



# Mente-corpo, cervello, educazione: L'educazione fisica nell'ottica delle neuroscienze

## Mind-body, brain, education: A neuroscience perspective about physical education

Diana Olivieri

Università degli Studi Niccolò Cusano – Telematica Roma

diana.olivieri@unicusano.it

### ABSTRACT

Given the growing concern about physical inactivity in youth, linked, among other things, to contemporary technologies usage, the purpose of this paper is to highlight the benefits that active play, physical activity and sport can have in contributing to positive development. The link between physical activity and cognitive benefits has been well-established by neuroscience, educational and cognitive research, primarily in the areas of school performance, attention deficits, and psychological well-being. Physical activity/recreation programmes, in particular intensive aerobic exercise, prepare the brain for learning by putting the brain in a more optimal learning state. Physical education in schools offers an advantageous opportunity to promote physical activity among the population of school-aged children. As we explore neuroscience findings, we can think about translating research into classroom practice, through a brain-based Physical education curriculum. Considering recent results supporting the hypothesis that exercise and physical activity impact structural brain growth and functional neurocognitive development, particularly the development of executive functions, neuroscience can be used as the new frontier in Physical education advocacy. To sum up, the positive responses to regular physical activity among students are overall good reasons for recommending regular exercise and active play not only in school, but also outside.

Considerata la crescente preoccupazione per l'inattività fisica tra i ragazzi, legata tra l'altro all'utilizzo delle tecnologie contemporanee, scopo di questo articolo è mettere in evidenza i benefici che gioco attivo, attività fisica e sport possono avere nel contribuire ad uno sviluppo positivo. Il legame esistente tra attività fisica e benefici per la salute mentale è stato ben consolidato attraverso la ricerca neuroscientifica, educativa e cognitiva, soprattutto nelle aree della performance scolastica, dei deficit dell'attenzione e del benessere psicologico.

I programmi di attività fisica/ricreativi, in particolare l'esercizio aerobico ad alta intensità, preparano il cervello all'apprendimento, ponendolo in una condizione ottimale per imparare. L'educazione fisica a scuola offre la vantaggiosa opportunità di promuovere l'attività fisica tra la popolazione in età scolare. Nell'esplorare i risultati della ricerca neuroscientifica possiamo pensare a tradurli in pratiche scolastiche, attraverso un'Educazione fisica brain-based. Considerando i recenti risultati che supportano l'ipotesi che l'esercizio e l'attività fisica abbiano un effetto sulla crescita strutturale del cervello e sul suo sviluppo funzionale neurocognitivo, in particolare sulle funzioni esecutive, le neuroscienze possono essere utilizzate come nuova frontiera nel difendere l'importanza dell'Educazione fisica. In conclusione, le risposte positive all'attività fisica regolare tra gli studenti sono un buon motivo per raccomandare l'esercizio regolare e il gioco attivo non solo a scuola, ma anche fuori.

### KEYWORDS

Physical education, Cognitive development, Health Neuroscience, Active play, School Performance.

Educazione fisica, Sviluppo cognitivo, Neuroscienze della salute, Gioco attivo, Performance scolastica.

## Introduzione

Oggi la salute preventiva – soprattutto in ambito giovanile – è divenuto un argomento di importanza centrale, in particolare l'attività fisica è stata identificata come un fattore-chiave nel determinare il livello di salute e di funzionamento dell'individuo (OMS, 2004).

La base di conoscenze derivata dai dati di ricerca attualmente a nostra disposizione suggerisce che sport ed esercizio fisico possono apportare dei benefici a livello preventivo e terapeutico per la salute mentale ed il benessere generale dell'individuo, in particolare se molto giovane (Cox, 2012).

I moderni sviluppi tecnologici nel lavoro e nei mezzi di trasporto hanno determinato, in termini generali, stili di vita fisicamente sempre meno attivi; anche i giovani sono diventati fisicamente meno attivi come risultato del massiccio utilizzo di televisione, videogiochi e Internet, e la contemporanea diminuzione di ambienti di gioco *outdoor* sicuri. L'inattività e le pressioni lavorative e scolastiche determinano stress e lo stress è in costante aumento, specialmente nelle aree urbane.

L'inattività fisica potrebbe essere considerata uno dei maggiori problemi di salute pubblica del XXI secolo.

Passività e inattività non fanno parte della nostra natura. Tutti i nostri organi, i nostri sensi e le nostre abilità necessitano di un training costante se intendiamo preservarci e restare pienamente funzionanti.

Considerato il crescente numero di studenti ai quali viene attribuito il disturbo dell'attenzione, noto con l'acronimo ADD, e vari disturbi dell'apprendimento, appare oggi del tutto irresponsabile ignorare il dato che molti bambini identificati come affetti da problemi di attenzione siano, nei fatti, *ipocinetici*.

Come e più dei loro compagni di classe, questi bambini necessitano di programmi che integrino il movimento nella didattica d'aula.

La ricerca ha abbondantemente dimostrato che i livelli di attività fisica necessari durante l'infanzia per aiutare a raggiungere la salute cardio-metabolica e il benessere psicologico sono molto più elevati di quanto precedentemente stimato.

Oggi la ricerca neuroscientifica conferma che ciò che si contrappone all'esercizio fisico, ossia starsene seduti su una sedia, tende a inibire l'apprendimento. Quando un individuo siede per più di 15 minuti, il sangue inizia ad ammassarsi nei tendini e nei muscoli dei polpacci, sottraendo dal cervello l'ossigeno e il glucosio necessari. A questo punto viene rilasciata melatonina, poiché il cervello "pensa" di trovarsi in una condizione di riposo, dal momento che da tempo non è stato rilevato alcun comportamento di "navigazione" nell'ambiente. Il discente diviene letargico e assonnato e inizia a lottare per mantenere la concentrazione. A questo punto la capacità d'apprendimento risulta gravemente compromessa.

Trattandosi della principale istituzione sociale alla quale è affidata la responsabilità di promuovere l'attività fisica tra i giovani, l'Educazione fisica in ambiente scolastico potrebbe sembrare un rimedio ideale ad uno stile di vita eccessivamente sedentario (Sallis, Owen, 1999).

In molti, tuttavia, hanno sollevato preoccupazioni in merito al fatto che il curriculum di Educazione fisica rischia di divenire sempre più marginale all'interno della giornata scolastica, sebbene il precoce manifestarsi degli effetti dell'inattività fisica abbia enormi conseguenze sulla vita dell'individuo.

La natura ha reso i bambini delle macchine in perpetuo movimento per un buon motivo. A cominciare dall'infanzia, essi sviluppano le abilità motorie che offriranno loro il fondamento per le successive esperienze di attività fisica. Una

volta entrati nel periodo adolescenziale, i giovani iniziano a porre le basi della loro vita adulta.

Raggiungere i bambini prima che entrino in questa fase dello sviluppo è fondamentale per poter rompere il ciclo dell'inattività fisica.

Come vedremo, il valore di indagare in che modo il movimento fisico influenzi l'apprendimento cognitivo, il benessere fisico ed emotivo e le abilità sociali nei bambini di scuola primaria attinge alle ricerche in ambito cognitivo, neuroscientifico ed educativo.

L'Educazione fisica, mai come oggi, si configura come un'occasione unica e fondamentale per riappropriarsi di uno stile di vita salutare ed equilibrato.

È importante anche perché ci offre le giuste conoscenze in merito al nostro corpo, dal punto di vista muscolo-scheletrico, fisiologico e biochimico. Non ultimo, è importante per motivazioni di catarsi, ossia perché consente la liberazione di energie, emozioni e tensioni o frustrazioni.

## 1. Il gioco come precursore dell'attività sportiva

Animali ed esseri umani si dedicano a giochi più vigorosi proprio quando le cellule cerebrali formano freneticamente nuove connessioni sinaptiche (Angier, 1992). I loro primi giochi li dotano delle abilità – di linguaggio, motorie e di negoziazione – di cui avranno bisogno da adulti.

