

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA

Dottorato di Ricerca in Psicologia dell'Educazione e delle Disabilità

Ciclo XXI

Percezione del Tempo e Inibizione della Risposta.  
Valutazione su un Gruppo di Bambini con ADHD.

Coordinatore:  
Chiar.mo Prof. Silvia Perini

Tutor:  
Chiar.mo Prof. Olimpia Pino

Dottorando: Domenico Sgromo

2009

*A Ilaria,  
agli Amici....*

## Prefazione

La presente tesi nasce nel tentativo di apportare un contributo modesto allo studio della relazione tra le caratteristiche cliniche del disturbo da deficit di attenzione/iperattività come definito dal DSM-IV (APA, 2004) e la capacità di percepire il passaggio del tempo in soggetti che hanno ricevuto una diagnosi di ADHD. La percezione del tempo è un'abilità essenziale per l'adattamento degli uomini all'ambiente, ci permette di mantenere attive le relazioni con i nostri simili, ci permette di compiere azioni coordinate con l'ambiente circostante. Nel primo capitolo faremo una panoramica sui modelli che nel tempo si sono susseguiti ed hanno cercato di spiegare i meccanismi cerebrali, che permettono all'uomo di percepire, stimare, discriminare, produrre o riprodurre intervalli di tempo. Nel secondo capitolo percorreremo un percorso di definizione del Disturbo da Deficit di Attenzione/Iperattività, ne descriveremo le caratteristiche cliniche e faremo una virata verso quella parte di letteratura che cerca di spiegarne l'eziologia in termini di deficit delle funzioni esecutive. Comprendiamo in questo passaggio la discussione della letteratura che pone l'attenzione sul tentativo di dimostrare l'esistenza di un deficit nella percezione del tempo. Il terzo capitolo descrive la ricerca, il metodo, la procedura ed i materiali. I dati, seppur con le dovute cautele, indicano che i partecipanti del gruppo sperimentale (bambini con ADHD) rispetto al gruppo di controllo dimostrano una certa relazione tra le abilità cognitive connesse alla percezione del tempo e la capacità di inibizione della risposta, resa soprattutto evidente dallo studio dei tempi di risposta.

## Sommario

1.1 Introduzione .....	7
1.2 Elaborazione dell'informazione temporale .....	9
1.2 Modelli di spiegazione della percezione del tempo .....	12
1.3 Modelli computazionali di percezione del tempo .....	12
1.3.1 Modelli localistici .....	13
1.3.2 Modelli Distribuiti .....	16
1.4 modelli attenzionali .....	18
1.5 Un modello attenzione della stima del tempo: The attentional Gate Model. ....	20
1.5 Metodologie di valutazione della percezione del tempo .....	23
1.5.1 Compiti di stima.....	23
1.5.2 Compiti di produzione .....	24
1.5.3 Compiti di produzione discontinua .....	24
1.5.4 Compiti di Produzione sequenziale .....	25
1.5.5 Compiti di Riproduzione .....	26
1.5.6. Compiti collegati: Memoria prospettica e temporal discounting .....	27
2.1 Introduzione .....	30
2.2 Contesto storico e sviluppo della definizione del disturbo da deficit di attenzione e iperattività .....	31
2.3 Descrizione clinica e diagnosi .....	35
2.4 Sviluppo della ricerca cognitiva sul Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività .....	39
2.4.1 Inibizione: un processo di controllo deficitario .....	40
2.4.2 Modello dell'inibizione della risposta come deficit primario .....	41
2.4.3 Modelli motivazionali dell'inibizione .....	42
2.4.4 Modelli energetici dell'inibizione comportamentale .....	45
2.5 Evidenze sperimentali di un deficit nella percezione del passaggio del tempo .....	46
2.6 Percezione del Tempo .....	49
1. Introduzione.....	57
3.2 Scopo della Ricerca .....	63
3.3 Ipotesi.....	66
3.4 Fasi della sperimentazione .....	66
3.5 Materiali .....	67
3.6 Metodologia.....	73
3.7 Studio uno. Valutazione dell'impulsività tramite un compito Go/No-go. ....	75

3.7.1 Analisi dei dati .....	75
3.7.2 Discussione.....	77
3.8 Studio due: compiti di Produzione Temporale.....	78
3.8.3 Discussione.....	84
3.9 Studio tre: riproduzione di intervalli temporali.....	85
3.10 Discussione generale e conclusioni .....	92
3.10.1 Limiti e possibili sviluppi.....	100
Bibliografia .....	101
Ringraziamenti.....	110

1

# Il tempo: percezione ed elaborazione delle informazioni temporali

---

## 1.1 Introduzione

Il tempo ha un ruolo fondamentale nella vita quotidiana di ogni essere umano e la percezione e la stima di esso permettono agli organismi viventi l'adattamento all'ambiente. Non esiste un modello unitario di approccio a questo argomento così intricato. Quella del tempo è una nozione altamente complessa. Seguendo le indicazioni di Fraisse (1984) faremo per chiarezza una distinzione terminologica fra il tempo inteso come nozione ed il tempo inteso come concetto. Il termine *nozione* è utilizzato in connessione con il termine *tempo* perché esprime un significato più generale e complesso del *concetto*; sebbene esistono differenze semantiche nei due termini spesso vengono utilizzati in maniera intercambiabile. Il termine *concetto* si riferisce ad una classe definita di oggetti o esperienze che possiedono un set di caratteristiche comuni che li rendono differenti da tutti gli altri. A sua volta la *nozione* di tempo si applica a due differenti concetti: a) il concetto di successione e b) il concetto di durata. Il primo dei due si riferisce al fatto che due o più eventi possono essere percepiti come differenti e organizzati sequenzialmente; il concetto di successione è basato sull'esperienza del continuo cambiamento attraverso il quale il presente diventa il passato. Il concetto di durata si riferisce invece all'intervallo tra due eventi successivi. La durata non ha un'esistenza di per se ma è una caratteristica intrinseca di qualcosa che dura nel tempo. Ovviamente non esistono durate senza successioni. Se un evento dura soltanto pochi millisecondi sembra essere istantaneo, non sembra avere una durata. Contrariamente se lo stesso evento o episodio persiste per un arco di tempo più lungo al di sopra della

**Box 1. Percezione della durata**  
È importante distinguere tra stima della durata e percezione della durata. Infatti, la prima si verifica quando è utilizzata la memoria per associare un momento del passato con un momento attuale, oppure per collegare due eventi del passato, mentre la percezione della durata implica la nozione di presente psicologico.

durata di millisecondi, la persona ricorda ed è capace di giudicarne la durata. In genere gli individui sono più consapevoli della durata di un periodo di tempo quando subiscono l'influenza di vari fattori in un modo che la durata sembra allungata piuttosto che accorciata. La valutazione dei periodi di tempo nel range che va dal mezzo secondo fino a pochi minuti in genere tende ad essere abbastanza precisa e la valutazione della durata sembra essere collegata ad un evento attuale con una successione lineare e con uno scostamento molto minimo. Nel presente lavoro non prenderemo in considerazione la stima d'intervalli di tempo molto dilatati, ma ci occuperemo di valutare come vengono percepiti intervalli di durata brevi nel range che va dai 3 ai 10 secondi. Le durate brevi caratterizzano la maggior parte delle azioni quotidiane, che sono generalmente eseguite in maniera automatica, e sono strettamente connesse con altri aspetti della cognizione.

Definiremo inizialmente con particolare riguardo il tema della durata, o meglio il concetto di durata, faremo riferimento a due definizioni e parleremo quindi di durata sperimentata e di durata ricordata. Lo studio sulla percezione della durata risale alla fine del XIX secolo, già William James 1890, affermava che la durata di un evento presente si allunga nel momento stesso noi poniamo maggior attenzione al passaggio del tempo di essere, mentre una durata di un evento passato tende ad allungarsi in funzione del numero di ricordi associati a quell'evento. In questo modo assume molto significato l'affermazione di Gibson (1975) secondo la quale il tempo di per se non è uno stimolo ma lo diventa in relazione all'attenzione che viene posta al passaggio tempo piuttosto che all'analisi ed elaborazione delle informazioni temporali. In questa affermazione viene ripreso un concetto utilizzato da Fraisse (1963) relativo al cambiamento: la valutazione del tempo avviene nell'immediato sulla base dei cambiamenti percepiti in un evento, in maniera retrospettiva avviene invece sulla base dei cambiamenti che ricordiamo. In ogni caso il cambiamento serve come referente, o cue, sia per l'esperienza attuale sia per il ricordo sia nella valutazione di un intervallo.

## 1.2 Elaborazione dell'informazione temporale

Lo studio degli aspetti cognitivi legati alla percezione del passaggio tempo affonda le sue radici già negli anni sessanta (Hick, Miller, Gaes, & Bierman, 1977; Thomas & Weaver, 1975; Matell & Meck, 2000). Generalmente si fa riferimento a due ambiti teorici: “*the Attentional Counter Theory*” e “*the Internal Clock Theory*”. I modelli appartenenti al primo approccio teorico (Hick et al., 1977; Thomas & Weaver, 1975) propongono l’esistenza di un temporizzatore cognitivo che attraverso un’operazione di conteggio determina la capacità soggettiva di stimare gli intervalli di tempo. La stima degli intervalli è un processo che richiede attenzione, di conseguenza, se ci sono altri processi che competono per l’attenzione, si creano attriti tali per cui il conteggio risulta deficitario andando a determinare un “allungamento” del tempo. Secondo i modelli dell’orologio interno (Matell & Meck, 2000) esiste un sistema di valutazione del tempo costituito da molteplici aree del cervello. L’idea generale è che determinati stimoli possono creare una sincronizzazione dell’attività neuronale in certe zone della corteccia, attivazione che funge operativamente da starter. Il modello dell’orologio interno postula l’esistenza di un pacemaker che emette regolarmente delle pulsazioni che vengono temporaneamente immagazzinate in un accumulatore. Al momento del feedback il numero di pulsazioni ricevute dall’accumulatore diventa un’informazione di stima temporale che viene trasferita nella memoria dichiarativa. Ciascuna di queste categorie di modelli è caratterizzato da differenti meccanismi psicologici e neurobiologici.

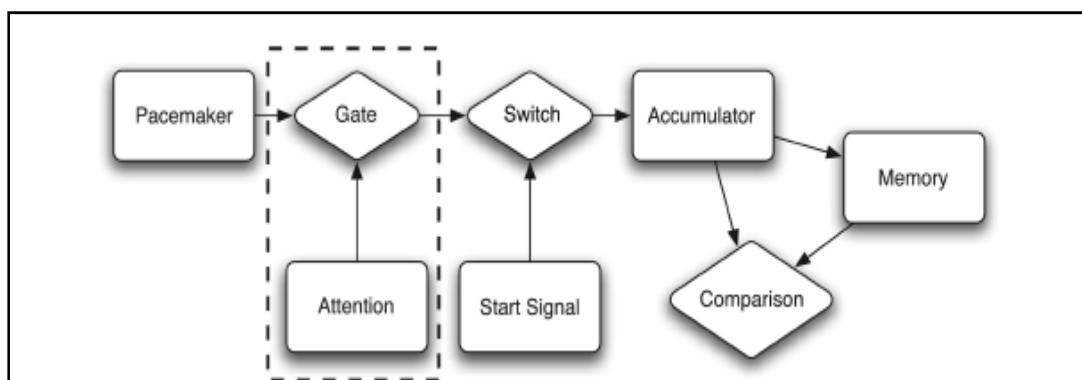


Figura 1. Struttura dei modelli *pacemaker-accumulatore*. I modelli dell'orologio interno non prevedono l'esistenza di un gate attenzionale.

Tutti i modelli legati al costrutto dell'orologio interno includono tre componenti, una componente legata al passaggio del tempo (*clock*), una componente legata alla memoria e una componente relativa alla decisione/confronto. In altre parole questi modelli ipotizzano l'esistenza di un meccanismo per il conteggio degli intervalli, uno per memorizzare le informazioni sull'intervallo e uno per il confronto tra intervalli differenti. L'*Attentional-Gate Model* (Block, 1990; Zakay e Block, 1996 a, b) è un esempio di un modello pacemaker-accumulatore, e rientra nella prima categoria descritta (per una descrizione più completa di questa teoria, si veda Zakay e Block, 1996). Si tratta di un modello prettamente cognitivo in cui non vengono proposte specifiche reti di connessioni tra strutture cerebrali, tuttavia secondo lo stesso autore ha un ruolo determinante il livello di attivazione psicofisiologica (*arousal*). Il modello *Attentional-Gate* assume che le risorse attentive di una persona possano essere allocate a due elementi diversi: agli stimoli ambientali e al passaggio del tempo. È nell'ultimo caso che secondo l'autore si apre l'*Attentional-Gate*, permettendo pertanto il passaggio delle pulsazioni verso il temporizzatore cognitivo. L'*Attentional-Gate model* fornisce una spiegazione della capacità di stima prospettica degli intervalli di tempo. La valutazione prospettica dipende quindi sia dal livello di attivazione psicofisiologica sia dalla quantità di risorse attentive allocate alla percezione del passaggio del tempo. Secondo il modello, maggiore è il livello di arousal maggiore sarà il numero di pulsazioni trasmesse dal pacemaker nell'unità di tempo. Un altro modello simile è lo *Scalar Timing*, mutuato dalla *Scalar Expectancy Theory* (SET), che originalmente era stato sviluppato come modello animale e successivamente è stato adattato al modello *Attentional-Gate* per spiegare la sincronizzazione negli esseri umani (Mangels ed Ivry, 2001).

Lo studio del costrutto di elaborazione dell'informazione temporale, richiede l'utilizzo di compiti costruiti al fine di poter valutare la capacità di discriminare fra i brevi intervalli di tempo che differiscono tra di loro in un ordine variabile che va dai millisecondi ai secondi (discriminazione della durata), compiti per la valutazione della divisibilità di due stimoli separati da brevi periodi di tempo (giudizio temporale), compiti per la valutazione delle abilità di produrre e/o riprodurre intervalli di tempo specificati (produzione e riproduzione di durata), compiti per valutare la durata di un evento o di uno stimolo specifico (valutazione verbale), e in fine, compiti

#### Box 2. Presente Psicologico

Tenteremo di chiarire cosa intendiamo qui per presente psicologico: quando un evento o una sequenza ha una durata di alcuni secondi, ciò che le persone esperiscono viene chiamato da diversi teorici presente psicologico. In breve diremo che il presente psicologico (James, 1890; Fraisse, 1963; Michon, 1978; Nigg, 2002) corrisponde alla durata di un processo esperienziale e non a un tempo esattamente determinato. Tuttavia sembra esistere un limite superiore che difficilmente eccede i 5 secondi che ha mediamente una durata di 3 secondi (Fraisse, 1984). In altri termini possiamo parlare di "...un processo di sintonizzazione flessibile che si adatta in modo dinamico all'ampiezza temporale dell'attenzione e alla struttura sequenziale del pattern di eventi..." (Michon, 1978, p. 89). All'interno dei limiti di tempo indicati, possiamo parlare di percezione della durata, il cui inizio non è ancora stato immagazzinato nella memoria di lavoro.

finalizzati alla stima dell'inizio di un prossimo evento o stimolo (anticipazione). La scelta del metodo da utilizzare per lo studio della percezione del tempo è particolarmente importante a causa della differenza putativa della natura dei diversi processi coinvolti nei compiti temporali. Infatti alcuni studi recenti condotti con particolari categorie di soggetti, ad esempio anziani e soggetti con lesioni cerebrali, suggeriscono il coinvolgimento di processi cognitivi differenti in base al tipo di compito utilizzato, in particolare l'utilizzo di compiti *time production* sembra essere spiccatamente aderente a ciò che generalmente viene definito come *internal clock rate*, mentre per ciò che riguarda i compiti di riproduzione sembrano essere maggiormente legati alle componenti della memoria di lavoro (Block et al., 1998; Craik & Hay, 1999; Perbal et al., 2002; Pouthas & Perbal, 2004; Vanneste, & Pouthas, 1999). In generale è plausibile supporre che la

produzione temporale sia dipendente da meccanismi di temporizzazione interni, mentre la riproduzione di intervalli è maggiormente collegata alla memoria di lavoro.

## 1.2 Modelli di spiegazione della percezione del tempo

La maggior parte dei ricercatori che si occupano di tempo e percezione del tempo, arrivano ad occuparsene in di riflesso rispetto al *main theme* della loro ricerca. Spesso la spiegazione dei fenomeni osservati in termini di percezione del tempo diventa evidente solo nel momento in cui la spiegazione in termini di statici, ad esempio dell'attenzione (Ivry & Hazeltine, 1992), diventa inutile: il tempo è una variabile interveniente in ciascuno dei domini rappresentati dalle funzioni cognitive. Quando ci interessiamo di studiare le funzioni cognitive come la memoria, l'attenzione, e il linguaggio ci dobbiamo, pertanto, sempre porre di fronte ad un problema relativo a quali siano i set di processi temporali che sottostanno al fenomeno che osserviamo e proviamo a misurare. Il problema riguarda il meccanismo. Il meccanismo può essere proposto in termini cognitivi piuttosto che secondo pattern di collegamento neurale, ma finché il punto di vista utilizzato sarà dualistico, dobbiamo mappare i diversi modelli che possono rappresentare questa e due categorie di meccanismi.

## 1.3 Modelli computazionali di percezione del tempo

Sono numerosi i modelli proposti dalla letteratura per la spiegazione della percezione degli intervalli temporali, e ci sono a disposizione molti criteri utili alla valutazione dei modelli stessi. Primo, un modello di spiegazione della percezione del tempo deve essere capace di spiegare i dati sia negli esperimenti con soggetti umani sia negli esperimenti con soggetti animali. Secondo, dovrebbe generare ipotesi testabili. Terzo, il modello ha la necessità di essere collegabile a un meccanismo neurale plausibile. I modelli che saranno descritti in questa sezione saranno diversi fra loro su molteplici livelli. Sebbene la presente tesi assume un approccio cognitivo, la descrizione di modelli che si propongono come livello di analisi i principi matematici generali e dei modelli che spiegano il *timing* in termini di circuiti neurali fornisce la base su cui sono stati costruiti gli esperimenti e dunque forniscono un background teorico utile all'interpretazione dei dati raccolti. In altri termini l'uso di un modello piuttosto che un altro dipende dal grado in cui lo stesso ci dà la possibilità di sviluppare ipotesi falsificabili. I diversi modelli di *interval timing* vengono classificati in molte categorie, abbiamo in questo modo i modelli scalari, i modelli *pacemaker*, i modelli oscillatori, i modelli cognitivi, i modelli spettrali, e i modelli distribuiti.

Tuttavia si può affermare con un ragionevole livello di sicurezza che spesso questi modelli si sovrappongono gli uni agli altri tanto che non è così chiaro a quale categoria appartenga un dato modello. A nostro avviso può essere di maggior utilità porre i modelli su un continuo come quello proposto nella figura 2.1 in cui ad un estremo abbiamo posto i modelli localistici. I modelli localistici assumono che la percezione del tempo sia intrinseca in qualche costrutto, ad esempio un *pacemaker*, o in qualche elemento neurale, ad esempio un singolo neurone. Sull'altro estremo abbiamo invece posto i modelli distribuiti. Un modello distribuito assume che le capacità di percepire il tempo è la risultante di un network di elementi, ad esempio un oscillatore o una rete di neuroni.

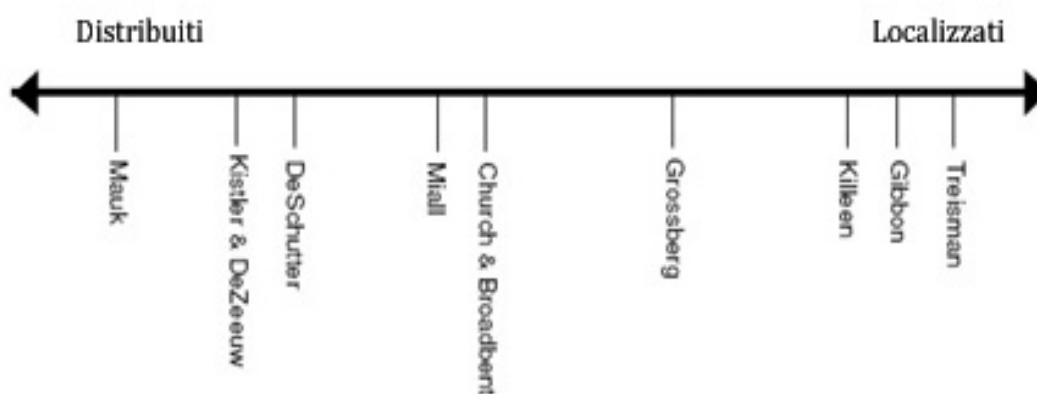


Figura 2. Continuum sul quale trovano posto i diversi modelli in relazione alla loro livello di distribuzione/localizzazione.

### 1.3.1 Modelli localistici

Un tipico esempio di modello localistico è rappresentato dal modello del *pacemaker* di Treisman (1963). Il suo obiettivo nella costruzione di questo modello era di spiegare con il minor numero possibile di componenti i risultati delle sue ricerche dai quali si evinceva che la percezione del tempo seguiva la legge di Weber. Rispetto alla percezione del tempo la legge di Weber consiste nella scoperta che il coefficiente di variazione (la deviazione standard divisa per la media) di una distribuzione di stime di intervalli di tempo rimane costante man mano che l'ampiezza degli intervalli aumenta. In altre parole, la varianza aumenta linearmente con la media. L'equazione della legge di Weber è:  $SD(T) = k \cdot T$ , dove T rappresenta la durata dell'intervallo, SD è la deviazione standard di una distribuzione di giudizi, e K è la costante di Weber (Getty, 1975).

Il meccanismo proposto da Treisman rappresenta un *pacemaker* che produce una serie di pulsazioni. Queste sono registrate da un contatore che trasferisce il numero di pulsazioni per unità di tempo in un magazzino. Un comparatore può recuperare questo numero confrontarlo con la richiesta attuale al fine di produrre una risposta quando il conteggio in corso coincide con quello immagazzinato per un dato comportamento. Parliamo in questo caso di modello localizzato perché il meccanismo di *timing* è contenuto nel *pacemaker* stesso: esso consiste nella produzione di pulsazioni, meccanismo intrinseco al *pacemaker*, non emerge quindi dall'interazione fra le componenti del modello. Il modello del *pacemaker* è stato inserito per la prima volta nella sua versione originale da Gibbon, nel ben noto modello scalare del tempo (*Scalar Timing Model*, Gibbon, 1977; Gibbon, Church, & Meck, 1984), modello questo che ha orientato gran parte della ricerca fatta sugli animali. Lo *Scalar Timing Model* ha gli stessi componenti principali del modello di Treisman: un *pacemaker*, un accumulatore (*working memory*) e un comparatore. Gibbon espande il modello inserendo un interruttore che ha la funzione di permettere alle pulsazioni di raggiungere o meno l'accumulatore. Gibbon, specifica tre stadi di funzionamento: *clock stage*, *memory stage* e *decision stage* (Fig.3). Nello stadio *clock*, il *pacemaker* genera le pulsazioni che attraverso un portale entrano nell'accumulatore di memoria di lavoro. Nello *step* memoria il valore immagazzinato nella memoria di lavoro viene trasferito verso una memoria referenziale di maggior durata. Nella terza fase (*decision stage*) un comparatore tramite l'uso di una regola di confronto, decide quando il contenuto della memoria di lavoro è lo stesso di quello della memoria referenziale (semantica) e se coincide ha inizio la risposta.

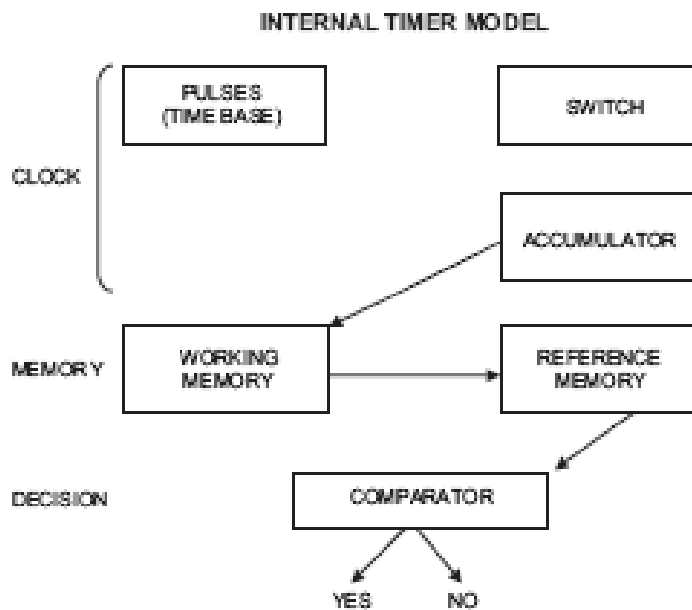


Figura 3. struttura del modello proposto da Gibbon.

Il modello *scalar timing* è stato sviluppato al fine di valutare il *timing* in studi su animali. Il paradigma che Gibbon ha costruito viene chiamato *peak Procedure*. In questo paradigma un animale è rinforzato a emettere una serie di risposte, come ad esempio premere una leva, dopo che un tempo critico prestabilito è stato esaurito. In alcune di queste prove chiamate *probe*, non ci sono rinforzi, e la distribuzione delle risposte viene pianificata con la funzione del tempo. Il profilo tipico di risposta per molti *trial* bilanciati tra di loro evidenzia un picco critico che si attesta intorno alla fine della durata critica. Su un singolo *trial*, le risposte seguono una funzione definita a scalino, secondo la quale gli animali si spostano da un livello di risposte bassissime ad un livello fisso di risposta per ritornare out allo stesso livello bassissimo di risposta (Allan, 1998). Sebbene il lavoro di Gibbon abbia influenzato maggiormente gli esperimenti sul *timing* negli animali, il modello descritto fornisce la possibilità di generare ulteriori ipotesi, che si adattano bene alla ricerca sugli esseri umani, infatti il modello *scalar timing* è uno dei più citati nella letteratura sul *timing* degli umani. Allan (1998) descrive l'impatto di questa teoria sulla ricerca nell'ambito della percezione del tempo degli esseri umani. L'autrice sostiene che l'introduzione del concetto di un orologio interno per opera dei modelli *Scalar Timing* fornisce una metafora per l'esame di molti aspetti delle capacità di percezione del tempo, incluso un ruolo dell'attenzione, il ruolo della memoria, è anche ruolo

che possono giocare i neurotrasmettitori. È importante è considerare che il modello *scalar timing* non è stato sviluppato originalmente pensando ai meccanismi neuronali, solo negli ultimi anni che si è intravista la possibilità di collegare il modello con gli stessi per lo più relativi una funzione regolatrice relativa alla dopamina. In ogni caso queste descrizioni sono rimaste e sono ancora molto sommarie e non ci sono ancora evidenze inequivocabili sull'esistenza di specifici circuiti neuronali che specificano le caratteristiche dei modelli *scalar timing*. Possiamo sostenere che la fama del modello *scalar timing* sta nel fatto di essere molto simile alla formulazione della legge di Weber, tuttavia da più parti nascono dubbi sull'efficacia della legge di Weber per spiegare il funzionamento della percezione del tempo, dal momento che la stessa capacità non rappresenta un fenomeno fisico. Alcuni studi (Getty, 1975; Kristofferson, 1980) dimostrano come l'enunciato proposto in precedenza per l'applicazione della legge di Weber non sia affidabile, perché le supposte proporzioni vengono ad essere alterate in a seguito di prove ripetute. In una rassegna del 2002 Killen suggerisce che sia i modelli del tipo *scalar timing* che i modelli del tipo *stochastic counters* fanno grosso modo la stessa cosa ma i modelli del primo tipo spiegano meglio i fallimenti dall'accumulatore. Egli prova inoltre a descrivere il modello in termini di *spike* neuronali, uguagliando una singola pulsazione a un singolo potenziale d'azione di un neurone. La fonte di Disturbo nel contatore probabilistico coincide con un neurone che spara prima o in ritardo. In generale possiamo sostenere che sebbene sia il modello *stochastic counter* che i modelli *scalar timing* siano degli ottimi elementi di predizione e interpretazione di dati comportamentali, entrambe le tipologie hanno altresì la caratteristica comune di essere non definibili chiaramente da meccanismi neurali.

### 1.3.2 Modelli Distribuiti

Tutti i modelli descritti precedentemente sono chiaramente localizzati perché il mio i loro specifica un meccanismo di *timing* intrinseco in alcuni componenti ad esempio, le pulsazioni da un *pacemaker*, o cambiamenti lenti all'interno di un neurone. Tutti i modelli che saranno presentati in questo paragrafo sono modelli distribuiti in qualche modo, sebbene alcuni abbiano delle proprietà localistiche.

Inizierò a descrivere i modelli che stanno nella zona mediana del continuum presto starmi via via verso l'estremità dei modelli esclusivamente distribuiti. Treisman riconosceva che la sua elaborazione originale del modello di *timing* esclusivamente localistico (1963) non era sufficientemente flessibile per spiegare il fenomeno della percezione del tempo, in conseguenza di ciò che il modello andò incontro delle modifiche sostanziali (Treisman, Faulkner, Naish, & Brogan, 1990). Versione aggiornata prevede un *pacemaker* con due componenti: uno scellerato temporale, che emette pulsazioni regolari e un'unità di calibrazione che riceve quelle pulsazioni, le trasforma secondo una certa funzione, ed emette a sua volta pulsazioni ad una frequenza diversa. Questo meccanismo permette al sistema di avere una frequenza stabile (derivante dall'oscillatore temporale) e una frequenza modificabile (derivante dall'unità di calibrazione). Il modello è ancora da considerarsi localistico poiché assume l'esistenza di un *pacemaker*. Possiamo tuttavia considerarlo distribuito in due modi. Primo, Treisman e coll. sostengono l'esistenza di *pacemaker* multipli distribuiti su livelli diversi all'interno di una gerarchia motoria, purtroppo non spiegano come ciò sia implementabile. Secondo, assumono che l'oscillatore temporale sia costituito da un piccolo network di neuroni eccitatori e inibitori che creano oscillazione durante le diverse attivazioni. Nonostante le revisioni apportate il modello di Trisman e coll. resta ancora vago nella definizione.

