



# Potenzialità dell'esercizio fisico nel miglioramento della sintomatologia dell'ADHD

## Potential of physical exercise in improvement of symptoms of ADHD

---

Francesca Caso

Università degli Studi di Napoli "Parthenope" – francesca.caso@uniparthenope.it

Mattia Caterina Maietta

Università degli Studi di Napoli "Parthenope" – mattiacaterina78@gmail.com

---

### ABSTRACT

Exercise plays a primary role in the treatment of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Much of the scientific literature claims that the effects of physical activity, movement and sport act on the reduction of the main symptoms of ADHD, also improving executive functions. In this review, we offer a brief overview of the potential that exercise has in improving the symptoms of ADHD, both in the short and long term. Indeed, it has been found that the positive effects observed after acute aerobic exercise are promising, while studies relating to long-term physical intervention are still few and far between, although in both cases benefits are found, in general, for the person.

L'esercizio fisico ha un ruolo di primaria importanza nel trattamento del deficit di disturbo dell'attenzione da iperattività (ADHD). Gran parte della letteratura scientifica sostiene che gli effetti dell'attività fisica, del movimento e dello sport agiscono sulla riduzione dei sintomi principali dell'ADHD, migliorando anche le funzioni esecutive. In questa review, si offre una breve panoramica sulla potenzialità che ha l'esercizio fisico nel miglioramento della sintomatologia dell'ADHD, sia esso a breve, che a lungo termine. Si è riscontrato, infatti, che gli effetti positivi osservati dopo l'esercizio aerobico acuto sono promettenti, mentre sono ancora pochi e carenti gli studi relativi all'intervento fisico a lungo termine, sebbene in entrambi i casi si riscontrino benefici, in generale, per la persona.

### KEYWORDS

Motor and physical activity, Attention Deficit Hyperactivity disorder ADHD, cognitive disturbance, intervention, pharmacological treatment  
Attività motoria e fisica, disturbo da deficit di attenzione e iperattività (ADHD), disturbi cognitivi, intervento, trattamento farmacologico.

## Introduzione

Il quadro sintomatico con il quale si rappresentano i disturbi dovuti alla sintomatologia dell'ADHD (Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder) viene evidenziato da comportamenti considerati disfunzionali, basati in particolar modo sull'inattenzione, l'impulsività e l'iperattività motoria. Storicamente tale sintomatologia prende il posto della già approvata "sindrome del bambino iperattivo", riferita prima al "danno cerebrale minimo" (fino alla fine degli anni 60), e poi alla "minimal brain disorder" (disfunzione cerebrale minima, presente nel DSM III, 1984), trasformata infine, in ADHD, per non confonderla con sintomi o cause diverse dovute a malattie o infortuni che possono causare danni o disfunzioni cerebrali. Nonostante ciò, questi comportamenti disfunzionali, sono oggetto di controversie per diversi motivi e ad oggi non esiste una eziopatogenesi scientifica ed approvata, così come non c'è una terapia farmacologica conosciuta. Per i motivi descritti, nello scenario internazionale contemporaneo, i dati dominanti dell'ADHD sono diversi e dipendono dai procedimenti statistici d'indagine, dall'analisi dei dati raccolti e soprattutto dal contesto geografico in cui si è svolta la ricerca. A contribuire ad accentuare le variabili dei risultati, partecipano inoltre, le diverse definizioni di ADHD. Scopo di questo studio è confrontare le differenti ricerche europee, sotto l'aspetto della diagnosi e del trattamento, evidenziando le varie metodologie, i risultati ottenuti in termini di riscontro di ADHD puro o associato a comorbidità. In particolare uno studio che si attesta su questa indagine di ricerca è: "A comparison of Dutch and US teachers' perceptions of the incidence and management of ADHD" di Havey, J. M. (2007), nel quale, sono stati intervistati insegnanti olandesi e statunitensi, sulle personali percezioni dell'incidenza e delle cause dell'ADHD, nonché sulle loro opinioni sui trattamenti appropriati. È risultato, che gli insegnanti olandesi erano più propensi degli insegnanti statunitensi a pensare che l'eziologia del disturbo fosse nella biochimica, mentre gli insegnanti statunitensi erano più inclini a credere in una combinazione di fattori ambientali e biochimici. Entrambi i gruppi di insegnanti, però, credevano che una combinazione di interventi medici e comportamentali fosse il trattamento più efficace. Inoltre, a tutti i docenti è stato anche chiesto di indicare il numero di studenti nelle loro classi a cui era stato diagnosticato l'ADHD e di stimare il numero di studenti, che pensavano potessero avere l'ADHD. È quindi risultato che, entrambi i gruppi di insegnanti hanno indicato che pensavano che ci fossero studenti con ADHD non diagnosticato nelle loro classi, ma con la differenza, che gli insegnanti olandesi hanno segnalato un numero significativamente inferiore di studenti in entrambe le categorie reali e percepite. Un altro studio, invece, "Cross-national comparisons of teachers' knowledge and misconceptions of ADHD" di Scitutto, M. J., et al., (2016), ipotizzando che gli insegnanti svolgano un ruolo importante in più fasi del processo di ricerca di aiuto d'identificazione dei problemi per i bambini con ADHD, esamina la relazione tra le conoscenze pregresse degli stessi e la formazione specifica sull'ADHD con la conoscenza e le idee sbagliate del disturbo in un campione multinazionale. Gli insegnanti (N = 2.307) di 9 paesi (Repubblica Ceca, Germania, Grecia, Iraq, Repubblica di Corea, Arabia Saudita, Sud Africa, Stati Uniti e Vietnam) hanno completato la formazione sulla conoscenza dell'ADHD. Emerge così, una considerevole variabilità nei livelli generali di conoscenza e idee sbagliate specifiche nei paesi presi in esame. Sebbene i predittori della conoscenza dell'ADHD variavano considerevolmente tra i paesi, una qualche forma di formazione professionale e la precedente conoscenza sull'ADHD erano associati ad una maggiore informazione nella maggior parte dei paesi. Vengono discusse