In natura più sono complessi l'organismo e le corrispondenti abilità da apprendere, più a lungo si protrarrà il periodo della giovinezza e più il gioco costituirà un elemento fondamentale nello sviluppo di quell'essere vivente.

Un comportamento che risulta presente in così tante specie e che appare più frequente durante i periodi di massimo sviluppo cerebrale dovrà avere necessariamente un vantaggio evolutivo, altrimenti sarebbe stato eliminato attraverso la selezione naturale.

Ciò che viene acquisito attraverso il gioco non sono informazioni specifiche, ma una disposizione mentale generale verso il problem solving che include sia astrazione che flessibilità combinatoria.

Durante la prima infanzia, l'esercizio fisico aiuta a costruire ossa robuste, forza muscolare e capacità polmonare, oltre ad aumentare le funzioni cognitive accelerando l'elaborazione neurocognitiva.

Il gioco che si rivela più benefico per i bambini è quello attivo, creativo e sociale, che impegna il corpo nello sviluppo grosso e fino-motorio e la mente nella negoziazione, nel problem solving, nell'immaginazione e nella flessibilità cognitiva.

Il gioco fisico attivo offre opportunità ai bambini piccoli di migliorare le loro abilità interpersonali e motorie e di incrementare la loro attenzione verso i compiti apprenditivi.

Secondo Vitale (2011) il sistema scolastico italiano non attribuisce grande importanza al gioco nei bambini in età prescolare e scolare, ne consegue che le scuole italiane raramente sono strutturate per consentire l'esecuzione di attività *outdoor*, le uniche che permettono al bambino di dedicarsi al cosiddetto "gioco attivo".

Panksepp (2008) suggerisce come il gioco faciliti il sano sviluppo, stimolando la maturazione del lobo frontale, alleviando i sintomi del disturbo da deficit dell'attenzione con iperattività (ADHD), come ad es. l'impulsività, e promuovendo una mente prosociale attraverso la maturazione dell'inibizione comportamentale.

Il gioco fisicamente impegnativo, dunque, sintetizza i benefici neurali sia dell'attività sportiva che del gioco, offrendo una simultanea stimolazione fisica, sociale e intellettuale. Tale sinergia di stimoli crea una sfida o stress positivo per

il cervello, che a sua volta lo porta ad adattarsi, determinando un sano sviluppo cognitivo. A tal riguardo, il gioco fisicamente faticoso costituisce un “ambiente arricchito”, che offre attività fisica, interazione sociale e stimoli nuovi.

Ai bambini di oggi sono concesse sempre meno opportunità di gioco attivo: una combinazione di ambienti di gioco scarsi e mal attrezzati, programmi sovraccarichi e orari pieni, limita pesantemente il sostanziale diritto infantile di dedicarsi al gioco.

Oggi sappiamo cosa accade ad animali ed esseri umani quando vengono privati del diritto di giocare, ossia che il loro cervello matura più lentamente.

Troppo spesso la preoccupazione di rimuovere dall’ambiente di gioco tutti i possibili pericoli può inavvertitamente portare anche alla rimozione di tutte le opportunità di potersi assumere dei rischi (Stephenson, 2003)<sup>1</sup>.

La ridotta capacità di regolare le emozioni che derivano dalla deprivazione del gioco può contribuire all’alto tasso di psicopatologia tra i giovani d’oggi, in termini di ansia, deficit dell’attenzione e sintomi depressivi.

I bambini deprivati di esperienze di gioco *outdoor* dimostrano infatti comportamenti aggressivi, depressione e tendenze antisociali, ponendosi dunque nella categoria dei giovani “a rischio” (Huttenmoser, Degan-Zimmermann, 1995).

L’idea che i bambini debbano in qualche modo essere protetti da tutti i rischi di incidenti è un malinteso comune degli adulti.

Imparare a gestire i rischi è fondamentale per lo sviluppo cognitivo e fisico dei bambini, che consente loro di proteggersi in ambienti difficili.

Il campo da gioco è un luogo unico nel suo genere, dove i bambini possono assumersi dei rischi in un ambiente “difficile” (per quanto sicuro), dove hanno l’opportunità di esercitare una buona dose d’indipendenza, sia a livello di pensiero che di azione.

## 2. Il contributo delle neuroscienze: evidenze di ricerca

Le cellule cerebrali sono simili a quelle muscolari: crescono se le si usa, si atrofizzano se non vengono utilizzate.

L’esercizio fisico incoraggia il cervello a funzionare al suo livello ottimale di capacità, favorendo così la moltiplicazione dei neuroni e il rafforzamento delle connessioni neurali, con l’effetto “collaterale” di amplificare le capacità intellettuali.

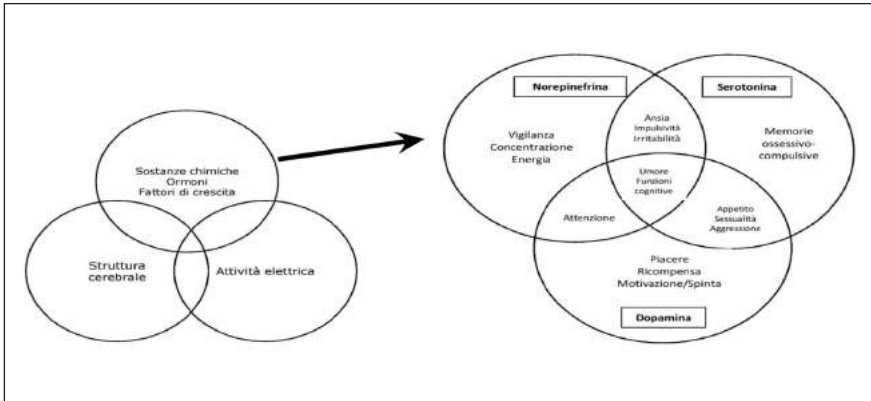
Test condotti su animali hanno illustrato che durante l’esercizio fisico, specialmente l’allenamento aerobico e il training di resistenza, le cellule nervose rilasciano proteine note come *fattori neurotrofici*. Uno in particolare, il fattore neurotrofico derivato dal cervello (acronimo BDNF) innesca altre sostanze chimiche per promuovere la salute neurale, che trae diretto beneficio da funzioni cerebrali, quali appunto l’apprendimento (Ratey, 2008).

1 Il fotografo giapponese Keiki Haginoya (1996) aveva iniziato a preparare un documentario fotografico sul gioco infantile nelle strade di Tokyo nel 1979. Quasi 20 anni dopo, la passione della sua vita ebbe una brusca interruzione: il gioco gioioso e spontaneo che un tempo riempiva strade e vicoli era scomparso. Haginoya si rammaricava della trasformazione della cultura del gioco infantile, un gioco che non si esprimeva più tra pozzanghere, cespugli, alberi e luoghi remoti, e affermava «il solo pensiero di diventare individui sociali senza aver fatto esperienza del gioco all’aperto mi fa rabbrivire» (p. 4).

La stimolazione del sistema nervoso attraverso il movimento finalizzato, dunque, aiuterebbe l'individuo a funzionare a un livello superiore.

La ricerca odierna su cervello, mente e corpo rivela l'esistenza di collegamenti significativi tra movimento e apprendimento. Un apprendimento compatibile col funzionamento cerebrale suggerisce, ad esempio, di associare matematica, movimento ed educazione fisica (Reilly, Buskist, Gross, 2012).

L'indagine scientifica della relazione tra attività fisica e cognizione è iniziata solo negli anni Trenta e nei decenni successivi, con la scoperta dell'esistenza di un rapporto tra condizionamento fisico e tempi di reazione più veloci (cfr. Burpee, Stroll, 1936; Pierson, Montoye, 1958).



**Fig. 1. Livelli di influenza dell'esercizio fisico sul funzionamento cerebrale**

L'attività aerobica, ad esempio, stimola il rilascio dei fattori di crescita neuronale (molecole che aiutano i neuroni a sopravvivere e prosperare), promuove la plasticità sinaptica e il potenziamento a lungo termine (modificazioni dinamiche delle connessioni tra neuroni) e stimola lo sviluppo di nuovi neuroni nell'ippocampo (una regione del cervello coinvolta principalmente nell'apprendimento e nella memoria).

