

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di Laurea Magistrale in Psicologia Cognitiva Applicata

**ASPETTI VISUO-SPAZIALI NEL DISTURBO DA DEFICIT DI
ATTENZIONE/IPERATTIVITÀ: UNA ANALISI DELLA LETTERATURA**

Relatrice: Prof.ssa Barbara Carretti

Correlatrice: Dott.ssa Elizabeth Maria Doerr

Laureando: Lorenzo Finotto

Matricola: 1205077

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INDICE

Introduzione.....	5
Capitolo 1 - Le caratteristiche del disturbo da ADHD.....	6
1.1 Il disturbo da ADHD nei manuali diagnostici.....	6
1.2 Caratteristiche evolutive dell'ADHD.....	11
1.3 ADHD e disturbi in comorbidità.....	14
1.4 La natura del disturbo da ADHD: modelli teorici a confronto.....	16
Capitolo 2 - ADHD, propensione all'infortunio e comportamento alla guida.....	21
2.1 Propensione all'infortunio e incidenti di carattere traumatico	21
2.2 Relazione tra disturbo e abilità di guida.....	24
2.3 Fattori associati alla maggiore incidentalità: diverse interpretazioni.....	27
Capitolo 3 - Abilità visuo-spaziali.....	33
3.1 Abilità visuo-spaziali: definizione.....	33
3.2 Abilità visuo-spaziali e propensione all'infortunio.....	34
3.3 Influenza nel quadro diagnostico di ADHD.....	36
Capitolo 4 - La mia ricerca.....	43
4.1 Procedura.....	43
4.2 Modello di memoria di lavoro visuo-spaziale.....	45
4.3 Modello di visualizzazione spaziale.....	47
4.4 Modello di rotazione mentale.....	49
4.5 Modello di ragionamento spaziale.....	50
4.6 Discussione e conclusione.....	52
Riferimenti bibliografici.....	54

INTRODUZIONE

La presente tesi si sviluppa con l'obiettivo di indagare le peculiarità delle abilità di tipo visuo-spaziale nelle persone con Disturbo da deficit di attenzione/iperattività (ADHD) tramite una metanalisi della letteratura in merito. La rilevanza dell'indagine è data dall'importanza che questa componente può avere in diversi ambiti, dalla vita quotidiana a compiti specifici.

Prima di entrare nel merito del lavoro di metanalisi, viene offerta una panoramica generale sul disturbo e sulle sue caratteristiche. Partendo da un excursus sullo studio del disturbo, passando per le classificazioni diagnostiche e le caratteristiche evolutive fino ad arrivare ai modelli esplicativi cognitivi e neuropsicologici di riferimento, il focus si sposta in seguito su uno degli aspetti che caratterizza gli individui con ADHD, ovvero la maggior propensione a incorrere in infortuni accidentali (*injuries*), per passare successivamente al comportamento alla guida (*driving behavior*). Questi due aspetti, che si possono ragionevolmente considerare attigui, pur non essendo centrali nei criteri dei manuali per la diagnosi rivestono tuttavia un peso notevole nel vissuto quotidiano. Vengono presentati diversi modelli interpretativi, concentrandosi su quelli che guardano alle abilità visuo-spaziali come implicati in questo tipo di problematiche. Successivamente vengono analizzate le diverse sfaccettature delle abilità visuo-spaziali, indagando il ruolo che ricoprono nel quadro dell'ADHD.

Si passa quindi all'argomento principale della tesi, la metanalisi sulla letteratura che si è occupata di indagare il legame tra ADHD e abilità visuo-spaziali. La letteratura sull'argomento si è rivelata frammentata e non sempre esaustiva: pur considerato che l'interesse verso questo aspetto meno centrale del disturbo è relativamente recente, si può osservare come negli studi a riguardo manchi ancora una direzione precisa sugli aspetti da indagare e sulle modalità di analisi da utilizzare.

CAPITOLO 1

Le caratteristiche del disturbo da ADHD

1.1 Il disturbo da ADHD nei manuali diagnostici

Il Disturbo da deficit di attenzione/iperattività o DDAI (dall'inglese *Attention Deficit / Hyperactivity Disorder*, in seguito ADHD) è un disturbo del neurosviluppo che si estende sia nella sfera cognitiva che nel comportamento. Dalla prima descrizione nel 1902 da parte del pediatra inglese George Still, l'interesse verso il disturbo è andato via via crescendo, fino a poterlo considerare oggi uno dei più studiati e dibattuti nell'ambito dell'età evolutiva.

La classificazione più recente è quella operata nel DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) dove, rispetto alla classificazione precedente del DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) che includeva l'ADHD tra i Disturbi del comportamento dirompente, figura oggi tra i Disturbi del neurosviluppo. Inoltre, in linea con la tendenza a rendere la descrizione del disturbo meno categoriale e più dimensionale, sono stati estesi i limiti temporali per la diagnosi e una diversa incidenza dei sintomi necessari per differenziare la diagnosi del bambino da quella dell'adulto. Un'ultima importante differenza che contraddistingue questa più recente descrizione del disturbo è il pensare le tre principali categorie (inattenzione, iperattività/impulsività e combinato) non più come sottotipi ma come manifestazioni prevalenti, coerentemente con un'idea più dinamica del disturbo tale per cui si considera la possibilità che le diverse manifestazioni non siano a compartimenti stagni ma possano modificarsi nel corso della vita della persona.

Nello specifico, l'attuale classificazione del DSM-5 prevede i seguenti criteri diagnostici:

A. Un pattern persistente di disattenzione e/o iperattività-impulsività che interferisce con il funzionamento o lo sviluppo, come caratterizzato da (1) e/o (2):

1. **Disattenzione:** Sei (o più) dei seguenti sintomi sono persistenti per almeno 6 mesi con un'intensità incompatibile con il livello di sviluppo e che ha un impatto negativo diretto sulle attività sociali e scolastiche/lavorative.

Nota: i sintomi non sono soltanto una manifestazione di comportamento oppositivo, sfida, ostilità o incapacità di comprendere i compiti o le istruzioni. Per gli adolescenti più grandi e per gli adulti (17 anni e oltre di età) sono richiesti almeno cinque sintomi.

- a. Spesso non riesce a prestare attenzione ai particolari o commette errori di distrazione nei compiti scolastici, sul lavoro o in altre attività (per es., trascura o omette dettagli, il lavoro non è accurato).
- b. Ha spesso difficoltà a mantenere l'attenzione sui compiti o sulle attività di gioco (per es., ha difficoltà a rimanere concentrato/a durante una lezione, una conversazione o una lunga lettura).
- c. Spesso non sembra ascoltare quando gli/le si parla direttamente (per es., la mente sembra altrove, anche in assenza di distrazioni evidenti).
- d. Spesso non segue le istruzioni e non porta a termine i compiti scolastici, le incombenze o i doveri sul posto di lavoro (per es., inizia compiti ma perde rapidamente la concentrazione e viene distratto/a facilmente).
- e. Ha spesso difficoltà a organizzarsi nei compiti e nelle attività (per es., difficoltà nel gestire compiti sequenziali; difficoltà nel tenere in ordine materiali e oggetti; lavoro disordinato, disorganizzato; gestisce il tempo in modo inadeguato, non riesce a rispettare le scadenze).

- f. Spesso evita, prova avversione o è riluttante a impegnarsi in compiti che richiedono sforzo mentale protratto (per es., compiti scolastici o compiti per casa; per gli adolescenti più grandi e gli adulti, stesura di relazioni, compilazione di moduli, revisione di documenti).
- g. Perde spesso gli oggetti necessari per i compiti o le attività (per es., materiale scolastico, matite, libri, strumenti, portafogli, chiavi, documenti, occhiali, telefono cellulare).
- h. Spesso è facilmente distratto/a da stimoli esterni (per gli adolescenti più grandi e per gli adulti, possono essere compresi pensieri incongrui).
- i. È spesso sbadato/a nelle attività quotidiane (per es., sbrigare le faccende; fare commissioni; per gli adolescenti più grandi e per gli adulti, ricordarsi di fare una telefonata; pagare le bollette; prendere appuntamenti).

2. **Iperattività e impulsività:** Sei (o più) dei seguenti sintomi persistono per almeno 6 mesi con un'intensità incompatibile con il livello di sviluppo e che ha un impatto negativo diretto sulle attività sociali e scolastiche/lavorative.

Nota: I sintomi non sono soltanto una manifestazione di comportamento oppositivo, sfida, ostilità o incapacità di comprendere i compiti o le istruzioni. Per gli adolescenti più grandi e per gli adulti (età di 17 anni e oltre) sono richiesti almeno cinque sintomi.

- a. Spesso agita o batte mani e piedi o si dimena sulla sedia.
- b. Spesso lascia il proprio posto in situazioni in cui si dovrebbe rimanere seduti (per es., lascia il posto in classe, in ufficio o in un altro luogo di lavoro, o in altre situazioni che richiedono di rimanere al proprio posto).
- c. Spesso scorrazza e salta in situazioni in cui farlo risulta inappropriato. (**Nota:** negli adolescenti e negli adulti può essere limitato al sentirsi irrequieti.)
- d. È spesso incapace di giocare o svolgere attività ricreative tranquillamente.

- e. È spesso “sotto pressione”, agendo come se fosse “azionato/a da un motore” (per es., è incapace di rimanere fermo/a, o si sente a disagio nel farlo, per un periodo di tempo prolungato, come nei ristoranti, durante le riunioni; può essere descritto/a dagli altri come una persona irrequieta o con cui è difficile avere a che fare).
- f. Spesso parla troppo.
- g. Spesso “spara” una risposta prima che la domanda sia stata completata (per es., completa le frasi dette da altre persone; non riesce ad attendere il proprio turno nella conversazione).
- h. Ha spesso difficoltà nell’aspettare il proprio turno (per es., mentre aspetta in fila).
- i. Spesso interrompe gli altri o è invadente nei loro confronti (per es., interrompe conversazioni, giochi o attività; può iniziare a utilizzare le cose degli altri senza chiedere o ricevere il permesso; adolescenti e adulti possono inserirsi o subentrare in ciò che fanno gli altri).

- B. Diversi sintomi di disattenzione o di iperattività-impulsività erano presenti prima dei 12 anni.
- C. Diversi sintomi di disattenzione o di iperattività-impulsività si presentano in due o più contesti (per es., a casa, a scuola o al lavoro; con amici o parenti; in altre attività).
- D. Vi è una chiara evidenza che i sintomi interferiscono con, o riducono, la qualità del funzionamento sociale, scolastico o lavorativo.
- E. I sintomi non si presentano esclusivamente durante il decorso della schizofrenia o di un altro disturbo psicotico e non sono meglio spiegati da un altro disturbo mentale (per es., disturbo dell’umore, disturbo d’ansia, disturbo dissociativo, disturbo di personalità, intossicazione o astinenza da sostanze).

Specificare quale:

314.01 (F90.2) Manifestazione combinata: Se il criterio A1 (disattenzione) e il criterio A2 (iperattività-impulsività) sono soddisfatti entrambi negli ultimi 6 mesi.

314.00 (F90.0) Manifestazione con disattenzione predominante: Se il criterio A1 (disattenzione) è soddisfatto ma il Criterio A2 (iperattività-impulsività) non è soddisfatto negli ultimi 6 mesi.

314.01 (F90.01) Manifestazione con iperattività/impulsività predominanti: Se il criterio A2 (iperattività-impulsività) è soddisfatto e il criterio A1 (disattenzione) non è soddisfatto negli ultimi 6 mesi.

Specificare se:

In remissione parziale: Quando tutti i criteri sono stati precedentemente soddisfatti, non tutti i criteri sono stati soddisfatti negli ultimi 6 mesi e i sintomi ancora causano compromissione del funzionamento sociale, scolastico o lavorativo.

Specificare la gravità attuale:

Lieve: Sono presenti pochi, ove esistenti, sintomi oltre a quelli richiesti per porre la diagnosi, e i sintomi comportano solo compromissioni minori del funzionamento sociale o lavorativo.

Moderata: Sono presenti sintomi o compromissione funzionale compresi tra “lievi” e “gravi”.

Grave: Sono presenti molti sintomi oltre a quelli richiesti per porre la diagnosi, o diversi sintomi che sono particolarmente gravi, o i sintomi comportano una marcata compromissione del funzionamento sociale o lavorativo.

In riferimento alla classificazione ICD, l'attuale ICD-11 (World Health Organization, 2019) è in gran parte allineato alla classificazione del DSM-5: anche in questo caso il disturbo rientra tra i Disturbi del neurosviluppo come Disturbo da deficit di attenzione/iperattività. È distinto in tre

manifestazioni analoghe a quelle del DSM-5 elencate poc'anzi: 6A05.0 Disturbo da deficit di attenzione e iperattività, presentazione prevalentemente disattenta, 6A05.01 Disturbo da deficit di attenzione e iperattività, presentazione prevalentemente iperattivo-impulsiva, 6A05.2 Disturbo da deficit di attenzione e iperattività, presentazione combinata.

Le principali differenze col DSM-5 sono invece per quanto riguarda l'età di insorgenza, che mentre nel DSM-5 è stata estesa ai 12 anni di età per l'ICD-11 deve essere “durante il periodo dello sviluppo, in genere da inizio infanzia a metà infanzia”, e per i disturbi dello spettro autistico (6A02) come criterio di esclusione.

1.2 Caratteristiche evolutive dell'ADHD

Le caratteristiche evolutive rivestono nell'ADHD un ruolo di primo piano rispetto al cambiamento nelle manifestazioni del disturbo, specie per i sintomi di tipo comportamentale riguardanti l'area dell'iperattività. La prima infanzia si contraddistingue per l'alto livello di iperattività motoria e la continua ricerca di stimolazione, mentre i genitori sono soliti riportare una tendenza all'irritabilità e alla frustrazione, oltre a difficoltà nell'educazione. Da un punto di vista diagnostico è un periodo dello sviluppo che impone la massima cautela nell'avanzare una diagnosi di ADHD per via degli elevati livelli di attività motoria tipici di questa fascia d'età che di per sé non determinano la presenza di un disturbo del comportamento (Sonuga-Barke et al., 2005).

Con l'inizio della scolarizzazione i problemi tendono ad emergere in maniera più evidente per via di nuovi compiti e pressioni a cui si è esposti, sia sul versante educativo che sociale. Il bambino con ADHD inizia ad essere descritto come più immaturo rispetto ai compagni di pari età cronologica: nonostante un livello intellettuale nella norma il comportamento risulta essere problematico, poco

incline al rispetto delle regole e difficile da gestire, soprattutto nelle situazioni strutturate (come può essere il contesto della classe) e che impongono un maggiore autocontrollo.

Con l'avanzare dell'età, le difficoltà comportamentali tendono a passare dall'eccessivo livello di attività motoria descritta poc'anzi ad una "agitazione interiorizzata" che si caratterizza per un'alta insofferenza e movimenti del corpo non finalizzati (Fischer et al., 1993), la scarsa tolleranza alle regole e la difficoltà a gestire situazioni di conflitto con gli altri portano a difficoltà di tipo sociale e nel mantenimento dei rapporti (Kirby e Grimley, 1986).

Con l'ingresso nell'adolescenza l'iperattività tende a diminuire mentre persistono i sintomi nella sfera dell'attenzione e dell'impulsività. Oltre alle problematiche cognitive e ad una maggiore fatica nelle sfide emotive e sociali tipiche di questa età, come le difficoltà con i pari e possibili bassi livelli di autostima generati da precedenti esperienze di insuccesso, vanno considerate anche le problematiche di tipo scolastico. È in questo momento dello sviluppo che si presenta nel quadro patologico un maggior rischio di sviluppare condotte antisociali e disturbi associati di tipo psichiatrico, anche con alto rischio suicidario (Taylor, 1996). In particolare, il modificarsi della sintomatologia nell'adolescente e nell'adulto vede nel 35% dei casi un superamento dei sintomi, seppur con un rendimento scolastico e/o lavorativo talvolta inferiore al gruppo di riferimento, e nel 45% una generale attenuazione della sintomatologia tipica, specialmente della componente iperattiva, accompagnata tuttavia da un aumento della compromissione emotiva e/o sociale col presentarsi delle comorbidità frequentemente associate tra cui disturbi d'ansia e di depressione. Nel restante 20% dei casi, infine, oltre all'insorgere delle problematiche appena descritte si osserva la persistenza della sintomatologia tipica dell'ADHD.

Nell'età adulta si continua generalmente ad osservare il cambiamento nell'incidenza di sintomi cognitivi e comportamentali descritto finora, ma per le caratteristiche delle richieste ambientali e sociali di questa fase le conseguenze delle problematiche associate alla sfera dell'attenzione impongono un occhio di riguardo. L'inattenzione, assieme alle difficoltà di pianificazione, di gestione

e all'eccessivo *mind wandering*, ovvero quel fenomeno per cui il pensiero si concentra involontariamente su informazioni, sia interne che esterne, che non sono inerenti all'attività in atto, possono portare a problemi nell'ambito lavorativo che spaziano dalle difficoltà nel mantenere stabilmente un lavoro, a difficoltà con colleghi e superiori, a un maggior rischio di licenziamento, fino a una peggior performance lavorativa. L'ADHD nell'età adulta si contraddistingue per la difficoltà con cui si riesce a identificare e diagnosticare. Essendo i criteri diagnostici orientati per una diagnosi in età evolutiva, una diagnosi tardiva di ADHD nell'adulto può venire confusa con disturbi affettivi come il Disturbo Depressivo Maggiore e il Disturbo Bipolare, o con il Disturbo Borderline di Personalità.

È importante considerare che le caratteristiche evolutive del disturbo lungo l'arco dello sviluppo si manifestano in maniera più marcata nei momenti di passaggio, come ad esempio l'ingresso a scuola, per via della diversa quantità e tipologia di richieste esterne che la persona si trova a dover affrontare. Nel momento in cui non riesce più a rispondere alle richieste dell'ambiente per via dell'aumento della difficoltà dei compiti o della crescente complessità delle richieste sociali le problematiche diventano più evidenti.

Per quanto i caratteri essenziali del disturbo che costituiscono i criteri centrali per la diagnosi (attenzione, iperattività e impulsività) siano ben definibili, la grande eterogeneità con cui si presentano le comorbidità nell'ADHD, che come detto possono andare da difficoltà nelle relazioni a un ridotto rendimento scolastico a difficoltà di controllo comportamentale, delinea un quadro poco definito in cui non è facile stabilire quanto queste siano più o meno centrali nel definire la sindrome. In riferimento al DSM 5, le comorbidità più frequenti nell'ADHD rientrano nei Disturbi da comportamento dirompente, del controllo degli impulsi e della condotta, nei Disturbi del neurosviluppo, nei Disturbi emotivi e nei Disturbi d'ansia.