Molti dei modelli che spigano la percezione del tempo tramite l'uso di un oscillatore possono essere collocati senza dubbio all'interno del continuum descritto in precedenza che va dai modelli localizzati a quelli distribuiti. I modelli di oscillazione vengono generalmente utilizzati in alternativa ai modelli basati sul *pacemaker*. Invece di un singolo *pacemaker* che emette pulsazioni essi prevedono alcune forme di oscillazione che codificano il passaggio del tempo. I modelli di oscillazione possono essere considerati localizzati perché, così come o modelli *pacemaker* assumono l'esistenza di un meccanismo per la percezione del passaggio del tempo. Possono tuttavia essere anche considerati modelli distribuiti poiché dipendono da un insieme di oscillatori o attività oscillatorie derivanti da un network.

Un modello di oscillazione, sviluppato da Church e Broadbent (1990), è costituito da una serie di oscillatori binari ognuno dei quali ha due stati. Tutti

insieme, questi oscillatori creano un pattern distribuito che identifica un punto nel tempo. Questo pattern distribuito si trova all'interno di una matrice di connessione, la cui capacità è molto maggiore rispetto a quella della componente di memoria semantica del modello *scalar timing*. Secondo gli autori questo modello giustifica tre risultati standard nella letteratura. Primo il modello fornisce una funzione densa per la *peak procedure*, dove la probabilità di risposta aumenta in prossimità del momento del rinforzo. Secondo, le risposte degli individui durante la sperimentazione cambiano in maniera brusca passando da uno stato di bassa probabilità disposta ad uno stato di alta probabilità di risposta e tornando indietro a una bassa probabilità di risposta innescando quello che è tipicamente viene chiamato pattern di risposta *break-run-break*. Terzo, le funzioni di risposta a differenti intervalli, indicano che è applicabile la legge di Weber. Sembra, quindi, che questo modello abbia una buona applicabilità rispetto alla procedura *peak* e che possa in questo caso in genere delle previsioni. Anche da un punto di vista neurale è plausibile la sua esistenza dal momento che viene supposto un immagazzinamento di informazioni all'interno di connessioni forti, così come il cervello in magazzino informazioni all'interno di connessioni tra neuroni. Un problema rilevante rispetto l'implementazione di questo modello risiede nel fatto che di oscillatori devono essere resettati a zero all'inizio di ogni prova. Gli autori suggeriscono che uno stimolo esterno può avere la potenzialità di azzerare gli oscillatori, ma si tratta in questo caso di una spiegazione post hoc per un sistema di ricerca molto discutibile. Quello del reset degli oscillatori è un problema comune a tutti i modelli distribuiti di percezione del tempo. Miall (1996) proponeva un modello basato sui battiti, che consiste di un ampio numero di oscillatori che differiscono leggermente rispetto alla frequenza di battito.

#### 1.4 modelli attenzionali

A partire dagli anni settanta, molti teorici hanno proposto diversi modelli attenzionali del tempo psicologico nei quali i termini *attenzione al tempo* ed *elaborazione delle informazioni temporali* avevano un grosso valore esplicativo (Hicks, 1976; Thomas & Weaver, 1975; Zakay, 1993, 1997). In questa sezione ci limiteremo ad esaminare alcuni di questi modelli nel tentativo di coglierne gli

aspetti maggiormente deficitari. Proporrò una discussione considerando i modelli antecedenti agli anni '90 come modelli di prima generazione, meno sofisticati, e quelli successivi agli anni 90 come estensioni dei primi (seconda generazione), più sofisticati e con maggiori livelli di attendibilità. Focalizzeremo il discorso essenzialmente su due modelli, quello proposto da Thomas e coll. per ciò che riguarda la prima generazione, e sul successivo modello proposto da Zakay (Attentional Gate Model).

Thomas e colleghi (Thomas & Weaver, 1975) hanno sviluppato un modello matematico relativo al come l'allocazione di risorse attentive influenza la percezione della durata. Il modello può essere espresso dalla seguente equazione:  $\tau(I) = a \cdot f(t, I) + (1 - a) \cdot g * (I)$ . La nozione di base del modello è che la durata percepita ( $\tau$ ) di un certo intervallo contenente informazioni ( $I$ ) è monotonicamente correlato alla media pesata della quantità di informazioni codificate da due processori, un elaboratore delle informazioni temporali o timer [ $f(t, I)$ ] e un elaboratore di informazioni non temporali [ $g * (I)$ ]. L'attenzione è divisa tra questi due processori che funzionano in parallelo. Il parametro  $a$  può assumere un valore variabile tra **0** e **1**. La durata percepita viene pesata al fine di ottimizzare l'attendibilità dell'informazione che è processata da ogni elaboratore, del momento che maggiore è la quantità di risorse attentive allocate ad uno processore minore è l'attendibilità dell'analisi eseguita dall'altro. Quando il parametro  $a$  assume un valore tendente ad **1**, la persona tende a codificare maggiormente le informazioni temporali, mentre quando il parametro  $a$  tende ad assumere valori vicini allo **0**, la persona codifica prevalentemente informazioni non temporali. Thomas suggerisce che questo modello può trovare applicazione con successo per la valutazione delle durate intorno ai 100 ms, e proprio per questo motivo che non desta scalpore il fatto che il modello abbia un buon valore predittivo. Secondo Block (1991) tra i vari limiti presentati dal modello di Thomas e Coll. vi è quello relativo al fatto che il modello assume un livello costante nel tempo di risorse attentive senza considerare la variazione fisiologica individuale collegata ai ritmi circadiani. In questa direzione Kahneman (1973) suggerisce che il livello di attivazione (arousal) influenza la disponibilità di risorse attentive che possono in ogni momento essere utilizzate

per l'elaborazione dell'informazione contingente. Quindi, l'elaborazione delle informazioni temporali è influenzata non solo dalle caratteristiche dello stimolo, ma anche dal livello di attivazione momentaneo e, inoltre, dalla quantità di risorse attentive disponibili. Il punto di maggior debolezza dei modelli attenzionali di percezione del tempo riguarda l'applicazione del concetto di attenzione su tempo e elaborazione delle informazioni temporali. In letteratura è evidente che non esiste una definizione univoca di cosa si intende per *percezione del tempo*, e ci si trova sempre di fronte ad un problema relativo all'individuazione del tempo come entità a se stante, come caratteristica fisica di un evento, che può essere percepita a prescindere dalle caratteristiche dell'evento. In altri termini ci si trova di fronte al dubbio per il quale ci si chiede se stiamo considerando il passaggio del tempo oppure una sequenza di eventi e movimenti. Per risolvere questa impasse è possibile proporre in accordo con Michon & Jackson (1984, 1991) che le caratteristiche principali che definiscono un'informazione come temporale sono la simultaneità e l'ordine degli eventi. In aggiunta a queste caratteristiche esterne allora l'informazione temporale comprende anche cambiamenti strettamente legati alla persona come la propriocezione, l'umore, le emozioni, i processi cognitivi.

### **1.5 Un modello attenzione della stima del tempo: The attentional Gate Model.**

Il modello che andremo a descrivere in questo paragrafo, rappresenta un'evoluzione dei modelli precedentemente esposti, ma a differenza della maggior parte di essi si tratta di un modello puramente cognitivo. Per semplicità, utilizzeremo l'acronimo AGM per fare riferimento all'*Attentional Gate Model* (Zakay, 1993; 1997). L'AGM, è un modello cognitivo che quindi non propone uno specifico pattern di connessioni neurali o strutture cerebrali che fanno da sistema funzionale alle sue componenti. Come possiamo vedere in figura tre il primo componente del modello è un pacemaker che autonomamente produce delle pulsazioni il cui ritmo è solamente influenzato dallo stato di attivazione del soggetto. In altri termini, il funzionamento del pacemaker è indipendente sia dalla tipologia dello stimolo sia dalle caratteristiche della richiesta di elaborazione dell'informazione. Ma nel momento in cui una persona si appresta

a valutare il tempo che caratterizza un dato evento allora si attiva e si apre il gate attenzionale, questa apertura permette alla sequenza di pulsazioni associate a quell'evento di accedere alle componenti successive del modello. All'inizio della durata, un interruttore permette alla sequenza di attraversare un canale. Un contatore cognitivo, accumula in conteggio delle pulsazioni e questa quantità viene trasferita al magazzino di memoria di lavoro. Quando un segnale esterno indica che la durata è terminata, l'interruttore si chiude, e il totale delle pulsazioni accumulate viene trasferito nella memoria semantica. Il numero di pulsazioni accumulate nell'unità di tempo per tutta la durata dell'evento attuale, confrontato con il totale delle pulsazioni immagazzinate in memoria rispetto ad eventi simili, secondo l'AGM, costituisce la stima della durata. Il confronto, che avviene in seguito ad un segnale di fine, si verifica ad opera della memoria di lavoro. Tuttavia, come indicato da Zakay, l'utilizzo di compiti di produzione e di riproduzione di durate non prevede l'esistenza di segnali di stop esterni. Si tratta dunque di un accumulo di pulsazioni nella memoria di lavoro accompagnato da un confronto simultaneo, contemporaneo. La simultaneità di questo confronto richiede alla persona di distribuire le risorse attentive di cui dispone tra il passaggio del tempo in se stesso, e le caratteristiche dell'evento che ne rendono possibile la segmentazione. In altri termini la persona è attivamente impegnata ad associare il numero di pulsazioni (stima del tempo per se) prodotte dal pacemaker ed accumulate nella memoria di lavoro, con le caratteristiche dello stimolo che possono essere agganciate all'esperienza soggettiva immagazzinata nella memoria semantica e fornire uno strumento di comparazione e segmentazione della durata. L'attenzione risposta sul tempo apre la porta attenzionale permettendo quindi il passaggio delle pulsazioni attraverso il contatore cognitivo.

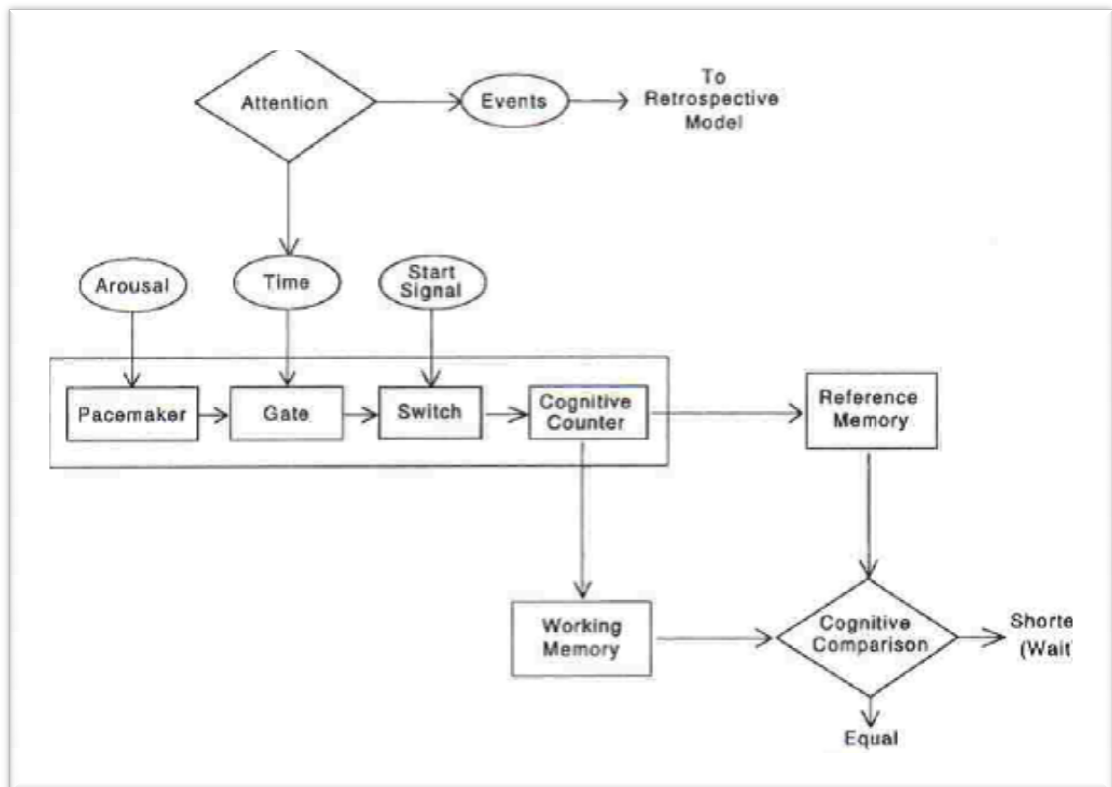


Figura 4. Struttura dell'attentional Gate Model (tratto da Zakay & Block, 1997).

La relazione tra arousal e velocità del flusso di pulsazioni, determina la successiva rappresentazione in memoria della durata dell'intervallo. Il numero di pulsazioni determinerà la valutazione della durata. Maggiore sarà il ritmo delle pulsazioni maggiore sarà la sottostima della durata. Al contrario se il ritmo di accumulazione è lento la durata percepita sarà dilatata. Chiaramente una debolezza del modello AGM, sta nell'impossibilità di quantificare le risorse attentive, ma soprattutto non tiene conto del ruolo giocato dall'esperienza. Si tratta in questo caso di una contraddizione interna perché, in effetti, tutti gli esperimenti sviluppati sul modello AGM prevedevano che i partecipanti effettuassero una singola prova di stima della durata e ciò non permetteva di verificare l'assunto per il quale esiste un confronto tra una durata attuale ed una rappresentazione nel magazzino di memoria semantica. In altri termini il modello non spiega come le esperienze multiple interagiscono fra di loro.

## 1.5 Metodologie di valutazione della percezione del tempo

Le capacità di percezione del tempo sono state valutate in molteplici studi e tramite l'utilizzo di vari metodi che possono essere in linea di massima complessi in due categorie: compiti di stima e produzione e compiti psicofisiologici. (Per una visione generale della prima categoria, consultare Zakay, 1990). In due paragrafi successivi saranno utilizzati per discutere studi che appartengono a queste due categorie di compiti. Un sommario di questi studi è fornito nella tabella 2.1

### 1.5.1 Compiti di stima

nei compiti di stima, i partecipanti dovranno la stima verbale per un periodo di tempo trascorso in generale, da questi studi si evince che le persone con ADHD non hanno difficoltà nella stima dei gli intervalli temporali. Studi condotti con bambini (Meaux & Chelonis, 2003) e adolescenti (Barkley, Edwards, Laneri, Fletcher, & Metevia, 2001a), non hanno trovato evidenze in favore di un deficit nella stima del tempo. Solo uno studio fatto con giovani adulti con diagnosi adhd ha messo in evidenza che partecipanti hanno sovrastimato le durate dell'intervallo di tempo compreso 312 e sessanta secondi ma questa sovrastima non è una statisticamente significativa (Barkley, Murphy, & Bush, 2001b).

Altri due studi sostengono di aver trovato disturbi legati all'attuazione di stima del tempo. Uno di questi (McGee, Brodeur, Symons, Andrade, & Fahie, 2004) trovò che i bambini con adhd compivano stime retrospettive più lunghe di un compito che durava complessivamente 14 minuti. Tuttavia, gli autori riportano che questo risultato è più che altro derivato da il tempo di latenza fra la fine del compito e la richiesta di stima retrospettiva. Questo risultato non rivela un deficit nella percezione del tempo, ma piuttosto un'inibizione inappropriata di risposta verbale. Il secondo studio (Shaw & Brown, 1999), compiuto sulla popolazione normale di partecipanti tredicenne, divideva gli stessi in due gruppi chiamati "attention disordered" e un gruppo di controllo, questa divisione avveniva sulla base le differenze individuali di deficit attentivi segnalate dalle insegnanti. I bambini nel primo gruppo tenevano punteggi più alti che di una reazione standard al disopra della media del gruppo. Che autori trovarono che i partecipanti assegnati al gruppo uno giudicavano i compiti come più lunghe

dopo aver visto un video non arousal attivante, ma non esibivano differenze importanti rispetto del gruppo di controllo dopo aver visto un video arousal attivante. Non è ancora chiaro se quest'effetto di differenze individuali in una popolazione normale può essere applicato a persone diagnosticati con adhd, dal momento che non ci sono evidenti supporto di un impairment nella stima del tempo in un campione clinico. Tuttavia, non sembrano esserci evidenze sufficienti per stabilire l'esistenza di un deficit nella stima del tempo collegato all'adhd.

### **1.5.2 Compiti di produzione**

Nei compiti di produzione, i partecipanti indicano l'inizio e fine di uno specifico intervallo, può essere sia dimostrato sia chiesto verbalmente. I compiti di produzione possono essere divisi in due categorie, discontinui e sequenziali. Nei compiti discontinui di una i partecipanti producono una durata per ogni singola prova. La riproduzione è una specie di produzione discontinua che non richiede un'etichetta verbale; una durata è presentata, per esempio, con un'immagine che appare sullo schermo o come due suoni separati da un intervallo, e successivamente viene prodotta, per esempio, attraverso la pressione di un tasto. Nei compiti di produzione sequenziale, i soggetti producono molteplici durate per ogni singolo trial, per esempio, battendo un ritmo regolare.

### **1.5.3 Compiti di produzione discontinua**

Uno studio poco recente ha messo in evidenza le difficoltà di un gruppo di bambini iperattivi nella produzione di intervalli di tempo discrete. Capella, Gentile, Juliano (1977) avevano testato alcuni bambini (età 8-12 anni) con compiti di produzione di intervalli temporali di 7, 15, e 30 secondi. I risultati indicavano che i bambini definiti iperattivi compivano errori nella stima del tempo ovvero si discostavano maggiormente dal intervallo target man mano che il tempo aumentava. Tuttavia due studi più recenti sulla produzione di intervalli discreti non hanno messo in evidenza risultati che vadano nella direzione della conferma dei dati precedenti. In particolare uno studio condotto da McGee et al., (2004) non ha restituito dati relativi ad un deficit collegato

all'adhd in un compito di produzione di intervalli di 30 secondi (i partecipanti erano bambini di età compresa tra i 6 e gli 11 anni).

Sonuga-Barke, Saxton, e Hall (1998) ipotizzavano che le difficoltà che apparentemente sembrano legate all'adhd nei compiti di timing possono essere dovute a differenze nelle risposte piuttosto che a differenze nella percezione del tempo. Al fine di verificare questa ipotesi gli autori hanno messo a punto un esperimento in cui un gruppo di ragazzi (8-12 anni) completava un task in cui una faccia sorridente diventava triste dopo 5 oppure 15 secondi. I partecipanti dovevano premere un pulsante per far ritornare la faccia da trista a sorridente, ricevendo un feed-back positivo se la pressione del tasto avveniva entro due secondi. Questa era la situazione *signaled*. Nella condizione *non-signaled*, il viso presentato aveva la bocca coperta da una mano, cosicché i partecipanti dovevano stimare il momento in cui schiacciare il tasto. Nella condizione facilitata i bambini iperattivi davano risposte molto più ritardate (lente) rispetto al gruppo di controllo, indicando in questo modo una modalità di risposta che non era dipendente dalla stima del tempo. Non risultavano coerentemente interazioni tra iperattività e compito che gli autori hanno interpretato come un'evidenza del fatto che i bambini con iperattività non hanno difficoltà nella stima del tempo.

#### **1.5.4 Compiti di Produzione sequenziale**

Sono numerosi gli studi in cui vengono utilizzati i compiti di riproduzione sequenziale che dimostrano le difficoltà nel senso del tempo. A esempio Pitcher, Piek, & Barrett (2002), hanno esaminato l'utilizzo di strategie di TAPPING in compiti di difficoltà variabile in uno studio *between-groups* in cui i gruppi erano composti da partecipanti maschi (età 6-12 anni) divisi in gruppo clinico (ADHD) e gruppo di controllo. Gli autori trovarono differenze statisticamente significative tra i due gruppi relativamente alla velocità di TAPPING, in particolare i partecipanti classificati come ADHD-D e ADHD-C compivano stime meno precise sia del gruppo di controllo sia dei partecipanti ADHD-I.

Un altro gruppo di ricercatori (Rubia, Taylor, Taylor, & Sergeant, 1999) metteva invece in evidenza il deficit in un gruppo di partecipanti ADHD/I; i

bambini iperattivi (6-12 anni) mostravano una variabilità maggiore in un compito di anticipazione (6 secondi) e in un compito di sincronizzazione (per intervalli di 500, 700, 1200, e 1800 ms). Tuttavia in un esperimento successivo Rubia, Noorloos, Smith, Gunning, & Sergeant,(2003) ripetendo la procedura su un campione di soggetti della stessa età (7-11anni) non trovavano differenze statisticamente significative entro i partecipanti diagnosticati con ADHD, mentre l'intero gruppo mostrava una variabilità maggiore rispetto al gruppo di controllo sia per ciò che riguarda l'anticipazione sia la sincronizzazione.

### 1.5.5 Compiti di Riproduzione

Numerose ricerche hanno trovato dati a sostegno di un disturbo della percezione del tempo in soggetti con diagnosi di ADHD nei compiti di riproduzione di intervalli. Toplak et al. (2003) hanno visto che soggetti ADHD (età 6-11 anni) mostravano dilatazioni del giudizio temporale maggiori rispetto ai soggetti di controllo in compito di riproduzione di intervalli di 2 e di 6 secondi, ma non per durate di 400 ms.

Un altro studio (Barkley et al., 1997) ha studiato le capacità di riproduzione di intervalli temporali in un gruppo di soggetti di età compresa fra i 6 e i 14 anni. Le durate da riprodurre andavano dai 12 ai 60 secondi. Gli Autori trovarono che i bambini con ADHD presentavano maggiori problematiche soprattutto per le durate maggiori.

Kerns, McInerney, and Wilde (2001) hanno valutato la riproduzione di intervalli in bambini di età compresa fra i 6 ed i 13 anni, e hanno trovato che i bambini con ADHD commettevano una quantità di errori maggiore rispetto ai soggetti del gruppo di controllo nella riproduzione di intervalli discreti dalla durata variabile fra i 3 e i 17 secondi. In uno studio collegato hanno valutato la capacità di riproduzione in un gruppo di bambini (6-13 anni) tramite l'utilizzo dei medesimi intervalli di tempo ma aggiungendo uno stimolo motivazionale, ovvero aggiungevano un feedback verbale positivo o la possibilità di vincere un premio. I risultati della ricerca ponevano ancora in evidenza una sistematica minor correttezza nella riproduzione del compito in bambini ADHD rispetto al

controllo anche di fronte ad uno stimolo altamente motivante (McInerney & Kerns, 2003).

Meaux and Chelonis (2003) hanno testato un gruppo di bambini (età 9-12 anni) sulla riproduzione di intervalli discreti dalla durata variabile da 3 fino a 24 secondi e trovarono che i partecipanti del gruppo clinico erano molto meno precisi degli altri del gruppo di controllo: essi tendevano sistematicamente a sottostimare o a sovrastimare le durate.

Altri ricercatori, Barkley et al., (2001a) hanno riscontrato deficit nella riproduzione di intervalli di tempo anche in gruppi di adolescenti e adulti con diagnosi di ADHD, tramite l'utilizzo di compiti di riproduzione con intervalli di riproduzione da 2 a 60 secondi. In particolare i risultati degli esperimenti evidenziavano errori di entità maggiore all'aumentare del tempo di riproduzione. In uno studio simile e successivo Barkley et al. (2001b) tramite l'utilizzo di compiti di riproduzione metteva in evidenza deficit di riproduzione legati all'ADHD in un gruppo clinico di giovani adulti. L'effetto che i ricercatori notavano era simile a quello riscontrato negli adolescenti, ovvero l'aumento dell'ampiezza dell'errore correlato all'aumento dell'intervallo da stimare (gli intervalli utilizzati erano nel range 12-60) ed in particolare i partecipanti commettevano delle sottostime sempre maggiori all'aumentare del tempo.

### **1.5.6. Compiti collegati: Memoria prospettica e temporal discounting**

Dagli studi effettuati tramite i paradigmi di studio della memoria prospettica e del temporal discounting emergono ulteriori dati che sostengono l'ipotesi di un deficit nelle capacità di stima e riproduzione di intervalli temporali. Con i termini temporal discounting viene indicata in letteratura un comportamento di scelta di gratificazioni immediate invece che dilazionate. Siffatta modalità non sta ad indicare necessariamente un deficit nella percezione del tempo ma in qualche modo è in relazione con la percezione del tempo. Barkley et al., (2001a) in un gioco a carte con ipotetiche ricompense in denaro, trovava che gli adolescenti con ADHD utilizzavano più spesso del gruppo di controllo la strategia temporal discounting.

Considerando invece il paradigma della memoria prospettica e in particolare i compiti time-based, la corretta esecuzione di tali compiti richiede necessariamente un'accurata percezione del tempo. Kerns & Price (2001) valutavano la memoria prospettica di un gruppo di bambini (8-13 anni) utilizzando un video game. Nel gioco i partecipanti dovevano guidare un'auto nel traffico urbano e dovevano ricordarsi di controllare l'indicatore del livello del carburante tramite la pressione di un tasto e di fare il pieno quando diventava rosso. In generale, i bambini del gruppo ADHD hanno avuto prestazioni meno accurate del gruppo di controllo. In realtà non sono state rilevate differenze significative nel numero di volte in cui era stato effettuato il controllo, ma i bambini del gruppo ADHD non facevano il controllo al momento giusto. Gli autori ipotizzavano che questi risultati potevano essere interpretati alla luce di una scarsa abilità nel monitoraggio del passaggio del tempo.

2

# Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Modelli Teorici, Elementi di Definizione e Aspetti Neuropsicologici

---

## 2.1 Introduzione

È normale che i bambini specialmente nell'età prescolare siano attivi, energici, esuberanti; che passino da un'attività a un'altra come modo di esplorazione del mondo e dell'ambiente in cui vivono; che agiscano senza riflettere in maniera approfondita sui comportamenti che vanno ad attuare in una certa situazione, che dimostrino delle reazioni impulsive e allo stesso tempo reazioni emotive facilmente riconoscibili. Ma quando il bambino persistentemente mente mostra livelli di attività che possono essere definiti in eccesso rispetto altro gruppo di età, quando sono incapaci di mantenere l'attenzione, l'interesse, o di rimanere concentrati su un compito così come fanno i loro compagni coetanei, quando non riescono a porsi degli obiettivi a lungo termine, non riescono a completare un compito assegnato da altri, o quando la loro auto regolazione rimane abbastanza indietro rispetto alle aspettative relative al loro il livello di sviluppo, allora probabilmente non stanno semplicemente esprimendo la gioia di vivere che caratterizza l'infanzia. Probabilmente stanno dimostrando qualche difficoltà che si riflette nei domini che maggiormente caratterizzano la loro vita e cioè sociali, cognitivi, scolastici, accademici, familiari, ed eventualmente lavorativi. I ragazzi molto attivi, disattenti e impulsivi si percepiranno come incapaci di stare tra i loro pari, di far fronte con successo alle richieste che il loro livello di sviluppo implica da parte dell'ambiente. Probabilmente ragazzi così disattenti così attivi, sperimenteranno con una frequenza molto maggiore giudizi negativi da parte degli adulti, punizioni, una sorta di ostracismo sociale da parte dell'ambiente che li circonda. Questi bambini "temerari con attitudini quasi demoniache", e con un modo di essere in qualche modo autodistruttivo, nell'ultimo secolo hanno alla pari di tanti

altri scenari catturato l'interesse pubblico e scientifico. Durante l'ultimo secolo non lo sono stati i tentativi di gettare bambini così come sono stati descritti finora in diverse categorie facendo riferimento ora alla categoria iperattività, ora disattenti ora bambini impulsivi. Questa costellazione di comportamenti problematici tuttavia possono costituire uno degli più ben studiati disturbi dell'adolescenza dell'infanzia del nostro tempo. Tuttavia molti aspetti degli bambini che vengono definiti come iperattivi o impulsivi o disattenti hanno ancora non ancora un ruolo enigmatico rispetto all'opinione pubblica, che fa fatica per esempio ad accettare la nozione che si possa parlare di un disturbo che può avere una base biologica, una disabilità dello sviluppo dove non esistono evidenti elementi fisici.

I bambini che manifestano le suddette espressioni comportamentali in un livello che risulta essere deviante per il loro stage di sviluppo e sufficiente a creare una situazione di disturbo, di impairment, nelle aree di vita maggiormente significativa attualmente vengono diagnosticati come disturbi da deficit dell'attenzione con iperattività (ADHD; APA, 1994). Il loro comportamento problematico si suppone che si sviluppi della prima infanzia e sembra essere persistente durante tutto a quello sviluppo della maggior parte dei casi. In questo capitolo ci occuperemo di dare uno sguardo generale rispetto alla natura di questo tipo di disturbi; considereremo duramente la sua storia, e descriveremo brevemente i criteri diagnostici lo sviluppo e di effetti, e le sue cause. Faremo tutto questo tenendo presenti diversi punti critici relativi a questo problema. Dal momento che ci sono migliaia di ricerche scientifiche su questo argomento, cercheremo di concentrare la nostra attenzione su quello che per l'autore rappresenta il punto di vista più significativo.

## **2.2 Contesto storico e sviluppo della definizione del disturbo da deficit di attenzione e iperattività**

Parlando del contesto storico in cui si sviluppa la definizione di ADHD, citeremo senza dubbio un William James che nella sua opera *Principles of Psychology* (1890), descriveva una variante del carattere normale che egli definiva " *esplosive will* ", che assomiglia molto le difficoltà provate dai ragazzi

che oggi vengono descritti come aventi il Disturbo da Deficit Attenzione con iperattività. Ma, l'interesse clinicamente più serio in questo tipo di bambini stato arrestato dalla prima volta in tre lezioni in del medico inglese George Still (1902). Still descriveva un gruppo di venti bambini osservati durante la sua pratica clinica che egli definiva come avere un deficit nell'inibizione volontaria, che portava a un dispetto del controllo morale sul loro stesso comportamento. Descritti come aggressivi, impulsivi, senza freni, esageratamente attivi, molti di questi bambini oggi probabilmente sarebbero stati diagnosticati non soltanto come ADHD ma probabilmente anche come bambini con Disturbo oppositivo provocatorio. L'osservazione del medico inglese furono però molto astute, infatti riuscivano a descrivere molte delle caratteristiche associate al Disturbo da deficit di Attenzione con iperattività che sarebbero state sostenute dai dati di ricerca ne gli anni a venire: in particolare Still descriveva cinque caratteristiche fondamentali, (1) una maggior presenza del disturbo alla popolazione maschile, (2) un'alta associazione con una condotta antisociale e depressione; (3) un'associazione con una tendenza all'alcolismo, la condotta criminale; (4) una predisposizione familiare al Disturbo, e probabilmente su base biologica genetica; e ancora (5) la possibilità del disturbo di originarsi a seguito di un trauma al sistema nervoso centrale.