Sappiamo dalle neuroscienze di base ed applicate che l'educazione fisica non solo ha effetti benefici sul funzionamento corporeo, ma anche sulla mente, che variano da maggiore attenzione e controllo cognitivo, a migliori responsività emotiva e sociale, memoria a breve e a lungo termine e persino sviluppo dei neuroni (Chaddock et al., 2011).

Con l'utilizzo di tecniche di neuroimmagine cerebrale estremamente sofisticate è oggi possibile osservare gli effetti dell'esercizio fisico utilizzando le scansioni cerebrali, che misurano l'attività del cervello in tempo reale.

Una parte del cervello, la corteccia prefrontale, viene spesso considerata importante per la capacità d'apprendimento.

La corteccia prefrontale – formata da un gruppo di aree neocorticali interconnesse che si trovano in contatto con la maggior parte del resto del cervello – ci consente di rimanere sul compito, di pensare e conservare in mente le informazioni appena ascoltate o lette e di pensare a qualcosa da prospettive diverse. Prese insieme, queste abilità sono spesso riassunte nei termini delle *funzioni esecutive* (Diamond, 2011).

Possedere un funzionamento esecutivo ben sviluppato è fondamentale per uno studente, soprattutto quando deve concentrarsi su un compito scolastico.

In termini generali, da un lato l'esercizio aerobico favorisce le funzioni esecutive nel breve e lungo termine (Best, 2010), dall'altro il funzionamento

esecutivo nei bambini piccoli tende a correlare con i risultati scolastici, con la salute e (negativamente) con le dipendenze e con il comportamento delinquenziale (Moffitt et al., 2011).

L'esercizio fisico sembra inoltre favorire l'integrità della sostanza bianca, correlata ad una comunicazione più efficiente tra regioni cerebrali dall'infanzia fino all'età matura<sup>2</sup>.

L'esercizio aerobico è associato ad una maggiore integrità della sostanza bianca nei bambini. I bambini "in buona forma fisica" posseggono infatti tratti di sostanza bianca cerebrale più fibrosi e compatti rispetto ai loro compagni meno "in forma" (Lowe et al., 2014).

Gli ormoni noti come *fattori di crescita* sono rilasciati quando ci esercitiamo e sono stati direttamente collegati ad una migliore salute cerebrale. L'ippocampo, una regione del cervello fondamentale per l'apprendimento e la memoria, sarebbe una di quelle che trae diretto giovamento da questi ormoni.

L'attività fisica prepara e incoraggia le cellule nervose a collegarsi insieme; ciò costituisce la base cellulare per incamerare e registrare nuove informazioni e stimola lo sviluppo di nuove cellule nervose, a partire dalle cellule staminali presenti nell'ippocampo (Hillman, Erickson, Kramer, 2008). Quest'ultimo rappresenta «la porta d'ingresso per le nuove memorie ed è dunque essenziale per l'apprendimento» (Fotuhi, 2013, p. 16).

L'attività fisica favorirebbe l'apprendimento, poiché influenza direttamente la neurogenesi nell'ippocampo: quando grandi movimenti muscolari impegnano i muscoli, viene liberato un composto che attiva lo sviluppo di nuovi neuroni nell'ippocampo (Van Praag, 2009).

Lo stimolo neurogenico più forte a nostra disposizione è dunque l'esercizio fisico. Quest'ultimo aumenta l'espressione genica del fattore BDNF nell'ippocampo umano, che sappiamo contribuire agli effetti dell'esercizio fisico sulla cognizione (Gomez-Pinilla, Vaynman, Ying, 2008).

Il neuroscienziato Jaak Panksepp (2007) ha scoperto che il gioco stimola la produzione di una proteina, nota come fattore neurotrofico derivato dal cervello, nell'amigdala e nella corteccia prefrontale, che sono responsabili dell'organizzazione, del monitoraggio e della pianificazione per il futuro.

La ricerca ha dimostrato che in particolare è l'esercizio aerobico a generare questa proteina, che viaggia dal tronco encefalico fino alla corteccia frontale, dove ha luogo il pensiero critico, modulando lo sviluppo delle cellule nervose (Yoshii, Constantine-Paton, 2010).

Si ritiene addirittura che il fattore BDNF sia la molecola-chiave che media i benefici dell'esercizio fisico sulla cognizione (Berchtold, Castello, Cotman, 2010).

Essere fisicamente attivi ha un effetto sui trasmettitori nervosi nel cervello, che determinano un miglioramento a livello di umore, energia e motivazione (Berg, 2010).

Un chiaro esempio dell'effetto dell'esercizio fisico a livello di trasmissione neurale è offerto dal disturbo da deficit dell'attenzione con iperattività.

I giovani affetti da tale disturbo possono sperimentare problemi d'apprendimento e deficit motori, e spesso mostrano cattive condizioni fisiche (Harvey, Reid, 2003). La ricerca ha dimostrato che l'esercizio fisico può attenuare certi problemi correlati a questo disturbo (Medina et al., 2010).

L'esercizio fisico è infatti codificato nei nostri geni e rappresenta una forma di

2 La sostanza bianca consiste principalmente di cellule gliali e assoni mielinizzati che agiscono da linee di comunicazione tra le varie regioni della sostanza grigia nel cervello.



Ritalin o di Zolofit naturali per il cervello. Ciò che ci fa muovere, dunque, è anche ciò che ci fa pensare.

I mezzi più efficaci per trattare e gestire l'ADHD consistono nel fornire al cervello dopamina e norepinefrina, le quali a loro volta sono ampiamente offerte attraverso l'esercizio fisico. Questi neurotrasmettitori inondano il cervello, specialmente il sistema attenzionale, che è dove gli individui affetti da ADHD hanno problemi.

Negli ultimi quattro anni gli scienziati hanno scoperto che l'ormone noto come irisina, che viene rilasciato dopo un'attività aerobica di moderata resistenza, possiede la capacità di aiutare a mantenere un sano peso corporeo, di favorire la cognizione e di rallentare il processo d'invecchiamento (Boström et al., 2012).

Quando l'irisina viene rilasciata durante esercizi di resistenza, essa favorisce le funzioni cognitive e protegge il cervello contro la degenerazione. La scoperta eccezionale è che quando l'irisina diventa quantitativamente elevata nel cervello per mezzo della messa in atto di esercizi di resistenza, essa innesca la neurogenesi (ossia lo sviluppo di nuovi neuroni).

L'aumento dei livelli di irisina accresce infatti l'espressione del fattore BDNF e attiva i geni coinvolti nell'apprendimento e nella memoria (Wrann et al., 2013).

In uno studio di riferimento del 2008, Budde e colleghi hanno scoperto che il cervelletto (che controlla abilità motorie, agilità e coordinazione) e la corteccia prefrontale (area deputata alle funzioni esecutive) sono sostanzialmente connessi. Gli autori hanno concluso che se il cervelletto non funziona adeguatamente, allora le funzioni cognitive ne soffriranno.

Se il cervelletto è attivo, allora le funzioni cognitive miglioreranno. Per far sì che ciò accada, occorre mettere all'opera le abilità motorie, l'agilità fisica e la coordinazione.

Il movimento, dunque, favorisce il funzionamento cerebrale, incrementando la comunicazione del cervelletto col resto del cervello (Van, 2012).

Le neurotrofine, della cui famiglia il fattore BDNF fa parte, costruiscono e sostengono i circuiti cellulari, ossia le infrastrutture del cervello stesso. Nutrono i neuroni come fossero un fertilizzante.



