



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di laurea in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche

Tesi di laurea triennale

La valutazione delle funzioni esecutive nell'ADHD

The assessment of executive functions in ADHD

Relatore

Prof. Mario Bonato

Laureando/a: Clara Chiodi

Matricola: 1222432

Anno Accademico 2021/2022

Abstract

Sono stati condotti molteplici studi in ambito neuropsicologico a supporto di una correlazione tra disfunzione esecutiva e ADHD. Tuttavia, la ricerca non è ancora giunta a un'interpretazione concordante circa la natura di tale correlazione. La tesi ha l'obiettivo di illustrare gli strumenti cognitivi che si sono rivelati i più utili nell'assessment delle funzioni esecutive in relazione all'ADHD e di riportare le conoscenze attuali riguardo il coinvolgimento delle FE nel disturbo, facendo riferimento anche alle diverse problematiche riscontrate nello studio in questo ambito.

Indice

1. Introduzione	4
2. Gli strumenti neuropsicologici per la valutazione delle funzioni esecutive nell'ADHD	7
3. La disfunzione esecutiva nell'ADHD e le problematiche legate alla sua valutazione	12
4. Conclusione	23
Bibliografia	24

1. Introduzione

Il disturbo da deficit di attenzione/iperattività o ADHD è un disturbo dell'infanzia caratterizzato da tre principali disfunzioni, disattenzione, iperattività e impulsività, che colpisce circa il 3-5% della popolazione infantile, con una prevalenza 3:1 per il sesso maschile. L'eziologia del disturbo è complessa e le ricerche suggeriscono il coinvolgimento di fattori di natura genetica, neurobiologica e cognitiva, oltre che relazionale, nello sviluppo dell'ADHD.

Il Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali (edizione quinta) o DSM-5, pubblicato nel 2013 dall'American Psychiatric Association, inserisce l'ADHD tra i disturbi del neurosviluppo, insieme alla disabilità intellettiva, i disturbi della comunicazione, il disturbo dello spettro autistico, il disturbo specifico dell'apprendimento e i disturbi del movimento. La diagnosi di ADHD viene data se l'individuo manifesta, prima dei 12 anni e almeno per un periodo di 6 mesi, 6 o più dei vari sintomi di inattenzione o iperattività-impulsività descritti nel DSM. Inoltre, una certa menomazione, a seguito dei sintomi, deve essere presente in due o più contesti di vita e deve osservarsi una chiara compromissione nel funzionamento sociale, scolastico o lavorativo o la loro ridotta qualità. Infine, i sintomi non devono manifestarsi solo durante il decorso di schizofrenia o di un altro disturbo psicotico e non devono essere meglio attribuibili ad altri disturbi mentali né all'intossicazione da sostanze. Per i soggetti di 17 anni o di età superiore, sono necessari solo 5 sintomi di inattenzione e/o di iperattività-impulsività per soddisfare i criteri per la diagnosi.

I sintomi dell'inattenzione previsti dal DSM-5 sono:

- deficit di attenzione focale e sostenuta
- facile distraibilità (in presenza di stimoli banali)
- ridotte capacità esecutive
- difficoltà nel seguire un discorso
- interruzione di attività iniziate
- evitamento di attività che richiedono sforzo cognitivo.

I sintomi dell'iperattività sono:

- incapacità nello stare fermi
- attività motorie incongrue e afinalistiche
- gioco rumoroso e disorganizzato
- eccessive verbalizzazioni
- ridotte possibilità di inibizione motoria.

I sintomi dell'impulsività sono:

- incapacità di inibire risposte automatiche
- scarsa capacità di riflessione
- difficoltà a rispettare il proprio turno
- tendenza a interrompere gli altri e ad intromettersi nei loro discorsi.

Oltre ai sintomi nucleari, l'individuo con ADHD spesso manifesta diverse difficoltà relazionali, emozionali e scolastiche, a causa di esperienze come l'emarginazione da parte di coetanei, l'isolamento, la scarsità di amicizie durature, e di sentimenti quali la bassa autostima, la solitudine e il senso di abbandono e inadeguatezza.

I sintomi di ADHD cambiano con l'età e, nella maggior parte dei casi, l'iperattività e l'impulsività si riducono, mentre persistono la disattenzione e le difficoltà esecutive. Durante l'adolescenza, spesso sopraggiungono problemi di autostima e del tono dell'umore e aumentano le difficoltà scolastiche e le condotte pericolose. In età adulta, si osservano difficoltà di organizzazione e pianificazione del lavoro e delle attività quotidiane, l'intolleranza della vita sedentaria e il rischio di marginalità sociale, oltre alla crescente vulnerabilità psicologica.

Il DSM-5 distingue 3 sottotipi dell'ADHD: tipo prevalentemente inattentivo (ADHD-I), tipo prevalentemente iperattivo/impulsivo (ADHD-H) e tipo combinato (ADHD-C), il più comune. Inoltre, è prevista la possibilità di specificare la severità del disturbo, lieve, moderata o grave, a seconda della gravità dei sintomi e della compromissione funzionale dell'individuo.

Esistono diverse scale di classificazione che vengono utilizzate per diagnosticare l'ADHD. I più popolari, basati sui criteri del precedente DSM-IV-TR, sono il Conners' Parent Rating Scale-Revised (CPRS-R; Conners, 1997) e il Conners' Teacher Rating Scale-Revised (CTRS-R; Conners, 1997), entrambe disponibili sia in una versione completa (rispettivamente di 80 e 59 item) che abbreviata (27 e 28 item). Esiste anche il Conners-Wells' Adolescent Self-Report Scale (CASS; Conners et al., 1997) sempre in forma completa o abbreviata. Le sottoscale principali, per indagare i diversi sintomi, sono: Problemi Cognitivi/Disattenzione, Iperattività, Oppositività, Ansia-Timidezza, Perfezionismo, Problemi Sociali e anche, solo per il CPRS-R, Problemi Psicosomatici. Queste scale sono dotate di una vasta base normativa, una buona struttura fattoriale e solide proprietà psicometriche. La disponibilità sia di forme complete che abbreviate permette un'applicazione flessibile in base alle necessità e la versione per l'età adolescenziale consente di mettere a confronto il punto di vista del soggetto coinvolto con la prospettiva che gli adulti, genitori e insegnanti, hanno riguardo al suo comportamento. Tuttavia, come riporta il review di Collett et al. (2003), la sensibilità diagnostica e l'abilità nel discriminare l'ADHD da altri gruppi clinici dei Conners' Rating Scales è dubbia. Il Conners' Adult ADHD Rating Scale (CAARS; Conners et al., 1999), il Current Symptoms Scale (CSS; Barkley & Murphy, 1998), il Wender Utah Rating Scale (WURS; Wender, 1995), l'Adult Self Report Scale (ASRS; Adler et al. 2003), l'ADHD Rating Scale (ADHD-RS; Du Paul et al. 1998) sono alcune scale utilizzate nella valutazione dell'ADHD in età adulta. Mentre il CSS e l'ASRS, per esempio, si concentrano esclusivamente sulla valutazione dei sintomi di disattenzione, impulsività e iperattività descritti nel DSM-IV, il CAARS considera altri sintomi psicopatologici quali l'instabilità emotiva, e i problemi con il concetto di sé. Similarmente, il WURS, un test retrospettivo, misura aspetti come la disregolazione emotiva e problemi di condotta e il Brown ADD Rating Scale (Brown ADD-RS; Brown, 1996) valuta anche l'organizzazione del lavoro, la gestione dell'interferenza affettiva, la memoria di lavoro e il mantenimento dell'energia e dello sforzo (Rosler et al., 2006).

Nonostante la diagnosi di ADHD venga fornita sulla base della categorizzazione di specifici sintomi comportamentali, così come sono definiti nel DSM-5, nel corso degli anni si è assistito a una progressiva attenzione ai deficit di natura cognitiva e neuropsicologica che il disturbo comporta. In particolare, la maggior parte degli studiosi sostiene attualmente che i deficit nel dominio delle funzioni esecutive costituiscano i sintomi centrali e più caratterizzanti dell'ADHD. Con l'espressione funzioni esecutive (FE), si fa riferimento a quei processi cognitivi "superiori" che controllano il comportamento finalizzato e le risposte adattive in situazioni nuove, complesse o ambigue. Nonostante ci siano diverse limitazioni allo studio delle funzioni esecutive a causa loro estesa e poco chiara definizione, generalmente si pensa che esse includano processi quali il controllo attentivo e la resistenza all'interferenza, la memoria di lavoro, ovvero un sistema che consente di mantenere in memoria un certo numero di informazioni e allo stesso tempo di manipolarle, la flessibilità cognitiva, il monitoraggio di regole e di errori e la capacità di mantenimento di un goal. Queste funzioni risultano essere alla base di abilità più complesse come la

pianificazione, il problem-solving, il ragionamento e l'intelligenza fluida, e pertanto sono fondamentali per svolgere la maggior parte delle attività di vita quotidiana.

La presenza di una disfunzione a livello esecutivo è stata supportata dall'osservazione, in individui con ADHD, di diverse anomalie in strutture cerebrali che si presume sottendano le funzioni esecutive. Studi di neuroimaging strutturale hanno riportato in bambini con ADHD una riduzione del volume cerebrale totale, più marcata per l'emisfero destro, il quale governa processi cognitivi quali il decision making, il controllo inibitorio e l'attenzione selettiva. Più specificatamente, la regione cerebrale che risulta essere maggiormente affetta è la corteccia prefrontale (PFC), importante per l'attenzione, la memoria di lavoro, la pianificazione e l'organizzazione ed esecuzione di un compito, seguita dalla corteccia cingolata anteriore dorsale (dACC), dal cervelletto, dal corpo calloso e dai gangli alla base, in particolare il corpo striato (Schneider et al., 2006). Dal punto di vista funzionale, studi condotti con tecniche quali la risonanza magnetica funzionale (fMRI) o la tomografia a emissione di positroni (PET), hanno evidenziato un'ipoattivazione del dACC in individui con ADHD durante compiti cognitivi tra cui lo Stroop Task o il Continuous Performance Test; disfunzioni del sistema attentivo fronto-parietale e del corpo striato sono anche stati riportati.

