Journal of Inclusive Methodology and Technology in Learning and Teaching
ISSN 2785-5104
Anno 6 n.2 (2026)

EDIZIONI UNIVERSITARIE ROMANE
editoria scientifica dal 1952

Embodied Cognition ed Educazione Motoria nella scuola primaria: il ruolo delle funzioni esecutive. Proposta di un protocollo di ricerca

Gian Marco Rosato 1

1 Università degli Studi di Macerata; g.rosato5@unimc.it

Abstract: Il contributo si configura come saggio teorico corredato dalla proposta di un protocollo di ricerca. Nella prospettiva dell'*Embodied Cognition*, esamina la relazione fra esperienza corporea e processi cognitivi nell'educazione motoria della scuola primaria, con particolare attenzione alle funzioni esecutive. La domanda teorica riguarda quali componenti della prospettiva *embodied* – azione situata, interazione con l'ambiente, variabilità, significatività del compito, dimensione sociale ed emotiva – possano essere tradotte in un dispositivo didattico per la scuola primaria; la domanda empirica, affidata a uno studio pilota quasi-sperimentale qui delineato, è se, a parità di carico aerobico, un'educazione motoria cognitivamente arricchita migliori le funzioni esecutive – in particolare l'inibizione – più dell'educazione fisica tradizionale. Sul piano operativo si discutono l'*Enriched Physical Education* e il *Deliberate Play* come dispositivi pedagogici inclusivi; la dimensione motivazionale è richiamata come sfondo teorico che ne sostiene la progettazione, senza costituire un esito misurato dal protocollo. Il disegno prevede misure pre-test/post-test delle funzioni esecutive con strumenti standardizzati italiani e il monitoraggio diretto dell'intensità, al fine di isolare il contributo della qualità cognitiva dell'esperienza motoria rispetto alla sola intensità.

Parole chiave: Embodied Cognition; funzioni esecutive; educazione motoria; scuola primaria; inclusione

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduzione

L'educazione motoria nella scuola primaria è stata a lungo interpretata come strumento di promozione della salute e di alfabetizzazione motoria, in una cornice prevalentemente funzionalista (nel testo si impiega «educazione motoria» per la disciplina della scuola primaria italiana ed «educazione fisica» quando si richiama la letteratura internazionale sulla *physical education*). Un crescente *corpus* di evidenze invita però a riconoscerle un ruolo più ampio: quello di dispositivo pedagogico capace di sostenere, attraverso il corpo in azione, lo sviluppo cognitivo, emotivo e sociale del bambino. In questa direzione si colloca la prospettiva dell'*Embodied Cognition*, secondo cui mente, corpo e ambiente costituiscono un unico sistema nella costruzione del significato e dell'apprendimento (Gomez Paloma, 2014). In questa cornice teorica l'azione motoria situata non è soltanto mezzo espressivo o funzionale, ma un mediatore rilevante dei processi cognitivi di ordine superiore, in particolare delle funzioni esecutive: una tesi che, come si vedrà, va tenuta distinta dalle evidenze empiriche specifiche che la corroborano solo in parte.

Le funzioni esecutive (inibizione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva) costituiscono l'insieme dei processi di controllo *top-down* che regolano pensiero e comportamento in funzione di un obiettivo (Diamond, 2013). Il loro sviluppo nell'età evolutiva è fortemente predittivo di esiti scolastici, relazionali e di salute, e appare intimamente legato alla capacità di pianificare, monitorare e adattare l'azione: proprio questo legame rende l'esperienza motoria un terreno privilegiato per il loro potenziamento, purché l'attività possieda specifiche qualità cognitive e non si riduca a esecuzione ripetitiva.

Il presente lavoro si configura come un saggio teorico corredato dalla proposta di un protocollo di ricerca: la sezione dedicata allo studio (§ 6) non è un'appendice conclusiva, ma parte integrante del contributo, che intende rendere verificabile la tesi pedagogica sostenuta. Il lavoro muove da due domande distinte. La domanda teorica è quali componenti della prospettiva *embodied* – azione situata, interazione con l'ambiente, variabilità, significatività del compito, dimensione sociale ed emotiva – possano essere tradotte in un dispositivo didattico per l'educazione motoria della scuola primaria. La domanda empirica, alla quale lo studio proposto intende rispondere, è se, a parità di carico aerobico, un'educazione motoria arricchita di stimoli cognitivi migliori le funzioni esecutive – in particolare l'inibizione – più di un'educazione fisica tradizionale.

Rispetto alle numerose rassegne già disponibili sul rapporto fra attività fisica cognitivamente impegnativa e funzioni esecutive (Best, 2010; Diamond & Ling, 2016; Mao, Huang, Zhao & Fang, 2024), il contributo originale del lavoro è duplice: da un lato, la traduzione operativa dei principi *embodied* in indicazioni progettuali graduate per fasce d'età e orientate all'inclusione, riferite al contesto italiano dell'educazione motoria nella primaria; dall'altro, un protocollo che separa esplicitamente la qualità cognitiva dell'esperienza motoria dall'intensità aerobica, con strumenti standardizzati italiani e monitoraggio diretto del carico. Gli aspetti motivazionali ed emotivi, centrali in molte letture dell'*Embodied Education*, sono qui richiamati come sfondo teorico che orienta la progettazione didattica (§ 4), ma non costituiscono esiti misurati dal protocollo, che si concentra sulle funzioni esecutive di tipo *cool*; la loro rilevazione sistematica rappresenta una prospettiva di sviluppo del disegno (§ 7).