1.3 ADHD e disturbi in comorbidità

Tra le comorbidità tipiche maggiormente legate all'ADHD, i disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) rivestono un ruolo di primo piano, con una frequenza che, a seconda dei DSA considerati, può arrivare anche a più del 50%. Nello specifico, la compresenza dell'ADHD con DSA si attesta indicativamente al 31% per le difficoltà di calcolo, al 27% per le difficoltà di lettura e comprensione del testo, al 30% per le difficoltà di decodifica e al 65% per le difficoltà di scrittura.

Nel considerare questo legame, è importante osservare come in alcuni casi appaia una chiara distinzione tra i due disturbi, mentre in altri sembrerebbe sussistere una causa comune, come una difficoltà di controllo dell'informazione irrilevante, alla base di entrambi, se non addirittura un'influenza reciproca, come nel caso in cui le problematiche caratteristiche dell'ADHD a loro volta acuiscono le difficoltà scolastiche.

La natura di questo legame è tutt'ora molto dibattuta: se da un lato alcuni studi sembrano evidenziare come il profilo neuropsicologico dei soggetti con ADHD e DSA sia più simile al profilo isolato di DSA piuttosto che di ADHD, dall'altro alcuni studi indicherebbero questo profilo "misto" come un sottogruppo delle manifestazioni dell'ADHD. Uno studio di Marzocchi (2007) evidenzia come la concettualizzazione del profilo neuropsicologico di bambini con ADHD e DSA possa essere vista diversamente a seconda delle abilità considerate: se infatti nel considerare l'attenzione questo profilo misto sembrerebbe più simile a quello di un profilo DSA, in compiti in cui viene valutata l'abilità inhibitoria sembrano essere maggiori le affinità con un profilo di ADHD.

Nel caso particolare della comorbidità tra ADHD e dislessia si osservano alcune delle percentuali più alte nell'ambito dei DSA: a seconda dei criteri considerati, fino al 40% delle persone con ADHD soffrirebbe anche di dislessia e, viceversa, fino al 40% delle persone con dislessia risponderebbe ai criteri diagnostici per l'ADHD (Willcutt et al. 2005). Lo studio di questo legame tramite l'indagine delle funzioni esecutive di bambini con ADHD e dislessia ha dato risultati discordanti: se infatti è

emerso che solo l'abilità di pianificazione misurata tramite il test della Torre di Londra evidenzia delle differenze tra i due gruppi, in altri casi bambini con entrambi i disturbi in comorbidità presentavano la somma dei singoli disturbi. Ad oggi la natura di questo legame è meglio spiegata da una base biologica comune dovuta a particolari gruppi di alleli che determinano una maggior probabilità di sviluppare entrambi i disturbi.

Passando alla comorbidità con i disturbi di scrittura, si possono raggiungere percentuali di comorbidità superiori a quelle di tutti gli altri DSA, con una pervasività che raggiunge i molteplici aspetti della scrittura, dalla qualità del tratto grafico a fluttuazioni nella velocità di scrittura. Le molteplici abilità in capo alle funzioni esecutive che sono coinvolte nel compito di scrittura, come pianificazione e memoria di lavoro, sembrano indicare che in un quadro di ADHD le difficoltà di scrittura siano attribuibili alle problematiche tipiche dell'ADHD piuttosto che a un DSA in comorbidità (DuPaul, Gormley e Laracy, 2013). Un discorso analogo vale per le difficoltà in matematica, partendo dalla considerazione che alcune delle principali abilità necessarie per questo tipo di compiti, come memoria di lavoro, attenzione sostenuta con stimoli ripetitivi e velocità di elaborazione (Zentall, 2007; Sturm et al., 2018), sono ancora una volta riconducibili alle funzioni esecutive e nella maggior parte dei casi deficitarie nel caso dell'ADHD. Questa osservazione, che trova conferma anche nella maggiore frequenza con cui le difficoltà in matematica si presentano tra i ragazzi con ADHD (31%) rispetto alla popolazione generale (6-7%) (Mayes, Calhoun e Crowell, 2000), suggerisce ancora una volta che queste siano imputabili a particolari difficoltà tipiche dell'ADHD piuttosto che a un vero e proprio DSA.

Per quanto riguarda le basi biologiche del disturbo, è stato calcolato che la percentuale di ereditabilità attribuibile a caratteristiche di tipo genetico arriverebbe intorno al 74%, mentre la varianza restante sarebbe attribuibile a fattori di tipo non genetico come l'utilizzo di nicotina da parte della madre durante la gravidanza e un basso peso alla nascita (Faraone et al., 2018). Tuttavia, studi specifici di genetica non hanno dato risultati che permettano di ascrivere l'insorgenza del disturbo

esclusivamente a regioni ristrette di DNA o a singoli loci, evidenziando così il carattere poligenico dell'ADHD. Uno dei principali filoni di indagine è quello che si è occupato del sistema dopaminergico, sia a partire dal considerare l'efficacia nel trattamento del disturbo che hanno i farmaci che agiscono in questo sistema sia per le evidenze provenienti dalla neuropsicologia (Yan et al., 2010); in particolare, il focus sarebbero su otto i geni che regolerebbero l'azione dei neurotrasmettitori nel sistema catecolaminergico (Gizer, Ficks e Waldman, 2009).

1.4 La natura del disturbo da ADHD: modelli teorici a confronto

Nel cercare le cause dell'ADHD ci si è inizialmente concentrati sulle caratteristiche che da sole potessero essere necessarie e sufficienti per spiegare le sue manifestazioni sia da un punto di vista genetico, con il tentativo di individuare una singola causa biologica responsabile, sia da un punto di vista cognitivo, studiando i processi disfunzionali proprio del disturbo. A prescindere dal livello di indagine, questo tentativo di identificare un deficit primario (*core deficit*) in cui trovare l'origine del disturbo è considerato ad oggi superato in quanto con l'approccio più moderno delle neuroscienze si è passati ad un'impostazione costruita sulla multifattorialità dei disturbi, con un nuovo interesse rivolto allo studio delle caratteristiche poligeniche e dei fattori di rischio.

La prima proposta di modello neurocognitivo viene avanzata da Douglas (1983) che deriva un deficit generale di autoregolazione, che include pianificazione, organizzazione, funzioni esecutive, metacognizione, flessibilità cognitiva ed autocontrollo, da quattro deficit primari: scarso investimento in termini di mantenimento dello sforzo, ricerca di stimoli e gratificazioni immediati, difficoltà di controllo degli impulsi e un deficit di modulazione neurofisiologica. Nonostante all'epoca avendo come riferimento il DSM-III (American Psychiatric Association, 1980) il disturbo fosse ancora concettualizzato principalmente come un deficit di attenzione a cui si poteva aggiungere l'iperattività,

nel modello di Douglas i primi tre deficit primari sono sovrapponibili a quelle considerate oggi le tre caratteristiche principali del disturbo ovvero, rispettivamente, inattenzione, impulsività e iperattività.

Il filone di modelli che ha studiato il ruolo delle funzioni esecutive è passato dal considerare un unico deficit primario, non plausibile in quanto il solo deficit nelle funzioni esecutive non potrebbe essere specifico per l'ADHD, a modelli in cui a questo si aggiungeva anche un deficit nel controllo inibitorio. In particolare, Barkley (1997), a partire dall'osservazione della similarità delle prestazioni tra bambini con ADHD e pazienti con problematiche prefrontali, ha proposto il Modello ibrido che deriverebbe i sintomi tipici dell'ADHD a partire dalla congiunzione di una difficoltà nelle funzioni esecutive e un deficit inibitorio (*executive inhibition hypothesis*). Le principali critiche a questo modello sono rivolte al fatto che un deficit inibitorio, trovandosi anche in altri disturbi, non potrebbe essere specifico per l'ADHD, oltre al fatto che non è chiaro se l'inefficacia dell'azione inibitoria sia causato da un problema di controllo dell'informazione (*top-down*), dalle caratteristiche degli stimoli (*bottom-up*) o dalla somma dei due elementi.

Un modello alternativo è quello proposto da Sergeant e Van der Meere (1990), detto Modello energetico-cognitivo (*State regulation model*), che identifica il problema centrale nella difficoltà di mantenimento dello stato ottimale per svolgere un compito, determinando un problema di attivazione. Il modello prevede tre livelli di elaborazione dell'informazione: il primo livello è chiamato "Sovraordinato" e fa riferimento alle funzioni esecutive ed ha quindi un ruolo di gestione, controllo e manipolazione delle informazioni. Il secondo livello, detto "Energetico", prevede tre tipi di risorse: lo sforzo, ovvero il mantenere a disposizione le risorse necessarie per il compito, il livello di arousal necessario per fornire risposte nei tempi adeguati, e il livello di attivazione definito come l'energia necessaria per mantenere un livello di vigilanza consono all'attività in corso. Il terzo e ultimo livello di elaborazione è costituito dalla decodifica, dalla processazione e dalla risposta motoria. In questo modello i deficit nelle funzioni esecutive e nel controllo inibitorio vengono localizzati,

rispettivamente, nel primo livello di elaborazione e nella componente di attivazione del secondo livello di elaborazione: quest'ultimo in particolare caratterizzerebbe l'ADHD come un deficit di attivazione che determinerebbe una compromissione nelle prestazioni e nelle risposte motorie identificate nel terzo livello di elaborazione.

Ci sono tuttavia una serie di problemi comuni per questi modelli. Rispetto al deficit inibitorio, la grande variabilità nei tempi di reazione tipica dei disturbi dello sviluppo rende difficile poterlo considerare come il fattore caratterizzante l'ADHD. Per quanto riguarda lo studio delle funzioni esecutive, invece, emerge l'annoso problema dell'identificazione delle specifiche componenti in cui si articola il costrutto, di quali in particolare sono coinvolte nel disturbo e in che misura contribuiscono.

Una teoria più recente e articolata è quella proposta da Sonuga-Barke, che prima con il modello a due vie (2003) e successivamente con il modello a tre vie (2010) offre un approccio articolato in più tasselli che assieme presentano un quadro più esaustivo rispetto alle teorie viste in precedenza. Il modello a due vie spiega il disturbo come caratterizzato da due distinti meccanismi deficitari: il primo è un deficit di controllo inibitorio, mediato dall'assenza di controllo comportamentale e da un ridotto impegno posto nel compito. Queste due sottocomponenti si riflettono, rispettivamente, nei sintomi comportamentali tipici dell'ADHD e nelle disfunzioni cognitive, e sarebbero in carico ai circuiti mesocorticali deputati a regolazione e controllo. La seconda componente parallela è la scarsa tolleranza per l'attesa (*delay aversion*), che considera gli aspetti motivazionali del disturbo e consiste in un meccanismo disfunzionale di ricompensa attribuibile al circuito mesolimbico della ricompensa tale per cui ricompense immediate sono preferite a ricompense posticipate nel tempo anche se superiori. Secondo questa impostazione i sintomi tipici dell'ADHD sarebbero meccanismi compensativi per ridurre la percezione temporale che li distanzia dal rinforzo.

Con il modello a tre vie gli autori integrano maggiormente i diversi livelli di indagine evidenziando i legami tra le basi neuroanatomiche, neuropsicologiche e comportamentali. Partendo dal modello a

due vie appena visto, assieme al deficit di controllo inibitorio, che rientra adesso nel dominio delle funzioni esecutive coerentemente con le proposte dei modelli visti in precedenza che si sono concentrati su questo filone di indagine, è ancora contemplata l'avversione per l'attesa. La terza via consiste in un deficit di integrazione senso-motoria temporale, ovvero una difficoltà di integrazione tra le risposte e i tempi di reazione in carico ad un circuito cerebellare-motorio.

Complessivamente, i diversi modelli visti fino ad ora, dai primi degli anni '90 al più recente modello a tre vie proposto da Sonuga-Barke nel 2010, vengono inquadrati in un'ottica di modello multifattoriale che considera diversi aspetti dei vari approcci per avere un quadro più ampio della fenomenologia del disturbo e che aiuti a comprendere e spiegare la vasta eterogeneità delle manifestazioni dell'ADHD. I costrutti a cui si fa riferimento, che comprendono l'avversione per l'attesa di Sonuga-Barke, il modello energetico-cognitivo di Sergeant, la velocità di elaborazione cognitiva, l'elaborazione del tempo e le teorie sul deficit di inibizione, sono tra di loro accomunati dal considerare i processi cognitivi controllati come centrali nella definizione e nelle manifestazioni del disturbo.

Un altro approccio recente è quello proposto da Castellanos e Tannock (2002), che trovano nello studio degli endofenotipi il passo successivo necessario per l'integrazione tra l'approccio neuropsicologico e l'approccio genetico-molecolare. Gli endofenotipi sono indici quantificabili ed ereditabili geneticamente che costituiscono i fattori di rischio che aumentano la probabilità che si manifesti un certo tipo di patologia: seguendo questo approccio probabilistico, gli endofenotipi sono considerati cause agenti determinanti per il disturbo. Nel caso specifico dell'ADHD, gli endofenotipi indicati da Castellanos e Tannock devono comprendere l'iperattività motoria in relazione al sistema dopaminergico, il deficit inibitorio delle risposte impulsive, la scarsa tolleranza per l'attesa proposta da Sonuga-Barke, il deficit di analisi temporale e le difficoltà di memoria di lavoro. Questo approccio ancora una volta evidenzia la necessità di ricorrere a una concettualizzazione multifattoriale del

disturbo per avere una visione di insieme e stabilire i legami tra i vari livelli di indagine nelle dimensioni genetiche, neurobiologiche, neuropsicologiche, cognitive e comportamentali.

CAPITOLO 2

ADHD, propensione all'infortunio e comportamento alla guida

2.1 Propensione all'infortunio e incidenti di carattere traumatico

Il concetto di propensione all'infortunio indica un insieme di caratteristiche fisiche, emotive, evolutive o comportamentali nella persona che, se presenti, aumentano la probabilità che questa incorra in infortuni o eventi di carattere traumatico. Attualmente, nel considerare questi fattori di rischio da un punto di vista comportamentale il costrutto viene concettualizzato in un insieme di comportamenti predisponenti come aggressività, impulsività ed iperattività (Wazana, 1997).

La relazione tra il disturbo ed incidenti con conseguenze di tipo traumatico è un tema di grande importanza dal punto di vista del funzionamento generale dell'individuo col ADHD. Un'analisi esaustiva dei più frequenti incidenti tipici del bambino si trova nel documento "World report on child injuries prevention" (WHO UNICEF, 2008): dall'età di cinque anni gli infortuni incidentali sono la principale causa di morte e di disabilità a livello mondiale, con una percentuale del 90% del totale delle morti per la fascia d'età tra i 10 e i 18 anni; tra queste, una percentuale rilevante è costituita dagli incidenti stradali, che sono la prima causa di morte tra i 15 e i 19 anni e la seconda tra i 5 e i 14 anni. Nei paesi più sviluppati questa percentuale, pur scendendo al 40%, continua a rappresentare una delle principali cause di morte per la fascia d'età. Vanno inoltre considerate le conseguenze di questi incidenti nei casi in cui non si rivelino mortali: molti giovani che sopravvivono a traumi importanti devono fare i conti con disabilità più o meno durature nel tempo, di tipo sia fisico che psicologico, con un impatto importante nella loro vita e in quella dei familiari.

Diversi studi hanno analizzato il ruolo dell'ADHD nel costituire un fattore di rischio per quanto riguarda una maggior probabilità di incorrere in lesioni di tipo fisico, incidenti automobilistici, fratture e traumi cranici, tanto nel bambino e nell'adolescente quanto nell'adulto, con importanti conseguenze sia in ambito psicologico che, in alcuni contesti, economico. Già dagli anni '60 emerge l'interesse per questo legame, con i report di genitori di bambini iperattivi che riportavano una propensione agli incidenti quattro volte superiore rispetto al rispettivo gruppo di controllo (Stewart et al., 1966).

Un'analisi della letteratura sulla propensione al rischio nei bambini di Wazana (1997) riconduce le cause degli episodi traumatici infantili a tre fattori: fattori interni alla persona che predispongono il soggetto a essere coinvolto in incidenti di tipo traumatico, fattori agenti che considerano i mezzi e le cause scatenanti dell'evento, e fattori ambientali che considerano la condizione fisica e psicologica della persona in cui l'evento avviene. In riferimento a questa visione multifattoriale del fenomeno, è possibile ascrivere l'ADHD tra i fattori interni associati a un maggior rischio di incidenti.

Gerring et al. (1998) hanno riscontrato un'incidenza del 20% di eventi traumatici nella storia medica di 99 bambini con ADHD rispetto 4,5% del gruppo di controllo e alla fascia del 3-7% della popolazione tipica. In uno studio di Stewart et al. (1970), in riferimento ad una classificazione precedente dell'ADHD (*Hyperactive child syndrome*), si è registrata una presenza del disturbo quattro volte superiore nei casi di avvelenamento accidentale rispetto all'incidenza presente nella popolazione globale, oltre a una probabilità tre volte superiore di casi in cui si era verificato almeno un episodio di questo tipo. Risultati simili vengono da Szatmari et al. (1989), dove su un campione di 2600 bambini il 7.3% dei bambini con ADHD aveva già sofferto almeno una volta di avvelenamento accidentale rispetto al 2,6% della popolazione tipica, e da Jensen et al. (1988), che rileva una maggior probabilità di aver ingerito almeno una volta sostanze tossiche nei bambini con ADD rispetto ai bambini del gruppo di controllo.

Analizzando le ammissioni negli ospedali, emerge come non solo incidenti di natura traumatica che coinvolgono mezzi di trasporto (automobili, motociclette, biciclette e veicoli ricreazionali) siano più frequenti tra i pazienti con ADHD rispetto alla popolazione tipica, con una predominanza del 59,6% per i primi rispetto al 49,8% dei secondi, ma anche che i più frequenti siano incidenti con un forte impatto, come cadute da altezze di almeno 5 metri e incidenti stradali, rispetto a incidenti a basso impatto, come infortuni legati all'attività sportiva (Kaya et al., 2008).

Uno studio di DiScala (1998) ha considerato un intervallo di età tra i 5 e i 14 anni per escludere adolescenti più vecchi così da concentrarsi su traumi causati da agenti esterni per analizzare solo i casi in cui i soggetti stessi non sono alla guida. Confrontando i bambini con ADHD con la popolazione tipica di riferimento è emerso come i primi siano più soggetti a incidenti che dipendono da loro stessi, con una maggior frequenza del 50% per incidenti in cui figuravano come ciclisti o pedoni. I bambini con ADHD vanno incontro più frequentemente a infortuni che coinvolgono più parti del corpo, in particolare la testa, e la gravità di queste lesioni tende ad essere superiore rispetto a quella dei coetanei senza ADHD. Uno studio di Merrill et al. (2009), oltre a confermare il maggior coinvolgimento di bambini con ADHD in lesioni e traumi accidentali, evidenzia curiosamente come l'utilizzo dei farmaci solitamente usati per trattare il disturbo non sembra modulare questo rischio superiore.

In ambito europeo, uno studio olandese (van den Ban et al., 2013) ha riportato una maggior frequenza di incidenti tra bambini e adolescenti che utilizzavano farmaci specifici per l'ADHD rispetto a un gruppo di controllo che non aveva mai assunto tali farmaci, senza però considerare le effettive diagnosi di ADHD.