In America del Nord l'interesse verso questa tipologia di bambini cominciò a crescere dopo il 1918 in seguito a una grande epidemia dieci ferite. I bambini sopravvissuti e questa infezione del cervello manifestavano molti problemi comportamentali simili a quelli che attualmente possiamo osservare nei casi di adhd.

Gli anni compresi fra il 1920 e il 1950 videro in America un vasto interesse rispetto all'origine del disturbo, e la definizione di sindrome da danno cerebrale infantile che si feriva a bambini che avevano subito una lesione cerebrale momento della nascita o se ci si lamenta la nascita e che presentano ritardo mentale, veniva spesso associata alla descrizione di bambini che non aveva non è ritardo mentale e non è lesioni cerebrali evidenti ma che presentavano di pattern comportamentali di eccessivo movimento, di disattenzione, di mancanza di concentrazione sul compito. Ed ecco che dopo 1950 si cominciò a parlare di disfunzione cerebrale minima per indicare i casi come quelli descritti poco sopra

i quali tuttavia non esisteva un evidente danno al livello neurologico o cerebrale (Kessler, 1980). Quindi durante seconda metà gli anni 50 l'attenzione venne spostata la descrizione comportamentale si cominciò quindi a parlare di iperattività è di scarso controllo degli impulsivi come caratteristiche principali di questi bambini, ipotesi che si riflettevano nelle categorie come " disturbo impulsivo e ipercinetico" oppure "sindrome del bambino iperattivo "(Burks, 1960; Chess, 1960). A quel tempo si supponeva che il Disturbo originasse da una iperstimolazione corticale, dovuta a una scarso filtro del talamo sugli stimoli in entrata. Sebbene ci fosse attraverso il clinici una credenza relativa a una base neurologica del disturbo, la grande influenza delle teorie psicanalitiche, che consideravano tutti i disturbi dell'infanzia come reazioni, portò il clinici a inserire all'interno della seconda edizione del manuale diagnostiche statistiche dei disturbi mentali (DSM-II, 1968) la definizione di "Reazione ipercinetica de dell'infanzia".

Il riconoscimento che il disturbo non fosse causato quindi da un danno cerebrale su un argomento per il quale si crearono belle differenze attraverso i professionisti che operavano nel Nord America e quelli che operavano in Europa. In Europa si continuerà a considerare ipercinesia per la maggior parte della successiva metà del XX secolo come una condizione relativamente alla di estrema iper-reattività, spesso associata con il ritardo mentale o alle evidenze di un danno cerebrale. Questa discrepanza nelle rispettive è andata convergere durante l'ultimo decennio, e ciò è anche evidente anche dalla somiglianza dei criteri contenuti nel DSM IV (1994) con i criteri di espressi dalla decima versione dell'International Classification of Disease-10 (ICD-10; World Health Organization, 1993).

A partire dal 1970, la ricerca ha posto maggior enfasi sulla valutazione dei problemi relativi all'attenzione sostenuta dal controllo dell'impulsività in addizione alla iperattività (Douglas, 1972). Douglas (1980) e ipotizzava che il Disturbo si esprimesse maggiormente in deficit relativi all'investimento all'organizzazione e al mantenimento dello del Attenzione e della concentrazione; all'abilità di inibizione del comportamento impulsivo; nella capacità di modulazione dei livelli di attivazione in accordo con le richieste ambientali. Insieme a questi deficit si associa una ricerca immediata della

gratificazione. L'enfasi ed i numerosi studi sulla attenzione, l'impulsività e altri processi cognitivi probabilmente portarono alla ridefinizione del disturbo nei termini di "disturbo da deficit dell'attenzione" del 1980 (DSM III). Storicamente significativa una distinzione apportata nel DSM III e la distinzione tra disturbo da deficit dell'attenzione con iperattività e senza iperattività. Questo tipo di distinzione fu la base sulla quale si svilupparono successivamente tutta una serie di ricerche finalizzate a dimostrare la veridicità della stessa definizione e delle due condizioni che definivano il disturbo. Nel 1987, a seguito della pubblicazione del DSM III-R fu data una nuova etichetta al disturbo definendolo disturbo da deficit di attenzione con iperattività, e venne utilizzata una singola lista di item che incorporava tutti i sintomi principali. Fu molto importante inoltre la specifica della condizione di disturbo dell'attenzione senza iperattività, rinominato "disturbo dell'attenzione indifferenziato", di una sezione separata nel manuale dall' ADHD con la specifica che non c'erano sufficienti ricerche in che potessero guidare l'autore nella costruzione di una categoria diagnostica.

Durante gli anni '80, l'interesse della ricerca è andato orientandosi verso lo studio generale della motivazione e specificamente verso l'insensibilità alla conseguenza dei comportamenti (Barkley, 1989). Ricerca andava dimostrando che è in condizioni di rinforzo continuo non c'erano differenze significative delle prestazioni di bambini con ADHD rispetto a gruppi di bambini non clinici rispetto a diversi compiti di laboratorio, ma che quando lo schema del rafforzamento veniva modificato non sono schema di rinforzo discontinua o all'estinzione, i bambini con ADHD dimostravano un declino significativo nella loro prestazione (Douglas & Parry, 1983; 1994; Parry & Douglas, 1983). A partire dalla seconda metà gli anni '80 i ricercatori incominciarono utilizzare i paradigmi dell'elaborazione dell'informazione nello studio dell'ADHD, e trovarono che in the problematiche relative d'elaborazione della percezione dell'informazione non è un così evidenti quanto i problemi legati alla motivazione e all'inibizione della risposta (Barkley, Grodzinsky & DuPaul, 1992; Schachar & Logan, 1990; Sergeant, 1988; Sergeant & Scholten, 1985). I problemi relativi all'iperattività e all'impulsività non consentivano tuttavia la creazione di una definizione unitaria del comportamento che ad esempio Barkley nel 1990 definiva "*Disinhibition*". Considerando quindi quest'ordine dei problemi a comunità scientifica concordò

nella ridefinire e creare due liste di item separate con soglie di valutazione diverse per l'ADHD pubblicate nell'ultima versione del manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali successivo (DSM IV, 1994): una di queste scale riguardava i sintomi legati al disturbo dell'attenzione l'altra scala l'è legata alla valutazione dei sintomi per il comportamento iperattivo impulsivo. Differentemente dalle versioni precedenti e il di assieme quarto quindi permette ancora una volta da diagnosi di una sottotipo del ADHD consistente prevalentemente di problemi legati all'attenzione (ADHD tipo disattenzione predominante). Inoltre DSM-IV permette, alla prima volta, all'estinzione di una sottotipo di ADHD concernente prevalentemente il comportamento iperattivo impulsivo senza disturbi dell'attenzione significativi. Nei casi in cui siano significativi punteggi sia alle scale della disattenzione che per l'iperattività impulsività si parla di disturbo da deficit di attenzione con iperattività del tipo combinato.

Allo stato attuale è ancora in corso un dibattito molto acceso rispetto a quelli di siano i deficit fondamentale del adhd, in questo dibattito sta assumendo sempre un maggior peso specifico il problema legato all'inibizione del comportamento, all'auto regolazione, e tra i domini collegati delle funzioni esecutive (Barkley, 1997, 2001; Douglas, 1999; Nigg, 2001; Quay, 1997).

### **2.3 Descrizione clinica e diagnosi**

La ricerca tramite l'utilizzo dell'analisi fattoriale ha ripetutamente identificato due dimensioni comportamentali distinte che sottostanno ai vari problemi comportamentali che si ipotizza caratterizzano l'ADHD (Burns, Boe, Walsh, Sommers-Flanagan & Teegarden, 2001; DuPaul, Powers, Anastopoulos, & Reid, 1997; Lahey et al., 1994; Pillow, Pelham, Hoya, Moina, & Shulty, 1998). Queste due dimensioni sono state identificate anche in diversi gruppi etnici e culturali, e sono la disattenzione, e il comportamento impulsivo e iperattivo.

Secondo i criteri del DSM-IV (APA, 1994), il Disturbo da Deficit di Attenzione con Iperattività è caratterizzato da due gruppi di sintomi o dimensioni psicopatologiche definibili come **disattenzione** e **impulsività/iperattività**.

Criteri diagnostici del DSM4 per il Disturbo da Deficit d'Attenzione/Iperattività

- A. Presenza di sintomi di disattenzione (criterio 1) oppure di sintomi di iperattività/impulsività(criterio 2)
- B. Alcuni dei sintomi di iperattività-impulsività o di disattenzione che causano compromissione erano presenti prima dei 7 anni di età.
- C. Una certa menomazione a seguito dei sintomi è presente in due o più contesti (ad esempio, a scuola e a casa).
- D. Deve esservi una evidente compromissione clinicamente significativa del funzionamento sociale, scolastico o lavorativo.
- E. I sintomi non si manifestano esclusivamente durante il decorso di un disturbo generalizzato dello sviluppo , di schizofrenia, o di un altro disturbo psicotico, e non risultano meglio attribuibili a un altro disturbo mentale (ad esempio, disturbo dell'umore, disturbo d'ansia, disturbo dissociativo, o disturbo di personalità).

La più recente descrizione tecnica del disturbo da deficit di attenzione e iperattività è contenuta nel DSM-IV (1994) secondo il DSM quarto per poter porre diagnosi di disturbo da deficit di attenzione con iperattività, un bambino deve presentare almeno sei sintomi per un minimo di sei mesi e in almeno due contesti di vita (ad esempio, scuola e famiglia); inoltre, è necessario che tali manifestazioni siano presenti prima dei sette anni di età e soprattutto che compromettano il rendimento scolastico e o sociale. Se un soggetto presenta esclusivamente sei (o più) dei nove sintomi di disattenzione, viene posta diagnosi di disturbo da deficit di attenzione e iperattività sottotipo disattento. Se è presente esclusivamente sei dei nove sintomi di iperattività impulsività, allora viene posta diagnosi di disturbo deficit di attenzione con iperattività sottotipo iperattivo impulsivo. E infine, se il soggetto presenta entrambe le problematiche, allora si pone diagnosi di disturbo da deficit di attenzione con iperattività sottotipo combinato.

**Sei (o più) dei seguenti sintomi di disattenzione sono persistiti per almeno sei mesi con una intensità che provoca disadattamento e che contrasta con il livello di sviluppo:**

- **Disattenzione**

- Spesso il soggetto non riesce a prestare attenzione ai particolari o commette errori di distrazione nei compiti scolastici, sul lavoro, o in altre attività.
- Spesso ha difficoltà a mantenere l'attenzione sui compiti o sulle altre attività di gioco.
- Spesso non sembra ascoltare quando gli si parla direttamente.
- Spesso non segue le istruzioni e non porta a termine i compiti scolastici, le incombenze, o i doveri sul posto di lavoro ( non a causa di comportamento oppositivo o di incapacità di capire le istruzioni).
- Spesso ha difficoltà a organizzarsi nei compiti e nelle attività.
- Spesso evita, prova avversione, o è riluttante a impegnarsi in compiti che richiedono sforzo mentale protratto (come compiti a scuola o a casa).
- Spesso perde gli oggetti necessari per i compiti o le attività.
- Spesso è facilmente distratto da stimoli esterni.
- Spesso è sbadato nelle attività quotidiane.

**Sei (o più) dei seguenti sintomi di iperattività-impulsività sono persistiti per almeno 6 mesi con una intensità che causa disadattamento e contrasta con il livello di sviluppo:**

- **Iperattività**

- Spesso il bambino muove con irrequietezza mani o piedi o si dimena sulla sedia.
- Spesso lascia il proprio posto a sedere in classe o in altre situazioni in cui ci si aspetta che resti seduto.
- Spesso scorrazza e salta dovunque e in modo eccessivo in situazioni in cui ciò è fuori luogo.
- Spesso ha difficoltà a giocare o a divertirsi in modo tranquillo.
- È spesso "sotto pressione" o agisce come se fosse "motorizzato".
- Spesso parla troppo.

- **Impulsività**

- Spesso "spara" le risposte prima che le domande siano completate.
- Spesso ha difficoltà ad attendere il proprio turno.
- Spesso interrompe gli altri o è invadente nei loro confronti (ad esempio, si intromette nelle conversazioni o nei giochi).

I 18 sintomi presentati nel DSM quarto sono gli stessi contenuti nell' ICD\_10, che costituisce l'importante strumento parallelo predisposto dalla organizzazione mondiale della sanità: l'unica differenza si trova nella gran (f) della categoria iperattiva (parla eccessivamente) che, secondo lo ammesse, è una manifestazioni di impulsività e non di iperattività. L'organizzazione mondiale della sanità (1992) usa l'espressione di sindrome ipercinetica, mettendo quindi maggiormente l'accento sull'aspetto iperattivo, ma similmente a quanto previsto

dall'altro sistema qui citato, descrive il disturbo dell'attività e dell'attenzione e la sindrome ipercinetica della condotta. Tuttavia la stima dell'incidenza del disturbo è più prudente (compresa fra il 1% e il 2%), a significare che si preferisce parlare di disturbo vero e proprio solo quando esso è particolarmente grave. L'Italia non gode di una tradizione nell'uso condiviso di manuali nosografici, pertanto ci troviamo nella condizione di poter tenere conto di entrambe le descrizioni diagnostiche. Il DSM quarto ammette la possibilità di porre una diagnosi di ADHD a casi più tosto eterogenei tra loro. Ad esempio, un bambino estremamente iperattivo riceverà la stessa diagnosi di uno incapace di concentrazione, ma assolutamente calmo e tranquillo. Per questo si ritiene importante anche riferirsi ai sottotipi. Diverse sono gli studi condotti per verificare la presenza di sottotipi all'interno dell'adhd in parte per giustificare la proposta del di assieme quarto, in parte per isolare altri sottotipi oltre a quelli previsti, differenti tra di loro sia da un punto di vista cognitivo comportamentale che eziologico. In effetti, i 3 sottotipi del di assieme quarto descrivono campioni di bambini molto eterogenei tra di loro, soprattutto per quel che riguarda la compresenza di altri disturbi, il background familiare, il decorso temporale e la risposta alla terapia farmacologica. Alcuni studi hanno dimostrato che i bambini con disturbo da deficit di attenzione sottotipo disattento presentano maggiori problematiche emotive, sono più timidi e ritirati socialmente. Quelli con Disturbo disattenzione iperattività sottotipo combinato e sottotipo iperattivo impulsivo si oppongono più frequentemente alle richieste degli adulti, sono più aggressivi e frequentemente ricevono una seconda diagnosi che si riferisce a una categoria di problemi relativi al rifiuto delle regole e all'aggressività rivolta ad altre persone (disturbo della condotta con Disturbo oppositivo provocatorio). Anche le valutazioni espresse dagli insegnanti vanno in questa direzione ad esempio, generalmente, il sottotipo disattento è più isolato, più sognatore ad occhi aperti, più timido, maggiormente sotto attivato e in parte simile al gruppo con disturbi di apprendimento. I bambini con iperattività manifestano maggiormente alcuni sintomi tra cui: agire prima di pensare, cambiare stessa attività, non attendere 31 e gridare in classe. I 3 sottotipi di ADHD si differenziano anche per l'età in cui ricevono una diagnosi: il sottotipo iperattivo impulsivo viene diagnosticato prima del sottotipo combinato che, a sua volta è diagnosticato prima del

sottotipo disattento: secondo alcuni autori non è chiaro se questo fenomeno sia da attribuire al fatto che i comportamenti iperattivi sono più evidenti in età precoce, oppure a una possibile evoluzione del disturbo.

Purtroppo i soggetti con Disturbo da deficit di attenzione e iperattività oltre ai sintomi primari già descritti, manifestano anche altri comportamenti disturbanti ritenuti secondari, in quanto si presume derivino dall'interazione tra le caratteristiche primarie del disturbo e il loro ambiente. Il crescente interesse clinico che ruota attorno a questa sindrome e da ricercare in tre ordini di fattori: l'elevata incidenza del disturbo, la compresenza di numerosi altri disturbi e la elevata probabilità di manifestare nel prosieguo della vita delle gravi difficoltà. Lo sviluppo di tratti o positivi e provocatori rappresenta un aspetto molto problematico, in quanto può essere come responsabile di una serie di fallimenti in ambito scolastico e sociale, e può procurare notevoli e giustificate preoccupazioni ai genitori. Molti dati in suggeriscono la possibilità che fattori socioculturali giochi in un ruolo importante nello sviluppo del disturbo della condotta, mentre per il disturbo da deficit di attenzione con iperattività appare più legato a fattori predisponenti innati.

#### **2.4 Sviluppo della ricerca cognitiva sul Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività**

Gli anni novanta nell'ambito delle scienze cognitive sono stati definiti l'era delle "disfunzioni esecutive": il termine appare la maggior parte degli studi nell'ambito della psicopatologia dello sviluppo, compresi gli studi sull'ADHD. Inoltre, una rassegna sugli studi delle funzioni esecutive in quattro aree della psicopatologia dello sviluppo (adhd, disturbi del comportamento, autismo, sindrome di Tourette), ha messo in evidenza che deficit e delle funzioni esecutive sono molto presenti in soggetti con ADHD e autismo, con un impairment specifico dell'inibizione motoria e risulta unicamente associato con una l'ADHD (Pennington & Ozonoff, 1996). Nonostante la frequenza dei riferimenti alla sindrome di disfunzioni esecutive, sia il costrutto di funzioni esecutive che le sue basi neurali rimangono ancora enigmatiche. Eslinger (1996) notava che la definizione relativa a questo costrutto rimane elusiva: tuttavia appare abbastanza chiaro che in termini di funzioni esecutive generalmente gli specialisti si riferiscono non ha processi cognitivi di base,

come la sensazione, la percezione, l'attivazione motoria, l'attenzione, o la memoria. Piuttosto, il termine viene tipicamente utilizzato per fare riferimento a i processi psicologici implicati in una o in più delle seguenti capacità: auto regolazione, pianificazione del comportamento, flessibilità del pensiero o della risposta, l'inibizione della risposta, pianificazione, e organizzazione del comportamento. Ognuna di queste specie comportamento e complessi in termini di definizione empirica e misurazione. Tuttavia due meccanismi e relativi all'inibizione (attivazione motoria e termine dell'azione) e memoria di lavoro (capacità di mantenere l'informazione che guida l'azione successiva) sembrano essere gli elementi che più facilmente si prestano allo studio scientifico. La discussione seguente sarà focalizzata sugli attuali modelli e misure dell'inibizione della risposta in bambini con ADHD per diversi motivi: in primo luogo perché l'inibizione della risposta rappresenta una caratteristica centrale degli attuali modelli di spiegazione, sono veramente perché le rassegne sistematiche rispetto alla memoria di lavoro nell'ambito dell'ADHD sono molteplici ma molto differenti rispetto alla metodologia utilizzata. Infine non considereremmo come elemento fondante l'attenzione dal momento che oltre ad avere una definizione operativa molto varia, è stato messo in evidenza da alcune rassegne sistematiche (Schachar, 1991; Sergeant & Van der Meere, 1990; Taylor, 1995; Van der Meere, 1996) un ruolo marginale delle singole varie componenti dell'attenzione. Le teorie cognitive attuali enfatizzano il costrutto di impulsività (scarsa inibizione comportamentale), postulando che in fallimento dell'inibizione nella dilazione di una risposta comportamentale sia il deficit centrale nel disturbo da Deficit di attenzione e iperattività (Barkley, 1997; Quay, 1988, 1997; Schachar et al., 1993; Sonuga-Barke, 1995). Tuttavia, i modelli definiscono in maniera differente il deficit fondamentale. In questa sede ci soffermeremo solamente a fare una mera descrizione sommaria, al momento che spiegazione più dettagliate sono ampiamente presenti in una precedenti rassegne (Barkley, 1997; Sonuga-Barke, 1995a, b; Van der Meere, 1996).

#### **2.4.1 Inibizione: un processo di controllo deficitario**

L'ipotesi di un deficit dell'inibizione della risposta nell'iperattività rappresenta allo stato attuale una spiegazione ampiamente sostenuta. Tale ipotesi in genere viene messa alla prova tramite l'utilizzo di stop task. Questo tipo di compiti

permette una distinzione tra controllo inibitorio e il processo esecutivo sottostante al compito primario, composto in un compito basato su una scelta duale di cui si registrano i tempi di reazione. Nei trial per la valutazione dell'inibizione in genere viene utilizzato un segnale uditivo che ha la funzione di indicare il momento in cui bisogna trattenere la risposta.

In questo modello, il comportamento impulsivo viene considerato come un deficit nelle abilità di inibizione di una risposta prepotente: i bambini che sono definiti impulsivi hanno problemi dell'inibizione delle azioni che si verificano in situazioni in cui quella risposta non è desiderabile, generando in questo modo in evidenza empirica per il modello Horse Race (Logan, 1994; Schachar & Logan, 1990; Schachar et al., 1993). L'abilità di inibire una risposta sembra essere una delle molte azioni generate internamente, relative al controllo del repertorio di un sistema di funzioni esecutive di ordine più alto che regola le operazioni del sistema di elaborazione delle informazioni dell'uomo e permette l'auto regolazione. L'applicazione di un modello *horse race* al processo che sottostà alla risposta prepotente e a quelli che sottostanno all'azione di inibizione della risposta aprono la strada verso l'analisi delle dinamiche temporali dell'inibizione (Logan, 1994). In accordo con la teoria, uno scarso controllo inibitorio può essere risultato non di un processo di risposta stranamente veloce o diversamente da un processo di inibizione molto lento. Sembra che ha scarsa capacità dimostrata da bambini con adhd nell'inibire un'azione e si sta svolgendo sia attribuibile a un processo inibitorio lento, piuttosto che ad un processo di risposta veloce (Schachar & Logan 1990; Schachar et al., 1993).

*Box 3.*

***Inibizione della risposta è una terminologia utilizzata per la descrizione di tre processi distinti:***

***1) Inibizione di una risposta immediata ad un evento***

***2) Interruzione di una risposta attuale inadatta alla contesto***

***3) Selezione e mantenimento della risposta adatta di fronte a richieste contingenti e interferenti (controllo dell'interferenza).***

#### **2.4.2 Modello dell'inibizione della risposta come deficit primario**

Uno dei più completi ed elaborati modelli dell' adhd cerca di spiegare di molteplici deficit associati con l' adhd non soltanto gli aspetti dell'inibizione della risposta(Barkley, 1994, 1996, 1997). In questo modello, non viene proposta

soltanto inibizione comportamentale come deficit primario nell'adhd, prevede anche ulteriormente utilizzato che porti a un deficit secondario in quattro abilità neuropsicologiche esecutive che dipendono strettamente dall'inibizione comportamentale della loro esecuzione positiva. Inibizione comportamentale e si riferisce a tre processi interconnessi: l'inibizione della risposta istintiva un evento; l'arresto di una risposta in corso; e la capacità di ritardare la risposta (Barkley, 1997). Le quattro funzioni esecutive sono (1) memoria di lavoro; (2) auto regolazione della motivazione; (3) il dialogo interno; (4) la ricostruzione. A loro volta, queste funzioni esecutive permettono di controllo motorio e la fluidità, garantendo un'efficace auto regolazione è un funzionamento attivo.

### **2.4.3 Modelli motivazionali dell'inibizione**

La teoria del rifiuto della risposta dilazionata, in qualche modo contrasta l'interpretazione precedente dello scarso controllo comportamentale come evidenza di un sottostante deficit cognitivo (Sonuga-Barke, 1994, 1995a, b). In base modello proposto da Sonuga-Barke non possiamo parlare di bambini con deficit in particolare processi psicologici. Piuttosto, i problemi di tori sono visti come una attitudine motivazionale. Il contrasto hanno delle precedenti, questa formulazione si basano sull'analisi dei contesti nei quali si manifestano i sintomi impulsivi. Il costrutto centrale è una specifica avversione verso il ritardo o soppressione di una risposta nel tempo. Numerosi modelli basati sui circuiti motivazioni sono stati proposti come alternativi alle teorie cognitive del DDAI. Questi modelli spostano l'attenzione dai deficit di inibizione della risposta ai processi di gratificazione, con i collegamenti tra processi neurobiologici e sintomi del DDAI mediati da deficit in questi stessi meccanismi (Sagvolden, 1999, 2006).

Considerando il modello proposto da Sagvolden e collaboratori il DDAI è il risultato dell'indebolimento neurobiologico nella potenza e nell'efficienza con cui viene segnalata la contingenza tra un'azione presente e i rinforzi successivi. Questo porta ad una riduzione del controllo esercitato da rinforzi ritardati rispetto al comportamento corrente. Questo punto di vista viene supportato da consistenti evidenze secondo cui i bambini con DDAI mostrano spesso di essere ipersensibili al ritardo del rinforzo e conseguenti difficoltà nell'attesa dei risultati importanti per il mantenimento della motivazione come ad esempio nei

casi di compiti che richiedono tempi di esecuzione piuttosto lunghi senza che vengano messe a disposizione contingenze di rinforzo in cui la difficoltà nel mantenere la concentrazione e l'attenzione diventa una manifestazione predominante (Kuntsi, Oosterlaan, Stevenson, 2001; Neef, Bocard, Endo, 2001). La difficoltà nell'attendere un rinforzo ritardato nel tempo sembra essere indipendente dall'incapacità di inibizione delle risposte associata con le disfunzioni esecutive (Solanto et al. 2001, Sonuga-Barke, Houlberg, Hall, 1994).

L'ipotesi del rifiuto del differimento, proposta inizialmente da Sonuga-Barke, Taylor, Sembi, & Smith, (1992), caratterizza il comportamento impulsivo non come la conseguenza di una relativa incapacità di inibizione della risposta, ma piuttosto si riferisce ad una reazione emotiva negativa all'imposizione di un differimento che si manifesta a livello comportamentale con il tentativo deliberato da parte del bambino di evitare il rinforzo differito, tentativo che si mescola con la tendenza del bambino a selezionare impulsivamente in un setting dove è possibile scegliere tra rinforzi immediati differiti. Questo punto di vista è stato inizialmente testato in un paradigma denominato *Choice-Delay Task* nel quale i soggetti ripetutamente sceglievano tra una ricompensa consistente, associata ad un tempo di differimento, e una ricompensa di più piccola entità non associata a ritardi nell'emissione. Nel primo studio gli autori (1992) confrontavano le prestazioni di un gruppo di bambini con diagnosi di DDAI e un gruppo di controllo in due esperimenti nei quali i partecipanti sceglievano tra una piccola ricompensa (1 punto) associata ad un ritardo di 2 secondi e una ricompensa maggiore (2 punti) ma associata ad un differimento nel rinforzo di 30 secondi. La scelta veniva effettuata attraverso 4 differenti condizioni. I bambini iperattivi non mostrarono differenze significative nelle scelte in tre condizioni su quattro ovvero quando: (a) la ricompensa non era seguita da un ritardo cosicché il rinforzo immediato portava a sessioni più brevi e ad un maggior numero di rinforzi entro la stessa sessione. (b) quando i rinforzi erano seguiti da differimenti così che entrambe le alternative venivano associate ad una medesima durata della sessione ma la ricompensa ritardata comportava un numero di punti accumulati maggiore. (c) quando non c'erano ritardi a seguito della ricompensa e entrambe le alternative avevano sessioni di tempo uguale di modo che la ricompensa immediata potesse portare ad un

maggior numero di ricompense entro la sessione. Tuttavia, nella condizione in cui il numero di prove tra cui scegliere la ricompensa era limitato (*Trials Constraint*) i bambini iperattivi mostravano un livello di scelta significativamente inferiore (18%) per la ricompensa differita rispetto ai bambini del gruppo di controllo che effettuavano la stessa scelta nel 48% dei casi. Questo pattern di risultati suggeriva che il differimento del rinforzo in generale, ma più specificamente il ritardo pre-ricompensa costituiva il fattore motivazionale che produceva le risposte impulsive. Questi risultati indicano inoltre che la scelta fra una ricompensa immediata o ritardata all'interno di un numero di prove limitato poteva fungere da differenziale tra il gruppo di bambini con DDAI e il gruppo di controllo .

Successivamente la posizione iniziale degli autori è andata incontro ad una revisione sostanziale. Mentre in una prima istanza Sonuga e coll. Sostenevano l'esclusività dei due modelli teorici, l'esistenza di un deficit di inibizione della risposta o un processo di rifiuto del rinforzo differito, evidenze di laboratorio orientate a verificare l'efficacia dei test utilizzati (Nigg, 2000; Solanto et al., 2001) mettevano in luce come entrambi i modelli potessero risultare utili nella spiegazione eziologia del DDAI.