le implicazioni per la formazione degli insegnanti e il ruolo che gli insegnanti possono svolgere nel processo di ricerca di aiuto. Infatti, la criticità che emerge dall'applicazione di diversi protocolli di anamnesi e di intervento terapeutico è evidenziata nello studio "Sindrome da deficit di attenzione con iperattività (ADHD): Confronto critico tra due protocolli diagnostici" di A. Salmaso<sup>1</sup> D. Maschietto<sup>2</sup> A. Bielsa<sup>3</sup> P.A. Battistella (2012), nel quale è posto in evidenza che: nel panorama internazionale i dati di prevalenza dell'ADHD variano a seconda dei criteri diagnostici utilizzati, essendo assente un algoritmo diagnostico comune e condiviso. Quindi, a discapito della sindrome ADHD e delle sue definizioni, c'è una enorme differenza tra i diversi Paesi. Lo scopo di questo studio, è stato quello di confrontare due protocolli di due Paesi europei, Italia e Spagna, rispettivamente il Centro specializzato nella diagnosi e trattamento dell'ADHD della Regione Veneto (UOC NPI di San Donà di Piave) e il Servizio di Pedopsichiatria dell'Ospedale Vall d'Hebron di Barcellona, evidenziando così. Anche da questo studio, attraverso un'analisi statistica, emergerà una differenza significativa tra le due casistiche nella diagnosi di ADHD. Inoltre, la ripartizione delle diagnosi di forme di ADHD, rispetto a quelle con comorbidità ha seguito una tendenza diversa nei due gruppi, e anche la distribuzione della variabile del sesso ha mostrato delle differenze. In conclusione, le tre ricerche di cui sopra, attraverso i rispettivi protocolli di analisi hanno fatto emergere punti di analogia e di differenza, ma che potrebbero essere integrabili in un protocollo unico, atto a costituire un abbozzo per uno strumento volto a ricercare una sicura e maggiore standardizzazione del processo diagnostico per l'ADHD, ma anche per dare certezza ai comportamenti da essi derivati. Infatti, a rendere discutibile l'applicazione del termine "sindrome" per l'ADHD è l'esame obiettivo clinico, non eseguito identicamente e per il quale il comportamento viene considerato "non adeguato" principalmente dai genitori e dagli insegnanti, i primi a segnalare ai medici le difficoltà riscontrate, e anche perché, l'uso di avverbi quali, spesso e facilmente, accompagnati da aggettivi come eccessivo o troppo, essendo presenti nella descrizione del comportamento, rendono soggettiva la valutazione dei comportamenti evidenziati. Urge, dunque, la necessaria eziologia dei riscontri oggettivi dei segni, così definiti (quadro semeiotico). È chiaro dunque che il disturbo da deficit di attenzione / iperattività (ADHD) è uno dei più comuni disturbi dello sviluppo neurologico diagnosticati nell'infanzia, con sintomi che continuano nell'adolescenza e nell'età adulta [American Psychiatric Association (APA) 2013], rendendo quindi fondamentale, un corretto trattamento farmacologico per evitare maggiori conseguenze. Per molti anni i farmaci stimolanti (principalmente metilfenidato, MPH) hanno costituito il trattamento più frequentemente applicato per l'ADHD (Huang e Tsai 2011; Pliszka et al. 2000; Tucha et al. 2006), poiché a livello neurobiologico il metilfenidato cloridrato (MPH) come farmaco psico stimolante, aumenta la dopamina e la norepinefrina livelli nella corteccia prefrontale (PFC) (Oades et al. 2005; Pliszka 2005) e in generale migliora l'attività del SNC (Sistema Nervoso Centrale) (Semrud-Clikeman et al. 2008). Da un punto di vista comportamentale, si registrano, un aumento della vigilanza e una diminuzione dei comportamenti antisociali (ad es. aggressività) e l'impulsività. Si registrano altresì miglioramenti nel campo dell'attenzione in seguito a trattamento farmacologico stimolante (Rhodes et al., 2006; Semrud-Clikeman et al., 2008; Wilson et al., 2006), così come, gli stessi hanno influenzato positivamente vari aspetti della cognizione, compresi i domini di attenzione, ad esempio la prontezza mentale, il funzionamento esecutivo, la memoria, il funzionamento visuo-spaziale e la cognizione relativi all'autoregolamentazione (Huang & Tsai, 2011; Rhodes et al., 2006; Semrud-Clikeman et al., 2008; Tucha et al., 2006;

Wilson et al., 2006). Inoltre, è stato riscontrato che MPH migliorare la qualità della vita e il rendimento scolastico (Huang & Tsai, 2011). Oltre ai trattamenti farmacologici, ci sono altri interventi non farmacologici, come le terapie cognitive comportamentali, le neurocognitive, le diete e gli interventi combinati. Tuttavia, molti di questi studi, presentano debolezze metodologiche e vanificando così i risultati positivi della ricerca.

## 1. Trattamento dell'ADHD attraverso l'esercizio fisico

Recenti studi, hanno dimostrato che, l'esercizio fisico può essere proposto come un trattamento alternativo o aggiuntivo per l'ADHD ed in particolare per i bambini, si è rivelato un metodo sicuro ed efficace per la gestione dei sintomi dell'ADHD, mostrando effetti benefici, non solo sulla cognizione ma anche sul comportamento (Gapin et al., 2011), ciò sia per quanto riguarda l'attività cardiovascolare, come corsa, ciclismo, danza e esercizio sul tapis roulant (Best, 2010; Hill et al., 2011), sia per un'attività fisica come yoga e tai chi (Field, 2012). Un'altra classificazione dell'esercizio si basa sulla durata degli effetti, che vengono considerati subito dopo l'attività fisica come acuti, o cronici, cioè effetti che restano anche dopo un lungo periodo di riposo. È noto che gli effetti positivi globali dello sport e del movimento in generale, migliorano la forma fisica, la crescita, la densità dei minerali ossei, prevengono inoltre l'obesità e l'infiammazione (Field, 2012). Gli autori Sibley ed Etnier (2003) hanno, altresì osservato, sia nella fase acuta che cronica, gli effetti dell'attività cardio e non, sulle abilità percettive, intelligenza, rendimento scolastico, livello di sviluppo e sui miglioramenti del linguaggio fonico, nonché sui test matematici su bambini e sugli adolescenti (4-18 anni). I vantaggi dell'esercizio fisico sono più marcati quando è richiesto un impegno cognitivo maggiore, richiedendo azioni di consapevolezza della cooperazione, di anticipazioni delle richieste dei compiti e del pensiero strategico come negli sport di squadra, rispetto agli esercizi che non richiedono il coinvolgimento cognitivo (Best 2010). Siffatte azioni, mettono in atto meccanismi tali che producono effetti psicologici e cognitivi benefici, come un aumento dell'attività vagale, della funzione antidolorifica e anche anti-depressiva e attivando neurotrasmettitori come la serotonina e diminuendo gli ormoni dello stress (Field, 2012). I miglioramenti cognitivi sono, inoltre, correlati all'aumento dell'eccitazione e del flusso sanguigno della PFC (Lambourne & Tomporowski 2010), risultando essere (Pesce, 2009) duraturi nel tempo. Autori come Gapin et al. (2011) sono arrivati attraverso una loro revisione di recenti studi, alla conclusione che l'esercizio fisico ha effetti positivi sia acuti che cronici, sia sulle attività comportamentali e cognitive nei bambini con ADHD. Quindi gli autori, suggeriscono l'esercizio fisico come un possibile supplemento al trattamento farmacologico. Altri, come Archer e Kostrzewa (2012), hanno correlato le riduzioni dell'ADHD ad un aumento del livello del fattore neurotrofico cerebrale, che è tipicamente ridotto in pazienti con ADHD. Un ulteriore studio, recentemente pubblicato, ha evidenziato un miglioramento nelle funzioni esecutive e nei rapporti sociali, oltre che ridotti sintomi di ADHD in relazione all'esercizio aerobico a breve termine (Cerillo-Urbina et al. 2015). Sulla stessa linea, la recensione di un altro autore, che ha evidenziato che i programmi di esercizi misti, sono utili per il trattamento della sintomatologia dell'ADHD (Neudecker et al., 2015). Non ci sono tuttavia, programmi di attività fisica codificati, tali che possano permettere una classificazione sistematica dei risultati ottenuti.