Attualmente, l'ADHD viene principalmente concettualizzato come un disturbo risultante da una disfunzione esecutiva e le evidenze emerse dall'impiego di tecniche di neuroimaging supportano la base neurofisiologica di tale definizione. Tuttavia, la valutazione delle funzioni esecutive in relazione all'ADHD ha riscontrato diverse problematiche e gli studi finora condotti hanno riportato risultati eterogenei, spesso tra loro contrastanti. I deficit neuropsicologici del disturbo rimangono tuttora poco chiari ed è difficile identificare i sintomi caratterizzanti che accomunano tutti i casi di un disturbo così complesso quale l'ADHD.

2. Gli strumenti neuropsicologici per la valutazione delle funzioni esecutive nell'ADHD

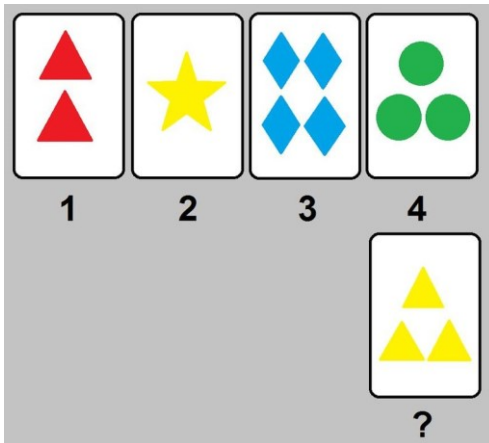
Come menzionato precedentemente, l'ADHD è un disturbo la cui eziologia è determinata da molteplici fattori di natura genetica, biologica e psicosociale e i cui sintomi sono difficilmente inquadrati in un pattern chiaro e definito. Di conseguenza, non esiste un singolo test che sia in grado di valutare tutte le manifestazioni comportamentali e psicologiche dell'ADHD e che possa essere quindi utilizzato, da solo, per la diagnosi del disturbo. Tipicamente la diagnosi avviene sulla base di osservazioni, interviste cliniche o di scale di valutazione del comportamento, raccogliendo informazioni da parte di genitori, insegnanti e, se appropriata, dal bambino stesso. Tuttavia, un approccio di questo tipo si affida pesantemente a misure soggettive che possono ridurre l'accuratezza della diagnosi; inoltre, non ci sono sufficienti indicazioni sulla giusta combinazione di misure da utilizzare per una valutazione efficace e questi metodi spesso non permettono un monitoraggio adeguato dei sintomi in individui sotto medicazione. Lo sviluppo di misure oggettive di laboratorio consente, in parte, di ridurre le difficoltà e le discrepanze che si è soliti riscontrare in una valutazione di natura soggettiva. Come suggeriscono Nichols e Waschbusch (2004), i test di laboratorio, oltre ad essere più convenienti in termini di tempo e dello sforzo richiesto al partecipante, sono relativamente meno influenzati da bias e sono in grado di riflettere i cambiamenti nei sintomi di ADHD in risposta a eventuali manipolazioni. Inoltre, queste misure sono somministrabili con facilità in svariati setting dell'ambiente quotidiano e dipendono unicamente dall'individuo sotto esame, senza fare affidamento a figure secondarie quali genitori o insegnanti.

Di seguito viene fornita una rassegna di alcuni dei compiti neuropsicologici più utilizzati nella valutazione del funzionamento esecutivo in relazione al disturbo da deficit di attenzione/iperattività.

Continuous Performance Test. Il Continuous Performance Test è un importante test dell'attenzione sostenuta, la capacità di far fronte a stimoli distrattori mantenendo la concentrazione durante l'esecuzione di un determinato compito. Il CPT ha progressivamente guadagnato popolarità come strumento di ricerca e di diagnosi per l'ADHD a seguito di un aumento dell'interesse, in tempi recenti, verso i deficit di natura più cognitiva, anziché motoria (iperattività), che caratterizzano il disturbo. Questa tipologia di test, originariamente sviluppato da Rosvold, Mirsky, Sarason, Bransome e Beck nel 1956 per lo studio dell'attenzione sostenuta visiva in pazienti con lesioni cerebrali, comprende diverse versioni disponibili in commercio, tra cui l'Integrated Visual and Auditory CPT (IVA-2), il Test of Variables of Attention (TOVA), il Conner's CPT (CCPT-III) e il Gordon's Diagnostic System (GDS), a cui si aggiungono il QbTest e il Quotient ADHD System, che combinano misure dell'attenzione e dell'impulsività con il tracciamento del movimento, permettendo di valutare meglio tutti e tre i sintomi principali dell'ADHD. Tipicamente, il Continuous Performance Test richiede che il partecipante, a cui vengono presentati rapidamente degli stimoli visivi o uditivi al computer, risponda di fronte a stimoli target e inibisca la sua risposta di fronte a stimoli non-target. Questi stimoli possono essere numeri (IVA-2), lettere alfabetiche (CCPT-III), figure geometriche o suoni (TOVA). Oltre alle risposte corrette, due sono le misure chiave che vengono registrate: il numero di Omission errors (risposte mancate ai target), indice dell'attenzione selettiva, e il numero di Commission errors (risposte ai non-target), legato invece all'impulsività. I tempi di reazione e i decrementi della prestazione durante la somministrazione del test forniscono una misura dell'attenzione sostenuta. Uno studio del 2003 (Epstein et al.) esaminò la relazione tra i parametri del CPT e altre misure comportamentali dell'ADHD e trovò che il test era predittivo rispetto alla presenza del disturbo, ma che non era in grado di rilevare sintomi specifici: il

parametro Omission errors risultò essere correlato a diversi sintomi dell'ADHD oltre all'inattenzione, così come i Commission errors non costituivano un indicatore specifico dell'impulsività. Solamente il Mean Hit Reaction Time sembrò essere specificatamente legato a sintomi di natura iperattiva. Ad ogni modo, diversi studi hanno documentato l'abilità del Continuous Performance Test nel discriminare individui con ADHD da individui sani, a indicare la presenza di deficit dell'attenzione e dell'impulsività nei soggetti con questo disturbo.

Stop Signal Task. Nel Stop Signal Task (Logan et al., 1984), ai partecipanti è richiesto di rispondere il più velocemente possibile a degli stimoli detti “go stimulus”, per esempio premendo un tasto della tastiera ogni volta che una lettera alfabetica appare sullo schermo di un computer. Occasionalmente, in un 25% casuale dei trials, il go stimulus è seguito da un secondo stimolo, tipicamente uditivo, il quale segnala all'individuo di inibire la risposta in corso al primo stimolo; questo cosiddetto “stop stimulus” si presenta in maniera imprevedibile, a intervalli variabili tra i 100 e i 500 ms dopo l'apparizione del go stimulus. Più breve è l'intervallo, più difficile sarà inibire la risposta. Tipicamente, gli intervalli sono scelti in modo tale che l'intervallo più breve produca una probabilità di inibizione pari a 0 e che quello più lungo produca una probabilità di inibizione pari a 1. Il test, oltre che registrare il semplice tempo di reazione (RT) e l'accuratezza della risposta, permette di rilevare il processo “latente” di inibizione mediante il calcolo della variabile Stop-Signal Reaction Time (SSRT), sottraendo l'intervallo medio del stop-signal (mean stop-signal delay) al tempo medio di reazione nelle prove “go”: questa misura costituisce una stima del tempo che l'individuo impiega per inibire un'azione in corso in risposta al segnale di stop. Questo paradigma è basato sul cosiddetto “race model”, un'importante teoria dell'inibizione della risposta. Secondo questo modello, la performance in un task di controllo inibitorio dipende dalla competizione tra due processi, l'esecuzione della risposta (go process) e l'inibizione della risposta (stop process), innescata da un'informazione che segnala all'individuo di terminare o cambiare un'azione in corso: se il stop process si completa prima del go process, la risposta sarà inibita, mentre nel caso opposto verrà portata a termine la risposta corrente. Più veloce sarà il go process, meno probabile sarà che il stop process, innescato da un segnale di stop a seguito di un dato intervallo, “vinca” e che quindi la risposta venga inibita. Come spiegano Oosterlaan et al. (1998), diversi altri test sono stati utilizzati per indagare la funzione inibitoria in individui con ADHD, tra cui il CPT, il Matching Familiar Figures Test, il Go/No-Go Task, il Wisconsin Card Sorting Task e i delayed response tasks; tuttavia, tali misure sono state criticate per la loro scarsa validità di costrutto e la performance in questi compiti sembra essere influenzata da altri fattori oltre l'inibizione, quali età e QI. Il Stop Task permette invece di indagare se una scarsa prestazione nell'inibizione comportamentale sia dovuta a un effettivo deficit del processo inibitorio. Nonostante ciò, è importante sottolineare che il Stop Signal Task misura un aspetto particolare del controllo inibitorio, ovvero l'abilità di inibire una risposta in corso. Secondo il modello di Barkley, esistono infatti altre due forme di inibizione, il controllo delle interferenze e l'inibizione di risposte prepotenti, e rimane poco chiaro se sia possibile generalizzare i risultati derivanti dall'impiego del Stop Signal Task anche a queste altre definizioni del controllo inibitorio.

