



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia Generale**

**Corso di laurea Magistrale in Neuroscienze e  
Riabilitazione Neuropsicologica**

**Tesi di Laurea Magistrale**

**Effetti Immediati del Gioco sulle abilità fino-motorie**

**Immediate effects of playing on fine-motor skills**

***Relatore:***

Prof. Andrea Facoetti

***Correlatori***

Dott.ssa Giovanna Puccio

Dott.ssa Sara Bertoni

Dott. Sandro Franceschini

***Laureanda:*** Diletta Andreotti

***Matricola:*** 2014959

Anno Accademico 2021/2022

# INDICE

<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>1. Il gioco: dall'etologia ai giochi nel II millennio</b>	<b>4</b>
1.1 <u>Il gioco nel regno animale e nell'uomo</u>	5
1.2 <u>Gioco ed emozioni positive</u>	11
1.3 <u>I videogiochi d'azione: possibili applicazioni riabilitative</u>	14
<b>2. La riabilitazione dei disturbi evolutivi della coordinazione motoria tramite gli AVG</b>	<b>18</b>
2.1 <u>Il Disturbo evolutivo della coordinazione</u>	18
2.2 <u>Effetti dei videogiochi sulla coordinazione</u>	24
<b>3. Uno studio cross-over sugli effetti immediati del gioco sulle abilità motoria fine</b>	<b>31</b>
3.1 <u>Scopo dell'esperimento</u>	31
3.2 <u>Metodo</u>	31
3.3 <u>Risultati</u>	36
3.4 <u>Discussione</u>	40
<b>Bibliografia</b>	<b>44</b>

## INTRODUZIONE

Lo scopo del presente elaborato è quello di presentare e discutere i dati sperimentali ottenuti in uno studio cross-over sugli effetti immediati dei giochi sulla motricità fine, contestualizzandoli rispetto ai più rilevanti risultati sperimentali attualmente disponibili. Nello specifico, il primo capitolo presenta la letteratura riguardante l'attività del gioco, portando all'attenzione del lettore le principali forme di gioco nel regno animale e nell'uomo, per poi sottolinearne gli effetti legati all'esperienza emotiva maggiormente associata, ossia il divertimento e la gioia (Fredrikson, 2013). Sono quindi esposti alcuni studi che sottolineano gli effetti cognitivi prodotti dai videogiochi d'azione. Infatti, una lettura sempre più florida riporta diversi esiti positivi a livello cognitivo, motorio, ed educativo, connessi con questa attività.

Il secondo capitolo si concentra invece sul disturbo evolutivo della coordinazione, analizzandone le caratteristiche principali e le implicazioni per il sistema motorio. Quindi, saranno esposti alcuni dati sperimentali i quali mostrano gli effetti dei videogiochi sul sistema motorio e sulla coordinazione. Ciò permette di ipotizzare che un trattamento tramite videogiochi potrebbe essere efficace ed auspicabile per questo disturbo.

Nel terzo capitolo verranno esposti e discussi i risultati ottenuti tramite uno studio cross-over su un campione di 61 soggetti adulti, nel quale sono state confrontate le prestazioni in un compito di coordinazione fine in due differenti condizioni sperimentali. Infatti, gli stessi soggetti svolgevano il test di destrezza manuale dopo aver giocato ad un videogioco o successivamente ad un gioco da tavolo. I risultati ottenuti mostrano un effetto del tipo di gioco sulle abilità fino-motoria nella mano dominante, per cui punteggi migliori sono ottenuti successivamente ai trial in cui il partecipante giocava con il videogioco, rispetto a quando utilizzava il gioco da tavolo. Questo risultato ha delle importanti conseguenze nell'ambito della riabilitazione del disturbo evolutivo della coordinazione, confermando quanto precedentemente detto circa l'impiego dei video giochi nella pratica clinica. Inoltre, viene confermato quanto affermato da studi precedenti che evidenziavano miglioramenti cognitivi e motori successivamente all'utilizzo di videogiochi d'azione in bambini con disturbi del neurosviluppo (Franceschini et al., 2022). Oltre agli aspetti sensori-motori, questo esperimento cross-over indaga e conferma una relazione fra gli effetti del gioco e le emozioni positive, rilevando come i partecipanti restituiscano una valutazione più positiva per il videogioco rispetto al gioco da tavolo.

# CAPITOLO I

## Il gioco: dall'etologia ai giochi nel II millennio

Giocare è un'attività estremamente varia che tuttavia viene facilmente identificata da chiunque. Ma cosa significa giocare? La definizione principale riportata dal Vocabolario Treccani Online (<https://www.treccani.it/vocabolario/gioco/>) per il sostantivo gioco recita: *“Qualsiasi attività liberamente scelta a cui si dedichino, singolarmente o in gruppo, bambini o adulti senza altri fini immediati che la ricreazione e lo svago, sviluppando ed esercitando nello stesso tempo capacità fisiche, manuali e intellettive”*. Per quanto questa definizione possa sembrare chiara, cosa sia effettivamente considerabile un gioco e cosa no non è così evidente. Il concetto di gioco infatti resta ambiguo e per questo motivo per molto tempo il fenomeno del gioco è stato trascurato dalla biologia, che lo riteneva presente solo nei mammiferi ed in alcuni uccelli (Burgardt, 2005; Graham & Burghard, 2010), e dalla psicologia che lo definiva principalmente sulla base della tipologia del gioco compiuto (es giochi senso-motori, simbolici, con regole vedi Fagen, 1981; Piaget, 1962). Burghard (2005) propone una definizione applicabile in diverse discipline, basata su cinque criteri: il gioco 1) non è funzionale al contesto nel quale appare; 2) è spontaneo, piacevole; 3) differisce da altri comportamenti seri per esagerazione o poiché precoce rispetto all'età in cui quel comportamento compare; 4) viene ripetuto, ma non è stereotipico; 5) inizia in assenza di stress intenso. A partire da questa definizione, il presente capitolo presenterà alcuni studi scientifici sul gioco nel regno animale e nell'uomo, utili per comprendere le principali teorie sulle cause del gioco. Successivamente verranno discussi alcuni effetti associati al gioco, considerando anche l'influenza delle emozioni positive da essi generate. Infine, verrà presentata la recente letteratura sui videogiochi, facendo particolare riferimento al genere d'azione, per evidenziare gli effetti generati da quest'esperienza e come possano trovare applicazione nell'ambito della riabilitazione neuropsicologica.

## 1.1 Il gioco nel regno animale e nell'uomo

### 1.1.1 Uno sguardo al regno animale

La biologia ha iniziato a produrre lavori sul gioco solo a partire dal XX secolo, questo principalmente a causa delle difficoltà nel definire il concetto di gioco e nel distinguere un comportamento ludico da uno serio, come per esempio la lotta che può essere espressione di divertimento o di aggressività (Graham & Burghardt, 2010; Pellis & Pellis, 2009). Tuttavia, a partire dai cinque criteri proposti da Burghardt (2005) è possibile individuare il gioco in molte specie, anche filogeneticamente lontane. La maggior parte dei piccoli dei mammiferi giocano (Fagen, 1981), ma non solo. Il gioco è stato osservato anche negli uccelli, che si divertono a far cadere e riprendere oggetti (Gamble & Cristol, 2002); nei rettili, fra cui coccodrilli e tartarughe che giocano con palloni (Burghardt, 2014; Dinets, 2015); nei pesci che interagiscono con oggetti, mentre i polipi giocano con i lego e con i palloni. Ancora, vengono osservati giochi sociali nelle rane, nelle vespe, nei ragni (Burghardt, 2014). Le modalità di gioco nel regno animale possono essere suddivise



Fig 1: *Frequenza del comportamento di gioco nei vertebrati*. Nella figura si può osservare un albero filogenetico della presenza del gioco, in nero le specie in cui è presente; puntini neri le specie nelle quali è presente in alcuni gruppi; in bianco le specie nelle quali è sconosciuto nella maggior parte dei gruppi (da Graham & Burghardt, 2010, p. 403)

generalmente in tre tipologie: i giochi solitari di locomozione, giochi con oggetti e giochi sociali (Fagen, 1981).

I giochi di locomozione consistono in corse, movimenti, rotazioni, solitamente compiuti in solitario che tendono ad essere simili, ma esagerati rispetto ai movimenti messi in atto di norma dall'animale (Graham & Burghardt, 2010).

I giochi con oggetti possono essere compiuti sia in gruppo che da soli e implicano appunto la manipolazione di oggetti inanimati; probabilmente questo tipo di gioco è un precursore delle abilità di utilizzare attrezzi (Graham & Burghardt, 2010), e nei predatori pare rievocare i comportamenti utilizzati nella caccia (Biben, 1986).

Infine, il gioco sociale richiede la presenza di almeno due giocatori, non per forza della stessa specie. Fra i giochi sociali quello maggiormente studiato è il gioco-lotta (Pellis & Pellis, 2009) che richiede all'animale di leggere i segnali sociali emessi dall'altro e di reagire rapidamente ed accuratamente ai movimenti dell'altro, anticipandolo (Graham & Burghardt, 2010). Queste tre categorie di gioco possono presentarsi separatamente o mescolate l'una all'altra nelle diverse specie.

Il gioco risulta quindi presente in diverse modalità in specie che non condividono né l'origine filogenetica, né l'habitat, né la struttura sociale, né la dieta (Burghardt, 2005) (Fig. 1). L'evidenza di questo comportamento in realtà così eterogenee può essere spiegata solo dalla presenza di uno o più benefici che superino i costi. Infatti se il gioco non fosse evolutivamente rilevante, la selezione avrebbe agito eliminandolo (Fagen, 1981). Inoltre, questa attività risulta connessa a numerosi costi fra i quali: consumo di energia e di tempo spendibile per comportamenti connessi alla sopravvivenza come mangiare o riprodursi; aumento del rischio di essere catturati da predatori (Harcourt, 1991) durante il gioco; possibili lesioni connesse a cadute o ritorsioni (Graham & Burghardt, 2010). Se l'evoluzione ha spinto verso un comportamento così pericoloso, i benefici ad esso connessi devono essere maggiori in termini di *fitness*, seppure non appaia chiaro come per altri comportamenti. Nunes et al. (2004) riporta ad esempio una correlazione fra la quantità di gioco sociale e le successive abilità sociali; inoltre, rileva che le femmine che giocano maggiormente mostrano un maggior successo riproduttivo, mentre nei maschi il gioco viene associato ad una uscita dal gruppo più precoce. Secondo Fagen & Fagen (2004), gli orsi bruni che giocano maggiormente hanno maggior possibilità di sopravvivere a parità di corporatura, disponibilità di cibo e cure materne. Questo risultato è avvalorato dallo studio di Cameron et al. (2008) che segnala la connessione tra quantità di gioco e maggior probabilità di sopravvivenza al primo anno

di vita nei puledri selvatici. Infine, il gioco sociale può produrre benefici immediati come la riduzione della tensione e dell'aggressività in situazioni di stress, permettendo ai giovani di testare le abilità personali, proprie e dei pari, oltre che al livello di cooperazione (Palagi et al., 2004).

### 1.1.2 Teorie sulle funzioni del gioco

Storicamente sono state sviluppate tre teorie principali atte a spiegare per quale motivo gli animali e l'uomo giochino: la teoria del surplus energetico, la teoria dell'istinto-pratica e quella della rievocazione.

La teoria del surplus energetico viene proposta da Spancer nel 1872, e afferma che il gioco nei mammiferi serve per consumare gli accumuli di energia in eccesso. Questa teoria viene contestata poiché si obietta che gli animali giocano anche in assenza o precedentemente al cibo (Palagi et al., 2004), e persino a scapito dell'aumento del peso corporeo (Berghänel et al., 2015). Tuttavia, è vero che vi è una relazione fra l'alimentazione (Sharpe et al., 2002), il metabolismo (Burghardt, 2005) e la quantità di gioco. La deprivazione di cibo, la malattia e la prigionia infatti diminuiscono questa attività (Graham & Burghardt, 2010).

La teoria dell'istinto-pratica di Groos (1901) afferma che i giovani sono istintivamente portati a giocare poiché queste esperienze fungono da allenamento, in un contesto maggiormente sicuro, per l'età adulta (Smith, 1982). Groos ritiene infatti questo perfezionamento tramite il gioco una delle cause dei prolungati periodi di giovinezza in alcune specie, fra le quali i mammiferi. Questa teoria ha influenzato enormemente gli studi successivi nell'ambito del gioco sia nel regno animale che nell'uomo (Fagen, 1981), ed alcuni studi ne confermano la validità (vedi Byers & Walkers, 1995; Nunes et al., 2004). Tuttavia non sembra in grado di spiegare completamente la presenza del gioco. Infatti ai mammiferi non viene data la possibilità di giocare nell'infanzia, questi svilupperanno ugualmente normali abilità nell'età adulta (Caro, 1980; Graham & Burghardt, 2010). Inoltre i comportamenti attuati durante il gioco non sono i medesimi utilizzati nei rispettivi comportamenti maturi (Pellis & Pellis 2009); infatti, Sharpe (2005) rileva che nei macachi la quantità di gioco lotta nei cuccioli non è correlata alla possibilità di vincere effettivamente uno scontro durante l'età adulta. A partire dall'ipotesi dell'istinto pratica, altre successive teorie affermano che il gioco potrebbe servire come allenamento a eventi inaspettati, aiutando l'animale a sviluppare flessibilità dal punto di

vista locomotorio ed emotivo (Pellis & Pellis 2017; Spinka et al., 2001). Graham & Burghardt (2010) propongono che il gioco possa fungere non tanto da pratica per i comportamenti successivi, ma piuttosto da esperienza che permette lo sviluppo ed il mantenimento a livello percettivo, neurale e motorio di certi comportamenti.

La teoria della rievocazione (Hall, 1904) viene applicata principalmente all'uomo e vede il gioco come una forma essenziale di comportamenti che in epoche passate potevano risultare evolutivamente rilevanti, ma che attualmente non lo sono più, come nel caso degli sport umani. Tuttavia questa ipotesi non è facilmente generalizzabile al regno animale.

In letteratura molte ricerche si sono concentrate nell'indagare gli effetti del gioco sociale per comprendere se questo possa aumentare le abilità e le reti relazionali. Vengono suggerite numerose possibili funzioni sociali connesse al gioco, come l'apprendimento e la promozione di cooperazione e altruismo, l'aumento dei legami sociali, la diminuzione dell'aggressività e quindi un generale aumento delle capacità sociali (Fagen, 1981; Pellis & Pellis, 2009). Tuttavia, le evidenze circa la validità di queste ipotesi restano limitate, dato che la deprivazione del gioco sociale non inficia lo sviluppo di queste abilità nell'età adulta (Baldwin & Baldwin, 1974). Nonostante ciò, ratti che attuano maggiormente il gioco-lotta mostrano

maggiori competenze sociali in situazioni non ludiche (Pellis & Pellis, 2009), ed in generale il gioco permette delle interazioni sociali complesse fra pari che consentono di testare la propria e l'altrui forza senza gravi conseguenze (Palagi, 2018). Burghardt (2005) propone una teoria unificante sulle funzioni del gioco che accoglie elementi da tutte le precedenti. Secondo la sua visione il gioco può essere suddiviso su tre livelli di

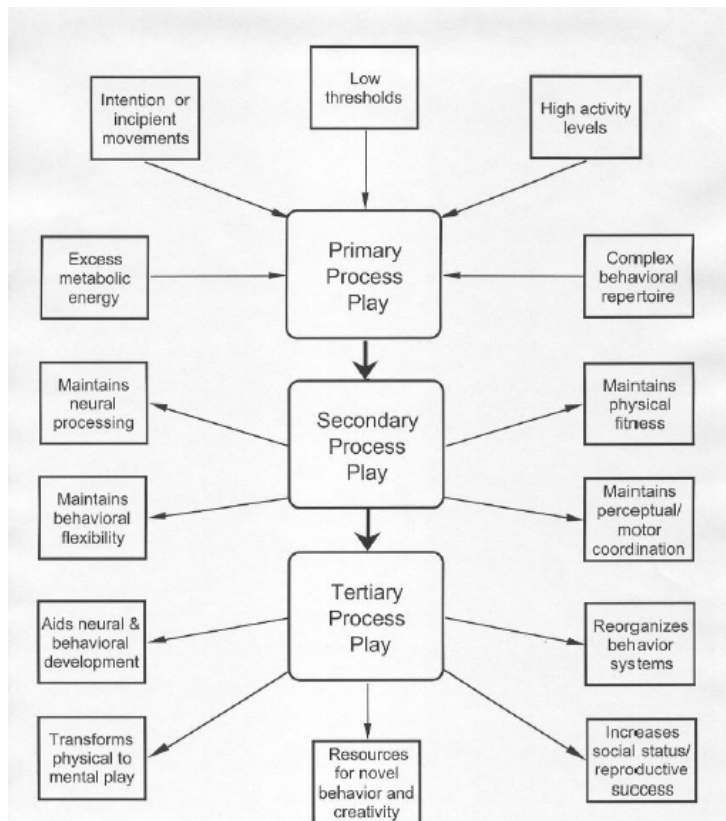


Fig 2- Schema sulle funzioni del gioco suddiviso su tre livelli di processo (da Burghardt, 2005).



processo che possono avvenire sia nella stessa specie che nello stesso individuo, a seconda del contesto. A livello primario il gioco avviene per mancanza di stimolazione o eccesso metabolico; a livello secondario aiuta a mantenere la condizione fisiologica, percettiva e comportamentale; mentre a livello terziario il gioco può servire per sviluppare aspetti cognitivi, sociali ed innovazioni comportamentali (Fig 2).