In Germania, Lange et al. (2014) hanno svolto un doppio studio con campioni numerosi. Dal primo, condotto su un campione di 13.437 casi tra i 3 e i 17 anni derivato da un'indagine del 2003 da parte del Robert Koch Institute, emerge come la differenza tra bambini e adolescenti con e senza ADHD si manifesti nella probabilità di essere coinvolti in incidenti che richiedono un trattamento medico. Nello specifico, bambini e adolescenti con ADHD avrebbero una maggior probabilità del

48,9% di essere coinvolti in incidenti, e questa differenza non sarebbe modulata dall'utilizzo di farmaci specifici per il trattamento dell'ADHD.

Il secondo studio, condotto su un campione ottenuto da un'assicurazione sanitaria statale per residenti in Germania che analizzando il periodo tra il 2005 e il 2007 ha considerato 383.292 casi di età compresa tra il 1984 e il 2001, ha altresì confermato che la differenza tra il gruppo con ADHD e il gruppo della popolazione tipica si differenzerebbe per il coinvolgimento in incidenti che richiedono un trattamento medico. In maniera simile a quanto emerso in precedenza, bambini e adolescenti con ADHD avrebbero una maggior probabilità del 50,6% di incorrere in incidenti che determinano lesioni. Questo studio di Lange, anche in virtù dei due grandi dataset su cui si è basato, ha il merito di replicare le evidenze riportate in precedenza principalmente da ricerche americane, sottolineando quindi come il maggior tasso di incidenti dei ragazzi con ADHD sia un elemento specifico del disturbo.

2.2 Relazione tra disturbo e abilità di guida

Le abilità di guida e la capacità di gestire un veicolo sono aspetti di grande rilievo nella vita di adolescenti e adulti con ADHD di cui, tuttavia, non si è sufficientemente enfatizzata l'importanza rispetto al ruolo che rivestono nell'influenzare una grande varietà di altri aspetti centrali nel funzionamento generale della persona che sarebbero altrimenti, in mancanza di queste, molto limitate. Il poter guidare permette di rispondere a bisogni lavorativi, familiari, educativi e sociali, oltre a consentire una maggior indipendenza dagli altri. Tuttavia, in virtù di quanto visto finora, è fondamentale considerare le abilità di guida nell'ADHD anche nell'ottica delle caratteristiche del disturbo e del maggior rischio di infortuni accidentali a cui la persona col disturbo va incontro. In altri termini, bisogna capire come gli aspetti caratteristici del disturbo si relazionino con l'abilità di guida, una competenza costruita su un insieme di abilità di tipo motorio, attentivo, visuo-spaziale,

comportamentale, ovvero tutte abilità che, ognuna in misura diversa, sono coinvolte nell'ADHD. Appare chiaro come la possibilità che questa competenza risulti in qualche sua componente più difficoltosa costituisca un elemento importante per la persona con il disturbo, in primis per la consapevolezza sulle modalità del proprio funzionamento in questo particolare aspetto e quindi, di riflesso, per agevolare e promuovere uno stile di guida che tenga conto delle proprie caratteristiche.

In riferimento al documento “World report on child injuries prevention” (WHO UNICEF, 2008) già visto in precedenza, in diversi paesi un terzo dei decessi di guidatori di motocicli riguarda giovani alla guida del mezzo. Sedicenni alla guida sarebbero soggetti a due volte la probabilità rispetto a guidatori tra i 20 e i 24 anni e fino a sei volte per guidatori tra i 25 e 29 anni di essere coinvolti in incidenti stradali con esiti fatali per le persone coinvolte.

Un altro documento rilevante per l'analisi in questione è il “World report on traffic injury prevention” (WHO, 2004), che conferma la grande rilevanza degli incidenti stradali come causa di decesso, con circa il 50% della mortalità globale causata da incidenti stradali per la fascia di età tra i 15 e i 44 anni. Per quanto riguarda i giovani alla guida, l'analisi riporta come particolarmente critico il primo anno successivo al conseguimento della licenza di guida.

A livello mondiale, i traumi causati da incidenti che coinvolgono mezzi ad alta velocità costituiscono la principale causa di morte tra le persone con età compresa tra i 18 e i 44 anni (Kaya et al., 2008). Tra i fattori di rischio per questo tipo di infortuni si possono individuare fattori ambientali, caratteristiche dei mezzi e fattori individuali: tra questi ultimi va presa in considerazione la presenza di psicopatologia e condizioni psichiatriche come, appunto, l'ADHD.

Un'analisi di Barkley e colleghi (Barkley et al., 1996) sui comportamenti alla guida di adolescenti con ADHD ha trovato che questi, rispetto al gruppo tipico dei pari, avrebbero in più casi esperienze precoci di guida non in regola prima del conseguimento della patente e, secondo i report dei genitori, sarebbero meno propensi a mettere in atto comportamenti di guida sicura. Sarebbero inoltre più

frequenti i casi di sospensione o revoca della patente, con un aumento del 24% rispetto al 4% del gruppo di controllo, e multe per violazioni del codice stradale, in particolare per eccesso di velocità. Lo studio conferma inoltre una frequenza quattro volte superiore nell'andare incontro a incidenti mentre sono alla guida del veicolo. Questo pattern di comportamenti alla guida emerge sia per rilevazioni esterne, come quelle riferite dai genitori, sia per self-report (Barkley et al., 1996). È comunque importante sottolineare che nonostante una buona quantità di studi confermino un certo impatto che l'ADHD avrebbe sulla sicurezza alla guida e di una possibile riduzione di questo rischio dovuto ad un miglioramento delle abilità di guida in seguito all'assunzione di farmaci per il trattamento del disturbo (Barkley, Cox, 2007; Fischer et al., 2007; Jerome et al., 2006; Reimer et al., 2010; Verster et al., 2008), altri studi propongono il disturbo oppositivo provocatorio e il disturbo della condotta come fattori di rischio più rilevanti rispetto all'ADHD considerato principalmente nella manifestazione iperattiva (Byrne et al., 2003). Questi risultati lasciano pochi dubbi sul legame tra l'ADHD e un maggior rischio di incidenti con veicoli motorizzati rispetto alla popolazione tipica.

Nell'ottica del modello multifattoriale di Wazana (1997) visto in precedenza, è interessante uno studio di Aduen et al. (2014) che mette a confronto ADHD e depressione nel considerare l'influenza di disturbi clinicamente rilevanti, in quanto fattore interno, sulle abilità di guida. Diverse indagini, infatti, indicano come anche i conducenti con depressione avrebbero un maggior rischio di essere coinvolti in collisioni (Vaa, 2003; Bulmash et al., 2006). Lo studio di Aduen et al. ha confermato un maggior rischio per entrambe le categorie: considerando un periodo di tre anni, per entrambi i gruppi è stato riscontrato una maggiore frequenza di incorrere in una collisione e un'infrazione stradale rispetto alla popolazione tipica. È importante osservare che questi risultati perdevano di significato nel momento in cui venivano considerati aspetti demografici collegati a peggiori performance di guida come minore età, genere maschile, basso stato socioeconomico (SES), non essere sposati e maggior tempo trascorso a guidare, ma è altresì fondamentale considerare che alcuni di questi fattori siano influenzati proprio dalla presenza di disturbi come ADHD e depressione, rendendo quindi il

quadro generale molto complesso da analizzare. Per quanto riguarda collisioni multiple e infrazioni stradali, solo l'ADHD è emerso essere un fattore di rischio tenendo conto degli aspetti demografici discussi poc'anzi, con una maggior probabilità di 2,3 volte di restare coinvolti in più incidenti e di 2,2 volte di riportare più infrazioni rispetto alla popolazione tipica. La presenza di ADHD era inoltre associata ad una maggior probabilità di infrazioni multiple anche rispetto alla presenza di depressione.

2.3 Fattori associati alla maggiore incidentalità: diverse interpretazioni

Nonostante tutte le evidenze riportate finora, da cui emerge un forte legame tra l'ADHD ed un maggior rischio di rimanere coinvolti in infortuni accidentali, con una particolare attenzione rivolta agli incidenti stradali, restano da chiarire le cause associate a questa relazione.

Weiss et al. (1979), nel considerare il maggior rischio che hanno giovani con ADHD di restare coinvolti in incidenti, indicano come cause principali l'inattenzione del conducente, alti livelli di rabbia ed aggressività, la propensione al rischio, mancato uso di cinture di sicurezza, mancanza di controllo da parte dei genitori e difficoltà emozionali. Per Barkley (2004) l'effetto interferente dell'ADHD sulle abilità di guida si manifesterebbe a causa del deficit attentivo, della bassa resistenza alle distrazioni e a difficoltà nel funzionamento esecutivo.

Uno studio di Ayaz et al. (2014) ha confrontato bambini con una recente diagnosi di ADHD ed incidenti pregressi (considerando fratture, ferite superficiali, e in generale tutte le lesioni che hanno richiesto un accesso all'ospedale) con bambini che hanno ADHD ma non sono incorsi in incidenti secondo i criteri di livello di sintomatologia dell'ADHD, problemi comportamentali in comorbilità, disturbi psichiatrici in comorbilità, ritardi nello sviluppo, condizioni di salute fisica croniche e caratteristiche sociodemografiche. Lo studio riporta un maggior rischio nei maschi sia per quanto riguarda la probabilità di andare incontro a incidenti sia per quanto riguarda la presenza di problemi

comportamentali, oltre a supportare l'effetto che la presenza di comorbidità svolge nell'aumentare questo rischio, in particolare per disturbi comportamentali come deficit oppositivo provocatorio e disturbo della condotta. Nel considerare i sintomi centrali dell'ADHD e i Disturbi da comportamento dirompente, tuttavia, lo studio attribuisce un peso maggiore a questi ultimi come elemento più importante nel determinare un maggior rischio di incidenti senza trovare differenze tra il deficit attentivo, l'iperattività e impulsività, ma va anche considerato che lo studio ha preso in analisi solo incidenti che hanno richiesto l'intervento dell'ospedale. Per quanto riguarda gli aspetti sociodemografici, infine, sono emersi come fattori di rischio un basso livello socioeconomico e una bassa presenza e supervisione da parte dei genitori.

Considerando i livelli di attività tipicamente inappropriati nell'ADHD, Goulardins et al. (2012) hanno indagato il profilo motorio di 34 bambini tra i 7 e gli 11 anni con ADHD con manifestazione prevalente combinata confrontandolo con 32 bambini a sviluppo tipico. Utilizzando il *Motor Development Scale* di Rosa Neto (2002), uno strumento utilizzato per la misurazione del livello di motricità fine e globale, gli autori hanno osservato punteggi inferiori in tutte le aree di misurazione per i bambini con ADHD, ma va considerato che le abilità della maggior parte dei bambini con ADHD rientravano comunque entro valori normali di sviluppo. Per quanto riguarda lo sviluppo rispetto all'età, i bambini con ADHD hanno riportato un ritardo di 12.8 mesi, e, a livello generale, il 41% dei bambini con ADHD ha presentato anomalie nello sviluppo motorio.

Una metanalisi di Kaiser et al. (2014) sugli studi che hanno indagato le abilità motorie nell'ADHD conferma come la grande maggioranza dei bambini con ADHD abbia un livello inferiore, rispetto ai pari a sviluppo tipico, sia per quanto riguarda le abilità motorie fini che grosso-motorie. In particolare, questa difficoltà sarebbe più pronunciata nella manifestazione di tipo inattentivo e di tipo combinato.

Particolarmente rilevante nell'ottica dell'analisi delle abilità di guida, dallo studio emerge come i bambini con ADHD avrebbero tempi di reazione superiori per compiti complessi che richiedono pianificazione, presa di decisione e movimenti sequenziali, e tempi superiori per implementare il

movimento tramite rilevazione con EMG (Pedersen et al., 2004). Basandosi sulla letteratura analizzata, gli autori avanzano due ipotesi alla base delle difficoltà motorie descritte.

La prima ipotesi riguarda il deficit attentivo: partendo dall'osservazione di una maggior incidenza delle difficoltà motorie nei casi di manifestazione prevalentemente inattentiva e di tipo combinato già menzionata, viene evidenziato il legame tra abilità attentive e motorie che emerge nei compiti di scrittura, dove omissioni, aggiunte e correzioni sono imputate alle prime e non alle seconde (Adi-Japha et al., 2007). È interessante inoltre considerare il miglioramento che si verifica in situazioni di doppio compito, ipotizzando che la necessità di alzare il livello di attenzione permetta una prestazione migliore rispetto a quella dei compiti singoli in cui, a causa della fluttuazione di attenzione, si ha una maggior variabilità nei risultati. In linea con questa ipotesi, uno studio di Piek et al. (1999) sul profilo motorio di bambini con ADHD a manifestazione prevalente inattentiva e di tipo combinato indica come le problematiche di attenzione siano il principale elemento predittivo della prestazione di tipo motorio misurata tramite il *Movement Assessment Battery for Children – MABC* (Handerson, Sugden, 1982) e il *Test of Kinaesthetic Sensitivity – KST* (Laszlo, Bairstow, 1985b) per entrambe le tipologie del disturbo. Coerentemente, Tseng et al. (2004) indicano attenzione, controllo degli impulsi e livelli di attività riportati dai genitori come predittori del livello di abilità grosso-motorie, mentre attenzione e controllo degli impulsi come predittori del livello delle abilità fino motorie.

La seconda ipotesi riguarda invece il deficit inibitorio: considerata la proposta di Barkley (1997), nell'ADHD con manifestazione di tipo combinato sarebbe preponderante un deficit inibitorio che intaccherebbe la capacità di inibire risposte in preparazione e in atto, oltre a una difficoltà nel controllo delle interferenze. Questo deficit inibitorio, influenzando le abilità esecutive per il coinvolgimento di memoria di lavoro e attivazione, a sua volta determinerebbe un'interferenza nelle abilità di controllo motorio. Il legame tra funzioni esecutive ed abilità motorie è stato indagato anche da Piek et al. (2003), il cui studio evidenzia il forte legame tra attenzione ed abilità motorie. Tuttavia, nonostante lo studio abbia confermato come il trattamento del deficit inibitorio determini benefici anche sul controllo motorio, è altresì emerso come non sembrano esserci differenze di prestazione in

compiti con distrattori che richiedevano inibizione tra gruppi ADHD sotto medicazione e non (Klimkeit et al., 2005). Inoltre, l'importante presenza di difficoltà motorie nell'ADHD con manifestazione prevalente inattentiva, nella quale non dovrebbero sussistere difficoltà di tipo inibitorio, è di per sé un argomento forte per cui l'ipotesi del deficit inibitorio, al di là del provato legame tra abilità inibitorie e motorie, necessita di ulteriore indagine.

Un altro meccanismo da cui potrebbe dipendere la maggior propensione dei bambini con ADHD di rimanere coinvolti in incidenti potrebbe essere nel processo di valutazione del rischio.

Uno studio di Bruce et al. (2009) ha indagato la percezione del rischio in bambini tra i 10 e i 12 anni con e senza ADHD tramite *photo elicitation* (Clark-Ibanez, 2004), in cui i bambini assistiti dai genitori dovevano scattare foto che rappresentassero cose, luoghi o situazioni che li facesse pensare al rischio o alla sicurezza per poi discutere sul modo in cui avevano elaborato la rappresentazione del rischio. Per i bambini di entrambi i gruppi, il principale meccanismo con cui si generava un'effettiva rappresentazione e valutazione del rischio era il pensare attivamente alla possibile situazione di pericolo, riflettendo sulle possibili conseguenze del mettere in atto una data azione o comportamento e sulla responsabilità da assumersi nell'impegnarsi in una situazione potenzialmente pericolosa. Tuttavia, nonostante il meccanismo di valutazione sia lo stesso, i bambini con ADHD hanno riportato delle strategie peculiari.

La prima tendenza caratteristica del gruppo con ADHD era una propensione a sovrastimare le proprie abilità, tendenza che nonostante non fosse presente in tutti i bambini con ADHD non era tuttavia presente in nessun bambino senza ADHD. Va inoltre considerato che alcuni bambini con ADHD dimostravano comunque una chiara percezione dei propri limiti per alcune situazioni, adducendo delle riflessioni su sicurezza e precauzioni per minimizzare i rischi: in particolare è d'esempio il caso di un bambino che, probabilmente per via di un coinvolgimento attivo dei genitori nell'aiutarlo ad attenersi a comportamenti sicuri nelle sue attività, nel riscontrare una attività pericolosa dimostrava la capacità di considerare diverse alternative più sicure.

La seconda caratteristica tipica del gruppo con ADHD era una propensione consapevole ad assumersi rischi di azioni in cui potevano non aver completamente il controllo, o che sapevano che i genitori non avrebbero approvato o che sapevano essere contro le regole. Alcuni comportamenti tipicamente riportati erano il non utilizzare attrezzatura di sicurezza come casco o paraginocchia nelle loro attività su bicicletta o skateboard, o infrazione consapevole di regole scolastiche.

La terza e ultima caratteristica emersa nello studio era la tendenza a considerare come positive o assenti le conseguenze di comportamenti pericolosi. Nonostante entrambi i gruppi descrivessero esempi di conseguenze negative in seguito ad azioni e situazioni rischiose, i bambini con ADHD tendevano a sottostimare le conseguenze negative. Inoltre, era tipico dei bambini con ADHD un senso di noncuranza verso qualunque genere di conseguenza, se non addirittura la tendenza a considerare solo conseguenze positive, come ad esempio l'esibizione delle proprie abilità e una maggiore accettazione sociale.

La tendenza a sovrastimare la portata delle loro capacità nel gestire situazioni o nell'intraprendere azioni rischiose potrebbe altresì riflettere meccanismi di coping volti a compensare difficoltà nella sfera sociale, come esclusione dal gruppo dei pari o problemi relazionali, sia per sostenere il livello di autostima che per riuscire a farsi accettare dai gruppi di riferimento (Kendall et al. 2003).

In merito al costrutto di propensione al rischio, Rowe e Maughan (2009) hanno indagato l'applicabilità della distinzione tra errori e violazioni, dove per i primi si intende azioni pianificate che non raggiungono però l'obiettivo prefissato, mentre per le seconde ci si riferisce alla deviazione consapevole dall'azione ritenuta necessaria per la riuscita della performance (Reason, 1990). Questa distinzione, originariamente applicata da Reason per analizzare dinamiche in disastri su larga scala, è già stata applicata per studiare comportamenti pericolosi di guida (Lajunen, 2004). In riferimento allo studio della propensione al rischio, le violazioni corrisponderebbero all'assunzione di rischi. Prendendo sempre in considerazione il lavoro di Reason, che articola a sua volta gli errori in sbagli, errori di attenzione e distrazioni, Rowe e Maughan analizzano in particolare la seconda e terza

categoria, intese come una strategia di pianificazione che però non si traduce nel corretto susseguirsi di azioni previsto. Per lo studio, gli autori hanno elaborato il *Children's Injury Relate Behaviour* (CIRB), un questionario volto a rilevare la tendenza al rischio e la messa in atto di errori in bambini di età compresa tra 4 e 11 anni, ipotizzando per i due costrutti un legame indipendente con il coinvolgimento in incidenti.

