

## **OBESIDAD, ACTIVIDAD FÍSICA Y RENDIMIENTO ACADÉMICO EN NIÑOS EN EDAD ESCOLAR.**

### **COGNICION**

La cognición se entiende como un término general que refleja el número de procesos mentales subyacentes a la adquisición de conocimiento y la comprensión a través de la experiencia durante vida.<sup>1</sup> Bajo el paraguas de este concepto<sup>2</sup> se incluyen términos como funciones ejecutivas básicas, metacognición o rendimiento académico.<sup>3,4</sup>

El término *funciones ejecutivas* describe los procesos cognitivos que regulan el pensamiento y la acción, especialmente en situaciones no rutinarias.<sup>5</sup> Este término incluye funciones tales como como resolución de problemas, la secuenciación, la atención selectiva y sostenida, la inhibición, el uso de la retroalimentación, el manejo de tareas múltiples, la flexibilidad cognitiva y la capacidad de lidiar con las novedades. El término *metacognición* se usa para describir los procesos mentales de orden superior involucrados en el aprendizaje; incluye hacer planes para el aprendizaje, como la planificación, el razonamiento y la resolución de problemas. Finalmente, el *rendimiento académico* se refiere a los actos relacionados con la forma en que los estudiantes intentan alcanzar un objetivo mediante los esfuerzos en el aprendizaje.

El proceso de desarrollo cerebral, desde el período de gestación hasta la infancia y durante la vida adulta, es esencial para la adquisición de las funciones ejecutivas básicas, la metacognición y las habilidades para la vida. Algunas capacidades cognitivas se expresan en edades muy tempranas mostrando un gran desarrollo durante la edad escolar, mientras que otras capacidades más complejas no maduran hasta la adolescencia o incluso en la edad adulta temprana.<sup>5</sup> Además, existe una estrecha relación entre la adquisición adecuada de estas capacidades cognitivas con el rendimiento académico y los comportamientos en el aula, como la concentración en la tarea.<sup>6,7</sup>

Algunos aspectos de la cognición se han identificado como marcadores positivos de la salud mental (estrés, tristeza y descanso) durante la infancia.<sup>8</sup> Parece que estos marcadores podrían ser predictores de algunos parámetros de salud en la edad adulta. En este sentido, valores más bajos en la medición de las capacidades cognitivas se han

asociado con mayor incidencia de trastornos psicológicos, mayor riesgo de cáncer y mayor morbilidad y mortalidad durante la edad adulta.<sup>9-11</sup>

## **1. Funciones ejecutivas básicas**

Existe un acuerdo general con respecto a las tres capacidades cognitivas incluidas en las funciones ejecutivas básicas: la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva.<sup>12</sup> Una de las características fundamentales de estas funciones, es que son tareas realmente rápidas y, por lo general, podrían realizarse en segundos; por lo tanto, las pruebas diseñadas para medirlas tienen como objetivo reflejar el procesamiento en línea y la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios de una persona.<sup>13</sup>

Estas tres funciones ejecutivas básicas se desarrollan durante la infancia y están relacionadas con el desarrollo de funciones cognitivas más complejas más adelante en la vida, como las funciones ejecutivas de nivel superior.<sup>7</sup> Son clave en las actividades de la vida cotidiana como el rendimiento académico y los comportamientos en el aula, y son esenciales para el éxito en la escuela y en el trabajo.<sup>13</sup> Además, las funciones ejecutivas básicas se han vinculado al estado de salud mental y físico. Se han observado niveles más bajos de estas funciones en muchos trastornos mentales como la depresión y el trastorno por déficit de atención con hiperactividad,<sup>14,15</sup> y se han relacionado con el desarrollo de obesidad y trastornos metabólicos,<sup>16,17</sup> así como con el riesgo de abuso de sustancias.<sup>18</sup> Aunque los tres términos incluidos en esta definición están estrechamente relacionados, se puede proporcionar una definición para cada una.

### *a. Inhibición:*

Esta función ejecutiva nos ayuda a centrar nuestra atención en una tarea, comportamiento, pensamiento y/o emoción específica, al reprimir el impulso externo y los estímulos/distracciones internas.<sup>19</sup> Esta capacidad le permite a nuestro cerebro manipular la información que tenemos en mente, manejar diferentes opciones, y pensar cómo combinarlos para encontrar la mejor manera de resolver un problema o lograr un objetivo específico.

Comúnmente se usan dos pruebas para medir esta función ejecutiva básica: la prueba “*Flanker test*” y la prueba “*Color-Word Stroop*”, para las cuales se han probado repetidamente las propiedades psicométricas.<sup>20,21</sup> Básicamente, estas pruebas intentan

medir la capacidad de un individuo para suprimir el primer impulso, pero es necesario tener en cuenta que todas las formas de medir la inhibición requieren una mínima intervención de la función ejecutiva memoria de trabajo para mantener una regla en mente necesaria expresar el proceso de inhibición.

Durante la prueba "*Flanker test*", se presenta un conjunto de flechas y el participante debe determinar si la dirección de la flecha central es hacia la izquierda o hacia la derecha. La prueba podría ser congruente cuando todas las flechas están en la misma dirección, incongruente cuando la flecha central está en la dirección opuesta a las otras flechas o neutral si solo está presente la flecha central.<sup>20</sup>

En la prueba "*Color-Word Stroop*", se presenta un conjunto de palabras que representa en colores para realizar diferentes tareas: i) Durante la primera tarea, los nombres de los colores aparecen en negro y el participante debe leer el nombre de los colores escrito en negro. ii) En la segunda tarea los nombres de los colores aparecen en un color diferente al del nombre que representan y requiere que el participante lea los nombres de los colores escritos en las palabras independientemente del color de las letras (por ejemplo, tendrían que leer "púrpura" independientemente del color de la fuente). iii) En la tercera tarea, se muestran cuadrados en color y el participante debe decir el nombre del color.<sup>2</sup>

#### *b. Memoria de trabajo:*

La memoria de trabajo es la función ejecutiva que nos ayuda a mantener temporalmente una cantidad limitada de información en mente y trabajar mentalmente con ella.<sup>2</sup> La memoria de trabajo requiere que el sistema de almacenamiento verbal y el sistema de almacenamiento visuoespacial trabajen coordinadamente en mayor o menor grado. La memoria de trabajo nos permite relacionar eventos a lo largo del tiempo teniendo en cuenta su secuencia y ayudándonos a establecer relaciones temporales entre ellos.<sup>22,23</sup> Se ha relacionado estrechamente con el razonamiento y la resolución de problemas porque nos permite reordenar los elementos mentalmente y reorganizar la información para buscar la mejor solución.<sup>24</sup> Además, se ha relacionado con la inteligencia general y el rendimiento académico.<sup>25,26</sup>

Las pruebas dirigidas a medir esta función ejecutiva básica evalúan la capacidad de tener en cuenta una pequeña cantidad de información durante un corto período de

tiempo. Dos pruebas ampliamente utilizadas para medir la memoria de trabajo son la prueba "*Sternberg task*" o la prueba "*Digit Span Task*".<sup>27,28</sup>

Durante la prueba "*Sternberg task*", se le presenta al participante una lista aleatoria de letras del alfabeto que deben ser leídas y recordadas. Una vez que el conjunto de letras se retira, se presenta al participante una sola letra y él debe indicar, lo más rápido posible, si esta letra estaba presente o no en el conjunto de letras anterior.

Durante la prueba "*Digit Span Task*", los participantes ven o escuchan una secuencia de números y se les pide que recuerden y repitan la secuencia correctamente, con secuencias progresivamente cada vez más largas. El "*Digit Span Task*", puede realizarse hacia adelante o hacia atrás, lo que significa que una vez que se presenta la secuencia, se le pide al participante que recuerde la secuencia en orden normal o inverso.