2. Le funzioni esecutive: componenti, sviluppo e regolazione

Le funzioni esecutive sono un insieme di processi cognitivi di alto livello che permettono di regolare pensieri, emozioni e azioni in vista di un obiettivo, intervenendo ogni volta che il compito richiede attenzione, scelta consapevole delle strategie e monitoraggio dell'azione durante il suo svolgimento. Esse operano come un sistema di controllo «dall'alto» che modula i processi più automatici: non tutte le attività quotidiane le sollecitano allo stesso modo, ma diventano decisive nelle situazioni nuove, poco strutturate o complesse, in cui la risposta abituale non è sufficiente e occorre analizzare il contesto per costruire una condotta adeguata. Come illustrato da Goldberg (2001), risulta particolarmente efficace la metafora del direttore d'orchestra: come il direttore armonizza strumenti capaci di suonare autonomamente, le funzioni esecutive monitorano, integrano e orientano i diversi processi cognitivi e comportamentali verso uno scopo comune.

Il modello più accreditato individua tre componenti nucleari, distinte ma interconnesse, che costituiscono le fondamenta di competenze più complesse come il *problem solving* e l'autoregolazione (Miyake et al., 2000; Diamond, 2013). L'inibizione è la capacità di sopprimere risposte automatiche e comportamenti dominanti, per esempio attendere il proprio turno, non lasciarsi distrarre o contenere reazioni emotive eccessive; riguarda al tempo stesso la sfera motoria, cognitiva ed emotiva. La memoria di lavoro consente di mantenere, elaborare e aggiornare le informazioni utili per il tempo necessario all'azione in corso: non una conservazione passiva, ma una funzione dinamica che seleziona i contenuti rilevanti, li collega alle conoscenze disponibili e li aggiorna (*updating*) durante lo svolgimento del compito. La flessibilità cognitiva (*shifting*) è la capacità di spostare il focus e cambiare strategia quando una regola o il contesto mutano, accettando l'imprevisto e considerando punti di vista alternativi. Su queste basi si innestano funzioni di ordine superiore come pianificazione, organizzazione e monitoraggio: nel modello qui adottato la pianificazione non coincide con le tre componenti nucleari, ma si costruisce a partire da esse (Diamond, 2013).

Le componenti esecutive non incidono soltanto sull'organizzazione cognitiva del compito, ma partecipano anche alla regolazione emotivo-comportamentale. A questo proposito, Zelazo e Carlson (2012) distinguono funzioni esecutive *cool*, sollecitate in contesti affettivamente neutri, e funzioni esecutive *hot*, attivate quando la situazione assume una rilevanza motivazionale ed emotiva. Questa distinzione aiuta a comprendere perché un bambino possa ottenere buoni risultati nei test cognitivi eppure trovarsi comunque in difficoltà quando deve gestire un carico emotivo, per esempio un conflitto con un compagno o l'ansia di fronte a un compito impegnativo. Va precisato fin d'ora che le prove standardizzate previste dal protocollo qui proposto rilevano prevalentemente funzioni esecutive di tipo *cool*: la dimensione *hot*, pur teoricamente rilevante, non sarà oggetto di misurazione diretta (§ 7). Sul piano evolutivo, queste abilità non compaiono improvvisamente né tutte insieme: maturano gradualmente dalla prima infanzia alla preadolescenza, sostenute dallo sviluppo progressivo della corteccia prefrontale, che raggiunge la piena maturazione solo nella prima età adulta (Gogtay et al., 2004), e dalle continue interazioni con l'ambiente. Ciò spiega perché nei bambini più piccoli tali processi non siano ancora consolidati e vadano interpretati non come segno di scarso impegno o disinteresse, ma come un livello di maturazione in costruzione: da qui il ruolo cruciale dell'insegnante nel predisporre contesti, strategie e metodi capaci di sostenere l'autoregolazione e l'autonomia dell'alunno.

L'attività motoria offre proprio uno di questi contesti, perché rende osservabili in forma concreta processi altrimenti astratti. Ogni azione finalizzata attiva più componenti contemporaneamente: in un percorso a ostacoli il bambino deve ricordare la sequenza e il ruolo assegnato (memoria di lavoro), fermarsi al segnale senza partire in anticipo (inibizione) e modificare il movimento quando la consegna o lo spazio cambiano (flessibilità), pianificando e monitorando l'azione in funzione dello scopo. In una situazione di questo tipo il corpo diventa il luogo in cui l'informazione si traduce in azione: le esperienze motorie esercitano così le funzioni esecutive e, reciprocamente, ne ricevono maggiore complessità e controllo, in una relazione integrata fra corpo e cognizione (Fedeli, Pascoletti & Zanon, 2022).

3. Corpo, emozione e cognizione: un sistema integrato

Nella prospettiva dell'*Embodied Cognition* i processi cognitivi non sono confinati in un modulo astratto e amodale, ma emergono dalle interazioni continue fra sistema senso-motorio, corpo e contesto. Pensare, ricordare, decidere e pianificare affondano le proprie radici nell'esperienza motoria: il corpo non è un semplice esecutore di comandi mentali, bensì un mediatore attivo della costruzione del significato (Gomez Paloma, 2014). Va tuttavia sottolineato che l'*Embodied Cognition* è una prospettiva teorica generale sulla natura della cognizione, non una teoria specifica degli effetti dell'attività fisica: le evidenze sugli effetti dell'esercizio sulle funzioni esecutive vanno perciò valutate nel merito, senza assumere che confermino automaticamente la tesi *embodied* o che da questa discendano di per sé prescrizioni didattiche (Pesce, 2012). Nel quadro qui adottato, il bambino non apprende soltanto attraverso l'elaborazione mentale di informazioni, ma anche attraverso il corpo che esplora, manipola oggetti, imita gesti e si orienta nello spazio: quando l'apprendimento è radicato nell'azione, l'attività fisica cessa di essere un mero strumento di salute e può divenire una via di sviluppo cognitivo, emotivo e sociale.