Gli autori hanno trovato una relazione positiva sia per il rischio che per gli errori con il coinvolgimento in incidenti e, coerentemente con l'ipotesi, un'indipendenza tra i due costrutti, a sostegno dell'idea di due processi psicologici separati che concorrono insieme nel modulare il rischio di incorrere in incidenti. Il prendersi dei rischi e l'incorrere in incidenti risultano inoltre essere predetti da iperattività e disturbi della condotta.

CAPITOLO 3

Abilità visuo-spaziali

3.1 Abilità visuo-spaziali: definizione

Con abilità visuo-spaziali ci si riferisce ad un costrutto molto ampio ed eterogeneo. Ad esempio, ruotare mentalmente delle immagini o ricordare un percorso appena svolto implicano diverse capacità, pur essendo entrambi abilità di tipo visuo-spaziale. Nonostante il continuo dibattito sulla distinzione delle abilità mentali, vi sono alcune classificazioni e definizioni riconosciute dalla collettività.

Una di queste è stata espressa da Hegarty e colleghi (2006) descrivendo le differenze tra le abilità di tipo *large-scale* da quelle tipo *small-scale*, dove con le prime si intendono quelle abilità visuo-spaziali che richiedono l'integrazione di molteplici informazioni ambientali derivanti da diverse posizioni nello spazio, che possono andare dall'apprendimento di spazi estesi alla navigazione sia in termini fisici che dichiarativi, mentre con le seconde ci si riferisce alle abilità visuo-spaziali che si basano su analisi percettiva degli stimoli, *imaging* e manipolazione delle rappresentazioni degli oggetti.

Inoltre, queste abilità sono fortemente basate sulla memoria di lavoro visuo-spaziale, ovvero la capacità di conservare ed elaborare informazioni di natura visuo-spaziale (Logie, 1995). La memoria di lavoro è rilevante e sembra essere implicata sia in abilità di tipo *small-scale* che *large-scale*. Un'ulteriore abilità trasversale è il ragionamento di tipo nonverbale che richiede il coinvolgimento di diverse abilità come consapevolezza dello spazio e rappresentazione delle informazioni spaziali sia esterna che mentale. Le matrici di Raven sono un buon esempio di ragionamento di tipo nonverbale.

Le abilità di tipo *small-scale* sono quelle maggiormente esplorate e definite in letteratura. Una distinzione specifica è stata fornita da Linn e Petersen (1985):

- percezione spaziale, ossia le abilità che utilizzano l'analisi della *gravitational vertical* e delle caratteristiche cinestetiche degli oggetti per determinare l'orientamento degli stimoli; esempio di prova in questo dominio è il *Water level test* (Piaget e Inhelder, 1956);
- rotazione mentale, vale a dire l'abilità inerente alla rotazione di oggetti, che può a sua volta essere distinta a seconda che sia bidimensionale o tridimensionale. Un esempio è la classica prova di *mental rotation* (Vandenberg e Kuse, 1978);
- visualizzazione spaziale, relativa alle abilità di tipo spaziale di livello superiore, ovvero che implicano processi di manipolazioni multiple e seriali delle informazioni. Per quanto possano essere comprese abilità riconducibili alle due categorie viste in precedenza, la differenza consiste nell'applicazione di strategie flessibili per lo svolgimento del compito. Una prova che richiede questo tipo di attività è per esempio il *Block design* della WISC – IV (Wechsler, 2003).

Queste distinzioni sono state prese in considerazione anche in questo lavoro, specialmente nella definizione dei modelli metanalitici nel capitolo 4.

3.2 Abilità visuo-spaziali e propensione all'infortunio

Esaminando la relazione con la propensione ad andare incontro ad incidenti nella popolazione a sviluppo tipico, Voyer et al. (2015) hanno indagato la rilevanza delle abilità spaziali e della lateralizzazione cerebrale. Basandosi sui risultati di Mandal et al. (2001) per cui si osserva una maggior frequenza di incidenti per le persone ambidestre, gli autori si chiedono se è possibile affermare che una scarsa lateralizzazione cerebrale, come può essere appunto l'assenza di una mano

dominante, sia rilevante nel determinare il verificarsi di incidenti. La doppia ipotesi è quindi che sia il grado di lateralizzazione e non la direzione a determinare la maggior incidenza di incidenti e che questi siano predetti dalle abilità spaziali.

Gli autori considerano principalmente quattro strumenti per indagare la lateralizzazione e le asimmetrie in maniera più articolata. Un primo strumento è il *Grayscale test* (Nicholls et al., 1999), impiegato per esaminare l'asimmetria percettiva e l'attenzione spaziale, basandosi sull'evidenza che per questo compito la lateralizzazione emisferica si concretizza in un bias orientato al lato sinistro dello stimolo (Voyer et al., 2012). Per testare asimmetrie di tipo verbale è stato considerato l'ascolto dicotico, nel quale la lateralizzazione si dovrebbe manifestare nella preferenza nel riportare le parole percepite dall'orecchio destro (Voyer, 2003), tramite il *Fused Dichotic Word Test* (Wexler e Halves, 1983). Una terza misura impiegata, utilizzata principalmente nella valutazione delle abilità spaziali, è il *Mental rotation test*, basandosi sui risultati di Deconinck et al. (2009) per cui bambini con Disturbo dello sviluppo della coordinazione riportavano in questo test una minor accuratezza e tempi di risposta superiori. Un ultimo strumento utilizzato è il *Santa Barbara Sense of Direction Scale* (Hegarty et al., 2002), costituito di 15 domande su abilità e preferenze spaziali e di navigazione, oltre a esperienze di orientamento e lettura di mappe.

Altri due strumenti utilizzati volti a indagare il livello di dominanza manuale sono il *Waterloo Handedness Questionnaire* (Steenhuis e Bryden, 1989), composto di 32 domande riguardo la mano utilizzata per una serie di attività, e una misura della stretta per entrambe le mani misurata in chilogrammi con un dinamometro manuale.

La prima ipotesi non è stata totalmente confermata: per quanto riguarda la dominanza manuale, è stata la direzione della lateralizzazione a determinare l'effetto, con i destrimani meno soggetti all'incorrere in incidenti rispetto ai mancini, mentre per le lateralizzazioni di tipo visivo e uditivo è emerso come fosse proprio una scarsa lateralizzazione a determinare una maggiore probabilità di essere coinvolti in incidenti. Gli autori inquadrano questi risultati nella prospettiva proposta da Wilson e McKenzie (1998): se un deficit nell'elaborazione percettiva determina una debolezza nella

coordinazione motoria da cui consegue un maggior rischio di incidenti, le evidenze di Voyer et al. indicano un legame tra l'integrazione interemisferica, considerata come lateralizzazione, e l'elaborazione sensoriale, ipotizzando che il legame tra gli incidenti e la scarsa lateralizzazione possano riflettere un conflitto tra i due emisferi nell'elaborazione delle informazioni.

Rispetto alla seconda ipotesi riguardante le abilità spaziali i risultati sono più confusi. Alti livelli di abilità di navigazione spaziale misurate con il *Santa Barbara Sense of Direction Scale* sembrano paradossalmente associati a una maggior presenza di incidenti, mentre è coerente l'associazione con minori livelli di scarsa coordinazione. In questo caso l'ipotesi è che buone abilità visuo-spaziali possano determinare una maggiore assunzione di rischi con conseguente aumento degli incidenti, come evidenziato da Kontos (2004).

3.3 Influenza nel quadro diagnostico di ADHD

Per quanto la ricerca appena vista sia stata effettuata su un campione a sviluppo tipico, le considerazioni e gli strumenti impiegati offrono risvolti interessanti nello studio delle caratteristiche delle abilità visuo-spaziali nell'ADHD. In particolare, diversi studi hanno indagato la presenza di condizioni di lateralizzazione nel campo visivo. Un importante filone di ricerca nel legame tra abilità spaziali e ADHD è infatti quello che indaga le condizioni di neglect e le analogie con altri disturbi in cui questo si presenta.

Voeller et al. (1988) hanno riscontrato una quantità significativa di omissioni di stimoli target nel campo visivo sinistro in ragazzi con ADHD alle prese con un test di cancellazione. La sovrapposizione tra l'ADHD e la condizione di neglect viene sostenuta da studi successivi che, testando ragazzi con ADHD, riportano tempi di risposta superiori per l'elaborazione di stimoli nel campo visivo sinistro (Nigg et al., 1997) e risultati al test di bisezione delle linee congruenti con quelli tipici nella condizione di neglect (Sheppard et al., 1999). Altri studi, tuttavia, non hanno riscontrato

questo fenomeno testando bambini con ADHD, come nel caso di BenArtsy et al. (1996), somministrando compiti di bisezioni delle linee e di cancellazione, e Klimkeit et al. (2003), con test di figure chimeriche e *grayscale task*; questa variabilità tra gli studi potrebbe essere spiegata dalla presenza di un bias spaziale verso il campo visivo destro. In merito a questo tipo di lavori, George et al. (2005) hanno avanzato l'ipotesi che un bias spaziale osservato in alcuni dei casi precedenti possa essere invece determinato dal tipo di compiti somministrati, in quanto compiti ripetitivi potrebbero avere un diretto impatto nell'influire negativamente sul livello di allerta e sul mantenimento dell'attenzione del bambino durante lo svolgimento del compito. In un caso studio con un bambino di otto anni con diagnosi di ADHD, in particolare, è stato osservato che, pur con una oscillazione tra le prestazioni tale per cui il suddetto bias non è emerso in tutte le sessioni, il neglect si presentava con la presentazione di 40 prove consecutive del test di cancellazione di stelle con differenze importanti tra le prestazioni della prima e della seconda metà.

Questa disparità nell'elaborazione di stimoli tra i due campi visivi è stata indagata da Chan et al. (2009) in termini di difficoltà di attenzione selettiva con ragazzi tra gli 8 e i 14 anni. Partendo dalle osservazioni di Huang-Pollock et al. (2005), per cui testando l'interferenza di stimoli incongruenti in un *flanker task* non emergono differenze tra bambini con ADHD e a sviluppo tipico, Chan et al. ipotizzano che se queste difficoltà sono lateralizzate, riguardando il campo visivo sinistro, allora gli effetti interferenti determinati dalla comparsa di distrattori che compaiono nel campo visivo sinistro durante un *flanker task* dovrebbero essere ridotti rispetto a quelli che compaiono nel campo visivo destro. In aggiunta, gli autori hanno modulato la quantità di carico percettivo variando la numerosità dei distrattori, basandosi sulle evidenze di Lavie (1995) per cui minori richieste percettive durante il compito consentono un'elaborazione automatica più marcata degli stimoli distraenti. Presentando orizzontalmente gli stimoli in condizioni che andavano da cinque distrattori e un target (alto carico percettivo) al solo stimolo target (basso carico percettivo), il target poteva comparire a sinistra, centrale o a destra mentre gli stimoli interferenti comparivano centralmente, sopra o sotto lo stimolo

target. Coerentemente con le aspettative, i bambini con ADHD sono risultati essere soggetti ad un maggior effetto interferente da parte degli stimoli distraenti in termini di tempi di risposta superiori quando lo stimolo target era presentato nello spazio destro in condizione di basso carico percettivo, mentre l'effetto è risultato ridotto nel caso di comparsa centrale o a sinistra. Inoltre, questi effetti di interferenza superiori per i target nel campo destro in condizione di basso carico percettivo risultavano più marcati all'aumentare della gravità dei sintomi del disturbo. Questi risultati sembrerebbero indicare una asimmetria nei livelli di attenzione spaziale, con una forma di neglect per lo spazio visivo sinistro.

Nella stessa direzione si è mosso uno studio di Dobler et al. (2005) volto ad indagare i meccanismi che potrebbero determinare questo fenomeno. Gli autori evidenziano ancora una volta una certa corrispondenza con la condizione di neglect determinata da danno cerebrale (come trauma cranico o ictus) per la quale bassi livelli di allerta e attenzione sostenuta costituirebbero la base che determina la persistenza del disturbo. Nella prima fase con bambini a sviluppo tipico, emerge proprio come bassi livelli di allerta e attenzione sostenuta influenzino negativamente la percezione dello spazio visivo sinistro; in virtù di questo effetto, gli autori osservano che nello studiare la relazione tra ADHD e il bias spaziale potrebbe esserci una certa variabilità tra i risultati a seconda di quanti bambini con ADHD effettivamente manifestino un deficit attentivo e di allerta sufficiente affinché emerga questo fenomeno.

Nella seconda fase, incentrata su bambini che hanno usufruito di servizi psichiatrici per problemi di natura attentiva, tra cui bambini con ADHD, gli autori hanno indagato due aspetti: oltre a esaminare i meccanismi visti nella prima parte dello studio con una popolazione non a sviluppo tipico e a partire da una valutazione di base delle capacità di attenzione sostenuta e livello di allerta, si è andato ad analizzare se il legame tra la prestazione in compiti che richiedono attenzione sostenuta e il bias spaziale si manifesti o se sia amplificato in un campione di tipo clinico. I risultati hanno mostrato prestazioni mediamente inferiori rispetto a quella dei partecipanti a sviluppo tipico della prima fase

della ricerca in prove standardizzate di attenzione sostenuta, con le prove più deboli a carico del gruppo con una diagnosi di ADHD. La prestazione di riconoscimenti di stimoli target nel campo visivo sinistro è risultata sensibilmente inferiore rispetto a quella per stimoli nel campo visivo destro. In generale, suggeriscono gli autori, i dati sembrano evidenziare un continuum nel livello di deficit attentivo che può andare da prestazioni lievemente inferiori a un completo neglect di consapevolezza spaziale per un campo visivo, escludendo però che queste difficoltà siano una caratteristica peculiare dell'ADHD in quanto riscontrabili anche in altri profili. È tuttavia utile considerare che le misure del livello di attenzione sostenuta e di allerta costituiscono buoni predittori per difficoltà di attenzione che riguardano il campo visivo sinistro.

Swanson et al. (1991) hanno indagato le caratteristiche visuo-spaziali in bambini con ADHD tenendo come riferimento il sistema elaborato da Posner (1988) impiegando il *Posner visual-spatial cuing test* (Posner et al., 1988). In particolare, l'interesse è rivolto a identificare il tipo di deficit attentivo, ovvero in che misura sono deficitari i sistemi di ancoraggio, disancoraggio e spostamento. La prova utilizzata consiste in due riquadri presentati al computer ad un angolo di 5° rispetto ad un punto di fissazione centrale. Alla presentazione dello stimolo target in uno dei due riquadri, suddivisi in maniera uguale tra il campo visivo destro e quello sinistro, il partecipante deve premere la barra spaziatrice, in modo che il compito sia puramente di detezione e non di scelta. Su un totale di 240 prove, in 200 uno stimolo cue viene presentato sotto forma di un secondo contorno ad uno dei riquadri di comparsa dello stimolo target viene presentato, di cui 160 in maniera congruente alla successiva comparsa dello stimolo target, ovvero nello stesso campo visivo, e 40 in maniera incongruente. Un ulteriore parametro è l'intervallo tra la comparsa dello stimolo cue e dello stimolo target nelle 200 prove con stimolo cue: in metà delle prove i due stimoli sono intervallati da 100ms, mentre nell'altra metà da 800ms.

Per quanto riguarda l'intervallo minore di 100ms, sia per il gruppo con i bambini ADHD che a sviluppo tipico i tempi di reazione corrispondevano alle performance note nella popolazione adulta, con tempi inferiori nel caso di prove congruenti e superiori per le prove incongruenti.

Nel considerare le prove con intervallo 800ms, diversamente, solo nel caso del gruppo di bambini a sviluppo tipico si osservano i risultati in linea con quelli noti della popolazione adulta, per cui, all'aumentare dell'intervallo tra i due stimoli, l'influenza dello stimolo cue risulta ridotta con una conseguente diminuzione dei tempi di reazione. Nel gruppo di bambini con ADHD questo effetto si manifesta uniformemente solo per le prove in cui lo stimolo target compare nello spazio visivo sinistro. Nelle prove in cui lo stimolo target compare nel campo visivo destro, infatti, l'effetto si verifica solo nei casi delle prove congruenti, ovvero con stimolo cue e target che compaiono entrambi nel riquadro di destra.

Questo pattern di risultati è coerente con la prestazione di pazienti con danni al lobo parietale sinistro (Posner et al., 1984), con l'importante differenza, tuttavia, che mentre nelle persone con lesione parietale questo effetto avviene a prescindere dalla distanza temporale tra stimolo cue e stimolo target, lasciando quindi spazio all'ipotesi di un deficit nel meccanismo di disancoraggio dallo stimolo cue, nel gruppo di bambini con ADHD la prestazione con l'intervallo inferiore risulta nella norma. L'interpretazione di questo fenomeno è da ricercare nell'analisi dall'intervallo temporale e dalla lateralizzazione degli stimoli. Considerando la grandezza dell'effetto dello stimolo cue, quantificato come la differenza tra i tempi di reazione delle prove congruenti e i tempi di reazione di quelle incongruenti, nelle prove con intervallo di 800ms emerge come questo valore sia equiparabile tra le prestazioni dei due gruppi solo nelle prove con stimolo target nel campo visivo destro ma non per quelle con stimolo target nel campo visivo sinistro, in cui invece questa differenza è superiore. In aggiunta, va inoltre considerato che nei casi di prova congruente i tempi di risposta assoluti sono comparabili per le prove in entrambi i campi visivi, in maniera coerente col risultato atteso di minori tempi di reazione nelle prove con intervallo di 800ms rispetto a quelle con 100ms. In virtù di questi dati, si dovrebbe poter dire che per il gruppo con ADHD i risultati delle prove incongruenti nel campo

visivo destro, che ricordiamo non sembrano mostrare l'effetto atteso di riduzione dei tempi di reazione, possano essere interpretati come normali e non come un deficit; diversamente i tempi di reazione per le prove incongruenti del campo visivo sinistro andrebbero invece considerati come più rapidi del previsto. Questo quadro sembra suggerire maggiori costi di elaborazione per le prove incongruenti nel campo visivo destro e, viceversa, minori per le prove incongruenti nel campo visivo sinistro.