Proprio queste ultime competenze risultano fondamentali nello sviluppo dei bambini. Tuttavia il gioco nell'uomo può avvalersi di una capacità cognitiva che l'animale non pare possedere: la capacità di rappresentare simboli (Karmiloff-Smith, 1992)

### 1.1.3 Il gioco simbolico nell'uomo

Il gioco simbolico nei bambini viene definito dalle proposizioni “Come...Se” (Garvey, 1990), per cui il bambino finge e proietta delle rappresentazioni mentali nella situazione reale con il solo scopo di giocare; oppure può utilizzare degli oggetti come se fossero altro (Lillard, 1993). Il gioco simbolico può essere sia solitario che sociale e inizia ad essere presente fra i 12-18 mesi, raggiungendo il picco massimo fra 3 e 5 anni, per poi diminuire nell'adolescenza e nell'età adulta (Piaget, 1962; Smith & Lillard, 2012). Secondo Piaget (1962) la presenza del gioco simbolico attorno ai due anni permette di inferire la presenza del pensiero simbolico nel bambino, e la sua comparsa quindi è indice della capacità del bambino di formare delle rappresentazioni e di utilizzarle in modo flessibile (Karmiloff-Smith, 1992). Nella visione di Vygotsky (1978) invece il gioco simbolico svolgerebbe una funzione cruciale nello sviluppo, permettendo di generare il pensiero astratto. L'assenza del gioco simbolico può fungere da indicatore di sviluppo atipico: non viene infatti osservato in alcuni disturbi del neurosviluppo, come nel caso della sindrome dello spettro autistico, e in casi di deprivazione sociale, come negli orfanotrofi rumeni durante la dittatura di Ceausescu (Lillard, 2017). Il gioco simbolico viene quindi considerato importante per lo sviluppo del bambino, tuttavia risulta necessario definire quali siano gli effetti causati dal gioco, quali associati al gioco e quali invece siano connessi a terze variabili. La rassegna di Lillard et al. (2013) rivede gli studi presenti in letteratura al fine di indagare quali siano gli effetti del gioco simbolico sulle abilità cognitive, emotive e sociali classicamente ritenute associate a questa attività. Per quanto riguarda la possibilità del gioco simbolico di aumentare la creatività, pare che le evidenze siano inconsistenti e che quindi si possa al più pensare ad una terza variabile che influenza entrambi i processi, come l'interazione con l'adulto.

Invece, viene confermata la relazione fra intelligenza e livello di gioco, ma non è chiara la direzione del il rapporto causale tra l'una e l'altro. Non viene rilevata nessuna relazione fra gioco simbolico e *problem solving* né con abilità di ragionamento (i.e. legge della conservazione). Relativamente agli effetti del gioco sulle abilità sociali e sulla teoria della mente non vi sono solide evidenze circa un effetto cruciale del gioco; parrebbe nuovamente che queste abilità siano legate a terze variabili, quale l'interazione con l'adulto. Anche la relazione fra gioco e funzioni esecutive non è significativa. Invece, risultano positive la relazione fra gioco simbolico ed abilità di regolare le emozioni, così che il gioco può abbassare lo stress e diminuire la tensione percepita; e l'interazione fra quantità di gioco simbolico e sviluppo del linguaggio nell'infanzia, e di abilità narrative. Questa associazione fra gioco e abilità linguistiche è robusta nell'infanzia, e continua a permanere fino ad almeno 6 anni (Quinn, Donnelly, & Kidd, 2018). Nella Fig. 3 sono sintetizzati i domini ed i relativi risultati della rassegna di Lillard et al. (2013). Nonostante molti ambiti non siano causalmente associati al gioco-simbolico, resta comunque utile favorirlo poiché diminuisce la tensione, aumenta la variabilità cardiaca (Hutt et al., 1990) e facilita interazioni positive fra adulto e bambino (Karmiloff-Smith, 1992).

Domain or subdomain	Causal	Equifinal	Epiphenomenal
Creativity	No: Inconsistent correlations.	No: When experimenters are masked or filmed or have other hypotheses, null results.	Best supported, but not clear what of. Adult interaction, materials, social mix?
Intelligence	No: Although correlations, direction of effects is uncertain; skills training suggests adult interaction could be underlying third variable.	No: Music training is more effective.	Best supported: Adult interaction or other features of intervention.
Problem solving	No: Construction but not pretend play.	No: Construction but not pretend play.	No: Construction but not pretend play. Associations might result from propensity to construct.
Reasoning	No: Getting children to focus on premises is as effective.	Yes.	Possible: If pretend as operationalized is also a cue to pay attention to premises, and this is true reason for results.
Conservation	No: Correlational studies find no relationship; training results ride on adult questioning.	No: When experimenters are masked and other aspects of intervention equalized, null results.	Best supported: Adult interaction (structured questioning).
Theory of mind	No: Inconsistent. Some correlations to social pretend play with more recent tasks, but direction of effects is unclear.	Possible, yet sounder methods fail to show.	Best supported, considering inconsistent findings and hints of reverse direction of effects. Adult interaction.
Social skills	No: Correlations inconsistent with both solitary and social pretend play. Direction of effects is an issue.	Possible: Other routes unexamined.	Possible: Crucial variable could be practice.
Language	Possible: Consistent relationships to different aspects of language. Effects could be bidirectional.	Possible: Other routes unexamined.	Possible: Adult interaction could explain training study results.
Narrative	Possible: Correlations inconsistent and to different aspects of narrative development but one solid but small training study needs replication.	Possible.	Less likely but one solid but small training study needs replication.
Executive function	Not likely: If so, limited to subsets of children and tests.	Not clear that pretend play leads to.	Not clear that pretend play is reliably associated.
Emotion regulation	Possible: Parent rating consistent in single study; other results have other interpretations.	Not clear that pretend play leads to.	Too few studies.

Fig 3: Sintesi delle evidenze circa le relazioni fra gioco simbolico e ciascun dominio o subdominio indagato da Lillard (2013, p. 19).

## 1.2 Gioco ed emozioni Positive

Una delle caratteristiche che definiscono il gioco è quella di essere divertente (Burghardt, 2005) e quindi capace di produrre emozioni positive. Un'ulteriore conferma sperimentale di ciò deriva dall'analisi dell'attività neurale associata al gioco, che coincide principalmente con i circuiti associati alla ricompensa e al piacere. In particolare il gioco sembra coinvolgere il sistema limbico a livello del nucleo accumbens ritenuto centro del piacere e connesso all'attività del neurotrasmettitore dopamina (Bateman & Nacke, 2010).

Studi specifici hanno dimostrato che nell'attività del gioco sono coinvolte anche altre strutture e sistemi neurotrasmettitoriali fra cui: la corteccia orbito-frontale e l'amigdala implicate nel *decision-making* (Paton et al., 2006; Wallis, 2007); l'amigdala in associazione agli ormoni epinefrina, e cortisolo per la risposta di eccitamento ed attivazione (Killcross et al., 1997); le corteccie sensoriali e l'ippocampo per la memoria (Tambini et al., 2010); il sistema dei neuroni specchio e le corteccie pre-motorie per l'imitazione e l'immaginazione; l'ipotalamo e l'ossitocina per la rabbia e la cooperazione (Bateman & Nacke, 2010). Ciononostante, come precedentemente detto però è il sistema della ricompensa a svolgere il ruolo centrale. Questo sistema, storicamente connesso alla dopamina, può essere suddiviso in tre componenti strettamente connesse ma divise:

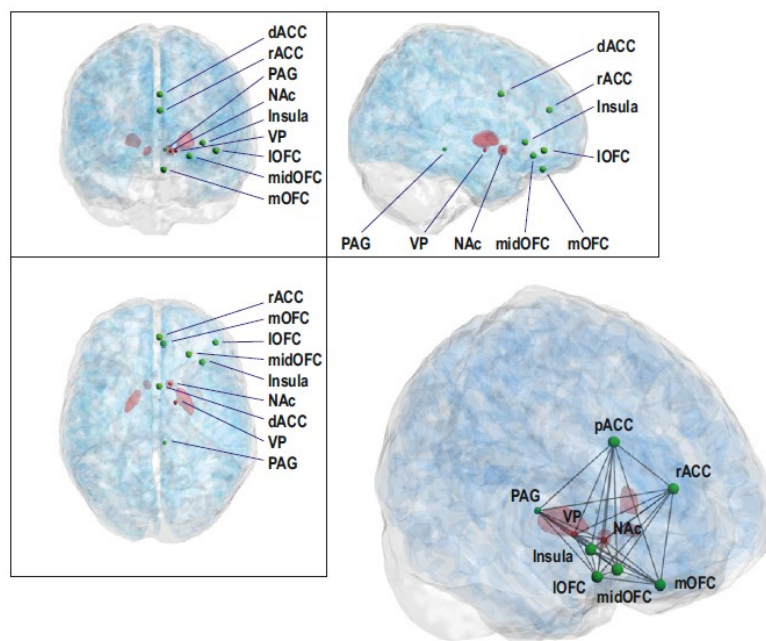


Fig 4: Aree anatomicamente connesse al circuito della ricompensa. In rosso le aree che fungono da punti salienti per il piacere; in verde le aree associate a reazioni affettive positive (da Berridge & Kringelbach, 2015)

volere, piacere e apprendimento (Berridge & Robinson, 2003). Le strutture anatomiche implicate coinvolgono regioni corticali come la corteccia orbito-frontale, l'insula e la corteccia cingolata anteriore; oltre che strutture limbiche come il nucleo di accumbens, il pallido ventrale e l'amigdala (Berridge & Kringelbach, 2015) (Fig 4).

### 1.2.1 Gli effetti delle emozioni positive sulla cognizione

In relazione alla cognizione, le emozioni positive, coinvolte anche nel gioco, hanno di per sé un effetto significativo. Di particolare rilevanza in questo ambito sono i lavori di B. Fredrikson che sviluppa una teoria secondo la quale le emozioni positive “ampliano e costruiscono” (Fredrikson, 1998). Le emozioni positive individuate ed indagate dalla Fredrikson sono dieci e comprendono: gioia (che spinge al comportamento del gioco), gratitudine, serenità, interesse, speranza, orgoglio, divertimento, ispirazione, stupore e amore (Fredrikson, 2013). Queste, seppur distinte, condividono la capacità di ampliare momentaneamente i pensieri ed i comportamenti delle persone, portandole nel tempo a costruire persistenti risorse psicologiche, sociali, fisiologiche e cognitive (Fredrikson, 2001). Diverse sono le evidenze circa gli effetti di ampliamento delle emozioni a valenza positiva sulla cognizione. A livello percettivo è stato riscontrato come coloro che si percepissero contenti o divertiti scegliessero la configurazione globale rispetto alla locale in compiti di decisione di somiglianza fra figure (Fredrikson & Branigan, 2005), mentre studi precedenti riportavano una correlazione fra la scelta a favore delle configurazioni locali e le emozioni negative (Basso et al., 1996). Fredrikson & Branigan (2005) individuano anche che le emozioni positive, rispetto alle neutre e alle negative, aumentano il repertorio pensiero-azione dei partecipanti. Sempre a favore di un ampliamento delle abilità cognitive, Jonhson et al. (2010) riportano che una maggior frequenza di sorrisi di Duchenne sono associati a bias verso la percezione globale delle figure e ad un aumento nella flessibilità attentiva. Insomma, questi ed altri lavori (Schmitz et al., 2009; Soto et al., 2009; Wadlinger & Isaacowitz, 2006) confermano l'effetto immediato delle emozioni positive sull'ampliamento percettivo, ed evidenziano anche come questo spinga i soggetti ad osservare maggiormente aree periferiche delle immagini. Dal punto di vista sociale le emozioni positive sono associate ad una maggiore capacità di mettersi nei panni degli altri, e alla compassione per persone appartenenti a gruppi culturali differenti (Johnson et al., 2010; Nelson, 2009). Inoltre, gli effetti delle emozioni positive possono estendersi fino alla postura (Gross et al., 2012) e al sistema cardio-

circolatorio (Fredrickson & Levenson, 1998). Infine, sembra che la felicità sia associata a maggiore creatività, misurata tramite compiti di fluenza (Baas et al., 2008). Secondo la Fredrikson questi effetti immediati delle emozioni positive possono portare nel lungo periodo a traiettorie di crescita positiva (Fredrikson, 1998, 2013).

### 1.2.2. Flow ed interesse

Giocare è un'attività che non solo diverte, ma anche che appassiona, pertanto un numero crescente di studi, presentati in seguito, analizzano gli effetti prodotti dal gioco in relazione al livello di attivazione ed al flow. Il flow è un'esperienza soggettiva di estremo coinvolgimento, in un'attività che implica la cattura totale dell'attenzione e che viene compiuta per il solo interesse di farla diventando quindi intrinsecamente motivante. Le principali caratteristiche di questa esperienza sono la fusione fra azione e coscienza, tanto che i soggetti riportano una perdita di consapevolezza di sé; un estremo senso del controllo sull'attività che si sta compiendo; ed una alterata percezione del tempo, tanto che la maggior parte riporta come il tempo sembri passare più velocemente (Conti, 2001; Csikszentmihalyi et al., 2014) Quasi tutte le attività sono in grado di produrre il flow a patto che presentino: obiettivi chiari, bilanciamento fra la sfida e le abilità auto-percepite, e la presenza di costanti *feedback* sul processo di completamento del compito (Csikszentmihalyi et al., 2014). Alcuni lavori attestano come le prestazioni ottenute durante l'esperienza del flow siano maggiori rispetto alla norma (Keller & Bless, 2008) ed in generale si può affermare che questa esperienza permette un generale aumento delle capacità mentali con particolare riferimento all'attenzione e alla percezione (Csikszentmihalyi, 1990). Dal punto di vista accademico si è visto come un maggior coinvolgimento e divertimento in bambini che frequentano l'asilo, sia associato a migliori risultati scolastici negli anni successivi (Lillard et al., 2017).

Alcuni studi includono ed utilizzano i videogiochi come attività capace di produrre flow (Moller et al., 2010, Keller & Bless, 2008; Weber et al., 2009), ed ipotizzano che questo tipo di gioco, grazie alle sue connessioni con piacere e divertimento, potrebbe essere la migliore modalità per studiare gli effetti delle emozioni positive, fin ora indagate tramite filmati emotigeni (Posner et al., 2005). In uno studio di neuroimmagine che utilizzava un videogioco per produrre il flow, vengono individuate diverse aree cerebrali che sembrano essere associate alle diverse caratteristiche del flow, ed in particolare viene rilevato che i network maggiormente coinvolti durante il flow sono quello del rinforzo ma anche quello

senso-motorio. Quest'ultimo è probabilmente implicato nella simulazione fisica delle azioni compiute nel gioco, e sarebbe proprio questa esperienza di simulazione a contribuire alla percezione soggettiva di flow durante l'utilizzo dei videogiochi (Klasen et al., 2012). Kozhevnikov e colleghi (2018) rilevano inoltre che giocare con videogiochi d'azione per 30 minuti produce uno stato di attivazione che aumenta temporaneamente alcuni aspetti dell'attenzione visuo-spaziale. Inoltre i giocatori posti in condizione di sfida ottimale presentavano non solo maggior attivazione simpatica, ma soprattutto una diminuzione dell'attività parasimpatica, mostrando come la condizione di flow abbia un'influenza anche sul sistema nervoso autonomo.

### **1.3 I video-giochi d'azione: possibili applicazioni riabilitative**

A partire dagli anni '50 del secolo scorso, il progresso tecnologico e lo sviluppo del computer, hanno permesso di implementare una nuova modalità di gioco: i videogiochi. Questi giochi nascono appunto nella loro forma più rudimentale nella metà del secolo scorso, ma negli ultimi decenni hanno ormai raggiunto il grande pubblico, diventando parte della cultura moderna. Oltre 3 milioni di persone al mondo utilizzano i videogiochi (DFC Intelligence, 2020), con un mercato globale di circa 190 miliardi (Silvestri, 2022) non solo a scopo ludico ma anche artistico, educativo e medico (Bavelier & Green, 2019). Grazie ai progressi raggiunti nell'ambito della programmazione, sono stati sviluppati oltre 1 miliardo di giochi, suddivisibili in oltre 50 differenti generi (Wikipedia, 2022), molti dei quali condividono diverse caratteristiche. I videogiochi potenziano l'apprendimento agendo propriamente su meccanismi di rinforzo contingente, quindi si assiste ad un aumento attività dopaminergica (Koepp et al., 1998) e di attenzione (Bediou et al., 2018; Bavelier et al., 2012).

#### 1.3.1. I videogiochi d'azione

La tipologia di videogioco maggiormente indagata è quella dei videogiochi d'azione (AVG), visto il loro ampio impatto sulle capacità attentive, in termini sia di attenzione sostenuta che selettiva, ma anche divisa, memoria di lavoro e capacità inibitorie (Bavelier & Green, 2019). L'attenzione che sembra maggiormente interessata durante queste attività è quindi quella di tipo endogeno, connessa con l'attività del network attentivo dorsale (Corbetta & Shulman, 2002), ed in parte a processi associati alle funzioni esecutive e ai lobi frontali (Bavelier & Green, 2019). Green e colleghi (2010) sostengono

che le principali caratteristiche di un AVG sono un'elevata velocità del gioco sia a livello di oggetti presenti nello schermo che di eventi; un alto carico percettivo, cognitivo e motorio necessario per la pianificazione motoria poiché richiedono al giocatore di mantenere attivi in memoria diversi item, di reagire nel momento giusto con azioni motorie veloci e talvolta complesse; l'imprevedibilità degli eventi sia a livello spaziale che temporale e infine la necessità di processare anche aspetti periferici dello schermo. Le caratteristiche che sono relate ad un aumento delle capacità attentive sono quindi: un elevato ritmo nel prendere decisioni; il mantenimento dell'attenzione divisa per tempi prolungati e la necessità di passare da una modalità attentiva divisa ad una maggiormente focalizzata (Cardoso-Leite et al., 2020).

Gli effetti cognitivi degli AVG sono rilevabili a livello di velocità di processamento, controllo attentivo, cognizione spaziale, e percezione. Per quanto riguarda la velocità di processamento diversi studi evidenziano che i videogiocatori hanno tempi di reazioni il 10% più veloci di coloro che non giocano, per diverse modalità di risposta fra cui manuale, vocale e saccadica a parità di accuratezza (Dye et al., 2009). Questo aumento può essere dovuto ad una più veloce via di esecuzione motoria, per cui viene richiesto meno tempo fra quando il videogiatore decide di compiere un'azione e quando viene effettivamente eseguita. È possibile che l'azione ripetitiva di premere i tasti il più velocemente possibile durante un'attività stimolante come il gioco, potrebbe aumentare l'eccitabilità neurale e quindi la plasticità (Nitsche, Roth, Kuo, Fischer, Liebetanz, Lang, & Paulus, 2007). Tuttavia, la diminuzione dei tempi di reazione può anche essere associata ad un processo di accumulazione delle informazioni salienti più veloce (Mack et al., 2016). Ulteriore dato a favore dell'aumento della velocità di processamento giunge dalle neuroscienze: gli studi di Gong e colleghi (2017) riportano che l'utilizzo dei videogiochi è associato a cambiamenti nella sostanza bianca a tutti i livelli di elaborazione, quindi da quello sensoriale a quello motorio.