Alcune evidenze evolutive sono coerenti con questa direzione. Già a diciotto mesi il controllo motorio prospettico, ossia la capacità di anticipare e pianificare il movimento, correla con misure di inibizione e memoria di lavoro (Gottwald et al., 2016): si tratta di un dato correlazionale, coerente con la tesi di uno sviluppo *embodied* delle funzioni esecutive ma non interpretabile, di per sé, come prova di un rapporto causale. Adattare di continuo il movimento ai cambiamenti del corpo e dell'ambiente costituisce, del resto, il fondamento stesso della pianificazione, del *problem solving* e della flessibilità (Adolph & Hoch, 2019). In quest'ottica, la variabilità e l'imprevedibilità delle situazioni motorie non sono un disturbo da ridurre, ma la risorsa che allena i processi di controllo. Delle diverse componenti della prospettiva *embodied*, quelle effettivamente tradotte nel protocollo qui proposto sono l'azione situata e finalizzata, l'interazione con l'ambiente fisico e sociale, la variabilità della pratica e la significatività ludica del compito; il coinvolgimento emotivo è perseguito sul piano progettuale, ma non misurato (§ 4 e § 7).

3.1. Qualità del movimento, complessità coordinativa e funzioni esecutive

Un punto teorico decisivo è che non tutte le forme di attività fisica producono i medesimi effetti cognitivi: l'esercizio cognitivamente impegnativo sembra generare benefici più ampi rispetto a quello meramente ripetitivo (Best, 2010; Pesce, 2012). Due vie principali sono state proposte per spiegare questo effetto. La via fisiologica agirebbe attraverso l'aumento del flusso ematico cerebrale e la regolazione di neurotrasmettitori e fattori neurotrofici, in particolare il *Brain-Derived Neurotrophic Factor* (BDNF), che favorisce la plasticità sinaptica (Hillman, Erickson & Kramer, 2008). La via cognitiva agirebbe invece attraverso le richieste esecutive del compito: decidere rapidamente, inibire risposte abituali e aggiornare la memoria di lavoro sollecita in modo diretto i circuiti prefrontali. Le due vie non sono alternative e potrebbero potenziarsi a vicenda quando l'attività coniuga adeguata intensità aerobica e complessità coordinativa.

Occorre tuttavia distinguere i meccanismi ipotizzati dagli effetti effettivamente dimostrati nei bambini in contesti scolastici. Le evidenze sull'aumento del BDNF in

età evolutiva sono ancora limitate e non univoche: una rassegna sistematica con metanalisi rileva, negli adolescenti, effetti piccoli e non sempre statisticamente significativi (de Azevedo et al., 2020); non è quindi corretto presentare l'incremento del BDNF come conseguenza necessariamente prodotta dalle attività qui proposte. Analogamente, le evidenze di neuroimmagine sugli effetti dell'attività fisica su struttura e funzione cerebrale in età evolutiva sono promettenti ma eterogenee (Valkenborghs et al., 2019). Più in generale, la relazione fra intensità, complessità coordinativa e funzionamento cognitivo può variare in base all'età, alla durata e al tipo di attività e alle caratteristiche individuali (Diamond & Ling, 2016): i meccanismi richiamati vanno dunque considerati ipotesi esplicative plausibili, non effetti garantiti.

Coerentemente, in uno studio condotto su un ampio campione di bambini di scuola primaria è emerso che l'educazione fisica arricchita migliora la coordinazione e, attraverso il controllo dell'oggetto, media l'effetto sull'inibizione (Pesce et al., 2016). Una recente metanalisi di studi controllati randomizzati conferma effetti positivi, di entità piccola ma significativa, delle attività fisiche cognitivamente coinvolgenti sulle funzioni esecutive di bambini e adolescenti, con il beneficio più consistente proprio per il controllo inibitorio; la stessa metanalisi invita però alla cautela, data l'ampia eterogeneità degli interventi e degli strumenti di misura impiegati (Mao et al., 2024). È dunque la qualità dell'esperienza motoria, e non la sola quantità, a orientare l'entità del beneficio cognitivo atteso. Ne discende un principio progettuale: allenare le funzioni esecutive richiede compiti che ammettano più procedure risolutive, poiché una situazione a soluzione unica le coinvolge poco, mentre un contesto a soluzioni multiple le sollecita in modo consistente.

4. La dimensione motivazionale come sfondo teorico

Se l'azione motoria sollecita i processi esecutivi, la motivazione ne rappresenta il ponte con l'impegno cognitivo e con la continuità della pratica nel tempo. La competenza motoria percepita correla con la motivazione autonoma verso l'attività fisica (Ensrud-Skraastad & Haga, 2020), in coerenza con la *Self-Determination Theory*, che individua in autonomia, competenza e relazionalità i tre bisogni psicologici di base alla radice della motivazione intrinseca (Ryan & Deci, 2000). Non basta, tuttavia, saper eseguire un movimento: occorre sentirsi capaci. È infatti la credenza di competenza a mediare, almeno in parte, l'effetto dell'attività fisica sulla competenza motoria effettiva (Gu et al., 2021).

Il motore di questo processo è la percezione di autoefficacia, intesa come la convinzione di possedere le capacità necessarie per affrontare un compito e raggiungere il risultato desiderato: essa sostiene l'autostima, la motivazione e, di conseguenza, una partecipazione attiva, perché porta il bambino a ritenere che con l'impegno e strategie adeguate le proprie prestazioni possano migliorare (Bandura, 1997). A questa percezione è strettamente legato lo stile attributivo (Weiner, 1985): nel momento in cui l'alunno riconduce successi e insuccessi all'impegno personale (una causa interna, instabile e controllabile), sviluppa un *locus of control* interno e si sente responsabile del proprio apprendimento, mentre l'attribuzione a fattori esterni e incontrollabili, come la fortuna, indebolisce la perseveranza. L'educazione motoria offre un terreno privilegiato per costruire attribuzioni funzionali, perché il nesso fra

impegno, strategia ed esito è immediatamente visibile nel gesto e nel suo miglioramento.