Solanto e coll. (2001) svilupparono un esperimento in cui venivano confrontati i due modelli di spiegazione dominati e misero in evidenza le differenze nei processi sottostanti. La ricerca era orientata a verificare i ruoli giocati dagli specifici processi psicologici coinvolti dagli strumenti *Stop-Signal* (*Response Inhibition Hypothesis*) e *Choice Delay Task* (*Delay Aversion Paradigm*) nella manifestazione di specifici sintomi. Gli Autori si chiedevano a che livello il rifiuto del differimento e il deficit nell'inibizione della risposta erano implicati nei comportamenti impulsivi manifestati dai bambini con DDAI. Partecipavano alla ricerca 106 bambini di età compresa fra i 7.0 e i 9.9 anni, di cui 77 avevano una diagnosi di DDAI e non presentavano altre comorbilità, mentre i restanti 29 bambini non avevano diagnosi di DDAI e fungevano da gruppo di controllo. Tutti i 77 bambini del gruppo sperimentale venivano sottoposti inizialmente allo *Stop-Signal Task* , e di questi 45 rispondevano in una seconda sessione al *Choice Delay Task*. I risultati non indicavano associazioni

tra la scelta di una ricompensa immediata e di minore entità (*delay aversion*) nel secondo compito, e i tempi di reazione al segnale di stop nel primo compito. Risultava plausibile concludere che il deficit di inibizione e l'avversione per il rinforzo ritardato erano in qualche modo caratteristiche indipendenti e probabilmente complementari del DDAI. Inoltre, le performance dei bambini ad entrambe i compiti risultavano essere fortemente associate con il disturbo: presi insieme i dati permettevano una corretta classificazione nel 90% dei casi. Lo stesso pattern di risultati è stato messo in evidenza in un campione di bambini in età prescolare (Sonuga-Barke e coll. 2003). Da questo studio risultavano associazioni significative ed indipendenti da un lato tra il DDAI e i punteggi composti delle disfunzioni esecutive (punteggi per la memoria di lavoro, per la pianificazione, per la flessibilità cognitiva e per il controllo dell'impulsività) e da un altro lato con la sensibilità al differimento del rinforzo.

Alla luce di questi risultati si parla di modello del doppio percorso (*dual pathway model*) con il quale si riconoscono due diversi livelli di spiegazione. A livello neurobiologico rispetto alla prima componente (inibizione della risposta) il DDAI è il risultato di una disregolazione dell'azione, probabilmente dovuta ad uno scarso controllo inibitorio associato alla branca mesocorticale del sistema dopaminergico che proietta verso la corteccia prefrontale (Sonuga-Barke, 2002). Rispetto invece alla seconda componente del modello (rifiuto del rinforzo differito) il DDAI viene concepito come uno stile motivazionale strettamente collegato alla parte mesolimbica del sistema dopaminergico associato al circuito sub corticale della ricompensa (circuito che coinvolge il nucleo accumbens). Altri studi basati sull'utilizzo delle neuro immagini mettono in evidenza il coinvolgimento di determinate zone cerebrali che proiettano verso la corteccia frontale, e la terminologia frontale-subcorticale viene spesso usata in riferimento al DDAI al fine di descrivere le sottostanti anomalie cerebrali. La maggior parte di questi studi ha evidenziato la compromissione dei sistemi dopaminergici e noradrenergici, presenti in particolare nelle regioni sottocorticali frontali (Pliszka, 2005; Seidman, Valera e Makris, 2005).

#### **2.4.4 Modelli energetici dell'inibizione comportamentale**

In questa categoria rientrano i modelli cognitivi energetici dell'elaborazione dell'informazione i quali propongono che il problema fondamentale in adhd

riguarda sia l'abilità nell'inibire una risposta che è la capacità di mantenere attiva una stessa risposta. Questo modello distingue tra processi definiti in termini di operazioni elementari o eventi discreti e a breve termine, e stati, ovvero meccanismi energetici che modulano le operazioni elementari. Vengono qui proposti i tre sistemi energetici: l'arousal che allerta l'attività sensoriale, l'attivazione, che riguarda il controllo motorio, e lo sforzo che viene influenzato da fattori motivazionali come per esempio la consapevolezza, l'auto regolazione versus la regolazione esterna (Pribram & McGuinness, 1975; Sanders, 1983). Di conseguenza, i problemi osservati nei processi motori, che si manifestano tipicamente come risposte lente ed inaccurate, si suppone, riflettano un sottostante disfunzione nei meccanismi di regolazione degli stati energetici che in particolare si riferisce agli stati di sforzo e di attivazione (Sergeant, 1995, 1996; Van der Meere, 1996).

## **2.5 Evidenze sperimentali di un deficit nella percezione del passaggio del tempo**

È ancora riscontrabile nelle attuali teorie cognitive che enfatizzano il costrutto di impulsività (scarsa inibizione comportamentale), il postulato secondo il quale l'incapacità di inibire o ritardare l'emissione di una risposta comportamentale rappresenta un deficit centrale nel disturbo da deficit di attenzione e iperattività (Barkley, 1997; Schachar, Tannock, & Logan, 1993; Sonuga-Barke, 1995). Attualmente l'aspetto operativo della ricerca sull'ADHD affonda le sue basi teoriche nel modello proposto da Barkley (1997) che propone un disturbo delle funzioni esecutive. Indubbiamente sono state rilevate in soggetti con ADHD scarse prestazioni nei compiti in cui si richiede inibizione della risposta (Schachar, Logan, Tannock & Klim, 2000) set shifting, e abilità di pianificazione (Pennington & Ozonoff, 1996; Tannock, 2003). Tuttavia, questi deficit non sono esclusivamente ascrivibili e rintracciabili in soggetti con ADHD ma possono essere ritrovati anche in altre popolazioni cliniche (Pennington & Ozonoff, 1996; Sergeant, Geurts, & Oosterlaan, 2002). Gli studi di natura cognitiva sull'ADHD hanno anche riguardato gli aspetti legati alla percezione del tempo, in particolare sono stati indagati gli aspetti relativi alla percezione della lunghezza di un intervallo di tempo considerata come un consistente deficit cognitivo

nell'ADHD (Barkley, 1997; Barkley, Edwards, Laneri, Fletcher, & Metevia, 2001; Rubia e Coll., 1999; Sonuga-Barke, Saxton & Hall, 1998). L'elaborazione delle informazioni relative al tempo è una parte essenziale del nostro funzionamento giornaliero. Allo stato attuale della ricerca non è ancora stata chiaramente dimostrata l'esistenza di un sistema o ricevitore sensoriale specializzato per l'elaborazione dell'esperienza del tempo (Fraisse, 1984; Lalonde e Hannequin, 1999). L'elaborazione delle informazioni *time-related* chiaramente ha effetto su molti livelli di analisi, dalla semplice percezione di passare da un momento al seguente, ai processi cognitivi di livello più complesso, quale ad esempio la pianificazione di una sequenza motoria. La produzione o la riproduzione di intervalli di tempo richiede agli individui di produrre un dato intervallo di tempo o di riprodurre la durata di un intervallo di tempo. L'impulsività sembra portare ad una sottovalutazione del tempo, che si manifesta nella produzione o nella riproduzione di intervalli di tempo più breve. Barkley e Coll. (1997) osservavano che i bambini con ADHD erano sensibilmente meno precisi in confronto ai bambini del gruppo di controllo in compiti di riproduzione di intervalli di dodici secondi, accuratezza che diminuiva con l'incremento della durata dell'intervallo da stimare fino ad arrivare ad intervalli di sessanta secondi. Sebbene la ricerca in questo settore sia relativamente giovane, e sia in cerca di altre evidenze, pone le basi per una serie di considerazioni teoriche e scientifiche sul ruolo che la capacità di stimare/percepire il passaggio d'intervalli di tempo in maniera accurata, gioca in un disturbo così complesso e multi - sfaccettato come è l'ADHD. Il dibattito in cui la percezione del tempo sia in qualche modo danneggiata nei soggetti ADHD emerge dall'idea che la percezione del tempo rientri all'interno delle funzioni esecutive. Tuttavia i modelli cognitivi della percezione del tempo come messo in evidenza da Ivry & Fiez (2000) implicano meccanismi e coinvolgimenti di aree cerebrali differenti rispetto a quelli tipicamente riferiti alle funzioni esecutive. In particolare dal punto di vista neuropsicologico si parla di attività localizzate nei lobi frontali. Sembra invece che per ciò che riguarda la percezione del tempo ci siano forti interazioni tra i lobi frontali e alcune aree del cervelletto. Sulla base di questi presupposti assumono un'importanza cruciale sia la concettualizzazione sia la misurazione della percezione temporale, perché ne cambierebbe completamente il

significato se si considera quest'ultima abilità come una funzione esecutiva oppure se la si considera alla stregua di un meccanismo di temporizzazione interno e guidato dai processi cerebellari. L'assunzione di quest'ultimo punto di vista suggerisce che l'esistenza di un deficit nella percezione temporale nell'ADHD necessita di un'estensione dell'attuale costrutto di funzioni esecutive tramite l'inclusione di possibili deficit cerebellari o percettivi. Sviluppi recenti nell'ambito delle neuroscienze tendono a dimostrare l'esistenza di deficit relativi alla percezione del tempo in soggetti con ADHD, ad esempio, Castellanos e coll. (2001) hanno trovato che un gruppo di bambini ed adolescenti con diagnosi di ADHD avevano un minor volume del cervelletto in confronto ad un gruppo di adolescenti e bambini non diagnosticati. In questo senso, le indicazioni provenienti da alcune ricerche neuropsicologiche (Ivry, 1996; Ivry e Fiez, 2000; Ivry e Spencer, 2002) fanno pensare ad un coinvolgimento del cervelletto nella percezione del tempo. Una sempre più feconda attività di ricerca finalizzata a descrivere i substrati organici deputati a svolgere le funzioni di *internal timing*, ha messo in evidenza come le strutture cerebrali deputate all'elaborazione delle informazioni temporali siano da rintracciare prevalentemente nel cervelletto e nei gangli basali (Ivry, Hazeltine 1995; Ivry, Keele, Diener, 1988; Ivry & Spencer, 2001). Una ricerca di Sonuga-Barke (2002) fornisce un ulteriore stimolo verso la considerazione di effetti tra le dimensioni cognitive di impulsività ed elaborazione delle informazioni temporali. In due ricerche precedenti (Sonuga-Barke, Houlberg, & Hall, 1994; Sonuga-Barke, & Taylor, 1992) veniva utilizzato il test MFFT (*Matching Familiar Figure Test*, Kagan, 1965) al fine di valutare la capacità di bambini con ADHD di mantenere la concentrazione sul compito. Gli autori notavano che rispetto ai bambini assegnati al gruppo di controllo quelli con ADHD mostravano una minore capacità di utilizzare il tempo a loro disposizione sia quando questo era stato fissato dallo sperimentatore sia quando invece era lo stesso bambino a scegliere la durata del compito. Una possibile spiegazione per l'incapacità di utilizzare il tempo a propria disposizione secondo gli autori è da rintracciare in un deficit cognitivo associato all'ADHD. In effetti, il test MFFT è stato ideato come strumento di misura dell'impulsività/riflessività a livello cognitivo ed è stato spesso utilizzato per la valutazione del controllo inibitorio nella ricerca sul

ADHD. Tuttavia si tratta di un compito complesso che richiede un livello abbastanza elevato di pianificazione delle risposte, di monitoraggio e ricerca visiva strutturata. È importante riconoscere che proprio per la sua natura il MFFT rappresenta un test aspecifico nel senso che non permette di fare predizioni circa il singolo processo cognitivo che determina la sotto-utilizzazione del tempo.

## 2.6 Percezione del Tempo

Nell'ultimo trentennio ricerca nell'ambito neuropsicologico ha cercato di identificare i problemi specifici relativi alla Disturbo da Deficit Attenzione con Iperattività andando ad indicare principalmente una serie di disfunzioni esecutive mediate fondamentalmente da i lobi frontali. Tra queste disfunzioni vengono incluse l' inibizione della risposta motoria, il controllo attenzionale esecutivo e la memoria di lavoro (Barkley, 1997). È interessante notare che gli ultimi vent'anni hanno visto un tuttavia una crescita esponenziale dell'interesse verso gli aspetti legati alle dimensioni cognitive del tempo considerate come elemento descrittore fondamentale del disturbo ADHD (Stevens, Stover, & Backus, 1970; Cappella, Gentile, & Juliano, 1977; Senior, Towne, & Huessy, 1979; Barratt, 1981; Brown, 1982; Walker, 1982; Barkley, Koplowitz, Anderson, & McMurray, 1997; Sonuga-Barke, Saxton, & Hall, 1998; Rubia, Taylor, Taylor, & Sergeant, 1999b; Rubia et al., 2001). Le abilità di elaborazione del tempo includono sia la percezione del tempo sia la coordinazione motoria. La percezione del tempo è stata misurata sotto forma di stima verbale del tempo, produzione di intervalli, la riproduzione di intervalli e discriminazione tra intervalli temporali diversi. La capacità di *Motor timing* è stata misurata in base all'abilità di adattare temporalmente una risposta motoria a una stimolazione sensoriale. Detto questo supponiamo e proponiamo che la capacità di elaborare le informazioni temporali gioca un ruolo fondamentale nella definizione dei deficit osservati nel disturbo da Deficit di Attenzione con iperattività. Possiamo considerare l'impulsività e definirla come uno stile comportamentale temporalmente inadeguato e prematuro, dove le risposte vengono date troppo presto in maniera inaccurata e senza la considerazione delle conseguenze future. A loro volta le difficoltà nella stima del tempo o un senso alterato del tempo ha il potenziale di sottolineare i problemi di impulsività, come esempio

problemi con i comportamenti di attesa (Barkley, 1997), risposte ritardate (Sonuga-Barke, Taylor, Sembi, & Smith, 1992), e conseguentemente colla gratificazione dilazionata. È inoltre possibile ipotizzare che un deficit nella stima del tempo abbia un ruolo fondamentale del controllo della risposta motoria. Sia la produzione che la riproduzione di tempo richiede ai soggetti di produrre un intervallo temporale dato in unità di tempo o di riprodurre un intervallo dimostrato precedentemente. In alcuni studi, sembra che l'impulsività guidi a una sottostima del tempo, e si manifesta in produzioni più brevi o riproduzione più brevi intervalli di tempo. Barkley e coll. (1997) rilevavano dai loro studi che i bambini con disturbo dell'attenzione e iperattività erano significativamente più influenzati da una distrazione rispetto a un gruppo di controllo nella riproduzione di intervalli di sessanta secondi rispetto ad intervalli di dodici secondi. Le differenze nell'elaborazione del tempo vengono definite da Barkley come secondarie e risultanti da un deficit primario di inibizione comportamentale, che non permette uno sviluppo appropriato delle capacità di memoria di lavoro, o dell'abilità di mantenere l'informazione attiva, la quale, a sua volta, va ad interferire in maniera negativa sulla sensazione del tempo (Barkley, 1997). Tuttavia, gli autori hanno anche considerato la possibilità di un deficit primario collegato, invece, alla stima del tempo. Sonuga-Barke e i suoi colleghi rilevavano sottostima significative in compiti di produzione temporale fatti da bambini con disturbo dell'attenzione e iperattività attraverso l'uso di intervalli che andavano dai 5 ai 15 secondi. Questa sottostima secondo gli autori rappresentava l'evidenza di un orologio interno relativamente più rapido nel gruppo di bambini con le caratteristiche cliniche di cui sopra durante i periodi di attesa, questa accelerazione del supposto orologio interno porta a una avversione verso la gratificazione ritardata (Sonuga-Barke, Saxton, & Hall, 1998). Rubia e coll. (1999) hanno invece utilizzato un compito di anticipazione, in cui i soggetti dovevano prevedere la comparsa ogni sei secondi di un target anticipandone la comparsa tramite una risposta motoria. I bambini con comportamento iperattivo, commettevano molti più errori di anticipazione con una variabilità nel tempo di risposta molto più elevata rispetto al gruppo di controllo, tuttavia, rispetto alla stima del tempo non si rilevavano differenze significative tra il gruppo clinico e il gruppo di controllo. Questo risultato sarà

interpretato gli autori come un deficit a carico delle capacità di *motor timing* piuttosto che un deficit nella stima del tempo.

A questo punto bisogna considerare che mentre c'è una grande mole di dati che mette in evidenza come i bambini iperattivi dimostrano differenze nella produzione e nella riproduzione di intervalli, le risposte in questi compiti possono non essere interamente dovute a un deficit nella percezione della stima del tempo, ma possono ma anche essere confuse con altri deficit cognitivi presenti nella quadro cognitivo dell'adhd, ad esempio l'incapacità di mantenere una risposta attiva (Shachar, Tannock, e Logan, 1993) o uno stile di risposta impulsiva (Shachar, Tannock, Marriot, & Logan, 1995), la presenza verso l'avversione per la gratificazione ritardata, o anche un deficit di memoria di lavoro nel caso dei compiti di riproduzione dove l'intervallo da dover riprodurre deve essere mantenuto " on-line "(Pennington & Ozonoff, 1996).

Il compito di riproduzione utilizzato da Sonuga-Barke e collaboratori (1998) era stato progettato per incorporare un compito di controllo per il potenziale effetto del deficit dell'inibizione della risposta motoria. Il compito di controllo richiedeva ai soggetti di rispondere a uno segnale chiaramente definito che marcava la fine della Durata target, fornendo in questo modo una misura del controllo della risposta. Nel compito di riproduzione dell'intervallo target, il segnale precedentemente definito non veniva presentato. In questo modo la risposta data nella prima parte del compito forniva una misura del potenziale deficit della risposta, fungendo un quindi da controllo al fine di eliminare l'effetto di confusione dovuto al deficit inibitorio nella riproduzione temporale della seconda parte del compito. Tuttavia, secondo gli autori, le sottostima osservate nei bambini iperattivi della seconda parte del compito possono ancora subire effetti di confusione dovute alla differenza della struttura visiva esistente tra intervalli standard del compito di riproduzione, dove l'aspetto visivo meno strutturato potrebbe aver reso più semplice l'effetto di sottostima temporale. In questo modo possiamo ipotizzare che man mano che gli intervalli temporali aumentano, venga richiesto un maggior sforzo a carico della memoria di lavoro (Fraisse, 1984), la persistenza motoria, l'attenzione sostenuta sul tempo, e infine l'inibizione della distrazione (Barkley e coll., 1997), e tutte insieme

possono portare ad un incremento della discrepanza anche in gruppi di persone che non hanno segni clinici di disturbi dell'attenzione e iperattività.

Gli studi descritti finora sono stati sviluppati focalizzando l'interesse sulle abilità temporali che comprendono la stima di intervalli della durata variabile di alcuni secondi, altri studi hanno focalizzato l'attenzione sul timing e su risposta motoria. Smith, Taylor, Rogers, Newman & Rubia (2002), hanno realizzato uno studio con l'obiettivo di mettere in evidenza la centralità di un deficit della percezione del tempo in bambini con ADHD. Gli studi effettuati fino quel momento utilizzavano intervalli da produrre o riprodurre nell'ordine dai due fino a sessanta secondi, andando a mettere in evidenza che le durate temporali maggiori vengono elaborate in maniera differente rispetto le durate temporali minori elaborazioni che quindi possono essere ascrivibili a funzioni cognitive diverse.

Tabella 1. Riepilogo degli studi su ADHD e percezione del tempo

Studio	Task	Età	Diagnosi	Effetto
<b>Barkley et al. (2001a)</b>	Estimation	Adolescenti	ADHD	No
<b>Barkley, Murphy, &amp; Bush (2001b)</b>	Estimation	Adulti	ADHD	No
<b>McGee et al. (2004)</b>	Estimation	Bambini	ADHD	Si
<b>Meaux &amp; Chelonis (2003)</b>	Estimation	Bambini	ADHD	No
<b>Shaw &amp; Brown (1999)</b>	Estimation	Bambini	Nessuna	Si
<b>Baldwin et al. (2004)</b>	Production (discr.)	Bambini	ADHD	Si
<b>Capella et al. (1977)</b>	Production (discr.)	Bambini	Iperattività	Si
<b>McGee et al. (2004)</b>	Production (discr.)	Bambini	ADHD	No
<b>Sonuga-Barke et al., (1998)</b>	Production (discr.)	Bambini	Iperattività	No
<b>Pitcher et al., (2002)</b>	Production (seq.)	Bambini	Iperattività	Si
<b>Rubia et al. (2003)</b>	Production (seq.)	Bambini	ADHD	Si
<b>Rubia et al. (1999)</b>	Production (seq.)	Bambini	Iperattività	Si
<b>Tiffin-Richards et al. (2004)</b>	Production (seq.)	Bambini	ADHD	No
<b>Barkley et al. (2001)</b>	Reproduction	Adolescenti	ADHD	Si
<b>Barkley et al. (1997)</b>	Reproduction	Bambini	ADHD	Si
<b>Barkley, Murphy, &amp; Bush (2001)</b>	Reproduction	Adulti	ADHD	Si
<b>Kerns et al. (2001)</b>	Reproduction	Bambini	ADHD	Si
<b>McInerney &amp; Kerns (2003)</b>	Reproduction	Bambini	ADHD	Si
<b>Meaux &amp; Chelonis (2003)</b>	Reproduction	Bambini	ADHD	Si
<b>Seri et al. (2002)</b>	Reproduction	Adulti	Nessuna	Si
<b>Toplak et al. (2003)</b>	Reproduction	Bambini	ADHD	Si
<b>Kerns &amp; Price (2001)</b>	Prospective Mem.	Bambini	ADHD	Si
<b>Barkley et al. (2001)</b>	Temporal Discount	Adolescenti	ADHD	Si
<b>Radonovich &amp; Mostofsky (2004)</b>	Duration Discrim.	Bambini	ADHD	Si
<b>Rubia et al. (2003)</b>	Duration Discrim.	Bambini	ADHD	Si
<b>Rubia et al. (1999)</b>	Duration Discrim.	Bambini	Iperattività	No
<b>Smith et al. (2002)</b>	Duration Discrim.	Bambini	ADHD	Si
<b>Toplak et al. (2003)</b>	Duration Discrim.	Bambini.	ADHD	Si
<b>Breier et al. (2003)</b>	Forced Choice	Bambini	ADHD	Si
<b>Brown &amp; Vickers (2004)</b>	Simultaneity	Adulti	ADHD	No

Questo punto di vista è anche supportato da evidenze psicofisiologiche che suggeriscono che la soglia della durata che può essere definita come presente psicologico, cioè come quella mente può essere percepito un'unità, e quindi non è influenzato dal numero di lavoro sta tra uno e tre secondi (Mates, Mueller, Radil, e Poppel, 1994; Poppel, 1997). L'obiettivo, dello studio di Smith e collaboratori era quello di investigare la percezione del tempo in un campione di bambini con adhd attraverso l'utilizzo di un compito di discriminazione temporale che determinasse la soglia critica oltre la quale gli intervalli che differivano di alcuni millisecondi potevano essere percepiti come differenti. Erano utilizzati a tal fine stimoli visivi presentati su uno schermo per la durata di 1000 msec oppure 1300msec. Inoltre, gli autori volevano comparare queste misure della discriminazione di tempo con le misure del tempo di durate superiori nell'ordine dei secondi. Al fine di determinare l'abilità della stima di tempo di intervalli maggiori sono stati utilizzati in un compito di stima verbale del tempo di 10 sec. e due compiti di riproduzione da cinque e da dodici secondi. Se le differenze nella stima del tempo possono essere spiegate da altri aspetti relativi a una distinzione al livello esecutivo o attenzionale nel caso dell'adhd che non sembra essere legato al deficit nella stima del tempo, come per esempio l'avversione per la gratificazione ritardata, uno stile di risposta impulsiva, allora gli autori ipotizzavano che doveva esserci un incremento del deficit sul compito di riproduzione di dodici secondi rispetto al compito di riproduzione di cinque secondi soprattutto per i bambini con adhd. Al variare dell'intervallo non dovrebbe subire influenze in due elementi di confusione della risposta relativi al Disturbo disattenzione iperattività, dal momento che questo compito non richiede lo stesso tipo di funzioni esecutive richiesto un compito di produzione o di riproduzione. Tuttavia, deficit dell'attenzione sostenuta possono avere sete interferenza con la componente puramente temporale della stima del tempo. A causa della brevità del compito di discriminazione di intervalli, le interferenze di altre funzioni neuropsicologiche come per esempio la memoria di lavoro, l'attenzione sostenuta, il controllo inibitorio dovrebbero essere ridotte al minimo. In effetti non ci sono studi antecedenti e quello di Smith e collaboratori

e in cui veniva studiata la percezione in un range di tempo così breve. Per cui gli autori suppongono che se i bambini con ADHD hanno difficoltà della discriminazione del tempo nell'ambito dei millisecondi, allora il deficit che viene verificato può essere considerato un deficit nella stima del tempo puro, che non è possibile confondere con altre o non può subire interferenze da altre disfunzioni esecutive o attentive. I risultati della ricerca hanno messo in evidenza delle differenze tra i gruppi rispetto alla sensibilità nella distinzione tra intervalli temporali con la variabilità tra i 1000 e 1300 millisecondi. In particolare il gruppo clinico dimostrava una soglia di discriminazione temporale significativamente maggior rispetto il gruppo di controllo, differenziandosi approssimativamente 50 millisecondi. Non sono state trovate differenze significative invece per quanto riguardava la stima verbale dei 10 sec. e il compito di riproduzione di cinque secondi. Risultava invece significativo l'effetto del gruppo rispetto alla riproduzione di dodici secondi. In generale lo studio discusso fornisce evidenza rispetto al fatto che bambini con disturbo dell'attenzione e iperattività non hanno deficit nella stima verbale dei 10 secondi o nella riproduzione di intervalli di cinque secondi se comparati con i controlli. Il gruppo clinico risultava deficitario nella riproduzione di dodici secondi, ma soltanto a un livello di tendenza, quindi questo può essere considerato anche come un effetto allegato ad altre funzioni esecutive come possono essere la motivazione o alla memoria di lavoro. Tuttavia, il risultato principale della ricerca in questione riguarda un deficit e il gruppo clinico rispetto all'abilità di discriminare tra i brevi intervalli di tempo che differiscono tra di loro solamente nell'ordine di centinaia di millisecondi.



# La ricerca

---

## 1. Introduzione

Il disturbo da deficit di attenzione/iperattività è uno dei più comuni disturbi dello sviluppo neuropsicologico del bambino e dell'adolescente, caratterizzato da difficoltà di attenzione e concentrazione, di controllo degli impulsi, del livello di attività e di regolazione del proprio comportamento in funzione del trascorrere del tempo, degli obiettivi da raggiungere e delle richieste dell'ambiente. Secondo i rapporti dell'Istituto Superiore di Sanità, tra il 1982 e il 1996 sono stati condotti dieci studi che, basandosi sui criteri diagnostici del DSM-III, hanno valutato la prevalenza di ADHD. Secondo gli studi, si hanno valori di prevalenza che oscillano tra il 4% e il 12%. Una revisione sistematica di questi studi, ad opera di Green, Wong, Atkins (1999), utilizzando il modello degli effetti random per i pool di dati altamente eterogenei, stima una prevalenza del 6,8% (95% C.I. 5-9%) con i criteri del DSM-III e del 10,3% (95% C.I. 7.7-13.4%) utilizzando i criteri del DSM-III-R. Esiste un solo studio di prevalenza basato sui criteri del DSM-IV che stima un valore di ADHD del 6.8%. La prevalenza tra i maschi è tre volte più alta che nelle femmine: 9.2% (95% C.I. 5.8-13.6%) vs 3% (95% C.I. 1.9-4.5%).

La ricerca in neuropsicologia che durante gli ultimi trenta anni ha rivolto i suoi interessi verso lo studio dei deficit specifici connessi con il Disturbo da Deficit di Attenzione con Iperattività (ADHD), ha trovato soprattutto disfunzioni esecutive a carico del lobo frontale, compresi deficit nell'inibizione della risposta motoria, nel controllo di attenzione esecutivo e nella memoria di lavoro (Barkley, 1997). Molti studi negli anni '80 e alcuni studi più recenti hanno studiato le abilità connesse con la dimensione temporale del comportamento in soggetti con ADHD (Brown, 1982; Walker, 1982; Barkley, Koplowitz, Anderson, & McMurray, 1997; Sonuga-Barke, Saxton, & Hall, 1998; Rubia, Taylor, Taylor, & Sergeant, 1999; Rubia e coll., 2001 b). Le abilità d'elaborazione temporale includono la percezione del tempo e la sincronizzazione motoria. La percezione del tempo è stata misurata sotto forma di valutazione verbale del tempo, di produzione temporale, di riproduzione di intervalli di tempo e di distinzione tra intervalli di tempo di durata differente. La sincronizzazione motoria è stata misurata come

la capacità di adattare temporaneamente una risposta motoria ad uno stimolo sensitivo. L'abilità d'elaborazione temporale può svolgere un ruolo importante nei deficit osservati nell'ADHD. L'impulsività può così essere definita come uno stile comportamentale temporalmente inadeguato, in cui le risposte sono emesse in maniera desincronizzata e senza la considerazione delle conseguenze future. I deficit nella valutazione del tempo o un senso alterato di tempo potrebbero essere alla base di parecchi problemi di impulsività, ad esempio problemi nei comportamenti di attesa (Barkley, 1997), nelle risposte ritardate (Sonuga-Barke, Taylor, Sembi, & Smith, 1992) e nella gratificazione ritardata (Gorenstein & Newman, 1980; Douglas & Parry, 1983).

Un'area di funzionamento cognitivo deficitario associato con l'ADHD è il senso del tempo. Le prime ricerche (Fraisse, 1963; Gerbing, Ahadi, & Patton, 1987; Montare, 1977; Pavlov, 1927) fornivano indicazioni rispetto all'associazione tra l'inibizione delle risposte e la capacità di stimare il passaggio del tempo, in particolare rispetto ad un compito di riproduzione di intervalli, mettendo in evidenza una tendenza alla sottostima degli intervalli nei soggetti in cui era riscontrata una minore capacità di inibizione delle risposte. Per spiegare questa relazione ci sono diverse possibilità: secondo Zakay (1992, 1993, 1998, 2006) un fattore decisivo è rappresentato dalla quantità di attenzione allocata al passaggio del tempo piuttosto che al compito sia nei bambini sia negli adulti. In questo modo il senso del tempo è visto come una diretta conseguenza dei processi attentivi, inoltre, secondo questa prospettiva, data la capacità limitata sia dei sistemi attentivi sia dei sistemi di memoria di lavoro, più un individuo è attento all'elaborazione di informazioni non legate al passaggio del tempo meno sarà capace di stimare con efficacia il tempo che trascorre effetto che si manifesta in una sottostima dell'intervallo. Al contrario, maggiori sono le risorse attentive allocate all'elaborazione del passaggio del tempo, maggiori sono le probabilità che la stima dell'intervallo risulti accurata. Tuttavia, se si presentano richieste di tipo non temporale che sottraggono attenzione al passaggio del tempo allora si nota come risulti nuovamente imprecisa la stima del tempo trascorso (Zakay, 1992). Questa base di studi sia empirici sia teorici permettono di ipotizzare che soggetti definibili come impulsivi specificamente soggetti con ADHD, date le difficoltà relative alla distraibilità e

all'attenzione, dovrebbero mostrare maggiori difficoltà nel senso del tempo rispetto a soggetti non clinici.