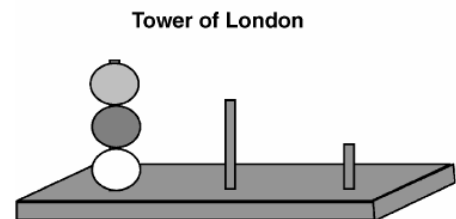
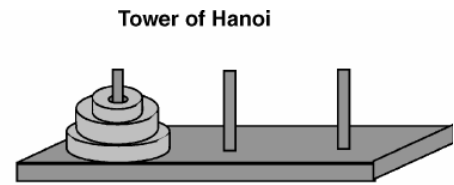


Wisconsin Card Sorting Test. Il Wisconsin Card Sorting Test (Grant & Berg, 1948) fornisce una misura del set-shifting o flessibilità cognitiva, ovvero della capacità di cambiare lo schema di pensiero e di comportamento e di adattarsi velocemente alle modifiche dell'ambiente esterno. Durante il WCST, il partecipante deve abbinare ciascuna carta di un mazzo a una delle quattro carte "chiave" che lo sperimentatore gli mostra, secondo un criterio che però non gli viene fornito. Le carte presentano dei pattern geometrici che differiscono per tre aspetti, colore, forma e numero, e l'individuo deve scegliere autonomamente la caratteristica sulla base della quale abbinare le carte: per esempio, la

carta con tre triangoli gialli del partecipante, potrebbe essere abbinata a una carta con altri triangoli (uguale per forma), a una carta con altre figure gialle (uguale per colore) o a una carta con tre cerchi (uguale per numero). A seguito di ciascun turno, lo sperimentatore fornisce un feedback sull'abbinamento, ovvero se il criterio scelto è giusto o sbagliato, e il partecipante deve, per tentativi, inferire la regola secondo cui le carte vanno raggruppate. Dopo ogni 10 abbinamenti corretti, lo sperimentatore cambia il criterio senza avvertire il partecipante, il quale deve inibire le risposte precedentemente corrette e adattarsi a una nuova strategia di risposta. Le principali variabili sono il Perseverative errors score (PE; quando il soggetto continua a rispondere secondo la stessa strategia anche dopo il cambiamento del criterio), solitamente considerata come la più sensibile alle differenze nelle FE tra individui sani e individui con ADHD, e il Failure to maintain set score (FTMS, il numero di volte in cui il criterio giusto viene interrotto), il quale fornisce una misura dell'impulsività e della distraibilità. Il compito, originariamente sviluppato per indagare il funzionamento del lobo frontale in pazienti con lesioni cerebrali, è stato utilizzato di recente per valutare le funzioni esecutive in diverse popolazioni cliniche che sembrano manifestare deficit cognitivi determinati da una disfunzione frontale, tra cui individui con ADHD. Tradizionalmente, scarse prestazioni nel WCST sono state fatte attribuire a difficoltà nel modificare lo schema cognitivo e comportamentale in funzione ai cambiamenti dell'ambiente esterno e a deficit nell'inibire risposte precedentemente corrette ma attualmente scorrette; tuttavia, negli ultimi tempi, è stato evidenziato il ruolo importante che la memoria di lavoro sembra avere in questo test, per cui bambini con ADHD sembrano non riuscire a mantenere a mente e a usare in modo efficiente l'informazione ottenuta dalle risposte precedenti per guidare le risposte attuali. In uno studio di Mullane e Corkum (2007), venne somministrato il WCST, insieme al Stop Task e ad altre misure della memoria di lavoro (Working Memory Counting e Digit Span Backwards), a 30 bambini d'età compresa tra i 6 e gli 11 anni, di cui 15 sani e 15 con ADHD. I ricercatori trovarono che la memoria di lavoro contribuiva al PE score ma che questo rapporto fosse totalmente mediato dall'età e dal QI dei soggetti; l'abilità di inibizione comportamentale invece risultò essere direttamente correlata con il FTMS score. Considerato che i risultati mostrarono come solo il FTMS score, una misura dell'attenzione sostenuta e della capacità di inibire stimoli irrilevanti, e non il PE score, riportò differenze significative tra il gruppo ADHD e il gruppo di controllo, lo studio sembra supportare la teoria secondo cui il deficit nel controllo inibitorio sia il disturbo centrale nell'ADHD. La ricerca suggerisce che il WCST richiede una varietà di processi cognitivi, legati o meno alle FE, e che la memoria di lavoro e il controllo inibitorio, in particolare, contribuiscono ad aspetti differenti della prestazione in tale compito. In generale, si può dire che il Wisconsin Card Sorting Test dipenda, oltre che dalla flessibilità cognitiva, da processi quali l'inibizione di risposte prepotenti ma errate,

l'uso del feedback, l'abilità di risolvere problemi concettuali, la verifica delle ipotesi, la ricerca organizzata e la pianificazione strategica.

Tower of London e Tower of Hanoi. I cosiddetti “tower tasks” richiedono al soggetto di pianificare, eseguire e monitorare una sequenza di movimenti e sono usati per indagare la memoria di lavoro e l'abilità di pianificazione. Il Tower of Hanoi (ToH; Simon, 1975) si compone di una tavoletta con tre aste verticali della stessa altezza, su cui sono disposti tre o quattro dischi di diametro differente. Il partecipante deve, una alla volta, spostare i dischi sulle aste per replicare la configurazione mostrata dallo sperimentatore, facendo attenzione a non posizionare un disco più grande su uno più piccolo. Nel Tower of London (ToL; Shallice, 1982), invece, le aste sono di altezza diversa e al posto dei dischi si usano tre palline di grandezza uguale ma di colore diverso; in questo caso, i partecipanti devono raggiungere una data configurazione in un numero stabilito di mosse e il compito è costruito in modo tale che sull'asta più corta ci sia spazio solo per una pallina, sull'asta centrale per due e sull'asta più alta per tre. Questi test sono usati per indagare la memoria di lavoro e l'abilità di problem-solving e di pianificazione, in quanto, per poter completare il compito, si richiede all'individuo di visualizzare la soluzione diverse mosse in anticipo. Uno studio del 1997 (Humes, Welsh, Retzlaff, Cookson) si propose di indagare se i due tasks misurassero gli stessi processi cognitivi. I risultati evidenziarono una bassa validità convergente tra ToH e ToL, dovuta, secondo gli autori, alla scarsa coerenza interna del Tower of London, e, di conseguenza, misero in dubbio la possibilità di considerare questi due compiti come due versioni dello stesso test. Nonostante ci siano diverse evidenze che indicano che sia il ToL che il ToH riflettono lesioni o disfunzioni delle regioni cerebrali prefrontali, che sottendono le funzioni esecutive, i risultati degli studi condotti sul rapporto tra ADHD e questi compiti sono contrastanti. Uno studio di Geurts et al. (2005) non trovò differenze nella prestazione del ToL tra bambini con ADHD e bambini sani. Al contrario, nel 1994, Weyandt e Willis trovarono che i bambini con ADHD mostravano deficit nel Tower of Hanoi e, similamente, una metanalisi del 2005 (Willcutt et al.) riportò che il gruppo ADHD differiva in maniera significativa dai controlli sani nello stesso compito, nonostante questa differenza fosse più consistente nel Tower of Hanoi e nelle Porteus Mazes, un'altra misura dell'abilità di pianificazione, rispetto che nel Tower of London.



Altri test popolari del funzionamento esecutivo che sono stati utilizzati nello studio dei deficit neuropsicologici legati all'ADHD includono il *Matching Familiar Figures Test* (MFFT; Kagan et al., 1964) per valutare l'impulsività e lo *Stroop Test* (Stroop, 1935), una misura dell'abilità di controllo delle interferenze, che è, secondo Barkley, un aspetto dell'inibizione comportamentale. Il paradigma del *Go/No-Go*, in cui l'individuo deve rispondere a uno stimolo “go” e inibire la sua risposta a uno stimolo “no-go”, è un altro compito classico del controllo inibitorio. Il *Trail Making Test* (TMT; Partington et al., 1938), soprattutto la condizione B, in cui il soggetto deve connettere numeri e lettere, alternandoli in ordine crescente (per esempio: 1,A,2,B), fornisce una misura della flessibilità cognitiva. Le abilità di pianificazione e organizzazione vengono spesso valutate, oltre che con i tower tasks, anche con il *Rey-Osterreith Complex Figure Test* (ROCFT; Rey, 1941, Osterreith, 1944) o i *Porteus Mazes* (Porteus, 1965). La *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* (CANTAB) comprende 25 sottotest che vengono spesso impiegati per valutare funzioni esecutive quali la pianificazione, il set-shifting e la memoria di lavoro spaziale e verbale. Il compito di *Self-ordered Pointing* (SoP; Petrides et al., 1982) costituisce anch'essa una misura della

memoria di lavoro. Infine, diversi test della fluenza verbale, tra cui il *Controlled Oral Word Association Task* (COWAT; Benton et al., 1978), che valuta la produzione spontanea di parole che appartengono alla stessa categoria o che iniziano con una certa lettera, vengono utilizzati nell'assessment delle funzioni esecutive nell'ADHD.

