



# Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività: l'esercizio fisico come strategia educativa utile a migliorare il funzionamento cognitivo

## Attention Deficit Hyperactivity Disorder: physical exercise as an educational strategy useful for a better cognitive functioning

---

Marianna Liparoti

Università degli Studi di Napoli "Parthenope" – marianna.liparoti@uniparthenope.it

---

### ABSTRACT

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is a developmental disorder, frequently diagnosed in childhood, characterised by a spectrum of physical, cognitive and behavioural disorders. The therapeutic strategies used to date, include the administration of psychostimulant drugs associated with psychological interventions. This multimodal approach could have negative effects for the health of children with ADHD, in the long-term. For this reason, the need to find ecological and educational approaches, in support of traditional ones, is becoming increasingly important. Recent research has introduced physical exercise as a potential symptom management treatment option for children with ADHD. The purpose of this work was to analyse recent literature, to understand the potential effects of physical exercise on cognitive functioning in children with ADHD. The analysis conducted suggests that physical exercise represents a promising additional alternative. In this study the beneficial effects induced by both acute and chronic aerobic exercises were highlighted. The study provides recommendations on the duration and type of exercise that is most effective for improving cognitive functioning in ADHD. This information could be useful for developing physical exercise programs adapted to the needs of children with ADHD.

Il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD) è uno dei disturbi dello sviluppo, frequentemente diagnosticato nell'infanzia, caratterizzato da uno spettro di disturbi fisici, cognitivi e comportamentali. Le strategie terapeutiche adoperate fino ad oggi, prevedono la somministrazione di farmaci psicostimolanti associati ad interventi di tipo psicologico. Questo approccio multimodale, a lungo termine, può determinare effetti negativi sulla salute dei bambini con ADHD. Per tale motivo la necessità di trovare approcci ecologici ed educativi, a sostegno di quelli tradizionali, sta diventando sempre più importante. Recenti ricerche hanno introdotto l'esercizio fisico come una potenziale opzione di trattamento della gestione dei sintomi dei bambini con ADHD. Lo scopo di questo lavoro è stato analizzare la letteratura recente per comprendere i potenziali effetti dell'esercizio fisico sul funzionamento cognitivo nei bambini con ADHD. L'analisi condotta suggerisce che l'esercizio fisico rappresenta un'alternativa aggiuntiva promettente. In que-

sto studio, sono stati evidenziati gli effetti benefici indotti dagli esercizi aerobici sia di tipo acuto che cronici. Nello studio sono fornite delle raccomandazioni sulla durata e sulla tipologia di esercizio fisico più efficace per il miglioramento del funzionamento cognitivo nell'ADHD. Queste informazioni potrebbero essere utili per l'elaborazione di programmi di esercizio fisico adattato alle esigenze dei bambini con ADHD.

#### **KEYWORDS**

ADHD, children, cognition, sport, school.  
ADHD, bambini, cognizione, sport, scuola

## **Introduzione**

Il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD) è un disturbo del neurosviluppo, caratterizzato da deficit di attenzione, iperattività, difficoltà nell'eseguire compiti ed impulsività (Edition, 2013). Dati epidemiologici, stimati a livello mondiale, indicano che la prevalenza di tale disturbo è molto alta in età adolescenziale ed è persistente nell'età adulta (Drechsler et al., 2020; Faraone et al., 2015; Thapar & Cooper, 2016). Evidenze scientifiche hanno dimostrato condizioni di comorbidità dell'ADHD con altre disfunzioni, che includono i disturbi dell'umore, dell'ansia, della personalità, aggressività, comportamenti provocatori, disturbi specifici dell'apprendimento e successivamente l'abuso di sostanze (Katzman, Bilkey, Chokka, Fallu, & Klassen, 2017), che incidono negativamente sulla qualità della vita. Nei bambini è stato osservato anche uno scarso rendimento scolastico (Daley & Birchwood, 2010) e problemi di socializzazione (Mikami, Smit, & Khalis, 2017).