L'abilità di stimare brevi intervalli di tempo gioca un ruolo importante la nostra vita quotidiana. Stimare il tempo è importante nelle situazioni in cui noi produciamo un'azione e ci aspettiamo una risposta, per esempio, quando clicchiamo su un link in un sito Web o pure quando dobbiamo decidere se fermarci a un semaforo giallo. La stima del tempo ha influenza anche nelle situazioni che definiamo *multitasking*, nelle quali abbiamo necessità di cambiare compiti e di cambiarli in base a degli specifici intervalli, per esempio, quando utilizziamo un telefono cellulare mentre guidiamo l'automobile (Kusheleyeva, Salvucci & Lee, 2005). E questo tipo di stima del tempo nella vita quotidiana avviene spesso in maniera implicita, automatizzata, è strettamente connesso con altri aspetti della cognizione come per esempio la percezione, l'apprendimento, e i processi decisionali. Tutti questi esempi fanno riferimento a ciò che in letteratura viene chiamata *prospective time estimation*, perché già all'inizio dell'intervallo si sa che bisognerà effettuare una stima. Questo in modo di considerare la stima degli intervalli può essere considerato in contrasto con la stima retrospettiva, situazione in cui una persona stima la durata dopo che l'intervallo di tempo è trascorso. La natura implicita della stima prospettica degli intervalli, rilevata attraverso e paradigmi sperimentali, prevede che l'elaborazione delle informazioni temporali acquisisca un livello secondario rispetto al compito che viene effettivamente eseguito. Per esempio, Grosjean, Rosenbaum, & Elsinger (2001) rilevavano che i partecipanti ad un esperimento strutturato su un compito *Choice Reaction Time* adattavano l'intervallo tra gli stimoli senza esserne consapevoli. L'aspetto implicito della stima prospettica del tempo ha un posto privilegiato di fronte a molte altre forme di ragionamento sul tempo che coinvolgono il ragionamento esplicito e il problem solving (una rassegna molto interessante è stata fatta da Michon e Jackson nel 1985). Quindi nella stima retrospettiva del tempo, un processo esplicito di ragionamento può essere usato per coinvolgere il ricordo dell'evento che è avvenuto tra l'inizio e la fine di uno stesso intervallo (Zakay e Block, 2004). Probabilmente il modo migliore e più economico per spiegare la stima prospettica del tempo consiste nel considerare questo processo come una

parte del settore cognitivo umano così come accade per esempio rispetto alla percezione visiva: i processi di base della stima prospettica del tempo li consideriamo quindi forniti da un modulo temporale separato e più complesso, mentre le forme esplicite della stima temporale possono essere spiegate da un più generale livello strategico cognitivo costruito su questa capacità di base. Questo in generale è il punto di vista che dagli anni 60 si è sviluppato rispetto alla capacità di stimare il passaggio del tempo, sia in senso prospettico che in senso retrospettivo, attraverso tutti i diversi paradigmi che sono stati utilizzati. Ciò risulta evidente dall'analisi della struttura dei diversi modelli che negli anni sono stati proposti per la spiegazione dei meccanismi che l'essere umano ha a disposizione per mettersi in relazione con il passaggio del tempo, con la sua durata, e adattare le risposte. Come fanno notare Taatgen, Van Rijn e Anderson (2007) a supporto di questo tipo di concettualizzazione, la stima del tempo è generalmente soltanto una componente dei compiti complessi che ci accompagnano nella nostra vita quotidiana e che a livello sperimentale viene generalmente studiata in isolamento. Zakay (1990) identificava 4 paradigmi per lo studio della stima del tempo: (a) stima verbale: a seguito dell'esposizione a un intervallo di tempo, i partecipanti riportano quanto tempo è durato l'intervallo; (b) produzione di intervalli: in questo compito bisogna produrre un intervallo di una certa durata, per esempio, un minuto; (c) riproduzione di intervalli: si percepisce un intervallo di una certa durata e quindi viene riprodotto; e infine (d) confronto tra intervalli: bisogna in questo caso comparare due intervalli e stabilire qual' è il più lungo. In questi paradigmi la stima del tempo è il focus esplicito del task. È quindi possibile che, così come accade nell'ambito degli studi sulla memoria basati sull'utilizzo dei paradigmi di ricordo esplicito, non necessariamente ciò coincide con l'utilizzo che quotidianamente una persona fa della propria memoria. Come esempio di un compito ideale di esecuzione implicita nella stima temporale, consideriamo ad esempio il mandare un messaggio di testo da un telefono mobile. Al fine di eseguire questo compito con una tastiera numerica, ad un unico tasto corrispondono più lettere. Per esempio, le lettere d, e, f, sono tutte posizionate nel tasto 3. Per scrivere la lettera E, bisogna schiacciare il tasto 3 due volte. Al fine di inserire due lettere consecutive che stanno sullo stesso tasto bisogna schiacciare una volta, poi

fare una pausa e schiacciarlo ancora una seconda volta. Un aspetto importante in questo compito è l'apprendimento: anche se il manuale del telefono suggerisce che l'intervallo tra una pressione e l'altra deve essere di un secondo, l'apprendimento dell'intervallo esatto è parzialmente caratterizzato da tentativi ed errori. Soltanto dopo un certo livello di pratica impariamo a utilizzare adeguatamente questa caratteristica, tanto che diventa un apprendimento automatico. Un esperimento che ha studiato le capacità di percezione del tempo con un compito secondario è stato riportato da Zakay (1989, studio 3). In questo esperimento lo sperimentatore istruisce i partecipanti a focalizzare sia l'aspetto temporale del compito sia la lettura delle parole associate. Questa manipolazione dimostrò che l'enfasi sul processo temporale influenza l'accuratezza del compito. Tuttavia i due compiti descritti da Zakay erano chiaramente separati e distinguibili, caratteristica questa che metteva in evidenza come, a seconda della natura del compito, i partecipanti decidevano di prestare maggior attenzione ad una delle due caratteristiche. Nel caso in cui la maggior parte delle risorse attentive era allocata sul passaggio del tempo, diminuiva la correttezza della lettura, mentre all'aumentare di quest'ultima peggiorava l'accuratezza del tempo stimato. I processi di elaborazione delle informazioni temporali chiaramente non possono essere fatti risalire ad un'unica struttura cerebrale ma investono diverse aree del nostro cervello. Allo stesso modo sono diverse le modalità di riferirsi al processo di elaborazione delle informazioni temporali, ad esempio possiamo parlare semplicemente della percezione del tempo che passa da un momento a un successivo, oppure possiamo parlare di livelli cognitivi superiori come per esempio la pianificazione dell'azione. L'idea di un deficit nell'elaborazione delle informazioni temporali nell'ADHD trova riscontro negli attuali modelli di spiegazione, compresi: i modelli dell'inibizione comportamentale o del controllo inibitorio (Barkley, 1997a,b; Rubia et al., 2001; Schachar et al., 2000), i modelli del doppio percorso (Sonuga-Barke, 2002, 2003), e i modelli del deficit dell'output motorio o del *motor timing* (Rubia et al., 1999a,b; Sergeant and Van der Meere, 1994, 2000). Ognuno di questi modelli teorici, tuttavia, fornisce una spiegazione diversa rispetto al deficit. Molti modelli dell'ADHD concettualizzano lo stesso come un disordine delle funzioni esecutive, o una sindrome dei lobi frontali. Il

modello maggiormente conosciuto e utilizzato dell'inibizione della risposta stabilisce che, una scarsa inibizione insieme con una scarsa resistenza all'interferenza va ad avere effetti negativi sulle capacità di memoria di lavoro, la quale conseguentemente influisce negativamente sull'elaborazione delle informazioni temporali (Barkley et al., 2001b). Invece, secondo il modello dell'avversione per la gratificazione ritardata, il deficit primario nei soggetti con ADHD consiste nel preferire una ricompensa immediata rispetto a una ricompensa ritardata nel tempo anche se di entità maggiore (Sonuga-Barke et al., 1992a,b). Sonuga-Barke et al. (1998) utilizzavano questo modello per spiegare la tendenza espressa dai bambini con ADHD ad effettuare delle sottostime degli intervalli di tempo nei compiti di anticipazione. Altri sperimentatori che hanno riscontrato differenze tra gruppi clinici e gruppi di controllo sui compiti di riproduzione per durate intorno ai dodici secondi, hanno trovato che i bambini con ADHD compivano un numero di sottostime significativamente maggiori rispetto alle sovrastime. Questa tendenza è stata utilizzata come supporto per il modello dell'avversione per la gratificazione ritardata (Smith et al., 2002). I modelli energetici anche noti come modelli della disfunzione dei processi di regolazione/controllo (Douglas, 1999; Sergeant, 2005), suggeriscono che la variabilità delle performance osservate in gruppi clinici di bambini sia in ultima analisi parzialmente dovuta a una scarsa allocazione di risorse energetiche. Quindi, i bambini con ADHD, per qualche motivo sconosciuto, sono incapaci di mantenere livelli di attivazione e arousal ottimali. Questa è una teoria utilizzata per spiegare sia le tendenze di persone con ADHD a dare risposte più lente e maggiormente variabili (Leth-Steensen et al., 2000), sia l'impatto della motivazione e delle contingenze sulla performance (Sergeant, 2005). L'ipotesi delle difficoltà nell'output motorio è stato utilizzato al fine di spiegare le scarse performance osservate in compiti che misurano la capacità di elaborare le informazioni temporali legate all'esecuzione di un esercizio motorio (Rubia et al., 1999b). Tuttavia Toplak e collaboratori (2006) mettono in evidenza che le differenze osservate tra soggetti clinici e soggetti di controllo sulle misure dell'elaborazione temporale, specialmente nei compiti di discriminazione della durata, non sono probabilmente dovute semplicemente all'organizzazione dell'automotore. Ciò che risulta particolarmente interessante da

questa breve analisi dei vari modelli di spiegazione e dei deficit osservati nelle popolazioni di bambini con ADHD sembra essere la presenza costante della dimensione legata al tempo, intesa sia come stima prospettica, sia come senso del tempo, intendendo con questa definizione una categoria di spiegazione molto più vasta in cui far rientrare i diversi elementi della percezione dell'elaborazione delle informazioni temporali discussi finora.

### 3.2 Scopo della Ricerca

La ricerca in questione nasce con lo scopo di fornire nuove evidenze sperimentali a sostegno della stretta relazione che esiste tra inibizione della risposta ed elaborazione delle informazioni temporali. In particolare si è cercato di dimostrare l'esistenza, in un gruppo di bambini con ADHD, di un deficit nella capacità di elaborare informazioni *time-related*, oltre che mettere in ulteriore evidenza una maggiore difficoltà nell'inibizione di una risposta impulsiva rispetto ad un gruppo di controllo composto da bambini che non presentavano caratteristiche cliniche.

Mentre la maggior parte degli studi rivolti alla dimostrazione dell'inibizione della risposta hanno utilizzato procedure sperimentali basate sulla logica dei compiti di tipo SSRT (*Stop Signal Reaction Time*) il cui razionale teorico trova fondamento nel modello "*horse-race*", proposto da Cowan nel 1984, la ricerca che si vuole qui proporre rappresenta una scelta alternativa: è stato scelto di utilizzare una procedura basata sulla logica dei compiti Go/No-go data la semplicità implicita nella natura del compito relativa sia agli aspetti legati alla comprensione delle indicazioni sia agli aspetti relativi all'esecuzione. Inoltre, l'efficacia del compito GO/No-Go nel misurare l'impulsività è stata più volte misurata ed evidenziata anche tramite l'uso della risonanza magnetica funzionale (per una descrizione esaustiva vedere Mostofsky e coll., 2003). Tradizionalmente il disegno sperimentale è composto da due stimoli: uno stimolo GO, e uno stimolo No-Go. Ai partecipanti viene chiesto generalmente di rispondere attraverso la pressione di un tasto nel momento in cui viene presentato uno stimolo GO mentre, viene chiesto loro di non schiacciare il pulsante nel momento in cui viene presentato lo stimolo NO-GO. Le difficoltà comportamentali caratteristiche dell'ADHD sono ormai ben note, mentre non c'è

ancora un vasto consenso rispetto alla natura sottostante e alle parti neurologiche di questo disturbo. Barkley (1997) suggeriva che le difficoltà riscontrate nei bambini con ADHD probabilmente dipendevano da disturbi al livello di funzioni esecutive causate da scarsa inibizione comportamentale. L'inibizione comportamentale si riferisce all'abilità di sopprimere attivamente o interrompere una risposta attivata, e negli ultimi anni il suo sviluppo è stato collegato allo sviluppo di un network delle aree cerebrali fronto-striatali (Casey et al.,2005). Dal momento che le aree frontali non sono completamente sviluppate nell'età preadolescenziale, i bambini spesso hanno delle prestazioni peggiori nei compiti che misurano le funzioni esecutive, e in confronto agli adulti utilizzano regioni prefrontali più vaste e diffuse durante i compiti che richiedono controllo cognitivo (Casey et al.,2005). Successivamente alla teoria di Barkley (1997), la maggior parte della ricerca è stata orientata all'analisi dello sviluppo delle funzioni esecutive come ad esempio la capacità di resistere all'interferenza, la preparazione e l'inibizione della risposta. Un compito che è spesso utilizzato per valutare i diversi processi esecutivi danneggiati nell'ADHD è il compito Go/No-go, nel quale i soggetti devono rispondere a uno stimolo (GO) e devono inibire la risposta agli stimoli No-go. Jonkman (2006) faceva notare che i bambini di età compresa fra i 6 e i 7 anni commettevano un maggior numero di errori, avevano una più alta variabilità nei tempi di reazione e facevano un maggior numero di errori di commissione rispetto ai bambini fra i nove e i dieci anni e rispetto ad un gruppo di adulti di età compresa fra i 20 e i 22 anni. Inoltre se confrontati con quelli degli adulti, i tempi di risposta erano più lenti. Anche Booth e coll. (2003) tramite l'utilizzo di un compito Go/No-go rilevavano che i tempi di risposta erano maggiori in un gruppo di bambini, in più, commettevano un numero maggiore di errori di commissione se comparati con un gruppo di adulti. Banaschewski e coll. (2003) riscontravano pattern di risposta simili in bambini di età compresa fra gli 8 e i 14 anni, così come Yong-Liang e coll., (2000) e Durston e coll. (2003) riscontravano che un gruppo di bambini commetteva un numero maggiore di errori di commissione rispetto ad un gruppo di controllo non clinico. Questi dati lasciano supporre un deficit nell'inibizione della risposta.

La capacità di inibizione della risposta corrisponde all'abilità di sopprimere la risposta quando viene presentato uno stimolo NO-GO. Generalmente si utilizza un rapporto di presentazione a favore degli stimoli del GO così da rendere predominante l'esecuzione della risposta associata ad essi associata. Risultati derivanti dagli studi condotti con la risonanza magnetica funzionale mettono in evidenza localizzazioni differenziate nella corteccia dovuti all'attivazione associata all'inibizione. Probabilmente queste differenze sono dovute al tipo di compito utilizzato. Ad esempio alcuni studi hanno utilizzato compiti basati sull'architettura tradizionale e quindi con due stimoli (Liddle, Kiehl, & Smith, 2001; Watanabe et al., 2002) altri studi invece hanno utilizzato disegni sperimentali che prevedevano l'utilizzo di procedure più complesse in cui gli stimoli GO erano più di uno (Fasbender et al., 2004; Wager et al., 2005). In questi studi in cui aumentavano le associazioni da monitorare venivano quindi chieste maggiori capacità di aggiornamento delle strategie. Ad ogni modo in entrambe le situazioni i disegni più complessi aumentavano le richieste di attivazione della memoria di lavoro a breve termine.

Per raggiungere gli obiettivi che ci siamo posti abbiamo pensato di sviluppare la sperimentazione secondo un protocollo che prevedeva due fasi. Una prima fase in cui, a seguito di segnalazioni da parte degli specialisti che lavorano presso l'unità operativa di psicologia clinica dell'infanzia e dell'adolescenza dell'Azienda Sanitaria Locale del distretto di Parma, venivano valutate la presenza dei sintomi dell'ADHD tramite l'utilizzo delle scale Conners (adattamento italiano a cura di Nobile, Alberti, & Zuddas, 2007) per insegnanti e genitori, e le funzioni esecutive tramite l'utilizzo del test WCST (Wisconsin Card Sorting Test, Hardoy, Carta, Hardoy, & Cabras 2000). Nella seconda fase erano riconvocati i bambini che avevano ottenuti punteggi clinicamente significativi e si procedeva con la valutazione della capacità di inibizione della risposta e delle abilità *time-related*. Per comodità di analisi e discussione tratteremo i diversi esperimenti come studi separati al fine di rendere quanto più chiaro possibile l'apporto di ciascun compito utilizzato nella spiegazione dei vari fenomeni che descriveremo.

### 3.3 Ipotesi

Sulla base delle evidenze riportate si ipotizza che:

1. Soggetti con caratteristiche cliniche dell'ADHD, se impegnati in compiti GO/no-go tendono a fornire risposte mediamente più lente (Tempi di Reazione) e a commettere un maggior numero di errori di commissione (Error Rate) rispetto ad un gruppo di soggetti di controllo senza ADHD.
2. Si prevede che in un successivo compito di produzione di intervalli di tempo, i partecipanti del gruppo clinico rispetto al gruppo di controllo, presenteranno una sottostima più marcata ed una maggior variabilità nella produzione di intervalli temporali
3. i partecipanti del gruppo clinico rispetto al gruppo di controllo, presenteranno una sottostima più marcata ed una maggior variabilità nella riproduzione di intervalli temporali

### 3.4 Fasi della sperimentazione

Come anticipato poco sopra la presente ricerca è stata sviluppata seguendo due fasi che andremo a descrivere nel dettaglio in questo paragrafo.

La prima fase della presente ricerca aveva l'obiettivo di rintracciare all'interno della popolazione in carico presso il servizio di Neuropsichiatria Infantile dell'Azienda Sanitaria Locale Distretto di Parma (ASL), i bambini che avevano già ricevuto una diagnosi di Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività, oppure i bambini in carico al servizio rispetto ai quali i Professionisti dell'ASL ritenevano utile verificare la presenza del disturbo. Il lavoro di selezione veniva in questo modo sviluppato in parallelo da due unità distinte, in accordo con gli *"indirizzi clinico-organizzativi per la diagnosi e il trattamento del Disturbo da Deficit Attentivo con Iperattività (DDAI/ADHD) in età evolutiva"* emanati dalla Regione Emilia Romagna. Per quanto riguarda il presente lavoro, ci siamo occupati solamente di effettuare la valutazione delle funzioni esecutive tramite la versione italiana del WCST e la presenza dei sintomi ascrivibili all'ADHD tramite l'utilizzo della versione italiana delle scale Conners per genitori ed insegnanti.

La seconda fase prevedeva che i partecipanti che avessero ottenuto nella prima fase valutazioni dai genitori e dagli insegnanti al di sopra della soglia di significatività clinica stabilita per la scale Conners (tab.3.2), e un punteggio al WCST indicativo di una probabile compromissione (Tab. 3.3), fossero riconvocati presso la sede dell'unità Operativa Semplice di Psicologia Clinica dell'Infanzia e dell'Adolescenza dell'AUSL. Durante questo secondo incontro i bambini erano invitati ad eseguire una serie di test, la cui somministrazione avveniva tramite l'utilizzo di un computer. In particolare i test che venivano proposti possono essere sinteticamente definiti come un test per la valutazione dell'inibizione della risposta, ovvero un compito Go/No-go, un task di produzione di intervalli e un task di riproduzione.

### 3.5 Materiali

L'implementazione della ricerca è avvenuta mediante l'utilizzo delle forme estese delle *Conners' Rating Scales-Revised* nelle due versioni per insegnanti e genitori (*CPRS-R*; *CTRS-R*) adattate in italiano da Nobile e coll. (2007), e l'utilizzo della versione italiana del *Wisconsin Card Sorting Test (WCST)* a cura di Hardoy e coll. (2000). Gli altri materiali utilizzati erano: un compito di discriminazione Go/No-go con l'aggiunta di un terzo stimolo secondo quanto indicato da Simmonds, Pekar, & Mostofsky (2003) e Schulz, Fan, Magidina, Marks, Hahn, & Halperin (2006), un compito di *interval production* in cui l'inizio dell'intervallo era generato dal partecipante (*Self-paced*), un compito di *interval production* in cui l'inizio dell'intervallo era generato dal computer (*Computer-Paced*) e infine un compito di *interval reproduction*, anche questo in due versioni una con filmato visivamente strutturato e una con filmato non chiaramente strutturato.

#### 3.5.1 *Conners' rating Scales-Revised*

La prima pubblicazione del manuale delle scale Conners risale al 1989, sebbene la costruzione delle stesse sia avvenuta durante gli anni settanta. Attualmente rappresentano uno degli strumenti di valutazione dell'ADHD maggiormente utilizzati a livello mondiale nell'ambito della psicopatologia dello sviluppo. L'autore della ricerca ha scelto di utilizzare la versione ristandardizzata delle scale Conners per una serie di motivi che andremo ad

elencare. Come sottolineano Nobile e coll. (2007) “*le CRS-R rappresentano una summa di conoscenze teoriche, esperienza clinica ed accuratezza empirica che le rendono uno strumento all’avanguardia*”.

**Tabella 2. Sottoscale presenti nelle tre versioni del questionario (adattato da Nobile e coll. 2007)**

SOTTOSCALA	VERSIONE PER GENITORI	VERSIONE PER INSEGNANTI	VERSIONE PER ADOLESCENTI
<b>A</b>	Oppositività	Oppositività	Problemi familiari
<b>B</b>	Probl. Cogn./disattenzione	Probl. Cogn./disattenzione	Problemi emotivi
<b>C</b>	Iperattività	Iperattività	Problemi di condotta
<b>D</b>	Ansia-Timidezza	Ansia-Timidezza	Prob./cogn. Disattenzione
<b>E</b>	Perfezionismo	Perfezionismo	Problemi di Autocontrollo
<b>F</b>	Problemi sociali	Problemi sociali	Iperattività
<b>G</b>	Problemi psicosomatici		Indice ADHD
<b>H</b>	Indice ADHD	Indice ADHD	DSM-IV: Disattenzione
<b>I</b>	Irreq.-Impulsività	Irreq.-Impulsività	DSM-IV: Iperattività- Impulsività
<b>J</b>	Instabilità emotiva	Instabilità emotiva	DSM-IV: Totale
<b>K</b>	CGI:totale	CGI:totale	
<b>L</b>	DSM-IV: Disattenzione	DSM-IV: Disattenzione	
<b>M</b>	DSM-IV: Iperatt.- impulsività	DSM-IV:Iperatt.- Impulsività	
<b>N</b>	DSM-IV: Totale	DSM-IV: Totale	

Da un punto di vista strutturale esse presentano livelli di attendibilità e validità molto elevati e confermati nel tempo, presentano una relativa facilità di somministrazione, scoring ed elaborazione del profilo, possono essere utilizzate come strumento di valutazione di un percorso terapeutico e sono state costruite sulla base di un vasto campione normativo. Sono inoltre costituite da quattordici sottoscale che consentono l'individuazione sia di fasce di rischio clinico per l'ADHD sia di eventuali aree problematiche del funzionamento generale dell'individuo che possono essere lette come comorbidità. In accordo con le indicazioni contenute nel DSM-IV, danno la possibilità di valutare il

comportamento problema in contesti di vita differenti, ad esempio a casa (versione per i genitori) e a scuola (versione per gli insegnanti) e, inoltre, esiste una versione di autovalutazione per bambini di età pari o superiore ai 12 anni.

Tabella 3 fasce di punteggi utili per l'interpretazione dei profili (adattato da Nobile e coll., 2007)

Punti t	Percentili	Linee Guida
> 70	> 98	Decisamente atipico (problema significativo)
66-70	95-98	Moderatamente Atipico (Problema significativo)
61-65	86-94	Leggermente atipico (possibile problema significativo)
56-60	74-85	Appena leggermente atipico (borderline)
45-55	27-73	Medio: punteggio tipico (quadro non problematico)
40-44	16-26	Quadro non problematico
35-39	6-15	Quadro non problematico
30-34	2-5	Quadro non problematico
< 30	< 2	Quadro non problematico

### 3.5.2 *Wisconsin Card Sorting test*

Il *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST) è stato introdotto come uno strumento di valutazione delle capacità di *problem solving* e presa di decisione nel 1948 (Berg, 1948; Grant & Berg, 1948). Attualmente il WCST è utilizzato come strumento di misura delle funzioni esecutive e inoltre viene spesso utilizzato come strumento di misura sia per la valutazione della capacità di generare ipotesi sia per l'abilità di cambiare un set di risposta (Goldstein & Green, 1995). Il test è comunemente utilizzato sia a scopi clinico diagnostici sia a scopi di ricerca. Attualmente, a partire dal 1981, sono circa 115 gli articoli che riportano l'utilizzo del *Wisconsin Card Sorting Test* come misura primaria. Inoltre il settantacinque per cento dei neuropsicologi riportano l'utilizzo del *Wisconsin Card Sorting Test* come una parte della loro batteria di valutazione (Romine, Lee, Wolfe, Homack, George, Riccio 2003). Sebbene il test è stato originariamente sviluppato per l'utilizzo con gli adulti, il più recente manuale del 1993 e successivamente la versione italiana, riporta le norme per bambini dai sei anni in su. La somministrazione del WCST richiede ai soggetti la comprensione dei criteri di scelta di un set di carte, basata su un feedback dato

dall'esaminatore, il quale può semplicemente dire se la scelta effettuata è corretta o scorretta. Dopo dieci associazioni consecutive corrette, la caratteristica di associazione cambia. Le caratteristiche di associazione possibili sono tre: colore (i partecipanti associano ciascuna delle carte item a una delle carte stimolo di colore uguale), forma (i partecipanti associano ciascuna delle carte item a una delle carte stimolo di forma uguale) e numero (i partecipanti associano ciascuna delle carte item a una delle carte stimolo di numero uguale). Ciò accade per sei volte oppure finché non sono state eseguite tutte le 128 carte item. La performance positiva al WCST richiede che un individuo sia capace di determinare il corretto criterio di associazione e di mantenere la risposta in quella dimensione. Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtiss (1991) forniscono un sistema di interpretazione che prevede i seguenti raggruppamenti di punteggi standard e di punti T: i punteggi standard inferiori a 62 o i punti T inferiori a 25 descrivono compromissioni gravi, i punteggi standard che vanno da 62 a 69 o i punti T che variano da 25 a 29 indicano compromissioni moderate; i punteggi standard che vanno da 70 a 76 o i punti T che variano da 30 a 34 indicano compromissioni leggermente e moderatamente gravi; i punteggi standard che vanno da 77 a 84 o i punti T che variano da 35 a 39 indicano compromissioni leggermente gravi; i punteggi standard che vanno da 85 a 91 o i punti T che variano da 40 a 44 indicano prestazioni sotto la fascia media; i punteggi standard che vanno da 92 a 106 o i punti T che variano da 45 a 54 sono nella fascia media; e i punteggi standard maggiori o uguali a 107 e i punti t maggiori o uguali a 55 sono al di sopra della media.

**Tabella 4. sistema di classificazione per l'interpretazione dei punteggi normativi al WCST.**

<b>Punti standard</b>	<b>Punti t</b>	<b>Compromissione</b>
<b>&lt; 62</b>	< 25	grave
<b>62-69</b>	25-29	Moderate
<b>70-76</b>	30-34	Leggermente e moderatamente grave
<b>77-84</b>	35-39	Leggermente grave
<b>85-91</b>	40-44	Sotto la fascia media
<b>92-106</b>	45-54	Fascia media (nessuna compromissione)
<b>≥ 107</b>	≥ 55	Sopra la media (nessuna compromissione)

### 3.5.3 Compito Go/no-go

Nella seconda fase della ricerca ai partecipanti veniva chiesto di effettuare un compito di inibizione della risposta costruito sul paradigma del compito Go/no-go. Il compito consisteva in una sequenza di 104 stimoli costituiti da tre facce selezionate all'interno del sistema delle espressioni facciali delle emozioni di Ekman e Friesen. Le facce della dimensione di 125x190 pixel con risoluzione di 96 dpi venivano proiettate su uno schermo da 16" per un tempo massimo di 1200 ms e un intervallo interstimolo di 1000 ms. Il compito è stato costruito tramite l'utilizzo del software E-prime 2.0 Professional™. Le tre facce esprimevano rispettivamente rabbia, paura, gioia. Le prime due rappresentavano gli stimoli Go.

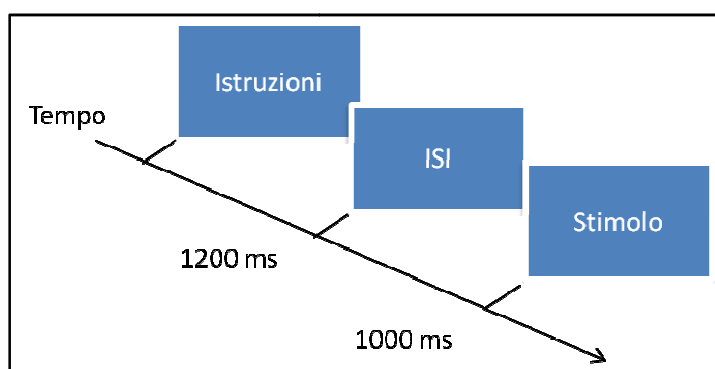


Figura 5. Struttura del compito Go/no-go

### 3.4.4 Compito di produzione di intervalli

Il compito di produzione di intervalli era presentato in due versioni, una in cui era il partecipante a decidere quando far iniziare l'intervallo da produrre, una in cui l'inizio della produzione era imposto dal computer. In ciascuno dei due compiti i partecipanti dovevano produrre quattro intervalli differenti, della durata rispettiva di tre, cinque, otto e dieci secondi. Gli stimoli venivano presentati secondo un algoritmo di randomizzazione proprio del software *E-prime 2.0 Professional™*. I soggetti producevano per tre volte ciascun intervallo. La durata totale degli intervalli da produrre per ciascuno dei due compiti di produzione era di settantotto secondi [(3sec x 3 prove) + (5sec x 3 prove) +

(8sec x 3 prove) + (10 sec x 3 prove)]. Il materiale stimolo consisteva in un filmato prodotto da *Psychology Software Tools, Inc.*™.

