

ISSN: 2036-5330

DOI: 10.32076/RA13210

# CoordinataMente: il gioco coordinativo e cognitivo in bambini di età scolare

## Mindful coordination: coordinated and cognitive play in school age children

Valentina Biino<sup>1</sup>

### Sintesi

La ricerca scientifica riguardo ai benefici dell'attività fisica ha evidenziato il gioco motorio come strumento didattico per lo sviluppo motorio e cognitivo dei bambini. La pratica di un gioco di attività fisica, arricchito di compiti coordinativi complessi, può incidere sia sulla coordinazione motoria che sul funzionamento cognitivo. Lo scopo di questo studio è individuare i fattori determinanti che sfidano le Funzioni Esecutive ed evidenziare gli elementi utili a progettare giochi cognitivamente sfidanti, per andare oltre alle pratiche motorie basate esclusivamente sulla quantità dell'esercizio fisico o sul puro divertimento ed enfatizzare la valenza del gioco come arricchimento motorio, cognitivo e relazionale.

**Parole chiave:** Bambini; Gioco motorio; Compiti coordinativi; Funzioni Esecutive; Progettazione.

### Abstract

Scientific research regarding the benefits of physical activity has highlighted the importance of physical play as an educational tool for the motor and cognitive development of children. Play involving physical activity and complex coordination tasks can affect both motor coordination and cognitive functioning. The purpose of this study was to identify determining factors that challenge executive functions and highlight elements useful for designing cognitively challenging games, to go beyond motor activities based exclusively on the quantity of physical exercise or on pure fun and emphasize the value of play as a form of motor, cognitive and relational enrichment.

**Keywords:** Children; Physical play; Coordinative tasks; Executive Functions; Planning.

1. Dipartimento di Neuroscienze Biomedicina e Movimento, Università degli Studi di Verona, [valentina.biino@univr.it](mailto:valentina.biino@univr.it)

## 1. Introduzione

L'impegno nell'attività fisica durante l'infanzia rappresenta il fondamento per un futuro fisicamente attivo, (Telama *et al.*, 2005). Un incremento dell'attività fisica a partire dalla prima infanzia riduce il rischio di sviluppare sovrappeso e obesità ed è associato a un miglioramento dello sviluppo motorio, della salute psicosociale e degli indicatori della salute cardio-metabolica (Gentier *et al.*, 2013). Ma non solo. La letteratura scientifica è concorde nel ritenere che l'esercizio fisico, oltre ad avvantaggiare le condizioni di salute, influenza positivamente le capacità degli individui in vari ambiti (Hillman *et al.*, 2017; Jirout *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2018). Le evidenze sul cambiamento strutturale e biologico del cervello del bambino connesse all'attività fisica (de Greef *et al.*, 2018; Pate *et al.*, 2019; Pesce *et al.*, 2013; Vazou *et al.*, 2019; Zeng *et al.*, 2017) arricchiscono il potenziale dell'importanza della pratica motoria e spostano l'attenzione sulla qualità della stessa e su come pianificare e programmare un'attività fisica che miri a coinvolgere il bambino in forma olistica. Recenti studi (Biino *et al.*, 2021) mostrano che l'attività fisica può avere effetti congiunti sulla coordinazione motoria e sul funzionamento esecutivo in maniera sinergica e interconnessa: al miglioramento dell'uno corrisponde l'avanzare dell'altro.

Nel secolo scorso lo psicologo naturalista svizzero Jean Piaget aveva proposto l'identificazione, durante lo sviluppo ontogenetico, di una serie di stadi caratterizzati sia dalle azioni che il soggetto compie sull'ambiente, sia dall'agire indotto dalla realtà. Durante un

primo stadio, quello senso-motorio, il bambino giunge alla coordinazione tra visione e prensione (Piaget & Inhelder, 1968). Il focus dello sviluppo è sull'azione e in particolare sul ruolo chiave attribuito alle mani dei bambini piccoli, che postula una stretta connessione tra i sistemi motori e quelli cognitivi. Questo approccio ha avuto rinnovata attenzione in uno studio recente nel quale Pesce e collaboratori (Pesce *et al.*, 2016) hanno evidenziato come le regioni corticali del cervello siano considerate responsabili delle operazioni cognitive e possano essere reclutate quando si eseguono nuove o complesse abilità motorie (Serrien *et al.*, 2007). Il cervelletto, considerato il responsabile dei processi senso motori e di regolazione del movimento, risulta anch'esso coinvolto nei processi cognitivi (Buckner, 2013; Koziol *et al.*, 2012). L'obiettivo primario dell'indagine piagetiana era l'identificazione delle leggi che regolano lo sviluppo cognitivo umano. Egli era convinto che la logica trova il suo fondamento nell'azione e nell'organizzazione delle azioni, dato che ogni azione comporta una logica (Piaget, 1953). Per lo stesso motivo, Pesce e colleghi (Pesce *et al.*, 2016) alla luce delle recenti evidenze scientifiche, hanno fatto succedere la locuzione "lo cammino, dunque sono" alla posizione cartesiana "lo penso, dunque sono", in quanto il cognitivo non sta al di sopra del movimento, ma è incorporato ad esso.

Questa dinamica di sviluppo azione-cognizione, risente anche di un terzo elemento con il quale è in stretta connessione e spiega la questione cruciale dell'adattamento dell'organismo all'ambiente. Il sistema di sviluppo elaborato da Piaget si realizzava

attraverso un duplice processo: da un lato l'assimilazione, mediante la quale l'individuo fa propri gli elementi dell'ambiente esterno, incamerandoli, dall'altro l'accomodamento per il quale le strutture dell'organismo vengono modificate da nuovi elementi forniti dall'assimilazione. Il continuo equilibrarsi di assimilazione e accomodamento dà luogo al divenire biologico, alla maturazione, alla trasformazione delle strutture cognitive. Allo stesso modo, il modello ecologico proposto da Pesce e colleghi (Pesce *et al.*, 2016) enfatizza il ruolo giocato dall'ambiente, dai collegamenti inestricabili tra individui, compiti e vincoli ambientali, sostenendo l'utilità della programmazione di setting educativi formali, centrati su esperienze di attività fisica che mirino al miglioramento della coordinazione motoria da un lato, e all'implemento delle Funzioni Esecutive dall'altro, incidendo in maniera cruciale non solo sulla maturazione biologica, ma anche sullo sviluppo del bambino. Se l'ambiente sarà favorevole al bambino e gli si mostrerà ricco di esperienze significative, ne avranno beneficio tanto il suo sviluppo quanto le esperienze che a sua volta lui ricercherà. Secondo il modello ecologico, le sinergie tra l'individuo (mente e corpo) e l'ambiente (mente-corpo-ambiente) sono fonti di opportunità di azioni e di progresso per il bambino, già dalla prima infanzia.

## 2. Le potenziali “vie” attraverso cui l'attività fisica influisce sulle Funzioni Cognitive durante lo sviluppo

Focalizzandosi sul ruolo giocato dall'ambiente si possono pianificare ricchi set di apprendimento, mirando allo sviluppo di tutti i domini contemporaneamente e adottando una prospettiva olistica di crescita del bambino. Dal 2010 ad oggi, si snoda un lungo periodo di ricerca durante il quale si indaga quale tipo di attività fisica rivolgere ai bambini per avere il massimo beneficio cognitivo e motorio durante il loro sviluppo.