3. La disfunzione esecutiva nell'ADHD e le problematiche legate alla sua valutazione

Nonostante esista un generale consenso circa la compromissione del funzionamento esecutivo nell'ADHD, la precisa natura dei deficit e la loro specificità al disturbo restano tuttora poco chiari. I risultati degli studi sono per lo più inconsistenti e una disfunzione esecutiva è riportata comunemente solo in alcuni e non tutti i test cognitivi per le FE. Per esempio, nel 1994, Weyandt e Willis, prendendo in esame 115 bambini di età dai 6 ai 12 anni, di cui 36 con ADHD, 34 con un disturbo evolutivo del linguaggio e 45 controlli sani, trovarono che gli individui con ADHD riportavano una prestazione inferiore ai bambini senza alcun disturbo solamente in due compiti del funzionamento esecutivo: il Matching Familiar Figures Test (in particolare, nel numero totale degli errori commessi) e il Tower of Hanoi. Gli altri quattro compiti del funzionamento esecutivo, in cui non si osservarono differenze significative, erano il Wisconsin Card Sorting Test, visual search, verbal fluency, le mazes. Reader et al. (1994), similmente, dimostrarono che i 48 bambini con ADHD inclusi nel loro studio riportavano una prestazione inferiore alla media in due delle quattro misure del funzionamento esecutivo (Wisconsin Card Sorting Test, Test of Variables of Attention, Word Fluency, Rex Complex Figure); in questo caso, in contrasto con lo studio appena menzionato, l'ADHD risultava correlata a una scarsa prestazione nel WCST, oltre che nel TOVA.

Studi successivi hanno, di conseguenza, suggerito la presenza nell'ADHD di deficit di specifiche funzioni esecutive anziché di una disfunzione esecutiva globale.

Tra i modelli che cercano di individuare uno specifico deficit esecutivo caratteristico dell'ADHD, il più influente è quello di Barkley, il quale enfatizza l'importanza dell'inibizione comportamentale. Barkley sostiene che il deficit primario nel controllo inibitorio, capacità che permette di inibire risposte prepotenti, di interrompere una risposta in corso e di controllare le interferenze, determini secondariamente, nell'ADHD, oltre che una fluenza motoria deficitaria, ulteriori disfunzioni in altre quattro aree esecutive: la memoria di lavoro, l'autoregolazione degli interessi, della motivazione e dell'attivazione, il discorso interiorizzato e la ricostruzione. Ciò spiegherebbe, secondo il modello, la presenza negli individui con ADHD di difficoltà nell'autoregolazione e nel comportamento finalizzato. Un importante review del 1996 di Pennigton e Ozonoff studiò il funzionamento esecutivo in quattro disturbi del neurosviluppo: ADHD, disturbo della condotta (CD), autismo (ASD) e Sindrome di Tourette (TS). L'ADHD risultò essere associato, oltre che a scarsa velocità percettiva (Coding e Symbol Digit) e scarsa vigilanza (GDS), a una prestazione deficitaria nel Tower of Hanoi, nel Matching Familiar Figure Test (errors), nello Stroop, nel Trail Making Test B e nelle misure di inibizione motoria. In particolare, i soggetti con ADHD riportavano in maniera più consistente deficit nell'inibizione motoria, esibendo una prestazione normale nella memoria di lavoro verbale, mentre negli individui con autismo si verificava il fenomeno opposto. Il ruolo del controllo inibitorio è stato largamente discusso. Oosterlaan, Logan e Sergeant (1998) pubblicarono una metanalisi di studi precedentemente condotti con il Stop Signal Task per indagare l'abilità di inibizione della risposta in bambini con ADHD, a confronto con bambini sani, ansiosi, con CD e con sia ADHD che CD. La ricerca dimostrò che i bambini con ADHD, a differenza dei bambini sani e ansiosi, manifestavano una scarsa capacità di inibizione delle risposte e un processo inibitorio più lento. Nel 2005, Lijffijt et al. effettuarono un'altra metanalisi di studi sul Stop Signal Task, mettendo in dubbio l'affermazione che i risultati ottenuti da Oosterlaan et al. riflettessero effettivamente la presenza di un deficit nel controllo inibitorio nell'ADHD e non, per esempio, un generale deficit attentivo. Da quest'ultimo studio emerse ulteriore supporto al modello secondo cui il disturbo nel controllo inibitorio motorio costituisce il deficit primario nell'ADHD. Tuttavia, ciò è

stato provato valido in particolare per gli adulti, mentre la performance nel Stop Signal Task dei bambini sembrava mostrare il coinvolgimento di altri meccanismi cognitivi oltre l'inibizione, come il controllo attentivo. Una possibilità presa in considerazione dagli autori è quella secondo cui, nei bambini con ADHD, i deficit nell'inibizione motoria e nell'attenzione siano correlati a una compromissione della memoria di lavoro: l'esecuzione del Stop-Signal Task potrebbe richiedere l'impiego della memoria di lavoro in misura maggiore in età evolutiva che in età adulta, in cui sembra essere invece più decisiva l'abilità di controllo inibitorio. Questi risultati sottolineano la necessità di raccogliere più dati circa l'ADHD adulto e la complessità del profilo neuropsicologico del disturbo, in quanto l'ADHD potrebbe presentare caratteristiche cognitive differenti in età evolutiva e in età adulta.

La memoria di lavoro infatti sembra avere anch'essa un ruolo importante nel disturbo da deficit di attenzione/iperattività. Goldberg et al. (2005) indagarono la compromissione del funzionamento esecutivo in bambini con autismo ad alto funzionamento (HFA) e in bambini con ADHD. Lo studio venne condotto su 17 bambini con HFA, 21 bambini con ADHD e 32 controlli sani, dagli 8 ai 12 anni, ai quali vennero somministrati lo Stroop Color and Word Test (misura dell'inibizione) e il Stockings of Cambridge task (pianificazione spaziale), il Intra-Dimensional/Extra-Dimensional set-shifting task e il Spatial Working Memory task presi dal Cambridge Automated Neuropsychological Test and Battery (CANTAB). Il gruppo ADHD non mostrò nessun deficit nelle misure di inibizione, pianificazione e flessibilità cognitiva e la memoria di lavoro spaziale risultò l'unica ad essere compromessa. Similmente, la metanalisi condotta da Martinussen et al. (2005) trovò che i bambini con ADHD riportavano una compromissione della memoria di lavoro, più marcata per la componente spaziale, sia in termini di magazzino e che del centrale esecutivo, rispetto che per la componente verbale. Questi risultati sono compatibili con il coinvolgimento dell'emisfero destro, implicato nei compiti di memoria di lavoro spaziale, nell'ADHD; tuttavia, come sottolineano gli autori, questi deficit spaziali potrebbero essere dovuti alla co-presenza di un disturbo evolutivo della coordinazione motoria, legato a difficoltà nell'elaborazione visuo-spaziale, e pertanto resta necessario indagare se eventuali comorbidità hanno contribuito a queste osservazioni.

Nonostante i deficit dell'inibizione comportamentale e della memoria di lavoro siano i più comunemente discussi, i molteplici studi hanno evidenziato altri aspetti del funzionamento esecutivo la cui prestazione nei test cognitivi risulta essere scarsa in individui con ADHD. Uno studio di Wu et al. del 2002 sottolinea, per esempio, il ruolo della regolazione delle risorse attentive. I ricercatori intendevano indagare, nello specifico, se i deficit esecutivi riscontrati in individui con ADHD fossero dovuti a una co-presenza di eventuali difficoltà di apprendimento (LDs - Learning Disabilities), e inclusero nel loro studio 58 bambini con ADHD senza LD, 25 con ADHD e LD e 29 controlli, tutti d'età compresa tra i 7 e i 13 anni. I test somministrati consistevano nel Stroop Color and Word Test (attenzione selettiva), nel Contingency Naming Test (orientamento dell'attenzione), nel Digit Span del WISC-III (capacità di attenzione), nel Tower of London (impulsività, problem-solving e pianificazione) e in due sottotest del Test of Everyday Attention for Children (TEACH), il Sky Search (attenzione selettiva) e il Code Transmission (attenzione sostenuta). Deficit legati specificatamente all'ADHD vennero identificati nelle misure della velocità di elaborazione del Stroop Color and Word Test, del Contingent Naming Test e del Sky Search test. Inoltre, i soggetti con ADHD mostrarono una compromissione nell'attenzione sostenuta, valutata dal Code Transmission test, mentre nessun deficit specifico venne identificato per quanto riguarda le abilità di spostamento dell'attenzione, pianificazione, problem-solving e per l'impulsività. Wu e colleghi interpretarono questi risultati affermando che la velocità inferiore di elaborazione e il deficit nell'attenzione sostenuta fossero dovuti a difficoltà nella regolazione dello sforzo o dell'attivazione. La metanalisi di Willcut et al. (2005) esaminò la prestazione in 13 misure esecutive: il Stop-Signal

Reaction Time, il CPT commission errors, il CPT omission errors, il Wisconsin Card Sorting Test perseverative errors, il Trail Making Test Part B, il Tower of Hanoi o London, i Porteus Mazes (pianificazione), il Rey-Osterreith Complex Figure Test, il Working Memory Sentence Span, il Digit Backword , il Self-ordered Pointing e il CANTAB Spatial Working Memory. I dati ottenuti riportarono che le differenze tra il gruppo ADHD e i controlli fossero le più consistenti per il Stop-Signal Reaction Time, una misura del controllo inibitorio, e per il CPT Omission errors, legato all'attenzione selettiva. Inoltre, sono state osservate compromissioni significative nell'abilità di pianificazione, più marcati nel Tower of Hanoi e nei Porteus Mazes piuttosto che nel Tower of London e nel Rey-Osterreith Complex Figure Test, e nella memoria di lavoro spaziale, oltre che verbale. Anche i risultati del WCST hanno mostrato delle differenze, ma in misura minore; di conseguenza, come suggeriscono anche altri risultati ottenuti con lo Stroop Test e diverse misure visuo-spaziali, la flessibilità cognitiva, il controllo delle interferenze e l'orientamento visuo-spaziale dell'attenzione non sembrano essere le funzioni primariamente affette nell'ADHD. Corbett e colleghi (2009) somministrarono una serie di test della vigilanza, inibizione, memoria di lavoro, flessibilità cognitiva, pianificazione e fluency a 18 bambini con ADHD, 18 con HFA e 18 controlli sani. La batteria neuropsicologica comprendeva: l'Integrated Visual and Auditory CPT, i Spatial Span test, Spatial Working Memory test, Intra-Extra Dimensional Set Shifting test e Stockings of Cambridge del CANTAB, il Children's Color Trails test 1 & 2 e i Color Word Interference Test, Category Switching test e Letter Fluency and Category Fluency del Dellis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS). Gli individui con ADHD esibiscono una scarsa prestazione nelle misure di vigilanza o attenzione sostenuta, controllo inibitorio e memoria di lavoro.