## 2. Risposta cognitiva e psicologica in pazienti con ADHD in relazione ad esercizi di tipo aerobico

Il disturbo da deficit di attenzione e iperattività (ADHD) è uno dei disturbi neuro-comportamentali più comuni. I pazienti con ADHD hanno problemi a sostenere l'attenzione, non hanno il controllo dei comportamenti impulsivi (agire senza pensare a quale sarà la risposta) e in alcuni casi mostrano un'eccessiva iperattività (American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV-TR. Washington: fourth ed., *Am Psych Assoc*, 2000). L'ADHD è caratterizzato da un pattern persistente di impulsività e disattenzione, con o senza la componente di iperattività (Burt Sa, Krueger RF, McGue M, Iacono W. Parent-child Conflict and the comorbidity among childhood externalization disorders. *Arch. Gen. Psychiatr*, 2003, 60, 505-13). Questa malattia è diagnosticata due volte più frequentemente nei ragazzi che nelle ragazze. Nei soggetti maturi, adolescenti e adulti, con ADHD, è probabile che si sviluppino meccanismi di coping, ovvero una serie di comportamenti atti a minimizzare o a compensare tale disturbo (Bauermeister, J., ShROUT, P., Chávez, L., RubioStipeç, M., Ramírez, R., Padilla, L., et al., ADHD and gender: are risks and sequela of ADHD the same for boys and girls. *J. Child Psychology & Psychiatry*, 2007, 48(8), 831-3). Ciò che è risultato dallo studio di pazienti con ADHD di Baumgardner et al. (Baumgardner T, Singer H, Denckla M, Rubin M, Abrams M, Colli M, Reiss A., Corpus callosum morphology in children with Tourette syndrome and attention deficit hyperactivity disorder. *Neurology* 1996, 47, 477-82), è stata la scoperta di una morfologica asimmetria nel nucleo caudato del corpo striato. Il nucleo caudato è principalmente dopaminergico e l'asimmetria indebolisce la ricezione del segnale della dopamina da parte di questa struttura. Pertanto, si ritiene che l'ADHD possa essere causato da un lieve anomalia nel cervello di natura genetica o da complicazioni prenatali (Braun J.M., Kahn R.S., Froehlich T., Auinger P., Lanphear B.P., Exposures to environmental toxicants and attention deficit hyperactivity disorder in U.S. children. *Environ. Health Perspect*, 2006, 114 (12), 1904-9). Pertanto, le differenze nella distribuzione delle reti corticale e sottocorticale che supportano le funzioni cognitive di base (come attenzione, controllo motorio e autoregolazione) sono la base neurale per l'ADHD (Semrud-Clikeman M, Filipek PA, Biederman J, Steingard R, Kennedy D, Renshaw P, Bekken K. Attention-deficit hyperactivity disorder: Magnetic resonance imaging morphometric analysis of the corpus callosum. Solanto MV. Dopamine dysfunction in AD/HD: integrating clinical and basic neuroscience research. *Behavioural Brain Research*, 2002, 130, 65-71). I Ridotti volumi all'interno dell'emisfero (corticocorticale) e la sostanza bianca callosa osservata nei soggetti affetti da ADHD, hanno suggerito la possibilità che i sintomi dell'ADHD possono essere correlati alle interazioni compromesse all'interno delle reti cerebrali, piuttosto che ad una ridotta funzione di regioni corticali specializzate (Paus T, Zijdenbos A, Worsley K, Collins DL, Blumenthal J, Giedd JN, Rapoport JL, Evans AC. Structural Maturation of Neural Pathways in Children and Adolescents: In Vivo Study. *Science*, 1999, 283, 1908-11). L'ADHD è caratterizzato da riduzioni nelle regioni del corpo calloso, dei lobi frontali, dei gangli della base e del cervelletto. Queste reti coinvolgono l'input-output dell'elaborazione dell'attenzione, inclusi gli avvisi e le funzioni esecutive. I Deficit di attenzione, delle informazioni dell'elaborazione, dell'allerta, dell'orientamento e della memoria di lavoro possono essere mediati principalmente nella corteccia prefrontale (Voller KS, Heilman KM., Motor impersistence in children with attention deficit hyperactivity disorder: evidence for right hemisphere dysfunction. *Ann. Neurol.* 1998, 24, 323-31). Insufficiente connettività tra gli emisferi induce lo stato

di iperconnettività all'interno e tra i lobi frontali degli emisferi. I pazienti sembrano sempre in movimento, contemporaneamente toccando o giocando con qualunque cosa ci sia intorno, o parlando continuamente. Alcuni pazienti muovono i piedi o battono le dita (Cantwell DP., Attention deficit disorder: A review of the past 10 years. *J. Am. Acad Child Adolesc Psychiatry*, 1995, 45, 978-87). Quindi, l'auto-percezione dei pazienti con ADHD è bassa per quanto riguarda i loro sentimenti sul comportamento, la loro capacità di andare d'accordo con gli altri e di avere successo a scuola. Le percezioni di sé sono scarse e nel tempo, durante l'adolescenza, diventano sempre più dubbiosi anche le loro capacità per far fronte a questioni accademiche e sociali (Yadid G, Overstreet DH, Zangen A., Limbic dopaminergic adaptation to stressful stimulus in a rat model of depression. *Brain Res*, 2001, 896, 43-7); (Taylor AF, Kuo FE., Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. *J. Attention Disorders*, 2008, 23, 36-56). Un numero crescente di ricercatori suggerisce che un programma regolare dell'esercizio fisico può portare all'assunzione di dosi di farmaci inferiori per coloro che necessitano di tale cura (Durston S, Hulshoff PHE, Schnack HG, Buitelaar JK, Steenhuis MP, Minderaa RB, Kahn RS, van Engeland H., Magnetic resonance imaging of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and their unaffected sibs. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 2004, 55, 332-340). Studi precedenti (Ward J., *The Student's Guide to Cognitive Neuroscience*, Psychology Press 2006, 23, 65-73; (Wood D., Habituation in Stentor produced by mechanoreceptor channel modification. *J Neuroscience*, 1999, 8, 2254-64) hanno suggerito che l'esercizio continuo può essere un validissimo supporto per il cervello a rimanere vitale e sano. L'esercizio aumenta quasi immediatamente la dopamina e nor-epinefrina e li mantiene costanti per un periodo di tempo maggiore. Aiuta anche a calmare l'impulsività e calma le voglie di gratificazione immediata e al contempo risveglia la funzione esecutiva della corteccia frontale, che a sua volta consente ritardi, scelte migliori, un po' più tempo per valutare le conseguenze (Taylor AF, Kuo FE., Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. *J. Attention Disorders*, 2008, 23, 36-56). La proposta di questo studio è stato quello di indagare l'effetto regolatore degli esercizi aerobici su comportamenti cognitivi e sui problemi psicologici legati all'ADHD. I ricercatori nel notare il ruolo positivo degli esercizi nel trattamento dell'ansia (Norris R, Carroll D, Cochrance R., The effect of physical activity and exercise training on psychological stress and well-being in an adolescent population. *J Psychosom Res*, 1992, 36, 55-65. 20; Paluska SA, Schwenk TL., Physical activity and mental health: Current concepts. *Sports Med*, 2000, 29, 167-80) della depressione, dello stress (Raglin JS, Morgan WP. Influence of exercise and quiet rest on state of anxiety and blood pressure. *Med Sci Sports Exerc*, 1987, 19, 456-83) hanno ipotizzato che un programma, basato sull'attività motoria, migliorerebbe in modo significativo il comportamento nei pazienti con ADHD. Gehan M. Ahmed and Samiha Mohamed, nel loro studio hanno esaminato le alterazioni del comportamento, della cognizione e dei problemi psicologici degli studenti con ADHD dopo dieci settimane di programma di esercizi di intensità moderata. Hanno riscontrato miglioramenti significativi nel gruppo di studio in tre elementi su cinque sulla base della Behaviour Rating Scala (attenzione, capacità motorie e accademiche e comportamento in classe) (Gehan M., Ahmed and Samiha Mohamed. Effect of Regular Aerobic Exercises on Behavioral, Cognitive and Psychological Response in Patients with Attention Deficit-Hyperactivity Disorder, *Life Science Journal*, 2011, 8(2), 366-371] (ISSN: 1097-8135). Tali risultati concordano anche con i risultati di Maddigan et al. (Maddigan B, Hodgson P, Dick B., The Effects of Massage Therapy & Exercise Therapy on Children/Adolescents with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Cand Child*