Per quanto concerne gli effetti sull'attenzione, diversi studi, sia su videogiocatori che in studi randomizzati, riportano che gli AVG aumentano vari aspetti legati all'attenzione endogena. In particolare, pare centrale l'aumento delle abilità nel controllo attentivo, ossia nella capacità di modificare il focus dell'attenzione da distribuito a focalizzato sia in termini di risoluzione spaziale che temporale (Bavelier & Green, 2019). I videogiocatori riescono a porre maggiore attenzione agli aspetti salienti del compito, probabilmente grazie alla capacità di ignorare le informazioni irrilevanti. Infatti coloro che giocano presentano una minor attivazione rispetto ai non-giocatori nell'area sensitiva

per il movimento, detta *motion sensitive area* (MST), in risposta a stimoli irrilevanti in movimento (Bavelier et al., 2012). Secondo Bavelier e Green (2019), questa performance attentiva migliore non è dovuta a processi attentivi precoci di selezione dell'informazione, ma piuttosto a processi attentivi tardivi che permettono anche una maggiore flessibilità nella presa di decisione. Tuttavia sono necessari ulteriori studi per poter confermare tale ipotesi. A livello percettivo questa aumentata esclusione del rumore permette una maggiore esclusione del rumore, consentendo ad esempio ai videogiocatori di identificare oggetti a basso contrasto o in condizioni di affollamento percettivo (Green & Bavelier 2007; Li et al., 2009).

La cognizione spaziale, ed in particolare la memoria di lavoro spaziale, sembra essere maggiore nei videogiocatori rispetto a non videogiocatori. Questo viene evidenziato tramite l'utilizzo di diversi compiti fra cui l'N-back e compiti di span complesso (vedi es Wilms et al., 2013).

Anche la capacità di rotazione e manipolazione mentale di solidi risulta aumentata in videogiocatori rispetto a soggetti controllo, tanto da ridurre le differenze legate al genere (Feng et al., 2007). Si è visto che i miglioramenti ottenuti tramite 30 minuti di gioco sono paragonabili a quelli ottenuti tramite tecniche meditative (Obana & Kozhevnikov, 2012).

### 1.3.2 Applicazioni riabilitative

Visti gli effetti degli AVG connessi sia alle caratteristiche specifiche di questi giochi, che al rinforzo connesso al divertimento e all'interesse, essi possono essere utilizzati in una grande varietà di ambiti utili per l'apprendimento. In particolare, nella riabilitazione neuropsicologica i videogiochi e le nuove tecnologie possono essere un importante mezzo riabilitativo, spesso equivalente ed altri trattamenti, ma ritenuto più piacevole da pazienti con varie diagnosi (Horne-Moyer et al., 2014). Inoltre, i videogiochi possono essere implementati in contesti educativi e nella riabilitazione dei disturbi del neurosviluppo (Franceschini et al., 2022). Infatti, anche nei bambini è possibile osservare gli stessi effetti positivi rilevati negli adulti. I bambini che giocano con gli AVG possiedono un aumento nel controllo attentivo, in termini di abilità nel distribuire l'attenzione nel campo visivo, nel numero di oggetti ai quali possono prestare attenzione simultaneamente e nel tempo di recupero nel riorientare l'attenzione. Pare quindi che i videogiochi permettano di raggiungere delle capacità attentive che si svilupperebbero in età successive (Dye & Bavelier, 2010). Inoltre, bambini di età compresa fra 4-5 anni che giocavano 45 minuti al



giorno per due settimane mostrarono performance migliori nell'integrazione sensoriale, evidenziando come un maggior controllo attentivo faciliti l'integrazione multisensoriale (Talsma et al., 2010, Nava et al., 2020). Questo aspetto è particolarmente importante se si considera che nei contesti educativi le capacità di integrazione visuo-motoria sono associate a migliori risultati scolastici durante la scuola primaria, con particolare riferimento alla matematica ( $r=.39$ ) e alla lettura ( $r=.34$ ) (Khatib et al., 2021).

Gli effetti dei videogiochi durante lo sviluppo sono rilevata non solo nella popolazione sana ma anche in popolazioni cliniche psichiatriche e neuropsicologiche (Franceschini et al., 2022; Franceschini et al., 2013; Pasqualotto et al., 2022; Zayeni et al., 2020). Diversi studi si sono infatti concentrati sulla possibilità di utilizzare gli AVG per potenziare le abilità di lettura in bambini con diagnosi di dislessia evolutiva. Pare infatti che questo disturbo non sia unicamente connesso a difficoltà fonologiche, ma anche ad aspetti attentivi e percettivi (Franceschini et al., 2013; Franceschini et al., 2017; Peters et al., 2021). Franceschi e colleghi (2013) propongono a bambini con diagnosi di dislessia un training che prevede l'utilizzo degli AVG per un totale di 9 ore suddivise in sessioni da 80 minuti al giorno. Alla fine del trattamento si osserva che questo gruppo sperimentale, rispetto ai controlli che giocavano ad un videogioco non d'azione, presentavano migliori abilità di lettura in termini integrazione lettera-lettera e di riconoscimento lessicale. I bambini sottoposti al trattamento AVG presentavano anche miglioramenti nell'attenzione selettiva e distribuita, i quali correlano con la performance di lettura, mostrando chiaramente una relazione fra processi attentivi e difficoltà di lettura. I miglioramenti così ottenuti sono non solo maggiori del miglioramento spontaneo in un anno per bambini con dislessia, ma anche maggiori di quelli ottenuti con trattamenti fonologici classici ed inoltre vengono mantenuti a due mesi dalla fine del trattamento.

Un secondo studio condotto da Peters e colleghi (2021) conferma questi risultati su bambini dislessici utilizzando un training della durata totale di 5 ore distribuite in sessioni di 30 minuti al giorno per due settimane. Questo studio rileva anche un miglioramento nell'accuratezza e nella comprensione che sembra essere associato a performance migliori in capacità associate al sistema magnocellulare temporale.

Gli effetti degli AVG sono rilevabili non solo dopo training prolungati ma Franceschini e colleghi (2022) riporta la presenza di effetti a breve-termine connessi con i videogiochi in gruppi di bambini con diagnosi di dislessia o di disturbo della coordinazione motoria. Dopo solo 30 minuti di AVG sono stati rilevati miglioramenti nelle abilità di lettura, nelle performance motorie, e nella percezione globale.

## **CAPITOLO II**

### **La riabilitazione dei disturbi evolutivi della coordinazione motoria tramite gli AVG**

Viste le evidenze scientifiche fin qui presentate, il presente capitolo intende approfondire maggiormente i disturbi dello sviluppo che potrebbero trarre giovamento da un trattamento tramite AVG. Pertanto dopo una prima introduzione sul disturbo evolutivo della coordinazione motoria, verranno analizzati più nel dettaglio gli effetti del gioco, con particolare riferimento agli AVG, sul sistema motorio e sulla motilità fine.

Le abilità motorie sono suddivise in due classi: quelle grosso motorie e quelle fini. Le capacità grosso motorie richiedono la coordinazione di ampie parti del corpo come ad esempio gli arti; sono quindi implicate nella corsa, nel salto o nel lancio (Haibach et al., 2011). In generale sono necessarie per la propriocezione, il controllo corporeo e la stabilità (Piek et al., 2008).

Le abilità fino-motorie invece richiedono la coordinazione per movimenti meno ampi e più precisi, che utilizzano le dita delle mani o dei piedi per azioni come raccogliere, afferrare e manipolare oggetti di piccole dimensioni (Piek et al., 2008).

#### **2.1 Il disturbo evolutivo della coordinazione**

Il disturbo evolutivo della coordinazione (DCD) è un disturbo del neuro-sviluppo caratterizzato da difficoltà di sviluppare le abilità di coordinazione sia fine che grosso-motoria (American Psychiatric Association, 2013). I criteri diagnostici definiti nell'ultima versione del DSM sono:

- A. L'acquisizione e l'esecuzione di abilità motorie coordinate sono sostanzialmente sotto le aspettative, data l'età cronologica e l'opportunità per l'apprendimento e utilizzo delle abilità. Le difficoltà si manifestano come goffaggine (es. cadere o sbattere contro oggetti) così come lentezza e inaccuracy nelle performance motorie (es. prendere un oggetto, usare le forbici o posate, scrivere a mano, andare in bicicletta o partecipare ad attività sportive).

- B. I deficit nella abilità motorie del Criterio A interferiscono significativamente e persistentemente con le attività della vita quotidiana appropriata all'età cronologica (es. cura personale e auto-mantenimento) e impattano sulla produttività accademica/scolastica, le attività professionali e pre-professionali, il tempo libero ed il gioco.
- C. L'esordio dei sintomi avviene nel primo periodo di sviluppo
- D. I deficit motori non sono meglio spiegati dal disordine evolutivo intellettuale (disabilità intellettuale) o da disturbi visivi e non sono attribuibili a condizioni neurologiche che colpiscono il movimento (es. paralisi cerebrale, distrofia muscolare, disturbo degenerativo).

Invece, all'interno dell'ICD-10 questo disturbo prende il nome di “Disturbo dello sviluppo specifico della funzione motoria”, ed il quadro clinico associato presenta come caratteristiche peculiari delle serie limitazioni nello sviluppo della coordinazione non attribuibili a ritardi mentali o altri disturbi neurologici acquisiti o congeniti. L'esame clinico rileva marcate immaturità del neurosviluppo come movimenti coreiformi degli arti, movimenti speculari e altre caratteristiche motorie associate, nonché segni di compromissione della coordinazione motoria fine e grossolana. La definizione esclude anomalie della mobilità e della deambulazione, mancanza isolata di coordinazione e compromissione motoria secondaria a ritardo mentale o associata ad altri disturbi medici e psicosociali. I sintomi riportati da una metanalisi della letteratura comprendono in generale fragilità nei domini: del controllo motorio, come la pianificazione e l'anticipazione dei movimenti; dei processi di apprendimento motorio, fra cui quello procedurale; del controllo cognitivo associato alle funzioni esecutive (Blank et al., 2019).

### 2.1.1 Epidemiologia, decorso, eziologia

Il DCD ha una prevalenza media stimata del 5-6% nella popolazione generale dei bambini in età scolare; tuttavia la percentuale varia negli studi passando dal 2 al 20%. Questo disturbo è classificato come evolutivo ma può perdurare anche nell'adolescenza e nell'età adulta, seppur non esista una categoria diagnostica specifica; si stima che i deficit motori persistano nel 50-70% dei bambini con DCD. Il disturbo sembra essere maggiormente presente nei maschi rispetto alle femmine, con un rapporto M:F variabile fra 2-7:1 (Blank et al., 2019; Meachon et al., 2022). Come per molti disturbi del neurosviluppo, sono presenti diverse comorbidità, riferite anche a disturbi emotivi e sociali, ma

principalmente ad altri disturbi del neurosviluppo. A sostegno di ciò, pare che il DCD presenti una base genetica, probabilmente condivisa con altri disturbi del neurosviluppo (Mosca et al., 2016). Nello specifico, il disturbo co-occorrente più frequente è l'ADHD, che si stima essere presente nel 50% dei casi di DCD (Green et al., 2006). Ancora, il DCD si manifesta in un bambino su tre che presenta un disturbo del linguaggio (Flapper, & Schoemaker, 2013) o difficoltà nell'ambito matematico (Pieters et al., 2012). Il DCD è associato a risultati scolastici minori rispetto ai pari, ancora una volta in riferimento alla lettura e alla matematica (Pieters et al., 2012; Tseng et al., 2007).

Si consideri, a riprova dell'influenza del DCD sui risultati scolastici, che la scrittura a mano arriva ad essere discriminativa per la diagnosi del disturbo (Rosenblum, 2013).

I bambini con DCD mostrano anche difficoltà nelle attività della vita quotidiana e richiedono quindi maggiore assistenza rispetto ai coetanei (Summers et al., 2008). Ancora, partecipano ad un numero minore di attività sportive, soprattutto se di gruppo, e presentano un'incidenza maggiore di obesità, minor resistenza, flessibilità, forza e salute; aspetti che persistono anche nell'età adulta (Meachon et al., 2022). Non solo, il DCD viene associato anche ad una serie di problemi non motori fra i quali difficoltà correlate

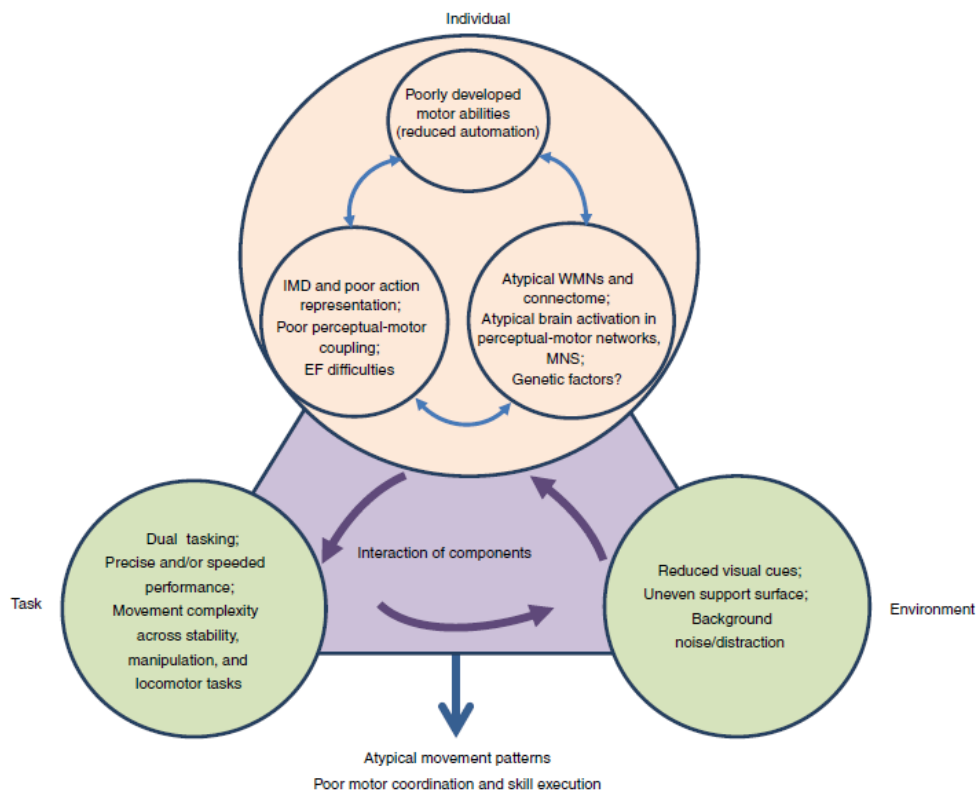


Fig 5: *Spiegazione multi-componenziale delle performance motorie nel DCD*. IMD, internal modeling deficit; EF, funzioni esecutive; WMN, network di sostanza bianca; MNS, sistema dei neuroni specchio. (da Blank et al., 2019; p. 255).

alle funzioni esecutive (pianificazione), deficit attenzionali, minor autostima, ansia e disturbi dell'umore (Blank et al., 2019).

Sono poi riportate da diversi studi di neuroimmagine delle associazioni fra DCD e alterazioni neurali, sia a livello strutturale che funzionale, in un ampio network percettivo-motorio (vedi par. 2.1.2). Per quanto riguarda l'eziologia del disturbo, Blank e colleghi (2019) propongono una visione dinamica ed interattiva fra diversi aspetti che possono concorrere all'osservazione di performance minori nella coordinazione motoria (Fig. 5). Infatti, oltre alle caratteristiche presentate dai bambini con DCD, altri fattori che esacerbano i deficit motori sono dipendenti dal tipo di compito (es. doppio compito, richiede precisione, adattamenti, inibizione) e dall'ambiente nel quale il bambino svolge le attività.