Gli autori elaborano questi dati sulla base del modello proposto da Posner et al. (1988) che prevede una attivazione neurale diffusa nei processi di attenzione. Nello specifico, vengono considerati il Sistema Attentivo Anteriore, relativo all'orientamento consapevole sugli stimoli e coinvolto nella modulazione dell'attenzione e nelle funzioni esecutive, e il Sistema Attentivo Posteriore, responsabile dell'orientamento verso gli stimoli sensoriali e della loro elaborazione oltre all'analisi dello spazio. In merito alla prova presentata, i due sistemi sarebbero coinvolti in maniera alterna, con il Sistema Attentivo Posteriore maggiormente coinvolto per le prove con intervallo tra stimolo cue e stimolo target di 100ms e Sistema Attentivo Anteriore per le prove con intervallo di 800ms. Sarebbe quindi da cercare in quest'ultimo la causa delle differenze riscontrate nel gruppo con ADHD, con particolare riguardo per il ruolo dell'attenzione sostenuta: un deficit di mantenimento dell'attenzione andrebbe a ridurre l'effetto di interferenza dello stimolo cue incongruente. Riassumendo tutti questi dati e considerando come il focus vada posto sul campo visivo di comparsa dello stimolo cue piuttosto che su quello dello stimolo target, gli autori avanzano infine l'ipotesi che nelle prove con intervallo di 800ms dopo la comparsa dello stimolo cue nel campo visivo destro i bambini con ADHD possano andare incontro ad un deficit nel mantenimento attivo dell'attenzione e quindi di elaborazione imputabile all'emisfero sinistro. Questo deficit determinerebbe minori costi di interferenza nel caso delle condizioni incongruenti, spiegando in questa maniera i tempi di risposta inferiori alle attese.

Sebbene quest'ultimo studio si concentri principalmente sulle abilità attentive, in particolare sull'attenzione sostenuta con riferimento a uno span più breve di quanto generalmente inteso, si inserisce coerentemente nel filone di ricerche che ipotizzano una particolare disparità

nell'elaborazione visiva. Rispetto all'analisi di stimoli distrattori, lo studio presenta delle similarità con Chan et al. (2009), con una certa convergenza nelle osservazioni riguardo l'elaborazione di stimoli nelle prove in condizione di incongruenza.

CAPITOLO 4

La mia ricerca

4.1 Procedura

La ricerca ha lo scopo di sintetizzare i dati presenti in letteratura sulle peculiarità del profilo ADHD rispetto alle abilità di tipo visuo-spaziale, principalmente in confronto ai coetanei a sviluppo tipico. Sono stati presi in esame studi che riportassero le prestazioni di partecipanti con diagnosi di ADHD secondo i criteri di DSM-III (1980), DSM-IV (1994) e DSM-5 (2013) o con importanti manifestazioni di sintomatologia riconducibili ai criteri validi per la diagnosi.

Il materiale è stato raccolto da articoli pubblicati per la quasi totalità in lingua inglese e relativo a diversi contesti culturali internazionali, con provenienza da Europa, Asia, Oceania ed America. La ricerca del materiale, con ultimo aggiornamento ad aprile 2022, è stata condotta tramite il portale AIRE, attingendo alle banche dati di PubMed, Scopus, EBSCO, PsychINFO, Education Source e SocINDEX. Per individuare gli articoli attinenti all'ambito della cognizione visuo-spaziale, la ricerca è stata effettuata utilizzando "ADHD" (o "Attention Deficit Hyperactivity Disorder") in aggiunta a uno dei seguenti: "working memory", "mental rotation", "spatial visualisation", "spatial perception", "perspective taking", "Raven", "Cattell", "block design", "navigation", "route learning", "shortcut", "cognitive map", "orientation", "map learning", "retracing", "spatial description", "spatial text", "distance estimation", "map drawing", "direction", "Wayfinding", "Embedded Figures Test", "Paper folding test", "Paper Form Board", "Surface development", "Differential Aptitude Test", "Guilford-

Zimmermann Spatial Visualisation Test”, “Guilford-Zimmermann Spatial Orientation Test”, “Cards Rotation Test”, “mazes”, “Water Level test”, “Rod and Frame Test” o “environment”.

Sulla base di questi criteri stati considerati in totale 74 studi: di questi, 45 studi presentavano un confronto tra più gruppi, mentre 5 studi includevano partecipanti senza diagnosi di ADHD ma una sintomatologia importante riconducibile a quella indicata nei criteri diagnostici. Considerando tutti gli studi, si contano in totale 3524 soggetti per il gruppo principale e 3688 soggetti per il gruppo di confronto. Gli studi si sono concentrati principalmente sulla fascia più giovane della popolazione, con un'età media di 12,56 anni e con un minimo di 5,08 anni ed un massimo di 32,50 anni. I partecipanti maschi costituiscono in media il 78,07% del gruppo ADHD e il 70,24% del gruppo di controllo.

Rispetto ai soggetti con diagnosi di ADHD, non è stata fatta differenza tra le manifestazioni prevalenti, considerando quindi indistintamente ADHD di tipo inattentivo, iperattivo o combinato. Tra le comorbidità più frequentemente riportate figuravano disturbi dell'apprendimento, disturbi d'ansia, disturbo oppositivo provocatorio, disturbi della condotta, disturbi depressivi e disturbi dell'umore. Per quanto riguarda i disturbi dell'apprendimento, i più frequentemente incontrati sono dislessia e discalculia.

I criteri di esclusione considerati riguardano la presenza di disturbi sensoriali, disturbi psichiatrici che possano compromettere le abilità cognitive prese in esame, condizioni di disturbi neurologici, un punteggio di quoziente d'intelligenza inferiore a 70, l'abuso di sostanze (come alcol, droghe o farmaci) e l'aver avuto esperienze di traumi cranici che abbiano avuto ripercussioni sul sistema nervoso centrale.

Tutto il materiale raccolto sulla base di questi criteri è stato catalogato in un dataset contenente le informazioni principali che permettessero di effettuare un confronto tra i due gruppi ADHD e sviluppo tipico, tra cui grandezza del campione, età media, percentuali di genere, setting sperimentale,

misure effettuate e tipo di abilità visuo-spaziale indagata. Considerando medie e deviazioni standard a partire dai dati grezzi è stato calcolato l'*effect size* (Cohen's *d*) per i diversi modelli.

Le analisi sono state effettuate tramite il software R (RStudio Team, 2022) avvalendosi dei pacchetti “metafor” (Viechtbauer, 2010) e “clubSandwich” (Pustejovsky, 2021).

Il materiale raccolto è stato categorizzato in quattro macrocategorie principali: memoria di lavoro visuo-spaziale (*Visuospatial working memory*), visualizzazione spaziale (*Spatial visualization*), rotazione mentale (*Mental rotation*) e ragionamento spaziale (*Spatial reasoning*). Altre due categorie, percezione spaziale (*Spatial perception*) ed apprendimento di percorso / navigazione (*Route learning*), non sono state analizzate nello specifico in quanto presenti in solo uno studio.

Per ciascun modello è stato analizzato l'*effect size* e la distribuzione dei dati, rappresentata graficamente dai forest e funnel plot. Ulteriori indici considerati sono stati l'intervallo di confidenza dell'*effect size*, l'eterogeneità complessiva del modello (I^2) e la significatività di eterogeneità di *effect sizes* negli studi del modello.

4.2 Modello di memoria di lavoro visuo-spaziale

Il primo modello, che raccoglie gli studi inerenti alla memoria di lavoro visuo-spaziale, è il più nutrito tra i quattro considerati: raccoglie infatti 51 studi per un totale di 148 effetti. Il modello ha riportato un *effect size* complessivo medio e significativo con $d = -0.56$ [95% CI: -0.68, -0.44], $p < 0.001$. L'effetto ha segno negativo in quanto il gruppo ADHD era stato siglato come primo gruppo per il confronto, di conseguenza l'effetto indica una prestazione significativamente più povera nel gruppo ADHD. È stata inoltre trovata una eterogeneità significativa tra gli *effect sizes* degli studi inclusi nel modello ($p < 0.001$) ed una eterogeneità complessiva di $I^2 = 75.09\%$.

visuospatial wm

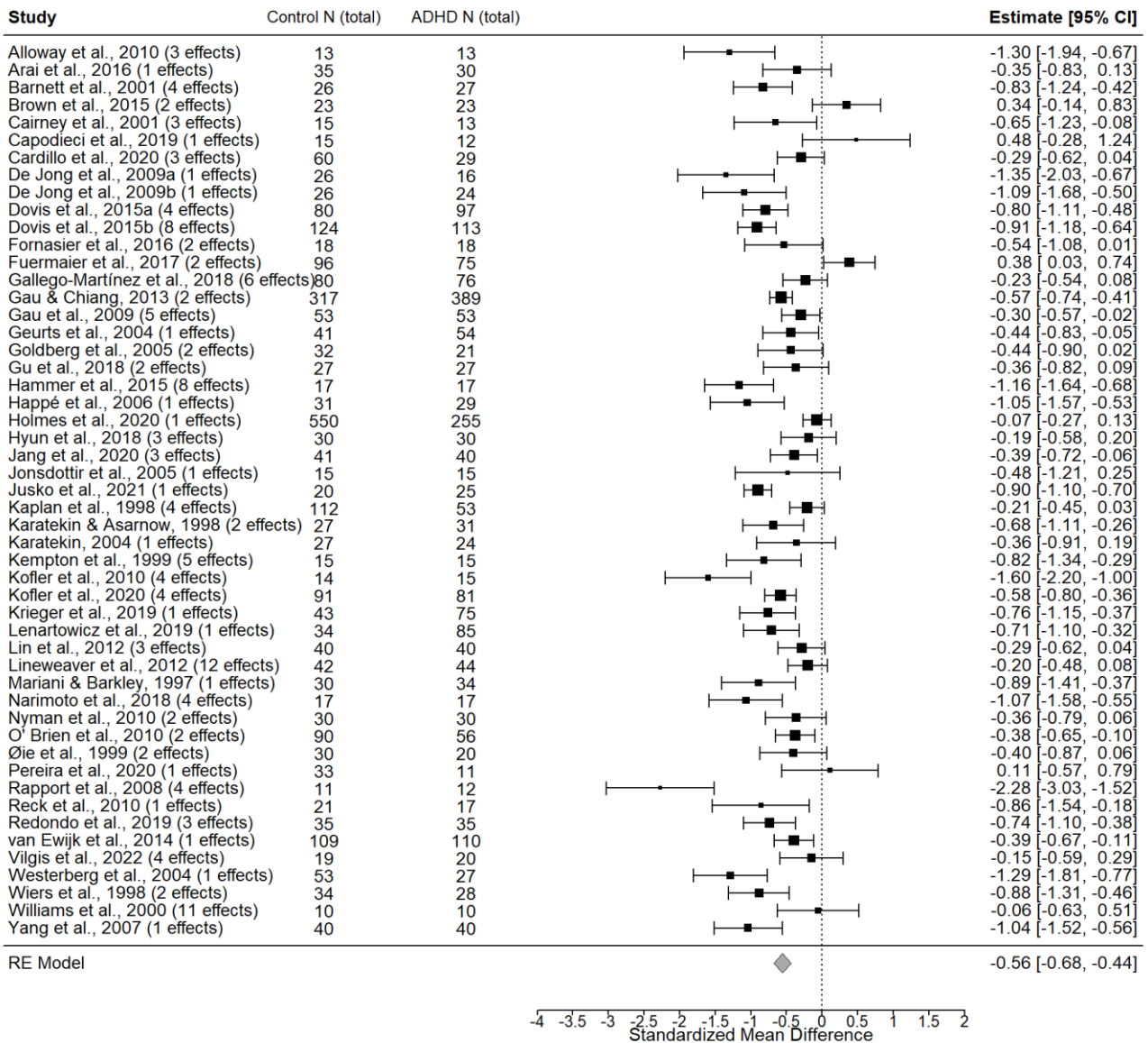


Fig. 1 Grafico forest plot del modello di memoria di lavoro visuo-spaziale con 148 grandezze dell'effetto (d di Cohen), aggregate per studio.

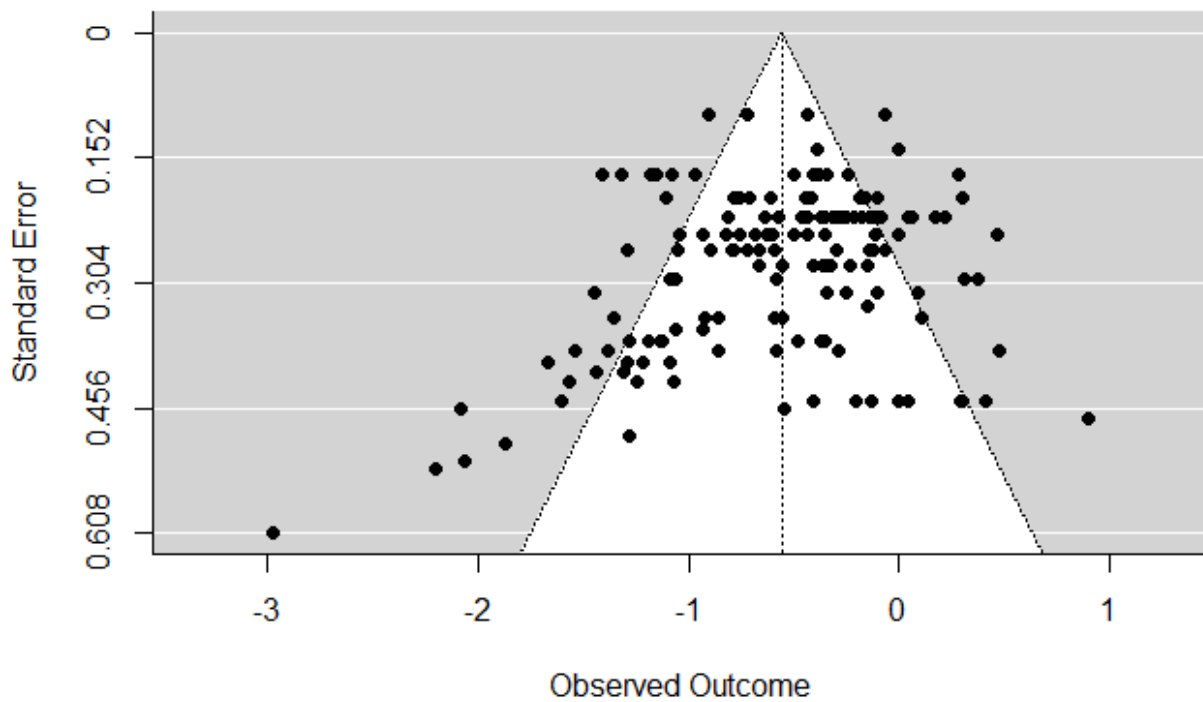


Fig. 2 Grafico funnel plot per il modello di memoria di lavoro visuo-spaziale. Ogni punto indica uno studio.

4.3 Modello di visualizzazione spaziale

Dai 53 effetti ricavati da 17 studi emerge in questo modello un *effect size* piccolo e significativo con $d = -0.31$ [95% CI: -0.47, -0.15], $p < 0.001$. La prestazione era significativamente più povera nel gruppo ADHD. È stata inoltre trovata una eterogeneità significativa tra gli *effect sizes* degli studi inclusi nel modello ($p < 0.001$) ed una eterogeneità complessiva di $I^2 = 64.09\%$.

Spatial Visualization

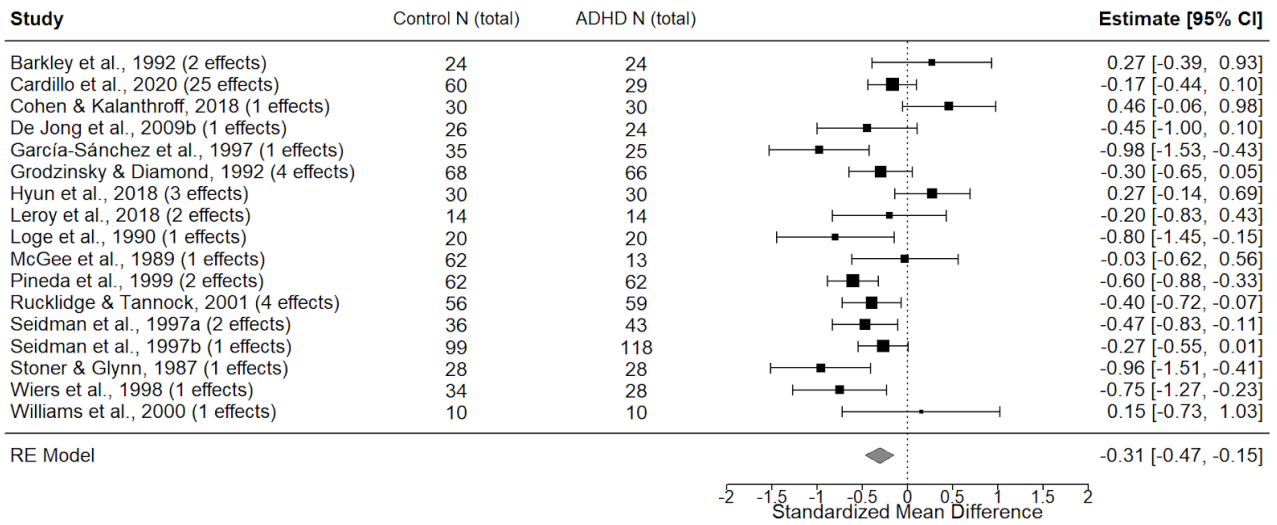


Fig. 3 Grafico forest plot del modello di visualizzazione spaziale con 53 grandezze dell'effetto (d di Cohen), aggregate per studio.

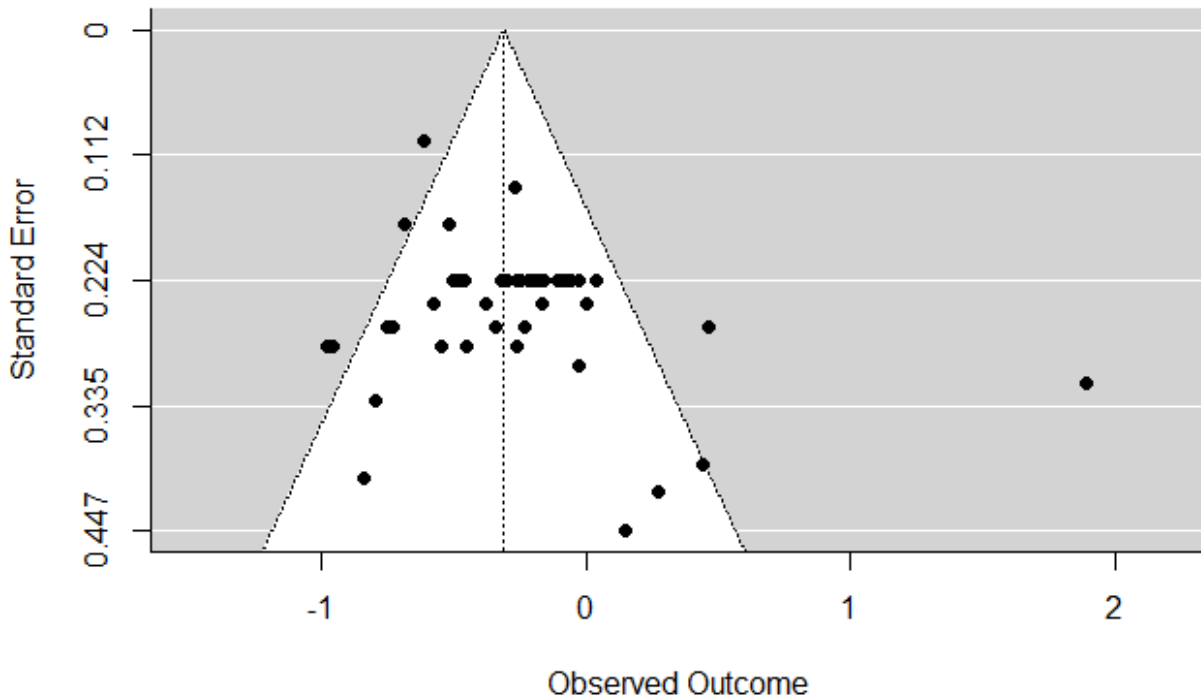


Fig. 4 Grafico funnel plot per il modello di visualizzazione spaziale. Ogni punto indica uno studio.