and *Adolescent Psychiatry Review*, 2003, 2(12), 40-3), che concludono che la terapia fisica sarebbe efficace nel ridurre sintomi o le dosi di farmaco in caso di deficit di attenzione del disturbo da iperattività in soggetti in età scolare che erano già in trattamento farmacologico. È stato anche sostenuto il miglioramento della disattenzione nello studio di Went (Went MS., *The effect of an activity program designed with intensive physical exercise on the behavior of ADHD children*. Buffalo: State University of New York, 2000), che ha affermato che c'è stato un aumento di risultati positivi nei soggetti con ADHD dopo aver partecipato all'attività motoria. I risultati sono stati positivi, migliorando anche la velocità di lavoro, il sociale e i problemi comportamentali. La possibile spiegazione per un comportamento migliore può quindi essere che le sessioni di esercizio incoraggiavano la cooperazione in situazioni di gruppo e favorivano la tolleranza e accettazione (Braun JM, Kahn RS, Froehlich T, Auinger P, Lanphear BP., *Exposures to environmental toxicants and attention deficit hyperactivity disorder in U.S. children*. *Environ. Health Perspect*, 2006, 114 (12), 1904-9). Hoza et al. (Hoza B, Mrug S, Pelham WE, Greiner AR, Gnagy EM., *A friendship intervention for children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: Preliminary findings*. *J Attention Disorders*, 2003, 6, 87-98) hanno inoltre riferito che anche l'amicizia è formativa negli studenti con ADHD e conduce a comportamenti migliori. Le interazioni sociali attraverso gli esercizi di gruppo, durante le sessioni di allenamento, come durante la scuola, possono quindi migliorare il comportamento. La maggior parte degli studenti tende ad essere più attiva e attenta alla fine del programma di esercizio fisico. Taylor e Kuo (Taylor AF, Kuo FE., *Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park*. *J. Attention Disorders*, 2008, 23, 36-56) hanno riferito che l'esercizio aiuta ad aumentare la risposta ai fattori di stress, cioè gli studenti sono diventati meno stressati a causa degli stessi fattori di stress quando sono messi in una condizione migliore. Anche i ricercatori hanno affermato che, l'umore è migliorato aumentando i livelli di neurotrasmettitori che funzionano come antidepressivi (dopamina, noradrenalina e serotonina). Tutti questi neurotrasmettitori vengono prodotti con l'esercizio. L'esercizio riattiva i cervelli depressi che lavorano all'adattamento all'ambiente. Anche i risultati del presente studio concordano con i risultati di Tantillo et al (Tantillo M, Kesich CM, Hynd GV, Dishman RK. *The effects of exercise on children with attention-deficit hyperactivity disorder*. *Med Sci Sports Exerc*, 2002, 34, 203-12), che hanno suggerito i benefici dell'esercizio per i soggetti con ADHD. Miller et al. (Miller P, Naglieri J, Gregoski M., *Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: a randomized controlled trial*. *J Res. Exerc. Sport*, 2007, 78(5), 510-9) hanno trovato che le scuole che offrivano un programma di attività fisica più intenso avevano alunni che hanno dimostrato livelli di concentrazione più elevati. Inoltre, questi alunni hanno dimostrato miglioramenti nella lettura, nella scrittura ed avevano punteggi di matematica più alti. Quindi, l'attività motoria può sicuramente essere considerata un trattamento aggiuntivo necessario per migliorare i sintomi in pazienti con ADHD.

### 3. Analisi

Nonostante la maggior parte degli studi sugli esercizi cardio, per il trattamento dell'ADHD, ha riscontrato miglioramenti sulle funzioni cognitive dei soggetti affetti da tale sindrome, come la velocità di elaborazione delle informazioni, dell'attenzione, dell'inibizione e della flessibilità (Ahmed & Mohamed, 2011; Chang et al., 2012; Chang et al., 2014; Choi et al., 2014; Gapin & Etnier, 2010; Hartanto et

al., 2015; Kang et al., 2011; McKune et al., 2003; Medina et al., 2010; Pontifex et al., 2013; Smith et al., 2013; Verret et al., 2012; Ziereis & Jansen, 2015), tuttavia tali lavori non sono arrivati ad un risultato univoco e coerente. Questa incoerenza nei risultati, può essere correlata a differenti qualità di studio metodologico, ma tuttavia si può affermare che l'esercizio cardio apporta effetti benefici su un'ampia gamma di funzioni cognitive e comportamentali nei bambini con ADHD. Come anticipato nell'introduzione, i meccanismi di elaborazione cognitiva e le fasi del pensiero che occorrono al fine dell'esecuzione del movimento, nell'esercizio prolungato nel tempo, probabilmente comportano un potenziamento, una crescita e uno sviluppo neurale che possono avere implicazioni a lungo termine (Best, 2010; Bishop, 2007; Bolduc et al., 2013; Halperin et al., 2012; Pesce, 2009), registrando un aumento delle catecolamine e delle proteine/enzimi specifici che sono tipicamente ridotti nell'ADHD (ad esempio, dopamina, tirosina idrossilasi e fattore neurotrofico derivato dal cervello; (Chang et al., 2012; Hattori et al., 1994; Kim et al., 2011). Infatti, secondo questi ultimi, ciò può essere spiegato da un miglioramento indotto dall'esercizio cardio a favore dell'attenzione e delle influenze positive sul PFC dorsolaterale (corteccia prefrontale). È interessante notare, che tali miglioramenti della memoria si riscontrano, anche negli adulti sani, dopo l'esercizio cardio in fase acuta (Roig et al., 2013). L'esercizio fisico, funge dunque da stimolante, con un aumento degli effetti neurobiologici (ad es. aumento disponibilità di catecolamine monoaminergiche nel cervello, Fritz e O'Connor, 2016; Wigal et al., 2013), traducendosi così in un migliore funzionamento nelle aree sovrapposte della cognizione. Concludendo, i vantaggi dell'esercizio fisico, nel trattamento dell'ADHD, sono davvero molteplici: l'esercizio fisico si combina con tutti i protocolli terapeutici, incluso il trattamento farmacologico, è economico, non invasivo e facile da implementare, ha ulteriori benefici per la salute (ad esempio, potenziale prevenzione di malattie croniche e obesità) e può migliorare benessere psicologico (ad esempio, Warburton et al., 2006), anche con soli 30 minuti di esercizi quotidiani.

<i>Tipologia di Esercizio</i>	<i>Durata Personalizzata</i>	<i>Autori</i>
Treadmill exercise	5-25 min.	Tantillo et al. (2002)
Cycle ergometer (varying intensity levels)	20–30 min.	Wigal et al. (2003)
Moderate-vigorous physical exercise such as moving around, hopping, running	30 min. daily; 8 weeks	Smith et al. (2013)*
Specific, moderate/vigorous physical exercises; focus on ball handling, manual dexterity and balance	60 min. weekly	Ziereis and Jansen 2015*
Various high-intensity exercise sessions (e.g., forms of running and jumping)	60 min.; 5 days a week	McKune et al. (2003)
Moderate to vigorous physical exercise (e.g., biking, skateboarding)	30-60 min. daily	Gapin and Etnier (2010)
Exercise group: aerobic, muscular and motor skills exercises	40 min. in first 4 weeks and 50 min. in last six weeks; 3 days a week	Ahmed and Mohamed (2011)
Combination of running, goal-directed throwing, rope jumping and rest	90 min.; 2 days a week	Kang et al. (2011)
Combined intervention of sports and behavioral techniques. The exercise Intervention was comprised of vigorous physical exercise in individual sport such as relay races	30 min., weekly	Lufi and Parish-Plass (2011)
Vigorous physical exercise in team sports such as soccer	40 min., weekly	Lufi and Parish-Plass (2011)
Exercise group: aerobic, muscular and motor skills exercises, cool down afterwards	45 min.; 3 days a week	Verret et al. (2012)
Moderate intensity water aerobic exercise and perceptualmotor water exercise and cool down afterwards	90 min.; 2 days a week	Chang et al. (2014)
Aerobics exercises such as running and jumping rop	90 min.; several days a week	Choi et al. (2014)
Simulated developmental horse riding program in combination with moderate-vigorous fitness training	90 min., weekly	Pan et al. (2014)
Physical exercise: Tai Chi, training of postures	30 min.; 2 days a week	Hernandez-Reif et al. (2001)*
Gymnastic playground activities (i.e. sliding, climbing, swinging)	1 min.; recurring over 5 days)	Azrin et al. (2006)
Walking, alternatingly in a park and 2 urban settings respectively a downtown and a residential area	20 min. per walk	Taylor and Kuo (2009)
Exercise group: sessions of yoga exercise	6- 20 min - ; once a week for 6 weeks	Maddigan et al. (2003)
Exercise condition: Cycling at 65 % VO2 peak	20 min	Fritz and O'Connor (2016)
On a chair that was ascended on a vibrating platform	15 min.; 3 times a day on 10 consecutive day	Fuermaier et al. (2014b)