Fig. 2. Vantaggi neuro-cognitivi derivati dall'esercizio fisico

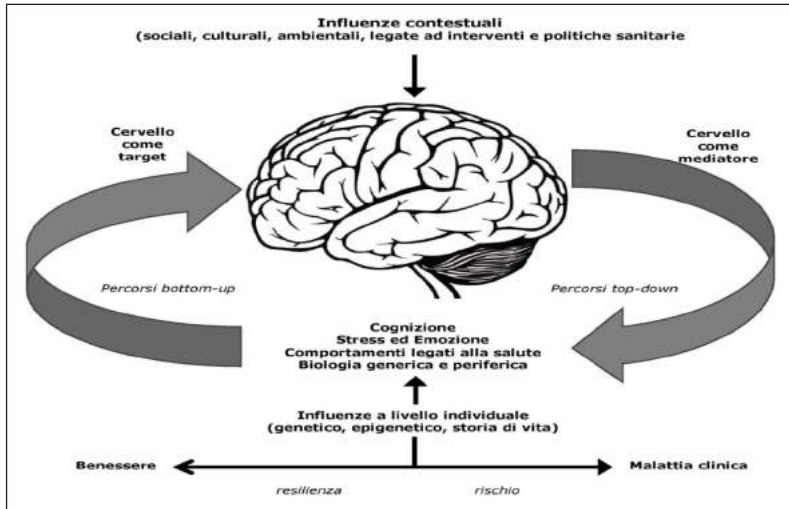


Fig. 3. I processi che collegano in modo bidirezionale e dinamico il cervello alle condizioni di salute per tutta la vita sono regolati dal cervello attraverso percorsi efferenti (ossia di tipo top-down) e influenzano il cervello attraverso percorsi afferenti (ossia di tipo bottom-up)

L'esercizio fisico produce quindi cellule nuove, e il fattore BDNF viene liberato quando iniziamo a pompare una maggiore quantità di sangue.

L'esercizio fisico dunque stimola la neurogenesi (ossia la creazione di nuove cellule cerebrali nelle regioni cerebrali associate al pensiero di ordine superiore), ma anche la sinaptogenesi dipendente dall'esperienza (ossia la formazione di connessioni sinaptiche tra neuroni in risposta all'apprendimento e agli input sensoriali provenienti dall'ambiente) e l'angiogenesi (ossia la vascolarizzazione, attraverso la creazione e il mantenimento di vasi sanguigni sani: Cotman, Berchtold, Christie, 2007).

Le neuroscienze della salute integrano i modelli teorici e i risultati empirici derivati dalle neuroscienze cognitive, sociali, affettive e educative, per considerare il cervello come fondamentale regolatore *top-down* (ossia determinante) dei comportamenti e dei parametri della fisiologia periferica che influisce sulla salute fisica (McEwen, Gianaros, 2010).

Solo ora le neuroscienze della salute iniziano a considerare le influenze di tipo *bottom-up* dei comportamenti salutari e della fisiologia periferica sui sistemi e circuiti cerebrali che mediano stress, cognizione, emozione, processi sociali e altri processi comportamentali (Critchley, Harrison, 2013).

Ciò ha consentito di indagare in che misura comportamenti sani, come la dedizione all'esercizio fisico, possano influenzare la morfologia, le funzioni e l'integrità cerebrale.

L'esercizio fisico paradossalmente produrrà i suoi benefici prima sul cervello, e poi sul resto del corpo, poiché il cervello non è in grado di produrre né di immagazzinare autonomamente il "combustibile" di cui ha bisogno per funzionare adeguatamente.

### 3. A cosa deve mirare l'Educazione fisica? Proposta di un approccio brain-based

L'Educazione fisica a scuola offre un'occasione vantaggiosa per promuovere l'attività fisica tra la popolazione degli studenti, anche alla luce della riconosciuta relazione positiva tra Educazione fisica e prestazioni scolastiche.



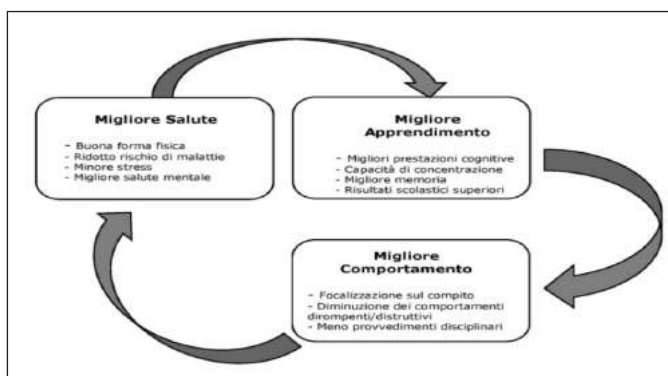


Fig. 4. Benefici dell'educazione fisica, dell'attività fisica e dello sport in ambito scolastico

Le evidenze offrono infatti sostegno all'utilità dei programmi sportivi come catalizzatori educativi, sia a medio termine (riduzione dei comportamenti antisociali, aumento dei comportamenti prosociali, miglioramento del comportamento in ambito educativo, ad es. maggiore frequenza scolastica e minore assenteismo), sia a lungo termine (minore frequenza di abbandoni scolastici, aumento della resilienza, migliore rendimento, progressione verso l'educazione superiore).

Chiaramente, la qualità dell'educazione fisica è di vitale importanza nella determinazione dei risultati cognitivi e scolastici. L'attività fisica predice prestazioni scolastiche superiori, ma ciò non vale per un'educazione fisica che non offra un sufficiente livello di attività.

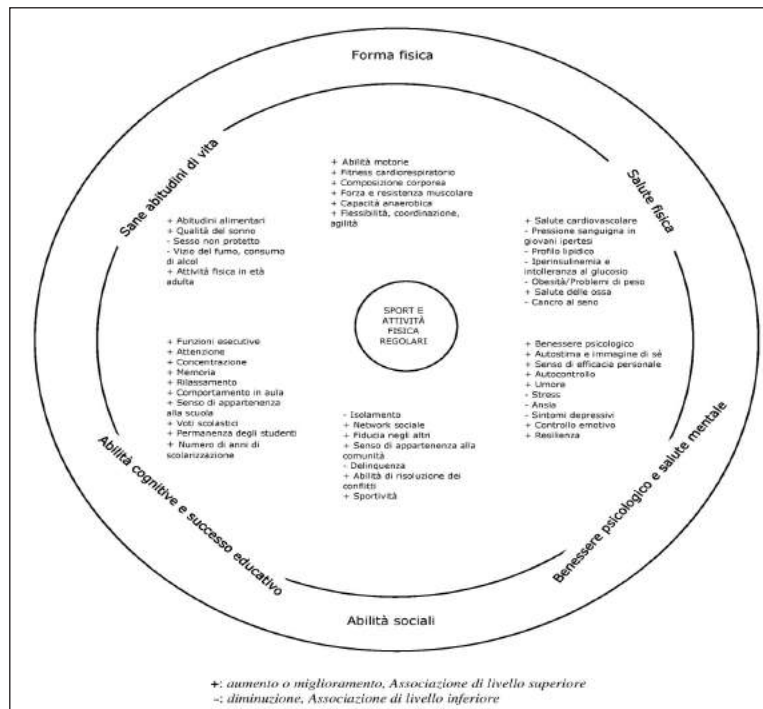
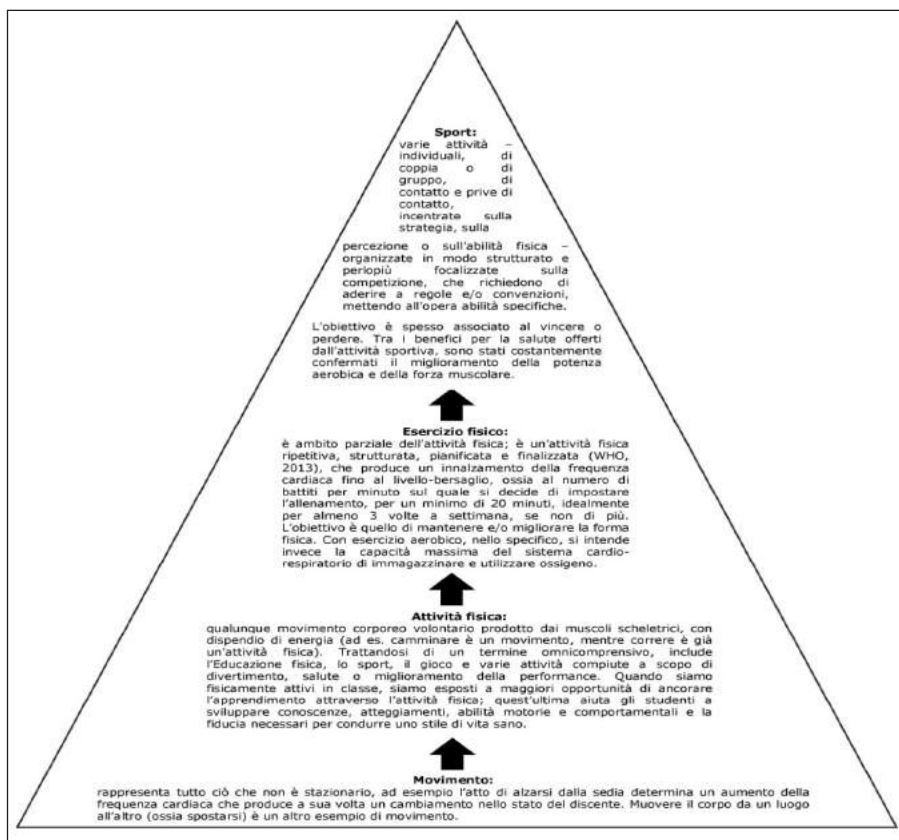