4.4 Modello di rotazione mentale

Il modello di rotazione mentale includeva 16 effetti provenienti da 3 studi, dimostrando un *effect size* complessivo piccolo e non significativo, con $d = -0.28$ [95% CI: -0.84, 0.22], $p = 0.308$. Non vi era, in questo caso, differenza significativa tra la prestazione nei due gruppi in questa misura visuo-spaziale. È stata inoltre trovata una eterogeneità significativa tra gli *effect sizes* degli studi inclusi nel modello ($p < 0.001$) ed una eterogeneità complessiva di $I^2 = 90.24\%$.

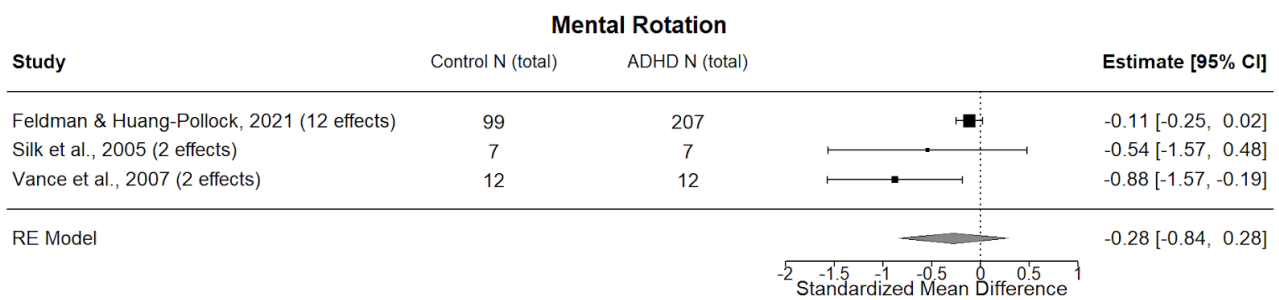


Fig. 5 Grafico forest plot del modello di rotazione mentale con 16 grandezze dell'effetto (d di Cohen), aggregate per studio.

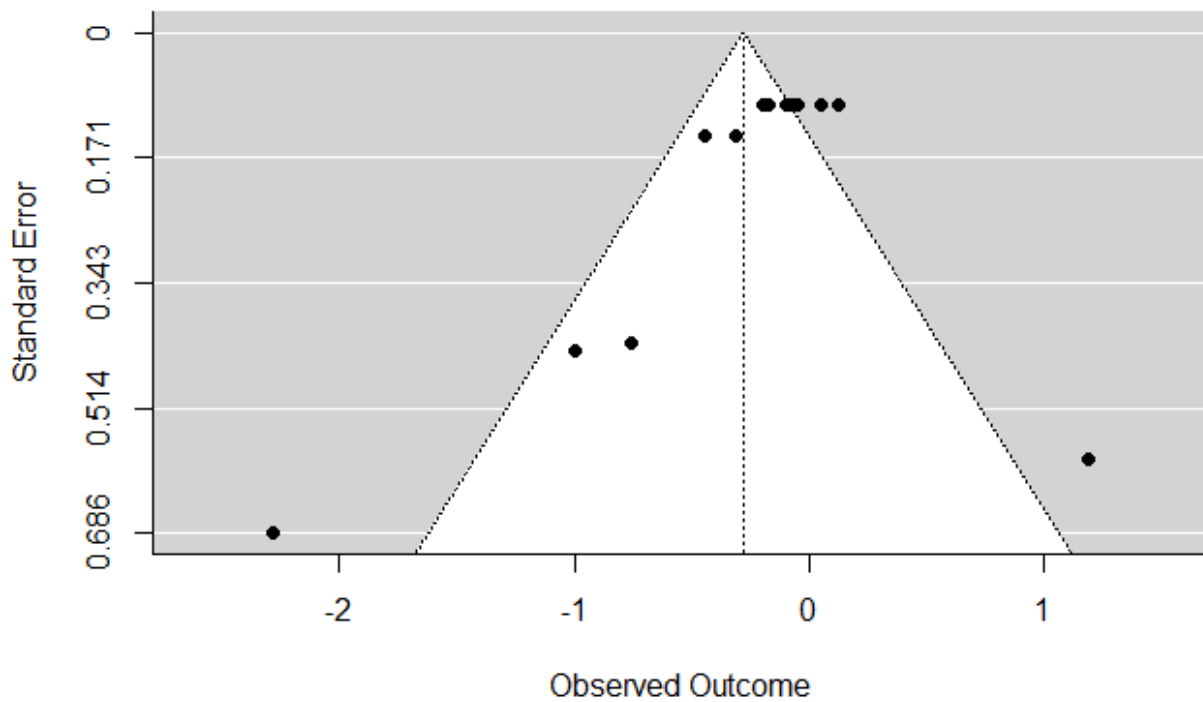


Fig. 6 Grafico funnel plot per il modello di rotazione mentale. Ogni punto rappresenta uno studio.

4.5 Modello di ragionamento spaziale

Il modello includeva 9 effetti, provenienti da 9 studi diversi, dimostrando un *effect size* complessivo piccolo ma significativo con $d = -0.27$ [95% CI: -0.51, -0.03], $p = 0.030$. In questo caso, la prestazione era significativamente più povera nel gruppo ADHD. Non è stata individuata una eterogeneità significativa tra gli effetti nel modello ($p = 0.200$). L'eterogeneità complessiva era $I^2 = 30.14\%$.

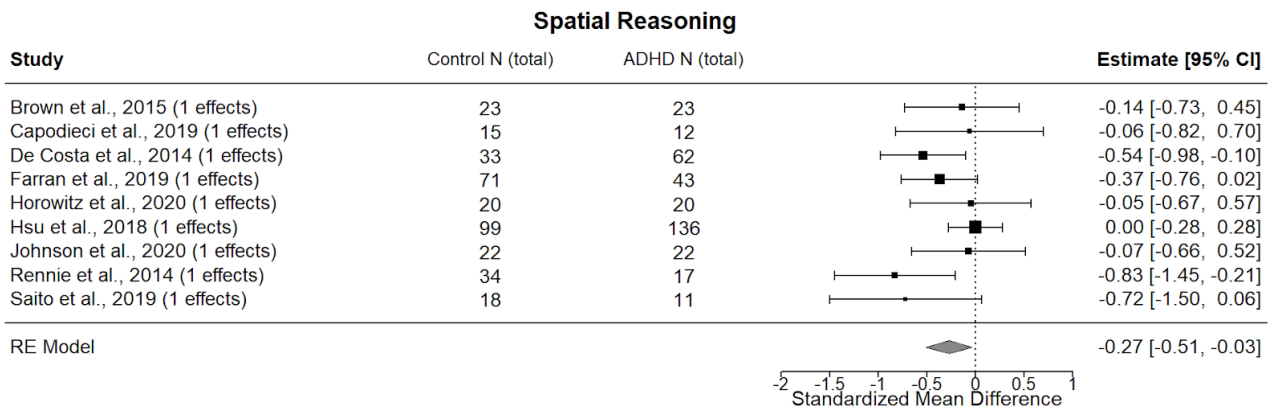


Fig. 7 Grafico forest plot del modello di ragionamento spaziale con 9 grandezze dell'effetto (d di Cohen), aggregate per studio.

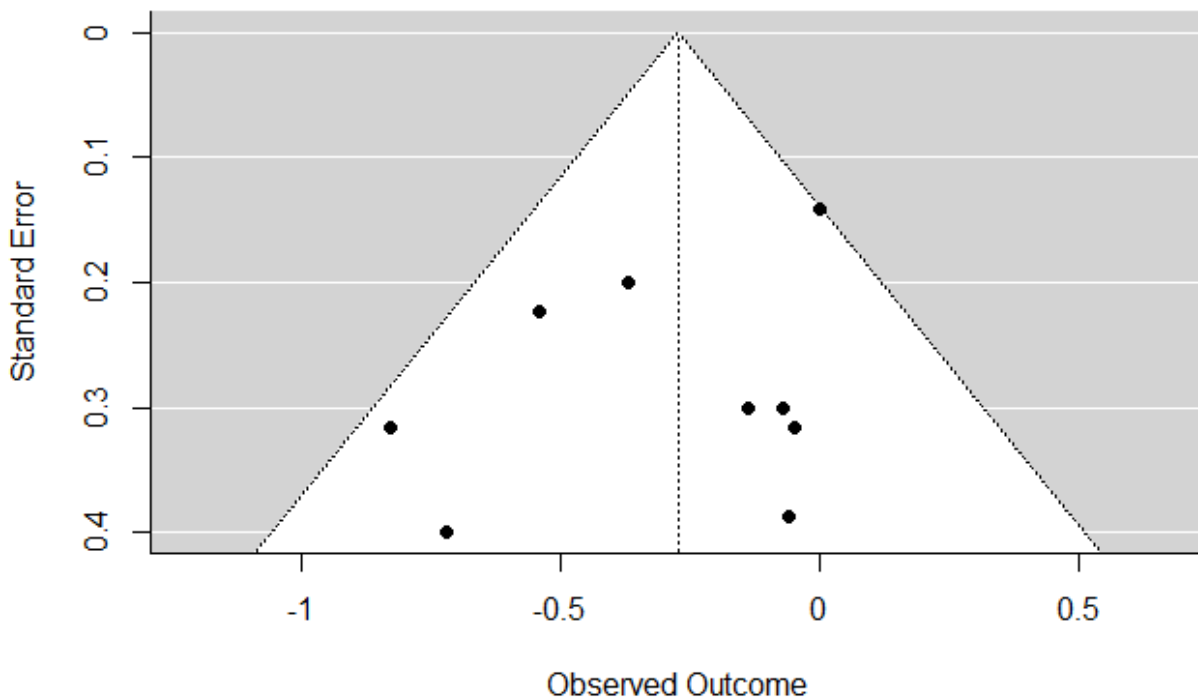


Fig. 8 Grafico funnel plot per il modello di ragionamento spaziale. Ogni punto rappresenta uno studio.

4.6 Discussione e conclusione

Il lavoro presentato ha offerto una visione d'insieme sul legame tra il Disturbo da deficit di attenzione/iperattività e le abilità di tipo visuo-spaziale tramite un'indagine sulla letteratura disponibile. Partendo nel primo capitolo dalla definizione clinica del disturbo, dalla sua comparsa nei manuali alla classificazione attuale e passando per i vari modelli esplicativi, si arriva nel secondo capitolo all'analisi dell'osservazione clinica da cui è nata la riflessione che ha motivato la ricerca, vale a dire la maggior propensione di incidenti di carattere traumatico nelle persone con ADHD rispetto al gruppo dei pari della popolazione a sviluppo tipico. Il costrutto di propensione al rischio è stato preso in esame specialmente per quanto riguarda le abilità e i comportamenti alla guida. Guardando ai vari modelli che descrivono il legame tra le abilità di guida e il disturbo, nel terzo capitolo è stato approfondito in particolare il ruolo rivestito dalle abilità di tipo visuo-spaziale tramite un approfondimento sulla letteratura in merito. Il quarto capitolo, infine, si è concentrato sulla descrizione della metanalisi svolta, chiarendo l'obiettivo e la procedura di raccolta ed elaborazione dei dati per arrivare alla presentazione dei risultati.

Complessivamente, le analisi riportano un quadro generale dei dati disponibili in letteratura per quanto riguarda le caratteristiche dell'ADHD rispetto al ventaglio delle abilità visuo-spaziali. Sono dei primi dati a livello esplorativo ma vanno per questo presi con cautela. Si può notare un'importante disparità tra le abilità su cui si è soffermata la letteratura presa in esame finora: se infatti abbiamo a disposizione molti lavori per l'abilità di memoria di lavoro visuo-spaziale, per altri, come l'abilità di rotazione mentale, il materiale da cui attingere è al contrario piuttosto scarso. Da questa osservazione è importante tenere presente come questa scarsità possa determinare una distorsione nell'analisi con il rischio di incorrere in *publication bias*: guardando al modello di rotazione mentale, per esempio, la ristretta quantità di dati e la bassa varianza rendono particolarmente concreto il rischio di bias.

Rispetto alle caratteristiche del disturbo, la metanalisi non ha preso in considerazione la distinzione tra le tre manifestazioni prevalenti dell'ADHD, che potrebbero quindi presentare delle peculiarità in relazione alle abilità visuo-spaziali considerate. Inoltre, non sono state prese in analisi le differenze di genere e di età che, considerata l'importanza rivestita a maggior ragione in un disturbo di carattere evolutivo come l'ADHD, sono senza dubbio aspetti importanti da valutare nei lavori futuri. Infine, non è stato approfondito il possibile ruolo delle comorbidità.

Riferimenti bibliografici

* Articoli inclusi nella metanalisi

Adi-Japha, E., Landau, Y. E., Frenkel, L., Teicher, M., Gross-Tsur, V., & Shalev, R. S. (2007). ADHD and dysgraphia: Underlying mechanisms. *Cortex*, 43(6), 700-709. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70499-4](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70499-4)

Aduen, P. A., Kofler, M. J., Cox, D. J., Sarver, D. E., & Lunsford, E. (2014). Motor vehicle driving in high incidence psychiatric disability: Comparison of drivers with ADHD, depression, and no known psychopathology. *Journal of Psychiatric Research*, 64, 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2015.03.009>

*Alloway, T. P., Elliott, J., & Place, M. (2010). Investigating the relationship between attention and working memory in clinical and community samples. *Child Neuropsychology*, 16(3), 242-254. <https://doi.org/10.1080/09297040903559655>

American Psychiatric Association. (1980). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (3rd ed.). Washington, DC: Author.

American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed.). Washington, DC: Author.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Washington, DC: Author. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>

*Arai, S., Okamoto, Y., Fujioka, T., Inohara, K., Ishitobi, M., Matsumura, Y., Jung, M., Kawamura, K., Takiguchi, S., Tomoda, A., Wada, Y., Hiratani, M., Matsuura, N., & Kosaka, H. (2016). Altered frontal pole development affects self-generated spatial working memory in ADHD. *Brain and development*, 38(5), 471-480. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2015.11.005>

- Ayaz, A. B., Ayaz, M., Şentürk, E., Soylu, N., Yüksel, S., & Yulaf, Y. (2014). Factors related with unintentional injuries in children with newly diagnosed attention-deficit/ hyperactivity disorder. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 23(1), 93-98. <https://doi.org/10.1080/17457300.2014.969279>
- *Barkley, R. A., Anastopoulos, A. D., Guevremont, D. C., & Fletcher, K. E. (1992). Adolescents with attention deficit hyperactivity disorder: mother-adolescent interactions, family beliefs and conflicts, and maternal psychopathology. *Journal of abnormal child psychology*, 20(3), 263-288. <https://doi.org/10.1007/BF00916692>
- Barkley, R. A. (1997).
- *ADHD and the nature of self-control*. The Guilford Press.
 - Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.65>
- Barkley, R. A. (2004). Driving impairments in teens and adults with attention deficit/hyperactivity disorder. *Psychiatric Clinics of North America*, 27(2), 233-260. [https://doi.org/10.1016/S0193-953X\(03\)00091-1](https://doi.org/10.1016/S0193-953X(03)00091-1)
- Barkley, R. A. & Cox, D. (2007). A review of driving risk and impairments associated with attention-deficit/hyperactivity disorder and the effects of stimulant medication on driving performance. *Journal of Safety Research*, 38(1), 113-128. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.09.004>
- Barkley, R. A., Murphy, K. R., & Kwasnik, D. (1996). Motor vehicle driving competencies and risks in teens and young adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 98(6), 1089-1095. <https://doi.org/10.1542/peds.98.6.1089>
- *Barnett, R., Maruff, P., Vance, A., Luk, E., Costin, J., Wood, C., & Pantelis, C. (2001). Abnormal executive function in attention deficit hyperactivity disorder: The effect of stimulant medication and age on spatial working memory. *Psychological medicine*, 31(6), 1107-1115. <https://doi.org/10.1017/S0033291701004172>

- Ben-Artzy, A., Glicksohn, J., Soroker, N., Margalit, M., & Myslobodsky, M. (1996). An assessment of hemineglect in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Developmental neuropsychology*, 12(3), 271-281. <https://doi.org/10.1080/87565649609540652>
- *Brown, F. C., Roth, R. M., & Katz, L. J. (2015). Allocentric but not egocentric visual memory difficulties in adults with ADHD may represent cognitive inefficiency. *Psychiatry research*, 228(3), 649-658. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.04.051>
- Bruce, B. S., Ungar, M., & Waschbusch, D. A. (2009). Perception of risk among children with and without attention deficit/hyperactivity disorder. *Internal Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 16(4), 189-196. <https://doi.org/10.1080/17457300903306914>
- Bulmash E. L., Moller H. J., Kayumov, L., Shen, J., Wang, X., & Shapiro, C. M. (2006). Psychomotor disturbance in depression: Assessment using a driving simulator paradigm. *Journal of Affective Disorders*, 93(1-3), 213-218. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2006.01.015>
- Byrne, J. M., Bawden H. N., Beattie, T., & DeWolfe, N. A. (2003). Risk for injury in preschoolers: Relationship to attention deficit hyperactivity disorder. *Child Neuropsychology*, 9(2), 142-151. <https://doi.org/10.1076/chin.9.2.142.14501>
- *Cairney, S., Maruff, P., Vance, A., Barnett, R., Luk, E. & Currie, J. (2001). Contextual abnormalities of saccadic inhibition in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Experimental brain research*, 141, 507-518. <https://doi.org/10.1007/s002210100890>
- *Capodiceci, A., Re, A. M., Fracca, A., Borella, E., & Carretti, B. (2019). The efficacy of a training that combines activities on working memory and metacognition: Transfer and maintenance effects in children with ADHD and typical development. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 41(10), 1074-1087. <https://doi.org/10.1080/13803395.2019.1651827>
- *Cardillo, R., Vio, C., & Mammarella, I. C. (2020). A comparison of local-global visuospatial processing in autism spectrum disorder, nonverbal learning disability, ADHD and typical development. *Research in developmental disabilities*, 103, 103682. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103682>

