realizada en jóvenes nadadores (n=254) demostró que cuanto mayor es el nivel de actividad física, más alto es el promedio de calificaciones alcanzadas (Ayan, Cancela, & Montero, 2013).

Es así que según la evidencia los jóvenes que practican actividad adicional a la contemplada en los programas de formación en las escuelas tienden a mostrar mejores cualidades como un mejor funcionamiento del cerebro; en términos cognitivos, niveles más altos de concentración de energía, cambios en el cuerpo que mejoran la autoestima, y un mejor comportamiento que incide sobre los procesos de aprendizaje, todo esto se vería reflejado en su rendimiento académico a través de sus calificaciones.

5. Bibliografía

- American Academy of Pediatrics. (2011). ADHD: Clinical Practice Guideline for the Diagnosis, Evaluacion, and treatment of attention-deficit/Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents. *Pediatrics*, 1-18.
- Aston-Jones, G., & Cohen, J. (2005). An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: adaptive gain and optimal performance. *Annual Review of Neuroscience*, 403-450.
- Atalah, E. (2012). Epidemiología de la Obesidad en Chile. *Rev. Med. Clin. Condes*, 117 – 123
- Ayan, D., Cancela, J., & Montero, C. (2013). Academic Performance of Young Competitive Swimmers is Associated With Physical Activity Intensity and Its Predominant Metabolic Pathway: A Pilot Study. *J Phys Act Health.*, 1415-1419.
- Baker, L. D., Frank, L. L., Foster-Schubert, K., Green, P. S., Wilkinson, C. W., & McTiernan, A. (2010). Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: A controlled trial. *Arch Neurol*, 71 - 79.
- Botwinick, M., Carter, C., Braver, T., Barch, D., & Cohen, J. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 624-652.
- Calero Martínez, J. (2009). Determinantes internos y externos en el proceso de aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-11.

- Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.
- Carter, C. S., & Krug, M. K. (2012). Dynamic cognitive control and frontal-cingulate interactions. 89-98.
- Centro de estudios del Ministerio de Educación. (2013). Inclusión del ranking en el proceso de admisión 2013 ¿Favorece realmente la equidad? Serie Evidencias, 1 - 7.
- Ciria, L. F., Perakakis, P., Luque-Casado, A., Morato, C., & Sanabria, D. (2017). The relationship between sustained attention and aerobic fitness in a group of young adults. *Peer*, 1 - 14.
- Cooley, E., & Morris, R. (2009). Attention in children: A neuropsychologically based model for assessment. *Developmental Neuropsychologically*, 6(3), 239-274.
- Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci*. 2002; 3:201–15.
- Culpepper, L. (2011). Prevalence and impact of ADHD in college students. *Journal Clinical Psychiatry*, e30.
- Davidson, M., & Marrocco, R. (2000). Local infusion of scopolamine into intraparietal cortex slows covert orienting in rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*, 1536-1549.
- Dehaene, S., & Changeux, J.-P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 200-227.
- Di Stasi, L. L., Diaz-Piedra, C., Suárez, J., McCamy, M. B., Martinez-Cond, S., Roca-Dorda, J., & Catena, A. (2015). Task complexity modulates pilot electroencephalographic activity during real flights. *Psychophysiology*, 951-956.
- Ding, Y. H., Li, J., Rafols, J. A., Lai, Q., McAllisters, J. P., & Ding, Y. (2005). Increased astrocyte proliferation in rats after running exercise. *Neurosci Lett*, 160 - 164.
- Dishman, R. K., Berthoud, H. R., Boot, F. W., Cotman, C. W., & Edgerton, V. R. (2006). The neurobiology of exercise. *Obes Res*, 345 - 356.
- Duncan, J., & Owen, A. (2000). Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. *Trends of Neurosciences*, 475-483.
- Dwyer, T., Sallis, J. F., Blizzard, L., Lazarus, R., & Dean, K. (2001). relation of Academic Performance to Physical Activity and Fitness in Children. *Pediatric Exercise Science*, 225-238.
- Elias, M. J., & Haynes, N. M. (2008). Social competence, social support, and academic achievement in minority, low-income, urban elementary school children. *School Psychology Quarterly*, 474 - 495.

- Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.
- Enea, C., Boisseau, N., Fargeas -Gluck, M., Díaz, V., & Dugué, B. (2011). Circulating androgens in women: Exercise induced changes. *Sport Med*, 1 - 15.
- Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K. S., & Kramer, A. F. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 1030 - 1039.
- Everitt, B., & Robbins, T. (1997). Central cholinergic systems and cognition. *Annual Review of Psychology*, 649-684.
- Fair, D., Dosenbach, N., Cohen, A., Schlaggar, B., & Petersen, S. (2008). A dual-networks architecture of top-down control. *Trends in Cognitive Sciences*, 99-105.
- Fan, J., McCandliss, B., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 340-347.
- Fernandez-Duque, D., & Posner, M. (1997). Relating the mechanisms of orienting and alerting. *Neuropsychologia*, 477-486.
- Firman, G. O. (2000). *Fisiología del ejercicio Físico*. Argentina: Facultad de Medicina de la UNNE.
- Fossella, J., Posner, M., Fan, J., Swanson, J., & Pfaff, D. (2002). Attentional Phenotypes for the Analysis of Higher Mental Function. *The scientific World*, 217-223.
- Frenzel, A. C., Goetz, T., Lüdtke, O., Pekrun, R., & Sutton, R. E. (2009). Emotional transmission in the classroom: Exploring their relationship between teacher and student enjoyment. *Journal of Educational Psychology*, 705 - 716.
- García Ortega, M. I. (2001). Mecanismos atencionales y síndromes neuropsicológicos. *Revista de Neurología*, 463-467.
- García Sevilla, J. (2014). *Psicología de la atención*. Madrid: Síntesis.
- Gonzalez, J. (2003). *Actividad física, deporte y vida: beneficios, perjuicios y sentido de la actividad física y el deporte*. Bilbao, España: : OREKI.
- Hillman, C. H., Erickson, K. L., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 58 - 65.
- Ivry, R., & Robertson, L. (1997). The Two Sides of Perception. *Cognitive Neuroscience*, 881-883.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1997

- Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.
- Kalichman, L., Livshits, G., & Kobylansky, E. (2004). Association between somatotypes and blood pressure in an adult chuvasha population. *Ann Hum Biol*, 466 - 476.
- Kandel, E. (2001). Principios de Neurociencia. McGraw-Hill Interamericana de España.
- Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, 125 - 130.
- Kuhl, P. (2011). Brian mechanisms in early language acquisition. *Neuron*, 713-727.
- Lareu, A. (1987). Social class differences in family school relationships: the importance of cultural capital. *Sociology of education*, 73 - 85.
- Luria, A. R. (1984). Atención y memoria. Barcelona: Martinez Roca.
- Luria, A.R. (1975). Atención y memoria. Barcelona: Martínez-Roca, 1986
- Mack, A., Erol, M., & Clarke, J. (2015). Iconic memory is not a case of attention-free awareness. *Consciousness and cognition*, 291-299.
- MacLeod, J., McConnell, M., Lawrence, M., Eskes, G., Klein, R., & Shore, D. (2010). Appraising the ANT: Psychometric and Theoretical Considerations of the Attention Network Test. *Neuropsychology*, 637-651.
- MacMillan, N. (2007). Valoración de hábitos de alimentación, actividad física y condición nutricional en estudiantes de la pontificia universidad católica de valparaíso. *Rev Chil Nutr*.
- Marrocco, R. (1998). Neurochemical Manipulations. En E. Awh, G. Baylis, J. Braun, D. Cantwell, V. Clark, M. Corbetta. S. Wigal, *The Attentive Brain* (págs. 35-50). Cambridge: Parasuraman.
- McDonald, A., Cohen, J., Stenger, A., & Carter, C. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 1835-1838.
- Meidman, M. J. (1970). Diseases of attention and perception. *Psychosomatics*, 249-350.
- Miller, D. I., Taler, V., Davidson, P. S., & Messier, C. (2012). Measuring the impact of exercise on cognitive aging: methodological issues. *Neurobiol Aging*, 29 - 43.

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

Ochsner, K., Kosslyn, S., Cosgrove, R., Cassem, E., Price, B., Nierenberg, A., & Rauch, S. (2001). Deficits in visual cognition and attention following bilateral anterior cingulotomy. *Neuropsychologia*, 219-230.

Organización Mundial de la Salud. (2010). Recomendaciones mundiales sobre la actividad física en salud. Suiza: Organización Mundial de la Salud.

Perez Luño, A., & Sanchez Vásquez, R. (2000). Análisis exploratorio de las variables que condicionan el rendimiento académico. Sevilla, España: Universidad Pablo de Olavide.

Pérez, L., Padilla, C., & Parmentier, F. &. (2014). The Effects of Chronic Exercise on Attentional Networks. *Journal PLOS ONE*, 9(7), 1-8.

Pérez, L., Padilla, C., Parmentier, F. B., & Andrés, P. (2014). The Effects of Chronic Exercise on Attentional Networks. *Plos One*, 1 - 8.

Persuh, M., Genzer, B., & Melara, R. (2012). Iconic memory requires attention. *Human Neuroscience*, 1-8.