Dose e tipo di richiesta motoria e cognitiva diventano un punto chiave della letteratura scientifica contemporanea. Per dose ci si riferisce alla nozione di punto di sfida ottimale che è stata coniata nella ricerca sull'apprendimento motorio (Guadagnoli & Lee, 2004) e applicata al campo di ricerca di esercizio e cognizione (Pesce *et al.*, 2013) per sintonizzare con precisione l'impegno cognitivo attraverso il movimento, in base all'età e al livello di abilità individuale (Pesce *et al.*, 2016). Riguardo al tipo di richieste qualitative di compiti di attività fisica, Pesce propone il *gross motor cognitive training* per capire come generare compiti cognitivi nell'attività fisica e come progettare giochi motori che aumentino specificamente le Funzioni Esecutive individuali (Pesce, 2012).

Per risolvere i numerosi nodi riferiti alla dose e al tipo di esercizio fisico, per far passare l'attività fisica da semplice movimento a “movimento con pensiero” Best individua tre

potenziali “strumenti” attraverso i quali l’attività fisica influisce sulle funzioni cognitive: le richieste metaboliche dell’esercizio aerobico, la complessità coordinativa del compito e la complessità cognitiva del compito (Best, 2010).

## 2.1. Richieste metaboliche dell’esercizio aerobico

Il processo di maturazione del cervello può essere influenzato marcatamente, positivamente o negativamente, dalla presenza o dall’assenza di particolari eventi. L’esercizio aerobico si è dimostrata un’esperienza che può influenzare positivamente le Funzioni Esecutive e supportare il circuito neuronale (Best, 2012), oltre naturalmente migliorare la salute cardio respiratoria. A questo punto è necessario includere una spiegazione dei termini, delle definizioni e dei concetti che sono essenziali per comprendere la distinzione tra le varie forme di attività fisica, per introdurre il problema centrale che verrà affrontato in questo articolo, ovvero quale tipo di attività fisica è più efficace per ottenere benefici e vantaggi nello sviluppo olistico del bambino e come progettare questa attività fisica. Donnelly e colleghi propongono una chiara distinzione tra attività fisica (Physical Activity, PA) ed esercizio fisico (Donnelly *et al.*, 2016). Per PA si intende ogni movimento del corpo prodotto da muscolatura volontaria che richiede una spesa energetica, mentre l’esercizio è una sottocategoria della PA pianificata, strutturata e ripetitiva, finalizzata a migliorare o mantenere la fitness fisica o volta a raggiungere un immediato obiettivo. La Fitness

fisica è uno stato fisiologico di benessere che riduce il rischio di malattie ipocinetiche e che consente di assolvere sia ai compiti della vita quotidiana, senza eccessivo sforzo, sia a permettere una base efficace per la partecipazione allo sport. La fitness fisica corrisponde alla buona salute e comprende le componenti di resistenza cardio respiratoria, la resistenza, la forza muscolare, la flessibilità e la composizione corporea (massa magra e grassa). Donnelly e colleghi danno conferma della concettualizzazione teorica esistente, riferita alla definizione di salute che corrisponde allo stato di benessere fisico, mentale e sociale, fornendo anche le definizioni di cognizione e Funzioni Esecutive, nonché di risultati accademici. La cognizione è spiegata come una serie di processi mentali che contribuiscono alla percezione, alla memoria, all’intelletto e all’azione, mentre le Funzioni Esecutive (Executive Function, EF) riguardano una serie di operazioni cognitive che stanno alla base della selezione, della programmazione, della coordinazione e del monitoraggio di processi complessi e orientati all’obiettivo, coinvolti nella percezione, nella memoria e nell’azione (Donnelly *et al.*, 2016). Esiste un collegamento evidente tra i livelli di fitness presenti nei bambini e i cambiamenti nelle strutture del cervello (Jirout *et al.*, 2019). Una prima revisione della letteratura proposta da Chaddock e colleghi, mostrava un’associazione tra fitness aerobica e aumento della cognizione e dell’apprendimento e un ridotto controllo inibitorio in bambini con più bassi livelli di fitness, evidenziando come, a un incremento dell’attività aerobica, corrispondesse un aumento del volume di specifiche re-

gioni del cervello deputate al funzionamento esecutivo (Chaddock *et al.*, 2011.b). Questo risultato è stato supportato anche dallo studio interventistico di Hillman e colleghi che associa la forma fisica a migliori prestazioni cognitive su compiti che richiedono capacità di controllo mentale (Hillman *et al.*, 2014). La causa di ciò risiede probabilmente nel miglior flusso di sangue nel cervello (Chaddock *et al.*, 2016): la richiesta metabolica dell'esercizio, infatti, può influenzare l'incremento del flusso sanguigno anche al cervello. Chaddock e colleghi volevano indagare se il flusso sanguigno cerebrale nell'ippocampo fosse correlato alla capacità aerobica in bambini di età tra 7 e 9 anni. I risultati del loro studio dimostrarono che questa correlazione esiste, indipendentemente dall'età, dal sesso e dal volume dell'ippocampo: i bambini con più elevati livelli di capacità aerobica avevano migliore microcircolazione e vascolarizzazione cerebrale.

Ancora più recenti revisioni della letteratura in merito (Marques *et al.*, 2018; Watson *et al.*, 2017) mostrano evidenze riguardo al collegamento tra l'aumento della fitness e il miglioramento della cognizione, con ricadute positive nell'apprendimento dei bambini. Le indagini sulla relazione tra fitness aerobica e cambiamenti del cervello indica come essa possa influenzare positivamente il volume della sostanza bianca che a sua volta incide sulla capacità di apprendimento (Esteban-Cornejo *et al.*, 2019). Esteban-Cornejo e colleghi mostrano che l'idoneità cardio respiratoria può essere correlata positivamente al volume della sostanza bianca in bambini di 7-11 anni, sovrappeso e obesi, e a sua vol-

ta al rendimento scolastico e alla cognizione (progetto ActiveBrain FITKids2), concludendo che l'attività aerobica migliora la salute del cervello (Esteban-Cornejo *et al.*, 2019). Questi risultati rafforzano l'importanza della fitness aerobica durante il periodo critico dello sviluppo del bambino. Tre sono ritenute le componenti principali della forma fisica: forma muscolare, capacità motoria e forma cardio respiratoria (Esteban-Cornejo *et al.*, 2019).

A questo punto rimane da trattare un argomento che, per i risultati nella ricerca fin qui esposti, è di cruciale importanza. Quando si considerano i risultati, difficilmente si è spinti a esaminare il versante puramente empirico dello studio: cos'hanno fatto quei bambini nei protocolli di intervento per ottenere tali risultati? Qual è l'attività aerobica più efficace e più adatta alle età indagate? Il modello di PA più appropriato ai bambini è di natura breve e dovrebbe essere incoraggiato a essere svolto sotto forma di gioco; l'affermazione "i bambini non sono piccoli adulti" significa che essi non possono godere di routine di esercizi che piacciono agli adulti, perché le motivazioni legate all'esercizio fisico sono diverse a seconda dell'età e devono essere rispondenti alle loro caratteristiche, in quanto possono influenzare le scelte dei bambini a essere fisicamente attivi (Tompsonski *et al.*, 2015, p. 12).