**Tabella: Tipologie di esercizi potenzialmente utili al trattamento dell'ADHD**

## Conclusioni

Poiché gli studi analizzati differiscono notevolmente in molti aspetti, ovvero per progetto di studio, tipo di test cognitivi utilizzati, risultati della misurazione, tipi e durata di esercizio e dimensione del campione, è stato difficile il confronto diretto tra gli stessi. Inoltre hanno esaminato campioni di bambini e adolescenti di età compresa tra i 5 e i 18 anni, non considerando il fatto che, la sintomatologia dell'ADHD e le funzioni cognitive cambiano con l'età e lo sviluppo individuale (Schmidt e Petermann 2009). Seppur l'approccio allo studio degli effetti dell'esercizio fisico sull'ADHD è corretto, occorre trovare una metodologia più efficace e standardizzata per avvalorarne i risultati. È importante, quindi, da un lato, individuare la tipologia di esercizio più efficace per il trattamento dei sintomi dell'ADHD in ambito clinico pratico, dall'altro valutare la differente efficacia dell'esercizio cardio rispetto a quello non cardio, così come la durata degli effetti acuti contro i cronici. In secondo luogo, gli studi futuri, dovrebbero includere gruppi e stabilire condizioni di controllo che effettuino esercizio fisico per valutare il vero effetto dell'allenamento, da controllare poi con test e retest. Inoltre, è necessario che i test vengano effettuati su un numero maggiore di soggetti con differenti stili cognitivi, comportamentali/socio-emozionali e fisici. Infine, gli studi futuri dovrebbero considerare l'importanza dell'interazione dell'esercizio fisico con il trattamento farmacologico per esaminare i possibili effetti complementari e/o differenti. Grazie ai risultati promettenti e al vantaggioso rapporto con l'implementazione dell'esercizio fisico (ad es. poco costoso, facile da applicare, benefici per la salute), le future ricerche dovrebbero concentrarsi sull'organizzare di un protocollo che definisca in maniera chiara ed univoca la tipologia di esercizio fisico (corsa, yoga, ecc.) l'intensità, la frequenza, la durata e il campione di riferimento. Solo tramite la standardizzazione dell'esercizio fisico e l'applicazione di un protocollo certo con l'integrazione farmacologica, si potrà garantire un risultato positivo nella cura della sintomatologia dell'ADHD.

## Riferimenti bibliografici

- Abramovitch, A., Goldzweig, G., & Schweiger, A. (2013). Correlates of physical activity with intrusive thoughts, worry and impulsivity in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder: a cross-sectional pilot study. *Israel J Psychiatry Related Sci*, 50(1), 47–54.
- Ahmed, G.M., & Mohamed, A. (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.
- American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. (2000). *DSM-IV-TR*. Washington: fourth ed. *Am Psych Assoc*.
- American Psychiatric Association (APA). (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 5th edn. *Am Psychiatric Publ*. Arlington.
- Archer, T., & Kostrzewa, R.M. (2012). Physical exercise alleviates ADHD symptoms: Regional deficits and developmental trajectory. *Neurotox Res*, 21, 195–209.
- Azrin, N.H., Ehle, C.T., & Beaumont, A.L. (2006). Physical exercise as a reinforcer to promote calmness of an ADHD child. *Behav Modif*, 30(5), 564–570.
- Banaschewski T., Coghill D., Santosh P., Zuddas A., Asherson P., Buitelaar J., Danckaerts M., Dopfner M., Faraone S.V., Rothenberger A., Sergeant C., Steinhausen H.C., Sonuga-Barke E.J., & Taylor E. (2006). Long-acting medications for the hyperkinetic disorders. A systematic review and european treatment guideline. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 15, 476–495.

- Barkley, R.A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol Bull*, 121(1), 65–94.
- Barkley, R.A. (2004). Adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: an overview of empirically based treatments. *J Psychiatr Pract*, 10(1), 39–56.
- Bauermeister, J., Shrout, P., Chávez, L., RubioStipec, M., Ramírez, R., & Padilla, L., et al. (2007). ADHD and gender: are risks and sequela of ADHD the same for boys and girls. *J Child Psychology & Psychiatry*, 48(8), 831-3.
- Baumgardner, T., Singer H., Denckla M., Rubin M., Abrams M., Colli M., & Reiss A. (1996). Corpus callosum morphology in children with Tourette syndrome and attention deficit hyperactivity disorder. *Neurology*, 47, 477–82.
- Berwid, O.G., & Halperin J.M. (2012). Emerging support for a role of exercise in attention-deficit/hyperactivity disorder intervention planning. *Curr Psychiatry Rep*, 14(5), 543–551.
- Best, J.R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: contributions of experimental research on aerobic exercise. *Dev Rev*, 30, 331–351.
- Biederman J., Newcorn J., & Sprich S. (1991). Comorbidity of attention-deficit/hyperactivity disorder with conduct, depressive, anxiety and other disorders. *Am J Psychiatry*, 148(6), 564–577.
- Bishop D.V.M. (2007). Curing dyslexia and attention-deficit/hyperactivity disorder by training motor co-ordination: miracle or myth? *J Pediatr Child Health*, 43(653), 655.
- Bolduc V., Thorin-Trescases N., & Thorin E. (2013) Endotheliumdependent control of cerebrovascular functions through age: exercise for healthy cerebrovascular ageing. *Am J Physiol*, 305(5), 620–633.
- Braun J.M., Kahn R.S., Froehlich T., Auinger P., & Lanphear B.P. (2006). Exposures to environmental toxicants and attention deficit hyperactivity disorder in U.S. children. *Environ. Health Perspect*, 114 (12), 1904–9.
- Brown R.T., Amler R.W., Freeman W.S., Perrin J.M., Stein M.T., Feldman H.M., Pierce K., & Wolraich M.L. (2005). Treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder: overview of the evidence. *Pediatrics*, 115(6), 749–757.
- Buitelaar J., & Medori R. (2010). Treating Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder beyond symptom control alone in children and adolescents: A review of the potential benefits of long-acting stimulants. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 19, 325–340.
- Burt, S.A., Krueger R.F., McGue M., & Iacono W. (2003). Parent-child Conflict and the comorbidity among childhood externalization disorders. *Arch. Gen. Psychiatry*, 60, 505-13.
- Cantwell, D.P. (1995). Attention deficit disorder: A review of the past 10 years. *J. Am. Acad child Adolesc psychiatry*, 45, 978-87.
- Cerillo-Urbina, A.J., Garcia-Hermoso, A., Sanchez-Lopez, M., PardoGuijarro, M.J., Santos Gomez, J.L., & Martinez-Vizcaino, V. (2015). The effects of physical exercise in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and metaanalysis of randomized control trials. *Child Care Health Dev*, 41(6), 779–788.
- 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*, 27, 225–237.
- 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. *Arch Clin Neuropsychol*, 29, 217–223.
- Choi, J.W., Han, D.H., Kang, K.D., Jung, H.Y., & Renshaw, P.F. (2014). Aerobic exercise and attention-deficit/hyperactivity disorder: brain research. *Off J Am Coll Sports Med.*, doi:10.1249/MSS.0000000000000373.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd edn. Erlbaum, Hillsdale.
- Cortese, S., Holtmann, M., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Coghill, D., Danckaerts, M., Dittmann, R.W., Graham, J., Taylor, E., & Sergeant, J. (2013). Practitioner review: Current best practice in the management of adverse events during treatment with ADHD medications in children and adolescents. *J Child Psychol Psychiatry*, 54(3), 227–246.
- Dela Pena, I., & Cheong, J.H. (2013) Abuse and dependence liability analysis of methylphenidate in the spontaneously hypertensive rat model of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD): What have we learned? *Arch Pharmacol Res*, 36(4), 400–410.