Fig. 5. Elementi legati al benessere associati alla partecipazione a frequenti e continue attività fisiche e sportive durante l'infanzia e l'adolescenza



**Fig. 6. Definizione delle diverse tipologie di Movimento, da un livello di minima (base della piramide) a un livello di massima specializzazione (punta della piramide)**

La ricerca sugli animali e sugli esseri umani offre sostegno alla particolare importanza dell'attività aerobica per il miglioramento della funzione cognitiva, in particolare nei bambini, per i quali l'esercizio aerobico sembra incrementare la resilienza a livello cerebrale, determinando una cosiddetta *riserva cognitiva*.

Le lezioni di Educazione fisica che non incoraggiano un'attività aerobica di sufficiente durata e intensità, non favoriranno un miglioramento osservabile a livello di forma fisica, salute, controllo del peso, né tantomeno successo scolastico<sup>3</sup>.

Il fitness cardiorespiratorio, in particolare, si associa a una migliore elaborazione delle informazioni (Stroth et al., 2009) e ad un netto miglioramento della performance scolastica in matematica (Castelli et al., 2007) e nell'abilità di lettura (Hillman et al., 2009)<sup>4</sup>.

L'attività fisica è nota per aiutare l'umore e offrire supporto ad un atteggiamento

- 3 In particolare, per bambini e adolescenti vengono consigliati almeno 60 minuti di attività aerobica quotidiana di media-elevata intensità, e un'attività fisica impegnativa – composta da esercizio di rinforzo muscolare e osseo – per almeno 3 giorni a settimana.
- 4 Di norma la valutazione della performance contempla la considerazione di quattro elementi: abilità cognitive, atteggiamenti, comportamenti scolastici e rendimento scolastico.

mento positivo che conduca ad un guadagno in termini di apprendimento (Ekkekakis, 2009).

Il regolare esercizio fisico alimenta e favorisce sia la funzionalità cognitiva, sia una visione ottimistica di se stessi e delle proprie possibilità, completando così un ciclo di feedback positivo che sostiene l'apprendimento.

Anche se la letteratura nel settore dell'Educazione fisica distingue tra educazione fisica, attività fisica, sport e gioco, è possibile tuttavia concepire l'Educazione fisica come un'opportunità offerta agli studenti perché possano impegnarsi soprattutto nell'attività fisica, anche sotto forma di gioco, lasciando poi ai ragazzi l'opzione di scegliere se dedicarsi a specifiche pratiche sportive.

Una buona parte di questa attività scolastica può essere dunque considerata come gioco fisicamente impegnativo, offerto in un setting fisicamente predisposto a diventare per gli studenti una sorta di "ambiente arricchito".

Gli insegnanti devono dunque conoscere quali sono le differenze tra i tipi di movimento e come applicarle alla didattica scolastica, poiché ciascuna componente del movimento costituisce una parte fondamentale nel processo educativo.



Fig. 7. Movimento e apprendimento ottimale

Un individuo può essere fisicamente attivo, senza essere *fisicamente educato*.

L'Educazione fisica consiste nell'insegnare a vivere lifelong una vita attiva e sana, perché un bambino di 8 anni possa diventare in futuro un ottantenne capace di portare due buste della spesa fino al terzo piano facendo le scale.

### 3.1. Corpo attivo = mente attiva

Il termine Educazione fisica è usato per fare riferimento a quell'area del curriculum scolastico che si occupa di sviluppare negli studenti la competenza fisica e la fiducia in se stessi attraverso la consapevolezza corporea, promuovendo la salute e incoraggiando i "talenti in erba".

Nei suoi primi studi, Orlick (1974) trovò che il 50% dei giovani di età compresa tra i 7 e i 19 anni, intervistati in merito alla loro partecipazione ad attività sportive, affermavano che i programmi erano troppo seri, focalizzati solamente sul vincere e mancanti del necessario senso di divertimento.

Al contrario, quando i bambini e gli adolescenti fanno esperienza di divertimento e piacevolezza, tendono con maggiore probabilità a perseverare nelle attività, per quanto impegnative esse siano.

Emerge dunque la necessità di offrire un forte sostegno a quei programmi di

Educazione fisica che pongono in primo piano attività cognitivamente, socialmente e aerobicamente impegnative su base quotidiana, un’Educazione fisica che si concentri sul progresso personale e su attività di fitness di tipo *lifelong*, incoraggiando modalità di gioco fisicamente impegnativo, di sfida personale e di divertimento.

Sport e attività fisiche per ...	Tipo ed intensità delle attività	Esempi di sport ed attività fisiche	Frequenza e durata
... sviluppare abilità motorie di base	→ Esercizi su abilità di base. → Esercizi più complessi e diversificati. → Bassa, moderata ed alta intensità.	→ Esercizi che coinvolgono abilità motorie di base: strisciare, saltare, afferrare, lanciare, cambiare direzione, scivolare, colpire (una palla), camminare indietro, danzare, correre, fare giochi acquatici, dodgeball ("palla schivata").	→ Quanto più spesso possibile dalla prima infanzia. → Di durata abbastanza breve da poter catturare l'attenzione dei partecipanti e mantenere vivo il loro interesse.
... sviluppare reti ed abilità sociali	→ Sport individuali e di gruppo. → Intensità da moderata ad alta.	Hockey su ghiaccio, immersioni, tuffi, basket, pallavolo, calcio, pallamano, sport di racchetta, attività <i>outdoor</i> .	→ Quanto più spesso possibile, in base al livello d'interesse. → Durata appropriata alla data attività.
... migliorare e mantenere la fitness cardiorespiratoria ... controllare la forma fisica	→ Attività aerobiche continue o, preferibilmente, attività intermittenti. → Intensità da moderata ad elevata.	Andare in bicicletta, nuotare, sciare.	→ Idealmente ogni giorno e per quanto più tempo possibile. → Attività aerobica di alta intensità almeno tre volte a settimana. → Durata adattata in base alla frequenza delle sessioni al fine di massimizzare il tempo settimanale totale dedicato all'attività fisica.
... rinforzare le ossa	→ Attività di sollevamento pesi. → Intensità da moderata ad elevata.	→ Saltare, saltare la corda, fare ginnastica, praticare esercizi di rinforzo muscolare (non necessariamente con attrezzi).	→ Il più spesso possibile, indipendentemente dalla durata degli esercizi.
... rinforzare la muscolatura	→ Esercizi di resistenza. → Intensità da moderata ad elevata.	→ Arrampicarsi, fare ginnastica, praticare esercizi a corpo libero, esercizi di rinforzo muscolare senza attrezzi. → Solo per gli adolescenti, training di resistenza con attrezzi e con supervisione professionale.	→ Almeno tre volte a settimana. → Di durata abbastanza breve da poter mantenere vivo l'interesse.