Guardando con attenzione i protocolli di intervento degli studi che hanno indagato la relazione tra PA aerobica ad alta richiesta metabolica e vantaggi sullo sviluppo cognitivo, si scoprono sostanziali differenze riguardo alla relazione congiunta tra le tre princi-

pali componenti della forma fisica: la fitness muscolare, la capacità motoria e la forma cardio respiratoria. Il gruppo di intervento del FITkids (Hillman & Castelli, 2014), ad esempio, era caratterizzato da una varietà di attività fisiche adeguate alle età dei bambini. Quei bambini di età scolare, fino ai 18 anni, dal 2009 al 2013 hanno svolto 70' di intervento di PA quotidiana, in modo intermittente e con un'intensità da moderata a vigorosa (Moderate-to-Vigorous Physical activity, MVPA). Le attività erano suddivise in un circuito a stazioni di 30'-40', seguito da giochi a bassa organizzazione per 45'-50' incentrati sulla pratica di abilità, impegnativi dal punto di vista aerobico e ideati per favorire la possibilità di affinare le capacità motorie. Il progetto Active Start (García Prieto *et al.*, 2017) consisteva invece in un programma di giochi fisici cooperativi, giochi sportivi e danza, svolti ad un'intensità da moderata a vigorosa; i bambini high fit sembravano avere una maggiore attenzione rispetto ai bambini low fit. Moreau e colleghi hanno mostrato, d'altro canto, che l'intensità dell'esercizio è il più importante parametro per migliorare la fitness fisica (Moreau *et al.*, 2017). In particolare, l'esercizio intenso e di breve durata migliora la cognizione e ha influenze sul controllo cognitivo e sulla memoria di lavoro in bambini tra i 7 e i 13 anni di età. Il protocollo di intervento di questo studio era costituito da un allenamento ad alta intensità, HIIT. Esso includeva: 2' di riscaldamento; brevi scatti 5x20s intervallati da pause incrementali (30s, 40s, 50s, 60s) e una breve pausa di 20s dopo l'ultimo training. Si concludeva con uno stretching di 2'. L'allenamento era erogato tramite video, non richiedeva espe-

rienza o conoscenza precedenti, in quanto includeva movimenti di fitness di base. I gesti motori erano stati progettati in modo che i bambini potessero avere lo sguardo fisso sullo schermo. Le istruzioni erano fornite verbalmente (su registrazione) o visivamente tramite didascalie sullo schermo. Una sessione aveva la durata di 10' e avveniva ogni mattina nei giorni feriali. Mentre il gruppo di intervento svolgeva il training sopra descritto, il gruppo di controllo eseguiva un mix di giochi da tavolo, giochi per computer e quiz, coerenti con le raccomandazioni relative ai gruppi di controllo attivo (Boot *et al.*, 2013). I risultati di questo studio hanno mostrato una diminuzione della frequenza cardiaca a riposo e guadagni cognitivi nel gruppo di lavoro ad alta intensità, rispetto al gruppo di controllo. Non per ultimo, lo studio di Gallotta e colleghi aveva lo scopo di indagare l'efficacia di un programma di PA in bambini della scuola primaria utile a migliorare la capacità di attenzione nei soggetti normopeso, sovrappeso o obesi (Gallotta *et al.*, 2015). Il disegno sperimentale prevedeva un gruppo esposto a PA tradizionale, uno a PA coordinativa e un gruppo di controllo non praticante alcuna PA. In 5 mesi di intervento, entrambi i gruppi svolgevano 2 sessioni di 1 ora a settimana, alla stessa intensità. La sessione iniziava con 15' di riscaldamento, 30' di MVPA, 15' di stretching finale. L'intervento tradizionale aveva lo scopo di promuovere la salute, la fitness fisica, il senso motorio sociale e comunicativo secondo le direttive indicate dal decreto del Presidente della Repubblica Italiana n. 254 del 16 novembre 2012. Il gruppo sperimentale coordinativo era focalizzato su specifiche abilità di coordinazione

trovate nei giochi sportivi, attività ritmiche ginnastica e/o attività di fitness. Inoltre l'intensità dell'intervento coordinativo aumentava gradualmente in termini di complessità e grado di difficoltà dei compiti. Cambiava il tempo di movimento, la precisione, l'ampiezza, la dimensione dell'obiettivo. L'intervento si era basato sulla variazione sistematica della pratica, rendendo progressivamente più difficili le richieste del compito. I due interventi di PA hanno migliorato le prestazioni cognitive dei bambini, ma l'intervento sulla coordinazione ha portato a un miglioramento più significativo anche nell'attenzione dei bambini.

Questi risultati differiscono da quelli osservati nelle popolazioni adulte, dove non si notano grandi differenze tra fitness aerobico e cognizione (Hillman *et al.*, 2014).

## 2.2. Complessità coordinativa del compito

Molte forme di esercizio fisico sono attività che non impegnano cognitivamente (Budde *et al.*, 2008; Pesce *et al.*, 2009; Tomporowski *et al.*, 2008) e perciò non tutte le forme di esercizio hanno uguali benefici sulla cognizione (Diamond, 2015; Diamond & Lee, 2011; Pesce & Ben-Soussan, 2016). Negli anni recenti è aumentato l'interesse per gli effetti della qualità e non soltanto della quantità di PA sulle Funzioni Esecutive (Diamond, 2015; Diamond & Lee, 2011; Diamond & Ling, 2015; Pesce, 2009; Pesce, 2012; Pesce & Ben-Soussan, 2016; Tomporowski, *et al.*, 2015).

Il grado con cui l'esercizio richiede movimenti complessi, controllati e adattivi può de-

terminare il suo impatto sulle EF (Best, 2010, p. 336). La supposizione è che le richieste cognitive degli esercizi attivano regioni del cervello similmente usate per controllare i processi cognitivi di ordine superiore (Best, 2010; Diamond & Lee, 2011). L'attivazione di queste specifiche regioni, attraverso la partecipazione a esercizi a richieste cognitive, induce benefici cognitivi nei settori circoscritti del funzionamento cognitivo (Pesce, 2012; Pesce, 2016). Interventi a confronto cognitivo con PA stimolante verso PA cognitivamente non impegnativa, hanno trovato un miglioramento significativamente più pronunciato in risposta ad attività con coinvolgimento cognitivo (Biino *et al.*, 2021; Koutsandreu *et al.*, 2016).

Le linee guida sulla tipologia dell'attività motoria (SHAPE America) indicano che durante l'età prescolare e scolare i bambini dovrebbero essere incoraggiati a sviluppare competenze nelle abilità motorie fondamentali che potranno servire a costruire basi per una futura destrezza motoria e a garantire un'adeguata partecipazione all'attività fisica spontanea e organizzata (Stodden, 2008). Gli esercizi di coordinazione dovrebbero essere nuovi e diversificati, non ripetitivi e automatizzati e portare a risultati di successo. I bambini che svolgono compiti ripetitivi senza esperienza di sfida perché non sono incrementati da compiti complessi, non guadagneranno nelle Funzioni Esecutive (Pesce *et al.*, 2016). L'apprendimento motorio che tende all'automaticità non richiede lunghi sforzi cognitivi; il gesto o il movimento, quando è appreso, viene eseguito "senza pensare", automaticamente, appunto. Per evitare di ri-

VARIAZIONE DELL'ESERCITAZIONE MOTORIA		VARIAZIONE DELL'AMBIENTE
<b>Modificare</b>	<b>Usare</b>	<b>Modificare</b>
Posizione iniziale	Esercizi controlaterali	Posizione iniziale
Posizione finale	Esercizi a specchio	Posizione finale
Direzione	Accenti ritmici	Direzione
Velocità	Adattamenti della struttura ritmica al movimento	Velocità
Forza		Forza
Ampiezza		Ampiezza

Tab. 1 - Metodo della variazione (Hirtz et al., 1985).

dure lo sforzo cognitivo, la strada è quella di introdurre alterazioni durante i compiti di apprendimento che tengano continuamente il bambino altamente impegnato a livello mentale (Pesce et al., 2019).