- Durston, S., Hulshoff, P.H.E., Schnack, H.G., Buitelaar, J.K., Steenhuis, M.P., Minderaa, R.B., Kahn R.S., & van Engeland, H. (2004). Magnetic resonance imaging of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder and their unaffected siblings. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 55, 332–340.
- Field, T. (2012). Exercise research on children and adolescents. *Complem Therap Clin Pract*, 18, 54–59.
- Fritz, K.M., & O'Connor, P.J. (2016). Acute exercise improves mood and motivation in young men with ADHD symptoms. *Med Sci Sports Exerc*. doi:10.1249/MSS.0000000000000864
- Fuermaier, A.B.M., Tucha, L., Koerts, J., Van Heuvelen, M.J.G., Van der Zee, E.A., Lange, K.W., & Tucha, O. (2014a). Good vibrations—effects of whole body vibration on attention in healthy individuals and individuals with attention-deficit/hyperactivity disorder. *PLoS One*, 9(2), e90747.
- Fuermaier, A.B.M., Tucha, L., Koerts, J., van den Bos, M., Regterschot, G.R.H., Zeinstra, E.B., van Heuvelen, M.J.G., Van der Zee, E.A., Lange, K.W., & Tucha, O. (2014b). Whole-body vibration improves cognitive functions of an adult with ADHD: a case report. *ADHD Attention Deficit Hyperact Dis*. doi:10.1007/s12402-014-0149-7
- Gapin, J., & Etnier, J.L. (2010). The relationship between physical activity and executive function performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Sports Exercise Psychol*, 32, 753–763.
- Gapin, J.I., Labban, J.D., & Etnier, J.L. (2011). The effects of physical activity on attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms: the evidence. *Prev Med*, 52, 70–74.
- Gehan, M. (2011). Ahmed and Samiha Mohamed. Effect of Regular Aerobic Exercises on Behavioral, Cognitive and Psychological Response in Patients with Attention Deficit-Hyperactivity Disorder. *Life Science Journal*, 8(2), 366-371.
- Gioia, G.A., Isquith, P.K., & Guy, S.C. (2001). Assessment of executive functions in children with neurological impairment. In R.J. Simeonsson, S.L. Rosenthal (eds.), *Psychological and developmental assessment: children with disabilities and chronic conditions* (pp. 317–356). New York, NY, US: Guilford Press.
- Groen, Y., Gaastra, G.F., Lewis-Evans, B., & Tucha, O. (2013). Risky behavior in gambling tasks in individuals with ADHD—a systematic literature review. *PLoS One*, 8(9), e74909
- Halperin, J.M., & Healey, D.M. (2011). The influences of environmental enrichment, cognitive enhancement, and physical exercise on brain development: Can we alter the developmental trajectory of ADHD? *Neurosci Biobehav Rev*, 35, 621–634.
- Halperin, J.M., Bédard A.C., & Churchack-Lichtin J.T. (2012). Preventive interventions for ADHD: a neurodevelopmental perspective. *Neurotherapeutics*, 9(3), 531–541.
- Hartanto, T.A., Krafft, C.E., Losif, A.M., & Schweitzer, J.B. (2015). A trial-by-trial analysis reveals more intense physical activity is associated with better cognitive control performance in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Child Neuropsychol*. doi:10.1080/09297049.2015.1044511
- Hattori, S., Naoi, M., & Nishino, N. (1994). Striatal dopamine turnover during treadmill running in the rat: relation to speed of running. *Brain Res Bull*, 35(1), 41-49.
- Havey, J. M. (2007). A comparison of Dutch and US teachers' perceptions of the incidence and management of ADHD. *School Psychology International*, 28(1), 46–52. <https://doi.org/10.1177/0143034307075679>
- Hernandez-Reif, M., Field, T.M., Thimas, E. (2001). Attention-deficit/ hyperactivity disorder: benefits from Tai-Chi. *J Bodywork Movem Therapies*, 5(2), 120–123.
- Hill, L.J.B., Williams, J.H.G., Aucott, L., Thomson, J., & Mon-Williams, M. (2011). How does exercise benefit performance on cognitive tests in primary-school pupils? *Dev Med Child Neurol*, 53(7), 630–635.
- Hillman, C.H., Erickson, K.I., Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 9(1), 58–65.
- Hodgkins, P., Setyawan, J., Mitra, D., Davis, K., Quintero, J., Fridman, M., Shaw, M., & Harpin, V. (2013). Management of ADHD in children across europe: Patient demographics, physician characteristics and treatment patterns. *Eur J Pediatr*, 172(7), 895–906.
- Hoza, B., Mrug, S., Gerdes, A.C., Hinshaw, S.P., Bukowski, W.M., Gold, J.A., Kraemer, H.C., Pelham, W.E., Wigal, T., & Arnold, L.E. (2005). What aspects of peer relationships are im-