Tab. 1. Sport e attività fisiche: raccomandazioni di tipologia, frequenza, durata e intensità

L'attività fisica – ancor prima dell'attività più propriamente sportiva – dovrebbe avere sempre un ruolo centrale all'interno del programma educativo di Educazione fisica, incoraggiando gli studenti a divertirsi attraverso il movimento, ad imparare la cultura del movimento e a sviluppare un atteggiamento positivo verso la partecipazione regolare alle attività fisiche<sup>5</sup>.

- 5 Nello specifico, sono considerati i nove pilastri della forma fisica ed elementi costitutivi nei programmi di Educazione fisica: 1) la *Flessibilità*, ossia la capacità di un muscolo di eseguire movimenti intorno ad un'articolazione, attraverso una vasta gamma motoria; 2) la *Resistenza o Forza muscolare*, ossia la capacità di un muscolo di esercitare o liberare forza attraverso moderate contrazioni per prolungati periodi di tempo, della qualità e velocità desiderata e in circostanze di affaticamento, consentendo all'individuo di superare o contrastare una resistenza; è il prodotto di tutte le energie psicofisiche del corpo umano; 3) l'*Agilità*, ossia l'abilità fisica che permette ad un individuo di cambiare rapidamente la posizione nello spazio e la direzione in modo preciso ed efficace (ad es. il calciatore che imprime improvvisamente una direzione diversa al pallone o che riesce a schivare l'avversario, la corsa a zig-zag o ad ostacoli, ecc.); 4) la *Capacità vitale*, rappresentata dal volume di aria che può essere spostato dai polmoni dopo la massima inspirazione (ossia il volume massimo di aria che può essere forzosamente emessa dai polmoni), seguita da un'espiazione massima; 5) la *Potenza cardiorespiratoria o aerobica* (VO<sub>2</sub>), ossia la capacità massima del corpo di trasportare e utilizzare l'ossigeno durante esercizi incrementali, che riflette la forma fisica dell'individuo; 6) la *Resistenza aerobica* o

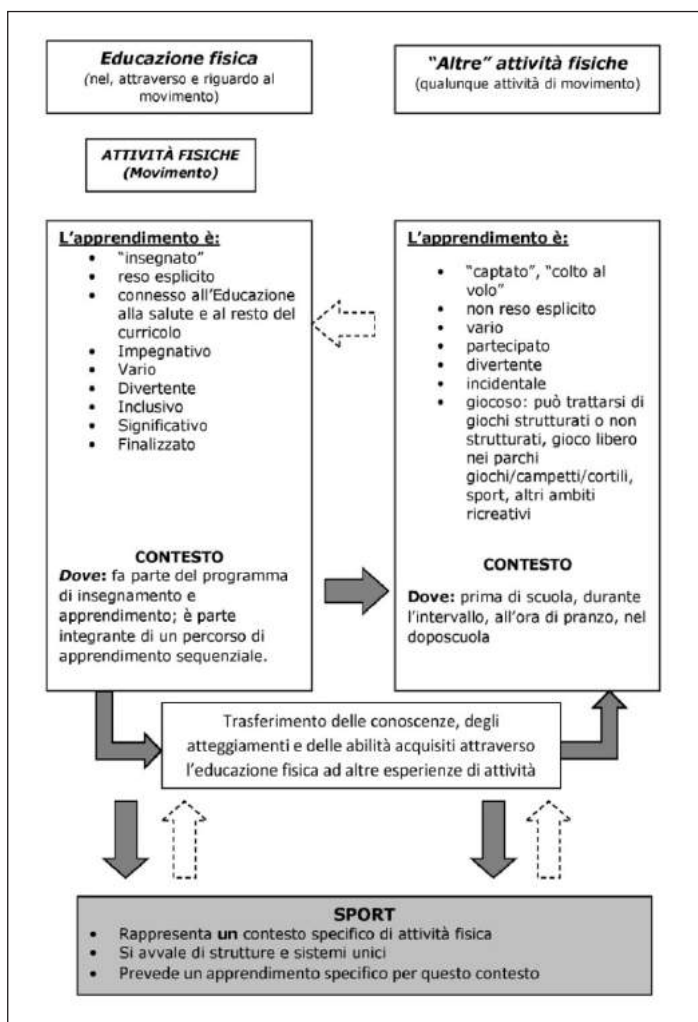


Fig. 8. Educazione fisica vs altre attività fisiche: caratteristiche dell'apprendimento

*cardiorespiratoria*, ossia la capacità dei sistemi circolatorio e respiratorio del corpo di assicurare il "combustibile" durante l'attività fisica sostenuta; 7) la *Potenza muscolare*, ossia la capacità del muscolo di liberare la massima forza possibile nel più breve periodo di tempo; equivale alla forza moltiplicata per la velocità e dunque corrisponde alla combinazione di forza e velocità, che garantisce una performance efficace in attività quali il tiro della palla nel basket, il salto in alto nel salto, lo sferrare un pugno nella boxe, ecc.; 8) la *Velocità*, ossia la capacità di eseguire movimenti o attività motorie ad alta velocità nel periodo di tempo più breve possibile. Equivale alla distanza coperta per unità di tempo; l'elemento della velocità è coinvolto nella maggior parte delle abilità atletiche, come la corsa, alcune abilità calcistiche, il basket, ecc.; 9) l'*Equilibrio*, ossia la capacità dell'individuo di controllare il suo corpo e di mantenere l'equilibrio in condizioni statiche e dinamiche, ad es. stando su una mano, andando sullo skateboard, pattinando, ecc.

Dal momento che «l'importanza di una regolare attività fisica per un corpo e una mente che si stanno sviluppando non può e non deve essere sottovalutata» (Best 2010, p. 351), ideare modi creativi per incorporare l'esercizio fisico nelle attività d'apprendimento si pone come una delle sfide del nuovo millennio<sup>6</sup>.

LIVELLO DI MATURITÀ (età)	Aspetti su cui concentrarsi
<b>Prima e Seconda Infanzia (0-10 anni)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gradimento dell'attività fisica, gioco.</li> <li>→ Abilità motorie generali e di base, in particolare relative alla sicurezza personale e degli altri.</li> <li>→ Attività di sollevamento pesi.</li> </ul>
<b>Tarda Infanzia-Fanciullezza (11-12 anni)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gradimento delle attività fisiche e sportive.</li> <li>→ Abilità motorie.</li> <li>→ Attività di sollevamento pesi.</li> <li>→ Igiene personale.</li> <li>→ Comportamenti etici nella competizione.</li> <li>→ Reti sociali.</li> </ul>
<b>Inizio della Pubertà (13-14 anni)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gradimento delle attività fisiche e sportive</li> <li>→ Abilità che massimizzano il gradimento della pratica degli sport preferiti.</li> <li>→ Altre abilità motorie e sport-correlate.</li> <li>→ Attività di sollevamento pesi.</li> <li>→ Disciplina personale.</li> <li>→ Comportamenti etici nella competizione.</li> <li>→ Reti sociali.</li> <li>→ Autostima.</li> </ul>
<b>Media Pubertà (15-16 anni)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gradimento delle attività fisiche e sportive.</li> <li>→ Desiderio di lavorare duramente.</li> <li>→ Abilità strategiche di base.</li> <li>→ Abilità tecniche avanzate.</li> <li>→ Qualità fisiche (resistenza e potenza aerobica).</li> <li>→ Comportamenti etici nella competizione e in società.</li> </ul>
<b>Fine della Pubertà (17-18 anni)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Gradimento di attività fisiche e sportive.</li> <li>→ Fitness aerobica.</li> <li>→ Forza muscolare.</li> <li>→ Qualità fisiche e mentali.</li> <li>→ Comportamenti etici nella competizione e in società.</li> <li>→ Specializzazione sportiva (se desiderata dal ragazzo).</li> </ul>

**Tab. 2. Aspetti di maggiore interesse dell'attività fisica/sportiva, in base al livello di maturità acquisita dallo studente<sup>7</sup>**

### 3.2. Una "nuova" Educazione fisica

Oggi, forti delle nuove scoperte neuroscientifiche, possiamo finalmente provare a concettualizzare questi risultati utilizzando i principi dell'apprendimento *brain-based* come guida nello sviluppo curricolare e dei programmi scolastici.