Il metodo della variazione proposto da Hirtz e colleghi richiede al bambino di variare i compiti dell'esercitazione motoria o dell'ambiente (vedi Tab.1).

In accordo con loro, Tomporowski, McCullick e Pesce hanno proposto l'introduzione di cambiamenti inaspettati nell'ambiente, nella fase finale del processo dell'apprendimento motorio, in modo da generare una sfida cognitiva rinnovata. La variabilità dell'esercizio applicato in una situazione mutevole, proposta per mantenere i bambini sulla "curva dell'apprendimento" (Tomporowski et al., 2015, p. 83), o per stimolare lo sviluppo della disponibilità variabile, si presume che

fornisca una stimolazione continua dei percorsi della funzione esecutiva e coordinativa. Infatti, le richieste di complessità coordinativa e cognitiva riguardano il software neurale. La novità e la diversità dei modelli di coordinazione motoria, così come lo sforzo cognitivo e il successo riscosso dall'esperienza di apprendimento, sembrano essenziali per influenzare la plasticità del cervello e lo sviluppo cognitivo (Pesce et al., 2019). La variabilità della pratica consiste fondamentalmente nel variare le sequenze dei movimenti, rendere mutevoli le condizioni ambientali o le richieste del compito motorio, cosicché il bambino sia costretto a inibire comportamenti routinari, ricorrere alla sua memoria di lavoro e usare la sua flessibilità cognitiva per passare da un programma all'altro o adattarsi alle emergenti esigenze di un ambiente che cambia. In questo modo egli attiva tutto il nucleo centrale



delle Funzioni Esecutive: inibizione alla risposta, memoria di lavoro, flessibilità (Diamond, 2013).

Le Funzioni Esecutive sono altamente predittive di risultati di successo (Diamond, 2013). Oltre a queste ci sono Funzioni Esecutive di ordine superiore alle quali tendere nell'ideazione delle proposte di attività fisica per i bambini come la pianificazione, la risoluzione dei problemi, il ragionamento (vedi Fig.1). Esse si innestano nelle Funzioni Esecutive e si intrecciano alle abilità di vita (life skills) (Tompsonski *et al.*, 2015; Pesce, 2012). Problem solving e Self Regulation appartengono anche alle like skills che l'Organizzazione Mondiale della Sanità riconosce come pietre angolari di competenze personali e sociali, contro i comportamenti a rischio in gioventù. Recenti studi (Pesce *et al.*, 2020) mostrano come l'attività motoria progettata sull'autocontrollo nei bambini può avere un impatto positivo sia sull'irascibilità (dominio socio affettivo) che sui cambiamenti nelle Funzioni Esecutive (dominio cognitivo), suggerendo che un'attività motoria ben finalizzata può avere benefici sull'autocontrollo e un possibile collegamento sul miglioramento della cognizione. Pesce e colleghi fondano il protocollo di intervento sul gioco, spostando definitivamente il filone di ricerca sulla qualità della PA come forma di arricchimento che incide sulla struttura cerebrale durante tutto lo sviluppo. Il gioco infatti è un "ambiente" in costante variazione di situazione: è la quinta essenza della variabilità della pratica, uno strumento cognitivamente sfidante e potenzialmente educativo.

### 2.3. Complessità cognitiva del compito

La ricerca sull'apprendimento motorio (Pesce *et al.*, 2013; Tomporowski *et al.*, 2015) ha proposto un training cognitivo basato sui giochi di PA che agiscano sul nucleo centrale delle Funzioni Esecutive e utilizzino i principi di variabilità della pratica. Dal punto di vista metodologico, all'inizio dell'apprendimento motorio, il gioco andrebbe proposto nella sua forma più semplice. Il gioco motorio dà vita a occasioni di sfida cognitiva, ma anche di sviluppo motorio in quanto agisce sulle capacità motorie fondamentali, ovvero: l'equilibrio, la locomozione e il controllo dell'oggetto (Gahhaue & Donnelly, 2007). Esso crea contesti in cui occorre afferrare, colpire e mirare, calciare, arrampicare, risalire. L'apprendimento motorio è ipotizzato che avvenga in tre fasi: lo stadio cognitivo, lo stadio associativo e lo stadio autonomo (Mainel & Snhnabel, 1998; Proctor *et al.*, 1990 in Tomporowski *et al.*, 2015, p. 33). Durante la prima fase dell'apprendimento il bambino ha la necessità prioritaria di comprendere il compito e di sentirsi competente nell'eseguirlo; deve avere ben chiaro lo scopo del gioco, come eseguirlo e sentire di avere in se stesso il potenziale per riuscire a eseguirlo. In questo modo potrà divertirsi, sentendosi soddisfatto e piacevolmente occupato, per poter vivere un'esperienza di successo. Durante la fase cognitiva dell'apprendimento, non è opportuno variare la pratica del gioco perché si genererebbe confusione nel bambino che ha bisogno invece di ripetere e padroneggiare

quella sfida, motoria, cognitiva o metacognitiva che sia. Alla fase cognitiva dell'apprendimento, ovvero quando il bambino è ancora principiante, corrisponde la fase di facilitazione del gioco, una forma dello stesso semplificata a tal punto che ciascun giocatore riesca con successo. Ciò non significa che il gioco debba risultare banale perché facile; sarà comunque un gioco sfidante e adatto all'età, ma rivolto nella sua forma più essenziale.

Quando il bambino ha giocato e ha appreso a conoscere gli obiettivi del gioco e le strategie per raggiungerli, sarà passato a una fase dell'apprendimento più avanzata, ovvero alla fase associativa. Il nome associativo deriva proprio dal fatto che il bambino comincerà ad associare "cosa va con cosa" (Tomprowski *et al.*, 2015, p 34); a collegare le richieste del gioco a comportamenti appropriati e a essere in grado di mostrare una fine coordinazione nelle abilità motorie da mettere in atto. Comincerà a passare da giocatore principiante a giocatore evoluto rispetto a quel gioco. Le reti neuronali del cervello in questa fase tendono progressivamente a potenziarsi e il controllo motorio diventa sempre più raffinato. Questo è il momento d'oro per variare la pratica. Aumentare il numero di palloni o gli obiettivi di gol rappresenta un esempio di strategia didattica per stabilizzare il gioco e un modo per indurre i bambini a *ripetere senza ripetizione*, a percorrere «il viaggio di andata e ritorno, tra stabilità e destabilizzazione» (Pesce *et al.*, 2019). E qui ritorna in campo l'importanza dell'intercalare tra la ripetizione e il cambiamento nella pratica dell'attività fisica, al fine di poter soddisfare le caratteristiche dello sviluppo motorio umano che si esplici-

tano in termini di Variabilità e Variazione. Per Variazione si intende il repertorio di azioni e di risposte motorie che il bambino possiede in relazione a un contesto specifico: possiamo variare le modalità di stimolo e risposta in un compito di reazione chiedendo di iniziare il movimento al comando vocale *Via!*, alla vista di un oggetto lanciato in volo o a seguito di un tocco alla spalla o sul palmo della mano e via dicendo: viene variata la modalità di stimolo, ma la risposta che il bambino deve fornire è sempre la stessa: partire di corsa, ad esempio. La Variabilità consente al bambino di estrapolare la risposta giusta da quel suo repertorio motorio che meglio si adatta alla situazione che cambia o che per lui risulta nuova: *occorre portare gli oggetti nel proprio campo di gioco, sfruttando l'uso di altri oggetti*.