- paired in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Consult Clin Psychol*, 73(3), 411–423.
- Hoza, B., Mrug, S., Pelham, W.E., Greiner, A.R., & Gnagy, E.M. (2003). A friendship intervention for children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: Preliminary findings. *J Attention Disorders*, 6, 87–98.
- Huang, Y.G., Tsai, M.H. (2011). Long-term outcomes with medications for attention-deficit/hyperactivity disorder. *CNS Drugs*, 25(7), 539–554.
- Huang, Y.S., Wang, L.J., & Chen, C.K. (2012). Long-term neurocognitive effects of methylphenidate in patients with attention-deficit/hyperactivity disorder, even at drug-free status. *BMC Psychiatry*, 12(194), 1.
- Janssen, T.W.P., Bink, M., Gelade, K., Van Mourik, R., Maras, A., & Oosterlaan, J. (2016a). A randomized controlled trial into the effects of neurofeedback, methylphenidate, and physical activity on EEG power spectra in children with ADHD. *J Child Psychol Psychiatry*, 57(5), 633–644.
- Janssen, T.W.P., Bink, M., Gelade, K., Van Mourik, R., Maras, A., & Oosterlaan, J. (2016b). A randomized controlled trial investigating the effects of neurofeedback, methylphenidate, and physical activity on event-related potentials in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 26, 1–10.
- Jensen, P.S., Kenny, D.T. (2004). The effects of yoga on the attention and behavior of boys with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *J Attent Dis*, 7(4), 205–216.
- Kang, K.D., Choi, J.W., Kang, S.G., Han, D.H. (2011). Sports therapy for attention, cognitions and sociality. *Int J Sports Med*, 32(12), 953–959.
- Kim, Y.P., Kim, H., Shin, M.S., Chang, H.K., Jang, M.H., Shin, M.C., Lee, S.J., Lee, H.H., Yoon, J.H., Jeong, I.G., Kim, C.J. (2004). Age-dependence of the effect of treadmill exercise on cell proliferation in the dentate gyrus of rats. *Neurosci Lett*, 355, 152–154.
- Kim, H., Heo, H.I., Kim, D.H., Ko, I.G., Lee, S.S., Kim, S.E., Kim, B.K., Kim, T.W., Ji E.S., Kim, J.D., Shin, M.S., Choi, Y.W., Kim, C.J. (2011). Treadmill exercise and methylphenidate ameliorate symptoms of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder through enhancing dopamine synthesis and Brain-Derived Neurotrophic Factor expression in spontaneous hypertensive rats. *Neurosci Lett*, 504(1), 35–39.
- Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E.M., Meeusen, R. (2010). Neuroplasticity-exercise-induced responses of peripheral brain-derived neurotrophic factor: A systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports Medicine*, 40, 765–801.
- Lambourne, K., & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain Res*, 1341, 12–24.
- Lezak, M.D. (2004). *Neuropsychological assessment*, 4th edn. New York: Oxford University Press.
- Loe, I.M., & Feldman, H.M. (2007). Academic and educational outcomes of children with ADHD. *J Pediatr Psychol*, 32(6), 643–654.
- Lojovich, J.M. (2010). The relationship between aerobic exercise and cognition: Is movement medicinal? *J Head Trauma Rehabil*, 25, 184–192.
- Lufi, D., & Parish-Plass, J. (2011). Sport-based group therapy program for boys with ADHD or with other behavioral disorders. *Child Family Behav Therap*, 33, 217–230.
- Maddigan, B., Hodgson, P., Heath, S., Dick, B., St. John, K., McWilliamBurton, T., Snelgrove, C., & White, H. (2003). The effects of massage therapy & exercise therapy on children/adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Canadn Child Adolesc Rev*, 12(2); 40–43.
- Mahon, A.D., Stephens, B.R., Cole, A.S. (2008). Exercise responses in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Attent Disord*, 12(2), 170–176.
- Maia, C.R., Cortese, S., Caye, A., Deakin, T.K., Polanczyk, G.V., Polanczyk, C.A., Rohde, L.A. (2014). *J Attent Disord*, 1–11. doi:10.1177/1087054714559643
- McKune, A.J., Pautz, J., & Lombard, J. (2003). Behavioural response to exercise in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *South Afric J Sports Med*, 15(3), 17–21.
- Medina, J.A., Netto, T.L.B., Muszkat, M., Medina, A.C., Botter, D., Orbetelli, R., Scaramuzza, L.F.C., Sinnes, E.G., Vilela, M., & Miranda, M.C. (2010). Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects. *Attent Deficit Hyperact Disorder*, 2, 49–58.

- Miller, P., Naglieri, J., & Gregoski, M. (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: a randomized controlled trial. *J Res. Exerc. Sport*, 78(5), 510-9.
- Molina, B.S.G., Hinshaw, S.P., Swanson, J.M., Arnold, L.E., Vitiello, B., Jensen, P.S., Epstein, J.N., Hoza, B., Hechtman, L., Abikoff, H.B., Elliot, G.R., Greenhill, L.L., Newcorn, J.H., Wells, K.C., Wigal, T., Gibbons, R.D., Hur, K., Houck, P.R. (2009). The MTA at 8 years: prospective follow-up of children treated for combined-type ADHD in a multisite study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 48(5), 484-500.
- Neudecker, C., Mewes, N., Reimers, A.K., & Woll, A. (2015). Exercise interventions in children and adolescents with ADHD: a systematic review. *J Attent Disord*, 1-18.
- NICE Guidelines [CG72] Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Diagnosis and management (2008). In: NICE National Institute for Health and Care Experience. Retrieved from <https://www.nice.org.uk/guidance/cg72>
- Norris R., Carroll D., & Cochrance R. (1992). The effect of physical activity and exercise training on psychological stress and well-being in an adolescent population. *J Psychosom Res*, 36, 55-65. 20
- Taylor, A.F., & Kuo, F.E. (2008). Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. *J. Attention Disorders*, 23, 36-56.
- Oades, R.D., Sadile, A.G., Sagvolden, T., Viggiano, D., Zuddas, A., Devoto, P., Aase, H., Johansen, E.B., Ruocco, L.A., Russell, V.A. (2005). The control of responsiveness in ADHD by catecholamines: evidence for dopaminergic, noradrenergic and interactive roles. *Dev Sci*, 8(2), 122-131.
- Owens, J.A., Maxim, R., Nobile, C., McGuinn M., & Msall, M. (2000). Parental and self-report of sleep in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 154, 549-555.
- Paluska, S.A., Schwenk, T.L. (2000). Physical activity and mental health: Current concepts. *Sports Med*, 29, 167-80.
- Pan, C.Y., Chang, Y.K., Tsai, C.L., Chu, C.H., Cheng, Y.W., Sung, M.C. (2014). Effects of physical activity intervention on motor proficiency and physical fitness in children with ADHD: An exploratory study. *J Attent Disorders*, 1-13.
- Paus, T., Zijdenbos, A., Worsley, K., Collins, D.L., Blumenthal, J., Giedd, J.N., Rapoport, J.L., & Evans A.C. (1999). Structural Maturation of Neural Pathways in Children and Adolescents: *In Vivo Study. Science*, 283, 1908-11.
- Pesce, C. (2009). An integrated approach to the effect of acute and chronic exercise on cognition: the linked role of individual and task constraints. In McMorris T., Tomporowski P.D., Audiffren M. (eds.), *Exercise and cognitive function* (pp. 213-226). Wiley: Hoboken.
- Pliszka, S.R. (2005). The neuropsychopharmacology attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry*, 57, 1385-1390.
- Pliszka, S.R., Browne, R.G., Olvera, R.L., & Wynne, S.K. (2000). A doubleblind, placebo-controlled study of adderall and methylphenidate in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 39(5), 619-626.
- Pliszka, S.R., Glahn, D.C., Semrud-Clikeman, M., Franklin, C., Perez, R., Xiong, J., Liotti, M. (2006). Neuroimaging of inhibitory control areas in children with attention-deficit/hyperactivity disorder who were treatment naïve or in long-term treatment. *Am J Psychiatry*, 163, 1052-1060.
- Pontifex, M.B., Saliba, B.J., Raine, L.B., Picchiatti, D.L., Hillman, C.H. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Pediatr*, 162(3), 543-551.
- Raglin, J.S., & Morgan, W.P. (1987). Influence of exercise and quiet rest on a state of anxiety and blood pressure. *Med Sci Sports Exerc*, 19, 456-83.
- Rhodes, S.M., Coghill, D.R., Matthews, K. (2006). Acute neuropsychological effects of methylphenidate in stimulant drug-naïve boys with ADHD II—broader executive and non-executive domains. *J Child Psychol Psychiatry*, 47(11), 1184-1194.
- Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S.S., & Nielsen, J.B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: a review with metaanalysis. *Neurosci Biobehav Rev*, 37(8), 1645-1666