Queste informazioni dovrebbero fare parte integrante della base di conoscenze professionali e dovrebbero essere incluse nella formazione dei candidati all'insegnamento dell'Educazione fisica e dei professionisti che si occupano a vario titolo di scienze motorie.

Un programma di Educazione fisica che consideri quanto scoperto in ambito neuroscientifico dovrà dunque focalizzarsi sull'individuo, incoraggiando ciascuno studente a progredire verso obiettivi personali di forma fisica.

Gli studenti dovranno potersi impegnare in un'ampia varietà di attività, molte delle quali si dovranno configurare come giochi fisicamente dispendiosi a livello energetico, dalle forme più tradizionali di arrampicata su roccia (attraverso la predisposizione di finte pareti rocciose in palestra), o cyclette interattive come

6 Considerati gli estremi benefici per la salute e per il successo scolastico dell'Educazione fisica, vengono consigliati 150 minuti per i bambini delle scuole elementari e almeno 225 minuti per i ragazzi della scuola secondaria a tutti i livelli di attività fisica da moderata a vigorosa, da esercitare quotidianamente sia a scuola che nel doposcuola. In particolare è emerso come i maggiori benefici cognitivi derivanti dall'Educazione fisica emergano quando le lezioni sono impartite nelle prime ore o a metà giornata, evitando invece la fine della giornata scolastica.

7 Il livello di maturità varia da un bambino all'altro; alcuni/e ragazzi/e possono raggiungere una certa fase dello sviluppo con uno scarto di 1-2 anni.



*GameXBike*, a forme più contemporanee come i sistemi di *exer-gaming*, dove si balla seguendo delle istruzioni (ad es. *Dance Dance Revolution*, nato in Giappone nel 1998 e arrivato in Europa l'anno successivo, e più di recente *Wii Fit*, lanciata in Europa nel 2008 e che si compone, tra le altre cose, di esercizi muscolari, esercizi aerobici e giochi di equilibrio). Gli studenti potranno indossare dei cardiofrequenzimetri per assicurarsi che si stiano esercitando nella loro zona aerobica ottimale.

	TRADIZIONALE/VECCHIO	ARRICCHITO/NUOVO
<b>Curricolo</b>	- Abilità e regole per giocare giochi di squadra. - Esempi: pallacanestro, calcio, pallavolo, baseball.	- Competenza fisica e comprensione cognitiva dell'attività fisica che consenta agli studenti di essere attivi per tutto il corso della loro vita. - Esempi: attività di fitness, educazione outdoor, attività fisiche individuali di vita, danza, lezioni integrate.
<b>Raggruppamento</b>	- Grandi gruppi. - Attrezzature limitate. - Atleti come leader. - Priva potenzialmente gli studenti con problemi di peso e i bambini affetti da disabilità del diritto a partecipare.	- Piccoli gruppi. - Attrezzature adeguate per una partecipazione attiva. - Inclusione totale di tutti gli studenti: tutti gli studenti devono avere opportunità di successo, non solamente gli atleti.
<b>Enfasi sulla forma fisica/ Fitness</b>	- Correlata all'abilità. - Confronto con le norme nazionali.	- Correlata alla salute. - Gli studenti sono impegnati nell'autovalutazione e nell'applicazione dei principi del fitness. - Costruzione di programmi individuali, basati su obiettivi personali e su diversi livelli di abilità. - Gli studenti imparano a mantenere e a migliorare il benessere fisico.
<b>Istruzione</b>	- Diretta dall'insegnante. - L'insegnante controlla e determina tempi e ritmi dell'intera lezione.	- Insegnante come allenatore/guida. - Utilizza strategie didattiche per consentire agli studenti di progredire secondo i ritmi individuali e di auto-valutarsi.
<b>Abilità sociali</b>	- Enfasi sulla competizione, sul vincere e sul perdere.	- Enfasi sulla cooperazione, sul lavorare insieme come gruppo, sulla leadership, sulla risoluzione dei conflitti durante le situazioni di partecipazione attiva.
<b>Classificazione e valutazione</b>	- Basata sulla partecipazione, sull'abbigliamento, sul livello di abilità e sui valori del fitness.	- Basata sull'auto-miglioramento, sull'auto-valutazione, sulla valutazione tra pari, sulle rubriche di abilità. - Uso di tecniche di monitoraggio e rinforzo dell'apprendimento da parte degli studenti.
<b>Giochi</b>	- Gli insegnanti officiano i giochi, offrendo feedback sulle prestazioni di abilità e sulla conoscenza delle regole; giochi di gruppo di grandi dimensioni; gli studenti aspettano in fila di giocare; enfasi sulla vittoria.	- Gli studenti si impegnano in attività e sport dotati di una componente di fitness correlata alla salute. - L'enfasi è sulla partecipazione e sul sincerarsi che tutti siano attivi e che nessuno resti passivamente in attesa.
<b>Tecnologia</b>	- Cronometro.	- Computer, pedometri, cardiofrequenzimetri, altre tecnologie per il fitness.

Tab. 3. Curricolo tradizionale vs curricolo arricchito per un'Educazione fisica brain-based

Va anche osservato, ad esempio, che i bambini generalmente non gradiscono un'attività fisica prolungata con poche variazioni a livello d'intensità (ad es. corsa su lunga distanza).

Circa il 95% delle loro attività fisiche quotidiane implicano piuttosto attività di elevata intensità, della durata di poco più di 15 secondi (Baquet et al., 2007).

Le attività intermittenti possono stimolare in modo efficace il loro sistema cardiorespiratorio.

Gli esercizi strutturati per loro dovrebbero dunque contenere elementi aerobici, attività di movimenti continui, elementi di forza come l'allenamento con i pesi o la ginnastica ritmica, ed elementi di *stretching* per aumentare la flessibilità.

La giornata scolastica dovrebbe sempre alternare le attività sedentarie ripetitive della didattica d'aula tradizionale con attività più piacevoli, orientate al movimento, poiché il sistema attentivo del nostro cervello è predisposto a preferire i contrasti elevati e l'originalità, invece di proporre contenuti noiosi, statici ed inefficaci.

#### 4. Conclusioni: massimizzare i benefici dell'Educazione fisica

Le conoscenze attuali sul modo in cui l'esercizio fisico influisce sul funzionamento cerebrale suggeriscono che l'Educazione fisica dovrebbe costituire una parte importante del curriculum ad ogni livello dell'istruzione scolastica.

Oggi sappiamo che il cervello attinge dal corpo circa il 20% dell'energia disponibile, e che maggiori richieste mentali attingono una maggiore quantità di sangue ossigenato nel cervello, in particolare sotto condizioni di stress, quando i neuroni necessitano di carburante per poter scaricare.

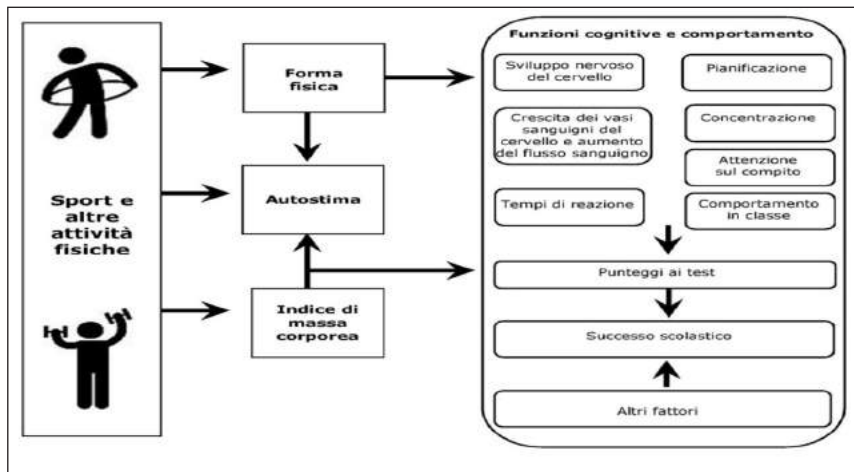


Fig. 9. Muoversi per imparare: percorsi teorici che collegano insieme attività fisica, funzionamento cognitivo e performance scolastica

Esercitare il nostro "muscolo cognitivo" attraverso la costruzione di *network* neurali avanzati e più numerosi è fondamentale per la nostra salute mentale, agendo inoltre da barriera per l'atrofia cellulare negli anni della maturità.