### 2.1.2 Alterazioni neurali nel disturbo

Un crescente numero di analisi tramite neuroimmagine ha indagato le alterazioni neurali correlate al disturbo evolutivo della coordinazione. A livello strutturale uno studio rileva un minor spessore corticale in bambini con DCD (Langevin et al., 2015). Per quanto concerne la connettività, vengono riportate delle alterazioni nella capsula interna di sinistra, implicata nella coordinazione occhio-mano; minor integrazione funzionale (misura dell'efficienza della regione) nel cervelletto, nel giro parietale superiore e nel giro cingolato mediano, aree rispettivamente coinvolte nella regolazione della motricità fine, negli spostamenti attentivi nelle varie coordinate spaziali e nel controllo motorio (Debrabant et al., 2016). Per quanto riguarda le analisi a livello funzionale nel disturbo, indagini in condizioni di *resting state* individuano aumenti di attività nel sistema visivo dorsale e nel cervelletto (Van Dyck et al., 2022). Una meta-analisi sugli studi di risonanza magnetica funzionale in gruppi di bambini con DCD durante compiti di destrezza manuale rileva sia minor che maggior attivazione di diverse aree rispetto a bambini a sviluppo tipico (Fuelscher et al., 2018). In particolare, le aree che presentano ipoattivazioni sono: la parte posteriore del cervelletto di sinistra; il lobo parietale inferiore sinistro; il giro sovramarginale destro; il giro frontale superiore sinistro; ed il giro frontale medio destro. La parte posteriore del cervelletto è associata al controllo *top-down* grazie alle sue connessioni con le regioni prefrontali e motorie (primarie e parietali) (Stoodley et al., 2012), e si presume quindi che l'ipoattivazione osservata in quest'area sia connessa a difficoltà nel controllo esecutivo di compiti di motricità fine (Fuelscher et al., 2018). L'attività del lobo parietale inferiore viene associato a diversi processi cognitivi implicati

nelle performance motorie fra le quali l'orientamento dell'attenzione visuo-spaziale, l'integrazione fra informazioni sensoriali e l'output motorio, ma anche la conservazione dei programmi motori necessari per la pianificazione e la previsione dei movimenti (Hanaie et al., 2016). Il giro sovramarginale, insieme al sistema dei neuroni specchio, è implicato durante l'imitazione e l'osservazione di azione e nella manipolazione degli oggetti guidata dalla vista (Chong et al., 2010). Pare quindi che l'ipoattivazione di quest'area nel DCD possa essere associata alle difficoltà nell'utilizzo di oggetti. Le aree frontali con attivazione ridotta nella DCD, ossia il giro frontale superiore e mediale, sembrano connesse con l'integrazione fra le informazioni sugli effettori e le informazioni temporali durante l'esecuzione di sequenze motorie (Sakai et al., 2002). Le aree che invece presentano un aumento di attività nei bambini con DCD includono il pulvinar ed il corpo mammillare controlaterale (Fuelsher et al., 2018), implicati rispettivamente nell'elaborazione visiva (Li et al., 2012) e nella memoria spaziale (Dillingham et al., 2015). Queste osservazioni potrebbero riflettere un maggior utilizzo dei feedback visivi in questi bambini durante l'esecuzione dei movimenti (Deconinck et al., 2006). Un ulteriore studio che utilizza fNIRS (Caçola et al., 2018), rileva differenti attivazione durante l'esecuzione di tre compiti a difficoltà crescente (Fig. 6). I risultati evidenziano che i bambini con DCD mostrano minore automatizzazione in un compito semplice in cui si chiedeva di toccare le dita (A), come si evince dalla maggiore attivazione delle aree pre-motorie, oltre ad una differente lateralizzazione. Quando

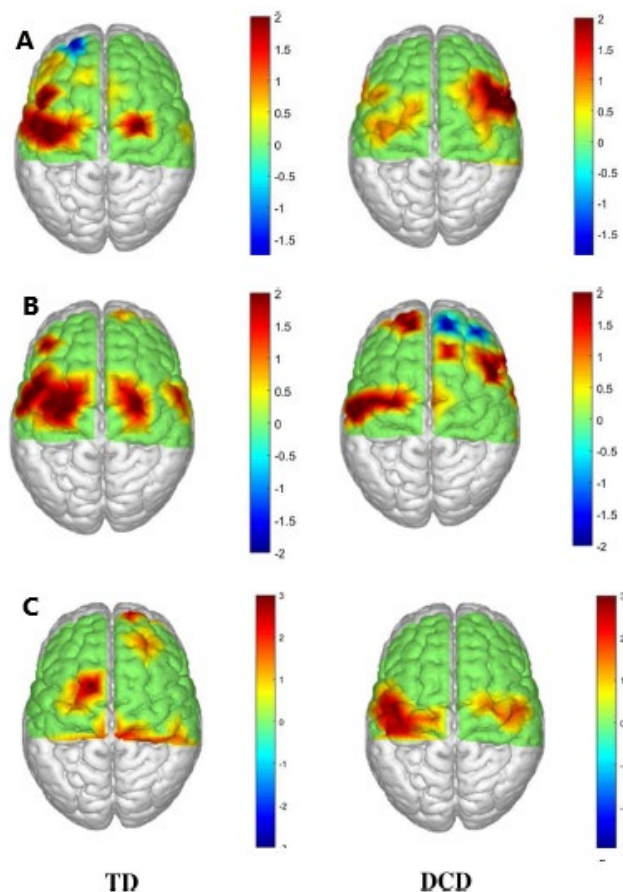


Fig. 6- Attivazioni rilevate con la fNIRS in due gruppi di bambini a sviluppo tipico (TD) e con DCD. La figura mostra l'attività neurale nei due gruppi durante compiti di finger tapping (A); mentre tracciano delle linee curve (B); durante la scrittura a mano (C) (da Cocala et al., 2018).

invece viene richiesto di tracciare delle linee curve (B), il gruppo DCD presenta un'attivazione più distribuita, ma generalmente localizzata nelle medesime aree del compito precedente, aspetto che potrebbe evidenziare una strategia generale che viene utilizzata in più compiti di motricità fine. Infine, in compiti complessi di scrittura a mano (C), nel gruppo sperimentale si osserva una maggiore attivazione nelle aree premotorie, che secondo gli autori potrebbe essere connessa a difficoltà ad iniziare e sequenziare i movimenti, oltre all'esecuzione più lenta che caratterizza i bambini con DCD.

### 2.1.3 Valutazione e principali trattamenti

La valutazione ed il trattamento in neuropsicologia clinica deve tenere conto della storia medica, dello sviluppo, scolastica e dell'impatto dei deficit riportati da genitori ed insegnanti nella vita quotidiana del bambino. Questo risulta fondamentale nel processo diagnostico del DCD poiché permette di soddisfare i criteri B, C, D proposti dal DSM-5. Generalmente l'esame dovrebbe includere l'analisi dello stato neurologico, medico, sensoriale, cognitivo e l'osservazione di attività motorie come scrivere, disegnare o giocare (Blank et al., 2019). Inoltre, in riferimento al criterio C, viene sconsigliata la diagnosi di DCD sotto l'età di 5 anni, vista la diversità nello sviluppo e nel raggiungimento dei traguardi motori nelle età precedenti (American Psychiatric Association, 2013). Per quanto riguarda il criterio A, e quindi l'analisi delle performance motorie, queste devono essere al di sotto del 16° percentile per età. È quindi necessario utilizzare un test standardizzato e validato per il paese di appartenenza. In particolare, uno dei test maggiormente usati nella diagnosi di DCD è il "Movement Assessment Battery for Children" (Henderson et al., 2007), e la corrispondente versione validata in italiano "Batteria per la Valutazione Motoria del bambino" (Zoja et al., 2019). In totale la batteria prevede 32 prove organizzate in gruppi di otto tipologie di compiti, per ciascuna fascia d'età. Le tipologie di compito sono: destrezza manuale, abilità con la palla, equilibrio statico ed equilibrio dinamico (Cavaliere, 2009).

Per quanto riguarda i trattamenti principalmente utilizzati nella riabilitazione del DCD si è osservato che questi mostrano un'efficacia significativa, presentando un generale *effect size* grande ( $d=1.06$ ), anche in tempi relativamente brevi, ossia circa 9 settimane (Blank et al., 2019; Smits-Engelsman et al., 2018). La riabilitazione può essere svolta individualmente o in gruppi a numerosità ridotta, per evitare reazioni ansiose nei bambini che presentano un repertorio motorio limitato (Caçola et al., 2016). Gli interventi possono

essere suddivisi in tre categorie principali: 1) orientati alla funzione corporea o alla struttura (es. gioco con la palla per migliorare la coordinazione occhi-mano); 2) orientati all'attività stessa (es. gioco con la pallina per migliorare nel gioco stesso); 3) orientati alla partecipazione all'attività (es. gioco con la pallina per poterci giocare in un gruppo di pari). Numerose rassegne sulla letteratura per il trattamento del DCD riferiscono che gli approcci orientati all'attività e alla partecipazione risultano essere più efficaci rispetto a quelli diretti alla funzione corporea (Smits-Engelsman et al., 2018). Sulla base degli obiettivi e bisogni del bambino può anche essere utile proporre dei trattamenti sulla scrittura a mano o su tastiere (Blank et al., 2019). Recentemente sono proposti anche trattamenti che utilizzano videogiochi attivi (es. Wii-fit training) i quali hanno effetto principale sull'equilibrio (Smits-Engelsman et al., 2017). Questo tipo di trattamento sembra risultare ugualmente efficace rispetto a quelli classicamente utilizzati, ma tuttavia è giudicato dai pazienti come più divertente e quindi motivante (Bonney et al., 2017). La maggior parte degli interventi comunque è risultato efficace nel trattamento delle abilità grosso motorie, mentre un solo trattamento orientato all'attività (Neuromotor Task Training) sembra mostrare un'efficacia anche per le abilità fino-motorie (Blank et al., 2019). Jane e colleghi (2018) concludono quindi che sono necessari ulteriori studi per determinare gli effetti dei trattamenti esistenti, o proporre nuove metodologie riabilitative, dirette alla motricità fine. Nel corso del presente elaborato si analizzeranno le ragioni per le quali fra i trattamenti per la coordinazione e destrezza manuale, si dovrebbero tenere in considerazione anche gli AVG.

## **2.2 Effetti dei videogiochi sulla coordinazione**

Per quanto riguarda il dominio motorio, diversi trattamenti tramite videogiochi sono risultati efficaci nell'aumentare la velocità di esecuzione durante interventi in laparoscopia (Rosser et al., 2007), le abilità di lettura (Franceschini et al., 2013) ma anche l'equilibrio nei bambini con DCD (Smits-Engelsman et al., 2017). I trattamenti tramite videogiochi attivi hanno un'efficacia paragonabile a quella dei trattamenti classici per questa popolazione clinica (Bonney et al., 2017). Seppure siano attualmente pochi gli studi che utilizzano gli AVG nella riabilitazione motoria, alcune indagini sugli effetti a lungo e a breve termine di questa attività mettono in luce un quadro crescente di evidenze circa la possibile utilità di inserire gli AVG nella pratica clinica e nei contesti educativi.



### 2.2.1 Effetti a lungo termine sul sistema motorio

Come precedentemente detto (vedi par. 1.3.1), gli AVG sono associati ad una maggiore velocità di risposta, a parità di errori commessi, in paradigmi che utilizzano i tempi di reazione con diverse modalità di risposta (Dye et al., 2009). Questo fenomeno può avere principalmente due spiegazioni: l'aumento dell'esecuzione motoria stessa o l'aumento del processo di accumulazione delle informazioni. Diversi videogiochi, fra cui gli AVG, richiedono infatti di schiacciare uno stesso pulsante in modo ripetuto il più velocemente possibile (Bavelier & Green, 2019), e questo esercizio ricorrente potrebbe causare un aumento dell'eccitabilità neurale nelle cortece motorie, facilitando i processi di plasticità neurale e quindi di apprendimento (Nitsche et al., 2007). Tuttavia alcuni studi non rilevano un aumento effettivo nell'esecuzione motoria, ma piuttosto accreditano l'idea che i tempi di reazione minori siano associati ad una maggiore allocazione di attenzione visuo-spaziale e ad un'augmentata integrazione delle informazioni rilevanti (Green et al., 2010; Mack et al., 2016). In ogni caso, coloro che giocano ai videogiochi presentano un miglioramento nelle abilità fino-motorie, in particolare in compiti di coordinazione occhio-mano i giocatori impiegano meno tempo, compiono meno errori e presentano minori tremori rispetto a non-videogiocatori (Borecki et al., 2013). Inoltre, uno studio di Li e colleghi (2016) conferma prestazioni visuo-motorie maggiori nei video-giocatori, e rileva anche come 5 ore di training con un video-gioco di guida o un AVG sono in grado di produrre un aumento nella precisione e nel controllo visuo-motorio anche in soggetti non classificati come video-giocatori.

Perciò gli AVG potrebbero essere ottimi strumenti riabilitativi nell'ambito della motricità fine; pertanto, una possibile applicazione clinica è quella sul DCD, considerando soprattutto i possibili effetti di tali trattamenti sulla scrittura, e quindi, a cascata, sui risultati scolastici. (Rosenblum, 2013)

Non solo gli studi comportamentali rilevano degli effetti sul sistema motorio, ma anche diversi studi di neuro-immagine corroborano questa ipotesi. A livello funzionale uno studio di Granek e colleghi (2010) analizza tramite fMRI gli effetti del gioco sulla preparazione di movimenti guidati dalla vista, e rileva una maggiore attività prefrontale e una diminuzione nel network parietale nei giocatori esperti rispetto ai non giocatori, a parità di prestazione nel gioco. I videogiocatori mostrano quindi maggior coinvolgimento della DIPFC, delle cortece pre-motorie dorsali, ventro-mediali prefrontali, e del giro frontale inferiore. Queste, probabilmente, riflettono una generalizzazione di movimenti utilizzati durante il gioco ad altri tipi di movimenti simili che richiedono una

trasformazione visuo-motoria non standard, come richiesta negli AVG. Durante gli stessi compiti invece i partecipanti di controllo presentano maggiore attivazione parietale e premotoria, che riflette l'utilizzo di processi *bottom-up* per elaborare le trasformazioni nei compiti visuo-motori, soprattutto quando questi richiedono di utilizzare oggetti come i joystick, per cui il giocatore non deve guardare i pulsanti mentre li utilizza.

Inoltre, a livello strutturale uno studio tramite *voxel-based morphometry* evidenzia che l'utilizzo di videogiochi esplorativi per due mesi produce un aumento della sostanza grigia nella formazione ippocampale, nella corteccia prefrontale dorso-laterale (dlPFC), e nel cervelletto (Kühn et al., 2014). Il cervelletto, ed in particolare il VI lobulo, sono attivati durante compiti di destrezza manuale (Kühn et al., 2012). L'aumento nell'ippocampo correla con cambiamenti nella navigazione da egocentrica ad allocentrica, mentre la dlPFC è correlata con il desiderio di giocare (Kühn et al., 2014). Quest'ultima area viene associata all'integrazione di informazioni sensoriali con le regole e le intenzioni, e per questo ha il compito di esercitare il controllo cognitivo sul comportamento motorio (Cieslik et al., 2013). Il suo ruolo è cruciale sia a livello di funzioni esecutive che nell'acquisizione di abilità motorie. L'associazione fra aumento della dlPFC ed il piacere esperito durante il gioco potrebbe trovare spiegazione in un aumento della plasticità in risposta al rilascio di dopamina (Goto et al., 2010). Anche in un gruppo di adolescenti che utilizzano regolarmente videogiochi, viene rilevato un aumentato spessore corticale nella dlPFC e nella FEF (Frontal eye Field) di sinistra (Kühn et al., 2014). Questa seconda area è implicata nella programmazione ed esecuzione dei movimenti oculari, e con l'attenzione visuo-spaziale (Grosbras et al., 2005), in particolare FEF di destra è connesso alle capacità di allargare o ridurre il fuoco dell'attenzione visuo-spaziale (Ronconi et al., 2014). Viste le funzioni di queste aree, i *training* tramite AVG potrebbero avere effetto, anche negli adolescenti, sull'attenzione visuo-spaziale e sui processi decisionali guidati dalla percezione (Kühn et al., 2014, Li et al. 2016). Studi tramite immagini di diffusore di tensore rilevano modificazioni a livello della sostanza bianca che coinvolgono i network prefrontali, limbico e sensomotorio in videogiocatori esperti rispetto ad amatori. I network citati paiono avere maggior efficienza globale e locale, indice di maggior comunicazione e coordinazione delle informazioni fra i vari nodi corticali (Gong et al., 2017).

### 2.2.2 Effetti a breve termine degli AVG nei disturbi del neurosviluppo

Non solo nel lungo termine, ma persino immediatamente dopo aver utilizzato un videogioco è possibile rilevarne degli effetti sulla cognizione. Tuttavia gli effetti immediati, probabilmente connessi con il piacere esperito durante questa esperienza, sono stati meno indagati (Granic et al., 2014). Pare che diversi videogiochi abbiano un effetto immediato, seppure ridotto, sulle abilità di gestione dell'umore ed in particolare dell'ansia (Pine et al., 2020). Come visto precedentemente (Par 1.2), gli esiti del gioco possono essere ricondotti a livello immediato alle emozioni provate durante questa attività, con particolare riferimento al divertimento (Palagi et al., 2004) e al *flow* (Klasen et al., 2012). Nello specifico, Kozhevnikov e colleghi (2018) riportano come successivamente ad una sessione di 30 minuti di AVG si osservi un aumento temporaneo nella capacità attentive visuo-spaziali, e che questo sia connesso all'esperienza di attivazione riportata dai partecipanti (Esperimento 1). Infatti, non è il gioco di per sé a produrre l'incremento nelle abilità, ma l'interazione fra questo e lo stato di attivazione maggiore. Tanto è vero che solo i partecipanti che giocavano in condizioni di sfida ottimale, ed erano quindi in uno stato di *flow*, presentavano miglioramenti importanti a livello attentivo ed una diminuzione dell'attività parasimpatica (Esperimento 2). La condizione di moderato stress in cui pone l'AVG è fondamentale per misurare gli effetti immediati del gioco. Infatti, dopo aver giocato per 15 minuti ad un videogioco, il livello di alpha-amilasi, connesso alla norepinefrina e allo stress, aumenta significativamente; ed inoltre il livello di cortisolo salivare correla con l'aumento nelle prestazioni attentive e con la diminuzione dei tempi di reazione (Skosnik et al., 2000). Le evidenze qui riportate sostengono quindi come gli effetti a breve termine che si osservano in seguito agli AVG siano dovuti non solo alle caratteristiche del gioco utilizzato, ma anche alle emozioni da esso prodotte, soprattutto in riferimento al *flow*.

A livello di network neurali gli effetti in risposta ad uno stimolo attivante e stressante variano in funzione del tempo, per cui in un primo momento si assiste ad un aumento del *saliency network* e all'inibizione delle cortecce frontali, e solo successivamente si ha una risposta da parte del controllo esecutivo, comprendente le aree prefrontali (Hermans et al., 2014) (Fig. 7C).

In condizioni di stress, il *saliency network* integra la mobilitazione delle energie, le azioni non premeditate per la sopravvivenza ed il ri-orientamento dell'attenzione verso stimoli salienti (Seeley et al. 2007). Questo network infatti coinvolge: l'amigdala; aree per il controllo neuroendocrino, quali la corteccia cingolata dorsale anteriore e l'ipotalamo;

aree per la percezione viscerale, come l'insula anteriore; e per l'attenzione, quali il talamo, le corteccie infero-temporali e temporo-parietali (Seeley et al., 2007). Non solo, il *salience network* interconnette anche lo striato, implicato nel rinforzo, ed i nuclei del mesencefalo e del tronco, connessi al rilascio delle catecolamine (Ashby et al., 2010). La risposta neuro-endocrina infatti è parte rilevante della risposta di attivazione in risposta allo stress. Dalla presentazione dell'agente stressante fino ai 30-60 minuti successivi si assiste al rilascio delle catecolamine, quali noradrenalina e dopamina (Joëls, & Baram, 2009). La noradrenalina viene rilasciata in seguito all'attivazione del Locus Coeruleus, il quale passando da un'attività tonica ad una fasica aumenta il ri-orientamento dell'attenzione e la scansione dell'ambiente, modificando il rapporto percettivo fra rumore e segnale (Aston-Jones & Cohen, 2005). Invece gli alti livelli di dopamina a breve termine in risposta allo stress causano una soppressione selettiva della scarica neurale a livello della corteccia prefrontale (Vijayraghavan et al., 2007).