#### *c. Flexibilidad cognitiva:*

La flexibilidad cognitiva nos ayuda a cambiar las demandas y prioridades, adaptar nuestra perspectiva, pensar desde otro punto de vista y adaptar el pensamiento a las necesidades. Es la capacidad de cambiar mentalmente entre dos conceptos diferentes y pensar en múltiples conceptos al mismo tiempo.<sup>29</sup> Esta habilidad requiere flexibilidad mental, además de la capacidad de adaptarse a diferentes prioridades, anticipar cambios y estar al tanto de las oportunidades, agregando novedades a la forma de pensar.<sup>30</sup> Hay una parte de la flexibilidad cognitiva que se superpone con algunas funciones ejecutivas de alto nivel y algunas habilidades para la vida, como la creatividad, y la capacidad de cambio de tareas. De hecho, esta habilidad cognitiva se complementa con las otras funciones ejecutivas básicas.<sup>31</sup>

La flexibilidad cognitiva puede medirse a través de pruebas como la prueba "*Trail making test A-B*" o la prueba "*Wisconsin Card Sorting*", cuyo objetivo es medir la capacidad de cambiar entre pensamientos y acciones. Durante la prueba "*Trail making test A-B*", el participante debe conectar una secuencia de 25 puntos consecutivos en una hoja de papel o pantalla de un ordenador, de manera similar a como se conectan los puntos de un rompecabezas. Los puntos se representan con números y letras, y el participante debe conectarlos en un orden secuencial alternando entre números y letras (1, A, 2, B, etc.).<sup>32</sup>

Durante la prueba "*Wisconsin Card Sorting*", se presenta una serie de tarjetas al participante, el cual debe emparejar, pero no se le dice cómo debe hacerlo. El participante tiene diferentes formas de emparejar las tarjetas, según: el color de los símbolos, la forma de los símbolos o el número de formas en cada tarjeta. El único comentario que se le hace al participante es si lo hizo correctamente o no. La regla de emparejamiento cambia cada 10 cartas, y esto implica que una vez que el participante haya descubierto la regla, comenzará a cometer uno o más errores cuando la regla cambie.<sup>33</sup>

## **2. Metacognición**

Las funciones ejecutivas básicas están relacionadas con el desarrollo de la metacognición. La metacognición es un pensamiento de orden superior que requiere del uso de todos los recursos mentales para lograr un objetivo o resolver un problema, se entiende como el "control de la cognición".<sup>34</sup> Este término podría reflejar la comprensión de un individuo de cómo piensa y cómo utilizar el conocimiento para regular los comportamientos, supervisando y administrando los procesos cognitivos para regular la cognición y maximizar el potencial para pensar y aprender.<sup>35</sup> Podría entenderse como "pensar en pensar".<sup>36</sup>

Algunas formas de metacognición provienen de la comprensión de las propias habilidades del individuo; por ejemplo, cuando un estudiante evalúa su conocimiento de un tema en una clase, cómo percibe la dificultad de la tarea y cómo autoevalúa sus habilidades para superar esto. Estos procesos mentales requieren más tiempo para ser coordinados que los procesos de las funciones ejecutivas básicas, e incluyen funciones ejecutivas de alto nivel que se refieren a funciones ejecutivas más complejas y están relacionadas con la inteligencia fluida, el razonamiento, la resolución de problemas y la planificación, y las capacidades cognitivas para la vida. Estas últimas se refieren a las habilidades necesarias para llevar a cabo comportamientos adaptativos y positivos que nos permiten abordar de manera efectiva las demandas y los desafíos de la vida cotidiana, como la planificación, el razonamiento y la resolución de problemas.<sup>31</sup>

El desarrollo de la metacognición es necesario para transferir las funciones cognitivas al éxito académico, y son esenciales para preparar a los niños para su adaptación a las circunstancias sociales, la socialización y al desarrollo saludable.<sup>37,38</sup> Por lo tanto, son

cruciales para los comportamientos de autorregulación y la adaptación con éxito a las necesidades diarias.

Las estrategias para evaluar la metacognición incluyen pruebas como la prueba "*Tower of London*" que mide la capacidad de planificación. Durante la prueba de la "*Tower of London*", se muestran dos tablas con clavijas y varias cuentas con diferentes colores. Se presenta al participante varias tareas de resolución de problemas que deben resolverse colocando las cuentas en las clavijas de la misma forma que en la tarea de resolución.<sup>40</sup>

### **3. Éxito académico**

El éxito académico, que también se denomina rendimiento académico, se refiere a un constructo educativo relacionado con los actos a través de los cuales los estudiantes intentan alcanzar una meta mediante el aprendizaje.<sup>42</sup> Bajo este término, podemos incluir no solo las notas académicas sino también otros factores que pueden influir en el éxito de los estudiantes en la escuela, como los comportamientos académicos, que incluyen comportamiento en la tarea, entendido como el comportamiento verbal o motor que sigue las reglas de la clase y es apropiado para la situación de aprendizaje o asistencia; y algunas habilidades cognitivas, como la capacidad verbal o la memoria.

El éxito en el rendimiento académico está estrechamente relacionado con el campo académico y las demandas cognitivas, emocionales, sociales y físicas.<sup>41</sup> Por lo tanto, adquirir habilidades de metacognición y habilidades para la vida durante la infancia es esencial para el éxito en la escuela. Además, se ha demostrado que las funciones ejecutivas básicas son procesos importantes que subyacen al rendimiento académico.<sup>14,31</sup>

El éxito académico puede evaluarse utilizando calificaciones individuales de diferentes materias, como Matemáticas, Lenguaje, Ciencia, Historia o Lengua extranjera (las dos primeras son las más comunes); usando un promedio de las materias específicas (generalmente Matemáticas y Lenguaje) o usando promedios de calificaciones como promedio de todas las materias examinables.<sup>43</sup>

El comportamiento en la tarea podría medirse utilizando la observación directa sistemática. Un comportamiento se considera en la tarea ("*on-task*") si el participante está atento al maestro o participa activamente en la tarea apropiada asignada por el

maestro. Los comportamientos fuera de la tarea (“*off-task*”) pueden incluir participantes que miran hacia fuera, colocan su cabeza sobre el escritorio, leen o escriben material inapropiado o no asignado, hablan o miran a otros estudiantes cuando no forman parte de una tarea determinada, y abandonan el escritorio sin recibir permiso del profesor.<sup>44</sup>

#### **4. ¿Cómo mejorar la cognición?**

En los últimos años, varios estudios han tratado de dilucidar cómo mejorar las funciones ejecutivas y la metacognición de los niños y adolescentes, y cómo trasladar estas mejoras al éxito académico. Todas las intervenciones dirigidas a mejorar las funciones ejecutivas y la metacognición han reportado sistemáticamente que:

- Los niños con peor puntuación en las mediciones de capacidades cognitivas son los que más podrían beneficiarse de cualquier programa de intervención.<sup>45</sup>
- La mejora de una función cognitiva aislada parece no ser posible ya que las mejoras en una de ellas se transfieren a las otras.<sup>46</sup>
- Las tareas desafiantes tienen más probabilidades de mejorar las funciones cognitivas; de lo contrario, la tarea podría ser aburrida y no desafiante.<sup>47</sup>
- La práctica parece ser el punto más importante en la mejora de las funciones cognitivas.<sup>2</sup>

### **ACTIVIDAD FÍSICA.**

#### **1. Conceptos**

La actividad física (AF) se define como un comportamiento complejo que podría entenderse como "cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que requiere un gasto de energía".<sup>48</sup> Todo el mundo realiza AF diariamente, ya que ésta incluye todos los procesos necesarios para mantener la vida, pero la cantidad adicional y la intensidad específica de la AF que cada individuo realizar es una decisión personal que; además, puede cambiar a lo largo de la vida. Siguiendo este supuesto, el ejercicio físico debe considerarse una subcategoría de AF en lugar de ser considerado como un sinónimo. El ejercicio físico es un movimiento corporal planificado, estructurado, repetitivo y intencional destinado a mejorar o mantener los componentes de la capacidad cardiorrespiratoria.<sup>49</sup>

Finalmente, la capacidad cardiorrespiratoria se ha definido como "la capacidad de realizar tareas diarias con vigor y en estado de alerta, sin fatiga excesiva y con mucha energía para disfrutar de actividades de ocio y para enfrentar emergencias imprevistas".<sup>48</sup> Este es un conjunto de características que incluye los componentes de la resistencia cardiorrespiratoria, la fuerza muscular y la resistencia, la flexibilidad y la composición corporal.<sup>49,50</sup> En otro sentido, la AF y el ejercicio están vinculados positivamente a la condición física, pero el ejercicio es el único que tiene como objetivo mantenerlo o mejorarlo, ya que es una actividad voluntaria.<sup>51</sup>

## **2. Actividad física y salud.**

La evidencia científica ha demostrado reiteradamente los beneficios para la salud de la AF regular en niños y adolescentes, entre ellos, se pueden destacar los siguientes:

### *a. Cardiovascular*

La AF se ha relacionado con mejores niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL), presión arterial y indicadores de riesgo de diabetes mellitus;<sup>52-54</sup> en cierto modo, la AF de intensidad moderada a vigorosa parece mantener perfiles cardiovasculares y metabólicos más saludables en los niños. Además, se ha comprobado que la participación de los niños en la AF mejora la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza muscular y otros componentes de la condición física<sup>55,56</sup> a través del aumento del consumo de oxígeno, de los procesos de ventilación y de saturación de hemoglobina.<sup>57</sup>

### *b. Osteoporosis*

La AF durante la niñez y la adolescencia tiene una influencia positiva en la salud ósea durante todo el ciclo de vida.<sup>58</sup> Esto podría deberse a que un alto nivel de AF durante la juventud puede prevenir la disminución natural de la densidad mineral ósea y podría aumentar la densidad mineral ósea máxima; ambos posponen el inicio de la osteoporosis.<sup>59,60</sup> A medida que la tasa máxima de acumulación de minerales en los huesos se produce en la pubertad, el período anterior podría representar una ventana en la que aumenta la masa ósea máxima puede ser primordial. En esta relación, la AF que incluye demandas mecánicas o fuerzas de alto impacto (como saltar, saltar o correr) parece ser más importante que la realización de ejercicio energético.<sup>61</sup>