Attualmente, l'intervento elettivo nella terapia dell'ADHD risulta essere un approccio multimodale, che include da un lato terapie farmacologiche, e dall'altro interventi psicosociali, rivolti ai familiari, docenti ed educatori che operano in contesti educativi, il cui scopo è quello di fronteggiare in modo efficace i disturbi dello sviluppo. Sebbene l'approccio multimodale sembri essere efficace nel migliorare la gestione della disfunzionalità, l'assunzione dei farmaci psicostimolanti per un periodo prolungato può determinare molteplici effetti collaterali (Childress & Sallee, 2014). Inoltre, bisogna considerare che, con l'interruzione della terapia farmacologica e/o cognitivo-comportamentale, i sintomi dell'ADHD generalmente si ripresentano. La gravità e l'alta prevalenza dell'ADHD richiedono nuove strategie di gestione che possano integrare o potenziare l'effetto del trattamento multimodale, tra queste l'esercizio fisico adattato sembra costituire una terapia di supporto, molto efficace nell'alleviare i sintomi, sicura e non dispendiosa.

Dall'analisi della letteratura attuale, emerge che l'esercizio fisico regolare, innesca una vasta gamma di eventi fisiologici e induce cambiamenti strutturali e funzionali del cervello (Liparoti & Minino, 2021; Troisi Lopez, Cusano, & Sorrentino, 2020; Minino, Belfiore, & Liparoti, 2020). Tali modifiche possono indurre un miglioramento del benessere psicofisico, nonché delle funzioni cognitive compreso il dominio della memoria. Ad esempio, nei bambini che praticano esercizio fisico rispetto ai bambini sedentari, sono state osservate migliori prestazioni nell'apprendimento e nei compiti di attenzione e di memoria (Liparoti & Troisi Lopez,

2021; Serra et al., 2021). È interessante notare che questi cambiamenti funzionali, sono associati ad un aumento del volume delle aree corticali e sottocorticali, che sono coinvolte nella pianificazione dell'azione e nel consolidamento delle informazioni (Lardone et al., 2018; Mandolesi et al., 2018; Voss et al., 2012). Inoltre, gli effetti benefici dell'esercizio fisico nei bambini, sembrano essere associati anche ad un migliore rendimento scolastico nei compiti di attenzione e di memoria di lavoro (Pesoli et al., 2021; Serra et al., 2021). Queste evidenze suggeriscono che l'esercizio fisico può essere un approccio rilevante anche per migliorare la sintomatologia associata all'ADHD.

Il presente lavoro ha lo scopo di analizzare le evidenze scientifiche che esaminano la relazione tra esercizio fisico e funzionamento cognitivo nei bambini con ADHD, al fine di fornire un quadro degli effetti benefici e formulare delle raccomandazioni relative alla durata, l'intensità e al tipo esercizio fisico finalizzato al miglioramento della sintomatologia dei bambini con diagnosi di ADHD.

## **1. Esercizio fisico può migliorare selettivamente alcune funzioni cognitive nei bambini con ADHD?**

Lo sport e l'educazione fisica è un'esperienza che nei bambini contribuisce al buon funzionamento cognitivo, ad esempio influenzando positivamente la flessibilità mentale, le abilità di attenzione, la memoria e la percezione, e migliorando la capacità di elaborare strategie di problem solving (Holt/Hale & Persse, 2015). La percezione dell'importanza dell'educazione fisica per una crescita in salute nei bambini e del contributo dell'educazione fisica al successo scolastico, nel corso del tempo è cambiato notevolmente. Gli operatori che esercitano in ambito educativo, per molto tempo hanno sostenuto la necessità di introdurre l'esercizio fisico già nei primi anni di scolarizzazione, suggerendo che il tempo trascorso a svolgere esercizi fisici gioverebbe alla salute e potrebbe contribuire ad un buon rendimento scolastico. Numerosi studi scientifici si sono concentrati sulla relazione tra esercizio fisico e funzionamento cognitivo nei bambini (Liparoti, 2021a), sostenendo l'importante contributo dell'esercizio fisico per il benessere psicofisico, per il miglioramento cognitivo nei bambini e nel successo scolastico (Donnelly et al., 2016).