Si delinea così un ciclo virtuoso: il bambino che si sente competente partecipa con piacere, impegnandosi migliora, e questo miglioramento consolida a sua volta la motivazione. Il *feedback* (quello dell'insegnante e quello, altrettanto eloquente, dello stesso esito motorio) vi svolge una funzione essenziale, perché conferma l'efficacia delle strategie adottate oppure ne segnala la necessità di revisione, alimentando così l'autoregolazione. Un dato controintuitivo rafforza il quadro: contrariamente all'assunto comune, è spesso l'attività fisica a predire aumenti nella motivazione autonoma, e non soltanto il contrario (Taylor, 2017). L'esperienza positiva di successo, divertimento e padronanza alimenta la motivazione intrinseca; il rapporto fra motivazione e attività è dunque reciproco, non unidirezionale. Questa reciprocità si salda con la dimensione *hot* delle funzioni esecutive: le emozioni positive non sono un epifenomeno dell'apprendimento, ma una sua parte costitutiva (Zelazo & Carlson, 2012). La conseguenza pedagogica è netta: non è sufficiente «motivare» i bambini, occorre creare le condizioni perché l'attività stessa diventi motivante.

Nel protocollo presentato in § 6, tuttavia, le variabili motivazionali non costituiscono esiti misurati: la scelta di concentrare il disegno sulle funzioni esecutive risponde a esigenze di sostenibilità e di chiarezza dell'ipotesi principale. La cornice motivazionale delineata in questa sezione orienta la progettazione delle attività (clima motivazionale, *feedback* informativo, sfida ottimale), mentre la rilevazione sistematica di motivazione autonoma, competenza motoria percepita, soddisfazione dei bisogni psicologici di base e divertimento è indicata fra gli sviluppi del protocollo (§ 7).

5. Dalla teoria alla pratica: Enriched Physical Education e Deliberate Play

I principi teorici illustrati trovano una traduzione operativa in due dispositivi complementari. Con *Enriched Physical Education* non si designa qui un modello curricolare formalizzato, ma una categoria di interventi di educazione fisica «arricchita» sul piano cognitivo e coordinativo, sviluppata in particolare nel programma di ricerca di Pesce e colleghi: attività fisica che incorpora una coordinazione motoria complessa all'interno di un gioco o di un compito ludico, così che sollecitazione cognitiva e coinvolgimento avvengano simultaneamente (Pesce et al., 2016). Si tratta di un approccio qualitativo, centrato sulla qualità del contesto, e non solo quantitativo, centrato su intensità e durata (Pesce, 2012). Ciò che allena le funzioni esecutive è la presenza di più procedure risolutive possibili rispetto al compito, ossia l'interferenza contestuale che obbliga il bambino a creare, monitorare e modificare il piano d'azione mentre le richieste cambiano (Best, 2010).

L'*Enriched Physical Education* si articola in cinque principi progettuali (Tomporowski, McCullick & Pesce, 2015), che si illustrano con esempi riferiti a due fasce d'età della scuola primaria:

- variabilità della pratica: compiti variati e proposti in ordine casuale, per stimolare l'adattamento continuo. A 6–7 anni (classi prima e seconda): lo stesso percorso viene ripetuto cambiando a ogni giro il modo di spostamento (saltelli, quadrupedia, laterale); a 8–10 anni (classi terza, quarta e quinta): staffette in cui l'ordine delle stazioni viene sorteggiato a ogni ripetizione;

- complessità coordinativa: coinvolgimento di più distretti corporei con un controllo motorio non automatico. A 6–7 anni: palleggiare o far rotolare una palla camminando lungo una linea; a 8–10 anni: condurre contemporaneamente due palloni di dimensioni diverse, o coordinare lancio e ricezione in coppia durante uno spostamento;
- *problem solving* motorio: giochi aperti, a più soluzioni, che incoraggiano creatività e decisione autonoma. A 6–7 anni: «attraversare il fiume» disponendo liberamente un numero limitato di appoggi; a 8–10 anni: giochi di squadra semplificati in cui inventare una tattica condivisa e poi modificarla quando l'insegnante cambia una regola;
- impegno aerobico moderato-vigoroso: sufficiente, secondo le ipotesi fisiologiche richiamate in § 3.1, a sostenere i processi di attivazione; sul piano pratico, per entrambe le fasce d'età, giochi di rincorsa e staffette che mantengano elevata la percentuale di tempo in movimento;
- clima motivante: sostegno ad autonomia, competenza e relazionalità mediante *feedback* informativo e cooperazione; per tutte le età, varianti che garantiscano a ciascun bambino ruoli attivi e obiettivi di miglioramento personale.

Sul piano della conduzione, l'insegnante modula regole, spazio, attrezzi e richieste cognitive intervenendo su una variabile alla volta: introduce un vincolo nuovo solo quando il precedente è padroneggiato, amplia o riduce lo spazio per calibrare la pressione temporale delle decisioni, sostituisce gli attrezzi per variare la richiesta coordinativa, aggiunge o toglie regole per regolare il carico esecutivo. Segnali come errori sistematici, abbandono del compito o frustrazione indicano che il carico complessivo è eccessivo e che occorre tornare a una variante più semplice: la progressione «un vincolo alla volta» consente di arricchire il compito senza aumentare eccessivamente il carico complessivo.