### *c. Estatus ponderal*



El sobrepeso/obesidad en la infancia se ha relacionado con puntuaciones más bajas en las pruebas de coordinación motora,<sup>62</sup> así como con un nivel de AF más bajo,<sup>63</sup> lo que aumenta el riesgo de niveles más altos de presión arterial y otros parámetros relacionados con el síndrome metabólico. Se han descrito que los jóvenes con peso normal que participan en niveles más altos de AF tienen niveles más bajos de adiposidad<sup>64</sup> en comparación con aquellos jóvenes con niveles más bajos de AF.<sup>55,56</sup> Además, se ha observado una reducción en la adiposidad general y la adiposidad visceral entre los jóvenes con sobrepeso/obesidad que realizan AF regular.<sup>65</sup>

#### *d. Salud mental*

Entre niños y adolescentes, la AF se ha asociado con una buena salud mental, mejor autopercepción (incluyendo, autoestima, autoeficacia, autoconcepto)<sup>66</sup> y una mejor regulación emocional (por ejemplo, ansiedad, depresión, estrés).<sup>66,67</sup> Además, estos efectos podrían observarse a lo largo de la vida en términos de salud cerebral y función mental.<sup>69</sup>

### **3. Recomendaciones**

Las recomendaciones para estar físicamente activo deben ser seguidas por todas las personas, independientemente de la edad, el género, la raza, el origen étnico y el nivel de ingresos.<sup>70-74</sup> Teniendo en cuenta que la inactividad física se ha convertido en una pandemia mundial que afecta a todos los rangos de edad y que es uno de los factores de riesgo de mortalidad más importante,<sup>75</sup> es primordial desarrollar estrategias eficaces de AF para sacar provecho de sus beneficios físicos y mentales desde la infancia.<sup>76</sup>

Para los niños, las recomendaciones internacionales alientan a acumular al menos 60 minutos de AF de intensidad moderada a vigorosa por día, considerando que la mayor parte del AF diaria debe ser aeróbica. Además, los ejercicios dirigidos a mejorar la fuerza muscular y las actividades de intensidad vigorosa deben realizarse al menos 3 veces por semana.<sup>74</sup> Aunque se ha establecido una relación dosis-respuesta, la mayoría de los beneficios para la salud se reportan después de 60 minutos de AF de intensidad moderada a vigorosa por día.<sup>53,74</sup> Las actividades apropiadas para los niños que deben considerarse para lograr este objetivo incluyen juegos, deportes, transporte activo, educación física, ejercicio planificado desarrollado en el contexto de las actividades familiares, escolares y comunitarias.<sup>55</sup>

#### **4. ¿Cómo mejorar la actividad física?**

Para promover la AF entre niños y adolescentes, se han propuesto algunas estrategias:<sup>55</sup>

- Promover el caminar y el ciclismo a través de la planificación urbana y las políticas ambientales, también con el objetivo de promover el transporte escolar activo.
- Proporcionar instalaciones de juego para niños (por ejemplo, construir senderos para caminar).
- Brindar asesoramiento desde atención primaria.
- Crear redes sociales que fomenten la AF.
- Proporcionar en las escuelas espacios e instalaciones seguras y apropiadas para facilitar el tiempo activo de los estudiantes.
- Asegurar que las políticas escolares apoyen la provisión de oportunidades y programas para AF.

El objetivo de estas recomendaciones es lograr que los niños participen en una cantidad mínima de AF, en lugar de esperar grandes cambios en su comportamiento,<sup>53</sup> para crear hábitos saludables y obtener beneficios para la salud de la AF. Además, se debe tener en cuenta que tanto las conductas saludables como sus efectos en la salud podrían ser arrastrados hasta la edad adulta<sup>55</sup> y que, debido a su rápido desarrollo y maduración, se piensa que los niños se ven especialmente afectados por la AF rutinaria.<sup>51</sup> Siguiendo las recomendaciones internacionales de AF, las intervenciones desarrolladas en entornos escolares han sido una de las estrategias más extendidas para lograr la cantidad total de AF diaria para niños y, como consecuencia, obtener sus beneficios para la salud.<sup>64</sup>

#### **ACTIVIDAD FÍSICA Y COGNICIÓN**

La AF se ha asociado con un mejor funcionamiento cognitivo (por ejemplo, en el procesamiento de información, en la memoria, en la atención) y con el éxito de los estudiantes en el rendimiento académico y los comportamientos en la tarea.<sup>77,78</sup> Entre los tipos de AF, algunos han demostrado que mejoran los dominios psicosociales como el establecimiento de objetivos, la resolución de problemas y la autorregulación, estrechamente relacionados con las capacidades cognitivas y las habilidades para la vida.<sup>39</sup> El desarrollo de estas capacidades se ha demostrado como un elemento a

considerar en la transferencia de los beneficios de la AF a la cognición, el comportamiento académico y el éxito académico.<sup>79</sup>

Los efectos de los programas de AF en la cognición parecen ser posibles a través de los efectos de la AF en la capacidad cardiorrespiratoria. Varios mecanismos inducen estos efectos, incluidos la angiogénesis, la saturación de oxígeno, el suministro de glucosa, el flujo sanguíneo cerebral y los niveles de neurotransmisores.<sup>80</sup> Estos mecanismos producen cambios estructurales en los volúmenes cerebrales,<sup>81</sup> y podrían mejorar el funcionamiento cerebral<sup>82</sup> medido a través de imágenes de resonancia y de registros de actividad eléctrica. En línea con estos hallazgos, la evidencia científica ha informado que los niños con mejor capacidad cardiorrespiratoria obtienen mejores puntuaciones en rendimiento académico y pruebas de cognición que sus compañeros con menor capacidad cardiorrespiratoria.<sup>83,84</sup> Además, los mejores niveles de capacidad cardiorrespiratoria se han asociado con un mayor volumen de algunas estructuras cerebrales, como la glía basal, y la materia gris y blanca.<sup>85</sup>

Las escuelas representan un entorno crucial para impulsar el desarrollo cognitivo entre los niños y adolescentes a través de los programas de AF, proporcionando un ambiente de apoyo en el aula donde practicar y reforzar las habilidades cognitivas.<sup>37</sup> Varias razones refuerzan el uso de estrategias de AF para mejorar la cognición de los niños en el entorno escolar:<sup>37,38</sup> i) el deporte es una actividad universal y la mayoría de los estudiantes están familiarizados con ella; ii) muchas de las habilidades aprendidas en los deportes son transferibles a otros dominios de la vida (la capacidad de realizar actividades bajo presión, resolver problemas, cumplir plazos y/o desafíos, establecer objetivos, comunicarse, manejar tanto el éxito como el fracaso, trabajar con un equipo, y recibir retroalimentación y beneficiarse de él); y iii) las habilidades cognitivas y las físicas se aprenden de manera similar, a través de la demostración y la práctica.

### **1. Características de la actividad física.**

En la búsqueda de los mecanismos que podrían influir en la relación entre AF y desarrollo de capacidades cognitivas, la evidencia científica apoya sistemáticamente que no todos los programas de AF influyen en la cognición por igual.<sup>86</sup> Por lo tanto, los cambios en las características cualitativas y cuantitativas de las intervenciones producen efectos diferentes, de tal manera que los diferentes tipos de AF influyen en diferentes

dominios de cognición.<sup>87</sup> Además, estas características pueden estar interrelacionadas a través de vías de mediación que vinculan el aumento de la función ejecutiva a mejoras en la metacognición y el rendimiento académico.<sup>41,88</sup>

#### *a. Características cuantitativas*

Entre las características cuantitativas de la AF, podemos incluir todas aquellas relacionadas con la intensidad, la frecuencia y la duración de la sesión o intervención.<sup>13</sup> Las características cuantitativas de la AF que los investigadores han incluido en el entorno escolar a través de los programas de AF han estado dirigidas principalmente a mejorar las sesiones de AF y aumentar la cantidad de tiempo dedicado a la AF. Este tipo de intervenciones, generalmente se clasifican como intervenciones en el horario escolar y después del horario escolar. Entre los primeros distinguimos la educación física curricular, la AF integrada en el aula (pausas activas o enseñanza de asignaturas como Matemáticas con tareas físicamente activas) y la AF extracurricular (AF activa durante el recreo o la hora del almuerzo). El último incluye programas de AF o deportes después de la escuela.