Successivamente l'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene permette il rilascio di corticosteroidi che raggiungono un picco nel cervello solo dopo 20 minuti dalla presentazione dell'agente stressante, attivando meccanismi di risposta a lungo termine modificando la trascrizione genetica (Droste et al., 2008; Joëls, & Baram, 2009) (Fig 7A). L'aumento dei corticosteroidi causa poi la soppressione del *salience network* a favore del sistema esecutivo, il quale torna a favorire la flessibilità cognitiva, gli obiettivi a lungo termine e meccanismi attentivi di tipo endogeno (Hermans et al., 2014).

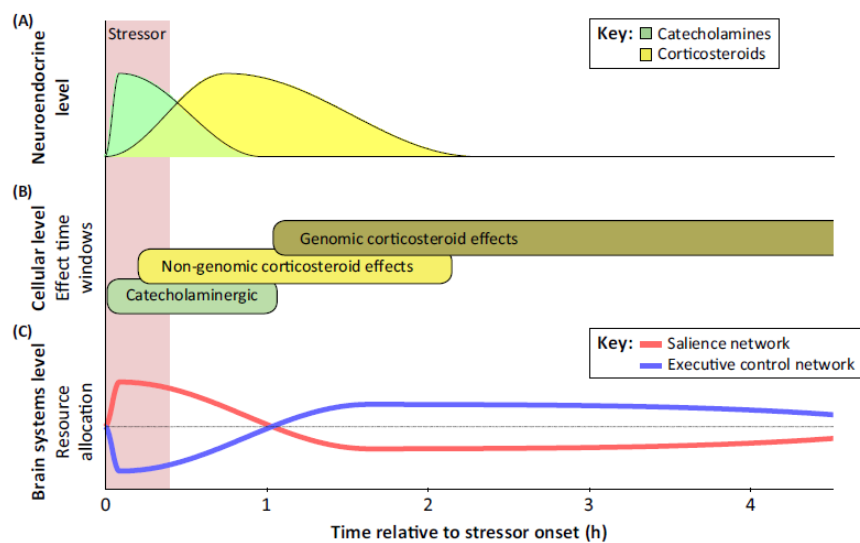


Figura 7: Risposta reciproca del network esecutivo e salience in risposta allo stress. La figura mostra in funzione del tempo i cambiamenti a livello A) neuroendocrino B) Cellulare e C) di sistemi cerebrali (tratto da Hermans et al., 2014; p 305).

Si può supporre quindi che gli effetti immediati osservati nei video-giochi, in quanto compiti attivanti e stressanti, siano da ricondursi agli effetti del *saliency network* piuttosto che ad attività frontali che influenzano la risposta a lungo termine.

Le conseguenze a breve termine degli AVG su popolazioni cliniche del neurosviluppo sono state ancor meno indagate dalla letteratura corrente. Un importante studio in questo ambito, condotto da Franceschini e colleghi (2022) presenta due esperimenti sugli effetti immediati degli AVG condotti rispettivamente su bambini con disturbi del neurosviluppo e su adulti nella norma. Nel primo esperimento, un gruppo di bambini (7-10 anni) con diagnosi di DCD o di dislessia evolutiva viene sottoposto ad una valutazione iniziale di *baseline*, successivamente, a due sessioni sperimentali che comprendevano una sessione di gioco di 30 minuti, con un AVG o con un altro videogioco, e infine a una valutazione delle abilità di lettura, motorie, attentive e dello stato emotivo. I risultati mostrano che per questo gruppo di bambini gli AVG sono valutati più positivamente, e producono prestazioni maggiori nella lettura di parole, nella percezione globale, e in una serie di compiti motori che comprendevano ruotare dei pioli, afferrare al volo con una mano, stare in equilibrio, lanciare un oggetto in un centro. Questo primo esperimento dimostra quindi la presenza di esiti immediati degli AVG a livello cognitivo e sensori-motorio anche in popolazioni di bambini che presentano un disturbo del neurosviluppo. Il lavoro di Franceschini e colleghi (2022) è quindi fondamentale nel dimostrare come gli AVG possano avere degli effetti sul sistema senso-motorio in bambini con DCD, spingendo verso l'utilizzo di questi strumenti nella riabilitazione della coordinazione.

Tuttavia, questo primo esperimento non permette di definire se i risultati ottenuti siano da attribuirsi alle caratteristiche del gioco oppure alle emozioni positive connesse ad esso. Perciò, nel secondo esperimento si cerca di comprendere se gli effetti precedentemente osservati fossero da attribuirsi alla tipologia di gioco o alle emozioni positive esperite. Un campione di soggetti adulti viene quindi sottoposto a due sessioni sperimentali, nelle quali possono giocare ad un AVG o ad un altro tipo di videogioco. Sono valutate poi, tramite questionario, le emozioni provate e vengono analizzati i campioni salivari per ricavarne cortisolo e alpha-amilasi, in quanto indici di stress; vengono somministrati alcuni test sulle abilità di lettura. I risultati mostrano come i miglioramenti a breve termine a livello di velocità ed accuratezza nella lettura sono correlati con il divertimento esperito e con il livello di alpha-amilasi, mentre non sono dipendenti dalla tipologia di gioco. Questo aspetto può essere fondamentale nella pratica clinica, poiché suggerisce che sarebbe

necessario scegliere il videogioco sulla base delle impressioni del paziente, al fine di rendere l'esperienza il più piacevole possibile.

In conclusione, visti gli effetti degli AVG sia nel lungo che nel breve periodo sulle capacità motorie e di coordinazione, sarebbe auspicabile il loro utilizzo nel trattamento del DCD.

## CAPITOLO III

### Uno studio cross-over sugli effetti immediati del gioco sulle abilità motoria fine

#### 3.1 Scopo dell'esperimento

Nel presente capitolo verrà presentata e discussa una parte specifica di uno studio cross-over sugli effetti immediati del gioco su diverse abilità cognitive, facendo riferimento agli aspetti che riguardano le abilità motorie fini e le emozioni positive. A partire dallo studio di Franceschini e colleghi (2022), si è voluto indagare su un campione di adulti nella norma quali siano le conseguenze di due esperienze di gioco, ossia un AVG e un gioco da tavolo, sulla coordinazione in un compito di destrezza occhio mano. Analizzare questo aspetto può aiutare a comprendere ulteriormente se anche soggetti che non presentano vulnerabilità neurocognitive, possono trarre giovamento da tale intervento, e chiarire se gli AVG possano essere efficaci nel produrre effetti immediati maggiori o uguali rispetto ad altri giochi non digitali che sfruttano le capacità visuo-motorie.

Sono stati presi in considerazione anche gli effetti delle emozioni percepite durante l'attività di gioco, viste le conseguenze sulla cognizione precedentemente discusse (vedi par. 1.2). Infatti, il presente esperimento mira a chiarire anche se gli effetti immediati connessi ai giochi sono correlati alle emozioni provate durante l'esperienza con il gioco, oltre che alle caratteristiche del gioco stesso.

#### 3.2 Metodo

##### 3.2.1 Partecipanti

Il campione di questo studio è composto da 61 soggetti di cui 10 maschi e 51 femmine di età compresa fra 19 e 24 anni ( $M=20.84$ ;  $DS=1.58$ ). La partecipazione è stata raccolta su base volontaria, previa la firma del consenso informato nel quale venivano esplicitate le modalità e gli obiettivi della ricerca. Un soggetto è stato escluso poiché presentava una diagnosi di disturbo dell'apprendimento: l'esclusione si è resa necessaria in quanto l'obiettivo dello studio era quello di indagare gli effetti immediati di un'esperienza di gioco in una popolazione tipica.

### 3.2.2 Procedure e compiti

Lo studio presenta un disegno sperimentale cross-over, tale per cui ciascun soggetto era sottoposto a due sessioni sperimentali nelle quali giocava o all'AVG o al gioco da tavola. Le due sessioni si tenevano nello stesso orario ad una settimana l'una dall'altra; i partecipanti presentavano le stesse ore di sonno prima di ciascuna sessione ( $t(61)=-.197$ ;  $p=.845$ ) e avevano consumato la stessa quantità di caffeina ( $t(61)=-1.351$ ;  $p=.182$ ). Queste analisi sono state svolte al fine di escludere una possibile influenza da parte di variabili confondenti come il sonno o la caffeina (per approfondimento vedi: Franceschini et al., 2020; Hirshkowitz et al., 2015). Al fine di evitare possibili bias nella raccolta dei dati, l'esperimento è stato condotto in doppio cieco, per cui ad ogni sessione prendevano parte due sperimentatori ciechi, il primo era presente dall'inizio della sessione fino al momento del gioco compreso; il secondo invece svolgeva la valutazione delle funzioni cognitive e motorie. In aggiunta, anche le aspettative del partecipante in merito ai possibili effetti dei due giochi non dovevano essere sbilanciate verso la condizione sperimentale, ossia quella con l'AVG. Infatti, gli effetti placebo e nocebo potrebbero condizionare i risultati ottenuti durante la sperimentazione (Parong et al., 2022). Dal momento che il partecipante è pienamente consapevole dell'esperienza che sta vivendo, risulta praticamente impossibile realizzare un doppio cieco nella sperimentazione sugli effetti di trattamenti comportamentali. Tuttavia, nel presente studio i partecipanti venivano motivati a giocare attivamente in entrambe le condizioni, ostacolando la possibilità di crearsi aspettative circa gli effetti indotti durante la sessione sperimentale. In questo modo i partecipanti difficilmente potevano distinguere quale fosse il trattamento sperimentale e quello di controllo. Plausibilmente, dato il frequente uso e pubblicizzazione dei puzzle game come strumenti riabilitativi (Renavitasari & Supianto, 2018), i partecipanti erano ugualmente portati a pensare che gli esiti indagati durante questa ricerca fossero presenti sia nella condizione con il gioco da tavolo che in quella con l'AVG.

Ciascuna sessione sperimentale prevedeva una serie di compiti svolti nel seguente ordine:

- PANAS: questa scala, validata in italiano (Terraciano et al., 2003), è composta da due scale indipendenti di 10 item ciascuna, atte a misurare l'affettività positiva (AP) e l'affettività negativa (AN). La validazione sul campione italiano riporta buona affidabilità e validità convergente e divergente (Terracino et al., 2003). La scala AP intende misurare il livello di coinvolgimento positivo, e gli item sono: interessato,



eccitato, forte, entusiasta, orgoglioso, concentrato, ispirato, determinato, attento, attivo. La scala AN invece misura il livello di *distress* soggettivo ed è composta dai seguenti item: angosciato, turbato, colpevole, spaventato, ostile, irritabile, vergogna, nervoso, agitato, impaurito. Il partecipante veniva invitato a leggere ciascun item ed inserire a fianco un valore numerico per indicare come si sentisse “in questo momento”, ossia mentre compilava la scala. La scala *likert* va da 1 a 5, dove 1 è leggermente/per niente e 5 estremamente.

- Sessione di gioco: ciascun partecipante gioca per un totale di 30 minuti ad uno dei due giochi proposti. L'ordine fra le sessioni sperimentali è stato randomizzato secondo un modello ABBA, ed il disegno sperimentale è quindi cross-over.
  
- AVG: il videogioco scelto per questo studio è Mario Kart 8 Deluxe giocato sulla console Nintendo Switch (all rights reserved). Mario Kart è un gioco di simulazione di guida facile da utilizzare, che per le sue caratteristiche è in grado di produrre gli esiti degli AVG. Al partecipante infatti è richiesto sia di mantenere l'attenzione focalizzata sul proprio veicolo, ma anche di passare a stati di attenzione più diffusi, per monitorare gli altri personaggi e gli oggetti che si trovano lungo il percorso (Bavelier & Green, 2019). Infatti questo gioco di guida non richiede solo di percorrere una pista più rapidamente degli altri personaggi, ma presenta anche degli aspetti combattivi poiché il protagonista può impossessarsi di oggetti posizionati lungo il percorso, da utilizzare contro gli avversari. Inoltre, il gioco prevede anche delle monete, che vengono assegnate sulla base della posizione di arrivo (da 15 a 1), ma possono anche essere raccolte o perse, se colpiti, durante la gara. Il gioco prevede anche differenti livelli di difficoltà, e nel seguente studio è stata utilizzata la modalità di 150cc, al fine di rendere le partite il più sfidanti possibile. Ciascun partecipante svolgeva la prima gara come prova, in modo che lo sperimentatore potesse spiegare i vari tasti e caratteristiche del gioco, così che non ci fossero differenze fra le conoscenze dei vari partecipanti. Dopodiché i soggetti giocavano per 30 minuti seguendo l'ordine delle piste proposto dal gioco. Al termine di ciascuna gara lo sperimentatore segnava la posizione di arrivo al traguardo, il numero di monete corrispondente alla posizione, ed il numero di monete raccolte durante il percorso.

- **Gioco da tavolo:** il gioco da tavolo utilizzato da questo studio è il Tangram. Questo gioco di origini cinesi, è una sorta di puzzle che prevede l'utilizzo di diverse figure geometriche (5 triangoli di diverse dimensioni, 1 quadrato, 1 parallelogramma) per formare delle figure complesse utilizzando tutti i pezzi. Il Tangram è stato scelto poiché è un gioco da tavolo che lavora sulle abilità visuo-costruttive, ritenuto piacevole, e utilizzato in contesti educativi per potenziare le capacità geometriche e più in generale le abilità visuo-spaziali (Renavitasari & Supianto, 2018). Ai partecipanti venivano forniti i pezzi del Tangram e venivano istruiti ad utilizzarli per formare delle figure presenti su un foglio. I partecipanti svolgevano quindi le stesse figure nello stesso ordine. I 30 minuti di gioco iniziavano quando al partecipante veniva dato il foglio con le figure da copiare. Lo sperimentatore cronometrava il tempo utilizzato per ciascuna figura, e segnava la correttezza della figura prodotta dal partecipante.
- **Questionario sulle emozioni post gioco:** al termine della sessione di gioco al partecipante veniva chiesto di compilare un questionario sulle emozioni esperite durante il gioco, e sul gioco stesso. Tre item riguardavano quindi la valutazione soggettiva del gioco svolto (difficile, noioso, divertente) mentre altri tre si riferivano alle emozioni del partecipante dopo aver giocato (rilassato/calmo; allegro, forte/energico). Il partecipante doveva segnare un numero da 1 a 9 per ciascun item, dove 1 è per nulla e 9 molto.
- **PANAS:** veniva nuovamente somministrata la scala per l'affettività. Il partecipante era nuovamente invitato a rispondere sulla base di come si sentisse nel momento in cui completava il questionario.
- **Pegboard:** la pegboard è un test utilizzato per valutare la destrezza manuale e le abilità fino-motorie (Gardner & Broman, 1979). La tavola è composta da due linee parallele di 25 fori; in alto a destra e sinistra sono incavati due contenitori che contengono dei pioli. Il compito del partecipante è di inserire nei fori in un tempo limitato di 30 secondi quanti più pioli possibile. La prova viene svolta due volte, una con la mano dominante ed una con la mano non dominante. Inizialmente lo sperimentatore mostrava il compito inserendo alcuni pioli, e ricordando al

partecipante di prendere un solo piolo alla volta e di non raccogliere eventuali pioli caduti o sfuggiti di mano. Successivamente il partecipante compiva una prova con 10 pioli utilizzando la mano dominante. Nella fase test veniva avviato un timer di 30 secondi quando il partecipante iniziava a muoversi. La stessa procedura veniva poi ripetuta con la mano non dominante. Lo sperimentatore registrava il numero di pioli inseriti per ciascuna mano allo scadere del tempo.

- Questionario di confronto: al termine di entrambe le sessioni sperimentali al partecipante veniva chiesto di compilare un questionario di confronto fra il gioco da tavolo e l'AVG. Gli item erano i medesi del questionario sulle emozioni post gioco (difficile, noioso, divertente, rilassato/calmo, allegro, forte/energico). La scala utilizzata è una doppia scala *likert* da 1 a 5, dove 1 è poco e 5 molto, di cui ciascuna metà faceva riferimento o al Tangram o all'AVG. Il partecipante era istruito ad a segnare un solo numero dal lato che corrispondeva al gioco valutato come più significativo per quello specifico item.

### 3.3 Risultati

#### 3.3.1 PANAS

È stata svolta un'analisi della varianza (ANOVA) di tipo 2x2x2 fra tempo di somministrazione del PANAS, pre-gioco o post-gioco; tipologia di gioco, AVG o Tangram; affettività, AP o AN. I risultati mostrano un'interazione triplice fra le variabili ( $F(1,61)=35.776$ ;  $p=000$ ). Viene quindi condotta un ANOVA circa la varianza in PA fra tempo di somministrazione e tipologia di gioco. C'è un effetto principale del tempo di somministrazione ( $F(1,61)=17.926$ ;  $p=.0001$ ), per cui non vi sono differenze significative pre-gioco ( $p=.795$ ), mentre differiscono nel post ( $p=.0001$ ). L'interazione fra tipo di gioco e tempo di somministrazione è significativa ( $F(1,61)=32.441$ ;  $p=.0001$ ); in particolare la AP nella condizione Tangram è significativamente ( $p=.0001$ ) minore nel post ( $M=13.532$ ;  $DS=.571$ ) rispetto al pre-gioco ( $M=21.5$ ;  $DS= 1.303$ ). Nella condizione AVG invece AP non è differente nei due tempi di somministrazione ( $p=.322$ ).

L'analisi della varianza ANOVA in AN rileva un effetto principale del tempo di somministrazione ( $F(1,61)=18.904$ ;  $p=.0001$ ) e del tipo di gioco ( $F(1)=4.762$ ;  $p=.033$ ) ed un'interazione fra le due variabili ( $F(1,61)=32.424$ ;  $p=.0001$ ). Nella condizione Tangram, AN è significativamente ( $p=.0001$ ) maggiore nel post-gioco ( $M=27.403$ ;  $DS=.960$ ) rispetto al pre-gioco ( $M=19,984$ ;  $DS=.991$ ). Non risulta invece significativa la differenza fra pre e post-gioco di AN nella condizione AVG ( $p=.318$ ).