Con la pratica, i movimenti dei bambini diventano sempre più efficienti e richiedono sempre meno pensiero; alcuni potranno perfino avvenire senza consapevolezza cosciente, con una certa automaticità. È la fase dell'automatismo in cui l'attività della corteccia cerebrale diminuisce ed è rimpiazzata dalle strutture più profonde del cervello che guidano automaticamente i movimenti. Questo è il momento giusto per complicare il gioco. La complicazione del gioco non avviene in maniera "orizzontale" come la stabilizzazione. Essa prevede un complesso aggiornamento del gioco e/o un cambiamento nel ruolo o nella regola: una rottura dell'equilibrio che si crea quando un gioco è conosciuto, giocato e rigiocato, che annoierebbe il bambino (Biino, 2021, p. 13).

Se gli adulti si allenano per ore e anni per

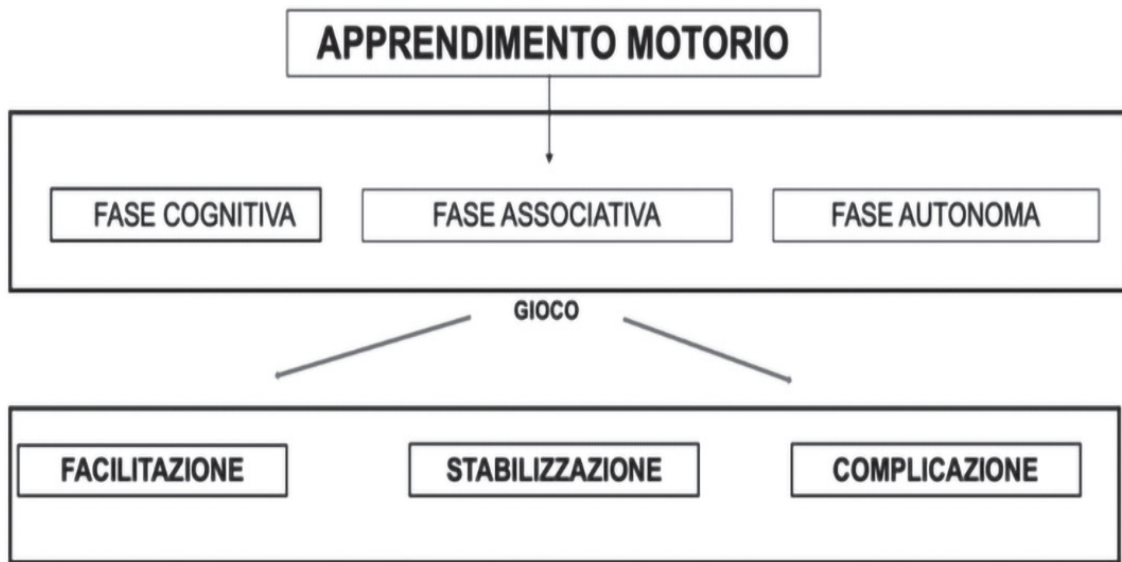


Fig. 1 - Fasi dell'apprendimento motorio e struttura del gioco motorio.

cercare di mantenere alcuni automatismi acquisiti, per i bambini questo tipo di training provoca solo stanchezza e noia. A un bambino un mondo ripetitivo e immutabile risulta noioso e monotono. Uno dei motivi per il quale al bambino piace giocare è perché l'azione ludica può provvedere a modi di alterare il mondo cosicché diventi imprevedibile e incerto. Attingendo all'indagine piagetiana sull'identificazione delle leggi che regolano lo sviluppo cognitivo dei bambini, il gioco origina da una situazione di disequilibrio: il bambino è teso a ripristinare un equilibrio e motivato intrinsecamente. L'azione di raggiungimento di quell'equilibrio ricercato produce in lui potenti sentimenti psicologici positivi, ma quando vengono raggiunti armonia e ordine l'ambiente torna a essere per lui scontato e prevedibile, conducendolo presto a sentimenti di noia e monotonia che a loro

volta spingono il bambino a rinnovare il ciclo di riproduzione del gioco (Tompsonski *et al.*, 2015, p. 46): rompere quell'equilibrio (talvolta quel giocattolo) e ricominciare il ciclo.

Attraverso i giochi si cercano di creare le migliori condizioni di attivazione fisica, mentale e sociale del bambino per poter iniziare l'attività motoria di gruppo o di squadra e ottenere da questa un beneficio vero e un efficace vantaggio. Nel gioco motorio e di squadra prevale un continuo lavoro decisionale (decision training: fisico, tecnico, cognitivo). Uno studio di Vickers e colleghi afferma che per raggiungere i massimi livelli di competenza in uno sport o in qualsiasi dominio motorio ci vuole qualcosa di più di una capacità fisica superiore (Vickers *et al.*, 2011). Lo sguardo è un fattore importante e critico nell'esperienza motoria che richiede una capacità di concentrarsi: tanto maggiore è la pressione,

tanto più lo sguardo deve essere controllato con precisione nello spazio. Lo sguardo che accompagna le eccellenze nelle capacità motorie dinamiche non è dinamico e rapido, ma proprio l'opposto. È calmo, freddo, raccolto e mira alla fissazione (comportamento che compare presto nel bambino). L'“occhio silenzioso” è lo sguardo di inseguimento che cerca un oggetto specifico o una posizione. Si avvia prima dell'inizio del movimento e permette l'organizzazione e la pianificazione dello stesso. Poiché l'ansia interrompe l'equilibrio di queste attivazioni del comportamento, un occhio tranquillo di lunga durata fornisce agli atleti una lunga durata anche della programmazione della risposta motoria e blocca lo stimolo indesiderato. I bambini piccoli, in particolare, hanno un controllo immaturo dell'attenzione. Eppure è richiesta una capacità di attenzione focalizzata per essere in grado di inibire le risposte (Diamond, 2013).

Molte attività fisiche che praticano i bambini si realizzano attraverso la partecipazione ad attività in gruppo o in squadra, cosa che richiede di per sé una cognizione complessa, data l'interazione con i compagni. Con loro è sollecitata l'attenzione selettiva, la velocità di pensiero, la risposta flessibile all'imprevisto (Diamond, 2014).