Contrariamente a las tendencias actuales de reducir el tiempo de AF a favor de otras asignaturas, algunos estudios han demostrado que aumentar la cantidad de tiempo semanal dedicado a la educación física en el currículo escolar mejora, o al menos no afecta de manera adversa, el rendimiento académico de los niños, incluso si se reduce el tiempo extraescolar para estudiar.<sup>89,90</sup> Además, se ha sugerido que la integración del ejercicio con algunas otras materias específicas como Matemáticas o Lenguaje en una estrategia de aprendizaje interdisciplinario, podría tener efectos beneficiosos en el rendimiento académico de los niños.<sup>91</sup>

Por otra parte, incluir un maestro especialista en AF que administre la intensidad o la frecuencia de la AF de forma modificada y adaptada podría ser un método eficaz para controlar estos parámetros y potenciar los beneficios. La importancia de los profesionales responsables de traducir esta evidencia al diseño del programa y las estrategias de enseñanza, ha sido señalada como esencial para integrar mejor los programas de AF en los horarios escolares.<sup>91</sup> Algunas razones detrás de estos hallazgos pueden ser: la confianza de los maestros en la enseñanza de la educación física, su formación en técnicas para manejar a los niños durante la AF, la relación de confianza

entre los alumnos y los maestros y/o la capacidad del maestro para manejar las interacciones entre pares durante la AF.<sup>92</sup>

#### *b. Características cualitativas*

El interés en el efecto de las características cualitativas de la AF ha ido en aumento en los últimos años en la búsqueda de mecanismos adicionales más allá del aumento de las demandas metabólicas y neuromusculares del ejercicio físico.<sup>93,94</sup> La evidencia apoya que los ejercicios complejos, controlados y que requieren adaptación cognitiva y al movimiento, tienen un mayor impacto en las funciones ejecutivas.<sup>95</sup> Esta AF implica no solo un esfuerzo físico, sino que también es emocional y socialmente atractiva, desarrollando actividades físicas que podrían impactar en las funciones ejecutivas básicas, así como en una amplia gama de habilidades cognitivas, como el establecimiento de objetivos, resolución de problemas y autorregulación.<sup>96</sup>

Las características cualitativas de la AF pueden modificarse mediante la promoción de programas de AF destinados a enriquecer las sesiones de AF (aumentando deliberadamente las demandas no físicas, coordinativas y/o cognitivas de las tareas). El papel desempeñado por las características cualitativas del ejercicio para la promoción del desarrollo cognitivo incluye la complejidad, la novedad y la diversificación de tareas coordinativas y cognitivas.<sup>13,97</sup>

## **OTROS DETERMINANTES**

### **1. Comportamientos maternos.**

#### *a. Estatus ponderal antes del embarazo*

El sobrepeso/obesidad materna se ha relacionado con resultados negativos para la salud de la madre, incluidos algunos parámetros del parto, y para el feto.<sup>98</sup> Para la madre, el sobrepeso/obesidad aumenta el riesgo de infertilidad, diabetes gestacional, preeclampsia, tromboembolismo, parto prematuro y cesárea. Para el feto, aumenta el riesgo de muerte, anomalías congénitas, y macrosomía.<sup>99</sup> Estos efectos pueden influir en la salud de la madre y del niño más adelante en la vida. Las mujeres podrían tener un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardíacas, diabetes mellitus e hipertensión arterial, y los niños podrían tener un mayor riesgo de desarrollar obesidad y enfermedades cardíacas en el futuro.<sup>100</sup>

Se ha relacionado la obesidad materna pregestacional con peores puntuaciones en pruebas de cognición de su descendencia. La relación entre el peso pregestacional y la cognición de los niños es compleja y se considera que algunas variables desempeñan un papel fundamental en esta relación. En este sentido, se deben considerar algunas complicaciones gestacionales más comunes entre las madres con sobrepeso/obesidad (anomalías congénitas, preeclampsia o diabetes mellitus gestacional) debido al aumento del riesgo de parto prematuro iatrogénico, inducción del parto y parto por cesárea,<sup>101,102</sup> y/o una influencia negativa en el neurodesarrollo mental en niños.<sup>103-105</sup> Algunos factores socioeconómicos también deben considerarse factores de confusión en esta relación, como las condiciones del hogar, los ingresos familiares o los niveles de educación maternos y paternos.<sup>103-105</sup>

Los mecanismos fisiológicos detrás de estas consecuencias negativas a largo plazo en la descendencia no están claros, y se han descrito algunas hipótesis:

- i) Algunos aspectos psicológicos, como las características de la personalidad, el aumento de los niveles de estrés o la sensibilidad al estrés en las madres con obesidad podrían producir un impacto negativo en la cognición de los niños.<sup>106</sup>
- ii) La hipótesis de programación fetal sugiere que la exposición del feto a un ambiente intrauterino adverso sería suficiente para producir cambios de programación permanentes y, como resultado, efectos adversos a largo plazo en el desarrollo neurológico de la descendencia.<sup>107,108</sup>
- iii) La hipótesis epigenética propone que el feto recibe un conjunto de información relacionada con factores ambientales de la madre, que es capaz de producir cambios en la expresión génica responsables, no solo de las enfermedades metabólicas, sino también, de los trastornos psiquiátricos a lo largo de la vida.<sup>109</sup> Estos efectos podría ser la consecuencia de la interacción entre los genes y el aumento de los niveles de ácidos grasos, glucosa, leptina y marcadores inflamatorios que podrían influir en la plasticidad y la función cognitiva.<sup>110,111</sup>
- iv) La obesidad pregestacional se ha asociado con un alto riesgo de deficiencia de vitamina D que podría tener un impacto directo en el estado nutricional del neonato.<sup>112</sup>

- v) La obesidad materna produce un entorno uterino inflamatorio que aumenta las concentraciones de insulina, los niveles de leptina y otros marcadores inflamatorios (como el estrés oxidativo y la disfunción endotelial).<sup>113,114</sup> Este entorno puede producir errores en la maduración cerebral durante la gestación<sup>115,116</sup> y puede producir daño en el desarrollo neurológico de la descendencia.<sup>117,118</sup>

Debido al continuo aumento de la prevalencia de exceso de peso (obesidad y sobrepeso), existe una creciente preocupación con respecto a los posibles efectos negativos del estatus ponderal materno antes del embarazo en el desarrollo cognitivo de los niños y la fortaleza de esta relación. Además, investigaciones recientes también se han centrado en la relación entre el aumento inadecuado de peso gestacional y el desarrollo neurológico de los niños.<sup>119</sup> Se ha propuesto que el aumento de peso gestacional por encima de las recomendaciones internacionales podría causar un deterioro en el desarrollo cerebral de los niños a través de los mismos mecanismos propuestos anteriormente.<sup>120,121</sup>

#### *b. Actividad física materna durante el embarazo.*

Las conductas no saludables durante el embarazo, como los hábitos sedentarios, podrían afectar negativamente el desarrollo fetal y postnatal.<sup>122</sup> Las últimas recomendaciones del Colegio Americano de Obstetricia y Ginecología (ACOG) para mujeres embarazadas sin complicaciones, indicaron que éstas deberían acumular al menos 30 minutos de AF de intensidad moderada la mayoría de los días de la semana.<sup>123</sup> A pesar de estas recomendaciones, la prevalencia mundial de mujeres embarazadas que no cumple con las recomendaciones de AF de la ACOG aumenta constante y constantemente, alcanzando actualmente el 33.9%,<sup>124</sup> independientemente de si consideramos solo la AF de ocio (incluidos los deportes y el ejercicio durante el tiempo libre), o la AF general (incluyendo actividades ocupacionales y domésticas).<sup>125</sup>

Cualquier tipo de AF durante el embarazo podría tener un efecto positivo en los resultados neonatales y maternos. Para la madre, la AF se ha relacionado con una menor incidencia y un mejor manejo de la depresión posparto, mejor estado de ánimo, menor incidencia de diabetes mellitus gestacional y menor aumento de peso materno.<sup>126-129</sup> Para los niños, la AF materna se ha relacionado con una reducción de parto prematuros

y puntuaciones más altas en el test de Apgar,<sup>130</sup> en orientación, en regulación estatal, en rendimiento académico, en test de cognición y en comportamientos en el aula.<sup>131</sup> Estos hallazgos han sido respaldados por ensayos clínicos que informan que los niños de madres activas tienen estructuras cerebrales más maduras y un mejor rendimiento motor.<sup>132,133</sup>

Se han propuesto diferentes vías para explicar esta relación, incluyendo:

- i) La AF podría modificar el entorno en el que el feto ha crecido proporcionando un mejor entorno intrauterino.<sup>134,135</sup>
- ii) La mejor circulación y mayores volúmenes placentarios podrían desempeñar un papel crítico en el suministro de oxígeno al feto que parece ser crucial para el desarrollo neurológico del feto, y en la transferencia del BDNF de la madre al hijo.<sup>136</sup>
- iii) Las conductas maternas, como las conductas sedentarias, pueden aumentar el riesgo de depresión y trastornos de ansiedad durante el embarazo, que se han asociado con peores conductas y desarrollo psicológico de los niños.<sup>137-139</sup>
- iv) La hipótesis epigenética propuesta para explicar el vínculo entre el peso materno pregestacional y la cognición de los niños también trata de explicar esta relación.<sup>140</sup> Algunos aspectos, como la diabetes mellitus gestacional, la hipertensión o los niveles elevados de insulina podrían influir en el desarrollo del niño a través de modificaciones epigenéticas. La AF podría ayudar a controlar o mitigar estos trastornos gestacionales de tal manera que los niños de madres activas podrían tener un menor riesgo de desarrollar algunas enfermedades no transmisibles.<sup>141</sup>