Pochi studi sono stati condotti per l'ADHD in età adulta. Young et al. (2000) somministrarono tre test, il Letter Cancellation Test per l'attenzione selettiva, il Continuous Performance Test per l'attenzione sostenuta e il Matching Familiar Figures Test per l'impulsività, a tre gruppi di adulti comparabili per età (età media di 24 anni), genere e classe sociale, per indagare i deficit neuropsicologici legati all'ADHD in età adulta. I soggetti in questione includevano 30 individui diagnosticati con ADHD e un gruppo di controllo di 30 individui affetti da altri disturbi, quali disturbo d'ansia, depressione, disturbo della personalità e sintomi disforici, oltre a un altro gruppo di 30 controlli sani. I risultati ottenuti dal Letter Cancellation Test mostrarono come, nonostante non ci fossero differenze significative tra i gruppi in termini di velocità di esecuzione, il gruppo ADHD effettuò maggiori cancellazioni di lettere rispetto al gruppo sano. Nel Continuous Performance Test, il gruppo ADHD identificò significativamente più falsi negativi (omissioni) e falsi positivi (commissioni) rispetto al gruppo sano; mentre il test dell'impulsività trovò che il gruppo ADHD effettuò più errori rispetto sia al gruppo sano che al gruppo clinico di controllo. I tre test somministrati sono quindi in grado di discriminare individui con ADHD da individui sani, ma lo stesso non può essere affermato per gli individui affetti da altre psicopatologie: solo il Matching Familiar Figures Test ha dimostrato la capacità di discriminare il gruppo ADHD dal gruppo clinico, evidenziando l'importanza del controllo dell'impulso nella caratterizzazione del disturbo da deficit di attenzione/iperattività.

Nelle tabelle 1 e 2 viene fornito un riassunto dei dati sopra citati, al fine di avere una visione complessiva delle differenze metodologiche e dei risultati eterogenei che caratterizzano la ricerca in questo ambito. La prima tabella riporta gli studi sperimentali di gruppo, mentre la seconda riporta le metanalisi. Nell'ultima colonna, le FE evidenziate in grassetto sono quelle che sono risultate essere compromesse negli individui con ADHD a confronto solamente con controlli sani e non, se presenti, con controlli clinici.

Tabella 1.

STUDIO	SOGGETTI	TEST DIAGNOSTICI PER L'ADHD	ETA'	TEST SOMMINISTRATI	FE VALUTATE E DEFICITARIE NELL'ADHD
Reader et al. (1994)	48 con ADHD	- DSM-III-R - Conners Parent Symptom Questionnaire - Achenbach Child Behavior Checklist - WISC-R	6-13	- ROCF - TOVA - WCST - Word Fluency	- pianificazione - flessibilità cognitiva - attenzione sostenuta - fluenza verbale
Weyandt et al. (1994)	115, di cui: 36 con ADHD 34 con disturbo del linguaggio 45 sani	- DSM - CTRS-R - CPRS-R - Raven's Coloured Progressive Matrices	6-12	- MFFT - Mazes - ToH - Verbal Fluency task - Visual search task - WCST	- impulsività - flessibilità cognitiva - pianificazione - visual search - fluenza verbale
Young et al. (2000)	90, di cui: 30 con ADHD 30 controlli sani 30 con altre psicopatologie (disturbo d'ansia, depressione, disturbo della personalità e sintomi disforici)	- DSM-IV - Conners 10-Symptom Abbreviated Parent Questionnaire (in età evolutiva)	24= età media	- Letter Cancellation Test - CPT - MFFT	- attenzione selettiva - attenzione sostenuta - impulsività
Wu et al. (2002)	112, di cui: 58 con ADHD 25 con ADHD e LD 29 sani	- DSM-IV - BASC-PRS	7-13	- Contingency naming Test - Digit Span (WISC-III) - Stroop task - Sky Search (TEA-Ch) - Code Transmission (TEA-Ch) - ToL	- orientamento dell'attenzione - attenzione selettiva - attenzione sostenuta - pianificazione - problem-solving - impulsività
Geurts et al. (2005)	16 con ADHD-I 16 con ADHD-C 16 sani	- DBD - WISC-R - DISC-IV - ADI-R	6-13	- Change task - Circle Drawing task - Opposite Worlds (del TEA-Ch) - SoP - ToL - WCST - COWAT	- inibizione di una risposta prepotente - inibizione di una risposta in corso - flessibilità cognitiva

					- memoria di lavoro - pianificazione - capacità di generare risposte nuove
Goldberg et al. (2005)	70, di cui: 17 con HFA 21 con ADHD 32 sani	- DSM-IV - DICA-IV - CPRS-R - CTRS-R	8-12	- Stroop task - SOC (CANTAB) - ID/ED (CANTAB) - SWM (CANTAB)	- inibizione - pianificazione - flessibilità cognitiva - memoria di lavoro spaziale
Mullane et al. (2007)	30, di cui: 15 con ADHD 15 sani	- DSM-IV-TR - PICS - versione modificata del Teacher Telephone Interview for Children With ADHD and Related Disorders - CPRS-R - CTRS-R	6-11	- WCST - Stop Task - WMC - DSB	- flessibilità cognitiva - impulsività - inibizione - memoria di lavoro
Corbett et al. (2009)	18 con HFA 18 con ADHD 18 sani	- DISC	7-12	- IVA - Color Word Interference Test (D-KEFS) - SSP (CANTAB) - SWM (CANTAB) - DK T-Switch (D-KEFS) - ID/ED (CANTAB) - CCTT-1&2 - SOC (CANTAB) - Letter Fluency and Category Fluency tests (D-KEFS)	- inibizione - memoria di lavoro - flessibilità cognitiva - pianificazione - fluenza - vigilanza

Tabella 2.

METANALISI	CRITERI INCLUSIONE-ESCLUSIONE	N° STUDI	TEST SOMMINISTRATI (IN TOTALE)	FE VALUTATE E PIU' SPESSO DEFICITARIE NELL'ADHD
------------	-------------------------------	----------	--------------------------------	---

Pennington et al. (1996)	Non specificati	18	<ul style="list-style-type: none"> - WCST - TMT B - MFFT - Stroop - Mazes - Letter fluency - Category fluency - Design fluency - ToH - ICD Test - Go/No-Go - SoP - Price Est - Conflicting Motor Response - Stopping task - CPT contingent version - AST - Pro Fig - Color Forms - Sequential Memory Test - Necker Cube - KABC (hand movements) - SMMT - NEPSY 	<ul style="list-style-type: none"> - flessibilità cognitiva - pianificazione - inibizione - fluenza - memoria di lavoro verbale
Oosterlaan et al. (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - gli studi contengono almeno un gruppo clinico di interesse (tra ADHD, CD o ADHD+CD, disturbo d'ansia) - gli studi includono un gruppo di controlli sani 	8	<ul style="list-style-type: none"> - Stop Signal Task 	<ul style="list-style-type: none"> - inibizione
Lijffijt et al. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> - gli studi indagano e descrivono gruppi indipendenti - gli studi includono partecipanti con ADHD/ADD diagnosticati secondo DSM-III, DSM-III-R, DSM-IV oppure che sono risultati iperattivi, impulsivi o inattentivi (ma non aggressivi) nelle scale diagnostiche sia per genitori che per insegnanti - gli studi includono partecipanti che si sono astenuti da medicazione 		<ul style="list-style-type: none"> - Stop Signal Task 	<ul style="list-style-type: none"> - inibizione

	almeno 1 giorno prima del testing - gli studi riportano medie e DS o statistiche esatte (t o F values)			
Martinussen et al. (2005)	- gli studi includono bambini diagnosticati secondo DSM-III, DSM-III-R o DSM-IV o che hanno esibito sintomi clinicamente significativi in uno strumento di screening validato - gli studi includono almeno un gruppo di controlli sani - gli studi includono bambini con QI >70 - ogni studio include la valutazione di almeno uno dei quattro componendi della memoria di lavoro (magazzino verbale o spaziale, centrale esecutivo verbale o spaziale)	26	Non specificati - misure del magazzino verbale e spaziale devono richiedere l'immagazzinamento a breve termine di informazioni, presentate temporaneamente, linguistiche (per esempio, digit span o word span) o spaziali (come spatial span o Corsi blocks) e il loro recuperare immediato - misure del centrale esecutivo devono richiedere il mantenimento e la manipolazione di stimoli verbali o spaziali	- memoria di lavoro verbale (magazzino) - memoria di lavoro spaziale (magazzino) - memoria di lavoro verbale (centrale esecutivo) - memoria di lavoro spaziale (centrale esecutivo)
Willcut et al. (2005)	Non specificati	83	- SWM (CANTAB) - CPT - Digit Backword - Porteus Mazes - ROCF - Self-ordered Pointing - SST - ToH/ToL - TMT - WCST - Working Memory Sentence Span	- inibizione - attenzione selettiva - pianificazione - vigilanza - flessibilità cognitiva - memoria di lavoro verbale - memoria di lavoro spaziale