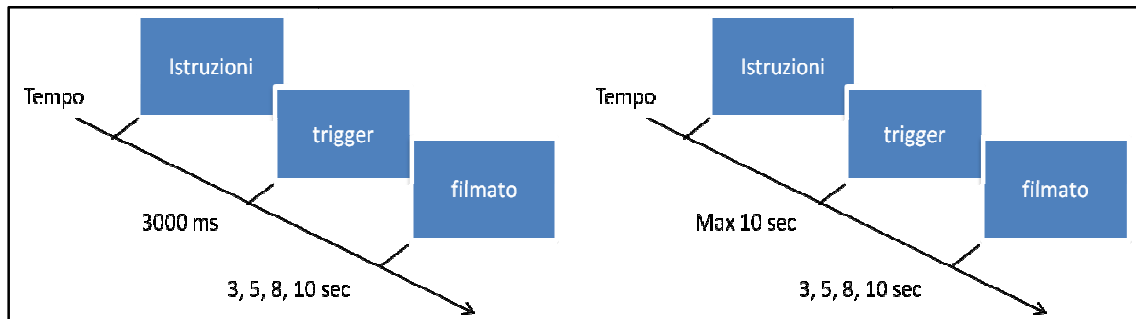


Figura 6. Struttura dei compiti produzione di intervalli. A sinistra il compito di produzione computer-paced, a destra il compito di produzione self-paced.

### 3.5.5 Compito di riproduzione di intervalli

Il compito di riproduzione di intervalli prevedeva la riproduzione di quattro intervalli differenti, della durata rispettiva di tre, cinque, otto e dieci secondi. Il materiale stimolo era costituito da due filmati differenti tra di loro per quanto riguardava la struttura. Uno dei due filmati conteneva indici visivi utili alla scansione del tempo, mentre l'altro non conteneva indici tali da poter permettere una scansione. Per ciascuno dei due filmati i soggetti dovevano riprodurre gli intervalli specificati. Gli stimoli venivano presentati secondo la modalità *computer paced*. Entrambe i filmati sono stati prodotti da *Psychology Software Tools, Inc.*™. Gli stimoli venivano presentati secondo un algoritmo di randomizzazione proprio del software *E-prime 2.0 Professional*™.

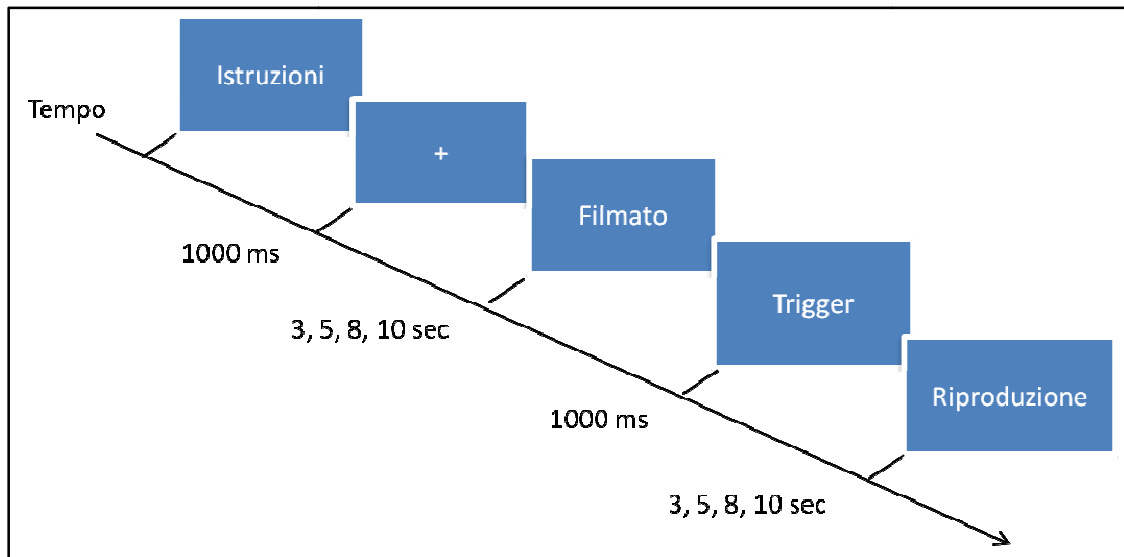


Figura 7. Struttura del compito di riproduzione.

## 3.6 Metodologia

### 3.6.1 Partecipanti

Hanno partecipato alla ricerca 25 bambini, suddivisi in due gruppi. Il gruppo sperimentale o clinico era composto da 11 bambini contattati tramite l'Unità Operativa Semplice di Psicologia Clinica dell'Infanzia e dell'Adolescenza del Servizio di Neuropsichiatria Infantile dell'Azienda Sanitaria Locale del distretto di Parma (range 7-13 anni; età media = 9.45 anni; D.S.= 1.86). I partecipanti al gruppo di controllo erano 14 bambini selezionati previa autorizzazione da parte dei genitori in alcune classi di una scuola elementare della provincia di Parma (range 7-11 anni, età media = 9 anni; D.S. = 1.24). Sono stati inseriti nel gruppo clinico soggetti che avevano riportato punteggi standard inferiori a 84 al WCST e punti T superiori a 61 nelle sottoscale **A, B, H, I, K, L, M, N** (vedi tab. 2) delle *Conners Rating Scale-Revised* (CRS-R, 2007) compilate dai genitori e dagli insegnanti.

### 3.6.2 Disegno Sperimentale

La struttura generale della presente ricerca prevede l'esecuzione di tre tipologie diverse di esperimenti. Nel primo dei tre studi presentati in seguito, abbiamo utilizzato un disegno quasi sperimentale con gruppo di controllo non equivalente in considerazione del fatto che lo sperimentatore non ha la possibilità di controllare l'assegnazione dei soggetti ai gruppi: questo è il più

tipico dei quasi esperimenti. Il disegno di ricerca sarà un disegno 2(ADHD/controllo) x 1(compito Go/No-go) dove il primo rappresenta il fattore *between subjects*. Nel secondo studio abbiamo utilizzato un disegno fattoriale misto 2 (ADHD/CONTROLLO) x 2 (compiti di produzione) x 4 (intervalli da produrre) in cui il primo fattore (gruppo) *between subjects* e gli altri due fattori *within*. Il terzo studio prevede un disegno fattoriale misto 2 (ADHD/controllo) x 2 (compiti di riproduzione) x 4 (intervalli da produrre). Al fine di minimizzare gli effetti di ordine e sequenza nella produzione e riproduzione degli intervalli, veniva adottata una procedura di randomizzazione di presentazione degli stimoli.

### 3.6.2 Procedura

Durante la prima fase i partecipanti sia del gruppo di controllo che del gruppo clinico venivano invitati a completare il Wisconsin Card Sorting Test. Per quanto riguarda i bambini inviati dall'AUSL la somministrazione avveniva presso la sede dell'U.O. di Psicologia Clinica. I partecipanti venivano fatti accomodare in una stanza in cui erano presenti lo sperimentatore ed il partecipante, in un ambiente privo di possibili fonti di interferenza. Contemporaneamente in una stanza attigua in genere un genitore compilava la scala CPRS-R, sotto la supervisione di un collaboratore esperto. I dati relativi alla scala CTRS-S compilati dagli insegnanti venivano raccolti in un secondo momento da un Professionista dell'AUSL. Per il gruppo di controllo la procedura di selezione era simile ad eccezione del fatto che cambiava la location in cui veniva effettuato l'assessment, che si svolgeva infatti in una stanza della scuola appositamente destinata.

Durante la somministrazione del WCST lo sperimentatore spiegava al partecipante lo scopo dell'incontro e le modalità di esecuzione del compito secondo le indicazioni fornite dal manuale di somministrazione del test.

La seconda fase si svolgeva a distanza di alcune settimane, dopo aver fatto lo scoring e l'interpretazione dei punteggi nei due test. I partecipanti, venivano accolti in una stanza equipaggiata con un computer che serviva da materiale

per la somministrazione dei compiti *Go/no-go*, *Interval Production* e *Interval Reproduction*.

### 3.7 Studio uno. Valutazione dell'impulsività tramite un compito Go/No-go.

Il proposito dello studio uno è quello di verificare se esistono differenze significative tra un gruppo di bambini con diagnosi di ADHD ed un gruppo di controllo nella tipologia di risposta ad un compito Go/no-go.

In particolare verranno considerate le variabili:

- Accuratezza della risposta (Corretta, errata, non data)
- Frequenza delle risposte
- Tempi di risposta in millisecondi

come elementi di verifica dell'ipotesi secondo la quale i partecipanti con disturbo da deficit di attenzione/iperattività, se impegnati in compiti di inibizione della risposta, come i compiti GO/NO-GO, tendono a fornire risposte mediamente più lente (Tempi di Reazione) e a commettere un maggior numero di errori di commissione (Errori) rispetto ad un gruppo di soggetti di controllo senza ADHD.

#### 3.7.1 Analisi dei dati

Inizialmente verranno discussi i dati relativi alle frequenze di risposta. Le risposte sono state categorizzate come *corretta*, *errata*, *non risposta*. In tabella quattro vengono riportate le statistiche descrittive dei due gruppi rispetto alle risposte corrette ed errate. Non sono state riportate nella tabella le statistiche descrittive relative alle risposte non date dal momento che non danno informazioni sul tempo di risposta.

**Tabella 5. Statistiche descrittive dei tempi di risposta nei due gruppi**

				Tempo di risposta		
				N	M	D.S.
GRUPPO	SPERIMENTALE	RISPOSTA	CORRETTA	822	649.34	195.53
			ERRATA	96	630.87	209.25
	CONTROLLO	RISPOSTA	CORRETTA	1401	547.56	137.47
			ERRATA	37	470.68	192.90

Definiamo risposte non date quelle in cui i soggetti schiacciavano il tasto risposta oltre il tempo limite di permanenza dello stimolo sullo schermo (1000 ms). In base a questa scelta operativa ci si aspettava che i partecipanti del gruppo sperimentale presentassero un tasso più elevato di risposte non date. In effetti, l'analisi delle frequenze mette in evidenza che il gruppo di controllo non risponde agli stimoli nel 3% dei casi, mentre il gruppo sperimentale fa registrare un 23% di non risposta. La presenza di questo dato riflette dunque un tempo di reazione maggiore.

La figura quattro riporta le percentuali di risposta in ogni categoria fornite dai due gruppi. Coerentemente alle aspettative il gruppo sperimentale commette un tasso di errori molto maggiore rispetto al gruppo di controllo, infatti fornisce risposte errate nel 8% dei casi rispetto al 3% del gruppo di controllo, queste frequenze di risposta risultavano essere significativamente differenti,  $\chi^2(1, N = 133) = 26.173, p = .000$ . Coerentemente alle ipotesi il gruppo sperimentale riporta un tasso di risposte corrette inferiore al gruppo di controllo e la differenza tra i due gruppi risulta essere significativa  $\chi^2(1, N = 2223) = 150.806, p = .000$ .

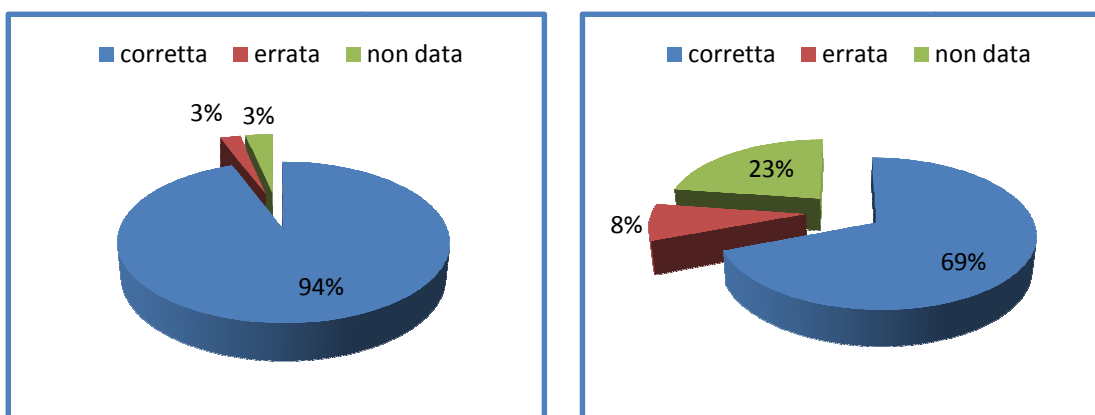


Figura 8. Percentuali di risposte date dai soggetti del gruppo sperimentale (parte destra della figura) e dal gruppo di controllo (parte sinistra della figura).

Considerando i tempi medi di reazione rilevati per le risposte corrette tra il gruppo sperimentale ( $M=649.34$ ;  $D.S.= 195.53$ ) e il gruppo di controllo ( $M=547.56$ ;  $D.S.= 137.47$ ) risultano differenze statisticamente significative  $t(2221) = 14.35, p < .001$ . Anche rispetto ai tempi medi nelle risposte errate tra il gruppo sperimentale ( $M=630.88$ ;  $D.S.= 209.25$ ) e il gruppo di controllo ( $M=470.68$ ;  $D.S.= 192.90$ ) risultano differenze statisticamente significative  $t(131) = 4.04, p < .001$ . Le differenze osservate vanno nella direzione delle

ipotesi che hanno guidato l'esperimento. Infatti i partecipanti del gruppo sperimentale sia nel caso della risposte corrette sia nel caso delle risposte errate fanno registrare tempi di reazione medi superiori rispetto al gruppo di controllo.

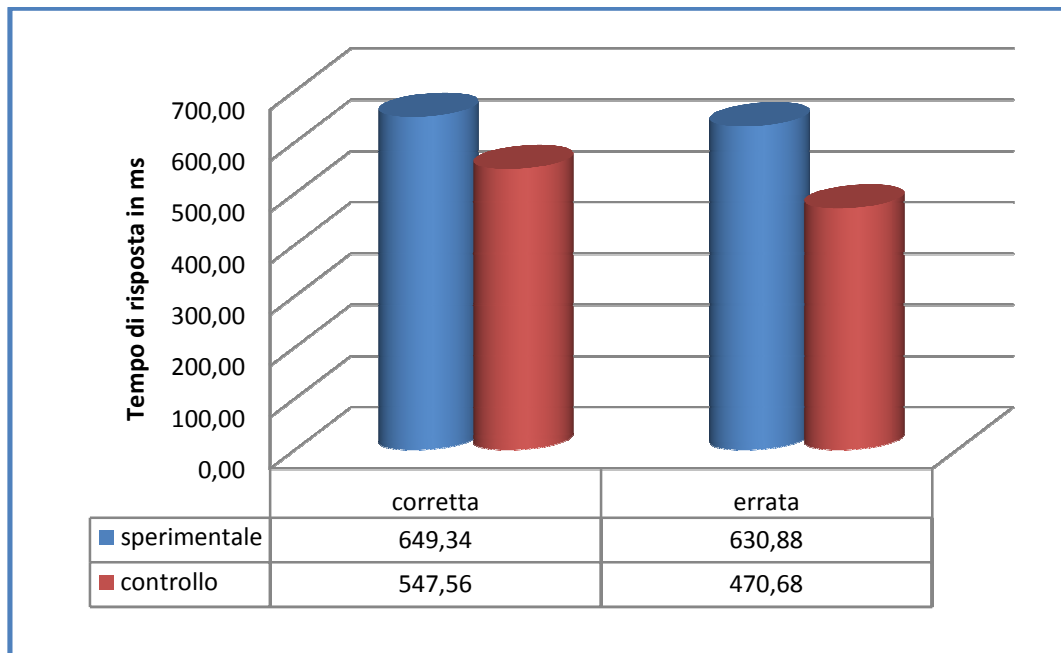


Figura 9. Tempi medi di risposta rilevati nei due gruppi nelle risposte corrette e errate.

L'analisi intergruppo rispetto ai tempi di risposta all'interno delle due categorie di risposta *corretta* e *errata* mette in evidenza che soltanto per ciò che riguarda il gruppo di controllo è possibile riscontrare una differenza statisticamente significativa  $t(1436) = 3.32, p < .005$ . Ulteriormente in linea con le ipotesi e con i dati della letteratura risultano le distribuzioni dei tempi intorno alla media. Infatti le Deviazioni Standard osservate nelle due categorie di risposta *corretta* e *errata* nel gruppo sperimentale presentano una maggiore variabilità dei tempi di risposta.

### 3.7.2 Discussione

I dati presentati in questa sezione mettono in evidenza ancora una volta ciò che la letteratura sullo studio dell'inibizione della risposta sostiene, ovvero, è probabile che esista effettivamente un deficit a carico del sistema delle funzioni esecutive che determina a livello comportamentale un'ampia variabilità nei

tempi di risposta ad uno stimolo. La letteratura basata sugli studi di laboratorio evidenzia che i bambini con ADHD tendono ad essere lenti e imprecisi, (Sergeant and Scholten, 1983, 1985). Risulta in numerose ricerche che tempi di reazione più lunghi sono il risultato di processi lenti di elaborazione della risposta (Leth-Steensen et al., 2000). Diversi autori (Castellanos e Tannock, 2002; Douglas, 1999; Kuntsi et al., 2001) ipotizzano che l'estrema variabilità della distribuzione dei tempi di risposta può essere un elemento diagnostico dell' ADHD dal momento che sembra essere l'unico elemento che accomuna tutta la ricerca sull'argomento.

### 3.8 Studio due: compiti di Produzione Temporale.

Lo studio due nasce con l'obiettivo di verificare se esiste una differenza significativa tra un gruppo di bambini con diagnosi di ADHD ed un gruppo di controllo non clinico. I soggetti venivano invitati a seguire le istruzioni proiettate su un monitor di un computer portatile. Ognuno di loro completava in ordine casuale due compiti di produzione di intervalli temporali, costruiti secondo la modalità di produzione autonoma e secondo la modalità di produzione indicata dal computer. In altre parole, nel primo caso erano i soggetti a decidere quando dare inizio alla prova, mentre nel secondo caso era il computer a dare il momento d'inizio. I due compiti venivano presentati in maniera controbilanciata.

	Compito STP				Compito CTP			
Adhd	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec
Controllo	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec

Figura 10. Disegno sperimentale utilizzato nelle studio due

Al fine di ridurre i possibili effetti di ordine e sequenza gli intervalli da produrre durante ciascuno dei due compiti venivano generati secondo un algoritmo di randomizzazione. In ogni compito i partecipanti dovevano riprodurre uno stesso intervallo di tempo per tre volte. È importante notare che il paradigma non prevedeva l'emissione di informazioni rispetto al tempo

realmente prodotto, in questo modo i partecipanti non avevano la possibilità di modificare in maniera deliberata la stima individuale del tempo. Le indicazioni che ricevevano per il completamento del compito non fornivano informazioni rispetto alla strategia di calcolo del tempo. L'esecuzione del compito era preceduta da una fase di addestramento in cui, con l'ausilio di un cronometro digitale, lo sperimentatore dimostrava la durata reale di ciascun intervallo. Il compito di produzione di intervalli è stato pensato in due versioni, una *Self Paced* (Self Time Production, STP) e una *Computer Paced* (Computer Time Production, CTP) sulla base delle indicazioni fornite da Van Der Meere, Marzocchi, & DeMeo, (2005). Secondo gli autori, i partecipanti con ADHD riuscirebbero ad effettuare prestazioni migliori quando i tempi di esecuzione del compito vengono forniti dal computer, ovvero laddove vi è un rapporto fisso di presentazione. Diversamente, nella condizione *Self Paced* i partecipanti esibirebbero performance meno accurate, dal momento che, in accordo con la teoria di Barkley, (1997) i bambini con ADHD avendo una minore capacità di inibizione della risposta tendono ad essere maggiormente precipitosi.

### *3.8.1 Analisi dei dati*

I dati sono stati raccolti sotto forma di tempi di risposta espressi in millisecondi. Ciò che ai fini della presente ricerca è necessario è l'analisi della variabilità intraindividuale.

Nei compiti di produzione temporale, così come nei test neuropsicologici, la variabilità intra-individuale nei tempi di risposta agli stimoli sta negli ultimi anni suscitando un crescente interesse. Essa può essere considerata semplicemente come un rumore di fondo nei dati, ma può anche essere utilizzata come una fonte di informazione rispetto alla stabilità dei processi cognitivi. Precisamente la variabilità intra-individuale si riferisce alla fluttuazione a breve termine di una performance, che non può essere attribuita a processi di apprendimento o di sviluppo (Stuss, Murphy, Binns, & Alexander, 2003; Williams, Hultsch, Strauss, Hunter, & Tannock, 2005). Nel nostro caso il breve termine è rappresentato dalla durata del compito di produzione di intervalli. Utilizzeremo quindi come fonti di informazione sia la media dei tempi di risposta dei partecipanti ad ogni singola prova, sia la deviazione standard e come ulteriore parametro il rapporto fra la deviazione standard individuale e la media individuale che in letteratura

viene definito coefficiente di variazione individuale (CVI). L'utilità di questo parametro come sottolineato da Bellgrove, Hester, & Garavan (2004) e Stuss e coll. (2003), risiede nella capacità di minimizzare la discrepanza fra eventuali dati anomali individuali e la prestazione del gruppo.

I dati sono stati analizzati tramite l'uso del test *t* di Student per campioni indipendenti per ciò che riguarda i confronti intergruppo e tramite il test *t* di Student per dati appaiati nei confronti intra-gruppo.

### 3.8.2 Analisi delle performance nei compiti STP e CTP

I partecipanti completavano due compiti di produzione di intervalli, che come dicevamo poco sopra, differivano tra di loro soltanto per la modalità di attuazione delle prove, che in un caso era stabilita dall'individuo (STP) e nell'altro era stabilita dal computer (CTP). L'analisi dei tempi di stima medi è stata effettuata rispetto ai quattro intervalli da produrre (3,5,8,10 secondi).

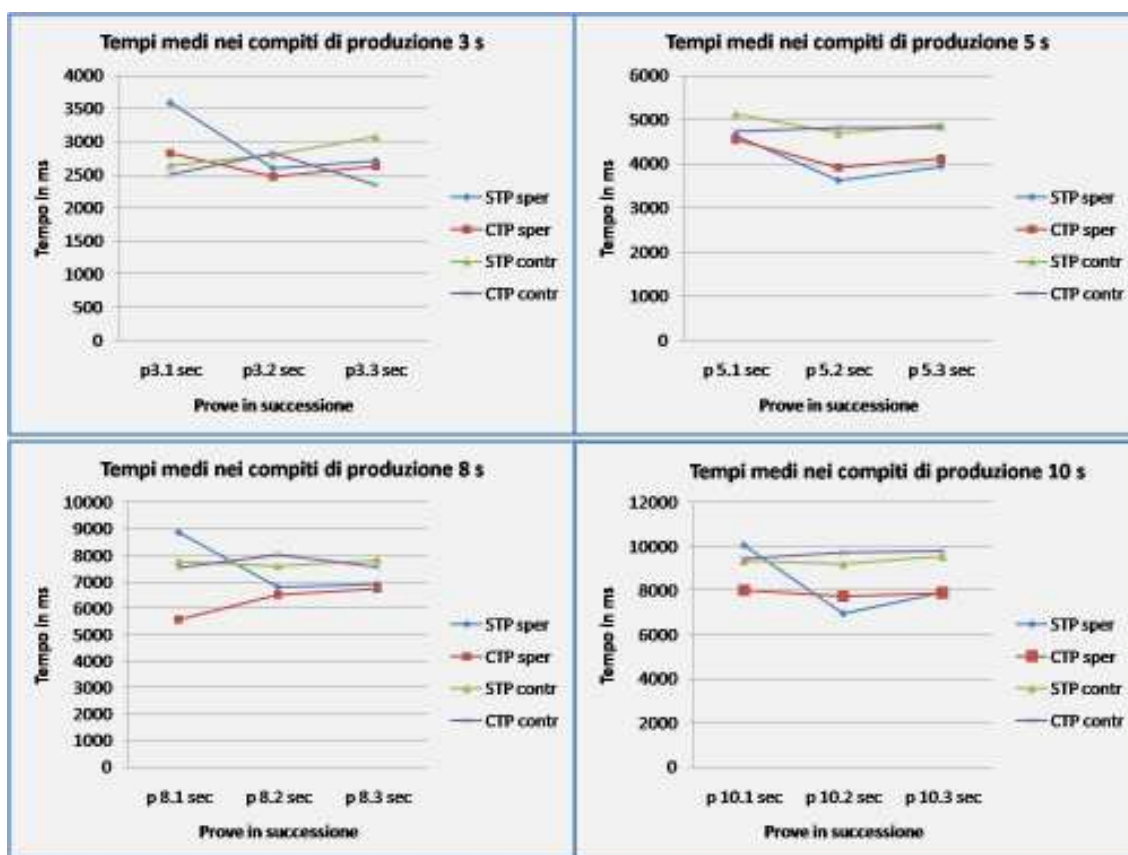


Figura 11. In figura sono riportati tempi medi del gruppo sperimentale nei due compiti di produzione di intervalli. Il grafico fa riferimento ai tempi medi in ciascuna delle prove di riproduzione dei quattro intervalli.

### 3.8.2.1 Compito STP

Rispetto alla produzione dell'intervallo di 3 secondi, tra il gruppo sperimentale ( $M=2964,48$ ;  $D.S.= 1000,86$ ) e il gruppo di controllo ( $M=2835,24$ ;  $D.S.= 510,75$ ) non ci sono differenze significative se si considera il tempo medio di stima  $t(23)= .420$ ,  $p > .005$ . Tuttavia se consideriamo la variazione della distribuzione dei punteggi intorno alla media, notiamo come riportato in figura 7, che la variabilità all'interno del gruppo sperimentale è molto maggiore rispetto a quella del gruppo di controllo. In effetti, il test  $t$  di Student, effettuato per la verifica delle differenze del CVI evidenzia una differenza statisticamente significativa  $t(23)= 4.257$ ,  $p < .001$ .

L'analisi dei tempi di stima dell'intervallo da cinque secondi non mette in evidenza differenze significative rispetto al tempo medio  $t(23)= -1.963$ ,  $p = .062$ , sebbene persista una maggior variabilità della risposta tra il gruppo sperimentale ( $M=4066,21$ ;  $D.S.=1545,49$ ) e il gruppo di controllo ( $M=4890,55$ ;  $D.S.= 289,79$ ). Tuttavia la differenza relativa al CVI non risulta essere significativa  $t(23)= 1.785$ ,  $p = .087$ .

La valutazione delle differenze nella produzione dell'intervallo da otto secondi tra il gruppo sperimentale ( $M=7518.82$ ;  $D.S.=2542.23$ ), ed il gruppo di controllo ( $M=7729.07$ ;  $D.S.=472.95$ ) non risulta essere significativa rispetto al tempo medio di produzione  $t(23)= -.305$ ,  $p = .763$ , ma risulta invece significativo il confronto rispetto al CVI,  $t(23)= 2.867$ ,  $p = .009$ , senza dubbio si tratta di un effetto dovuto alla forte discrepanza tra i gruppi rispetto alla variabilità dei dati.

Considerando la produzione dell'intervallo da dieci secondi i due gruppi effettuano una stima non significativamente differente rispetto al tempo medio ma ancora una volta il gruppo sperimentale ( $M=8312.30$ ;  $D.S.= 2578.91$ ) riporta una variabilità di punteggio molto maggiore rispetto al gruppo di controllo ( $M=9362.79$ ;  $D.S.= 812.76$ ), tale da determinare una differenza statisticamente significativa rispetto al CVI  $t(23)= 3.452$ ,  $p = .002$ .

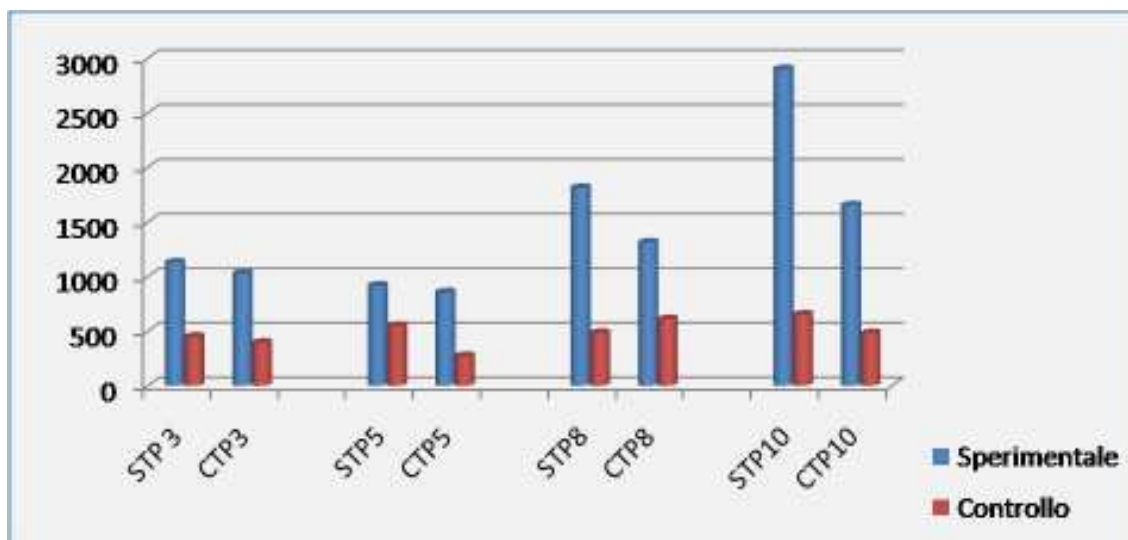


Figura 12. Nel grafico son riportate le D.S. dei gruppi nei due compiti per ogni intervallo.