## **2. Características de los niños.**

### *a. Peso al nacer*

El bajo peso al nacer no solo se ha relacionado con un mayor riesgo de baja estatura, trastornos metabólicos y morbi-mortalidad neonatales,<sup>142</sup> sino también con trastornos neurosensitivos, problemas emocionales y una salud general más deficiente, en comparación con el peso normal al nacer.<sup>143</sup> Además, el bajo peso al nacer se ha asociado con menores volúmenes cerebrales medidos mediante el uso de imágenes de resonancia magnética, en particular en las áreas relacionadas con la función ejecutiva y



el control motor.<sup>144</sup> Estos hallazgos están de acuerdo con aquellos que han relacionado el bajo peso al nacer con deficiencias en las funciones, como flexibilidad, planificación, memoria verbal, visoespacial e inhibición.<sup>145</sup> Estas deficiencias neurocognitivas podrían extenderse a la inteligencia general, el rendimiento académico y el comportamiento en el aula, debido a la estrecha relación entre los dominios de cognición, las dificultades de aprendizaje y los problemas de comportamiento.<sup>144,146</sup>

Los niños con bajo peso al nacer podrían desarrollar algunos mecanismos cerebrales compensatorios para hacer frente a estos déficits funcionales.<sup>147</sup> A pesar de eso, se ha sugerido que algunas alteraciones en las estructuras cerebrales podrían estar detrás de estos déficits cognitivos en los niños con bajo peso al nacer,<sup>148</sup> y que los efectos negativos observados durante el estado perinatal se pueden arrastrar desde la infancia hasta la edad adulta.<sup>149</sup>

Además, los parámetros relacionados con el peso al nacer y la aptitud física se han interrelacionado de manera que los niños con bajo peso al nacer corren el riesgo de tener una menor capacidad aeróbica y neuromuscular, aunque estas diferencias también parecen ser menos evidentes a medida que los niños crecen.<sup>151</sup> Teniendo en cuenta la relación descrita entre la capacidad cardiorrespiratoria, el peso al nacer y el rendimiento académico en los niños, parece razonable pensar que la capacidad cardiorrespiratoria podría desempeñar un papel mediador en la relación entre el peso al nacer y el rendimiento académico,<sup>152</sup> pero las capacidades cognitivas específicas que están influenciadas por el peso al nacer y la capacidad cardiorrespiratoria siguen sin estar claras, así como la posible relación de mediación entre el peso al nacer, las capacidades cognitivas y la cardiorrespiratoria en niños preescolares.

## **OBJETIVOS**

Debido al creciente interés mundial en la relación entre las funciones cognitivas y las variables que podrían mejorar o modificar su desarrollo y adquisición a lo largo de la vida, parece lógico arrojar evidencia sobre los siguientes puntos:

1. Los programas de AF en el entorno escolar mejoran la cognición y la metacognición de los niños. Por lo tanto, parece importante saber qué funciones cognitivas y metacognitivas son las más beneficiadas por las intervenciones de AF, y cómo las características cualitativas y cuantitativas de ésta podrían modificar estos efectos.

2. Los programas de AF en el entorno escolar mejoran el rendimiento académico y los comportamientos de los niños. El papel de las intervenciones de AF en diferentes áreas de rendimiento académico y comportamientos en el aula, y el efecto de las características cualitativas y cuantitativas sobre estos efectos deben ser explorados e identificados.

3. El estatus ponderal de la madre pregestacional puede afectar la cognición de la descendencia. Dado que el aumento de la prevalencia de obesidad en las mujeres es constante en todo el mundo, parece necesario cuantificar este efecto.

4. La AF materna durante la gestación puede afectar la cognición de los niños. Dado que la prevalencia mundial de mujeres embarazadas que no cumplen con las recomendaciones de actividad física de ACOG está aumentando constantemente, parece necesario estimar el efecto de las conductas sedentarias de las madres en el desarrollo cognitivo de los niños.

5. El bajo peso al nacer se ha relacionado con un mayor riesgo de menor capacidad cardiorrespiratoria y neuromuscular. Por el contrario, los niveles más altos de capacidades físicas se han relacionado con una mejor función cognitiva y rendimiento académico en los niños. Desde una perspectiva de salud pública, la naturaleza de la relación entre los tres parámetros debe ser determinada.

Para dar respuesta a estos objetivos se desarrollo un trabajo de investigación, en el que mediante diferentes metodologías se desarrollaron las siguientes investigaciones:

- El efecto de las intervenciones de actividad física en la cognición y la metacognición de los niños: una revisión sistemática y un meta-análisis.<sup>153</sup>
- Rendimiento académico y actividad física: un meta-análisis.<sup>154</sup>
- Asociación entre el sobrepeso y la obesidad antes del embarazo y el desarrollo neurocognitivo de los niños: una revisión sistemática y un meta-análisis de estudios observacionales.<sup>155</sup>
- Actividad física en el tiempo libre durante el embarazo y desarrollo neurológico de los niños: una revisión narrativa.<sup>156</sup>
- Condición cardiorrespiratoria como mediadora de la relación entre el peso al nacer y la cognición en escolares.<sup>157</sup>

## CONCLUSIONES

De este trabajo se desprenden varias conclusiones que podemos resumir en las siguientes:

- Los programas de AF benefician múltiples facetas de las funciones cognitivas no ejecutivas, funciones ejecutivas básicas y metacognición en niños y adolescentes.
- Las capacidades cognitivas más sensibles a la AF son: la memoria de trabajo, la inhibición, las funciones ejecutivas de alto nivel y las habilidades cognitivas para la vida.
- La edad de los niños participantes en los programas de AF parece estar relacionada únicamente con la mejora en las funciones no ejecutivas, aumentando el efecto de los programas de AF, es decir a mayor edad mayores fueron los beneficios de los programas de AF.
- La educación física curricular y los programas destinados a aumentar la cantidad de AF diaria parecen ser los más efectivos para mejorar la memoria de trabajo y las funciones ejecutivas de más alto nivel de los niños. Además, los programas de AF enriquecida parecen mejorar especialmente la inhibición.
- Los programas de AF benefician de manera significativa múltiples facetas del rendimiento académico: habilidades relacionadas con las Matemáticas, Lengua y notas totales; así como los comportamientos en el aula.
- El aumento de la AF curricular parecen ser las intervenciones más apropiadas para mejorar el rendimiento académico de los niños. Además, la integración de la AF en el aula también beneficia las habilidades relacionadas con las Matemáticas.
- La obesidad materna pregestacional, pero no el sobrepeso, tiene una influencia negativa en el desarrollo neurocognitivo de los descendientes. Además, la obesidad pregestacional puede tener un efecto negativo pequeño en la inteligencia general de los niños.
- Los niños de madres que han realizado alguna AF en el tiempo libre durante el embarazo obtuvieron mejores calificaciones en inteligencia general, aunque sólo un poco mejor en habilidades relacionadas con el Lenguaje, que los niños de madres que no realizaron AF en el tiempo libre durante el embarazo.
- Los niños con peso normal al nacer obtienen mejores puntuaciones en todas las capacidades cognitivas en comparación con los niños de bajo peso al nacer,

controlando por posibles factores de confusión. Además, los niños con mayor capacidad cardiorrespiratoria tienen mejores funciones cognitivas que los de bajo peso al nacer.

- La capacidad cardiorrespiratoria es un mediador total en la relación entre el peso al nacer y el factor verbal, el factor numérico y la inteligencia general. Además, es un mediador parcial en la relación entre el peso al nacer con el razonamiento lógico y el factor espacial.