- Castellanos, F. X. e Tannock, R. (2002). Neuroscience of attention-deficit/hyperactivity disorder. The search for endophenotype. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 617-628. <https://doi.org/10.1038/nrn896>
- Chan, E., Mattingley, J. B., Huang-Pollock, C., English, T., Hester, R., Vance, A., & Bellgrove, M. A. (2009). Abnormal spatial asymmetry of selective attention in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50(9), 1064-1072. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02096.x>
- Clark-Ibanez, M. (2004). Framing the social world with photo-elicitation interviews. *American Behavioral Scientist*, 47(12), 1507. <https://doi.org/10.1177/0002764204266236>
- Cohen J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge Academic. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- *Cohen, E., & Kalanthroff, E. (2019). Visuospatial processing bias in ADHD: A potential artifact in the Wechsler Adult Intelligence Scale and the Rorschach Inkblots Test. *Psychological assessment*, 31(5), 699-706. <https://doi.org/10.1037/pas0000687>
- *De Costa, D. S., de Paula, J. J., Alvim-Soares, A. M., Diniz, B. S., Romano-Silva, M. A., Malloy-Diniz, L. F., & de Miranda, D. M. (2014). ADHD inattentive symptoms mediate the relationship between intelligence and academic performance in children aged 6-14. *Revista brasileira de psiquiatria*, 36(4), 313-321. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2013-1201>
- *de Jong, C. G. W., Van De Voorde, S., Roeyers, H., Raymaekers, R., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2009). How distinctive are ADHD and RD? Results of a double dissociation study. *Journal of abnormal child psychology*, 37(7), 1007-1017. <https://doi.org/10.1007/s10802-009-9328-y>
- *de Jong, C. G., Van De Voorde, S., Roeyers, H., Raymaekers, R., Allen, A. J., Knijff, S., Verhelst, H., Temmink, A. H., Smit, L. M., Rodrigues-Pereira, R., Vandenberghe, D., van Welsen, I., ter Schuren, L., Al-Hakim, M., Amin, A., Vlasveld, L., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2009). Differential effects of atomoxetine on executive functioning and lexical decision in attention-deficit/hyperactivity disorder and reading disorder. *Journal of child and adolescent psychopharmacology*, 19(6), 699-707. <https://doi.org/10.1089/cap.2009.0029>

- Deconinck, F. J. A., Spitaels, L., Fias, W., & Lenoir, M. (2009). Is developmental coordination disorder a motor imagery deficit? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 31(6), 720-730. <https://doi.org/10.1080/13803390802484805>
- DiScala, C., Lescohier, I., Barthel, M., & Li, G. (1998). Injuries to children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Pediatrics*, 102(6), 1415-1421. <https://doi.org/10.1542/peds.102.6.1415>
- Dobler, V. B., Anker, S., Gilmore, J., Robertson, I. H., Atkinson, J., & Manly, T. (2005). Asymmetric deterioration of spatial awareness with diminishing levels of alertness in normal children and children with ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 1230-1248. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.00421.x>
- Douglas, V. I. (1983). Attentional and cognitive problems. In M. Rutter (Ed.), *Developmental Neuropsychiatry*, 280-329. New York: Guilford Press.
- *Dovis, S., Van der Oord, S., Huizenga, H. M., Wiers, R. W., & Prins, P. J. M. (2015). Prevalence and diagnostic validity of motivational impairments and deficits in visuospatial short-term memory and working memory in ADHD subtypes. *European child and adolescent psychiatry*, 24(5), 575-590. <https://doi.org/10.1007/s00787-014-0612-1>
- *Dovis, S., Van der Oord, S., Wiers, R. W., & Prins, P. J. M. (2015). ADHD Subtype Differences in Reinforcement Sensitivity and Visuospatial Working Memory. *Journal of clinical child and adolescent psychology*, 44(5), 859-874. <https://doi.org/10.1080/15374416.2014.895940>
- DuPaul, G. J., Gormley, M. J., & Laracy, S. D. (2013). Comorbidity of LD and ADHD: Implication of DSM-5 for assessment and treatment. *Journal of Learning Disabilities*, 46(1), 43-52. <https://doi.org/10.1177/0022219412464351>
- Faraone, S. V., & Larsson, H. (2018). Genetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Molecular Psychiatry*, 24(4), 562-575. <https://doi.org/10.1038/s41380-018-0070-0>
- *Farran, E. K., Bowler, A., Karmiloff-Smith, A., D'Souza, H., Mayall, L., & Hill, E. L. (2019). Cross-domain associations between motor ability, independent exploration, and large-scale spatial

navigation; attention deficit hyperactivity disorder, Williams syndrome, and typical development. *Frontiers in human neuroscience*, 13(July), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00225>

*Feldman, J. S., & Huang-Pollock, C. (2021). A New Spin on Spatial Cognition in ADHD: A Diffusion Model Decomposition of Mental Rotation. *Journal of the international neuropsychological society*, 27(5), 472–483. <https://doi.org/10.1017/S1355617720001198>

Fischer, M., Barkley, R., Fletcher, K., & Smallish, L. (1993). The stability of dimensions of behavior in ADHD and normal children over an 8-year follow-up. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 21, 315-337. <https://doi.org/10.1007/BF00917537>

*Feldman, J. S., & Huang-Pollock, C. (2021). A New Spin on Spatial Cognition in ADHD: A Diffusion Model Decomposition of Mental Rotation. *Journal of the international neuropsychological society*, 27(5), 472-483. <https://doi.org/10.1017/S1355617720001198>

Fischer, M., Barkley, R. A., Smallish, L., & Fletcher, K. (2007). Hyperactive children as young adults: Driving behavior, safe driving abilities, and adverse driving outcomes. *Accident Analysis & Prevention*, 39(1), 94-105. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.06.008>

*Fornasier, E., Grada, C., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2016). Correlazione tra deficit di memoria di lavoro e compromissione funzionale delle relazioni sociali in un gruppo di bambini con ADHD. *Psicologia clinica dello sviluppo, Rivista quadrimestrale*, 2, 275-292. <https://www.rivisteweb.it/doi/10.1449/84134>

*Fuermaier, A. B. M., Tucha, O., Koerts, J., Lange, K. W., Weisbrod, M., Aschenbrenner, S., & Tucha, L. (2017). Noncredible cognitive performance at clinical evaluation of adult ADHD: An embedded validity indicator of visuospatial working memory test. *Psychological Assessment*, 29(12), 1466-1479. <https://doi.org/10.1037/pas0000534>

*Gallego-Martínez, A., García-Sevilla, J., & Fenollar-Cortés, J. (2018). Implication of visuospatial and phonological working memory in the clinical heterogeneity of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Anales de psicología*, 34(1), 16-22. <https://doi.org/10.6018/analesps.34.1.289671>

- *García-Sánchez, C., Estévez-González, A., Suárez-Romero, E., & Junqué, C. (1997). Right hemisphere dysfunction in subjects with attention-deficit disorder with and without hyperactivity. *Journal of child neurology*, 12(2), 107-115. <https://doi.org/10.1177/088307389701200207>
- *Gau, S. S., & Chiang, H. L. (2013). Association between early attention-deficit/hyperactivity symptoms and current verbal and visuo-spatial short-term memory. *Research in developmental disabilities*, 34(1), 710-720. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.10.005>
- *Gau, S. S., Chiu, C. D., Shang, C. Y., Cheng, A. T., & Soong, W. T. (2009) Executive function in adolescence among children with attention-deficit/hyperactivity disorder in Taiwan. *Journal of Developmental & behavioral pediatrics*, 30(6), 525-535. <https://doi.org/10.1097/dbp.0b013e3181c21c97>
- Gerring, J. P., Brady, K. D., Chen, A., Vasa, R., Grados, M., Bandeen-Roche, K. J., Bryan, N., & Denckla, M. B. (1998). Premorbid prevalence of ADHD and development of secondary ADHD after closed head injury. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 37(6), 647-654. <https://doi.org/10.1097/00004583-199806000-00015>
- George, M., Dobler, V., Nicholls, E., & Manly, T. (2005). Spatial awareness, alertness, and ADHD: The re-emergence of unilateral neglect with time-on-task. *Brain and Cognition*, 57(3), 264-275. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.bandc.2004.09.003>
- *Geurts, H. M., Verté, S., Oosterlaan, J., Roeyers, H., & Sergeant, J. A. (2004). How specific are executive functioning deficits in attention deficit hyperactivity disorder and autism? *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines*, 45(4), 836-854. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00276.x>
- Gizer, I. R., Ficks, C., & Waldman, I. D. (2009). Candidate gene studies of ADHD: A meta-analytic review. *Human Genetics*, 126, 51-90. <https://doi.org/10.1007/s00439-009-0694-x>
- *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*, 35(3), 279-293.
<https://doi.org/10.1007/s10803-005-3291-4>
- Goulardins, J. B., Marques, J. C. B., Casella, E. B., Nascimento, R. O., & Oliveira, J. A. (2012). Motor profile of children with attention deficit hyperactivity disorder, combined type. *Research in Developmental Disabilities*, 34(1), 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.07.014>
- *Grodzinsky, G. M., & Diamond, R. (1992). Frontal lobe functioning in boys with attention-deficit hyperactivity disorder. *Developmental neuropsychology*, 8(4), 427-445.
<https://doi.org/10.1080/87565649209540536>
- *Gu, C., Liu, Z. X., Tannock, R., & Woltering, S. (2018). Neural processing of working memory in adults with ADHD in a visuospatial change detection task with distractors. *PeerJ*, 6, e5601.
<https://doi.org/10.7717/peerj.5601>
- *Hammer, R., Tennekoon, M., Cooke, G. E., Gayda, J., Stein, M. A., & Booth, J. R. (2015). Feedback associated with expectation for larger-reward improves visuospatial working memory performances in children with ADHD. *Developmental cognitive neuroscience*, 14, 38-49.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.06.002>
- *Happé, F., Booth, R., Charlton, R., & Hughes, C. (2006). Executive function deficits in autism spectrum disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder: examining profiles across domains and ages. *Brain and cognition*, 61(1), 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2006.03.004>
- Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, 34(2), 151-176. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.09.005>
- Hegarty, M., Richardson, A. E., Montello, D. R., Lovelace, K. L., & Subbiah, I. (2002). Development of a self-report measure of environmental spatial ability. *Intelligence*, 30(5), 425-447.
[https://doi.org/10.1016/S0160-2896\(02\)00116-2](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(02)00116-2)
- Henderson, S. E., & Sugden, D. A. (1992). *The Movement Assessment Battery for Children*. Kent, UK: The Psychological Corporation.

- *Holmes, J., Guy, J., Kievit, R. A., Bryant, A., Mareva, S., & Gathercole, S. E. (2020). Cognitive dimensions of learning in children with problems in attention, learning, and memory. *Journal of educational psychology*, 113(7),1454-1480. <https://doi.org/10.1037/edu0000644>
- *Horowitz, I., Avirame, K., Naim-Feil, J., Rubinson, M., Moses, E., Gothelf, D., & Levit-Binnun, N. (2020). The interactive effects of test-retest and methylphenidate administration on cognitive performance in youth with ADHD: A double-blind placebo-controlled crossover study. *Psychiatry research*, 291(May), 113056. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113056>
- *Hsu, C. F., Eastwood, J. D., & Toplak, M. E. (2017). Differences in perceived mental effort required and discomfort during a working memory task between individuals at-risk and not at-risk for ADHD. *Frontiers in psychology*, 8(March), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00407>
- Huang-Pollock, C. L., Nigg, J. T., & Carr, T. H. (2005). Deficient attention is hard to find: Applying the perceptual load model of selective attention to attention deficit hyperactivity disorder subtypes. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(11), 1211-1218. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.00410.x>
- *Hyun, G. J., Park, J. W., Kim, J. H., Min, K. J., Lee, Y. S., Kim, S. M., & Han, D. H. (2018). Visuospatial working memory assessment using a digital tablet in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Computer methods and programs in biomedicine*, 157(April), 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.01.022>
- *Jang, K. M., Kim, M. S., & Kim, D. W. (2020). The Dynamic Properties of a Brain Network During Spatial Working Memory Tasks in College Students With ADHD Traits. *Frontiers in human neuroscience*, 14, 580813. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.580813>
- Jensen, P. S., Shervette, R. E., Xenakis, S. N., & Bain, M. W. (1988). Psychosocial and medical histories of stimulant-treated children. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 27(6), 798-801. <https://doi.org/10.1097/00004583-198811000-00024>

- Jerome, L., Segal, A., & Habinski, L. (2006). What We Know About ADHD and Driving Risk: A Literature Review, Meta-Analysis and Critique. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 15(3), 105-125. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc2277254/>
- *Johnson, K. A., White, M., Wong, P. S., & Murrihy, C. (2020). Aspects of attention and inhibitory control are associated with on-task classroom behaviour and behavioural assessments, by both teachers and parents, in children with high and low symptoms of ADHD. *Child neuropsychology*, 26(2), 219-241. <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1639654>
- *Jonsdottir, S., Bouma, A., Sergeant, J. A., & Scherder, E. J. (2005). The impact of specific language impairment on working memory in children with ADHD combined subtype. *Archives of clinical neuropsychology: the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 20(4), 443-456. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2004.10.004>
- *Jusko, M. L., Raiker, J. S., Campezo, M., Smith, J. N., Fosco, W. D., Horta, L., Little, K., Espinal, K., Sanchez, G., Mattfeld, A. T., Gnagy, E. M., Greiner, A. R., Coles, E. K., & Pelham, W. E. (2021). Brief report: Evaluation of working memory deficits in children with ADHD using the NIH list sorting working memory task. *Child neuropsychology*, 27(5), 613-620. <https://doi.org/10.1080/09297049.2021.1876014>
- Kaiser, M. L., Schoemaker, M. M., Albaret, J. M., & Geuze, R. H. (2014). What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. *Research in Developmental Disabilities*, 36, 338-357. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.09.023>
- *Kaplan, B. J., Dewey, D., Crawford, S. G., & Fisher, G. C. (1998). Deficits in long-term memory are not characteristic of ADHD. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 20(4), 518-528. <https://doi.org/10.1076/j.cen.20.4.518.1477>
- *Karatekin, C. (2004). A test of the integrity of the components of Baddeley's model of working memory in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(5), 912-926. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.t01-1-00285.x>

- *Karatekin, C., & Asarnow, R. F. (1998). Working memory in childhood-onset schizophrenia and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychiatry research*, 80(2), 165-176. [https://doi.org/10.1016/S0165-1781\(98\)00061-4](https://doi.org/10.1016/S0165-1781(98)00061-4)
- Kaya A., Taner Y., Guclu B. Taner E., Kaya Y., Bahcivan H. G., & Benli I. T. (2008). Trauma and Adult Attention deficit Hyperactivity Disorder. *The Journal of International medical research*, 36(1), 9-16. <https://doi.org/10.1177/147323000803600102>
- *Kempton, S., Vance, A., Maruff, P., Luk, E., Costin, J., & Pantelis, C. (1999). Executive function and attention deficit hyperactivity disorder: Stimulant medication and better executive function performance in children. *Psychological medicine*, 29(3), 527-538. <https://doi.org/10.1017/S0033291799008338>
- Kendall, J., Hatton, D., Beckett, A., & Leo, M. (2003). Children's accounts of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Advances in Nursing Sciences*, 26(2), 114-130. <https://doi.org/10.1097/00012272-200304000-00004>
- Kirby, E., & Grimley, L. (1986). *Understanding and Treating Attention Deficit Disorder*. New York: Pergamon Press.
- Klimkeit, E. I., Mattingley, J. B., Sheppard, D. M., Lee, P., & Bradshaw, J. L. (2003). Perceptual asymmetries in normal children and children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Brain and Cognition*, 52(2), 205-215. [https://doi.org/10.1016/s0278-2626\(03\)00070-8](https://doi.org/10.1016/s0278-2626(03)00070-8)
- Klimkeit, E. I., Mattingley, J. B., Sheppard, D. M., Lee, P., & Bradshaw, J. L. (2005). Motor preparation, motor execution, attention, and executive functions in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, 11(2), 153-173. <https://doi.org/10.1080/092970490911298>
- *Kofler, M. J., Rapport, M. D., Bolden, J., Sarver, D. E., & Raiker, J. S. (2010) ADHD and working memory: the impact of central executive deficits and exceeding storage/rehearsal capacity on observed inattentive behavior. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 38(2), 149-161. <https://doi.org/10.1007/s10802-009-9357-6>

- *Kofler, M. J., Singh, L. J., Soto, E. F., Chan, E. S. M., Miller, C. E., Harmon, S. L., & Spiegel, J. A. (2020). Working memory and short-term memory deficits in ADHD: A bifactor modeling approach. *Neuropsychology*, 34(6), 686-698. <https://doi.org/10.1037/neu0000641>
- Kontos, A. P. (2004). Perceived risk, risk taking, estimation of ability and injury among adolescent sport participants. *Journal of Pediatric psychology*, 29(6), 447-455. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsh048>
- *Krieger, V., Amador-Campos, J. A., & Gallardo-Pujol, D. (2019). Temperament, executive function, and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) in adolescents: The mediating role of effortful control. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 41(6), 615-633. <https://doi.org/10.1080/13803395.2019.1599824>
- Lajunen, T., Parker, D., & Summala, H. (2004). The Manchester Driver Behaviour Questionnaire: a cross-cultural study. *Accident Analysis & Prevention*, 36(2), 231-238. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00152-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00152-5)
- Lange, H., Buse, J., Bender, S., Siegert, J., Knopf, H., & Roessner, V. (2014). Accident proneness in children and adolescents affected by ADHD and the impact of medication. *Journal of Attention Disorders*. 20(6), 501-509. <https://doi.org/10.1177/1087054713518237>
- Laszlo J. I., & Bairstow P. J. (1985). *Kinaesthetic Sensitivity Test*. London: Holt, Rinehart and Winston.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and Performance*, 21(3), 451-468. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.3.451>
- *Lenartowicz, A., Truong, H., Salgari, G. C., Bilder, R. M., McGough, J., McCracken, J. T., & Loo, S. K. (2019). Alpha modulation during working memory encoding predicts neurocognitive impairment in ADHD. *Journal of child psychology and psychiatry and allied disciplines*, 60(8), 917-926. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13042>