In sintesi, al di là delle differenze osservate, possiamo notare un pattern di riferimento che rimane stabile qualunque sia l'intervallo prodotto ovvero notiamo una variabilità costantemente maggiore nel gruppo sperimentale che si accompagna ad una costante sottostima dell'intervallo rispetto al gruppo di controllo che tuttavia a sua volta produce tempi costantemente inferiori rispetto al target. I dati finora presentati collimano con le previsioni ed ipotesi formulate rispetto al presente studio.

### 3.8.2.2 Compito CTP

Rispetto alla produzione dell'intervallo di 3 secondi, tra il gruppo sperimentale ( $M=2638.12$ ;  $D.S.=744.39$ ) e il gruppo di controllo ( $M=2557.26$ ;  $D.S.=563.04$ ) non ci sono differenze significative rispetto al tempo medio di produzione, sebbene la variabilità dei punteggi sia maggiore nel gruppo di controllo e il CVI risulti statisticamente differente,  $t(23)=3.229$ ,  $p=.003$ .

L'analisi dei tempi di produzione dell'intervallo da cinque secondi non mette in evidenza differenze significative rispetto al tempo medio  $t(23)=-1.754$ ,  $p>.093$ , sebbene persista una maggior variabilità della risposta tra il gruppo sperimentale ( $M=4187.54$ ;  $D.S.=1227.32$ ) ed il gruppo di controllo ( $M=4780.14$ ;  $D.S.=292.82$ ). La differenza relativa al CVI risulta essere significativa  $t(23)=4.328$ ,  $p=.000$ .

Il gruppo sperimentale ( $M=6263.36$ ;  $D.S.=2620.01$ ), ed il gruppo di controllo ( $M=7705.33$ ;  $D.S.=607.02$ ) rispetto alla produzione dell'intervallo da otto

secondi non risultano essere differenti rispetto al tempo medio di produzione  $t(23) = -2.003, p = .057$ , ne' risulta significativo il confronto rispetto al CVI,  $t(23) = 1.667, p = .109$ . Tuttavia la variabilità dei punteggi risulta in questo caso più ampia nel gruppo sperimentale.

Considerando la produzione dell'intervallo da dieci secondi i due gruppi effettuano una stima non significativamente differente rispetto al tempo medio  $t(23) = -1.863, p = .075$ , ma ancora una volta il gruppo sperimentale ( $M=7874.49; D.S.=3554.13$ ) riporta una variabilità di punteggio molto maggiore rispetto al gruppo di controllo ( $M=9658.24; D.S.=518.57$ ), tale da determinare una differenza statisticamente significativa rispetto al CVI  $t(23) = 4.270, p = .000$ .

Analogamente a quanto osservato in precedenza rispetto al compito di produzione STP notiamo una sistematica variabilità maggiore nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo, mentre rispetto alla produzione abbiamo una sottostima negli intervalli da 5, 8, 10 secondi ma non nell'intervallo da tre secondi. Resta costante anche la produzione di intervalli minori rispetto al target anche per il gruppo di controllo.

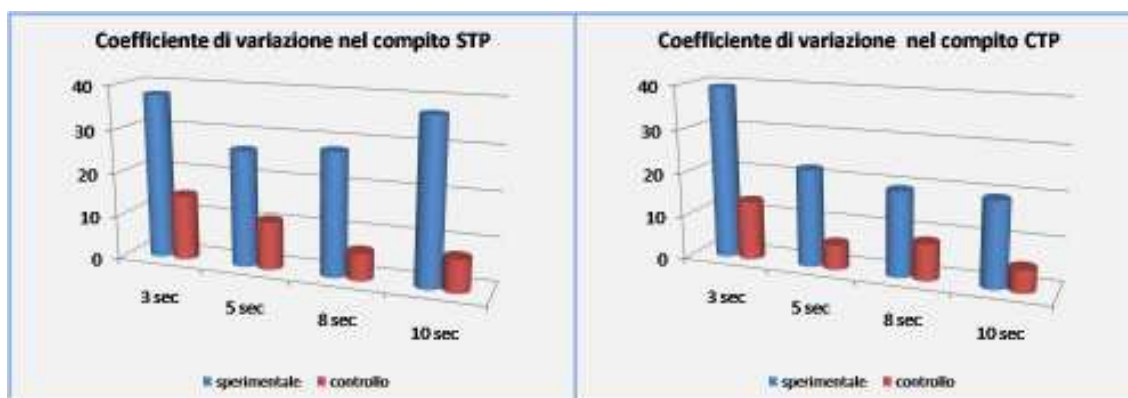


Figura 13. Il grafico riporta il coefficiente di variazione individuale medio dei due gruppi, nelle singole prove di ciascuno dei due compiti di produzione.

### 3.8.2.3 Confronto tra i compiti STP e CTP

Le analisi effettuate per verificare differenze entro i gruppi nelle prestazioni ai due diversi compiti di produzione, non evidenzia nessuna differenza statisticamente significativa ne' rispetto al tempo medio di produzione di ciascun intervallo, né rispetto al CVI.

**Tabella 6. Tabella riassuntiva delle prestazioni medie dei due gruppi nei compiti di produzione.**

	STP			CTP		
	N	M	D.S.	N	M	D.S.
<b>Produzione 3 secondi</b>						
ADHD	11	2964.48	1000.86	11	2638.12	744.39
Controllo	14	2835.24	510.75	14	2557.26	563.04
<b>Produzione 5 secondi</b>						
ADHD	11	4066.21	1545.49	11	4187.54	1227.32
Controllo	14	4890.55	289.79	14	4890.55	289.79
<b>Produzione 8 secondi</b>						
ADHD	11	7518.82	2542.23	11	6263.36	2620.01
Controllo	14	7729.07	472.95	14	7705.33	607.02
<b>Produzione 10 secondi</b>						
ADHD	11	8312.30	2578.91	11	7874.49	3554.13
Controllo	14	9362.79	812.76	14	9658.24	518.57

### 3.8.3 Discussione

L'obiettivo del presente studio era quello di determinare se due gruppi di bambini distinti tra di loro dalla presenza/assenza di caratteristiche cliniche tipiche del disturbo da deficit di attenzione/iperattività dimostravano modalità e pattern di produzione di intervalli di tempo differenti. In letteratura, gli studi in cui è stato utilizzato il compito di produzione di intervalli sono veramente pochi, e tra questi solamente uno (Capella, gentile, Juliano, 1977) era stato costruito con il solo obiettivo di verificare l'esistenza di differenze significative tra bambini con ADHD e bambini senza. Gli autori condussero due esperimenti, in uno di questi un gruppo di bambini iperattivi ( $n = 12$ ) compiva errori di produzione più marcati rispetto al gruppo di controllo, ma tutti e due i gruppi dimostravano un incremento dello scostamento dal tempo target proporzionale all'intervallo da produrre, all'aumentare dell'intervallo aumentava lo scostamento dal tempo target. Allo stesso modo in uno studio del 2005, Van Meel e coll., tramite un paradigma di interval production, in cui però venivano aggiunti dei rinforzi per aumentare la motivazione a produrre un intervallo sempre più corretto, gli autori mettevano in evidenza che sebbene le ricompense mitigassero la discrepanza tra il tempo target e l'intervallo prodotto, permanevano due dati: una costante sottostima nel gruppo di bambini con ADHD rispetto al gruppo di controllo, e

una costante maggior variabilità dei tempi di risposta. Il presente studio ha dunque portato a due importanti risultati. Abbiamo notato infatti che l'analisi delle diverse risposte date dai due gruppi ai due compiti di produzione mette in evidenza una maggiore asimmetria nella distribuzione dei punteggi del gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo. Inoltre, l'intervallo prodotto dai soggetti clinici risulta sempre minore, ovvero maggiormente distante, dall'intervallo target tranne in un caso, in cui i soggetti clinici hanno realizzato una stima più accurata ma non significativamente diversa dai soggetti di controllo. Contrariamente alle aspettative non abbiamo riscontrato differenze significative tra le due versioni dei compiti di produzione. In generale i dati supportano l'ipotesi secondo la quale individui con ADHD se impegnati in compiti di produzione di intervalli mostrano una variabilità maggiore nei tempi di risposta e una sottostima dell'intervallo, che tuttavia non rispecchia un andamento lineare all'aumento dell'intervallo da produrre.

### 3.9 Studio tre: riproduzione di intervalli temporali

Lo studio tre si riferisce alla valutazione della capacità di riproduzione di intervalli temporali in soggetti con diagnosi di ADHD e un gruppo di controllo non clinico. Lo studio si basa sulla presentazione di compiti secondo modalità visive. I soggetti venivano fatti accomodare di fronte al monitor di un computer portatile. Sullo stesso venivano proiettate le indicazioni per l'esecuzione del compito, costituito da due filmati differenti tra di loro per la struttura. Il primo filmato presenta dei chiari indici visivi che segnalano gli intervalli target, mentre il secondo filmato non fornisce nessun tipo di riferimento visivo. La procedura prevedeva che i partecipanti guardassero sul monitor il filmato e subito dopo ricevevano l'informazione relativa alla durata del filmato. Veniva quindi chiesto loro di far ripartire il filmato e farlo durare per il tempo indicato appena prima.

	Compito VRT				Compito IRT			
Adhd	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec
Controllo	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec	3 sec	5 sec	8 sec	10 sec

Figura 14. Disegno sperimentale utilizzato nello studio tre.

L'ipotesi che vuole essere indagata riguarda la possibilità che esistano meccanismi differenti di stima del tempo mediati da due sistemi diversi, uno guidato dall'esterno ed un secondo generato internamente. In altri termini si tenta di valutare l'efficacia del modello *Attentional Gate Model* (Zakay, 1992; Zakay e Block, 1997). Basilarmente il modello propone un sistema basato su un pace maker e un contatore di impulsi. Funzionalmente tutti gli impulsi provenienti dal pacemaker devono passare attraverso il gate attentivo il quale è controllato dalla quantità di risorse attentive dedicate all'elaborazione dell'informazione temporale. Il gate si apre maggiormente e più frequentemente all'aumentare dell'attenzione posta sul passaggio del tempo e, di conseguenza vengono trasferite un maggior numero di pulsazioni al contatore cognitivo. Dal momento che, secondo il modello, il numero di impulsi prodotti all'interno di un certo intervallo di tempo corrisponde alla rappresentazione interna di quel medesimo intervallo, allora è molto probabile che l'accuratezza della stima dell'intervallo sia effettivamente mediata dal gate attentivo. Infatti, i soggetti in questo esperimento prima osservavano il filmato, ricevevano quindi l'informazione rispetto alla durata del filmato appena visto (es. *"il filmato che hai visto, è durato 3 secondi. Quando vuoi fai ripartire il filmato, e fallo durare 3 secondi"*). In questo modo i partecipanti avevano a disposizione due tipi di rinforzo informativo, uno di natura puramente visiva e uno di natura puramente temporale. In particolare l'informatore visivo era disponibile solo per il filmato strutturato. Quindi se è vero che porre attenzione solo sull'informazione temporale determina una sottostima del tempo, allora ci si aspetta che i soggetti siano meno capaci di effettuare stime temporali accurate nella riproduzione del secondo filmato, mentre si ipotizza un effetto di facilitazione dovuto alla sequenza di immagini che costituiscono il primo filmato e forniscono degli indici di segmentazione. Si prevede inoltre che la variabilità delle risposte fornite dai partecipanti del gruppo sperimentale sia significativamente maggiore rispetto al gruppo di controllo. In virtù del tipo di filmato utilizzato chiameremo i due compiti VRT (Visual Reproduction Task) e IRT (Internal Reproduction Task).

### 3.9.1 Analisi dei dati

Saranno presi in considerazione per la presente analisi i dati relativi alle variabili dipendenti: tempo medio di risposta, deviazione standard e scostamento del tempo di risposta dal target. Non potremo effettuare analisi quantitative sul Coefficiente di variazione individuale dal momento che il compito prevedeva una sola riproduzione per ciascun intervallo, tuttavia a scopo puramente informativo riporteremo il coefficiente di variazione di gruppo calcolato secondo la formula [D.S. di gruppo/media di gruppo].

### 3.9.2 Compito VRT

Il compito di riproduzione VRT prevedeva l'esecuzione di quattro prove di riproduzione per le seguenti durate tre, cinque, otto e dieci secondi. La riproduzione dell'intervallo di tre secondi effettuata dal gruppo sperimentale ( $M=2323.56$ ;  $D.S.=788.92$ ) non differisce significativamente dal gruppo di controllo ( $M=2524.71$ ;  $D.S.=466.62$ ) e sebbene il tempo medio di quest'ultimo gruppo sia maggiormente vicino al tempo target non risulta significativa la differenza tra gli scostamenti. Anche per ciò che riguarda la riproduzione di intervalli di cinque secondi i due gruppi non differiscono ne rispetto al tempo medio di produzione, ne rispetto allo scostamento, tuttavia se valutiamo le deviazioni standard, notiamo che il gruppo sperimentale ( $M=4377.27$ ;  $D.S.=1322.29$ ) presenta una variabilità maggiore rispetto al gruppo di controllo ( $M=4966.86$ ;  $D.S.=529.72$ ) e anche in questo caso quest'ultimo gruppo presenta un tempo medio di riproduzione meno scostato dal tempo target. Anche per ciò che riguarda la riproduzione dell'intervallo da otto secondi i due gruppi mostrano lo stesso pattern di dati espresso per la riproduzione degli intervalli precedentemente descritti. I due gruppi si differenziano in modo statisticamente significativo nel caso della riproduzione dell'intervallo da dieci secondi  $t(23) = -2.990$ ,  $p = .007$ , dove il gruppo sperimentale ( $M=8052.73$ ;  $D.S.=2595.61$ ) rispetto al gruppo di controllo ( $M=10194.36$ ;  $D.S.=640.14$ ) produce un tempo medio minore con uno scostamento dal tempo target altrettanto significativo. Anche in questo caso la variazione dei punteggi è molto più ampia per il gruppo sperimentale.

### 3.9.3 Compito IRT

Il compito IRT di riproduzione di intervalli, è basato sull'utilizzo di materiale stimolo costituito da un filmato senza riferimenti visivi utili alla scansione temporale, si tratta infatti di un filmato in cui una nuvola di pallini bianchi ruota in modo disorganizzato su uno sfondo nero. In questo compito sono state osservate prestazioni intergruppo statisticamente significative rispetto alla riproduzione di intervalli della durata di cinque secondi  $t(23) = -2.662$ ,  $p = .014$  sia rispetto al tempo medio, sia rispetto allo scostamento; nella riproduzione di intervalli da 8 secondi considerando sia il tempo medio  $t(22) = -2.531$ ,  $p = .019$ , sia lo scostamento  $t(23) = -1.800$ ,  $p = .010$ . Inoltre per ciò che riguarda la riproduzione di intervalli da 10 secondi i due gruppi risultano differenti sia per la valutazione dello scostamento dal tempo target  $t(23) = -2.339$ ,  $p = .029$ , ma non significativamente differenti per il tempo medio  $t(23) = -2.016$ ,  $p = .056$ . resta tuttavia costante il dato relativo alla maggiore variabilità delle prestazioni del gruppo sperimentale.

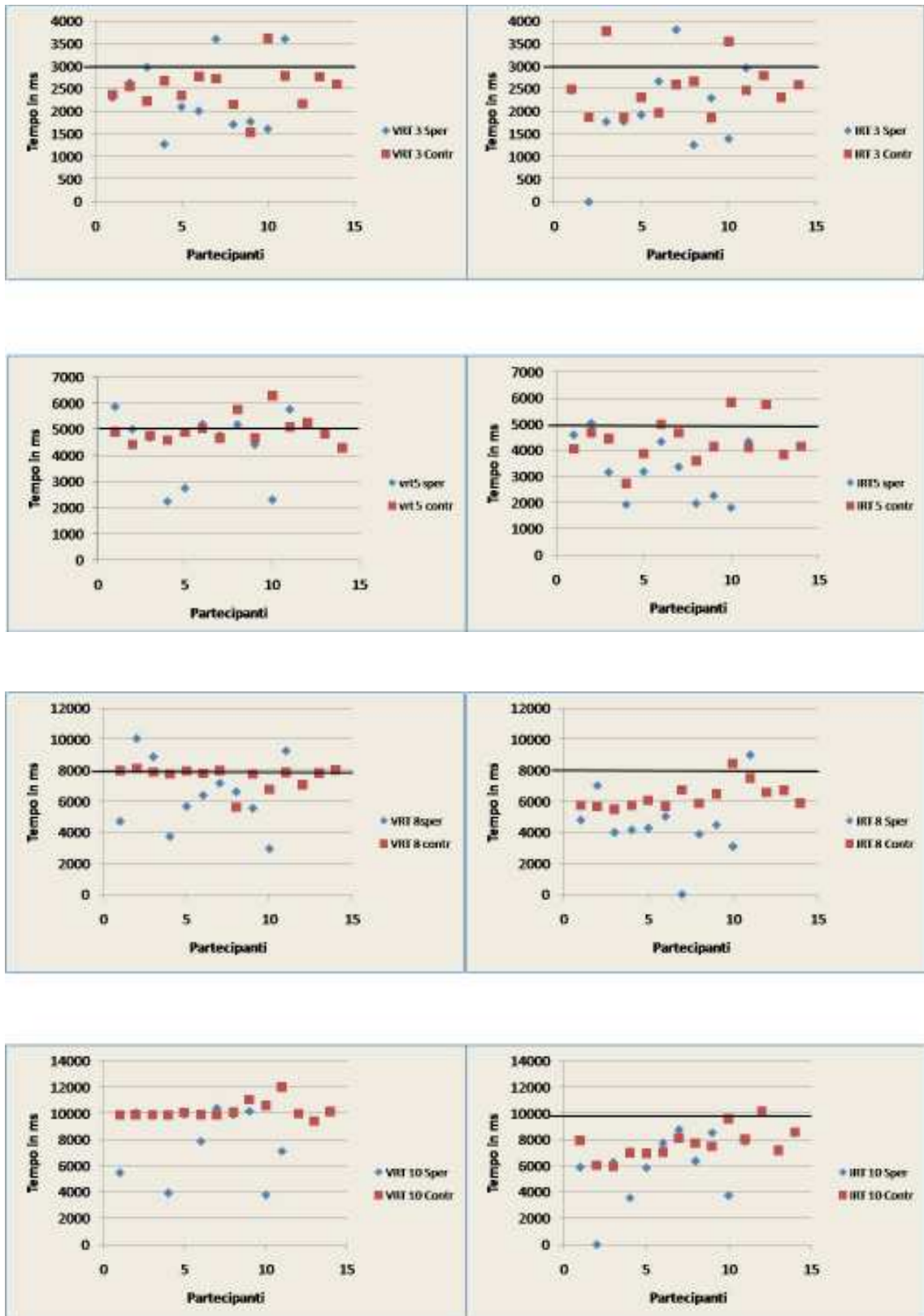


Figura 15. l'immagine riporta le dispersioni dei punteggio introno all'intervallo target.

### 3.9.4 Confronti intra-gruppo

In questo paragrafo ci occuperemo dei dati relativi al confronto entro i gruppi rispetto ai due compiti di riproduzione. I confronti entro i gruppi rispetto al tempo di riproduzione sono stati effettuati utilizzando il test statistico *t* di Student per dati appaiati. Utilizzando come fattore il compito (VRT, IRT) i risultati mettono in evidenza una costante differenza significativa nel gruppo sperimentale il quale effettua valutazioni differenti qualunque sia l'intervallo da riprodurre considerato vedi tab. 6. Di particolare interesse risulta la valutazione dello scostamento assoluto calcolato nelle diverse prove dei due compiti. Tale scostamento risulta esser maggior nel compito di riproduzione IRT in ognuna delle quattro prove (3, 5, 8, 10 sec), e presenta una tendenza incrementale e proporzionale al tempo da riprodurre specialmente per il gruppo sperimentale.

**Tabella 7. Tabella riassuntiva delle prestazioni dei due gruppi nei compiti di riproduzione.**

	VRT			IRT		
	N	M	D.S.	N	M	D.S.
<b>Riproduzione 3 secondi</b>						
ADHD	11	2323.56	788.92	11	2231.20	775.70
Controllo	14	2524.71	466.62	14	2510.07	583.79
<b>Riproduzione 5 secondi</b>						
ADHD	11	4377.27	1322.29	11	3284.09	1173.44
Controllo	14	4966.86	529.72	14	4346.07	821.83
<b>Riproduzione 8 secondi</b>						
ADHD	11	6473.63	2261.01	11	4975.10	1744.69
Controllo	14	7477.57	955.81	14	6321.93	830.01
<b>Riproduzione 10 secondi</b>						
ADHD	11	8052.73	2595.61	11	8052.72	2,595.61
Controllo	14	10194.36	640.14	14	10194.36	640,14

Tuttavia possiamo limitarci a parlare di una tendenza di incremento dello scostamento rispetto al tempo da riprodurre per ciò che riguarda la valutazione *within-group* e *between trial*, mentre notiamo una costante differenziazione nel confronto *between group* per la variabile tipologia di compito, ad indicare un probabile effetto mediato dalla modalità di presentazione degli stimoli.

### 3.11 *Discussione*

I dati riportati fino a questo punto, non fanno altro che andare a confermare le ipotesi di ricerca del presente lavoro, oltre al fatto che si trovano nella stessa direzione dei dati presenti in letteratura. La differenza sostanziale e forse innovativa del presente lavoro risiede nella scelta di utilizzare due tipi diversi di filmato al fine di valutare l'effetto di questa variabile sulla prestazione dei soggetti. In effetti, seppur con le dovute cautele, ci troviamo di fronte a una situazione che lascia molto spazio alla riflessione. Infatti se consideriamo lo scostamento medio assoluto nei compiti di riproduzione calcolato secondo la formula  **$[(\text{intervallo riprodotta} * 100) / \text{intervallo target}]$**  ci troviamo di fronte ad un costante aumento della sottostima al passaggio del tempo ma solo nella condizione in cui i soggetti rispondevano ad un filmato destrutturato in termini di segmentazione visiva del tempo. Si passava infatti da un scostamento del 32.39% rispetto al filmato da tre secondi fino al 41.28% nella riproduzione del filmato da 10 secondi. Anche in questo studio rimane un elemento costante tra le condizioni e tra i soggetti, ovvero la variabilità della risposta. Per quanto possa essere discutibile ci sembra ragionevole ipotizzare che probabilmente la variabilità dei tempi di risposta attraverso i compiti cognitivi qui proposti possa assumere un ruolo determinante nel processo diagnostico del disturbo da deficit di attenzione con iperattività. Altro dato di interesse riguarda l'incremento dello scostamento assoluto che si verifica con maggior evidenza al di sopra dei cinque secondi sia nel gruppo sperimentale sia nel gruppo di controllo. Considerando alle premesse teoriche della presente ricerca il dato non sorprende dal momento che sia Fraisse (1984) che Rubia (2003) e Zakay (1996, 1997) e diversi altri autori precedentemente citati affermano che con ogni probabilità si innescano meccanismi differenti di percezione del tempo a seconda che si considerino intervalli inferiori o superiori ai cinque secondi. In generale abbiamo osservato un impairment generalizzato nel gruppo clinico nella riproduzione accurata di intervalli temporali .

### 3.10 Discussione generale e conclusioni

Attualmente le teorie più affermate relative al Disturbo da Deficit di Attenzione con Iperattività sono la teoria dell'inibizione della risposta, la teoria fondata sull'ipotesi dell'avversione per il ritardo del rinforzo, e le teorie basate sull'ipotesi dello stato energetico. Queste teorie differiscono rispetto al loro background concettuale. La differenza fondamentale tra queste tre teorie è che secondo Barkley il deficit primario del Disturbo da Deficit di Attenzione/Iperattività riguarda l'inibizione della risposta, mentre la proposta di Sonuga-Barke non riguarda l'associazione tra ADHD e l'incapacità di inibire una risposta, ma piuttosto una scelta razionale di evitamento del ritardo nella ricompensa. La teoria energetica è basata sul concetto di arousal e tenta di collegare le strutture profonde del cervello all'ADHD. Secondo questo punto di vista, i bambini avrebbero difficoltà nella regolazione energetica del sistema nervoso autonomo e delle sue funzioni impiegate nella regolazione degli stati di attivazione. Il caso della presente ricerca rappresenta un ulteriore tentativo di dimostrare l'esistenza di un deficit al livello di inibizione della risposta, infatti la procedura utilizzata nel primo studio, ovvero il compito Go/No-go, tradizionalmente rappresenta il mezzo più semplice per valutare la capacità di dare una risposta non adeguata allo stimolo presentato. Nigg (2000) poneva una differenziazione nei compiti di inibizione tra compiti che sono principalmente esecutivi (che richiedono cioè una soppressione deliberata della risposta per il raggiungimento di un obiettivo successivo) motivazionali (motivati dalla paura o dalla punizione) e automatici. L'inibizione esecutiva può essere inoltre caratterizzata sulla base del tipo di risposta che può dunque essere principalmente motoria, cognitiva o riguardante una risposta conflittuale. In uno studio successivo l'Autore (Nigg, 2001) concludeva che come suggerito dall'analisi dei risultati ai compiti di tipo *go/no go* e *stop-signal* i dati supportano la presenza di un deficit nell'inibizione della risposta esecutiva. Generalmente nei compiti del tipo *stop-signal* ai soggetti viene chiesto di rispondere più velocemente possibile ad un segnale che funge da via, mentre viene chiesto di inibire la risposta quando viene presentato un segnale che ha la funzione di

stop. Gli intervalli tra le presentazioni dei due segnali vengono variati al fine di permettere una stima del tempo di reazione al segnale di stop. È da sottolineare in accordo con Solanto e coll. (2001) che la tipologia di compito basata sul segnale di stop presenta diverse caratteristiche che rendono problematica la ricerca dei fattori eziologici dell'ADHD. Il compito presuppone l'indipendenza dei processi d'attivazione e d'inibizione e assume che i soggetti usino la stessa strategia nei due momenti diversi. Questa assunzione non sembra essere supportata dalle osservazioni sperimentali dalle quali si evince che molti dei soggetti considerati compiono numeri elevati di omissioni o livelli insufficienti di inibizioni. Da una recente meta-analisi sull'efficacia dei compiti di stop per la valutazione dell'inibizione (Oosterlaan, Logan, & Sergeant, 1998) risulta che bambini con ADHD hanno processi inibitori più lenti, ma né sono meno capaci di attivare processi inibitori né il processo di inibizione presenta maggior variabilità rispetto a bambini non diagnosticati come ADHD. Da questi dati è ragionevole supporre che le misure principali dell'inibizione delle risposte non possono essere ottenute direttamente dalla tipologia di compito *stop-signal* (considerato che un'inibizione riuscita si manifesta apertamente da un'omissione della risposta) ma si tratta piuttosto di una spiegazione teorica e derivata dalla stima della latenza del processo inibitorio postulato, la cui robustezza dipende in parte dalla performance nel compito go, e almeno in minima parte dalla capacità soggettiva di inibizione. In questo modo il modello non fornisce una spiegazione esauriente della variabilità osservata rispetto al presupposto processo inibitorio, sembra invece plausibile interpretare i dati alla luce di una generalizzata lentezza nel processo di elaborazione dell'informazione e/o in base a difficoltà nel collegare le risposte al tempo richiesto dal compito (Oosterlaan & Sergeant, 1996). I dati ottenuti nella presente ricerca rispetto all'inibizione della risposta vanno strettamente nella direzione indicata da Barkley e dai sostenitori di un deficit delle funzioni esecutive come elemento di spiegazione eziologica cognitiva del disturbo da deficit attenzione per attività. Abbiamo deliberatamente scelto di utilizzare la metodologia Stop Signal Reaction Time al fine di poter ottenere dei dati facilmente elaborabili e che non presupponessero ulteriori sofisticazioni. In effetti data la semplicità dei risultati e del compito, ciò che possiamo affermare e

una significativa e marcata lentezza dei tempi di risposta nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo che si accompagna tuttavia ad una maggior variabilità del tempo di risposta. Inoltre i soggetti del gruppo di controllo commettono un minor numero di errori di commissione, ad indicare un miglior controllo del processo inibitorio. Chiaramente i dati presentati e che stiamo discutendo vanno presi con le dovute cautele a causa della scarsa numerosità del campione. I dati raccolti nello studio uno quindi permettono senza dubbio di poter affermare che le ipotesi di ricerca hanno trovato pienamente conferma avendo i soggetti del gruppo sperimentale commesso un maggior numero di commissioni, avendo esibito tempi di reazione decisamente maggiori, avendo commesso numero di risposte non date, che significa risposte emesse oltre linea temporale concessa, statisticamente e significativamente maggior rispetto al gruppo di controllo. A seguito dell'analisi dei risultati dello studio ci siamo interessati nella presente ricerca di esaminare le performance di bambini con ADHD in confronto a bambini in un gruppo di controllo sia rispetto ad un compito di inibizione della risposta che rispetto a un set di compiti relativi alla percezione di tempo, e precisamente abbiamo utilizzato compiti di produzione di intervalli e compiti di riproduzione di intervalli. Sulla base dei risultati precedentemente ottenuti dagli altri ricercatori, ciò che ci aspettavamo era di trovare delle differenze tra i due gruppi rispetto all'accuratezza dell'esecuzione dei diversi compiti siano di produzione che di riproduzione. I lavori precedenti hanno dimostrato che i bambini e adolescenti con ADHD manifestano difficoltà sia in compiti legati alla discriminazione delle durate che in compiti legati alla produzione e alla riproduzione di intervalli temporali. Tuttavia, il nostro interesse principale era quello di determinare l'esistenza di differenze tra i diversi compiti che abbiamo utilizzato e le diverse lunghezze temporali. La letteratura a riguardo è abbastanza vasta e piena di elementi contraddittori. Il disegno sperimentale che abbiamo messo a punto, prevalentemente costruito secondo una logica del confronto tra i gruppi ed entro i gruppi, ci ha permesso di verificare l'esistenza di alcune differenze molto significative. Ad esempio, abbiamo osservato sia nei compiti di produzione che nei compiti di riproduzione, differenze tra i gruppi in particolare per quanto riguarda le durate superiori ai cinque secondi, mentre abbiamo visto come spesso all'interno dello stesso

gruppo non esistevano differenze statisticamente significative tra le versioni dei compiti presentati ai soggetti. I compiti di produzione temporale erano stati approntati con l'obiettivo di verificare l'esistenza di differenti modalità di produzione prospettica di intervalli temporali. A tal fine abbiamo utilizzato due diverse modalità di stimolo legate all'autogenerazione dello stimolo oppure legate alla generazione mediata dal computer o da un agente esterno. In particolare, per quanto riguarda il gruppo sperimentale le prestazioni venivano contraddistinte da un coefficiente di variazione individuale minore nel compito regolato dal computer rispetto alle stesse condizioni di durata del compito autoregolato.