Pescatello, L. S., Arena, R., Riebe, D., & Thompson, P. D. (2013). Guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: American College of sports medicine.

Petersen, S., & Posner, M. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annu Rev Neurosci*, 35, 73-89.

Pinillos, J. L. (2006). Principios de Psicología. Lima: Alianza.

Posner, M. (1975). Psychobiology of attention. En M. Gazzaniga, *Handbook of Psychobiology* (págs. 441-480). New York: Blakamore.

Posner, M., & Fan, J. (s.f.). Attention as an Organ System.

Posner, M., & Petersen, S. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*, 13, 25-42.

- Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.
- Posner, M., & Petersen, S. (1990). The Attention System of The Human Brain. *Neuroscience*, 25-42.
- Prados Gallardo, M., Sánchez Jiménez, V., Spanchez-Queija, I., & del Rey Alamillo, R. (2014). *Manual de psicología de la educación*. Madrid: Club Universitario
- Raichle, M., Feiz, J., Videen, T., MacLeod, A.-M., Pardo, J., Fox, P., & Petersen, S. (1994). Practice-related changes in human brain functional anatomy during nonmotor learning. *Cerebral Cortex*, 8-26.
- Riquelme Uribe, D., Sepúlveda Guzmán, C., Muñoz Marambio, M., & Valenzuela Harrington, M. (2016). Ejercicio Físico y su influencia en los procesos cognitivos. *Motricidad y Persona*, 69 - 74
- Rossello, M. (1994). El mecanismo atencional: estudio de las diferencias individuales. *Revista de la Federación Española de Asociaciones de Psicología*, 383-390.
- Santander, J., Berner, J. E., Contreras, A. M., & Gómez, T. (2013). Prevalencia de déficit atencional en estudiantes de medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile. *Revista Chilena de Neuro-psiquiatría*, 169-174.
- Secchi, J. D., & García, G. C. (2013). Aptitud física cardiorrespiratoria y riesgo cardiometabólico en personas adultas jóvenes. *Rev Esp Salud Pública*, 35 - 48.
- Snowder, M., Steinman, L., Mochan, K., Grodstein, F., Prohaska, T., & Thurman, D. (2011). Effect of exercise on cognitive performance in community -swelling older adults: review of intervention trials and recommendations for public health practice and research. *J Am Geriatr Aso*, 704 - 716.
- Suess, P. E., Porges, S. W., & Plude, D. J. (1994). Cardiac vagal tone and sustained attention in school-age children. *Psychophysiology*, 17-22.
- Suijo, K., Inouse, S., Ohya, Y., Odagiri, Y., Takamiya, T., & Ishibashi, H. (2012). Resistance exercise enhances cognitive function in mouse. *Int J Sports Med*, 368 - 375.

Atenas, E. y Toro, S. (2018). Relación de la Capacidad Aeróbica, las Redes Atencionales y el Rendimiento Académico: Una Revisión Narrativa. *Revista Akadèmeia*, 17, 2 (Noviembre-Diciembre). pp. 81-104.

Tammelin, T. (2003). Physical activity from adolescence to adulthood and health-related fitness at age 31. Cross-sectional and longitudinal analyses of the Northern Finland Biry cohort of 1966. Oulu, Finland: Department of public health Science and General Practice, University of Oulu.

Tseg, C. N., Gau, B. S., & Lou, M. F. (2011). The effectiveness of exercise on improving cognitive function in older people: a systematic review. *J Nurs Res*, 119 - 131.

Troncoso, C., & Amaya, J. (2009). Factores sociales en las conductas alimentarias de estudiantes universitarios. *Rev Chil Nutr*, 1090 - 1097.

Turken, A., & Swick, D. (1999). Response selection in the human anterior cingulate cortex. *Nature Neuroscience*, 920-924.

Vaynman, S., Gomez-Pinilla, Y., & Gomez-Pinilla, F. (2003). Interplay between brain-derived neurotrophic factor and signal transduction modulators in the regulation of the effects of exercise on synaptic-plasticity. *Neuroscience*, 647 - 657.

Vega, M. (1984). *Introducción a la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza.

Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. J., & Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescent and young adults: a meta-analysis. *Sports Med*, 1-8.

Wengard, E., Kristoffersen, M., Harris, A., & Gundersen, H. (2017). Cardiorespiratory Fitness Is Associated with Selective Attention in Healthy Male High-School Students. *Frontiers in Human Neuroscience*, 1-8.

Weinstein, A. M., Voss, M. W., Prakash, R. S., Chaddock, L., & Szabo, A. (2012). The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Brain Behav Immun*, 811 - 819.

Yañez, P. (2016). El proceso de aprendizaje: fases y elementos fundamentales. *Revista San Griego*, 71 - 81.