L'Educazione fisica scolastica non dovrebbe sforzarsi di rispecchiare lo sport professionale, dove solo in pochissimi possono avere successo, ma piuttosto educare fisicamente gli studenti in una varietà di contesti di attività fisica, in modo da offrire loro la possibilità di applicare le loro conoscenze e abilità acquisite in una gamma di contesti sportivi (tradizionali e non) o a qualunque altra opportunità di attività che implichi il movimento a cui sono interessati o nella quale dimostrano un talento.

Occorre dunque iniziare a porsi le seguenti domande, per potersi assicurare che l'attività fisica venga presentata agli studenti in un modo che sia inclusivo per ciascuno di loro: Quali sono i diversi bisogni d'apprendimento dei nostri studenti? Quali i loro reali interessi e le loro aspirazioni?

Forse dovremmo iniziare a preoccuparci meno dell'indice di massa corporea e più dell'indice di massa cerebrale, poiché è quest'ultimo organo che rischia di atrofizzarsi a causa della crescente inattività delle persone.

Quanto più numerose saranno le scoperte compiute dai neuroscienziati in merito a tale processo, tanto più chiara e confermata sarà l'idea che l'esercizio fisico offra uno stimolo ineguagliabile, attraverso la creazione di un ambiente in cui il cervello è pronto, ben disposto e capace di apprendere.

Nasce così una nuova concezione di Educazione fisica, in cui gli studenti siano valutati sullo sforzo, piuttosto che sui risultati in termini di abilità manifesta.

Ci troviamo alle soglie di una nuova era per l'Educazione fisica, un'era in cui le venga finalmente riconosciuto il ruolo fondamentale che le appartiene.

## Riferimenti bibliografici

- Angier, N. (1992, October 20). The purpose of playful frolics: Training for adulthood. *The New York Times*, B5-B6.
- Baquet, G., Stratton, G., Van Praagh, E., Berthoin, S. (2007). Improving physical activity assessment in prepubertal children with high-frequency accelerometry monitoring: A methodological issue. *Preventive Medicine*, 44 (2), 143-147.
- Berchtold, N. C., Castello, N., Cotman, C. W. (2010). Exercise and time-dependent benefits to learning and memory. *Neuroscience*, 167 (3), 588-597.
- Berg, K. (2010). Justifying physical education based on neuroscience evidence. *JOPERD*, 81 (3), 24-46.
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30, 331-351.
- Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., Rasbach, K. A., Boström, E. A., Choi, J. H., Long, J. Z., Kajimura, S., Zingaretti, M. C., Vind, B. F., Tu, H., Cinti, S., Højlund, K., Gygi, S. P., Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, 481 (7382), 463-468.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietraßyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441, 219-223.
- Burpee, R. H., Stroll, W. (1936). Measuring reaction time of athletes. *Research Quarterly*, 7, 110-118.
- Castelli, D. M., Hillman, C. H., Buck, S. M., Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *JSEP*, 29, 239-252.
- 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. *JINS*, 17, 1-11.
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C., Christie, L. A. (2007). *Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation*. Trends in Neurosciences, 30 (9), 464-472.
- Cox, S. (2012). *Game of Life: How sport and recreation can help make us healthier, happier and richer*. London: The Sport and Recreation Alliance.
- Critchley, H. D., Harrison, N. A. (2013). Visceral influences on brain and behavior. *Neuron*, 77, 624-638.
- Diamond, A. (2011). Biological and social influences on cognitive control processes dependent on prefrontal cortex. *Progresso in Brain Research*, 189, 319-339.
- Ekkekakis, P. (2009). Let them roam free? Physiological and psychological evidence for the potential of self-selected exercise intensity in public health. *Sports Medicine*, 39, 857-888.
- Fotuhi, M. (2013). *Boost your brain: The new art and science behind enhanced brain performance*. New York: Harper One.
- Gomez-Pinilla, F., Vaynman, S., Ying, Z. (2008). Brain-derived neurotrophic factor functions as a metabotrophin to mediate the effects of exercise on cognition. *European Journal of Neuroscience*, 28, 2278-2287.
- Haginoya, K. (1996). *Children's play has disappeared from the city*. Playrights. Raleigh, NC: International Association for the Child's Right to Play.
- Harvey, W. J., Reid, G. (2003). Attention-deficit/hyperactivity disorder: A review of research on movement skill performance and physical fitness. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 20, 1-25.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159 (3), 1044-1054.
- Huttenmoser, M., Degan-Zimmermann, D. (1995). *Lebenstraume fur Kinder*. Zurich: Swiss Science Foundation.

- Lowe, C. J., Hall, P.A., Vincent, C.M., Luu, K. (2014). The effects of acute aerobic activity on cognition and cross-domain transfer to eating behavior. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8 (1), 1-7.
- McEwen, B. S., Gianaros, P. J. (2010). Central role of the brain in stress and adaptation: Links to socioeconomic status, health, and disease. *ANYAS*, 1186, 190-222.
- Medina, J. A., Netto, T. L., Muszkat, M., Medina, A. C., Botter, D., Orbetelli, R., Scaramuzza, L. F., Sinnes, E. G., Vilela, M., Miranda, M. C. (2010). Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects. *ADHD*, 2 (1), 49-58.
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *PNAS*, 108 (7), 2693-2698.
- Orlick, T. D. (1974). Sport participation: A process of shaping behavior. *Human Factors*, 16, 558-561.
- Panksepp, J. (2008). Play, ADHD, and the construction of the social brain: Should the first class each day be recess? *American Journal of Play*, 1, 55-79.
- Panksepp, J. (2007). Can PLAY diminish ADHD and facilitate the construction of the social brain? *JCACAP*, 16, 57-66.
- Pierson, W. R., Montoye, H. J. (1958). Movement time, reaction time, and age. *Journal of Gerontology*, 13, 418-421.
- Ratey, J. J. (2008). *Spark: The revolutionary new science of exercise and the brain*. New York: Little, Brown & Co.
- Reilly, E., Buskist, C., Gross, M. K. (2012). Movement in the classroom: Boosting brainpower, fighting obesity *Kappa Delta Pi Record*, 48 (2), 62-66.
- Sallis, J. F., Owen, N. (1999). *Physical activity and behavioral medicine*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Stephenson, A. (2003). Physical risk-taking: Dangerous or endangered? *Early Years*, 23, 35-43.
- Stroth, S., Kubesch, S., Dieterle, K., Ruchsov, M., Heim, R., Kiefer, M. (2009). Physical fitness, but not acute exercise modulates event-related potential indices for executive control in healthy adolescents. *Brain Research*, 1269, 114-124.
- Van, M. (2012). *Movement in learning: Revitalizing the classroom*. Brattleboro, VT: SIT Graduate Institute.
- Van Praag, H. (2009). Exercise and the Brain: Something to chew on. *Trends in Neuroscience*, 32 (5), 283-290.
- Vitale, A. (2011). Children's play: A tool for public health interventions. *IJPO*, 6 (S2), 57-59.
- World Health Organization (2004). *Global strategy on diet, physical activity and health*. Geneva: WHO.
- Wrann, C. D., White, J. P., Salogiannis, J., Laznik-Bogoslavski, D., Wu, J., Ma, D., Lin, J. D., Greenberg, M. E., Spiegelman, B. M. (2013). Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1alpha/FNDC5 pathway. *Cell Metabolism*, 18, 649-659.
- Yoshii, A., Constantine-Paton, M. (2010). Postsynaptic BDNF-TrkB signaling in synapse maturation, plasticity, and disease. *Dev. Neurobiol.*, 70 (5), 304-322.