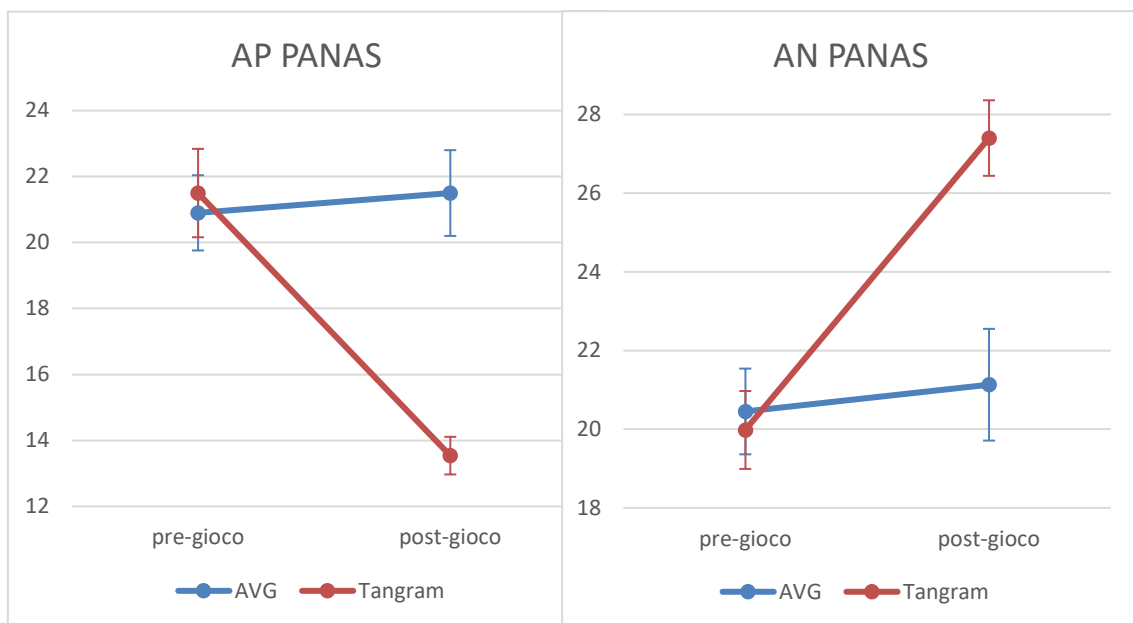


Fig 8: Grafico delle analisi sul PANAS. A sinistra l'andamento delle risposte medie pre e post-gioco in AP; a destra in AN. La condizione Tangram (in rosso) vede una diminuzione di AP ed un aumento di AN; mentre quella AVG (in blu) non differisce fra pre e post gioco né in AP che in AN.

### 3.3.2 Questionari post gioco

Sono stati svolti dei t test a campioni indipendenti per ciascun item del questionario sulle emozioni post gioco, confrontando le risposte nella condizione AVG e in quella Tangram. Per quanto riguarda l'item difficile la differenza è significativamente ( $t(60)=-17.027$ ;  $p=.0001$ ) maggiore per il Tangram ( $M=7.950$ ;  $DS=.865$ ) rispetto all'AVG ( $M=4.082$ ;  $DS=1.646$ ). La differenza nell'item noioso è significativa ( $t(60)=-7.170$ ;  $p=.0001$ ) ed il Tangram presenta punteggi maggiori ( $M=4.246$ ;  $DS=2.181$ ) rispetto all'AVG ( $M=2.164$ ;  $DS=1.655$ ). Anche il confronto dell'item divertente ha valori significativi ( $t(60)=11.171$ ;  $p=.0001$ ), e l'AVG presenta valori maggiori ( $M=7.541$ ;  $DS=1,421$ ) rispetto al Tangram ( $M=4.459$ ;  $DS=1.911$ ). Il test t per l'item Rilassato/calmo è significativo ( $t(60)=4.300$ ;  $p=.0001$ ); l'AVG ha valori maggiori ( $M=5.721$ ;  $DS=1.836$ ) rispetto al Tangram ( $M=4.475$ ;  $DS=2.062$ ). Il confronto nell'item allegro ha valori significativi ( $t(60)=10.400$ ;  $p=.0001$ ); l'AVG ha punteggi maggiori ( $M=7.131$ ;  $DS=1.607$ ) rispetto al Tangram ( $M=4.164$ ;  $DS=1.791$ ). Infine, il test t per l'item forte/energico è significativo ( $t(60)=8.572$ ;  $p=.0001$ ), con l'AVG avente punteggi maggiori ( $M=6.738$ ;  $DS=1.591$ ) rispetto al Tangram ( $M=4.115$ ;  $DS=1.976$ ).

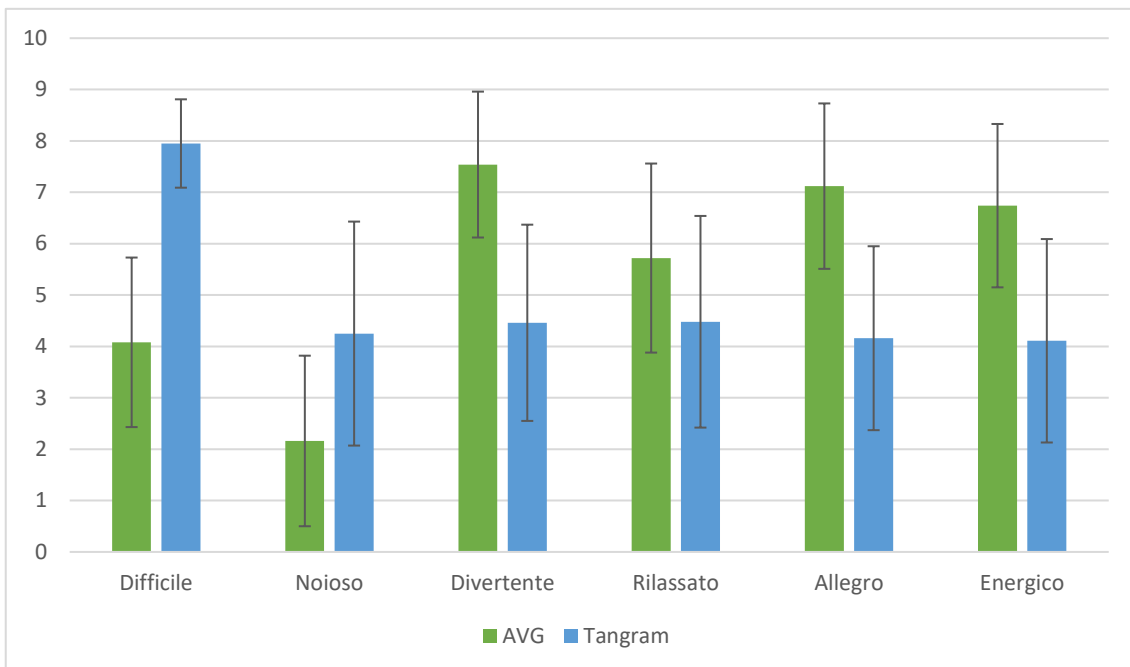


Fig 9: *Istogramma delle analisi sui questionari post-gioco.* il grafico presenta le medie a ciascun item del questionario sulle emozioni post gioco; in verde le risposte nella condizione AVG; in blu quelle relative al Tangram. Il confronto fra ciascuna coppia è significativo.

### 3.3.4 Pagboard

È stata condotta una analisi della varianza (ANOVA) 2x2 fra le variabili tipo di gioco, Tangram o AVG, e mano utilizzato, dominante o non dominante. Viene rilevato l'effetto principale della mano utilizzata ( $F(1)=24,435$ ;  $p=.0001$ ), tale per cui il numero di pioli inseriti era maggiore con la mano dominante ( $M=14,919$ ;  $DS=.182$ ) rispetto alla non dominante ( $M=14,185$ ;  $DS=.196$ ). Non significativo l'effetto principale del tipo di gioco ( $F(1,61)=2,809$ ;  $p=.099$ ). L'interazione fra tipo di gioco e mano utilizzata è significativa ( $F(1, 61)=8,697$ ;  $p=.005$ ). In particolare, viene rilevato un effetto del tipo di gioco sulla mano dominante ( $p=.003$ ) ma non nella mano non dominante ( $p=.393$ ). Nella mano dominante il numero di pioli inseriti dopo aver giocato all'AVG ( $M=15,274$ ;  $DS=.213$ ) è maggiore di quello successivo al Tangram ( $M=14,565$ ;  $DS=.216$ ) (Fig 10).

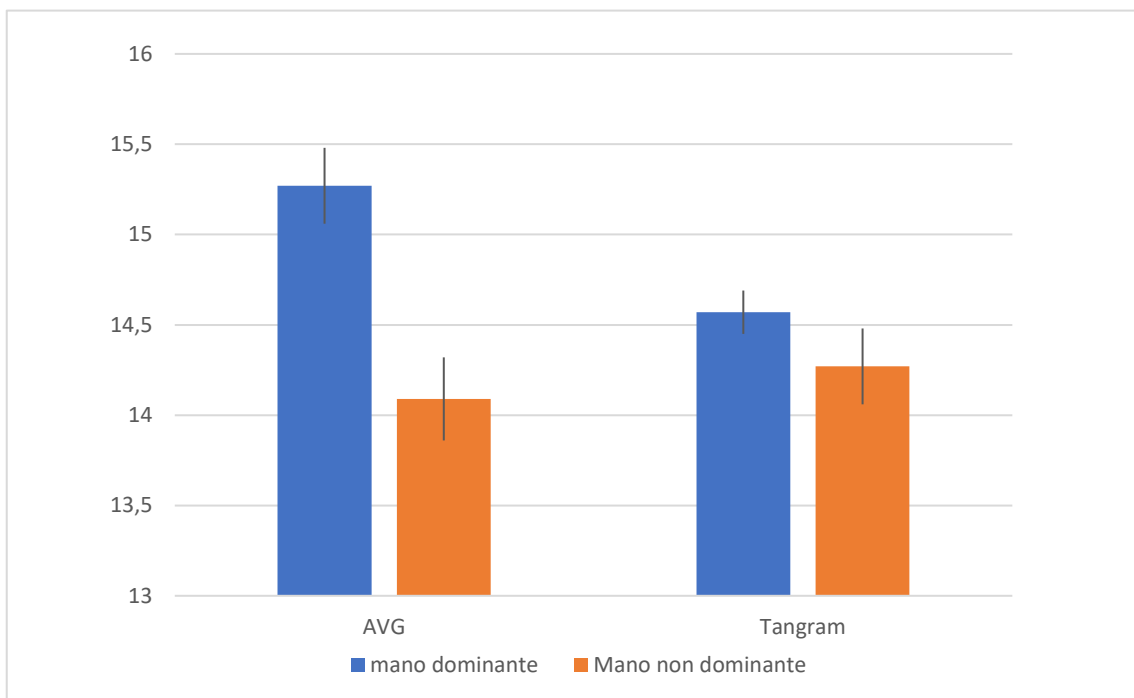


Fig 10: *Istogramma del numero di pioli inseriti in 30 Secondi.* A sinistra i dati relativi alla prestazione dopo aver giocato con l'AVG, a destra dopo Tangram; è significativa la differenza fra le prestazioni nella mano dominante, in blu. Non è rilevata invece una differenza nella mano non dominante, in arancione.

Sono state quindi condotte delle indagini tramite correlazioni di Pearson fra la prestazione con la mano dominante alla Pagboard e le altre variabili. La prestazione alla Pagboard con la mano dominante non correla con la posizione ottenuta durante Mario kart ( $p=.51$ ). Non è significativa nemmeno la correlazione con le monete ottenute durante la gara ( $p=.31$ ). Raggiunge la significatività la correlazione inversa ( $r=-.260$ ;  $p=.043$ ) fra la prestazione dopo AVG con la mano dominante e la differenza fra i punteggi assegnati all'item rilassato/calmo del questionario sulle emozioni post gioco dopo ciascuna condizione.

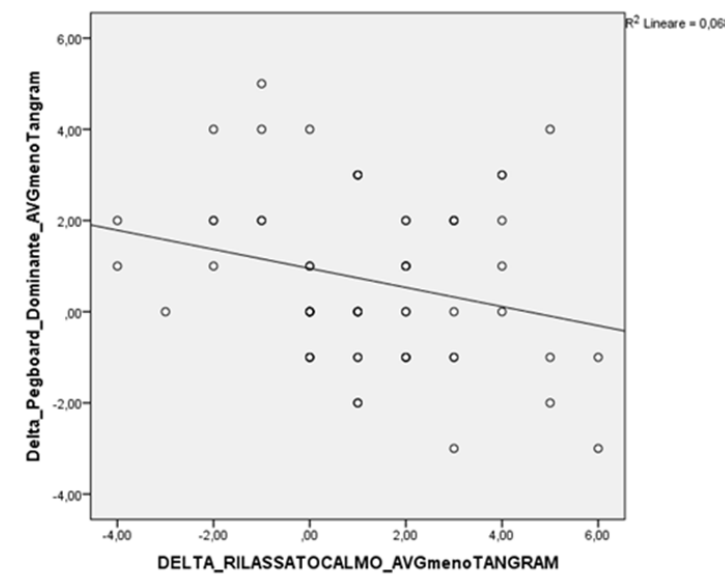


Fig 11: *Correlazione fra prestazione alla Pagboard con l'item Rilassato.* In ordinate la prestazione alla Pagboard con la mano dominante; in ascissa la differenza fra le risposte all'item rilassato/calmo dopo aver giocato all'AVG e dopo il Tangram. Come si evince dal grafico l'andamento della relazione è di tipo lineare inversa.

### 3.4 Discussione

I risultati del presente studio confermano che una sessione di 30 minuti con un AVG permette di ottenere un aumento immediato nella prestazione fine motoria della mano dominante, nello specifico sulla coordinazione occhio-mano, in un campione di adulti sani. È possibile che le caratteristiche del gioco scelto, come la velocità sostenuta, la necessità di passare da modalità attentive più selettiva ad una più distribuita, e la necessità di compiere delle trasformazioni visuo-motorie complesse abbiano facilitato un miglioramento nella abilità attentive visuo-spaziali che si riflette sulla coordinazione. Infatti gli studi precedenti accreditano l'idea che le prestazioni motorie conseguenti agli AVG siano dovute ad un aumento nelle abilità visuo-spaziali (Green et al., 2010; Mack et al., 2016). Una seconda ipotesi possibile è quella che sia migliorata la velocità di esecuzione, tramite processi di plasticità nelle corteccie motorie (Nitsche et al., 2007). Tuttavia questa supposizione pare meno accreditata (Bavelier & Green, 2019), nel caso specifico, inoltre, i partecipanti all'esperimento del presente studio non erano esperti e ripetevano il movimento solo per 30 minuti, ovvero un tempo abbastanza ridotto per poter essere significativo per l'aumento delle capacità di esecuzione e per rilevare effetti a livello della plasticità neurale.

Ipotizzando quindi che i miglioramenti nella coordinazione fine siano dovuti ad aumenti dell'attenzione visuo-spaziale (Green et al., 2010; Mack et al., 2016), si può supporre che i circuiti neuro-cognitivo coinvolti negli effetti immediati dell'attenzione visio-spaziale siano dati all'attività del *salience network*, e solo successivamente, entri in gioco il sistema esecutivo centrale. Il *salience network*, comprendente l'amigdala, il l'ipotalamo, lo striato, l'insula anteriore, la corteccia cingolata anteriore, le regioni infero-temporali e temporo-parietali ed i nuclei del mesencefalo e del tronco fra cui il locus coeruleus (Hermans et al., 2014), aree che producono la risposta neuro-endocrina mediata da noradrenalina, dopamina e corticosteroidi (Joëls & Baram, 2009; Droste et al., 2009). L'attivazione di questo network induce quindi l'inibizione di quello esecutivo, associato all'attenzione endogena (Foster, & Pineda, 1993), e favorisce invece l'attenzione esogena e l'ottimale rapporto percettivo fra segnale e rumore a livello percettivo (Aston-Jones & Cohen, 2005). Questa ipotesi è ulteriormente sostenuta da diverse ricerche che riportano l'aumento della risposta neuro-endocrina subito dopo aver giocato con i video-giochi (Killcross et al., 1997; Skosnik et al., 2000, Franceschini et al., 2022).

Come rilevato da studi precedenti, a lungo termine i miglioramenti visuo-attentivi ottenuti tramite l'uso degli AVG sono sostenuti da un'aumentata attivazione prefrontale, in



particolare nella dlPFC e delle aree premotorie, connesse ad un maggior utilizzo di processi top-down nelle trasformazioni visuo-motorie (Granek et al., 2010). Inoltre si può supporre che la ripetuta richiesta di alternare l'attenzione sostenuta e quella selettiva comportino a lungo termine una migliore coordinazione fra controllo endogeno ed esogeno dell'attenzione durante l'esecuzione di un compito (Bavelier & Green, 2019). Sono tuttavia necessari ulteriori studi sui circuiti neurali e sul sistema neuro-endocrino associati agli effetti immediati prodotti dagli AVG per poter chiarire questa ipotesi.

La miglior performance fino-motoria è però significativa solo nella mano dominante, mentre non migliora nella mano non dominante. Sarà quindi necessario in futuro chiarire se e quali siano, e come varino, gli effetti degli AVG in relazione alla dominanza manuale. In ogni caso, questo studio conferma l'influenza anche a livello immediato degli AVG sulla coordinazione fine, aspetto rilevante per i bambini con DCD. Se infatti questi strumenti sono in grado di produrre degli effetti su una popolazione tipica di adulti, studi successivi potrebbero ipotizzare ed indagare gli effetti degli AVG su campioni di bambini sia tipici che con DCD. Va sottolineato come l'aumento della sostanza bianca nel IV lobulo del cervelletto e nell'area motoria supplementare, correli con migliori prestazioni nella Pagboard (Kühn et al., 2010); queste stesse strutture, assieme al giro frontale medio e superiore, al giro sovramarginale ed al lobulo parietale inferiore, sono risultate ipoattive nei bambini con DCD durante l'esecuzione di compiti di destrezza manuale (Fuelscher et al., 2018). Se gli AVG quindi agiscono su questi meccanismi si può ipotizzare generalizzazione degli effetti osservati anche in compiti differenti da quello utilizzato nell'indagine corrente.