Il successo o il fallimento dei programmi di esercizio fisico, dipende da innumerevoli fattori come l'intensità, la frequenza, la durata dell'esercizio, se l'attività viene svolta in gruppo o in modo individuale e se il tipo di esercizio fisico prevede anche un coinvolgimento non solo motorio ma anche cognitivo (Liparoti, 2021b). La ricerca scientifica in corso è focalizzata principalmente sul comprendere quale tipo di esercizio fisico è necessario per produrre questi effetti benefici. Studi di comparazione tra diverse modalità di esercizio fisico, come nel caso di esercizio fisico aerobico ed anaerobico, oppure di esercizio fisico acuto e cronico, suggeriscono che principalmente l'esercizio fisico di tipo aerobico, praticato con costanza, è quello che induce il maggior beneficio sul corpo e sulle abilità mentali (Mandolesi et al., 2018). La principale differenza tra l'esercizio fisico aerobico e anaerobico è la fonte di energia. L'esercizio aerobico si caratterizza per l'uso del metabolismo aerobico durante lo sforzo fisico per generare energia principalmente dai grassi e con l'uso di ossigeno. Esempi di esercizi aerobici di resistenza sono la corsa, il nuoto e il ciclismo. L'esercizio anaerobico è caratterizzato invece da sforzi elevati, ma di breve durata e sfrutta l'energia fornita dal metabolismo anaerobico, senza l'uso di ossigeno, che comporta un elevato accumulo di acido

lattico nel sangue. Esempi di esercizi anaerobici sono gli esercizi di sprint, il salto in lungo, il sollevamento pesi, o qualsiasi attività di durata molto breve e massimale. Un'altra categorizzazione dell'esercizio si basa sulla durata degli effetti, che possono essere classificati come acuti (cioè effetti misurabili successivamente ad una singola sessione di esercizio fisico) o cronici (cioè effetti durevoli nel tempo indotti da un'attività praticata costantemente) (Liparoti, 2021b).

Evidenze scientifiche hanno dimostrato che sia l'esercizio fisico acuto che quello cronico determinano effetti benefici, in bambini e adolescenti, sulle abilità percettive, l'acuità mentale, il rendimento scolastico e sull'abilità di portare a termine compiti verbali e matematici (Crawford, Caplan, & Loprinzi, 2021; Loprinzi, Day, et al., 2021; Loprinzi, Roig, Etnier, Tomporowski, & Voss, 2021). Si pensa che l'esercizio acuto migliori il funzionamento cognitivo mediante risposte neurochimiche immediate, mentre l'esercizio cronico potrebbe indirettamente promuovere una cognizione e un apprendimento attraverso cambiamenti strutturali e funzionali del cervello. Effetti benefici sulle funzioni esecutive dei bambini sono stati osservati a seguito di un esercizio fisico aerobico praticato con costanza. Questi benefici nelle funzioni esecutive erano più forti nei tipi di esercizi che richiedono impegno cognitivo, che comportano consapevolezza della cooperazione, anticipazione, richieste di compiti e pensiero strategico dello sport di squadra, rispetto ai tipi di esercizi che non richiedono tale coinvolgimento cognitivo (Montuori et al., 2018, 2019). È bene sottolineare l'importanza delle funzioni esecutive, necessarie per sviluppare la capacità di pianificare e strutturare attività mirate e la capacità di adattarsi alle nuove situazioni mostrando flessibilità ai cambiamenti e mostrare capacità di problem solving, tutti aspetti fondamentali per lo svolgimento delle attività della vita quotidiana (Liparoti, 2021a; Liparoti & Troisi Lopez, 2021; Montuori et al., 2019).

La raccolta di queste evidenze scientifiche che dimostrano l'influenza dell'esercizio fisico sul funzionamento cognitivo dei bambini normodotati, induce a riflettere sulla possibilità di usare in modo adattato l'esercizio fisico come terapia aggiuntiva per il trattamento dei bambini con ADHD.

Una rassegna della letteratura scientifica, suggerisce che dopo l'esecuzione di esercizi fisici aerobici di tipo acuto, diverse funzioni cognitive risultano migliorate nei bambini con ADHD, come ad esempio la flessibilità cognitiva, la velocità di elaborazione delle informazioni e l'inibizione delle risposte (Chang, Liu, Yu, & Lee, 2012; Hartanto, Krafft, Iosif, & Schweitzer, 2016; Pontifex, Saliba, Raine, Picchietti, & Hillman, 2013). È stato anche riscontrato un miglioramento delle prestazioni scolastiche di comprensione della lettura e aritmetica (Pontifex et al., 2013). Tuttavia, ci sono evidenze che dimostrano che non tutti gli aspetti del funzionamento cognitivo sono sensibili agli effetti dell'esercizio fisico, con particolare riferimento alla memoria verbale a breve termine e alla memoria di lavoro, che sono alcune sottofunzioni delle funzioni esecutive come ad esempio l'inibizione di risposte perseveranti (Chang et al., 2012; Pontifex et al., 2013; Ziείς & Jansen, 2015).