5.1. Il Deliberate Play e la trasferibilità

Il *Deliberate Play* designa, nella letteratura sullo sviluppo sportivo, le attività ludiche intrinsecamente motivanti, con regole flessibili adattate dai partecipanti, che si collocano fra il gioco spontaneo, libero e non strutturato, e la pratica deliberata, ripetitiva e finalizzata al miglioramento della prestazione (Côté, 1999; Côté & Hancock, 2016): non va dunque ridotto a semplice gioco guidato da un adulto. Nello studio di Pesce e colleghi (2016), in particolare, l'intervento combina caratteristiche del *deliberate play* con forme di *deliberate preparation*, ossia attività ludiche strutturate intenzionalmente dall'adulto per preparare abilità motorie e cognitive, che del gioco conservano il piacere e la dimensione esplorativa. Questa distinzione è mantenuta nel protocollo qui proposto: le fasi di gioco a soluzioni multiple, in cui i bambini adattano regole e strategie entro vincoli minimi, afferiscono al *deliberate play*; le progressioni guidate sulle abilità di manipolazione (afferrare, lanciare, ricevere), organizzate dall'insegnante con obiettivi specifici, afferiscono alla *deliberate preparation*. Le abilità di manipolazione risultano particolarmente rilevanti, perché richiedono controllo intenzionale e interazione con l'ambiente e hanno mostrato effetti positivi sull'inibizione (Pesce et al., 2016). Il vincolo, in entrambi i casi, non è imposizione bensì cornice d'azione che lascia al bambino margini di libertà per trovare la propria soluzione motoria.

Un aspetto qualificante di questi dispositivi è la loro trasferibilità: gli effetti si amplificano quando il gioco motorio prosegue all'aperto, nel tempo libero, cosicché scuola ed extrascuola agiscono in sinergia (Pesce et al., 2016). Occorre tuttavia calibrare con attenzione la sfida. Esiste infatti un *optimal challenge point* oltre il quale la complessità non stimola più, ma diventa fonte di frustrazione: per i bambini a sviluppo tipico l'arricchimento cognitivo (regole variabili, compiti aperti, *problem solving* motorio) rappresenta la sfida ottimale, mentre per i bambini con difficoltà di coordinazione la stessa esecuzione motoria costituisce già un impegno esecutivo elevato, e il carico cognitivo aggiuntivo va perciò graduato per restare entro la loro zona di sfida ottimale (Pesce et al., 2013).

5.2. La dimensione inclusiva

In una prospettiva realmente inclusiva, l'educazione motoria deve essere differenziata e progressiva, calibrata sul livello e sul profilo di ciascun bambino. La graduazione della difficoltà entro la zona di sfida ottimale (§ 5.1) ne è la condizione generale, ma occorre precisare come essa si traduca operativamente. Per i bambini con disabilità motorie o sensoriali si prevedono varianti equivalenti dei compiti: modalità alternative di spostamento, consegne veicolate da segnali multimodali (visivi e acustici), attrezzi facilitati per dimensione, peso e aderenza, riduzione delle distanze e dei tempi di risposta richiesti. Per gli alunni con ADHD risultano funzionali consegne brevi e sequenziali, alternanza fra fasi ad alto e a basso carico e ruoli che canalizzino l'attivazione (capofila, segnalatore); per i bambini con disturbo dello sviluppo della coordinazione, coerentemente con l'*optimal challenge point*, la stessa esecuzione motoria costituisce già un impegno esecutivo elevato, e il carico cognitivo aggiuntivo va introdotto solo gradualmente (Pesce et al., 2013).

Sono inoltre previste forme alternative di partecipazione che mantengano ciascun alunno dentro il compito (arbitro, osservatore con compiti di conteggio, «regista» che sceglie le varianti del gioco), da intendere come integrazione temporanea e non come sostituzione stabile dell'attività motoria. Sul piano del clima, la progettazione privilegia obiettivi di miglioramento personale ed evita classifiche e confronti competitivi fra bambini, che alimentano il rischio di stigmatizzazione; il *feedback* è informativo e centrato sul compito, non controllante, in coerenza con la *Self-Determination Theory* (Ryan & Deci, 2000). La progettazione e la conduzione delle attività prevedono infine il coinvolgimento degli insegnanti di sostegno e, ove disponibili, di professionisti dell'attività motoria adattata, così da definire preventivamente gli adattamenti per i singoli alunni anziché improvvisarli in situazione.

6. La proposta di studio: disegno, partecipanti e metodo

Per sottoporre a verifica empirica l'ipotesi delineata, si presenta il protocollo di uno studio pilota quasi-sperimentale, attualmente in fase di progettazione. Il protocollo, con ipotesi, esito primario e piano analitico, sarà sottoposto all'approvazione di un comitato etico e registrato preventivamente in un archivio

pubblico prima dell'avvio della raccolta dati; eventuali scostamenti in fase attuativa saranno documentati e motivati.

6.1. Disegno e partecipanti

Lo studio confronta un gruppo sperimentale, coinvolto in un protocollo ispirato all'*Enriched Physical Education* che integra *deliberate play* e *deliberate preparation* (§ 5), con un gruppo di controllo attivo impegnato in educazione fisica tradizionale, con misure pre-test/post-test (T0–T1). L'intervento avrà durata di dodici settimane, con due sessioni settimanali di sessanta minuti per entrambi i gruppi, così da equiparare monte ore e frequenza. Il disegno è quasi-sperimentale con assegnazione per classe: nel contesto scolastico la randomizzazione individuale non è praticabile, perché le attività si svolgono con il gruppo-classe e l'assegnazione di alunni della stessa classe a condizioni diverse produrrebbe contaminazione fra le condizioni e difficoltà organizzative. L'assegnazione avverrà dunque a livello di classe intera, con classi appaiate per anno di corso e, ove possibile, per istituto, così da bilanciare età e contesto; la conseguente struttura gerarchica dei dati (alunni entro classi) e il possibile effetto-classe saranno trattati nelle analisi (§ 6.5).