Nel presente studio invece, il Tangram non è stato in grado di produrre effetti significativi sulle capacità di coordinazione fino-motoria. I giochi di tipo puzzle vengono utilizzati nei contesti educativi poiché associati a migliori risultati nelle abilità geometriche, alle capacità visuo-costruttive ed in generale le competenze spaziali (Renavitasari & Supianto, 2018). Uno studio pubblicato su "*Trends in Neuroscience and Education*" sottolinea l'importanza di utilizzare puzzle, blocchi e forme nei contesti educativi a partire dall'infanzia; infatti lo sviluppo di abilità spaziali maggiori è associato a migliori carriere scolastiche nelle materie scientifiche (Verdine et al., 2014). I puzzle vengono perciò utilizzati anche negli asili con approccio Montessoriano, per i quali vari studi attestano risultati maggiori durante la scuola primaria (Lillard et al., 2017).

Nonostante ciò, i risultati di questo ed altri studi (vedi Talsma et al., 2010; Franceschini et al., 2013; 2022; Peters et al., 2021) evidenziano come un AVG potrebbe avere nel

contesto educativo e nei disturbi del neurosviluppo maggiori esiti cognitivi rispetto ad attività tipicamente utilizzate, come i puzzle. Gli AVG dovrebbero pertanto essere implementati e sfruttati anche nei contesti educativi.

Come sottolineato da Kozhevnikov e collaboratori (2018) gli effetti immediati dell'esperienza con gli AVG è influenzata dal flow e più in generale dalle emozioni esperite durante la sessione di gioco. Per questo motivo all'interno del presente studio sono stati inseriti dei questionari finalizzati a valutare gli aspetti emotivi associati al gioco. Dall'analisi dei risultati dei questionari di confronto emerge come l'AVG sia considerato dai partecipanti maggiormente piacevole rispetto al Tangram, ma anche meno difficile, meno noioso, più divertente, più rilassante, più energizzante e capace di renderli più allegri. Questi esiti si allineano con quanto affermato dalla letteratura precedente, che rileva come i videogiochi siano considerati mezzi riabilitativi più piacevoli, e più accettabili rispetto ad altri trattamenti tradizionali da diversi pazienti (Horne-Moyer et al., 2014). Inoltre, il desiderio esperito durante l'esperienza di gioco viene connesso ad un aumentato rilascio di dopamina a livello nuovamente della dPFC, aumentando i processi plastici in quest'area, cruciale anche nel dominio motorio (Kühn et al., 2014).

Per quanto riguarda il Tangram, alcuni studi riportano come questa attività venga generalmente considerata facile ed interessante (Renavitasari & Supianto, 2018), ma nel presente studio questo gioco non solo è stato valutato meno positivamente rispetto all'AVG, le analisi evidenziano anche un aumento del NA e una diminuzione della PA. I risultati ottenuti dall'analisi del PANAS mostrano infatti che, mentre l'AVG non modifica l'affettività, il Tangram ha avuto importanti effetti negativi sull'affettività dei partecipanti. Può essere quindi che l'incapacità del puzzle di produrre emozioni positive, insieme alle caratteristiche specifiche di questo compito, sia alla base dell'impossibilità di trovarne l'influenza sul dominio fino-motorio.

Il divertimento e l'allegria sono considerate emozioni positive in grado di ampliare il fuoco attentivo e il repertorio pensiero-azione (Fredrikson & Branigan, 2005), svolgendo quindi un possibile ruolo negli esiti sulla coordinazione rilevati nell'AVG e non nel Tangram. Infatti le esperienze maggiormente coinvolgenti, come gli AVG, sono associate ad aumenti immediati nelle prestazioni visuo-spaziali e di rotazione mentale (Obana, & Kozhevnikov, 2012); ergo il Tangram potrebbe non essere stato in grado di produrre il medesimo livello di attivazione del AVG. L'importante ruolo giocato dal livello di attivazione sugli effetti immediati del gioco è ulteriormente confermato nel presente studio dalla correlazione inversa fra l'abilità fino-motoria nella mano dominante e l'item

“rilassato”. Infatti, la prestazione della mano dominante con la Pegboard è inversamente correlata ( $r=-.260$ ) a quanto il partecipante si sentisse calmo dopo i due giochi, per cui un maggior numero di pioli infilati corrisponde a minor percezione di rilassamento successivamente all'AVG. Ancora una volta questo dato è allineato con gli studi di Kozhevnikov e colleghi (2012) che riportano come l'aumento nelle abilità visuo-spaziale sia associato con il ritiro dell'attività parasimpatica. Inoltre, la correlazione fra miglioramenti e livello di attivazione rilevata nel presente studio conferma i dati neuro-endocrini che associano migliori prestazioni ai livelli degli ormoni dello stress (Killcross et al., 1997; Skosnik et al., 2000, Franceschini et al., 2022). Studi futuri potrebbero comprendere misurazioni circa lo stato di attivazione simpatica e parasimpatica, ma anche neuro-endocrina, al fine di chiarire l'influenza di queste variabili.

È interessante notare come nel presente studio non sia stata rilevata una relazione significativa fra la coordinazione manuale e l'efficienza durante il gioco. Infatti, la prestazione con la Pagboard non correla con alcun parametro circa la qualità delle partite svolte a Mario Kart, come la posizione in classifica o le monete raccolte. Il fatto che la qualità delle partite svolte non sia correlata alla performance nella coordinazione, mentre lo è l'esperienza emotiva, potrebbe far propendere verso una spiegazione che vede una maggiore influenza delle emozioni positive e del livello di attivazione, rispetto alle caratteristiche specifiche del gioco, avvicinandosi ai risultati rilevati da Franceschini e colleghi (2022). Tuttavia questa resta un'ipotesi dal momento che questo studio non permette di definire se gli esiti immediati sul sistema motorio fine siano causati dal gioco per sé o dalle emozioni esperite durante l'esperienza. Ulteriori studi sono necessari per comprendere la relazione fra caratteristiche degli AVG, emozioni positive, ed esiti sulla cognizione e sulla motricità fine.

In sintesi quindi il presente studio mostra la superiorità degli AVG, rispetto ad altri strumenti educativi, nel produrre degli effetti immediati sulla coordinazione fino motoria, sia per alcune caratteristiche specifiche di questo strumento, sia per la sua capacità di produrre stati emotivi positivi e coinvolgenti.

## BIBLIOGRAFIA

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>. Source: <https://writer.com/how-to-cite-a-dsm-5-in-apa>
- Ashby, F. G., Turner, B. O., & Horvitz, J. C. (2010). Cortical and basal ganglia contributions to habit learning and automaticity. *Trends in cognitive sciences*, 14(5), 208-215.
- Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Adaptive gain and the role of the locus coeruleus–norepinephrine system in optimal performance. *Journal of Comparative Neurology*, 493(1), 99-110.
- Baldwin, J. D., & Baldwin, J. I. (1974). Exploration and social play in squirrel monkeys (Saimiri). *American Zoologist*, 14(1), 303-315.
- Baas, M., De Dreu, C. K., & Nijstad, B. A. (2008). A meta-analysis of 25 years of mood-creativity research: Hedonic tone, activation, or regulatory focus?. *Psychological bulletin*, 134(6), 779.
- Basso, M. R., Schefft, B. K., Ris, M. D., & Dember, W. N. (1996). Mood and global-local visual processing. *Journal of the international neuropsychological society*, 2(3), 249-255.
- Bateman, C., & Nacke, L. E. (2010). The neurobiology of play. In *Proceedings of the international academic conference on the future of game design and technology* (pp. 1-8).
- Bavelier, D., Green, C. S., Pouget, A., & Schrater, P. (2012). Brain plasticity through the life span: learning to learn and action video games. *Annual review of neuroscience*, 35, 391-416.
- Bavelier, D., & Green, C. S. (2019). Enhancing attentional control: lessons from action video games. *Neuron*, 104(1), 147-163.
- Bediou, B., Adams, D. M., Mayer, R. E., Tipton, E., Green, C. S., & Bavelier, D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological bulletin*, 144(1), 77.
- Berghänel, A., Schülke, O., & Ostner, J. (2015). Locomotor play drives motor skill acquisition at the expense of growth: A life history trade-off. *Science advances*, 1(7), e1500451.
- Berridge, K. C., & Kringelbach, M. L. (2015). Pleasure systems in the brain. *Neuron*, 86(3), 646-664.
- Berridge, K. C., & Robinson, T. E. (2003). Parsing reward. *Trends in neurosciences*, 26(9), 507-513.
- Biben, M. (1986). Individual-and sex-related strategies of wrestling play in captive squirrel monkeys. *Ethology*, 71(3), 229-241.
- Blank, R., Barnett, A. L., Cairney, J., Green, D., Kirby, A., Polatajko, H., Rosenblum, S., Smith-Engelsman, B., Sugden, D., Wilson, P., & Vinçon, S. (2019). International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis,

- assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 61(3), 242-285.
- Bonney, E., Ferguson, G., & Smits-Engelsman, B. (2017). The efficacy of two activity-based interventions in adolescents with developmental coordination disorder. *Research in developmental disabilities*, 71, 223-236.
  - Borecki, L., Tolstych, K., & Pokorski, M. (2013). Computer games and fine motor skills. In *Respiratory Regulation-Clinical Advances* (pp. 343-348). Springer, Dordrecht.
  - Burghardt, G. M. (2005). *The Genesis of Animal Play: Testing the Limits*. Cambridge (MA): MIT Press.
  - Burghardt, G. M. (2014). A brief glimpse at the long evolutionary history of play. *Animal behavior and cognition*, 1(2), 90-98.
  - Byers, J. A., & Walker, C. (1995). Refining the motor training hypothesis for the evolution of play. *The American Naturalist*, 146(1), 25-40.
  - Caçola, P., Romero, M., Ibane, M., & Chuang, J. (2016). Effects of two distinct group motor skill interventions in psychological and motor skills of children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Disability and health journal*, 9(1), 172-178.
  - Caçola, P., Getchell, N., Srinivasan, D., Alexandrakis, G., & Liu, H. (2018). Cortical activity in fine-motor tasks in children with developmental coordination disorder: a preliminary fNIRS study. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 65, 83-90.
  - Cameron E. Z., Linklater W. L., Stafford K. J., Minot E. O. (2008). Maternal investment results in better foal condition through increased play behaviour in horses. *Animal Behaviour*. 76(5):1511–1518.
  - Cardoso-Leite, P., Joessel, A., and Bavelier, D. (2020). Games for enhancing cognitive abilities. In *Handbook of Game-based Learning*, J. Plass, R. Mayer, and B. Homer, eds. Boston: MIT Press.
  - Caro T. M. (1980). Effects of the mother, object play, and adult experience on predation in cats. *Behavioural and Neural Biology*, 29(1):29–51.
  - Cavaliere, A. (2009). *Movement ABC-Batteria per la valutazione motoria del bambino*. <https://www.neuropsicomotricista.it/argomenti/43-strumenti-di-valutazione/schemi-di-esami-predefiniti-43/233-movement-abc-batteria-per-la-valutazione-motoria-del-bambino.html>
  - Chong, T. T. J., Cunnington, R., Williams, M. A., Kanwisher, N., & Mattingley, J. B. (2008). fMRI adaptation reveals mirror neurons in human inferior parietal cortex. *Current biology*, 18(20), 1576-1580.
  - Cieslik, E. C., Zilles, K., Caspers, S., Roski, C., Kellermann, T. S., Jakobs, O., Langner, R., Laird, A. R., Fox, P. T., & Eickhoff, S. B. (2013). Is there “one” DLPFC in cognitive action control? Evidence for heterogeneity from co-activation-based parcellation. *Cerebral cortex*, 23(11), 2677-2689.
  - Conti, R. (2001). Time flies: Investigating the connection between intrinsic motivation and the experience of time. *Journal of personality*, 69(1), 1-26.

- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature reviews neuroscience*, 3(3), 201-215.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row.
- Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., & Nakamura, J. (2014). Flow. In *Flow and the foundations of positive psychology* (pp. 227-238). Springer, Dordrecht.
- Debrabant, J., Vingerhoets, G., Van Waelvelde, H., Leemans, A., Taymans, T., & Caeyenberghs, K. (2016). Brain connectomics of visual-motor deficits in children with developmental coordination disorder. *The Journal of pediatrics*, 169, 21-27.
- Deconinck, F. J. A., De Clercq, D., Savelsbergh, G. J., Van Coster, R., Oostra, A., Dewitte, G., & Lenoir, M. (2006). Visual contribution to walking in children with developmental coordination disorder. *Child: care, health and development*, 32(6), 711-722.
- DFC Intelligence Editorial Team, (2020). *Global Video Game Consumer Population Passes 3 Billion*. DFC Intelligence. <https://www.dfciint.com/dossier/global-video-game-consumer-population/>
- Dillingham, C. M., Frizzati, A., Nelson, A. J., & Vann, S. D. (2015). How do mammillary body inputs contribute to anterior thalamic function?. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 54, 108-119.
- Dinets, V. (2015). Play behavior in crocodylians. *Animal Behavior and Cognition*, 2(1), 49-55.
- Dye, M. W., Green, C. S., & Bavelier, D. (2009). Increasing speed of processing with action video games. *Current directions in psychological science*, 18(6), 321-326.
- Dye, M. W., & Bavelier, D. (2010). Differential development of visual attention skills in school-age children. *Vision research*, 50(4), 452-459.
- Droste, S. K., de Groote, L., Atkinson, H. C., Lightman, S. L., Reul, J. M., & Linthorst, A. C. (2008). Corticosterone levels in the brain show a distinct ultradian rhythm but a delayed response to forced swim stress. *Endocrinology*, 149(7), 3244-3253.
- Fagen R. M. (1981). *Animal Play Behavior*. Oxford (UK) and New York: Oxford University Press.
- Fagen, R., & Fagen, J. (2004). Juvenile survival and benefits of play behaviour in brown bears, *Ursus arctos*. *Evolutionary Ecology Research*, 6(1), 89-102.
- Feng, J., Spence, I., & Pratt, J. (2007). Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychological science*, 18(10), 850-855.
- Flapper, B. C., & Schoemaker, M. M. (2013). Developmental coordination disorder in children with specific language impairment: Co-morbidity and impact on quality of life. *Research in developmental disabilities*, 34(2), 756-763.
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Viola, S., Molteni, M., & Facoetti, A. (2013). Action video games make dyslexic children read better. *Current biology*, 23(6), 462-466.

- Franceschini, S., Bertoni, S., Giancesini, T., Gori, S., & Facoetti, A. (2017). A different vision of dyslexia: Local precedence on global perception. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.
- Franceschini, S., Lulli, M., Bertoni, S., Gori, S., Angrilli, A., Mancarella, M., Puccio, G. & Facoetti, A. (2020). Caffeine improves text reading and global perception. *Journal of Psychopharmacology*, 34(3), 315-325.
- Franceschini, S., Bertoni, S., Lulli, M., Pievani, T., & Facoetti, A. (2022). Short-term effects of video-games on cognitive enhancement: The role of positive emotions. *Journal of Cognitive Enhancement*, 6(1), 29-46.
- Fredrickson, B. L. (1998). What good are positive emotions?. *Review of general psychology*, 2(3), 300-319.
- Fredrickson, B. L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions. *American psychologist*, 56(3), 218.
- Fredrickson, B. L. (2013). Positive emotions broaden and build. *Advances in experimental social psychology* (Vol. 47, pp. 1-53). Academic Press.
- Fredrickson, B., & Levenson, R. W. (1998). Positive emotions speed recovery from the cardiovascular sequelae of negative emotions. *Cognition & emotion*, 12(2), 191-220.
- Fredrickson, B. L., & Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. *Cognition and Emotion*, 19(3), 313–332.
- Foote, S. L., & Pineda, J. A. (1993). Extrathalamic modulation of cortical function.
- Fuelscher, I., Caeyenberghs, K., Enticott, P. G., Williams, J., Lum, J., & Hyde, C. (2018). Differential activation of brain areas in children with developmental coordination disorder during tasks of manual dexterity: an ALE meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 86, 77-84.
- Gamble, J. R., & Cristol, D. A. (2002). Drop-catch behaviour is play in herring gulls, *Larus argentatus*. *Animal behaviour*, 63(2), 339-345.
- Gardner, R. A., & Broman, M. (1979). The Purdue Pegboard: Normative data on 1334 school children. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 8(3), 156-162.
- Garvey, C. (1990). *Play*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Gong, D., Ma, W., Gong, J., He, H., Dong, L., Zhang, D., & Yao, D. (2017). Action video game experience related to altered large-scale white matter networks. *Neural Plasticity*, 2017.
- Goto, Y., Yang, C. R., & Otani, S. (2010). Functional and dysfunctional synaptic plasticity in prefrontal cortex: roles in psychiatric disorders. *Biological psychiatry*, 67(3), 199-207.
- Graham, K. L., & Burghardt, G. M. (2010). Current perspectives on the biological study of play: signs of progress. *The Quarterly Review of Biology*, 85(4), 393-418.
- Granek, J. A., Gorbet, D. J., & Sergio, L. E. (2010). Extensive video-game experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. *Cortex*, 46(9), 1165-1177.
- Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. (2014). The benefits of playing video games. *American psychologist*, 69(1), 66.