## REFERENCIAS

1. Oxford dictionary of English (3 Ed). Oxford University Press; 2015.
2. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychology*.2013; 64:135-168.
3. Gottfredson LS, Deary IJ. Intelligence predicts health and longevity, but why?. *Curr Dir Psychol Sci*.2004; 13(1): 1-4.
4. Goudas M. Prologue: a review of life skills teaching in sport and physical education. *Hell J Psychol*.2010; 7(3):241-258.
5. Danish S, Forneris T, Hodge K, Heke I. Enhancing youth development through sport. *World Leis J*.2004; 46(3):38-49.
6. Best JR, Miller PH. A developmental perspective on executive function. *Child development*.2010; 81(6): 1641-1660.
7. Diamond A, Ling DS. Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Dev Cogn Neurosci*. 2016; 18:34-48.
8. Gale CR, Cooper R, Craig L, et al. Cognitive function in childhood and lifetime cognitive change in relation to mental wellbeing in four cohorts of older people. *PLoSOne*. 2012; 7(9):1-9.
9. Koenen KC, Moffitt TE, Roberts AL, et al. Childhood IQ and adult mental disorders: a test of the cognitive reserve hypothesis. *Am J Psychiatry*. 2009; 166(1):50-57.
10. Batty GD, Deary IJ, Gottfredson LS. Premorbid (early life) IQ and later mortality risk: systematic review. *Ann Epidemiol*.2007; 17(4):278-288
11. Martin LT, Kubzansky LD. Childhood cognitive performance and risk of mortality: A prospective cohort study of gifted individuals. *Am J Epidemiol*.2005; 162(9):887- 890.
12. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cogn Psychol*.2000; 41(1): 49-100.
13. Tomporowski PD, McCullick B, Pendleton DM, Pesce C. Exercise and children’s cognition: the role of exercise characteristics and a place for metacognition. *J Sport Health Sci*.2015; 4(1): 47-55.
14. Cerrillo-Urbina AJ, García-Hermoso A, Sánchez-López M, Pardo-Guijarro MJ, Santos Gómez JL, Martínez-Vizcaíno V. The effects of physical exercise in children with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review and meta-analysis of randomized control trials. *Child Care Health Dev*.2015; 41(6): 779-788.
15. Rock PL, Roiser JP, Riedel WJ, Blackwell A. Cognitive impairment in depression: a systematic review and meta-analysis. *Psychol Med*.2014; 44(10): 2029-2040.
16. Nguyen JC, Killcross AS, Jenkins TA. Obesity and cognitive decline: role of inflammation and vascular changes. *Frontiers in neuroscience*.2014; 8: 375.
17. Miller AL, Jong H, Lumeng, JC. Obesity-associated biomarkers and executive function in children. *Pediatr Res*.2015; 77 (1-2): 143.
18. Rooke SE, Hine DW, Thorsteinsson EB. Implicit cognition and substance use: a meta-analysis. *Addict Behav*.2008; 33(10): 1314-1328.

19. MacLeod CM. Concept of Inhibition in Cognition. *Inhibition in cognition*. 2007; 3: 3-23
20. Eriksen BA, Eriksen CW. Effects of noise letters upon identification of a target letter in a non- search task. *Percept Psychophys*. 1974; 16(1): 143–149.
21. Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*. 1935; 18 (6): 643–662.
22. Baddeley A. Working memory and conscious awareness. In Collins A, Gathercole S, Martin AC, Morris PE, (eds). *Theories of memory*. UK, Lancaster University: Lawrence Erlbaum Associates; 1992.
23. Kane MJ, Engle RW. Working-memory capacity, proactive interference, and divided attention: limits on long-term memory retrieval. *J Exp Psychol-Learn. Mem. Cogn*. 2000; 26(2): 336.
24. Kane MJ, Hambrick DZ, Tuholski SW, Wilhelm O, Payne TW, Engle RW. The generality of working memory capacity: a latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *J Exp Psychol*. 2004; 133(2): 189.
25. Conway AR, Kane MJ, Engle RW. Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends Cogn Sci*. 2003; 7(12): 547-552.
26. Bull R, Espy KA, Wiebe SA. Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Dev Neuropsychol*. 2008; 33(3): 205-228.
27. Sternberg S. Memory-scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *Am Sci*. 1969; 57(4): 421-457.
28. Jones G, Macken B. Questioning short-term memory and its measurement: Why digit span measures long-term associative learning. *Cognition*. 2015; 144: 1-13.
29. Scott WA. Cognitive complexity and cognitive flexibility. *Sociometry*. 1962; 25: 405–414.
30. Dajani DR, Uddin LQ. Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends Neurosci*. 2015; 38(9): 571-578.
31. Pesce C, Faigenbaum AD, Goudas M, et al. Coupling our plough of thoughtful moving to the star of children’s right to play: from neuroscience to multisectoral promotion. In: Bailey R, Meeusen R, Kubesch S, Tomporowski P, (eds). *Physical Activity and Educational Achievement: Insights from Exercise Neuroscience*. NY: Routledge; 2016.
32. Bowie CR, Harvey PD. Administration and interpretation of the trail making test. *Nat Protoc*. 2006; 1 (5): 2277–2281
33. Monchi O, Petrides M, Petre V, Worsley K, Dagher A. Wisconsin card sorting revisited: Distinct neural circuits participating in different stages of the task identified by event-related functional magnetic resonance imaging. *J Neurosci*. 2001; 21(19): 7733-7741.
34. Metcalfe J, Shimamura AP. *Metacognition: knowing about knowing*. Cambridge, MA: MIT Press; 1994.
35. Flavell JH. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. *Am Psychol*. 1979; 34(10): 906-911.
36. Schraw G. Promoting general metacognitive awareness. *Instr Sci*. 1998; 26 (1): 113–125.
37. World Health Organization. *Partners in life skills education*. Geneva: World Health Organization Department of Mental Health; 1999.
38. UNICEF. *Global evaluation of life skills education programmes*. 2012. New York: UNICEF; 2012.
39. Hodge K, Danish S, Martin J. Developing a conceptual framework for life skills interventions. *Couns Psychol*. 2013; 41(8):1125.
40. Shallice T. Impairments of planning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 1982; 298: 199-209
41. Goudas M, Dermitzaki I, Leondari A, Danish S. The effectiveness of teaching a life skills program in a physical education context. *EJPE*. 2006; 21(4): 429-438.
42. Zimmerman BJ, Schunk DH (eds). *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 2001.
43. Sternberg RJ, Williams WM. *Educational Psychology*. US: Pearson Education; 2010.

44. Goh TL, Hannon J, Webster C, McFarland, A, Schubert KG, Schultz A, Harris S. Effects of a TAKE 10! Classroom-Based physical activity intervention on third-to fifth-grade children's on-task behavior. *J Phys Act Health*.2016; 13(7): 712-718.
45. Beck MM, Lind RR, Geertsen SS, Ritz, C, Lundbye-Jensen J, Wienecke J. Motor-Enriched learning activities can improve Mathematical performance in preadolescent children. *Front Hum Neurosci*.2016: 10.
46. Pesce C, Marchetti R, Forte R, et al. Youth life skills training: Exploring outcomes and mediating mechanisms of a group-randomized trial in physical education. *Sport Exerc Perform Psychol*.2016; 5(3): 232.
47. Diamond A. Effects of physical exercise on executive functions: going beyond simply moving to moving with thought. *Ann Sports Med Res*.2015; 2(1): 1011.
48. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*.1985; 100(2): 126.
49. Welk G. Physical activity assessments for health-related research. Leeds, UK: Human Kinetics; 2002.
50. Bouchard C, Shepard K. Physical activity, fitness and health. The model and the key concepts. In: Bouchard C, Shepard K, Stephens T, (eds).Physical activity, fitness and health-International proceedings and consensus statement.Champaign, IL: Human Kinetics; 1994
51. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, et al. Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*.2016; 48(6): 1197-1222.
52. Farpour-Lambert NJ, Aggoun Y, Marchand LM, Martin XE, Herrmann FR, Beghetti M. Physical activity reduces systemic blood pressure and improves early markers of atherosclerosis in pre-pubertal obese children. *J Am Coll Cardiol*.2009; 54(25): 2396-2406.
53. Janssen I, LeBlanc AG. Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*.2010; 7(1): 40.
54. Andersen LB, Harro M, Sardinha LB, et al. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *The Lancet*.2006; 368(9532): 299-304.
55. World Health Organization. Global recommendations on physical activity for health. Geneva: World Health Organization; 2016.
56. Twisk JW. Physical activity guidelines for children and adolescents. *Sports Medicine*.2001; 31(8): 617-627.
57. Burton DA, Stokes K, Hall GM. Physiological effects of exercise. *CEACCP*. 2004; 4(6): 185-188.
58. Baxter-Jones AD, Kontulainen SA, Faulkner RA, Bailey D. A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*.2008; 43(6): 1101-1107.
59. Tan VP, MacDonald HM, Kim S, et al. Influence of physical activity on bone strength in children and adolescents: a systematic review and narrative synthesis. *J Bone Mineral Research*.2014; 29(10): 2161-2181.
60. Lanyon LE. Control of bone architecture by functional load bearing. *J Bone Miner Res*.1992;7 (2): S369-75
61. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson, ME, Yingling VR. Physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc*.2004; 36(11): 1985-1996.
62. Vale S, Trost SG, Rêgo C, Abreu S, Mota J. Physical activity, obesity status, and blood pressure in preschool children. *J Pediatr*.2015; 167(1): 98-102.
63. D'Hondt E, Deforche B, Gentier I, et al. A longitudinal study of gross motor coordination and weight status in children. *Obesity*.2014; 22(6): 1505-1511.
64. Langford R, Campbell R, Magnus D, et al. The WHO Health Promoting School framework for improving the health and well-being of students and staff. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011; 1.
65. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr*.2005; 146(6): 732-737.