Se prendiamo in considerazione alcuni protocolli di studi interventistici (Biino *et al.*, 2021; Davis *et al.* 2011; Egger *et al.*, 2019; Gallotta *et al.*, 2015; Mierau *et al.*, 2014; Pesce *et al.*, 2009; Pesce *et al.*, 2016) il loro minimo comune denominatore è il gioco: il gioco con la palla, i giochi di squadra, i giochi di corsa; il calcio e il mini basket modificati.

L'approccio congiunto tra scienze mo-

torie e neuroscienze identifica la variabilità della pratica come la possibilità di “andata e ritorno” in un movimento, attraverso una metodologia che prevede la ripetizione senza ripetitività (Pesce *et al.*, 2016) e il gioco come contesto che garantisce le variazioni dell'ambiente. La sfida per gli educatori sarà quella di gestire la stabilità e la flessibilità degli apprendimenti motori e allineare le esperienze di apprendimento ai livelli di sviluppo mentale dei bambini in rapporto sia alle capacità fondamentali di movimento che alle funzioni mentali.

### 3. Tipologia di offerta didattica

Un programma di giochi di attività fisica si colloca all'interno di un quadro teorico che mira ad aumentare l'efficienza fisica e cognitiva, promuovendo l'abilità dei bambini di controllare i loro pensieri e le loro azioni; soddisfa il bisogno intrinseco del bambino di sentirsi protagonista del suo apprendimento; è basato su compiti appropriati e allineati al livello di sviluppo motorio, cognitivo e socio affettivo del bambino. Cercare il punto di sfida cognitivamente ottimale è cruciale per il successo del gioco perché le Funzioni Esecutive possono essere continuamente sfidate per promuovere miglioramenti. I bambini che non sono sfidati, non hanno guadagni nel funzionamento esecutivo, né in quello motorio. Per questo motivo l'esempio del gioco qui proposto riflette il principio della difficoltà crescente e si sviluppa dalla fase di facilitazione a quella di complicazione del gioco.

“Sasso carta forbice” è un gioco di *Tag* nel

quale ci si rincorre. Non fornisce ruoli stabiliti: ogni bambino può sia prendere che essere preso. La condizione di cacciatore o preda verrà dall'esito della sfida alla Morra Cinese: il sasso vince sulla forbice, ma perde sulla carta; la forbice vince sulla carta, ma perde sul sasso; la carta vince sul sasso, ma perde con la forbice. Il gioco prende avvio con una versione facilitata, durante la quale i bambini, sparpagliati nel campo, si sfidano due a due al gioco tradizionale della Morra Cinese. Quando tutti hanno capito la regola, inizia il gioco di movimento: chi vince la sfida alla Morra Cinese sarà il predatore e rincorrerà il suo sfidante, mentre chi avrà perso il gioco tradizionale, scapperà. La rincorsa tra i due giocatori continuerà fino a quando chi fugge avrà compiuto un giro completo del campo. Il gioco svolto in questa modalità potrà ripetersi più e più volte. Questa stabilizzazione del gioco potrà avvenire applicando opportune strategie di variabilità della pratica: cambiando il giocatore sfidante, modificando lo spazio di gioco, variando la posizione iniziale (Hirtz *et al.*, 1985). La fase di complicazione del gioco prevede la suddivisione del gruppo in tre squadre: i sassi, le carte e le forbici. Questa "complicazione" del gioco richiede un'attrezzatura fatta dai bambini stessi (carte colorate con disegni), oppure l'uso di casacche monocolore per tre squadre, di tre colori diversi. Durante la fase attiva del gioco i partecipanti delle tre squadre si rincorrono vicendevolmente: i bambini-sassi rincorrono i bambini-forbici, ma devono scappare dalle carte; i bambini-forbici prendono le carte, ma sono presi dai bambini-sassi, le carte vincono sui sassi, ma sono prese dai bambini-forbice. Se

i bambini vengono presi e toccati da un giocatore concorrente, dovranno accovacciarsi e potranno tornare liberi quando un bambino che gioca nello stesso ruolo li libera toccandoli.

Avere chiaro che il bambino-carta deve prendere il bambino-sasso, ma scappare dal bambino-forbice, non è solamente un compito di memoria, ma anche di interferenza contestuale, in quanto i bambini devono contemporaneamente svolgere due compiti opposti e contrastanti nello stesso momento. Il gioco affronta il dominio motorio, principalmente sfidando la coordinazione sotto la pressione del tempo e particolarmente la veloce abilità di adattamento percettivo-motorio e la capacità di reazione complessa.

La sfida per gli educatori è allineare strettamente le esperienze di apprendimento motorio e cognitivo con i livelli di sviluppo mentale dei bambini, in rapporto sia alle capacità fondamentali di movimento che alle funzioni mentali.

## 4. Conclusioni

Le evidenze scientifiche confermano l'associazione tra attività fisica, efficienza fisica, livelli di adiposità, funzionamento cognitivo e rendimento scolastico e mostrano come queste relazioni forniscano un'opportunità unica per creare programmi che migliorino sia la salute fisica che la prestazione scolastica. Questi programmi hanno alla base attività motorie che si fondano sulle capacità coordinative, sul lavoro con gli altri e su attività motorie che uniscano sfide coordinative e cognitive, in modo giocoso.

A scuola si possono svolgere tre differenti tipi di PA: l'attività fisica integrata, che incorpora la PA durante le lezioni scolastiche e che mira all'implementazione dell'apprendimento fisicamente attivo; le pause attive di PA che consistono in piccole azioni di attività fisica tra le lezioni a scuola; l'educazione motoria che consiste in una costante pratica di PA che può favorire la maturazione e lo sviluppo del bambino e stili di vita attivi per tutta la vita. La gamma di possibilità di movimento in ambito educativo è ampia e varia; scopertane l'importanza, occorre sforzarsi di sviluppare esperienze significative, i cui risultati di apprendimento si rivelino duraturi e disponibili anche lontano nel tempo, tenendo uno sguardo sulle neuroscienze come uno strumento a servizio dell'educazione e un altro sulla convinzione del fatto che «Insegnando si impara» (J. Piaget, 1896-1980). La partecipazione all'attività fisica e motoria di qualità può esporre i bambini a condizioni nelle quali essi possono apprendere abilità e trasferirle in contesti non propriamente motori, ma solo

se i contenuti della proposta sono adatti alla facilitazione dello sviluppo della persona.

L'aumento delle capacità fisiche e cognitive migliora la competenza personale sociale: i bambini che si riconoscono competenti descrivono le situazioni di sfida come divertenti, chi invece dubita delle proprie competenze spesso riporta sentimenti negativi riguardo alla situazione di sfida. Nello specifico, i bambini che reputano il proprio livello di capacità come tipicamente alto, si ritengono capaci di controllare le richieste e le condizioni del gioco, partecipandovi attivamente. Chi si percepisce meno competente ha minori probabilità di ritenersi capace di controllare e gestire le condizioni esterne, mostrando meno autonomia e una conseguente limitata partecipazione all'attività ludica e motoria. Alla luce di tutto ciò, un programma di gioco di attività fisica a scuola, mentre promuove la salute e la forma fisica, favorisce elementi di controllo emozionale e mentale e può di conseguenza influenzare positivamente lo sviluppo del bambino già nella prima infanzia.