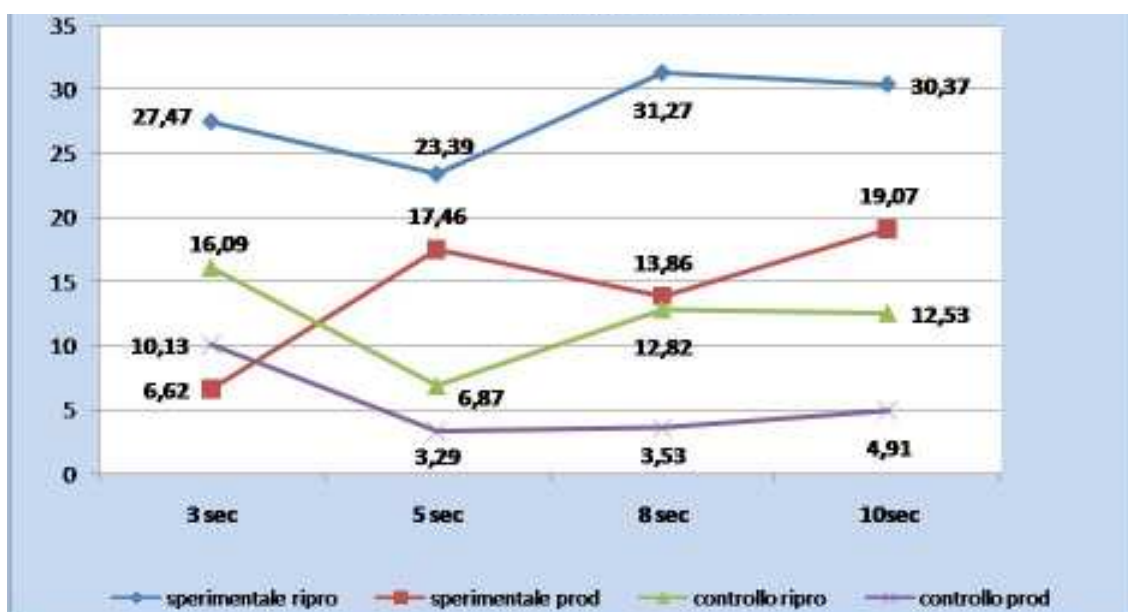


Figura 16. Scostamento medio assoluto nei diversi compiti di produzione e riproduzione.

Da un punto di vista clinico e educativo il risultato a nostro avviso ha potenzialmente una ricaduta molto forte in quanto, va in parte a confermare l'efficacia degli attuali programmi di trattamento e riabilitazione per i bambini o adolescenti con disturbo da deficit dell'attenzione e iperattività, programmi basate sulla strutturazione di brevi unità temporali e soprattutto fornisce indicazioni rilevanti rispetto alla capacità cognitiva di programmazione e pianificazione della risposta nei bambini con disturbo da Deficit Attenzione con iperattività.

Pur con tutti i limiti del caso, dalla presente ricerca emerge che un deficit associato alla percezione del tempo descrive in qualche modo il funzionamento

cognitivo di bambini ADHD. Specificamente, i bambini con ADHD (studio due) hanno dimostrato un impairment nella produzione di intervalli rispetto al gruppo di controllo. Questo risultato è in linea con altre ricerche precedenti che hanno riportato deficit nella percezione del tempo (Barkley, 1997; Barkley 2001; Sonuga-Barke 1998) e deficit a livello del cervelletto in soggetti con ADHD (Castellanos, 2001; Castellanos et al., 1996, 2001). Inoltre i bambini appartenenti al gruppo clinico anche in questo studio hanno dimostrato un maggiore tasso di variabilità della risposta rispetto al gruppo di controllo. È importante, notare che questa variabilità delle performance in compiti di produzione è stata ritrovata anche da altri studi che hanno utilizzato il paradigma della stima del tempo cioè, come dicevamo nel capitolo 1 compiti di discriminazione di durate, oltre che in studi su soggetti con lesioni al cervelletto che tipicamente mostrano deficit nell'esecuzione motoria temporizzata (Ivry, 1997). Una possibile spiegazione è che questa variabilità non sia specifica della capacità di elaborazione delle informazioni temporali, ma in qualche modo può essere collegata a un deficit attentivi. Alternativamente i risultati della presente ricerca fanno pensare che effettivamente proprio una scarsa capacità di allocazione di risorse attentive sull'elaborazione del passaggio del tempo, spieghi almeno in parte il contrastante pattern di risposte rispetto alla variabilità dei tempi. In effetti confrontando il compito di inibizione della risposta con le prestazioni degli stessi soggetti al compito di produzione di intervalli, ci accorgiamo di due caratteristiche di base differenti. Riconosciamo intanto che i due compiti hanno un carico cognitivo differente, ma la domanda che nasce è la seguente, come mai in un compito di inibizione della risposta il tempo medio di risposta dei soggetti nel gruppo clinico è maggiore rispetto al tempo medio di risposta dei soggetti gruppo di controllo e, viceversa il caso il compito di produzione di intervalli si ha una sottostima maggiore nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo, ovvero un tempo di risposta minore? Probabilmente questo differente pattern di risposta può essere spiegato alla luce del livello di attenzione richiesto dal compito, infatti mentre un compito Go/No-go richiede espressamente di mantenere l'attenzione sulla presentazione degli stimoli, e di conseguenza scegliere nel minor tempo possibile la risposta adeguata, il compito di produzione di intervalli richiede

invece di prestare attenzione non alla presenza dello stimolo ma al passaggio del tempo. Mentre la maggior parte degli studi che s'interessano di percezione del tempo utilizzano paradigmi basati su compiti di stima che richiedono un'esecuzione di risposte motorie (motor timing), studi che peraltro hanno trovato numerose evidenze di un'associazione tra il deficit motori deficit nella percezione del tempo (Rubia e Coll., 1999, 2001; Rubia 2003; Smith e coll., 2002), il presente studio si è interessato invece di valutare le performance sui compiti di produzione di durata, paradigma questo raramente utilizzato (Van Meel, e coll, 2005), di riproduzione di durata che richiedono prevalentemente in esecuzione cognitiva, suggerendo quindi un deficit nella percezione del passaggio del tempo, risultato questo consistente con ricerche precedenti. In questa direzione vanno i risultati degli studi condotti da Barkley (Barkley e coll., 2001a,b; Kerns e coll., 2001; Meaux & Chelonis, 2003; Smith e Coll., 2002; Sonuga-Barke e coll., 1998; Toplak e coll., 2003; West e coll., 2000).

Il primo capitolo lasciava intendere come la consapevolezza del passaggio del tempo sia inesplicabilmente connessa con la nostra capacità di memoria. Ciò non è soltanto vero nel caso del ricordo di qualcosa già successo. A volte noi dobbiamo ricordare l'inizio di un evento per giudicare la sua durata ma spesso dobbiamo anche ricordare il tempo che è passato, e, se distratti possiamo perdere la traccia del tempo e ad esempio lasciare che la torta bruci in forno. A tal proposito di Lewis e Miall (2006), propongono che ci sia una stretta relazione fra i neuroni che utilizziamo generalmente nelle nostre capacità di memoria di lavoro e i neuroni che utilizziamo per creare gli indici legate al passaggio del tempo. Come abbiamo visto i modelli che cercano di spiegare il modo in cui gli esseri umani percepiscono, scandiscono e organizzano il passaggio del tempo sono molteplici. La scelta del metodo per lo studio della valutazione del tempo sembra essere particolarmente importante a causa della natura differente dei processi implicati nei diversi compiti temporali. In letteratura ci sono evidenze rispetto a un deficit nell'elaborazione delle informazioni *time-related* derivanti da studi in cui sono stati utilizzati paradigmi differenti, ad esempio compiti di produzione sequenziali, e compiti di temporal discounting ma per quanto riguarda gli studi basati sul paradigma della stima (Barkley et al. 2001a; Barkley, Murphy, & Bush 2001b; McGee et al. 2004;

Meaux & Chelonis 2003; Shaw & Brown, 1999) la ricerca non mette in evidenza differenti pattern di risposta tra bambini e adolescenti con ADHD e gruppi di controllo. Alcune ricerche recenti in cui gruppi di soggetti con particolari caratteristiche cliniche sono stati esaminati, ad esempio anziani, persone con lesioni cerebrali, suggeriscono un coinvolgimento differenziale di un ipotetico orologio interno e di una componente di memoria nei compiti di produzione e di riproduzione di intervalli, il primo tramite un effetto visibile nei compiti di produzione, la seconda attraverso un effetto sulla riproduzione di intervalli. (Block e coll., 1998; Craik & Hay, 1999; Perbal e coll., 2002; Pouthas & Perbal, 2004; Vanneste, Perbal, & Pouthas, 1999). Anche i dati che abbiamo ottenuto nella presente ricerca nei compiti di produzione e di riproduzione lasciano supporre ancora una volta uno stretto legame tra senso del tempo e memoria. Infatti il pattern di risposta osservato, può essere derivato da quei meccanismi di base che costituiscono l'Attentional Gate Model (Zakay, 1989, 1993). Il modello suggerisce che la minor attenzione allocata al passaggio del tempo causa una distorsione nel processo di accumulazione degli impulsi che dal pacemaker si dirigono verso il contatore. Questa distorsione genera dunque una perdita di pulsazioni durante l'esecuzione del compito che determina una sovrastima dell'intervallo da produrre. Nel nostro caso i dati si adattano bene al modello perché la richiesta di attenzione su altri aspetti diversi dal passaggio del tempo risulta minima, per cui in particolare nei compiti di riproduzione si assiste ad una sottostima costante rispetto all'intervallo target. In effetti la sottostima risulta minore nei compiti di produzione, dove i partecipanti hanno la possibilità di allocare le risorse attentive sul tempo, mentre notiamo uno scostamento progressivo osservando i risultati nel compito VRT e IRT. Gli scostamenti osservati sono maggiori nei compiti di riproduzione che nei compiti di produzione, dove sembra essere maggiormente coinvolta la componente mnemonica che nel modello *attentional gate* rappresentato dal comparatore. Quindi a livello speculativo possiamo ipotizzare l'esistenza di una relazione molto stretta tra il livello di risorse attentive allocate sul tempo e la memoria associata all'evento. L'idea di far vedere ai bambini i due filmati nei compiti di riproduzione era finalizzata proprio a dimostrare la probabilità che segmentazione dell'azione (in questo caso il filmato) giochi un ruolo importante

nella percezione del passaggio del tempo. Gli elementi di ancoraggio avevano la funzione di facilitare il passaggio di informazione attraverso il gate attentivo, facilitazione questa che avrebbe portato ad una rappresentazione interna del tempo maggiormente fedele a target. Abbiamo rilevato che i bambini con ADHD dimostrano difficoltà nei compiti di riproduzione, i dati indicano un maggior impairment nella situazione IRT, ovvero, nella condizione in cui non ci sono chiari riferimenti visivi utili alla segmentazione dell'intervallo sebbene anche nel compito di riproduzione mediato dal video strutturato, in particolare i soggetti del gruppo clinico commettevano una sottostima sistematica, che probabilmente va ad indicare ancora una volta una certa difficoltà nell'inibizione della risposta. Allora viene spontaneo chiedersi come mai i deficit legati all'ADHD si verificano nei compiti di produzione e riproduzione ma non in quelli di stima. È possibile che quelli di produzione, e in modo particolare di riproduzione, siano compiti più sensibili rispetto alla stima in quanto probabilmente richiedono un maggior utilizzo della memoria di lavoro.

In conclusione, la presente ricerca fornisce un supporto ulteriore alla teoria del modello unificato di Barkley, la quale postula che bambini con ADHD hanno un impairment rispetto al senso del tempo e che tale difficoltà sia implicita nella natura del disturbo. Lo studio in relazione alla modalità di azione (*Self-Paced vs Computer-Paced*) permette di ipotizzare un ulteriore supporto all'ipotesi di un deficit delle funzioni esecutive considerando che i soggetti ottengono migliori prestazioni quando il compito è strutturato rispetto all'inizio dell'intervallo da produrre. Come dicevamo in precedenza si tratta di un dato che trova conferma negli attuali strumenti terapeutici utilizzati nei casi di ADHD. Lo studio tre in particolare anche dimostrato che la modalità di presentazione dello stimolo può fungere da moderatore rispetto all'impairment. Ne deriva che un punto importante di sviluppo riguarda la ricerca sul come un senso del tempo anomalo può influenzare la vita quotidiana di una persona con ADHD.

### 3.10.1 Limiti e possibili sviluppi

Il limite fondamentale della ricerca presentata sta nella scarsa numerosità del campione. In effetti sarebbe importante ampliare il campione al fine di poter generalizzare i risultati al di là delle osservazioni campionarie attuali.

Le possibilità di sviluppo della presente ricerca sono notevoli, in primo luogo se il campione fosse sufficientemente ampio, si potrebbe valutare con un livello di maggiore attendibilità il dato relativo alla costante variabilità dei tempi di reazione dei partecipanti con ADHD, e si potrebbero ipotizzare con più validità le ricadute sul piano educativo. Ampliando il campione sarebbe possibile verificare l'attendibilità e l'affidabilità dei task utilizzato nei confronti delle batterie di test che vengono attualmente utilizzati nella valutazione dei sintomi di ADHD. Sarebbe inoltre interessante poter sviluppare il livello dell'analisi dei dati tramite la rilevazione dei potenziali evocati associati ai diversi compiti proposti nella presente ricerca.

## Bibliografia

- Allan, L. G. (1998). The influence of the scalar timing model on human timing research. *Behavioural Processes*, *44*, 101-117.
- Baldwin, R. L., Chelonis, J. J., Flake, R. A., Edwards, M. C., Feild, C. R., Meaux, J. B., & Paule, M. G. (2004). Effect of methylphenidate on time perception in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Experimental Clinical Psychopharmacology*, *12*, 57-64.
- Banaschewski T., Brandeis D., Heinrich H., Albrecht B., Brunner E., Rothenberger A. (2003). Association of ADHD and conduct disorder – brain electrical evidence for the existence of a distinct subtype. *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, *44*, (3), 356–376.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, *121*, 65-94.
- Barkley, R. A., Edwards, G., Laneri, M., Fletcher, K., & Metevia, L. (2001a). Executive functioning, temporal discounting, and sense of time in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and oppositional defiant disorder (odd). *Journal of Abnormal Child Psychology*, *29*, 541-556.
- Barkley, R. A., Grodzinsky, G., & DuPaul, G.(1992). Frontal lobe functions in attention deficit disorder with and without hyperactivity: a review and research report. *Journal of Abnormal, Child Psychology*, *20*, 163-188.
- Barkley, R. A., Koplowitz, S., Anderson, T., & McMurray, M. B. (1997). Sense of time in children with adhd: Effects of duration, distraction, and stimulant medication. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *3*, 359-369.
- Barkley, R. A., Murphy, K. R., & Bush, T. (2001b). Time perception and reproduction in young adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychology*, *15*, 351-360.
- Baudouin, A., Vanneste, S., Isingrini, M., Pouthas, V. (2006). Differential involvement of internal clock and working memory in the production and

- reproduction of duration: A study on older adults. *Acta Psychologica*, 121, 285–296.
- Bellgrove M. A., Hester R. L., Garavan H. (2004). The functional neuroanatomical correlates of response variability: evidence from a response inhibition task. *Neuropsychologia*, 42, 1910–1916.
- Block, R. A., & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 4, 184-197.
- Booth J. R., Burman D. D., Meyer J.R., Lei Z., Trommer B.L., Davenport N.D. (2003). Neural development of selective attention and response inhibition. *Neuroimage*, 20, 737–51.
- Breier, J. I., Fletcher, J. M., Foorman, B. R., Klaas, P., & Gray, L. C. (2003). Auditory temporal processing in children with specific reading disability with and without attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 31-42.
- Brown, J.W. (1990). Psychology of time awareness. *Brain & Cognition*, 14, 144-164.
- Brown, L. N., & Vickers, J. N. (2004). Temporal judgments, hemispheric equivalence, and interhemispheric transfer in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Experimental Brain Research*, 154, 76-84.
- Brown, S. W., & Boltz, M. G. (2002). Attentional processes in time perception: Effects of mental workload and event structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 600-615.
- Buhusi C. V., & Meck W. H. (2005). What makes us tick? functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 755- 765.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(10), 755–765.
- Buonomano, D. V., & Mauk, M. D. (1994). Neural network model of the cerebellum: Temporal discrimination and the timing of motor responses. *Neural Computation*, 6, 38-55.
- Burks, H. (1960). The hyperkinetic child. *Exceptional Children*, 27, 18-28.

- Burns, G. L., Boe, B., Walsch, J. A., Soomers-Flannagan, R., & Teegarden, L. A. (2001). A confirmatory factor analysis on the DSM-IV ADHD and ODD Symptoms: what is the best model for the organization of these symptoms? *Journal of Abnormal Child Psychology*, 29, 339-349.
- Capella, B., Gentile, J. R., & Juliano, D. B. (1977). Time estimation by hyperactive and normal children. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 787-790.
- Casey B. J., Galvan A., Hare T. A. (2005). Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 239-44.
- Castellanos, F. X., & Tannock, R. (2002). Neuroscience of attention deficit/hyperactivity disorder: The search for endophenotypes. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 617-628.
- Castellanos, F. X., Lee, P. P., Sharp, W., Jeffries, N. O., Greenstein, D. K., Clasen, L. S., Blumenthal, J. D., James, R. S., Ebens, C. L., Walter, J. M., Zijdenbos, A., Evans, A. C., Giedd, J. N., & Rapoport, J. L. (2002). Developmental trajectories of brain volume abnormalities in children and adolescents with attention deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Medical Association*, 288, 1740-1748.
- Church, R. M., & Broadbent, H. (1990). Alternative representations of time, number, and rate. *Cognition*, 37, 55-81.
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Development*, 71, 44-56.
- Douglas, V.I., & Parry, P. A. (1983). Effects of reward on delayed reaction time task performance of hyperactive children. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 11, 313-326.
- Douglas, V.I., & Parry, P. A. (1994). Effect of reward and non-reward on attention and frustration in attention deficit disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 22, 281-302.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. H. (2002). Speeding up an internal clock in children? Effects of visual flicker on subjective duration. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B*, 55(3), 193-211.

- DuPaul, G. J., Power, T. J., Anastopoulos, A.D., & Reid, R. (1998). *ADHD Rating Scale- IV: Checklist, norms and clinical interpretation*. New York: Guilford Press.
- Durstun S., Casey B.J. (2006). What have we learned about cognitive development from neuroimaging? *Neuropsychologia*, *44*, 2149–2157.
- Durstun S., Tottenham N. T., Thomas K. M., Davidson M. C., Eigsti I., & Yang Y. (2003). Differential patterns of striatal activation in young children with and without ADHD. *Biological Psychiatry*, *53*, 871–878.
- Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology*, *35*, 1–36.
- Getty, D. J. (1975). Discrimination of short temporal intervals: A comparison of two models. *Perception and Psychophysics*, *18*, 1-8.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, *84*, 279-325.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *423*, 52-77.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Molloy, E., & Castellanos, F. X. (2001). Brain imaging of attention deficit/hyperactivity disorder. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *931*, 33-49.
- Grosjean, M., Rosenbaum, D. A., & Elsinger, C. (2001). Timing and reaction time. *Journal of Experimental Psychology: General*, *2*, 256-272.
- Hazeltine, E., Helmuth, L. L., & Ivry, R. B. (1997). Neural mechanisms of timing. *Trends in Cognitive Sciences*, *1(5)*, 163–169.
- Ivry R.B. (1996) The representation of temporal information in perception and motor control. *Current Opinion in Neurobiology*, *6*, 851–857.
- Ivry R.B., Hazeltine R.E. (1995) Perception and production of temporal intervals across a range of durations: evidence for a common timing mechanism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 3–18.
- Jonkman, L. M. (2006). The development of preparation, conflict monitoring and inhibition from early childhood to young adulthood: a Go/Nogo ERP study. *Brain Research*, *1097*, 181–93.

- Kanai, R., & Watanabe, M. (2006). Visual onset expands subjective time. *Perception and Psychophysics*, *68*(7), 1113–1123.
- Kerns, K. A., & Price, K. J. (2001). An investigation of prospective memory in children with ADHD. *Child Neuropsychology*, *7*, 162-171.
- Kerns, K. A., McInerney, R. J., & Wilde, N. J. (2001). Time reproduction, working memory, and behavioral inhibition in children with ADHD. *Child Neuropsychology*, *7*, 21-31.
- Kristofferson, A. B. (1980). A quantal step function in duration discrimination. *Perception and Psychophysics*, *27*, 300-306.
- Kushleyeva, Y., Salvucci, D.D., Lee, F.J. (2005). Deciding when to switch tasks in time critical multitasking. *Cognitive System Research*, *6*, 41-49.
- Lahey, B.B., Applegate, B., Mc Burnett, K., Biederman, J., Greenhill, L., Hynd, G.W., et al (1994). DSM-IV field trials for attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents. *American Journal of Psychiatry*, *151*, 1673-1685.
- Lalonde R., Hannequin D.(1999) The neurobiological basis of time estimation and temporal order. *Review of Neuroscience*, *10*, 151–73.
- Leth-Steensen, C., Elbaz, Y. K., Douglas, V. I. (2000). Mean response times, variability, and skew in the responding of ADHD children: a response time distributional approach. *Acta Psychologica* *104*, 167-190.
- Lewis P.A., & R., Miall. C., (2006). Remembering the time: a continuous clock. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*, (9).
- Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2003b). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: Evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*, *13*, 250-255.
- Macar, F. (1996). Temporal judgments on intervals containing stimuli of varying quantity, complexity and periodicity. *Acta Psychologica*, *92*(3), 297–308.
- Matell, M. S., & Meck, W. H. (2000). Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. *Bioessays*, *22*(1), 94–103.
- Matell, M. S., Meck, W. H., & Nicolelis, M. A. L. (2003). Interval timing and the encoding of signal duration by ensembles of cortical and striatal neurons. *Behavioral Neuroscience*, *117*, 760-773.

- Mates, J., Mueller, U., Radil, T., & Poeppel, E. (1994). Temporal integration in sensorimotor synchronization. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 332–340.
- McGee, R., Brodeur, D., Symons, D., Andrade, B., & Fahie, C. (2004). Time perception: Does it distinguish ADHD and RD children in a clinical sample? *Journal of Abnormal Child Psychology*, 32, 481-490.
- McInerney, R. J., & Kerns, K. A. (2003). Time reproduction in children with ADHD: Motivation matters. *Child Neuropsychology*, 9, 91-108.
- Meaux, J. B., & Chelonis, J. J. (2003). Time perception differences in children with and without ADHD. *Journal of Pediatric Health Care*, 17, 64-71.
- Nigg, J.T. (2000). On Inhibition/dishinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126, 220-246.
- Nigg, J.T. (2001). Is ADHD an inhibitory disorder? *Psychological Bulletin*, 125, 571-596.
- Pamela Ulbrich, P., Churan, J., Fink, M., Wittmann, M. (2007). Temporal reproduction: Further evidence for two processes. *Acta Psychologica*, 125, 51–65.
- Perbal S, Droit S, Isingrini M, Pouthas V (2002) Relationships between age-related changes in time estimation and age-related changes in processing speed, attention, and memory. *Aging, Neuropsychology and Cognition* 9, 201-216.
- Pitcher, T. M., Piek, J. P., & Barrett, N. C. (2002). Timing and force control in boys with attention deficit hyperactivity disorder: Subtype differences and the effect of comorbid developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 21, 919-945.
- Pouthas V., & Perbal S. (2004). Time perception depends on accurate clock mechanisms as well as unimpaired attention and memory processes. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64, 367-385.
- Predebon, J. (1996). The effects of active and passive processing of interval events on prospective and retrospective time estimates. *Acta Psychologica*, 94(1), 41–58.

- Radonovich, K. J., & Mostofsky, S. H. (2004). Duration judgments in children with ADHD suggest deficient utilization of temporal information rather than general impairment in timing. *Child Neuropsychology, 10*, 162-172.
- Rubia, K., Noorloos, J., Smith, A., Gunning, B., & Sergeant, J. (2003). Motor timing deficits in community and clinical boys with hyperactive behavior: The effect of methylphenidate on motor timing. *Journal of Abnormal Child Psychology, 31*, 301-313.
- Rubia, K., Overmeyer, S., Taylor, E., Brammer, M., Williams, S., Simmons, A., Andrew, C., & Bullmore, E. (1998). Prefrontal involvement in 'temporal bridging' and timing movement. *Neuropsychologia, 36*, 1283 -293.
- Rubia, K., Taylor, A., Taylor, E., & Sergeant, J. A. (1999). Synchronization, anticipation, and consistency in motor timing of children with dimensionally defined attention deficit hyperactivity behavior. *Perceptual and Motor Skills, 89*, 1237-1258.
- Schachar, R.J., Tannock, R., & Logan, G. (1993). Inhibitory control, impulsiveness, and attention deficit hyperactivity disorder. *Clinical Psychology Review, 13*, 721–739.
- Seri, Y., Kofman, O., & Shay, L. (2002). Time estimation could be impaired in male, but not female adults with attention deficits. *Brain and Cognition, 48*, 553-558.
- Shaw, G., & Brown, G. (1999). Arousal, time estimation, and time use in attention disordered children. *Developmental Neuropsychology, 16*, 227-242.
- Smith A., Taylor E., Warner Rogers J., Newman S., Rubia K. (2002). Evidence for a pure time perception deficit in children with ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 43* (4), 529–42.
- Sonuga-Barke, E. J. S., Saxton, T., & Hall, M. (1998). The role of interval underestimation in hyperactive children's failure to suppress responses over time. *Behavioural Brain Research, 94*, 45-50.
- Sonuga-Barke, E.J.S., & Taylor, E. (1992). The effect of delay on hyperactive and nonhyperactive childrens response-times. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 33*, 1091-1096.

- Stuss D. T., Murphy K. J., Binns M. A., Alexander M.P. (2003). Staying on the job: the frontal lobes control individual performance variability. *Brain*, 126, 2363–2380.
- Thomas, E. A. C., & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception and Psychophysics*, 17, 363-367.
- Toplak M.E., Tannock R. (2005a). Tapping and anticipation performance in attention deficit hyperactivity disorder. *Perceptual Motor Skills*, 100 ,659–675.
- Toplak, M. E., Rucklidge, J. J., Hetherington, R., John, S. C. F., & Tannock, R. (2003). Time perception deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder and comorbid reading difficulties in child and adult samples. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 888-903.
- Toplak, M.E., Tannock, R. (2005b). Time perception: modality and duration effects in attention-deficit-hyperactivity disorder (ADHD). *Journal of Abnormal Child Psychology*, 639–654.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the internal clock. *Psychological Monographs*, 77, 1-13.
- Treisman, M., Cook, N., Naish, P. L., & MacCrone, J. K. (1994). The internal clock: electroencephalographic evidence for oscillatory processes underlying time perception. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A(2), 241–289.
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., & Brogan, D. (1990). The internal clock: Evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19, 705-743.
- Van Meel, C.S., Oosterlaan, J., Heslenfeld, D.J., Sergeant, J.A. (2005). Motivational effects on motor timing in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of American Academic Child and Adolescence Psychiatry*, 44 (5), 451–460.
- Vanneste S, Pouthas V (1999) Timing in aging: the role of attention. *Experimental Aging Research*, 25, 49-67.
- West, J., Douglas, G., Houghton, S., Lawrence, V., Whiting, K., & Glasgow K. (2000). Time perception in Boys With Attention-Deficit / Hyperactivity

- Disorder According to Time Duration, Distraction and Mode of Presentation. *Child Neuropsychology*, 6, (4), 241-250.
- 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.
- Yong-Liang G., Robaey P., Karayanidis F., Bourassa M., Pelletier G., Geoffroy G. (2000). ERPs and behavioral inhibition in a Go/No-Go task in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Brain & Cognition*, 43, 206–324.
- Zakay D., Block, R.A.(1996b) Temporal cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 6 (1), 12–16.
- Zakay, D. (1989). Subjective time and attentional resource allocation: an integrated model of time estimation. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), *Time and Human Cognition* (365-397). Amsterdam: Elsevier.
- Zakay, D. (1990). *The evasive art of subjective time measurement: Some methodological dilemmas*. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zakay, D., & Block, R. A. (2004). Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64(3), 319–328.
- Zakay, D., Block, R.A.(1996a) The role of attention in time estimation processes. In: M.A., Pastor, J., Artieda (editori). *Time, internal clocks and movement*, 115. Amsterdam: Elsevier Science, 143–163.

## **Ringraziamenti**

Ogni volta che si porta a termine qualcosa si sente la necessità di esprimere la propria gratitudine verso quelle persone che hanno reso possibile la realizzazione del lavoro.

Primi fra tutti voglio ringraziare tutti i Bambini e le Famiglie che hanno deciso di partecipare alla ricerca.

Ringrazio pertanto la Dott.ssa Claudia Zilioli, e i professionisti dell'AUSL di Parma che hanno reso possibile lo sviluppo della ricerca.

Un grazie particolare va alla dott.ssa Giorgia Morini e alla dott.ssa Annalisa Finardi per la collaborazione preziosa ed insostituibile.

Ringrazio il collegio dei docenti e in particolare la Prof.ssa Annalisa Pelosi che non si è mai risparmiata nel trasmettere conoscenze.

Infine un grazie alla mia famiglia.