- *Leroy, A., Petit, G., Zarka, D., Cebolla, A. M., Palmero-Soler, E., Strul, J., Dan, B., Verbanck, P., & Cheron, G. (2018). EEG Dynamics and Neural Generators in Implicit Navigational Image Processing in Adults with ADHD. *Neuroscience*, 373(March), 92-105. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.01.022>
- *Lin, Y. J., Lai, M. C., & Gau, S. S. F. (2012). Youths with ADHD with and without tic disorders: Comorbid psychopathology, executive function and social adjustment. *Research in developmental disabilities*, 33(3), 951-963. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.01.001>
- *Lineweaver, T. T., Kercood, S., O’Keeffe, N. B., O’Brien, K. M., Massey, E. J., Campbell, S. J., & Pierce, J. N. (2012). The effects of distraction and a brief intervention on auditory and visual-spatial working memory in college students with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 34(8), 791-805. <https://doi.org/10.1080/13803395.2012.683854>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, 56(6) 1479-1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- *Loge, D. V., Staton, R. D., & Beatty, W. W. (1990). Performance of Children with ADHD on Tests Sensitive to Frontal Lobe Dysfunction. *Journal of the American academy of child and adolescent psychiatry*, 29(4), 540-545. <https://doi.org/10.1097/00004583-199007000-00006>
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
- Mandal, M. K., Suar, D., & Bhattacharya, T. (2001). Side bias and accidents: Are they related? *The International Journal of Neuroscience*, 109(1-2), 139-146. <https://doi.org/10.3109/00207450108986530>
- *Mariani, M. A., & Barkley, R. A. (1997). Neuropsychological and Academic Functioning in Preschool Boys with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Developmental neuropsychology*, 13(1), 111-129. <https://doi.org/10.1080/87565649709540671>

- Marzocchi, G. M. (2007), *La neuropsicologia. Relazione presentata al simposio su disturbi di attenzione e iperattività*. II Congresso di Neuropsicologia dello Sviluppo, Bressanone, 18-21 gennaio, 2017.
- Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2007). Disturbo di attenzione e di iperattività. In C. Cornoldi (a cura di), *Difficoltà e disturbi dell'apprendimento* (pp. 223-252). Bologna: Il Mulino.
- Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2019). Disturbo da deficit di attenzione/ iperattività (ADHD). In C. Cornoldi (a cura di), *I disturbi dell'apprendimento* (pp. 301-331). Bologna: Il Mulino.
- Mayes, S. D., Calhoun, S. L., & Crowell, E. W. (2000). Learning disabilities and ADHD: Overlapping spectrum disorder. *Journal of Learning Disabilities*, 33(5), 417-424.
<https://doi.org/10.1177/002221940003300502>
- *McGee, R., Williams, S., & Feehan, M. (1992). Attention deficit disorder and age of onset of problem behaviors. *Journal of abnormal child psychology*, 20(5), 487-502.
<https://doi.org/10.1007/BF00916811>
- Merrill, R. M., Lyon J. L., Baker R. K., & Gren, L. H. (2009). Attention deficit hyperactivity disorder and increased risk of injury. *Advances in Medical Sciences*, 54(1), 20-26.
<https://doi.org/10.2478/v10039-009-0022-7>
- *Narimoto, T., Matsuura, N., & Hiratani, M. (2018). Impaired Visuospatial Short-Term Memory in Children with ADHD. *Journal of genetic psychology*, 179(1), 19-29.
<https://doi.org/10.1080/00221325.2017.1414028>
- Nicholls, M. E. R., Bradshaw. J. L., & Mattingley, J. B. (1999). Free-viewing perceptual asymmetries for the judgment of shade, numerosity and size. *Neuropsychologia*, 37(3), 307-314.
[https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(98\)00074-8](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(98)00074-8)
- Nigg, J. T., Swanson, J. M., & Hinshaw, S. P. (1997). Covert spatial attention in boys with attention deficit hyperactivity disorder: Lateral effects, methylphenidate response and results for parents. *Neuropsychologia*, 35(2), 164-176. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(96\)00070-x](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(96)00070-x)

- *Nyman, A., Taskinen, T., Grönroos, M., Haataja, L., Lähdetie, J., & Korhonen, T. (2010). Elements of working memory as predictors of goal-setting skills in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Learning Disabilities*, 43(6), 553-562. <https://doi.org/10.1177/0022219410375001>
- *O'Brien, J. W., Dowell, L. R., Mostofsky, S. H., Denckla, M. B., & Mahone, E. M. (2010). Neuropsychological profile of executive function in girls with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Archives of clinical neuropsychology: the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 25(7), 656-670. <https://doi.org/10.1093/arclin/acq050>
- *Øie, M., Sundet, K., & Rund, B. R. (1999). Contrasts in memory functions between adolescents with schizophrenia or ADHD. *Neuropsychologia*, 37(12), 1351-1358. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00043-3](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00043-3)
- Pedersen, S. J., Surburg, P. R., Heath, M., & Koceja, D. M. (2004). Fractionated lower extremity response time performance in boys with and without ADHD. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 21(4), 315-329. <https://doi.org/10.1123/apaq.21.4.315>
- *Pereira, E. E. L. D., da Silva Moita Minervino, C. A., da Cruz, L. F. P., Roama-Alves, R. J., & Andrade, J. M. (2020). Executive functions in children with ADHD and/or reading difficulty. *Psicologia: teoria e pesquisa*, 36(August), 1-11. <https://doi.org/10.1590/0102.3772E3623>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*. (F. J. Langdon e J. L. Lunzer, trans.). London: Routledge & Kegan Paul. <https://doi.org/10.2307/3184376>
- Piek, J. P., Pitcher, T. M., & Hay, D. A. (1999). Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41(3), 159-165. <https://doi.org/10.1017/s0012162299000341>
- Piek, J. P., Dyck, M. J., Nieman, A., Anderson, M., Hay, D., Smith, L. M., McCoy, M., & Hallmayer, J. (2003). The relationship between motor coordination, executive functioning and attention in school aged children. *Archive of Clinical Neuropsychology*, 19(8), 1063-1076. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2003.12.007>

- *Pineda, D., Ardila, A., Rosselli, M., Arias, B. E., Henao, G. C., Gomez, L. F., Mejia, S. E., & Miranda, M. L. (1999). Prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms in 4- to 17-year-old children in the general population. *Journal of abnormal child psychology*, 27(6), 455-462. <https://doi.org/10.1023/a:1021932009936>
- Posner, M. I. (1988). Structures and functions of selective attention. In T. Boll & B. K. Bryant (Eds.), *Clinical neuropsychology and brain function: Research, measurement, and practice* (pp. 173-202). American Psychological Association. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/10063-005>
- Posner, M. I., Early, T. S., & Reiman, E. M., (1988). Asymmetries in hemispheric control of attention in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 45(9), 814-821. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1988.01800330038004>
- Posner M. I., Walker J. A., Friedrich F. J., & Rafal R. D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *Journal of Neuroscience*, 4(7), 1863-1874. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.04-07-01863.1984>
- *Rapport, M. D., Alderson, R. M., Kofler, M. J., Sarver, D. E., Bolden, J., & Sims, V. (2008). Working memory deficits in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): the contribution of central executive and subsystem processes. *Journal of abnormal child psychology*, 36(6), 825-837. <https://doi.org/10.1007/s10802-008-9215-y>
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139062367>
- *Reck, S. G., Hund, A. M., & Landau, S. (2010). Memory for object locations in boys with and without ADHD. *Journal of attention disorders*, 13(5), 505-515. <https://doi.org/10.1177/1087054708329970>
- Reimer, B., Mehler, B., D'Ambrosio L. A., & Ronna Fried (2010). The impact of distractions on young adult drivers with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 842-851. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.06.021>

- *Redondo, B., Molina, R., Cano-Rodríguez, A., Vera, J., García, J. A., Muñoz-Hoyos, A., & Jiménez, R. (2019). Visual Perceptual Skills in Attention-deficit/Hyperactivity Disorder Children: The Mediating Role of Comorbidities. *Optometry and vision science*, 96(9), 655-663. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001416>
- *Rennie, B., Beebe-Frankenberger, M., & Swanson, H. L. (2014). A longitudinal study of neuropsychological functioning and academic achievement in children with and without signs of attention-deficit/ hyperactivity disorder. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 36(6), 621-635. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.921284>
- Rosa Neto, F. (2002). *Manual de avaliação motora*. Porto Alegre: Artmed.
- Rowe, R., & Maughan, B. (2009). The role of risk-taking and errors in children's liability to unintentional injury. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 670-675. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.03.004>
- *Rucklidge, J. J., & Tannock, R. (2001). Psychiatric, psychosocial, and cognitive functioning of female adolescents with ADHD. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 40(5), 530-540. <https://doi.org/10.1097/00004583-200105000-00012>
- *Saito, Y., Kaga, Y., Nakagawa, E., Okubo, M., Kohashi, K., Omori, M., Fukuda, A., & Inagaki, M. (2019). Association of inattention with slow-spindle density in sleep EEG of children with attention deficit-hyperactivity disorder. *Brain and development*, 41(9), 751-759. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2019.05.004>
- *Seidman, L. J., Biederman, J., Faraone, S. V., Weber, W., & Ouellette, C. (1997). Toward defining a neuropsychology of attention deficit-hyperactivity disorder: performance of children and adolescents from a large clinically referred sample. *Journal of consulting and clinical psychology*, 65(1), 150-160. <https://doi.org/10.1037/0022-006X.65.1.150>
- *Seidman, L. J., Biederman, J., Faraone, S. V., Weber, W., Mennin, D., & Jones, J. (1997). A pilot study of neuropsychological function in girls with ADHD. *Journal of the American academy of*

child and adolescent psychiatry, 36(3), 366-373. <https://doi.org/10.1097/00004583-199703000-00015>

Sergeant, J. A., & Van Der Meere, J. (1990). Additive factor method applied to psychopathology with special reference to childhood hyperactivity. *Acta Psychologica*, 74(2-3), 277-295. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(90\)90009-5](https://doi.org/10.1016/0001-6918(90)90009-5)

Sheppard, D. M., Bradshaw, J. L., Mattingley, J. B., & Leeb, P. (1999). Effects of stimulant medication on the lateralisation of line bisection judgements of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 66, 57-63. <https://doi.org/10.1136/jnnp.66.1.57>

*Silk, T., Vance, A., Rinehart, N., Egan, G., O'boyle, M., Bradshaw, J. L., & Cunnington, R. (2005). Fronto-parietal activation in attention-deficit hyperactivity disorder, combined type: functional magnetic resonance imaging study. *The British journal of psychiatry*, 187(3), 282-283. <https://doi.org/10.1192/bjp.187.3.282>

Sonuga-Barke, E. J. (2003). The dual pathway model of ADHD: An elaboration of Neuro-developmental characteristics. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 27(7), 593-604. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2003.08.005>

Sonuga-Barke, E. J., Auerbach, J., Campbell, S. B., Daley, D., & Thompson, M. (2005). Varieties of preschool hyperactivity: Multiple pathways from risk to disorder. *Developmental Science*, 8(2), 141-150. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00401.x>

Sonuga-Barke, E. J., Botsakou, P., & Thompson, M. (2010). Beyond the dual pathway model: Evidence for the dissociation of timing, inhibitory and delay-related impairments in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49(4), 345-355. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2009.12.018>

Steenhuis, R. E., & Bryden, M. P. (1989). Different dimensions in hand preference that relate to skilled and unskilled activities. *Cortex*, 25(2), 289-304. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(89\)80044-9](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(89)80044-9)

- Stewart, M. A., Pitts Jr., F. N., Craig, A. G., & Dieruf, W. (1966). The hyperactive child syndrome. *American Journal of Orthopsychiatry*, 36(5), 861-867. <https://doi.org/10.1111/j.1939-0025.1966.tb02414.x>
- Stewart, M. A., Thach, B. T., & Freidin, M. R. (1970). Accidental poisoning and the hyperactive child syndrome. *Diseases of the Nervous System*, 31(6), 403-407. <https://psycnet.apa.org/record/1971-02434-001>
- *Stoner, S. B., & Glynn, M. A. (1987). Cognitive styles of school-age children showing attention deficit disorders with hyperactivity. *Psychological reports*, 61(1), 119-125. <https://doi.org/10.2466/pr0.1987.61.1.119>
- Sturm, A., Rozenman, M., Piacentini, J. C., McGough, J. J., Loo, S. K., & McCracken, J. T. (2018). The Effect of Neurocognitive Function on Math Computation in Pediatric ADHD: Moderating Influences of Anxious Perfectionism and Gender. *Child Psychiatry & Human Development*, 49, 822-832. <https://doi.org/10.1007/s10578-018-0798-4>
- Swanson, J. M., Posner, M., Potkin, S., Bonforte, S., Youpa, D., Fiore, C., Cantwell, D., & Crinella, F. (1991). Activating Tasks for the Study of Visual-Spatial Attention in ADHD Children: A Cognitive Anatomic Approach. *Journal of Child Neurology*, 6 Suppl., 119-127. <https://doi.org/10.1177/0883073891006001s12>
- Szatmari, P., Offord, D. R., & Boyle, M. H. (1989). Correlates, associated impairments and patterns of service utilization of children with attention deficit disorders: Findings from the Ontario Child Health Study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30(2), 205-217. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1989.tb00235.x>
- Taylor, E. (1996). The 1996 David Wills Memorial lecture: Attention deficit/hyperactivity at school and home: A developmental psychopathological approach. *Emotional and Behavioural Difficulties*, 1(3), 3-10. <http://dx.doi.org/10.1080/1363275960010302>

- Tseng, M. H., Henderson, A., Chow, S. M. K., & Yao, G. (2004). Relationship between motor proficiency, attention, impulse, and activity in children with ADHD. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 46(6), 381-388. <https://doi.org/10.1017/s0012162204000623>
- Vaa, T. (2003). *Impairments, diseases, age and their relative risks of accident involvement: results from meta-analysis*. The Institute of Transport Economics (Transportøkonomisk institutt, TØI) Report, 2003. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=5780>
- Van den Ban, E., Sovereign, P., Meijer, W., Van Engeland, H., Swaab, H., Egberts, T., & Heerdink, E. (2013). Association between ADHD drug use and injuries among children and adolescents. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 23, 95-102. <https://doi.org/10.1007/s00787-013-0432-8>
- *van Ewijk, H., Heslenfeld, D. J., Luman, M., Rommelse, N. N., Hartman, C. A., Hoekstra, P., Franke, B., Buitelaar, J. K., & Oosterlaan, J. (2014). Visuospatial Working Memory in ADHD Patients, Unaffected Siblings, and Healthy Controls. *Journal of attention disorders*, 18(4), 369–378. <https://doi.org/10.1177/1087054713482582>
- *Vance, A., Silk, T. J., Casey, M., Rinehart, N. J., Bradshaw, J. L., Bellgrove, M. A., & Cunnington, R. (2007). Right parietal dysfunction in children with attention deficit hyperactivity disorder, combined type: A functional MRI study. *Molecular psychiatry*, 12(9), 826-832. <https://doi.org/10.1038/sj.mp.4001999>
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and motor skills*, 47(2), 599-604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
- Verster, J. C., Bekker, E. M., de Roos, M., Minova, A., Eijken, E. J. E., Kooij, J. J. S., Buitelaar, J. K., Kenemans, J. L., Verbaten, M. N., Olivier, B., & Volkerts E. R. (2008). Methylphenidate significantly improves driving performance of adults with attention-deficit hyperactivity disorder: a randomized crossover trial. *Journal of Psychopharmacology*, 22(3), 230-237. <https://doi.org/10.1177/0269881107082946>

- *Vilgis, V., Yee, D., Silk, T. J., & Vance, A. (2022). Distinct Neural Profiles of Frontoparietal Networks in Boys with ADHD and Boys with Persistent Depressive Disorder. *Cognitive, Affective, & behavioral neuroscience*, 22, 1183-1198. <https://doi.org/10.3758/s13415-022-00999-w>
- Voeller, K. K., & Heilman, K. M. (1988). Attention deficit disorder in children: A neglect syndrome? *Neurology*, 38(5), 806- 808. <https://doi.org/10.1212/wnl.38.5.806>
- Voyer, D. (2003). Reliability and magnitude of perceptual asymmetries in a dichotic word recognition task. *Neuropsychology*, 17(3), 393-401. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.17.3.393>
- Voyer, D., & Doyle, R. A. (2012). Response format, magnitude of laterality effects and sex differences in laterality. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 17(3), 259-274. <https://doi.org/10.1080/1357650X.2011.568487>
- Voyer, S. D., & Voyer, D. (2015). Laterality, spatial abilities, and accident proneness. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 37(1), 27-36. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.985191>
- Wazana, A. (1997). Are there injury-prone children? A critical review of the literature. *The Canadian Journal of Psychiatry*, 42(6), 602-610. <https://doi.org/10.1177/070674379704200606>
- Wechsler, D. (2003). *The WISC-IV Technical and Interpretive Manual*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Weiss, G., Hechtman, L., Perlman, T., Hopkins, J., & Wener, A. (1979). Hyperactives as young adults: A controlled prospective ten-year follow-up of 75 children. *Archives of General Psychiatry*, 36(6), 675-681. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1979.01780060065007>
- *Westerberg, H., Hirvikoski, T., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2004). Visuo-spatial working memory span: A sensitive measure of cognitive deficits in children with ADHD. *Child neuropsychology*, 10(3), 155-161. <https://doi.org/10.1080/09297040490911014>
- Wexler, B. E., & Halwes, T. (1983). Increasing the power of dichotic methods: The fused rhymed words test. *Neuropsychologia*, 21(1), 59-66. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(83\)90100-8](https://doi.org/10.1016/0028-3932(83)90100-8)

- *Wiers, R. W., Gunning, W. B., & Sergeant, J. A. (1998). Is a mild deficit in executive functions in boys related to childhood ADHD or to parental multigenerational alcoholism? *Journal of abnormal child psychology*, 26(6), 415-430. <https://doi.org/10.1023/A:1022643617017>
- 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(11), 1336-1346. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.02.006>
- *Williams, D., Stott, C. M., Goodyer, I. M., & Sahakian, B. J. (2000). Specific language impairment with or without hyperactivity: Neuropsychological evidence for frontostriatal dysfunction. *Developmental medicine and child neurology*, 42(6), 368-375. <https://doi.org/10.1017/S0012162200000682>
- Wilson, P. H., & McKenzie, B. E. (1998). Information Processing Deficits Associated with Developmental Coordination Disorder: A Meta-analysis of Research Findings. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39(6), 829-840. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00384>
- World Health Organization. (2004). *World report on road traffic injury prevention*. <https://www.who.int/publications/i/item/world-report-on-road-traffic-injury-prevention>
- World Health Organization. (2008). *World report on child injury prevention*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241563574>
- World Health Organization. (2019). *International statistical classification of diseases and related health problems* (11a edizione). <https://icd.who.int/>
- Yan, T. C., McQuillin, A., Thapar, A., Asherson, P., Hunt, S. P., Stanford, S. C., & Curling, H. (2010). NK₁ (TACR₁) receptor gene “knockout” mouse phenotype predicts genetic association with ADHD. *Journal of Psychopharmacology*, 24(1), 27-38. <https://doi.org/10.1177/0269881108100255>
- *Yang, B., Chan, R. C. K., Zou, X., Jing, J., Mai, J., & Li, J. (2007). Time perception deficit in children with ADHD. *Brain research*, 1170, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.07.021>

Zentall, S. S. (2007). Math performance of students with ADHD: Cognitive and behavioral contributors and interventions. In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The natura and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 219-243). Paul H. Brookes Publishing Co.. <https://psycnet.apa.org/record/2007-03663-011>