È previsto il coinvolgimento di due istituti comprensivi, reclutati su adesione volontaria previo accordo con i dirigenti scolastici, per un totale di almeno sei classi di scuola primaria, con un campione atteso di circa 100–120 alunni di età compresa fra 6 e 10 anni. Poiché questa fascia comprende livelli di sviluppo molto differenti, l'appaiamento delle classi per anno di corso e il controllo statistico di età e classe frequentata sono parte integrante del disegno. Criteri di inclusione: frequenza di una delle classi coinvolte e consenso informato scritto dei genitori, con assenso del bambino. Criteri di esclusione dalle analisi (non dalle attività didattiche, alle quali parteciperanno tutti gli alunni delle classi): controindicazioni mediche certificate all'attività fisica e assenza a una delle due sessioni di valutazione. Gli alunni con disabilità o con profili neurodivergenti parteciperanno con gli adattamenti descritti in § 5.2; i loro dati saranno inclusi e sottoposti ad analisi di sensibilità. Il gruppo di controllo svolgerà il curricolo ordinario di educazione fisica, a prevalente componente aerobica e con compiti a bassa interferenza contestuale, con lo stesso monte ore del gruppo sperimentale: le condizioni differiranno quindi, per quanto possibile, soltanto per l'arricchimento cognitivo delle attività.

6.2. Intervento, formazione e fedeltà al protocollo

Le attività saranno condotte dagli insegnanti di educazione motoria delle classi o da laureati in scienze motorie, previa formazione specifica (otto ore, comprensive della simulazione delle attività) e con il supporto di un manuale operativo che descrive, settimana per settimana, obiettivi, attività, varianti inclusive e criteri di progressione (manualizzazione dell'intervento). L'aderenza al protocollo sarà verificata mediante una *checklist* di fedeltà compilata al termine di ogni sessione dal conduttore e, per almeno il 25% delle sessioni, da un osservatore indipendente. La partecipazione effettiva sarà documentata con un registro delle presenze; per le

analisi per protocollo si adotterà un criterio minimo di partecipazione all'80% delle sessioni. Eventuali modifiche del programma (condizioni meteorologiche, disponibilità degli spazi, esigenze delle classi) saranno registrate in un diario di bordo e valutate in sede di analisi. Le sessioni si svolgeranno secondo le procedure di sicurezza degli istituti, con sorveglianza costante e registrazione sistematica di eventuali eventi avversi (cadute, infortuni, malesseri), che saranno riportati insieme ai risultati.

6.3. Strumenti di misura

Gli esiti riguardano le funzioni esecutive, rilevate individualmente a T0 e T1 da esaminatori formati e non informati dell'appartenenza ai gruppi, con strumenti standardizzati per la popolazione italiana:

- inibizione dell'interferenza: Test di Stroop Numerico della batteria BIA-R (Marzocchi, Re & Cornoldi, 2021); l'indice di interferenza, che combina tempi ed errori secondo il manuale, costituisce l'esito primario dello studio;
- inibizione della risposta motoria: Test delle Ranette, batteria BIA-R (Marzocchi, Re & Cornoldi, 2021), punteggio di accuratezza;
- memoria di lavoro e aggiornamento (*updating*): Test CO-TT, batteria BIA-R (Marzocchi, Re & Cornoldi, 2021), punteggio corretto;
- pianificazione e *problem solving*: TOL – Torre di Londra, versione italiana (Sannio Fancello, Vio & Cianchetti, 2021), punteggio totale e tempi di pianificazione.

Per ogni prova saranno utilizzati i punteggi standardizzati per età previsti dai manuali e la variabile impiegata nelle analisi sarà dichiarata in sede di registrazione del protocollo; accuratezza, tempi di risposta ed errori saranno mantenuti distinti, senza aggregazioni non previste dagli strumenti. Va rilevato con chiarezza che il protocollo non include una prova specifica di flessibilità cognitiva (*shifting*): la Torre di Londra è una misura di pianificazione e *problem solving* e non può essere considerata una misura di flessibilità. Le ipotesi dello studio riguardano pertanto inibizione, memoria di lavoro e pianificazione; la terza componente nucleare del modello di Diamond (2013) non sarà misurata direttamente, e l'inserimento di una prova di *switching* è indicato fra gli sviluppi del protocollo (§ 7). Per contenere gli effetti di pratica legati alla ripetizione pre-test/post-test, l'intervallo fra le somministrazioni sarà di circa dodici settimane, saranno impiegate le forme parallele ove previste dai manuali e la presenza del gruppo di controllo consentirà comunque di stimare e scorporare l'effetto della ripetizione.

6.4. Controllo del carico aerobico

L'ipotesi principale richiede che i gruppi siano confrontabili per intensità aerobica; l'equivalenza sarà quindi misurata, non assunta. In ogni sessione un sottocampione a rotazione di sei-otto alunni per gruppo indosserà cardiofrequenzimetri; gli indicatori saranno la frequenza cardiaca media di sessione, espressa come percentuale della frequenza cardiaca massima stimata per età, e la percentuale di tempo trascorsa in attività moderata-vigorosa. Sarà inoltre registrata la

durata effettiva della parte attiva di ogni sessione. I dati saranno esaminati periodicamente durante l'intervento: qualora il tempo in attività moderata-vigorosa dei due gruppi divergesse oltre una soglia prefissata, le attività del gruppo con carico inferiore saranno intensificate secondo le indicazioni del manuale operativo, fermo restando il contenuto cognitivo delle due condizioni. Qualora, a consuntivo, i gruppi non risultassero comunque equivalenti, il carico aerobico rilevato sarà inserito come covariata nelle analisi e la discrepanza sarà discussa come limite dello studio. Senza questa misurazione diretta, eventuali differenze fra i gruppi non potrebbero essere attribuite alla sola qualità cognitiva dell'esperienza motoria.