Un migliore funzionamento cognitivo nei bambini con ADHD è stato associato anche all'esecuzione di esercizi fisici di tipo cronico, con conseguente miglioramento dell'attenzione, del funzionamento cognitivo, della memoria di lavoro e della velocità di elaborazione delle informazioni (Ahmed & Mohamed, 2011; Chang, Hung, Huang, Hatfield, & Hung, 2014; Choi, Han, Kang, Jung, & Renshaw, 2015). Diversi studi scientifici hanno fornito evidenze degli effetti dell'esercizio fisico di tipo cronico anche sugli aspetti comportamentali. Ad esempio, è stato osservato un miglioramento dell'attenzione, dell'autostima, una migliore gestione dell'ansia e della depressione, un miglioramento del comportamento pro sociale e scolastico con una maggiore propensione alla collaborazione ed una riduzione

dell'aggressività (Kang, Choi, Kang, & Han, 2011). Infine, è stato osservato anche un miglioramento delle prestazioni motorie, che comprendono soprattutto la locomozione e le abilità coordinative (Pan et al., 2017). Studi di neuroimmagine evidenziano anche un miglioramento dell'attività delle aree frontali e temporali in linea con il migliore funzionamento cognitivo (Choi et al., 2015).

## 2. Raccomandazioni

Sulla base delle prove sopra citate è possibile elaborare delle raccomandazioni, relative alla relazione tra esercizio fisico e funzionamento cognitivo nei bambini con ADHD.

L'esercizio fisico di tipo cronico sembra essere un efficace intervento aggiuntivo al trattamento multimodale nei bambini con ADHD. In particolare sembra essere molto efficace nel migliorare il controllo inibitorio e dell'attenzione. Al contrario gli effetti dell'esercizio fisico di tipo acuto appaiono meno robusti. Questa informazione potrebbe essere presa in considerazione per l'elaborazione di protocolli di attività motoria adattata e finalizzata al miglioramento o al recupero di specifiche funzioni motorie e cognitive nei bambini con ADHD. Hart e colleghi hanno osservato che l'esecuzione di 15 minuti di esercizio all'inizio della giornata favoriscono una riduzione dei disturbi comportamentali associati all'ADHD, ciò nonostante gli effetti di questo esercizio acuto si dissipano in breve tempo. Al contrario un esercizio fisico cronico consente di mantenere più a lungo tali benefici (Hart, 2015). Una nota che necessita di essere sottolineata è che la quantità e il tipo di esercizio fisico deve essere adattato ai diversi aspetti individuali dei bambini con ADHD. L'idea di individualizzare l'attività fisica in modo che si adatti al livello fisico e cognitivo di ciascun bambino è fondamentale in ogni contesto educativo, così che ognuno di essi possa essere stimolato e coinvolto in modo ottimale nelle attività proposte. L'esercizio fisico dovrebbe essere preso in considerazione come strategia educativa aggiuntiva anche nei contesti scolastici per la gestione dei bambini con ADHD. Questi interventi potrebbero mirare a migliorare la lettura e lo sviluppo di abilità verbali ed aritmetiche, a ridurre il comportamento dirompente e iperattivo. Un atteggiamento inclusivo da parte degli operatori dei contesti scolastici e ludico/ricreativi, dovrebbe essere svolto al fine di motivare il bambino a svolgere l'attività e ad avere comportamenti sociali più propensi all'apertura e alla relazione con gli altri bambini.

## 3. Conclusioni

Lo scopo del presente saggio è stato quello di evidenziare l'importanza dell'esercizio fisico come strategia educativa a supporto degli approcci multimodali adoperati per il trattamento della sintomatologia correlata all'ADHD. L'esercizio fisico, specialmente se adattato e cronico, favorisce un miglioramento delle funzioni motorie e cognitive e migliora gli aspetti comportamentali. L'esercizio fisico è un approccio ecologico, economico, non invasivo e facile da implementare, che determina innumerevoli benefici per la salute e sul benessere psicologico. Tuttavia, bisogna considerare che i programmi di allenamento dovrebbero essere sempre adattati ed individualizzati, per evitare potenziali rischi e problemi fisici che potrebbero compromettere l'efficacia degli interventi terapeutici. Sulla base degli

studi proposti, è possibile suggerire l'implementazione degli approcci multimodali, convenzionalmente utilizzati per il trattamento dell'ADHD, con periodi di esercizio fisico adattati quotidiani di almeno 30 minuti.