66. Parfitt G, Eston RG. The relationship between children's habitual activity level and psychological well-being. *Acta Paediatrica*.2005; 94(12): 1791-1797.
67. Diamond AB. The cognitive benefits of exercise in youth. *Curr Sports Med Rep*, 2015; 14:320-326.
68. Chaddock-Heyman L, Hillman CH, Cohen NJ, Kramer AF. The Importance of physical activity and aerobic fitness for cognitive control and memory in children. *Monogr Soc Res Child Dev*.2014; 79(4):25-50.
69. Macpherson H, Teo WP, Schneider LA, Smith AE. A life-long approach to physical activity for brain health. *Front Aging Neurosci*, 2017; 9.
70. Pgpedia.com.(2017).National Association for Sport and Physical Education.[online] Available at: <https://pgpedia.com/n/national-association-sport-and-physical-education> [Accessed 27 May.2017].
71. Health.gov.au.(2017).Department of Health|Australia's Physical Activity and Sedentary Behaviour Guidelines.[online] Available at: <http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/content/health-pubhlth-strateg-phys-actguidelines#apa512> [Accessed 27 May. 2017].
72. Riebe D, Franklin BA, Thompson PD, et al. Updating ACSM's recommendations for exercise preparticipation health screening. *Med Sci Sports Exerc*. 2015; 47(11): 2473-9.
73. Twisk JWR. Physical activity, physical fitness and cardiovascular health. In: Armstrong N, vanMechelen W, (eds). *Paediatric exercise science in medicine*. London: Oxford University Press; 2000.
74. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical activity guidelines advisory committee report, 2008. Washington, DC: US Department of Health and Human Services; 2008.
75. Trost SG, Blair SN, Khan KM. Physical inactivity remains the greatest public health problem of the 21st century: evidence, improved methods and solutions using the '7 investments that work' as a framework. 2014; 169-170.
76. Basterfield L, Adamson AJ, Frary JK, et al. Longitudinal study of physical activity and sedentary behavior in children. *Pediatrics*, 2011; 127(1), e24-e30.
77. Biddle SJH, Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J SportsMed*, 2011; 45(11):886-95.
78. Howie EK, Pate RR. Physical activity and academic achievement in children: a historical perspective. *J Sport Health Sci*, 2012; 1(3):160-9.
79. Pesce C, Ben-Soussan D.(2016) 'Cogito ergo sum' or 'ambulo ergo sum'? New perspectives in developmental exercise and cognition research.In: McMorris T, (ed).*Exercise-cognition interaction: a neuroscience perspectives*.Amsterdam: Elsevier; 2014:251-282.
80. Chaddock L, Hillman CH, Pontifex MB, Johnson CR, Raine LB, Kramer AF.Childhood aerobic fitness predicts cognitive performance one year later. *J Sports Sci*, 2012; 30(5), 421-430.
81. Chaddock-Heyman L, Erickson KI, Kienzler C et al. The role of aerobic fitness in cortical thickness and mathematics achievement in preadolescent children. *PloS one*. 2015; 10(8): e0134115.
82. Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, et al. Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics*. 2014; 134 (4):e1063-1071.
83. Raine LB, Lee HK, Saliba BJ, Chaddock-Heyman L, Hillman CH, Kramer AF. The influence of childhood aerobic fitness on learning and memory. *PloS one*.2013; 8(9): e72666.
84. Raine LB, Scudder MR, Saliba BJ, Kramer AF, Hillman C. Aerobic fitness and context processing in preadolescent children. *J Phys Act Health*.2016; 13(1): 94-101.
85. Hillman CH, Biggan JR. A review of childhood physical activity, brain, and cognition: Perspectives on the future. *Pediatr Exerc Sci*, 2017; 29(2): 170-176.
86. Pesce C, Croce R, Ben-Soussan TD, et al. Variability of practice as an interface between motor and cognitive development. *Int J Sport Exerc Psychol*.2016; 1-20.
87. Pesce C.Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research.*J Sport Exerc Psychol*.2012; 34 (6):766-786.

88. Diamond A, Lee A. Intervention shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science*. 2011; 334(6054):311.
89. Rasberry CN, Lee SM, Robin L, et al. The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review of the literature. *Prev Med*. 2011; 52:S10-S20.
90. Reed JA, Einstein GO, Hahn E, Hooker SP, Gross VP, Kravitz J. Examining the impact of integrating physical activity on fluid intelligence and academic performance in an elementary school setting: a preliminary investigation. *J Phys Act Health*. 2010; 7(3): 343-351.
91. Vazou S, Pesce C, Lakes K, Smiley-Oyen A. More than one road leads to Rome: A narrative review and meta-analysis of physical activity intervention effects on youth's cognition. *Int J Sport Exerc Psychol*. 2016; 1-26
92. Sallis JF, McKenzie TL, Kolody B, Lewis M, Marshall S, Rosengard P. Effects of health-related physical education on academic achievement: Project SPARK. *Research quarterly for exercise and sport*, 1999; 70(2): 127-134.
93. Papacaris V, Goudas M, Danish SJ, Theodorakis Y. The effectiveness of teaching a life skills program in a sport context. *J Appl Sport Psychol*. 2005; 17(3):247-254.
94. Lakes KD, Hoyt WT. Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *J Appl Dev Psychol*. 2004; 25(3):283-302.
95. Pesce C, Marchetti R, Forte R, et al. Youth life skills training: exploring outcomes and mediating mechanisms of a group-randomized trial in physical education. *Sport Exerc Perform Psychol*. 2016; 5(3):232.
96. Tomporowski PD, Lambourne K, Okumura MS. Physical activity interventions and children's mental function: an introduction and overview. *Prev Med*. 2011; 52: S3- S9.
97. Ruager-Martin R, Hyde MJ, Modi N. Maternal obesity and infant outcomes. *Early Hum Dev*. 2010; 86(11):715–22.
98. Sirimi N, Goulis DG. Obesity in pregnancy. *Hormones*. 2010; 9(4): 299–306.
99. Leddy MA, Power ML, Schulkin J. The impact of maternal obesity on maternal and fetal health. *Rev Obstet Gynecol*. 2008; 1(4):170–8.
100. Casas M, Chatzi L, Carsin AE, et al. Maternal pre-pregnancy overweight and obesity, and child neuropsychological development: Two Southern European birth cohort studies. *Int J Epidemiol*. 2013; 42(2):506–17.
101. Dinatale A, Ermito S, Fonti I, et al. Obesity and fetal-maternal outcomes. *J Prenat Med*. 2010; 4(1): 5-8.
102. Camprubi Robles M, Campoy C, Garcia Fernandez L, et al. Maternal diabetes and cognitive performance in the offspring: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*. 2015; 10(11):e0142583.
103. Tuovinen S, Eriksson JG, Kajantie E, et al. Maternal hypertensive pregnancy disorders and cognitive functioning of the offspring: a systematic review. *J Am Soc Hypertens*. 2014; 8(11):832–847
104. Bliddal M, Olsen J, Støvring H, et al. Maternal pre-pregnancy BMI and intelligence quotient (IQ) in 5-year-old children: A cohort based study. *PLoS One*. 2014; 9(4):3–9.
105. Van der Burg JW, Sen S, Chomitz VR, et al. The role of systemic inflammation linking maternal BMI to neurodevelopment in children. *Pediatr Res*. 2016; 79(1):3-12.
106. Eriksen HLF, Kesmodel US, Underbjerg M, et al. Predictors of intelligence at the age of 5: Family, pregnancy and birth characteristics, postnatal influences, and postnatal growth. *PLoS One*. 2013; 8(11):1–8.
107. Van Lieshout RJ, Taylor VH, Boyle MH. Pre-pregnancy and pregnancy obesity and neurodevelopmental outcomes in offspring: a systematic review. *Obes Rev*. 2011; 12(5):548–59.
108. Drake A, Walker B. The intergenerational effects of fetal programming: nongenomic mechanisms for the inheritance of low birth weight and cardiovascular risk. *J Endocrinol*. 2004; 180(1):1–16.
109. Godfrey KM, Barker DJ. Fetal programming and adult health. *Public Health Nutr*. 2001; 4(2b):611–24.