6.5. Numerosità campionaria, piano di analisi e variabili di controllo

La numerosità prevista (100–120 alunni, distribuiti in proporzione approssimativamente paritaria fra le due condizioni) è stata definita bilanciando considerazioni di potenza statistica e vincoli di fattibilità, ed è una delle ragioni per cui lo studio si configura come pilota. Assumendo per l'esito primario un effetto atteso dell'ordine di quello stimato dalla letteratura per il controllo inibitorio ($d \approx 0{,}35$; Mao et al., 2024), un confronto fra due gruppi con controllo del punteggio di pre-test richiederebbe circa 190–200 partecipanti, e la considerazione del *clustering* per classe aumenterebbe ulteriormente tale numerosità. Con 100–120 partecipanti lo studio disporrà di potenza adeguata (80%, $\alpha = 0{,}05$) solo per effetti di entità media ($d \approx 0{,}50$); coerentemente, fra i suoi obiettivi rientrano la stima della correlazione intraclasse, della variabilità degli esiti, dell'adesione e della fattibilità del controllo del carico aerobico, informazioni necessarie per dimensionare un successivo studio confermativo. È prevista una perdita al follow-up del 10–15%, considerata nel reclutamento. Il campione non consente analisi confirmatorie per sottogruppi (età, genere, profilo motorio): età e classe saranno trattate come variabili di controllo e le analisi di moderazione avranno carattere esplorativo.

Le analisi principali adotteranno modelli lineari misti, con i punteggi post-test come variabile dipendente, i punteggi di pre-test, l'età in mesi e il genere come covariate, la condizione come effetto fisso e la classe come effetto casuale, così da trattare il *clustering* e il possibile effetto-classe; l'istituto sarà considerato come ulteriore livello o effetto fisso. L'analisi principale seguirà il principio *intention-to-treat*, includendo tutti gli alunni valutati indipendentemente dal grado di adesione; un'analisi per protocollo (partecipazione $\geq 80\%$) avrà funzione di sensibilità. I dati mancanti saranno trattati con stima di massima verosimiglianza o imputazione multipla, previo esame dei meccanismi di mancanza. Per contenere la molteplicità degli esiti, l'esito primario è unico (indice di interferenza al Test di Stroop Numerico); gli esiti secondari saranno valutati con correzione per confronti multipli. Un'analisi esplorativa di moderazione riguarderà la competenza motoria iniziale, documentata a T0 con una breve prova standardizzata di abilità grosso-motorie; analisi di mediazione relative alla motivazione non sono previste, non essendo la motivazione un esito misurato (§ 4). Saranno inoltre documentate, tramite un questionario ai genitori e i dati di contesto degli istituti, le principali variabili potenzialmente confondenti: attività fisica e sportiva extrascolastica, esperienze sportive pregresse, abitudini di sonno, condizioni neuroevolutive certificate, contesto socioeconomico a livello aggregato di istituto, presenza e continuità

dell'insegnante nelle classi. Il gradimento delle attività (divertimento e novità percepiti) sarà rilevato periodicamente con una scala pittorica breve, a scopo esclusivamente descrittivo e di controllo, non come esito dello studio.

7. Implicazioni pedagogiche e questioni metodologiche

Da quanto la letteratura consente di sostenere derivano alcune implicazioni per la scuola primaria, dove l'educazione motoria può configurarsi come contesto multimodale che integra corporeità, emozione e cognizione (Gomez Paloma, 2014). L'esercizio cognitivamente impegnativo appare associato a benefici esecutivi maggiori rispetto all'esercizio ripetitivo (Best, 2010; Mao et al., 2024); l'*optimal challenge point* invita a differenziare le proposte per profili di competenza, trasformando la variabilità in risorsa inclusiva (Pesce et al., 2013); la reciprocità fra attività fisica e motivazione autonoma (Taylor, 2017) suggerisce di curare il clima motivazionale delle proposte. Su questo piano il contributo offre indicazioni progettuali immediatamente spendibili (§ 5), la cui utilità didattica non dipende dall'esito dello studio proposto.

Su un piano distinto stanno le ipotesi che lo studio intende verificare e che, fino alla sua realizzazione, restano tali. L'ipotesi principale è che il gruppo sperimentale mostri, a parità di carico aerobico, un miglioramento maggiore nell'inibizione; per memoria di lavoro e pianificazione l'attesa è più incerta. È plausibile anche un esito differenziato fra le funzioni: nello studio di Pesce e colleghi (2016) l'effetto dell'arricchimento è emerso soprattutto per l'inibizione, mentre non tutte le misure cognitive hanno mostrato benefici equivalenti. Risultati nulli o parziali non sarebbero privi di valore informativo: potrebbero indicare una dose insufficiente dell'intervento, una sensibilità limitata degli strumenti al cambiamento nel breve periodo, effetti di pratica che mascherano l'effetto sperimentale o la necessità di rivedere la traduzione operativa dei principi *embodied*. Il disegno pilota è pensato precisamente per contribuire a distinguere fra queste possibilità.

Restano aperte questioni metodologiche che il protocollo affronta solo in parte. La flessibilità cognitiva non è misurata direttamente e le funzioni esecutive *hot*, teoricamente rilevanti nel quadro delineato, non sono oggetto di rilevazione; le dimensioni motivazionali, qui assunte come sfondo teorico, andranno integrate in un disegno successivo con misure pre-test/post-test di motivazione autonoma, competenza motoria percepita, soddisfazione dei bisogni psicologici di base e divertimento, precisando se la motivazione sia da intendere come mediatore, moderatore o esito secondario. Analogamente, l'ipotesi che la promozione della competenza percepita favorisca nel tempo la pratica motoria e riduca il rischio di abbandono sportivo, per quanto coerente con la letteratura (Ensrud-Skraastad & Haga, 2020; Gu et al., 2021), non è verificabile con questo disegno, che non prevede esiti longitudinali. Fino alla realizzazione dello studio, ogni formulazione causale sarebbe prematura.