## Riferimenti bibliografici

- Ahmed, G. M., & Mohamed, S. (2011). Effect of regular aerobic exercises on behavioral, cognitive and psychological response in patients with attention deficit-hyperactivity disorder. *Life Sci J*, 8(2), 366–371.
- Chang, Y.-K., Hung, C.-L., Huang, C.-J., Hatfield, B. D., & Hung, T.-M. (2014). Effects of an aquatic exercise program on inhibitory control in children with ADHD: A preliminary study. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 29(3), 217–223.
- Chang, Y.-K., Liu, S., Yu, H.-H., & Lee, Y.-H. (2012). Effect of acute exercise on executive function in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Archives of Clinical Neuropsychology: The Official Journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 27(2), 225–237.
- Childress, A. C., & Sallee, F. R. (2014). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder with Inadequate Response to Stimulants: Approaches to Management. *CNS Drugs*, 28(2), 121–129.
- Choi, J. W., Han, D. H., Kang, K. D., Jung, H. Y., & Renshaw, P. F. (2015). Aerobic Exercise and Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Brain Research. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(1), 33–39.
- Crawford, L. K., Caplan, J. B., & Loprinzi, P. D. (2021). The Impact of Acute Exercise Timing on Memory Interference. *Perceptual and Motor Skills*, 128(3), 1215–1234. SAGE Publications Inc.
- Daley, D., & Birchwood, J. (2010). ADHD and academic performance: Why does ADHD impact on academic performance and what can be done to support ADHD children in the classroom? *Child: Care, Health and Development*, 36(4), 455–464.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., et al. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197. NIH Public Access.
- Drechsler, R., Brem, S., Brandeis, D., Grünblatt, E., Berger, G., & Walitza, S. (2020). ADHD: Current concepts and treatments in children and adolescents. *Neuropediatrics*. Georg Thieme Verlag KG.
- Edition, F. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. *Am Psychiatric Assoc*, 21.
- Faraone, S. V., Asherson, P., Banaschewski, T., Biederman, J., Buitelaar, J. K., Ramos-Quiroga, J. A., Rohde, L. A., et al. (2015). Attention-deficit/hyperactivity disorder. *Nature Reviews. Disease Primers*, 1, 15020.
- Hart, J. L. (2015). Determining the Duration of Effects on Behavior and Academic Outcomes From Single and Multiple Bouts of Moderate Physical Activity for Students with ADHD. Recuperato gennaio 5, 2022, da <https://etda.libraries.psu.edu/catalog/27144>
- Hartanto, T. A., Krafft, C. E., Iosif, A. M., & Schweitzer, J. B. (2016). A Trial by Trial Analysis Reveals More Intense Physical Activity is Associated with Better Cognitive Control Performance in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Child neuropsychology: A journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence*, 22(5), 618–626.
- Holt/Hale, S. A., & Perse, D. (2015). The national physical education standards and grade-level outcomes: The future of elementary physical education. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 86(7), 14–16. Taylor & Francis.
- Kang, K. D., Choi, J. W., Kang, S. G., & Han, D. H. (2011). Sports therapy for attention, cognitions and sociality. *International Journal of Sports Medicine*, 32(12), 953–959.
- Katzman, M. A., Bilkey, T. S., Chokka, P. R., Fallu, A., & Klassen, L. J. (2017). Adult ADHD and comorbid disorders: Clinical implications of a dimensional approach. *BMC psychiatry*, 17(1), 302.
- Lardone, A., Liparoti, M., Sorrentino, P., Rucco, R., Jacini, F., Polverino, A., Minino, R., et al. (2018). Mindfulness Meditation Is Related to Long-Lasting Changes in Hippocampal Fun-