Tutte queste evidenze supportano la nozione secondo cui l'ADHD è un disturbo neuropsicologicamente eterogeneo, in quanto la natura delle disfunzioni esecutive varia significativamente da caso a caso. Kofler, Irwin, Soto, Groves, Harmon e Sarver (2019) condussero di recente uno studio sull'eterogeneità dei deficit nelle tre principali funzioni esecutive: memoria di lavoro (Working Memory reordering, Letter updating), controllo inibitorio (Stop-Signal, Go/No-go) e set-shifting (Global-local, Number-color). Lo studio includeva 136 bambini (64 femmine), tra gli 8 e i 13 anni, che completarono una valutazione diagnostica comprendente un'intervista clinica

semi-strutturata con la Kiddie Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Aged Children (K-SADS) e una valutazione da parte di genitori e insegnanti secondo il Behavior Assessment System for Children (BASC-2/3) e il ADHD Rating Scale-4/5 (ADHD-4/5). 55 bambini furono inclusi nel gruppo ADHD e di questi casi, seguendo i criteri del DSM-5, 39 vennero classificati come ADHD-C, 14 come ADHD-I e 2 come ADHD-H. Gli 81 bambini rimanenti vennero inseriti nel gruppo non-ADHD: il 77% di questi era costituito da soggetti neurotipici, mentre il 13% aveva un disturbo d'ansia, il 5% il disturbo autistico, il 4% un disturbo depressivo e l'1% il disturbo oppositorio provocatorio. Nessuno dei soggetti del gruppo non-ADHD riportava un disturbo dell'apprendimento nella lettura o nella matematica. I risultati indicarono che 49 dei 55 bambini (89%) mostrarono una disfunzione in almeno una delle tre funzioni esecutive (il 54% manifestò deficit in un aspetto esecutivo e il 35% in due o tutte e tre le FE), di cui il 62% riportò una compromissione nella memoria di lavoro, il 27% nel controllo inibitorio e il 38% nel set-shifting. Quando le FE venivano definite come un costrutto unitario, non considerato nelle sue diverse componenti, solamente il 35% riportò compromissioni esecutive. Tra i bambini con e senza deficit esecutivi, non c'erano differenze in termini di sintomi di ADHD, età, genere, QI, status socioeconomico e trattamento farmacologico, con l'eccezione che i bambini con compromissioni della memoria di lavoro erano lievemente più giovani dei bambini senza questo deficit e, secondo le valutazioni di genitori e insegnanti, mostravano più spesso sintomi di inattenzione e iperattività/impulsività.

Oltre a dimostrare che il disturbo da deficit di attenzione/iperattività è caratterizzato da eterogeneità neurocognitiva, questa ricerca mette in luce diversi aspetti interessanti che contribuiscono a complicare lo studio del funzionamento esecutivo in relazione a questo disturbo. Secondo i risultati, l'11% dei bambini con ADHD venne classificato come non compromesso in nessuna delle misure esecutive. Nell'introduzione allo studio, gli autori, basandosi su dati derivanti da ricerche precedentemente condotte, menzionarono che la stima della proporzione dei casi di ADHD che esibisce una qualche forma di disfunzione esecutiva variava dal 21 al 60%. Infatti, molteplici altri studi hanno suggerito la presenza di individui con ADHD che tuttavia esibiscono una prestazione normale, non deficitaria, nei compiti delle funzioni esecutive. Doyle, nel suo review del 2005, propose due spiegazioni di questo fenomeno. La prima è che questi "executive function tasks" non siano misure affidabili del funzionamento frontale e, di conseguenza, non siano in grado di rilevare sempre eventuali disfunzioni esecutive. Errori nella misurazione possono essere introdotti, per esempio, da una bassa sensibilità dello strumento di valutazione delle FE. Infatti, questi test sono stati spesso originariamente sviluppati per misurare gli effetti di gravi lesioni cerebrali e pertanto potrebbero rilevare solo i casi più pesantemente compromessi della distribuzione, non cogliendo deficit più moderati. Inoltre, sembrano esistere meccanismi compensatori che permettono ad alcuni individui di usare risorse cognitive alternative e di esibire una prestazione normale in compiti che di base richiederebbero il coinvolgimento delle aree frontali.

La seconda possibilità è che il deficit del funzionamento esecutivo non costituisca il disturbo principale nell'ADHD. Come riferiscono anche Kofler e colleghi (2019), altri processi neurocognitivi, oltre le FE, sono stati proposti come meccanismi causali nell'ADHD, tra cui il delay aversion, la minore velocità di elaborazione, la scarsa elaborazione temporale e il deficit nella regolazione dello stato di attivazione o arousal. Nella pubblicazione del 2003 di Sergeant, Geurts, Huijbregts, Scheres e Oosterlaan sono descritti i cinque principali modelli dell'ADHD: il Delay Aversion Model, il Behavioral Inhibition/Activation model, l'Inhibition model (di Barkley), l'executive function model e il cognitive-energetic model. Il modello motivazionale, o di delay aversion, sostiene che i bambini con ADHD non riescano ad aspettare una gratificazione differita nel tempo, preferendo una piccola ricompensa immediata rispetto a una grande ricompensa posticipata. Per esempio, Oosterlaan e colleghi, nella loro metanalisi, avevano preso in considerazione la possibilità che la scarsa capacità inibitoria osservata nel Stop Signal Task fosse

dovuta al tentativo da parte dei bambini con ADHD di ridurre la dilazione della risposta e non a un'inibizione deficitaria di per sé. Il modello del Behavioral Inhibition/Activation si basa sulla teoria secondo cui il comportamento dipende dall'attività di due sistemi cerebrali opposti: il Behavioural Inhibition System (BIS), sensibile ai segnali di punizione, e il Behavioural Activation System (BAS), sensibile ai segnali di ricompensa. In particolare, il modello afferma che i bambini con ADHD mostrano un BAS iperattivo e un BIS ipoattivo, per cui questi bambini esibiscono dei deficit nel controllo inibitorio. Secondo il modello energetico-cognitivo, invece, le difficoltà mostrate nei compiti esecutivi da parte di individui con ADHD sono dovute a compromissioni nei meccanismi di attivazione, arousal e sforzo che controllano la distribuzione delle risorse cognitive, e non a risorse deficitarie di per sé.

La validità della cosiddetta "executive function theory" per il disturbo da deficit di attenzione/iperattività venne verificata da Willcut et al. (2005). Quattro sono i criteri che devono essere soddisfatti affinché il deficit nelle FE sia considerato il disturbo primario nell'ADHD: (1) gli individui con ADHD devono costantemente esibire compromissioni nelle misure del funzionamento esecutivo, (2) i deficit esecutivi devono spiegare una parte sostanziale della varianza nei sintomi di ADHD, (3) i deficit esecutivi devono essere presenti nella maggior parte dei soggetti con ADHD, (4) deficit esecutivi e sintomi di ADHD devono essere attribuiti a un'etiologia comune. La metanalisi rilevò che meno della metà dei soggetti con ADHD riportavano compromissioni significative in un compito esecutivo specifico e che la correlazione tra i sintomi di ADHD e le prestazioni nei compiti esecutivi è spesso significativa ma molto bassa. Inoltre, le funzioni esecutive e l'ADHD sembrano essere riconducibili a fattori genetici comuni ma gli studi suggeriscono che l'effetto dei fattori genetici e ambientali sull'ADHD è indipendente rispetto alle influenze che determinano un disturbo nelle FE. Gli autori conclusero che, nonostante il disturbo fosse chiaramente legato a compromissioni di diverse aree chiave del funzionamento esecutivo, i deficit esecutivi non erano necessari né sufficienti per determinare l'ADHD. Pertanto, nello studio del disturbo, è fondamentale tenere in considerazione la relazione tra le diverse FE così come quella tra FE e altri processi cognitivi, emozionali e motivazionali.

Come dimostra lo studio di Kofler et al. (2019), le inconsistenze circa la natura e il grado del coinvolgimento delle funzioni esecutive nell'ADHD non sembrano quindi essere solamente il prodotto delle differenze metodologiche che hanno caratterizzato gli studi in questo ambito. Riportando di nuovo Doyle (2005), la storia familiare di ADHD e la variabilità dei sintomi nel decorso dall'età evolutiva a quella adulta potrebbero influire, in parte, sull'eterogeneità del profilo del disturbo. È stato anche ipotizzato che i sottotipi del disturbo possano corrispondere a pattern differenti del funzionamento esecutivo. Tuttavia, la maggior parte degli studi condotti non supportano questa teoria. Geurts e colleghi (2005) testarono se soggetti con ADHD tipo prevalentemente inattentivo (ADHD-I) e soggetti con ADHD tipo combinato (ADHD-C), diagnosticati secondo il DSM-IV-TR, potessero essere distinti sulla base della loro performance nei compiti esecutivi. Ai partecipanti, che consistevano in 16 bambini con ADHD-I, 16 con ADHD-C e 16 controlli sani, tutti d'età compresa fra i 6 e i 13 anni, vennero somministrati il Change Task (inibizione di una risposta prepotente, esecuzione di una risposta e flessibilità cognitiva), il Circle drawing task (inibizione di una risposta in corso), l'Opposite Worlds of the Test of Everyday Attention for Children (soppressione di una risposta verbale automatica), il Self-ordered Pointing Task, il Tower of London, il WCST e una versione adattata del Controlled Word Association Task, insieme ad altri compiti per valutare aspetti non esecutivi, come l'integrazione e la memoria visuo-spaziali, la memoria semantica e la capacità di categorizzazione. I due sottotipi non mostrarono differenze in nessuna delle misure esecutive e non esecutive, dimostrando di non costituire due disturbi distinti dal punto di vista neuropsicologico. Infine, anche le comorbidità, presenti in quasi metà dei bambini con ADHD, sembrano modificare il profilo neuropsicologico del disturbo, aggravando o attenuando i deficit delle funzioni esecutive. Le comorbidità più comuni includono il disturbo della condotta (CD), il disturbo oppositivo provocatorio (ODD), la sindrome di Tourette

(TS), la depressione e le difficoltà di apprendimento (LD, learning disabilities), in particolare nella lettura (RD, reading disabilities).