## Bibliografia

---

- Best, J. R.** (2010). Effects of Physical Activity on Children's Executive Function: Contributions of Experimental Research on Aerobic Exercise. *Developmental Review* 30 (4): 331–351. DOI: [10.1016/j.dr.2010.08.001](https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001).
- Biino, V.** *Manuale di scienze motorie e sportive*. (2021). 2ed. HOEPLI, Milano.
- Biino, V., Tinagli, V., Borioni, F., & Pesce, C.** (2021). Cognitively enriched physical activity may foster motor competence and executive function as early as preschool age: a pilot trial. *Physical Education and Sport Pedagogy*. DOI: [10.1080/17408989.2021.1990249](https://doi.org/10.1080/17408989.2021.1990249).
- Buckner, R. L.** (2013). The cerebellum and cognitive function: 25 years of insight from anatomy and neuroimaging. *Neuron*, 80, 807–815. DOI: [10.1016/j.neuron.2013.10.044](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.10.044).
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrafyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G.** (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience letters*, 441(2), 219-223.
- Chaddock, L., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Cohen, N.J.** (2011). Aerobic Fitness and Executive Control of Relational Memory in Preadolescent Children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(2):344–9.
- Chaddock, L., Pontifex, M. B., Hillman, C. H., & Kramer, A. F.** (2011). A review of the relation of aerobic fitness and physical activity to brain structure and function in children. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 17(6), 975–985. <https://doi.org/10.1017/S1355617711000567>.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Chappell, M. A., Johnson, C. L., Kienzler, C., Knecht, A., Drollette, E. S., Raine, L. B., Scudder, M. R., Kao, S. C., Hillman, C. H., & Kramer, A. F.** (2016). Aerobic fitness is associated with greater hippocampal cerebral blood flow in children. *Developmental cognitive neuroscience*, 20, 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.07.001>.
- Davis, C. L., & Cooper, S.** (2011). Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: Do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Preventive medicine*, 52:S65–S9.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Boyle, C. A., Waller, J. L., Miller, P. H., Naglieri, J. A., & Gregoski, M.** (2007). Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: A randomized controlled trial. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 78, 510–519.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., Mc Dowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., & Naglieri, J. A.** (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychology*, 30, 91–98. DOI: [10.1037/a0021766](https://doi.org/10.1037/a0021766).
- D'Hondt, E., Deforche, B., Gentier, I., De Bourdeaudhuij, I., Vaeyens, R., Philippaerts, R., & Lenoir, M.** (2013). A longitudinal analysis of gross motor coordination in overweight and obese children versus normal-weight peers. *International Journal of Obesity*, 37, 61-67. DOI: [10.1038/ijo.2012.55](https://doi.org/10.1038/ijo.2012.55).
- de Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E.** (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 21(5), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.595>.
- Diamond, A.** (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. DOI: [10.1146/annurev-psych-113011-143750](https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750).
-

- Diamond, A.** (2014). Whether coordinative (soccer) exercise improves executive functioning in kindergarten children has yet to be demonstrated. *Experimental brain research*, 232(6), 2045. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3920-2>.
- Diamond, A.** (2015). Effects of physical exercise on executive functions: Going beyond simply moving to moving with thought. *Annals of Sports Medicine and Research*, 2, 1011.
- Diamond, A., & Lee, K.** (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333, 954-969. DOI: [10.1126/science.1204529](https://doi.org/10.1126/science.1204529).
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N.** (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>.
- Dos Santos, M. A. M., Nevill, A. M., Buranarugsa, R., Pereira, S., Gomes, T. N. Q. F., Reyes, A., Barnett, L. M., & Maia, J. A. R.** (2018). Modeling children's development in gross motor coordination reveals key modifiable determinants. An allometric approach. DOI: [10.1111/sms.13061](https://doi.org/10.1111/sms.13061).
- Egger F., Benzing V., Conzelmann A., & Schmidt M.** (2019). Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212482>.
- Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Contreras-Rodriguez, O., Verdejo-Roman, J., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J. H., Henriksson, P., Davis, C. L., Verdejo-Garcia, A., Catena, A., & Ortega, F. B.** (2017). A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. *NeuroImage*, 159, 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.08.011>
- Esteban-Cornejo, I., Rodriguez-Ayllon, M., Verdejo-Roman, J., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Chaddock-Heyman, L., Raine, L. B., Stillman, C. M., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Catena, A., Ortega, F. B., & Hillman, C. H.** (2019). Physical Fitness, White Matter Volume and Academic Performance in Children: Findings From the ActiveBrains and FITKids2 Projects. *Frontiers in psychology*, 10, 208. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00208>
- Faigenbaum, A.D., & Myer, G. D.** (2012). Exercise deficit disorder in youth: play now or pay later. *Current Sports Medicine Reports*, 11, 196-200. DOI: [10.1249/JSR.0b013e31825da961](https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825da961).
- Gallahue, D.L. & Cleland-Donnelly F.** (2007). *Developmental physical education for all children*. IL. Champaign: Human Kinetics; 2003.
- Gallotta, M. C., Emerenziani, G. P., Iazzoni, S., Meucci, M., Baldari, C., & Guidetti, L.** (2015). Impacts of coordinative training on normal weight and overweight/obese children's attentional performance. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 577. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00577>.
- García-Hermoso, A., Hormazábal-Aguayo, I., Fernández-Vergara, O., González-Calderón, N., Russell-Guzmán, J., Vicencio-Rojas, F., Chacana-Cañas, C., & Ramírez-Vélez, R.** (2020). A before-school physical activity intervention to improve cognitive parameters in children: The Active-Start study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 30(1), 108–116. <https://doi.org/10.1111/sms.13537>.
- García-Prieto, J. C., Martínez-Vizcaino, V., García-Hermoso, A., Sánchez-López, M., Arias-Palencia, N., Fonseca, J., & Mora-Rodriguez, R.** (2017). Energy Expenditure in Playground Games in Primary School Children Measured by Accelerometer and Heart Rate Monitors. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 27(5), 467–474. <https://doi.org/10.1123/ijsem.2016-0122>.