- ctional Topology during Resting State: A Magnetoencephalography Study. *Neural Plasticity*, 2018, 5340717.
- Liparoti, M. (2021a). Effects of motor and cognitive loads on postural stability in healthy children. Universidad de Alicante. Área de Educación Física y Deporte.
- Liparoti, M. (2021b). Effects of acute and chronic, multimodal and unimodal, physical exercise on brain of elderly people: a systematic review. *Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva*, 5(2).
- Liparoti, M., & Troisi Lopez, E. (2021). Biofeedback in sport and education. Universidad de Alicante. Área de Educación Física y Deporte.
- Liparoti, M., & Minino, R. (2021). Rhythm and movement in developmental age. *Journal of Human Sport and Exercise—2021—Winter Conferences of Sports Science*. Presentato al Journal of Human Sport and Exercise - 2021 - Winter Conferences of Sports Science, Universidad de Alicante. Recuperato gennaio 5, 2022, da <http://hdl.handle.net/10-045/116193>
- Troisi Lopez, E., Cusano, P., & Sorrentino, P. (s.d.). The relationship between sports activity and emotions in the formation of cognitive processes, 5.
- Loprinzi, P. D., Day, S., Hendry, R., Hoffman, S., Love, A., Marable, S., McKee, E., et al. (2021). The effects of acute exercise on short-and long-term memory: Considerations for the timing of exercise and phases of memory. *Europe's Journal of Psychology*, 17(1), 85. PsychOpen.
- Loprinzi, P. D., Roig, M., Etnier, J. L., Tomporowski, P. D., & Voss, M. (2021). Acute and Chronic Exercise Effects on Human Memory: What We Know and Where to Go from Here. *Journal of Clinical Medicine*, 10(21), 4812.
- Mandolesi, L., Polverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P., & Sorrentino, G. (2018). Effects of Physical Exercise on Cognitive Functioning and Wellbeing: Biological and Psychological Benefits. *Frontiers in Psychology*, 9, 509.
- Mikami, A. Y., Smit, S., & Khalis, A. (2017). Social Skills Training and ADHD-What Works? *Current Psychiatry Reports*, 19(12), 93.
- Montuori, S., Curcio, G., Sorrentino, P., Belloni, L., Sorrentino, G., Foti, F., & Mandolesi, L. (2018). Functional Role of Internal and External Visual Imagery: Preliminary Evidences from Pilates. *Neural Plasticity*, 2018, 7235872.
- Montuori, S., D'Aurizio, G., Foti, F., Liparoti, M., Lardone, A., Pesoli, M., Sorrentino, G., et al. (2019). Executive functioning profiles in elite volleyball athletes: Preliminary results by a sport-specific task switching protocol. *Human Movement Science*, 63, 73–81.
- Pan, C.-Y., Chang, Y.-K., Tsai, C.-L., Chu, C.-H., Cheng, Y.-W., & Sung, M.-C. (2017). Effects of Physical Activity Intervention on Motor Proficiency and Physical Fitness in Children With ADHD: An Exploratory Study. *Journal of Attention Disorders*, 21(9), 783–795.
- Pesoli, M., Rucco, R., Liparoti, M., Lardone, A., D'Aurizio, G., Minino, R., Troisi Lopez, E., et al. (2021). A night of sleep deprivation alters brain connectivity and affects specific executive functions. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*.
- Pontifex, M. B., Saliba, B. J., Raine, L. B., Picchietti, D. L., & Hillman, C. H. (2013). Exercise Improves Behavioral, Neurocognitive, and Scholastic Performance in Children with ADHD. *The Journal of pediatrics*, 162(3), 543–551.
- Minino, R., Belfiore, P., & Liparoti, M. (2020). Neuroplasticity and motor learning in sport activity. *Journal of Physical Education & Sport*, 20, 2354–2359.
- Serra, L., Raimondi, S., di Domenico, C., Maffei, S., Lardone, A., Liparoti, M., Sorrentino, P., et al. (2021). The beneficial effects of physical exercise on visuospatial working memory in preadolescent children. *AIMS neuroscience*, 8(4), 496–509.
- Thapar, A., & Cooper, M. (2016). Attention deficit hyperactivity disorder. *Lancet (London, England)*, 387(10024), 1240–1250.
- Voss, M. W., Heo, S., Prakash, R. S., Erickson, K. I., Alves, H., Chaddock, L., Szabo, A. N., et al. (2012). The influence of aerobic fitness on cerebral white matter integrity and cognitive function in older adults: Results of a one year exercise intervention. *Human Brain Mapping*, 34(11), 2972–2985.
- Ziereis, S., & Jansen, P. (2015). Effects of physical activity on executive function and motor performance in children with ADHD. *Research in Developmental Disabilities*, 38, 181–191.