110. Hochberg Z, Feil R, Constancia M, et al. Child health, developmental plasticity, and epigenetic programming. *Endocr Rev.* 2011; 32(2):159–224.
111. Bodnar LM, Catov JM, Roberts JM, et al. Prepregnancy obesity predicts poor vitamin D status in mothers and their neonates. *J Nutr.* 2007; 137(11):2437–42.
112. Rivera HM, Christiansen KJ, Sullivan EL. The role of maternal obesity in the risk of neuropsychiatric disorders. *Front Neurosci.* 2015; 9: 194.
113. Gräff J, Mansuy IM. Epigenetic codes in cognition and behaviour. *Behav Brain Res.* 2008; 192(1): 70–87.
114. Tau GZ, Peterson BS. Normal Development of Brain Circuits. *Neuropsychopharmacology.* 2010; 35(1):147–68
115. O'Reilly JR, Reynolds RM. The risk of maternal obesity to the long-term health of the offspring. *Clin. Endocrinol.* 2013; 78(1):9-16
116. Stothard KJ, Tennant PWG, Bell R, et al. Maternal overweight and obesity and the risk of congenital anomalies. *JAMA.*2009; 301(6):636.
117. Palliser HK, Bennett GA, Kelleher MA, Cumnerland AL, Walker DW, Hirst JJ. Prenatal and postnatal determinants of development. New York, NY: Humana Press, 2016.
118. Hinkle SN, Albert PS, Sjaarda LA, et al. Trajectories of maternal gestational weight gain and child cognition assessed at 5 years of age in a prospective cohort study. *J Epidemiol Community Health.*2016; 70(7):696-703.
119. Pugh SJ, Richardson GA, Hutcheon JA, et al. Maternal obesity and excessive gestational weight gain are associated with components of child cognition. *J Nutr.* 2015; 145(11):2562-9.
120. Goldstein RF, Abell SK, Ranasinha S, et al. Association of gestational weight gain with maternal and infant outcomes: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA.*2017; 317(21):2207-25.
121. Malin GL, Morris RK, Riley R, et al. When is birthweight at term abnormally low? A systematic review and meta-analysis of the association and predictive ability of current birthweight standards for neonatal outcomes. *BJOG.*2014; 121(5):515-526.
122. Fazzi C, Saunders DH, Linton K, Norman JE, Reynolds R. Sedentary behaviours during pregnancy: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017;14(1):32.
123. American College of Obstetricians and Gynecologists. Physical activity and exercise during pregnancy and the postpartum period. Committee Opinion No.650. *Obstet Gynecol.* 2015; 126(6): e135-142.
124. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, et al. Global physical activity levels: Surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet.* 2012;380(9838):247-257.
125. Poudevigne MS, O'Connor PJ. A review of physical activity patterns in pregnant women and their relationship to psychological health. *Sport Med.* 2006;36(1):19-38.
126. Poyatos-León R, García-Hermoso A, Sanabria-Martínez G, Álvarez-Bueno C, Cavero-Redondo I, Martínez-Vizcaíno V. Effects of exercise-based interventions on postpartum depression: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Birth.* 2017.
127. Poyatos-León R, García-Hermoso A, Sanabria-Martínez G, Álvarez-Bueno C, Sánchez-López M, Martínez-Vizcaíno V. Effects of exercise during pregnancy on mode of delivery: A meta-analysis. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2015; 94(10):1039- 1047.
128. Sanabria-Martínez G, García-Hermoso A, Poyatos-León R, Álvarez-Bueno C, Sánchez-López M, Martínez-Vizcaíno V. Effectiveness of physical activity interventions on preventing gestational diabetes mellitus and excessive maternal weight gain: A meta-analysis. *BJOG An Int J Obstet Gynaecol.* 2015;122(9):1167- 1174.
129. Sanabria-Martínez G, García-Hermoso A, Poyatos-León R, González-García A, Sánchez-López M, Martínez-Vizcaíno V. Effects of exercise-based interventions on neonatal outcomes: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Heal Promot.* 2016;30(4):214-223.
130. Clapp III JF, Lopez B, Harcar-Sevcik R. Neonatal behavioral profile of the offspring of women who continued to exercise regularly throughout pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 1999;180(1):91-94.
131. Fraser A, Nelson SM, Macdonald-Wallis C, Lawlor DA. Associations of existing diabetes, gestational diabetes, and glycosuria with offspring IQ and educational attainment: The Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Exp Diabetes Res.* 2012;1-7.

132. Labonte-Lemoyne E, Curnier D, ElleMBERG D. Exercise during pregnancy enhances cerebral maturation in the newborn: A randomized controlled trial. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2017;39(4):347-354.
133. Hellenes OM, Vik T, Løhaugen GC, et al. Regular moderate exercise during pregnancy does not have an adverse effect on the neurodevelopment of the child. *Acta Paediatr*. 2015;104(3):285-291.
134. Strauss RS. Effects of the intrauterine environment on childhood growth. *Br Med Bull*. 1997;53(1):81-95.
135. Burton GJ, Jauniaux E, Charnock-Jones DS. The influence of the intrauterine environment on human placental development. *Int J Dev Biol*. 2010;54(2-3): 303-312.
136. Robinson AM, Bucci DJ. Maternal exercise and cognitive functions of the offspring. *Cogn Sci*. 2012;7(2):187-205.
137. Gage SH, Lawlor DA, Tilling K, Fraser A. Associations of maternal weight gain in pregnancy with offspring cognition in childhood and adolescence: Findings from the Avon longitudinal study of parents and children. *Am J Epidemiol*. 2013;177(5):402-410.
138. Silverman BL, Rizzo TA, Cho NH, Metzger BE. Long-term effects of the intrauterine environment. *Diabetes Care*. 1998;21:B142.
139. Ströhle A. Physical activity, exercise, depression and anxiety disorders. *J Neural Transm*. 2009;116(6):777-784.
140. Hochberg Z, Feil R, Constancia M, et al. Child health, developmental plasticity, and epigenetic programming. *Endocr Rev*. 2011;32(2):159-224.
141. Hanson MA, Low FM, Gluckman PD. Epigenetic epidemiology: The rebirth of soft inheritance. *Ann Nutr Metab*. 2011;58(2):8-15.
142. Linsell L, Malouf R, Morris J, Kurinczuk JJ, Marlow N. Prognostic factors for poor cognitive development in children born very preterm or with very low birth weight: A Systematic Review. *JAMA Pediatr*. 2015;169 (12):1162-1172.
143. Clark A. Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behav Brain Sci*. 2013; 36(3), 181-204
144. Luu TM, Ment L, Allan W, Schneider K, Vohr BR. Executive and memory function in adolescents born very preterm. *Pediatrics*. 2011; 127(3): e639-e646.
145. Shenkin SD, Starr JM, Deary IJ. Birth weight and cognitive ability in childhood: a systematic review. *Psychol Bull*. 2004; 130(6), 989.
146. Peterson BS, Vohr B, Kane MJ, et al. A functional magnetic resonance imaging study of language processing and its cognitive correlates in prematurely born children. *Pediatrics*. 2002;110(6):1153-1162.
147. Egaña-Ugrinovic G, Sanz-Cortes M, Figueras F, Couve-Perez C, Gratacòs E. Fetal MRI insular cortical morphometry and its association with neurobehavior in late-onset small-for-gestational-age fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2014;44(3):322-329.
148. Martinussen M, Flanders DW, Fischl B, et al. Segmental brain volumes and cognitive and perceptual correlates in 15-year-old adolescents with low birth weight. *J Pediatrics*. 2009;155(6):848-853.
149. van Deutekom AW, Chinapaw MJM, Vrijkotte TGM, Gemke RJB. The association of birth weight and infant growth with physical fitness at 8-9 years of age-- the ABCD study. *Int J Obes*. 2015;39(4):593-600.
150. Rogers M. Aerobic capacity, strength, flexibility, and activity level in unimpaired extremely low birth weight (<=800 g) survivors at 17 years of age compared with term-born control subjects. *Pediatrics*. 2005;116(1):e58-e65.
151. Torrijos-Niño C, Martínez-Vizcaíno V, Pardo-Guijarro MJ, García-Prieto JC, Arias-Palencia NM, Sánchez-López M. Physical fitness, obesity, and academic achievement in schoolchildren. *Journal Pediatr*. 2014; 165(1): 104-109.
152. García-Hermoso A. Aerobic capacity as a mediator of the influence of birthweight and school performance. *J Dev Orig Health Dis*. 2016;7(4):337-341.
153. Álvarez-Bueno C, Pesce C, Cavero-Redondo I, Sánchez-López M, Martínez-Hortelano JA, Martínez-Vizcaíno V. The effect of physical activity interventions on children's cognition and metacognition: A systematic review and meta-analysis. *JAACAP*. 2017; 56(9): 729-738.

154. Alvarez-Bueno C, Pesce C, Caverro-Redondo I, Sanchez-Lopez M, Garrido-Miguel M, Martinez-Vizcaino V. Academic achievement and physical activity: a meta-analysis. *Pediatrics*. 2017; 140(6): e20171498.
155. Álvarez-Bueno C, Caverro-Redondo I, Lucas-de la Cruz L, Notario-Pacheco B, Martínez-Vizcaíno V. Association between pre-pregnancy overweight and obesity and children's neurocognitive development: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Int J Epidemiol*. 2017; 46(5): 1653-1666.
156. Álvarez-Bueno C, Caverro-Redondo I, Sánchez-López M, Garrido-Miguel M, Martínez-Hortelano JA, Martínez-Vizcaíno V. Pregnancy leisure physical activity and children's neurodevelopment: a narrative review. *BJOG*. 2018; 125(10): 1235-1242.
157. Álvarez-Bueno C, Caverro-Redondo I, Díez-Fernández A, Pardo-Guijarro MJ, Sánchez-López M, Martínez-Vizcaíno V. Cardiorespiratory fitness as a mediator of the relationship between birth weight and cognition in school children. *Psychol Res Behav Manag*. 2019;12: 255–262