Un altro aspetto che mina la validità della teoria delle funzioni esecutive è la constatazione che una serie di altri disturbi, tra cui più comunemente l'ASD, il CD, l'ODD e la TS, presenta una disfunzione dei processi esecutivi. Citando Pennington e Ozonoff (1996), ci si può riferire al problema che si pone quando disturbi comportamentali sintomatologicamente differenti sono tutti determinati dalla stessa disfunzione cognitiva e neurale come a un "problema di validità discriminante". Poiché un deficit perché sia "primario" deve essere universale, specifico, necessario e sufficiente a causare i sintomi di un disturbo, la disfunzione esecutiva, per come viene attualmente valutata, non può essere primaria in nessuno dei disturbi menzionati o nell'ADHD. I deficit delle FE potrebbero quindi essere artefatti o degli effetti secondari di uno sviluppo atipico. Dall'altro lato, ogni compito cognitivo potrebbe richiedere molteplici funzioni esecutive e gruppi clinici differenti potrebbero esibire una prestazione deficitaria in diversi modi e misure. Tuttavia, l'impiego dei test esecutivi, non essendo questi abbastanza dettagliati, non ha permesso finora di rilevare differenze significative nel profilo neuropsicologico di questi disturbi del neurosviluppo. L'unico risultato costante che sembra emergere dagli studi è che la disfunzione esecutiva è meno consistente nel CD o nell'ODD rispetto all'ASD e all'ADHD e che i soggetti con autismo manifestano, nel complesso, deficit esecutivi più gravi dei bambini con ADHD. Gli individui con ASD sembrano in particolare essere più compromessi nella flessibilità cognitiva, nel Wisconsin Card Sorting Test, e nella pianificazione, misurata con i tower tasks (Pennington et al., 1996; Sergeant et al., 2002). Pennington e Ozonoff (1996) trovarono una doppia dissociazione tra l'inibizione motoria nell'ADHD e la memoria di lavoro verbale nell'autismo. La metanalisi del 2016 di Craig e colleghi confrontò i deficit nelle aree esecutive di inibizione, memoria di lavoro, attenzione, pianificazione, monitoraggio, elaborazione preparatoria, fluenza e formazione dei concetti in individui con ADHD, ASD e ADHD+ASD. Nessuna differenza significativa tra questi gruppi venne rilevata nella loro performance nei compiti di attenzione, memoria di lavoro e fluenza; tuttavia, i bambini con ASD e ADHD+ASD mostrarono di esibire più compromissioni nella flessibilità cognitiva e nella pianificazione, mentre deficit inibitori erano più presenti in soggetti con ADHD e, di nuovo, ADHD+ASD.

La capacità dei specifici test neuropsicologici di discriminare tra ADHD e altri gruppi clinici venne studiata ampiamente, con risultati spesso negativi. In un review di Nichols e Waschbush del 2004, vennero esaminate la validità convergente (se il task è correlato ad altre misure comportamentali dell'ADHD), discriminante (se il task è in grado di discriminare individui con ADHD da individui sani o con altre psicopatologie) e predittiva (se la prestazione nel task si modifica in risposta al trattamento) di cinque compiti cognitivi utilizzati per l'assessment dei sintomi dell'ADHD: il Continuous Performance Test, inclusa la versione Gordon Diagnostic System (GDS), il Children's Checking Task, il Delay of Gratification Tasks, Choice-Delay Task e il Stop Signal Task. Il CPT, il più comunemente usato, sebbene sia in grado di discriminare ADHD da normali gruppi di controllo e rifletta le modifiche previste nella prestazione di individui affetti sotto medicazione, riporta evidenze discordanti circa la sua capacità di discriminare ADHD da altri gruppi clinici e la sua relazione con altre misure di ADHD. Il Choice-Delay Task, un compito che pone il partecipante di fronte a una scelta forzata tra una ricompensa piccola ma immediata e una grande ma dilazionata nel tempo, e il Stop Signal Task risultano essere le più promettenti, in quanto hanno maggiori evidenze a supporto della loro validità convergente; tuttavia, anche in questo caso, i dati circa la capacità dei test di discriminare individui con ADHD da individui con altre psicopatologie sono inconsistenti o addirittura assenti. La metanalisi di Oosterlaan et al. del 1998 aveva individuato un problema della stessa natura: gli individui con ADHD, con Disturbo della Condotta (CD) e con ADHD+CD, non mostravano, tra di loro, differenze significative nel funzionamento inibitorio così come valutato nel Stop Signal Task. Come gli autori menzionano, i risultati secondo cui il deficit inibitorio non è in grado di discriminare l'ADHD dal CD supportano il modello psicobiologico del

1988 di Quay, il quale sostiene che la disfunzione inibitoria sia caratteristica, più in generale, dei disturbi esternalizzanti, ovvero di tutti quei disturbi in cui il disagio interno viene diretto “verso l'esterno” tramite, per esempio, condotte quali l'aggressività, l'impulsività e l'atteggiamento di sfida. Un aspetto fondamentale del Behavioural Inhibition/Activation Model, su cui si basa la teorizzazione di Quay, è infatti quello di individuare nell'ADHD, ODD e CD un deficit inibitorio comune, per cui questi disturbi non possono essere discriminati tramite l'impiego di un test come il Stop Signal Task. Anche Sergeant et al. (2002) non trovarono differenze significative nel Stop Signal Reaction Time in individui sani, ansiosi, con ADHD e con ADHD+CD. Risultati simili vennero riportati per le altre misure del funzionamento esecutivo. Bloch et al. (2012) somministrarono il TOVA per l'attenzione sostenuta e diversi sottotest del CANTAB (Spatial Working Memory task, Stockings of Cambridge per la pianificazione capacità di pianificazione e il Intra-/Extra Dimensional Set-Shifting task) a 34 soggetti tra i 7 e i 17 anni. Gli autori non trovarono che i deficit delle funzioni esecutive riportate dai 27 bambini con una diagnosi di ADHD (secondo il Swanson, Nolan & Pelham Questionnaire, il Strengths and Difficulties Questionnaire e il Developmental and Well-Being Assessment) fossero caratterizzanti a confronto con gli individui con altre patologie, tra cui il disturbo della condotta, i disturbi dell'apprendimento, il disturbo d'ansia e sintomi depressivi. In particolare, i test cognitivi dell'attenzione sostenuta, della flessibilità cognitiva e della memoria di lavoro non contribuivano in maniera clinicamente significativa alla diagnosi di ADHD più di quanto facessero le interviste strutturali e le scale di valutazione del comportamento. Nel 2014, Munkvold et al. dimostrarono similmente che il Conners' Continuous Performance Test (CCPT-II) non fosse in grado di discriminare il gruppo ADHD dai bambini con ODD o con sia ADHD che ODD.

Questi studi evidenziano che i test esecutivi non hanno offerto finora informazioni utili circa la possibilità di identificare deficit neuropsicologici che caratterizzino in maniera specifica l'ADHD, e non altri disturbi, e mettono in dubbio l'effettiva utilità di una valutazione esecutiva nelle procedure diagnostiche. Duff e Sulla (2014) sottolineano un altro aspetto che di recente ha contribuito a complicare l'impiego dei test neuropsicologici in ambito clinico. Infatti, secondo alcuni studi condotti tramite tecniche di neuroimaging, le funzioni esecutive sembrano essere legate, invece che a regioni cerebrali focali, all'attività di network flessibili e dinamiche, che includono l'attenzione frontoparietale, dorsale e ventrale e circuiti sensomotori, visivi e limbici. La base teorica neurofisiologica dei compiti esecutivi appare quindi incerta. Inoltre, diversi test esecutivi non sembrano essere specificatamente legate a disfunzioni frontali: negli ultimi anni infatti è stato dimostrato come, per esempio, il WCST, lo Stroop e alcune misure della fluenza, non fossero in grado di discriminare pazienti con un danno frontale da soggetti con lesioni cerebrali più diffuse. Già nel 1996, Pennigton e Ozonoff avevano messo in luce un problema simile, sostenendo che questi compiti neuropsicologici potessero coinvolgere molteplici processi cognitivi all'interno della stessa corteccia prefrontale e, di conseguenza, sottolineando la poca chiarezza circa i meccanismi effettivamente implicati nei EF tasks. Un ruolo influente potrebbe essere svolto da aspetti non esecutivi, come la conoscenza e la salienza della categoria nel WCST o la cognizione spaziale nel Tower of Hanoi. Gli autori considerano la possibilità che, per esempio, anche aspetti dell'elaborazione sociale, come la comprensione dell'inganno, possano influire sulla prestazione del WCST, in cui lo sperimentatore “inganna” il partecipante cambiando il criterio di abbinamento senza avvertirlo.

4. Conclusione

Nel complesso, gli studi confermano la presenza di significative disfunzioni a livello esecutivo nel disturbo da deficit di attenzione/iperattività. Tuttavia la validità della teoria secondo cui la disfunzione esecutiva costituisce il disturbo primario nell'ADHD, come Barkley aveva proposto, non sembra essere confermata, in quanto la valutazione delle FE non ha permesso finora di definire un profilo sintomatologico specifico caratteristico del disturbo. Infatti, sebbene deficit nel controllo inibitorio, nella memoria di lavoro, soprattutto spaziale, e nella vigilanza siano di frequente rilevati in individui con ADHD, i risultati ottenuti sono per lo più inconsistenti e di difficile interpretazione, a causa di importanti problematiche che caratterizzano la ricerca in questo ambito. Gli studi differiscono significativamente nel numero, età e genere dei partecipanti, nelle variabili controllate nella selezione del campione, come per esempio le comorbidità, nei criteri diagnostici di riferimento e nei test somministrati. Insieme a queste differenze metodologiche, esistono problemi di natura più teorica, come l'inaccuratezza dei test neuropsicologici nel misurare le FE, la poca chiarezza dei meccanismi psicologici e cognitivi coinvolti in questi test e, ancora, l'imprecisione della definizione stessa delle funzioni esecutive. Infine, la constatazione che una percentuale di individui con ADHD non manifesta nessun tipo di disfunzione esecutiva e che altri disturbi, tra cui l'autismo, il disturbo della condotta, il disturbo oppositorio-provocatorio, esibisce compromissioni nel funzionamento esecutivo, rende salienti altri modelli, oltre a quello delle FE, per la teorizzazione del disturbo.