- Rubia, K., Alegria, A.A., Cubillo, A.I., Smith, A.B., Brammer, M.J., & Radua, J. (2014). Effects of stimulants on brain function in attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis. *Biol Psychiatry* 76(8), 616–628.
- Salmaso, D., Maschietto, A., Bielsa, P.A., Battistella (2012). *Sindrome da deficit di attenzione con iperattività (ADHD): Confronto critico tra due protocolli diagnostici*. *Gior Neuropsich Età Evol*, 32, 210-218.
- Schmidt, S., & Petermann, F. (2009). Developmental psychopathology: Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Bmc Psychiatry*, 9(58). doi:10.1186/1471-244X-9-58
- Sciutto, M. J., Terjesen, M. D., Ku erová, A., Michalová, Z., Schmiedeler, S., Antonopoulou, K., Shaker, N. Z., Lee, J.-y., Alkahtani, K., Drake, B., & Rossouw, J. (2016). Cross-national comparisons of teachers' knowledge and misconceptions of ADHD. *International Perspectives in Psychology: Research, Practice, Consultation*, 5(1), 34–50. <https://doi.org/10.1037/ipp0000045>
- Semrud-Clikeman, M., Pliszka, S., Liotti, M. (2008). Executive functioning in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: combined type with and without a stimulant medication history. *Neuropsychology*, 22(3), 329–340.
- Semrud-Clikeman, M., Filipek, P.A., Biederman, J., Steingard, R., Kennedy, D., Renshaw, P., & Bekken, K. (2002). Attention-deficit hyperactivity disorder: Magnetic resonance imaging morphometric analysis of the corpus callosum. Solanto MV. Dopamine dysfunction in AD/HD: integrating clinical and basic neuroscience research. *Behavioural Brain Research*, 130: 65–71
- Sibley B.A., & Etnier J.L. (2003). The relationship between physical activity and cognition in children: A meta-analysis. *Pediatric Exercise Sci*, 15, 243–256
- Smith, A.L., Hoza, B., Linnea, K., McQuade, J.D., Tomb, M., Vaughn, A.J., Shoulberg, E.K., & Hook, H. (2013). Pilot physical activity intervention reduces severity of ADHD symptoms in young children. *J Attent Dis*, 17(1), 70–82.
- Sonuga-Barke, E.J.S., Coghill, D., Wigal, T., DeBacker, M., & Swanson, J. (2009). Adverse reactions to methylphenidate treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder: Structure and associations with clinical characteristics and symptom control. *J Child Adolesc Psychopharmacol*, 19(6), 683–690.
- Sonuga-Barke, E.J., Brandeis, D., Cortese, S., Daley, D., Ferrin, M., Holtmann, M., Stevenson, J., Danckaerts, M., van den Oord, S., Döpfner, M., Dittman, R.W., Simonoff, E., Zuddas, A., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Coghill, D., Hollis, C., Konofal, E., Lecendreux, M., Wong, I.C., Sergeant, J. (2013). Nonpharmacological interventions for ADHD: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of dietary and psychological treatments. *Am J Psychiatry*, 170(3), 275–289.
- Stein, M.A., Sarampote, C.S., Waldman, I.D., Robb, A.S., Conlon, C., Pearl, P.L., Black, D.O., Seymour, K.E., Newcorn, J.H. (2003). A doseresponse study of OROS methylphenidate in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics* 112(5), 404–413.
- Swanson, J., Baler, R.D., & Volkow, N.D. (2011). Understanding the effects of stimulant medication on cognition in individuals with attention-deficit hyperactivity disorder: a decade of progress. *Neuropsychopharmacology* 36(1), 207–226.
- Tantillo, M., Kesick, C.M., Hynd, G.W., & Dishman, R.K. (2002). The effects of exercise on children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 203–212.
- Taylor, A.F., & Kuo, F.E. (2008). Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. *J Attention Disorders*, 23, 36-56.
- Taylor, A.F., Kuo, F.E. (2009). Children with attention deficits concentrate better after walk in the park. *J Attent Disorders*, 5(402), 409.
- Taylor, E., Döpfner, M., Sergeant, J., Asherson, P., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Coghill, D., Danckaerts, M., Rothenberger, A., Sonuga-Barke, E., Steinhausen, H.C., & Zuddas, A. (2004). European clinical guidelines for hyperkinetic disorder – first upgrade. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 13(1), 17–30.
- Thapar, A., Cooper M. (2016). Attention-deficit/hyperactivity disorder. *Lancet*, 19, doi:10.1016/S0140-6736(15)00238-X
- Toplak, M.E., Bucciarelli, S.M., Jain, U., & Tannock, R. (2009). Executive functions: Perfor-

- mance-based measures and the behavior rating inventory of executive function (brief) in adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, 15, 53–72.
- Tucha, O., Prell, S., Mecklinger, L., Bormann-Kischkel, C., Küber, S., Linder, M., Walitza, S., & Lange, K.W. (2006). Effects of methylphenidate on multiple components of attention in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Psychopharmacology*, 185(3), 315–326.
- Uekerman, J., Kraemer, M., Abdel-Hamid, M., Schimmelmann, B.G., Hebebrand, J., Daum, I., Wiltfang, J., & Kis, B. (2010). Social cognition in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Neurosci Biobehav Reviews*, 34, 734–743.
- Van der Heijden, K.B., Smits, M.G., & Gunning, W.B. (2006). Sleep hygiene and actigraphically evaluated sleep characteristics in children with ADHD and chronic sleep onset insomnia. *J Sleep Res*, 15, 55–62.
- Verret, C., Guay, M.C., Berthiaume, C., Gardiner, P., & Béliveau, L. (2012). A physical activity program improves behavior and cognitive functions in children with ADHD: An exploratory study. *J Attent Dis*, 16(1), 71–80.
- Voller, K.S., Heilman, K.M. (1988). Motor impersistence in children with attention deficit hyperactivity disorder: evidence for right hemisphere dysfunction. *Ann. Neurol.*, 24, 323–31.
- Warburton, D.E., Nicol, C.W., & Bredin, S.S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *Can Med Assoc J.*, 174(6), 801–809.
- Ward, J. (2006). *The Student's Guide to Cognitive Neuroscience*. Psychology Press, 23, 65–73.
- Went, M.S. (2000). *The effect of an activity program designed with intensive physical exercise on the behavior of ADHD children*. Buffalo: State University of New York.
- Wigal, S.B., Nemet, D., Swanson, J.M., Regino, R., Trampush, J., Ziegler, M.G., Cooper, D.M. (2003). Catecholamine response to exercise in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatr Res*, 53(5), 756–761.
- Wigal, S.B., Emmerson, N., Gehricke, J.G., & Galassetti, P. (2013). Exercise: Applications to childhood ADHD. *J Attent Dis*, 17(4), 279–290.
- Wilens, T.E., Adler, L.A., Adams, J., Sgambati, S., Rotrose, J., Sawtelle, R., Utzinger, L., & Fusillo, S. (2008). Misuse and diversion of stimulants prescribed for ADHD: a systematic review of the literature. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 47(1), 21–31.
- Wilson, H.K., Cox, D.J., Merkel, R.L., Moore, M., & Coghill, D. (2006). Effect of extended release stimulant-based medications on neuropsychological functioning among adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Arch Clin Neuropsychol*, 21, 797–807.
- Wood, D. (1999). Habituation in Stentor produced by mechanoreceptor channel modification. *J Neuroscience*, 8, 2254–64.
- Yadid, G., Overstreet, D.H., & Zangen, A. (2001). Limbic dopaminergic adaptation to stressful stimulus in a rat model of depression. *Brain Res*, 896, 43–7.
- Ziereis, S., & Jansen, P. (2015). Effects of physical activity on executive function and motor performance in children with ADHD. *Res Dev Disabil*, 38, 181–191.