- Green, D., Baird, G., & Sugden, D. (2006). A pilot study of psychopathology in developmental coordination disorder. *Child: care, health and development*, 32(6), 741-750.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2007). Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychological science*, 18(1), 88-94.
- Green, C. S., Li, R., & Bavelier, D. (2010). Perceptual learning during action video game playing. *Topics in cognitive science*, 2(2), 202-216.
- Groos K. (1901). *The Play of Man*. New York: D. Appleton.
- Gross, M. M., Crane, E. A., & Fredrickson, B. L. (2012). Effort-shape and kinematic assessment of bodily expression of emotion during gait. *Human movement science*, 31(1), 202-221.
- Grosbras, M. H., Laird, A. R., & Paus, T. (2005). Cortical regions involved in eye movements, shifts of attention, and gaze perception. *Human brain mapping*, 25(1), 140-154.
- Haibach, P., Reid, G., & Collier, D. (2017). *Motor Learning and Development 2nd Edition*. Human kinetics.
- Hall G. S. (1904). *Adolescence: Its Psychology and its Relations to Physiology, Anthropology, Sociology, Sex, Crime, Religion, and Education*. New York: Appleton.
- Hanaie, R., Mohri, I., Kagitani-Shimono, K., Tachibana, M., Matsuzaki, J., Hirata, I., Nagatani, F., Watanabe, Y., Fujita, N., & Taniike, M. (2016). White matter volume in the brainstem and inferior parietal lobule is related to motor performance in children with autism spectrum disorder: A voxel-based morphometry study. *Autism Research*, 9(9), 981-992.
- Harcourt, R. (1991). Survivorship costs of play in the South American fur seal. *Animal behaviour*. 42(3), 509–511.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., Barnett, A. L., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2007). *Movement Assessment Battery for Children. 2nd edn London*. UK: Harcourt Assessment.
- Hermans, E. J., Henckens, M. J., Joëls, M., & Fernández, G. (2014). Dynamic adaptation of large-scale brain networks in response to acute stressors. *Trends in neurosciences*, 37(6), 304-314.
- Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., Hazen, N., Herman, J., Katz, E. S., Kheirandish-Gozal, L., Neubauer, D. N., O'Donnell, A. E., Ohayon, M., Peever, J., Rawding, R., Sachdeva, R. C., Setters, B., Vitiello, M. V., Ware, J. C. & Hillard, P. J. A. (2015). National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep health*, 1(1), 40-43.
- Horne-Moyer, H. L., Moyer, B. H., Messer, D. C., & Messer, E. S. (2014). The use of electronic games in therapy: a review with clinical implications. *Current psychiatry reports*, 16(12), 1-9.
- Hutt, S. J., Tyler, S., Hutt, C., & Christopherson, H. (1990). *Play, exploration and learning: a natural history of the pre-school*. Routledge.



- Jane, J. Y., Burnett, A. F., & Sit, C. H. (2018). Motor skill interventions in children with developmental coordination disorder: a systematic review and meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 99(10), 2076-2099.
- Joëls, M., & Baram, T. Z. (2009). The neuro-symphony of stress. *Nature reviews neuroscience*, 10(6), 459-466.
- Johnson, K. J., Waugh, C. E., & Fredrickson, B. L. (2010). Smile to see the forest: Facially expressed positive emotions broaden cognition. *Cognition and emotion*, 24(2), 299-321.
- Karmiloff-Smith, A. (1992), *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*, Cambridge, Mass., MIT Press
- Keller, J., & Bless, H. (2008). Flow and regulatory compatibility: An experimental approach to the flow model of intrinsic motivation. *Personality and social psychology bulletin*, 34(2), 196-209.
- Khatib, L., Li, Y., Geary, D., & Popov, V. (2021). Meta-analysis on the relation between visuomotor integration and academic achievement: Role of educational stage and disability. *Educational Research Review*, 100412.
- Killcross, S., Robbins, T. W., & Everitt, B. J. (1997). Different types of fear-conditioned behaviour mediated by separate nuclei within amygdala. *Nature*, 388(6640), 377-380.
- Klasen, M., Weber, R., Kircher, T. T., Mathiak, K. A., & Mathiak, K. (2012). Neural contributions to flow experience during video game playing. *Social cognitive and affective neuroscience*, 7(4), 485-495.
- Koepp, M. J., Gunn, R. N., Lawrence, A. D., Cunningham, V. J., Dagher, A., Jones, T., Brooks, D. J., Bench C. J. & Grasby, P. M. (1998). Evidence for striatal dopamine release during a video game. *Nature*, 393(6682), 266-268.
- Kozhevnikov, M., Li, Y., Wong, S., Obana, T., & Amihai, I. (2018). Do enhanced states exist? Boosting cognitive capacities through an action video-game. *Cognition*, 173, 93-105.
- Kühn, S., Romanowski, A., Schilling, C., Banaschewski, T., Barbot, A., Barker, G. J., Brühl, R., Büchel, C., Conrod, P. J., Czech, K., Dalley, J. W., Flor, H., Garavan, H., Häke, I., Ittermann, I., Ivanov, N., Mann, K., Lathrop, M., Loth, E., & IMAGEN consortium. (2012). Manual dexterity correlating with right lobule VI volume in right-handed 14-year-olds. *Neuroimage*, 59(2), 1615-1621.
- Kühn, S., Gleich, T., Lorenz, R. C., Lindenberger, U., & Gallinat, J. (2014). Playing Super Mario induces structural brain plasticity: gray matter changes resulting from training with a commercial video game. *Molecular psychiatry*, 19(2), 265-271.
- Kühn, S., Lorenz, R., Banaschewski, T., Barker, G. J., Büchel, C., Conrod, P. J., Herta, F., Garavan, H., Ittermann, B., Loth, E., Mann, K., Nees, F., Artiges, E., Paus, T., Rietschel, M., Smolka, M. N., Ströhle, A., Walaszek, B., Schumann, G., ..., & IMAGEN Consortium. (2014). Positive association of video game playing with left frontal cortical thickness in adolescents. *PloS one*, 9(3), e91506.
- Langevin, L. M., MacMaster, F. P., & Dewey, D. (2015). Distinct patterns of cortical thinning in concurrent motor and attention disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 57(3), 257-264.

- Li, L., Chen, R., & Chen, J. (2016). Playing action video games improves visuomotor control. *Psychological science*, 27(8), 1092-1108.
- Li, R., Polat, U., Makous, W., & Bavelier, D. (2009). Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. *Nature neuroscience*, 12(5), 549-551.
- Li, X., Sroubek, A., Kelly, M. S., Lesser, I., Sussman, E., He, Y., Branch, C., & Foxe, J. J. (2012). Atypical pulvinar–cortical pathways during sustained attention performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 51(11), 1197-1207.
- Lillard, A. S. (1993). Pretend play skills and the child's theory of mind. *Child development*, 64(2), 348-371.
- Lillard, A. S. (2017). Why do the children (pretend) play?. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(11), 826-834.
- Lillard, A. S., Lerner, M. D., Hopkins, E. J., Dore, R. A., Smith, E. D., & Palmquist, C. M. (2013). The impact of pretend play on children's development: a review of the evidence. *Psychological bulletin*, 139(1), 1.
- Lillard, A. S., Heise, M. J., Richey, E. M., Tong, X., Hart, A., & Bray, P. M. (2017). Montessori preschool elevates and equalizes child outcomes: A longitudinal study. *Frontiers in psychology*, 8, 1783.
- Mack, D. J., Wiesmann, H., & Ilg, U. J. (2016). Video game players show higher performance but no difference in speed of attention shifts. *Acta psychologica*, 169, 11-19.
- Meachon, E. J., Zemp, M., & Alpers, G. W. (2022). Developmental coordination disorder (DCD): relevance for clinical psychologists in Europe. *Clinical Psychology in Europe*, 4(2), 1-24.
- Moller, A. C., Meier, B. P., & Wall, R. D. (2010). Developing an experimental induction of flow: Effortless action in the lab. *Effortless attention: A new perspective in the cognitive science of attention and action*, 191-204.
- Mosca, S. J., Langevin, L. M., Dewey, D., Innes, A. M., Lionel, A. C., Marshall, C. C., Scherer, S. W., Parboosingh, J. S., & Bernier, F. P. (2016). Copy-number variations are enriched for neurodevelopmental genes in children with developmental coordination disorder. *Journal of Medical Genetics*, 53(12), 812-819.
- Nava, E., Föcker, J., & Gori, M. (2020). Children can optimally integrate multisensory information after a short action-like mini game training. *Developmental science*, 23(1), e12840.
- Nelson, D. W. (2009). Feeling good and open-minded: The impact of positive affect on cross cultural empathic responding. *The journal of positive psychology*, 4(1), 53-63.
- Nitsche, M. A., Roth, A., Kuo, M. F., Fischer, A. K., Liebetanz, D., Lang, N., & Paulus, W. (2007). Timing-dependent modulation of associative plasticity by general network excitability in the human motor cortex. *Journal of Neuroscience*, 27(14), 3807-3812.

- Nunes S., Muecke E.-M., Lancaster L. T., Miller N. A., Mueller N. A., Muelhaus J., Castro L. (2004). Functions and consequences of play behaviour in juvenile Belding's ground squirrels. *Animal Behaviour*, 68(1):27–37.
- Obana, T., & Kozhevnikov, M. (2012). State effects of action video-game playing on visuospatial processing efficiency and attention among experienced action video-game players. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 34(34).
- Palagi, E. (2018). Not just for fun! Social play as a springboard for adult social competence in human and non-human primates. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 72(6), 1-14.
- Palagi, E., Cordoni, G., & Borgognini Tarli, S. M. (2004). Immediate and delayed benefits of play behaviour: new evidence from chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Ethology*, 110(12), 949-962.
- Parong, J., Seitz, A. R., Jaeggi, S. M., & Green, C. S. (2022). Expectation effects in working memory training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(37), e2209308119.
- Pasqualotto, A., Altarelli, I., De Angeli, A., Menestrina, Z., Bavelier, D., & Venuti, P. (2022). Enhancing reading skills through a video game mixing action mechanics and cognitive training. *Nature human behaviour*, 6(4), 545-554.
- Paton, J. J., Belova, M. A., Morrison, S. E., & Salzman, C. D. (2006). The primate amygdala represents the positive and negative value of visual stimuli during learning. *Nature*, 439(7078), 865-870.
- Pellis S. M., & Pellis, V. C. (2009). *The Playful Brain: Ventures to the Limits of Neuroscience*. Oxford (UK): Oneworld Press.
- Pellis, S. M., & Pellis, V. C. (2017). What is play fighting and what is it good for?. *Learning & behavior*, 45(4), 355-366.
- Peters, J. L., Crewther, S. G., Murphy, M. J., & Bavin, E. L. (2021). Action video game training improves text reading accuracy, rate and comprehension in children with dyslexia: a randomized controlled trial. *Scientific reports*, 11(1), 1-11.
- Piaget J. (1962). *Play, Dreams and Imitation in Childhood*. New York: W.W. Norton.
- Piek, J. P., Dawson, L., Smith, L. M., & Gasson, N. (2008). The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability. *Human Movement Science*, 27(5), 668–681.
- Pieters, S., Desoete, A., Van Waelvelde, H., Vanderswalmen, R., & Roeyers, H. (2012). Mathematical problems in children with developmental coordination disorder. *Research in developmental disabilities*, 33(4), 1128-1135.
- Pine, R., Fleming, T., McCallum, S., & Sutcliffe, K. (2020). The effects of casual videogames on anxiety, depression, stress, and low mood: a systematic review. *Games for health journal*, 9(4), 255-264.
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 17(3), 715.

- Quinn, S., Donnelly, S., & Kidd, E. (2018). The relationship between symbolic play and language acquisition: A meta-analytic review. *Developmental review*, 49, 121-135.
- Renavitasari, I. R. D., & Supianto, A. A. (2018). Educational game for training spatial ability using tangram puzzle. In *2018 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET)* (pp. 174-179). IEEE.
- Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2010). The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nature reviews neuroscience*, 11(4), 264-274.
- Ronconi, L., Basso, D., Gori, S., & Facoetti, A. (2014). TMS on right frontal eye fields induces an inflexible focus of attention. *Cerebral Cortex*, 24(2), 396-402.
- Rosenblum, S. (2013). Handwriting measures as reflectors of executive functions among adults with Developmental Coordination Disorders (DCD). *Frontiers in Psychology*, 4, 357.
- Rosser, J. C., Lynch, P. J., Cuddihy, L., Gentile, D. A., Klonsky, J., & Merrell, R. (2007). The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Archives of surgery*, 142(2), 181-186.
- Sakai, K., Ramnani, N., & Passingham, R. E. (2002). Learning of sequences of finger movements and timing: frontal lobe and action-oriented representation. *Journal of neurophysiology*, 88(4), 2035-2046.
- Schmitz, T. W., De Rosa, E., & Anderson, A. K. (2009). Opposing influences of affective state valence on visual cortical encoding. *Journal of Neuroscience*, 29(22), 7199-7207.
- Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F., Keller, J., Glover, G. H., Kenna, H., Reiss, A. L. & Greicius, M. D. (2007). Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience*, 27(9), 2349-2356.
- Sharpe, L. L. (2005). Play fighting does not affect subsequent fighting success in wild meerkats. *Animal Behaviour*, 69(5), 1023-1029.
- Sharpe L. L., Clutton-Brock T. H., Brotherton P. N. M., Cameron E. Z. & Cherry M. I. (2002). Experimental provisioning increases play in free-ranging meerkats. *Animal Behaviour*. 64(1):113–121.
- Skosnik, P. D., Chatterton Jr, R. T., Swisher, T., & Park, S. (2000). Modulation of attentional inhibition by norepinephrine and cortisol after psychological stress. *International Journal of Psychophysiology*, 36(1), 59-68.
- Silvestri, S., (2022). *Il gaming nel 2022 varrà 197 miliardi*. Financial Lounge.Com, <https://www.financiallounge.com/news/2022/07/27/il-gaming-nel-2022-varra-197-miliardi-di-dollari/?y=169>
- Smith, P. K. (1982). Does play matter? Functional and evolutionary aspects of animal and human play. *Behavioral and brain sciences*, 5(1), 139-155.
- Smith, E. D., & Lillard, A. S. (2012). Play on: Retrospective reports of the persistence of pretend play into middle childhood. *Journal of Cognition and Development*, 13(4), 524-549.

- Smits-Engelsman, B. C., Jelsma, L. D., & Ferguson, G. D. (2017). The effect of exergames on functional strength, anaerobic fitness, balance and agility in children with and without motor coordination difficulties living in low-income communities. *Human movement science*, 55, 327-337.
- Smits-Engelsman, B., Vincon, S., Blank, R., Quadrado, V. H., Polatajko, H., & Wilson, P. H. (2018). Evaluating the evidence for motor-based interventions in developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Research in developmental disabilities*, 74, 72-102.
- Soto, D., Funes, M. J., Guzmán-García, A., Warbrick, T., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2009). Pleasant music overcomes the loss of awareness in patients with visual neglect. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(14), 6011-6016.
- Spencer H. (1872). *The Principles of Psychology*. Second Edition, Volume 2. New York: Appleton.
- Spinka, M., Newberry, R. C., & Bekoff, M. (2001). Mammalian play: training for the unexpected. *The Quarterly review of biology*, 76(2), 141-168.
- Stoodley, C. J., Valera, E. M., & Schmahmann, J. D. (2012). Functional topography of the cerebellum for motor and cognitive tasks: an fMRI study. *Neuroimage*, 59(2), 1560-1570.
- Summers, J., Larkin, D., & Dewey, D. (2008). What impact does developmental coordination disorder have on daily routines?. *International Journal of Disability, Development and Education*, 55(2), 131-141.
- Talsma, D., Senkowski, D., Soto-Faraco, S., & Woldorff, M. G. (2010). The multifaceted interplay between attention and multisensory integration. *Trends in cognitive sciences*, 14(9), 400-410.
- Tambini, A., Ketz, N., & Davachi, L. (2010). Enhanced brain correlations during rest are related to memory for recent experiences. *Neuron*, 65(2), 280-290.
- Terraciano, A., McCrae, R. R., & Costa Jr, P. T. (2003). Factorial and construct validity of the Italian Positive and Negative Affect Schedule (PANAS). *European journal of psychological assessment*, 19(2), 131.
- Treccani. (s. d.). Gioco. Ultimo accesso 20 Settembre 2022, <https://www.treccani.it/vocabolario/gioco/>
- Tseng, M. H., Howe, T. H., Chuang, I. C., & Hsieh, C. L. (2007). Cooccurrence of problems in activity level, attention, psychosocial adjustment, reading and writing in children with developmental coordination disorder. *International Journal of Rehabilitation Research*, 30(4), 327-332.
- Van Dyck, D., Deconinck, N., Aeby, A., Bajot, S., Coquelet, N., Trotta, N., Rovai, A., Goldman, S., Urbain, C., Wens, V., & De Tiege, X. (2022). Atypical resting-state functional brain connectivity in children with developmental coordination disorder. *NeuroImage: Clinical*, 33, 102928.
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N. S. (2014). Finding the missing piece: Blocks, puzzles, and shapes fuel school readiness. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 7-13.

- Videogioco. (2022). In Wikipedia.  
[//it.wikipedia.org/w/index.php?title=Videogioco&oldid=128958330](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Videogioco&oldid=128958330)
- Vijayraghavan, S., Wang, M., Birnbaum, S. G., Williams, G. V., & Arnsten, A. F. (2007). Inverted-U dopamine D1 receptor actions on prefrontal neurons engaged in working memory. *Nature neuroscience*, 10(3), 376-384.
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Wadlinger, H. A., & Isaacowitz, D. M. (2006). Positive mood broadens visual attention to positive stimuli. *Motivation and emotion*, 30(1), 87-99.
- Wallis, J. D. (2007). Orbitofrontal cortex and its contribution to decision-making. *Annual review of neuroscience*, 30(1), 31-56.
- Weber, R., Tamborini, R., Westcott-Baker, A., & Kantor, B. (2009). Theorizing flow and media enjoyment as cognitive synchronization of attentional and reward networks. *Communication Theory*, 19(4), 397-422.
- Wilms, I. L., Petersen, A., & Vangkilde, S. (2013). Intensive video gaming improves encoding speed to visual short-term memory in young male adults. *Acta psychologica*, 142(1), 108-118.
- World Health Organization. (2016). *International statistical classification of diseases and related health problems (10th ed.)*.  
<https://icd.who.int/browse10/2016/en>
- Zayeni, D., Raynaud, J. P., & Revet, A. (2020). Therapeutic and preventive use of video games in child and adolescent psychiatry: a systematic review. *Frontiers in psychiatry*, 11, 36.
- Zoia, S., Biancotto, M., Guicciardi, M., Lecis, R., Lucidi, F., Pelamatti, G. M., Carrozzini, M., Skabar, A., Sugden, D. A., Barnett, A. L., & Henderson, S. E. (2019). An evaluation of the Movement ABC-2 Test for use in Italy: A comparison of data from Italy and the UK. *Research in developmental disabilities*, 84, 43-56.