8. Conclusioni

La prospettiva dell'*Embodied Cognition* attribuisce all'educazione motoria della scuola primaria il ruolo di dispositivo pedagogico, oltre la visione addestrativa, a favore di uno sviluppo motorio incorporato e abilitante (Adolph & Hoch, 2019). In questa cornice teorica il corpo non è esecutore subordinato alla mente, ma parte costitutiva dei processi cognitivi (Gomez Paloma, 2014): una posizione che il presente contributo ha inteso distinguere con cura dalle evidenze empiriche disponibili, le quali indicano effetti positivi, di entità contenuta e condizionati dalla qualità dell'intervento, delle attività fisiche cognitivamente impegnative sulle funzioni esecutive (Best, 2010; Mao et al., 2024). *Enriched Physical Education* e *Deliberate Play*, integrato dalla *deliberate preparation*, offrono un quadro operativo per progettare contesti inclusivi in cui l'insegnante orchestra attività ludiche semi-strutturate (Côté, 1999; Côté & Hancock, 2016) che tutelano autonomia, competenza e relazionalità (Ryan & Deci, 2000) in ambienti intenzionalmente progettati (Tomporowski, McCullick & Pesce, 2015).

Il protocollo pilota qui delineato intende sottoporre a verifica l'ipotesi che sia l'arricchimento cognitivo dell'esperienza motoria, e non il solo dispendio energetico, a produrre il beneficio esecutivo, fornendo al tempo stesso le stime necessarie a dimensionare un futuro studio confermativo. Se le ipotesi troveranno sostegno, se ne trarranno indicazioni per una progettazione dell'educazione motoria mirata all'impegno esecutivo (Miyake et al., 2000; Diamond, 2013; Fedeli, Pascoletti & Zanon, 2022); in ogni caso, il percorso proposto – dalla teoria alla pratica, alla verifica empirica – costituisce la via necessaria perché l'*Embodied Education* consolidi le proprie promesse pedagogiche su basi metodologicamente solide.

Riferimenti bibliografici

Adolph, K. E., & Hoch, J. E. (2019). Motor development: Embodied, embedded, enculturated, and enabling. *Annual Review of Psychology*, *70*, 141–164. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102836

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman.

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. https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001

Côté, J. (1999). The influence of the family in the development of talent in sport. *The Sport Psychologist*, *13*(4), 395–417. https://doi.org/10.1123/tsp.13.4.395

Côté, J., & Hancock, D. J. (2016). Evidence-based policies for youth sport programmes. *International Journal of Sport Policy and Politics*, *8*(1), 51–65. https://doi.org/10.1080/19406940.2014.919338

de Azevedo, K. P. M., de Oliveira, V. H., de Medeiros, G. C. B. S., de Sousa Mata, Á. N., García, D. Á., Martínez, D. G., Leitão, J. C., Knackfuss, M. I., & Piuvezam, G. (2020). The effects of exercise on BDNF levels in adolescents: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(17), 6056. https://doi.org/10.3390/ijerph17176056

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135–168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *18*, 34–48. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005

Ensrud-Skraastad, O. K., & Haga, M. (2020). Associations between motor competence, physical self-perception and autonomous motivation for physical activity in children. *Sports*, *8*(9), 120. https://doi.org/10.3390/sports8090120

Fedeli, D., Pascoletti, S., & Zanon, F. (a cura di) (2022). *Attività motorie e funzioni esecutive. Metodi e percorsi per la scuola primaria*. Roma: Carocci.

Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(21), 8174–8179. https://doi.org/10.1073/pnas.0402680101

Goldberg, E. (2001). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. New York: Oxford University Press.

Gomez Paloma, F. (2014). *Scuola in movimento. La didattica tra scienza e coscienza*. Roma: Nuova Cultura.

Gottwald, J. M., Achermann, S., Marciszko, C., Lindskog, M., & Gredebäck, G. (2016). An embodied account of early executive-function development: Prospective motor control in infancy is related to inhibition and working memory. *Psychological Science*, *27*(12), 1600–1610. https://doi.org/10.1177/0956797616667447

Gu, X., Fu, Y., Chen, W., Tamplain, P. M., Zhang, T., & Wang, J. (2021). A causal pathway of physical activity to motor competence in childhood: Evidence from a school-based intervention. *Journal of Sports Sciences*, *39*(4), 460–468. https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1826666

Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(1), 58–65. https://doi.org/10.1038/nrn2298

Mao, F., Huang, F., Zhao, S., & Fang, Q. (2024). Effects of cognitively engaging physical activity interventions on executive function in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, *15*, 1454447. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1454447

Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2021). *BIA-R. Batteria italiana per l'ADHD-Revised*. Trento: Erickson.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Pesce, C. (2012). Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *34*(6), 766–786. https://doi.org/10.1123/jsep.34.6.766

Pesce, C., Crova, C., Marchetti, R., 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*(3), 172–180. https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2013.07.001

Pesce, C., Masci, I., Marchetti, R., Vazou, S., Sääkslahti, A., & Tomporowski, P. D. (2016). Deliberate play and preparation jointly benefit motor and cognitive development: Mediated and moderated effects. *Frontiers in Psychology*, *7*, 349. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00349

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, *55*(1), 68–78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

Sannio Fancello, G., Vio, C., & Cianchetti, C. (2021). *TOL. Torre di Londra. Test di valutazione delle funzioni esecutive (pianificazione e problem solving)*. Trento: Erickson.

Taylor, I. M. (2017). Reciprocal effects of motivation in physical education and self-reported physical activity. *Psychology of Sport and Exercise*, *31*, 131–138. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.01.003

Tomporowski, P. D., McCullick, B., & Pesce, C. (2015). *Enhancing children's cognition with physical activity games*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Valkenborghs, S. R., Noetel, M., Hillman, C. H., Nilsson, M., Smith, J. J., Ortega, F. B., & Lubans, D. R. (2019). The impact of physical activity on brain structure and function in youth: A systematic review. *Pediatrics*, *144*(4), e20184032. https://doi.org/10.1542/peds.2018-4032

Weiner, B. (1985). An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological Review*, *92*(4), 548–573. https://doi.org/10.1037/0033-295X.92.4.548

Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, *6*(4), 354–360. https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x