L'ADHD viene quindi concettualizzato come un disturbo neuropsicologicamente eterogeneo, in cui i deficit esecutivi sono presenti ma non universali, specifici, necessari né sufficienti a determinare il disturbo. La valutazione neuropsicologica non ha permesso di elaborare una descrizione omogenea e specifica dei sintomi del disturbo, con risultati contrastanti derivati soprattutto dalla somministrazione del Wisconsin Card Sorting Test, dallo Stroop Test, dai tower tasks e dai fluency tasks. Anche test che discriminano efficacemente l'ADHD dallo sviluppo tipico, come in primis il Stop Signal Test o il Continuous Performance Test, non si sono mostrate in grado di rilevare differenze tra le prestazioni di individui con ADHD e individui con altre psicopatologie.

Nonostante queste problematiche, la valutazione delle funzioni esecutive in individui con ADHD può essere utile, se non per confermare o escludere la diagnosi, per predire la severità dei deficit comportamentali e per la prognosi e la pianificazione del trattamento. Affinché i test esecutivi possano avere più applicazioni in ambito sperimentale e clinico, l'affidabilità di questi compiti va confermata, nei bambini così come negli adulti. Inoltre, si evidenzia la necessità di chiarire i specifici meccanismi cerebrali che sottostanno ai test esecutivi e di sviluppare degli strumenti che siano in grado di isolare in maniera più precisa i singoli processi cognitivi, al fine di migliorare l'interpretazione dei risultati derivanti dalle somministrazioni. Infine, è necessario tenere conto dei rapporti di influenza tra i fattori neurofisiologici, genetici, cognitivi, relazionali e sociali nello studio di un disturbo complesso ed eterogeneo quale è l'ADHD.

Bibliografia

- Barkley, R.A. (1997) Behavioral Inhibition, Sustained Attention and Executive Functions: Constructing a Unifying Theory of ADHD, *Psychological Bulletin*, Vol. 121 (1), 65-94.
- Bloch, Y., Fixman, M., Maoz, H., Bloch, A.M., Levkovitz, Y., Ratzoni, G., Aviram, S., Gal, G. (2012) Can Computerized Cognitive Tests Assist in the Clinical Diagnosis of Attention-Deficit Hyperactivity Disorder?, *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 24, 111–114.
- Collett, B.R., Ohan, J.L., Myers, K.M. (2003) Ten-year review of rating scales. V: scales assessing attention-deficit/hyperactivity disorder, *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 42 (9), 1015-1037.
- Corbett, B.A., Constantine, L.J., Hendren, R., Roche, D., Ozonoff, S. (2009) Examining executive functioning in children with autism spectrum disorder, attention deficit hyperactivity disorder and typical development, *Psychiatry Research*, 166, 210-222.
- Craig, F., Margari, F., Legrottaglie, A.R., Palumbi, R., de Giambattista, C., Margari, L. (2016) A review of executive function deficits in autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder, *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 12, 1191-1202.
- Doyle, A.E. (2006) Executive Functions in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, *The Journal of Clinical Psychiatry*, 67 (6), 21-26.
- Duff, C.T., Sulla, E.M. (2014) Measuring Executive Function in the Differential Diagnosis of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Does It Really Tell Us Anything?, *Applied Neuropsychology: Child*, 0, 1-9.
- Epstein, J.L., Erkanli, A., Conners, C.K., Klaric, J., Costello, J.E., Angold A. (2003) Relations Between Continuous Performance Test Performance Measures and ADHD Behaviors, *Journal of Abnormal Child Psychology*, 31 (5), 543-554.
- Geurts, H.M., Verté, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., Sergeant, J.A. (2005) ADHD Subtypes: Do They Differ in their Executive Functioning Profile?, *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 457-477.
- Goldberg, M.C., Mostofsky, S.H., Cutting, L.E., Mahone, E.M., Astor, B.C., Denckla, M.B., Landa, R.J. (2005) Subtle Executive Impairment in Children with Autism and Children with ADHD, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, Vol. 35 (3), 279-293.
- Hall, C.L., Valentine, A.Z., Groom, M.J., Walker, G.M., Sayal, K., Daley, D., Hollis, C. (2015) The clinical utility of the continuous performance test and objective measures of activity for diagnosing and monitoring ADHD in children: a systematic review, *European Child & Adolescent Psychiatry*.
- Humes, G.E., Welsh, M.C., Retzlaff, P., Cookson, N. (1994) Towers of Hanoi and London. Reliability and Validity of Two Executive Function Tasks, *Psychological Assessment*, 4 (3), 249-257.
- Jarratt, K.P., Riccio, C.A. (2005) Siekierski, B.M., Assessment of Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) Using the BASC and BRIEF, *Applied Neuropsychology*, 12 (2), 83-93.

- Kofler, M.J., Irwin, L.N., Soto, E.F., Groves, N.B., Harmon, S.L. and Sarver, D.E. (2019) Executive Functioning Heterogeneity in Pediatric ADHD, *Journal of Abnormal Child Psychology*, 47 (2), 273–286.
- Lawrence, V., Houghton, S., Douglas, G., Durkin, K., Whiting, K., Tannock, R. (2004) Executive Function and ADHD: A Comparison of Children's Performance during Neuropsychological Testing and Real-World Activities, *Journal of Attention Disorders*, Vol.7 (3), 137-149.4L
- Lijffijt, M., Kenemans, J.L., Verbaten, M.N., van Engeland, H. (2005) A Meta-Analytic Review of Stopping Performance in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Deficient Inhibitory Motor Control? *Journal of Abnormal Psychology*, 114 (2), 216–222.
- Martinussen, R., Hayden, J., Hogg-Johnson, S., Tannock, R. (2005) A Meta-Analysis of Working Memory Impairments in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44 (4), 377-384.
- Mullane, J.C., Corkum, P.V. (2007) The Relationship Between Working Memory, Inhibition, and Performance on the Wisconsin Card Sorting Test in Children With and Without ADHD, *Journal of Psychoeducational Assessment*, Vol. 25 (3), 211-221.
- Munkvold, L.H., Manger, T., Lundervold, A.J. (2014) Conners' Continuous Performance Test (CCPT-II) in Children with ADHD, ODD, or a Combined ADHD/ODD Diagnosis, *Child Neuropsychology*, Vol. 20 (1), 102-126.
- Nichols, S.L., Waschbusch, D.A. (2004) A review of the validity of laboratory cognitive tasks used to assess symptoms of ADHD, *Child Psychiatry and Human Development*, Vol. 34 (4), 297-315.
- Oosterlaan, J., Logan, G.D., Sergeant, J.A. (1998) Response Inhibition in AD/HD, CD, Comorbid AD/HD + CD, Anxious, and Control Children: A Meta-analysis of Studies with the Stop Task, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Vol. 39 (3), 411-425.
- Pennington, B.F., Ozonoff, S. (1996) Executive Functions and Developmental Psychopathology, *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, Vol. 37 (1), 51-87.
- Reader, M.J., Harris, E.L., Schuerholz, L.J., Denckla, M.B. (1994) Attention deficit hyperactivity disorder and executive dysfunction, *Developmental Neuropsychology*, 10 (4), 493-512.
- Rosler, M., Retz, W., Thome, J., Schneider M., Stieglitz, R.-D., Falkai, P. (2006) Psychopathological rating scales for diagnostic use in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD), *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 256 (1), I/3-I/11.
- Schneider, M., Retz, W., Coogan, A., Thome, J., Rosler, M. (2006) Anatomical and Functional Brain Imaging in Adult Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) – A Neurological View, *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 256 (1): I/32–I/41.
- Sergeant, J.A., Geurts, H., Huijbregts, S., Scheres, A., Oosterlaan, J. (2003) The top and the bottom of ADHD: a neuropsychological perspective, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27, 583-592.
- Sergeant, J.A., Geurts, H., Oosterlaan, J. (2002) How specific is a deficit of executive functioning for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder?, *Behavioural Brain Research*, 130, 3–28.

Weyandt, L.L. (2005) Executive Function in Children, Adolescents, and Adults with Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Introduction to the Special Issue, *Developmental Psychology*, 27 (1), 1-10.

Weyandt, L.L., Willis, W.G. (1994) Executive functions in school-aged children: Potential efficacy of tasks in discriminating clinical groups, *Developmental Neuropsychology*, 10, 27–38.

Willcutt, E.G., Doyle, A.E., Nigg, J.T., Faraone, S.V., Pennington, B.F. (2005) Validity of the Executive Function Theory of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Meta-Analytic Review, *Biological Psychiatry*, 57, 1336–1346.

Wu, K.K., Anderson, V., Castiello, U. (2002) Neuropsychological Evaluation of Deficits in Executive Functioning for ADHD Children With or Without Learning Disabilities, *Developmental Neuropsychology*, 22 (2), 501-531.

Young, S., Channon, S., Toone, B.K. (2000) Neuropsychological Assessment of Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Adulthood, *Clinical Neuropsychological Assessment*, 1 (4), 238-294.