- Gentier, I., D'Hondt, E., Shultz, S., Deforche, B., Augustijn, M., Hoorne, S., Verlaecke, K., De Bourdeaudhuij, I., & Lenoir, M. (2013). Fine and gross motor skills differ between healthy-weight and obese children. *Research in developmental disabilities*, 34(11), 4043–4051. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.08.040>.
- Goudas, M., Kolovelonis, A., & Dermitzaki, I. (2012). Implementation of self-regulation interventions in physical education and sports contexts. In H. Bembenuity, T. J. Cleary, & A. Kitsantas (Eds.), *Applications of self-regulated learning across diverse disciplines* (pp. 383–415). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Guadagnoli, M. A., & Lee, T. D. (2004). Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 36, 212–224.
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11), 1967–1974. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce>.
- Hillman, C. H., Buck, S. M., Themanson, J. R., Pontifex, M. B., & Castelli, D. M. (2009). Aerobic fitness and cognitive development: Event-related brain potential and task performance indices of executive control in preadolescent children. *Developmental psychology*, 45(1), 114–129. <https://doi.org/10.1037/a0014437>.
- Hillman, C. H., Kamijo, K., & Scudder, M. R. (2011). A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Preventive Medicine*, 52, 21–28. [DOI:10.1016/j.ypmed.2011.01.024](https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.024).
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, N. B., Scudder, M. R., Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics*, 134, e1063. [DOI: 10.1542/peds.2013-3219](https://doi.org/10.1542/peds.2013-3219).
- Hillman, C.H., & Biggan, J.R. (2017). A Review of Childhood Physical Activity, Brain, and Cognition: Perspectives on the Future. *Pediatr Exerc Sci*. May;29(2):170-176. [DOI: 10.1123/pes.2016-0125](https://doi.org/10.1123/pes.2016-0125). [Epub 2016 Sep 6](#).
- Hirtz, P., Arndt, H. J., Holtz, D., Jung, R., Ludwig, G., Schielke, E., Wellnitz, I., Willert, H. J., & Vilknor, H. J. (1985). *Coordinative abilities in physical education*. Volk and Wissen Verlag, Berlin.
- Koutsandreou, F., Wegner, M., Niemann, C., & Budde, H. (2016). Effects of Motor Versus Cardiovascular Exercise Training on Children's Working Memory. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48 (6): 1144-1152. [DOI: 10.1249/MSS.0000000000000869](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000869).
- Koziol, L. F., Budding, D. E., & Chidekel, D. (2012). From movement to thought: executive function, embodied cognition, and the cerebellum. *Cerebellum*, 11, 505-525. [DOI: 10.1007/s12311-011-0321-y](https://doi.org/10.1007/s12311-011-0321-y).
- Jirout, J., LoCasale-Crouch, J., Turnbull, K., Gu, Y., Cubides, M., Garziona, S., Evans, T. M., Weltman, A. L., & Kranz, S. (2019). How Lifestyle Factors Affect Cognitive and Executive Function and the Ability to Learn in Children. *Nutrients*, 11(8), 1953. <https://doi.org/10.3390/nu11081953>.
- Mainel, K., & Schnabel, G. (1984). *Teoria del movimento*. Società Stampa Sportiva. Roma.
- Marques, A., Santos, D. A., Hillman, C. H., & Sardinha, L. B. (2018). How does academic achievement relate to cardiorespiratory fitness, self-reported physical activity and objectively reported physical activity: A systematic review in children and adolescents aged 6–18 years. *British Journal of Sports Medicine*, 52, 1039.
- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Edwards, N. M., Clark, J. F., Best, T. M., & Sallis, R. E. (2015). Sixty minutes of what? A developing brain perspective for activating children with an integrative exercise approach. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 1510-1516. [DOI: 10.1136/bjsports-2014-093661](https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093661).

- Moreau, D., Kirk, I. J., & Waldie, K. E. (2017). High-intensity training enhances executive function in children in a randomized, placebo-controlled trial. *eLife*, 6, e25062. <https://doi.org/10.7554/eLife.25062>
- Pate, R. R., Hillman, C. H., Janz, K. F., Katzmarzyk, P. T., Powell, K. E., Torres, A., & Whith-Glover, M. C. (2019). Physical Activity and Health in Children Younger than 6 Years: A Systematic Review. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 51 (6): 1282-1291. DOI: [10.1249/MSS.0000000000001940](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001940).
- Pesce, C., Crova, C., Cereatti, L., Casella, R., & Bellucci M. (2009). Physical activity and mental performance in preadolescents: Effects of acute exercise on free-recall memory. *Mental Health and Physical Activity*, 2:16-22.
- Pesce, C. (2012). Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34,766-786.
- Pesce, C., & Ben-Soussan, T. D. (2016). 'Cogito ergo sum' or 'ambulo ergo sum'? New perspectives in developmental exercise and cognition research. In T. McMorris (ed.), *Exercise-Cognition Interaction: Neuroscience Perspectives*. London: Elsevier.
- Pesce, C., Croce, R., Ben-Soussan, T. D., Vazou, S., McCullick, B., Tomporowski, P. D., & Horvat, M. (2019). Variability of practice as an interface between motor and cognitive development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*. DOI: [10.1080/1612197X.2016.1223421](https://doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223421) [Published online: 19 Aug 2016].
- Pesce, C., Crova, C., Marchetti, M., Struzzolino, I., Masci, I., Vannozzi, G., & Forte, R. (2013). Searching for cognitively optimal challenge point in physical activity for children with typical and atypical motor development. *Mental Health and Physical Activity*, 6, 172-180. DOI: [10.1016/j.mhpa.2013.07.001](https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.001).
- Pesce, C., Masci, C., Marchetti, R., Vazou, S., Sääkslahti, A., & Tomporowski, P. D. (2016). Deliberate play jointly benefits motor and cognitive development: direct and indirect effects of cognitive stimulation by movement. *Frontiers in Psychology*, 7, 349. DOI: [10.3389/fpsyg.2016.00349](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00349).
- Pesce, C., Faigenbaum, A. D., Goudas, M., & Tomporowski, P. D. (2016). Coupling our plough of thoughtful moving to the star of children's right to play: from neuroscience to multisectoral promotion.
- Pesce, C., Marchetti R., Motta, A., & Bellucci, M. (2015). *Joy of Moving*. Calzetti & Mariucci Editore, PG.
- Proctor, R. W., Reeve, E. G., & Weeks, D.J. (1990). A triphasic approach to the acquisition of response-selection skill. In G. H. Bower (Ed.) *The psychology of learning. Advances in research and theory* (pp. 207-240). New York, NY: Academic Press.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York: International Universities Press.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1968). *Memoire et intelligence*. Paris, P.U.F., trad. In Memoria e intelligenza, Firenze La nuova Italia, 1976.
- Piaget, J. (1953). *Logic and Psychology*. New York: International Universities Press. Trad. It. *Logica e psicologia*, Firenze, La Nuova Italia, 1969.
- Serrien, D. J., Ivry, R. B., & Swinnen, S. P. (2007). The missing link between action and cognition. *Progress in Neurobiology*, 82, 95–107. DOI: [10.1016/j.pneurobio.2007.02.003](https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2007.02.003).
- Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Roberton, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C. & Garcia, L. E. (2008). A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Development in Physical Activity: An Emergent Concept. *Quest* 60 (2): 290–306. DOI:[10.1080/00336297.2008.10483582](https://doi.org/10.1080/00336297.2008.10483582).

- Telama, R., Yang, X., Viikari, J., Välimäki, I., Wanne, O., & Raitakari, O.** (2005). Physical activity from childhood to adulthood: a 21-year tracking study. *American journal of preventive medicine*, 28(3), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.12.003>.
- Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H. & Naglieri, J. A.** (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educ Psychol Rev.*, 1; 20(2): 111–131.
- Tomporowsky P. D., McCullik, B. A., & Pesce, C.** (2015). *Enhancing Children's Cognition with Physical activity games*. Human Kinetics.
- Vickers J. N.** (2011). Mind over muscle: the role of gaze control, spatial cognition, and the quiet eye in motor expertise. *Cognitive processing*, 12(3), 219–222. <https://doi.org/10.1007/s10339-011-0411-2>.
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K., & Hesketh, K. D.** (2017). Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 14(1), 114. <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0569-9>.
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z.** (2017). Effects of Physical Activity on Motor Skills and Cognitive Development in Early Childhood: A Systematic Review. *BioMed Research International*, 2017: 2760716. [DOI: 10.1155/2017/2760716](https://doi.org/10.1155/2017/2760716).