

# Cosa sono le funzioni esecutive: analisi, riscontri e legami nello sport

## What are the executive functions: analysis, findings and relationships in sport

Matteo Giuriato

Università degli Studi di Verona – matteo.giuriato@univr.it

Nicola Lovecchio

Università degli Studi di Bergamo – nicola.lovecchio@unibg.it

### ABSTRACT

Executive functions (EF) are a category of mental processes that make possible “a game within the mind and the ideas” using the time to think before the performance.

The core of FE is made up of three processes: i) inhibition, ii) working memory, and iii) cognitive flexibility. The goal of this little review was a discussion about the representative measures of each; address the disputes on them and the define the implications of their training and development for a social, emotional and physical health. EF can be trained and can be improved with practice/experience. The topic is addressed including actual methods and the available literature.

Le funzioni esecutive (FE) sono una categoria di processi mentali che rendono possibile giocare mentalmente con le idee riuscendo a prendersi il tempo di pensare prima di agire. Il nucleo delle FE è formato da tre processi: i) inibizione, ii) memoria di lavoro, e iii) flessibilità cognitiva. L'obiettivo di questo excursus è discutere le misure rappresentative di ciascuno; affrontare le controversie e le implicazioni che comporta il loro allenamento e sviluppo per una salute sociale, emotiva e fisica. Le FE sono addestrabili e possano essere migliorate con la pratica/esperienza. Viene affrontato l'argomento, attraverso una disamina dei metodi sperimentati finora analizzati in letteratura.

### KEYWORDS

Executive Function, Mental Flexibility, Smart Practice.

Funzioni Esecutive, Flessibilità Mentale, Intelligenza pratica.

## Introduzione<sup>1</sup>

Sarà capitato a tutti di notare ragazzi o adulti muoversi veloce e senza intoppi nella metropolitana, organizzare materiale o gestire gruppi con facilità come se nulla fosse complesso. Il nostro buon senso ci fa intuire che non può essere solo una questione di ore di studio o di istruzione questa “abilità” di non essere impulsivi, di gestione delle interazioni e di fare sempre la scelta corretta. Queste come altre “doti” sono ascrivibili ad altro, cioè ad un aspetto cognitivo, che può essere “coltivato e allenato” per creare o migliorare l’intelligenza alla vita pratica.

Queste riflessioni sono state oggetto di studio di ricercatori, i quali attraverso le neuroscienze sono arrivati alla conclusione, già popolarmente intuita, che tutto questo non è frutto del caso o della predeterminazione genetica: questo tipo di abilità hanno una sede cerebrale e possono essere individuate e quindi addestrate. Sono state classificate come Funzioni Esecutive.

Ma cosa sono? Le Funzioni Esecutive (FE) sono una categoria di processi mentali definitivi top-down, ovvero “flussi” che sono innescati non da idee o intenzioni ma da uno stimolo esterno (considerato quindi sopra il proprio volere) che richiede una “reazione” tale per cui l’adeguata risposta diviene un obiettivo per la persona. In tal senso raggiungere l’obiettivo (sia per organizzazione mentale sia come atto motorio, top-down) innesca una strategia, di tipo diretto, adatta a determinare l’obiettivo stesso.

Un esempio potrebbe essere la capacità di un soggetto di camminare celermente nel mezzo di un corridoio affollato di un centro commerciale evitando persone come se seguisse un percorso già tracciato o la gestione di un’automobile nel traffico cittadino controllando le interazioni con altri veicoli, semafori, pedoni e, allo stesso tempo, riconoscendo luoghi e seguendo un percorso non tracciato ma indicato da cartelli.

Si desume, quindi, che le FE sono necessarie per concentrarsi e prestare attenzione, perché agire in maniera solo automatica o basandosi su istinti e/o intuizioni poco meditate avrebbe spesso un carattere sconsiderato (Espy, 2004) per l’esito dell’azione dell’individuo. Ecco che la natura umana nel suo evolucionismo cerebrale (Stiles & Terry 2010) ha permesso analisi dell’ambiente (stimoli) e quindi la presa di decisioni consapevole, ponderata e finalizzata (atto volontario nell’ambiente); anche se appaiono agli occhi dei più come atti casuali o fortuiti.

Ecco che le FE, ritenute un atto mentale superiore di valutazione dell’ambiente, rendono i soggetti più attenti (meno distratti) e meno fallaci verso tentazioni o atti istintivi.

A questo proposito, la letteratura è concorde nell’affermare che esiste un nucleo primario di FE (Figura 1, Miyake et al., 2000):

1. Inibizione
2. Memoria di Lavoro
3. Flessibilità cognitiva

1 Attribuzioni autori: MG: ha realizzato il paragrafo 1 e 2. NL: ha realizzato l’introduzione e il paragrafo 3. Le conclusioni sono opera di un lavoro congiunto.



Figura 1: Nucleo primario delle Funzioni Esecutive

## 1. Funzioni Esecutive e Sottodivisioni

Per una miglior comprensione ed attinenza alla realtà (real practice) di come gli aspetti cognitivi possano essere declinati in maniera tangibile alla vita di tutti i giorni attraverso le azioni dell'uomo, di seguito vengono meglio spiegate le esternalizzazioni (outcomes) di queste funzioni.

### 1.1 Inibizione o controllo inibitorio

Consiste nell'essere in grado di inibire (non considerare) degli stimoli esterni distraenti. Si può declinare con l'*inibizione della risposta* (comprendente anche l'auto controllo o self-control) e il *controllo dell'interferenza* intesa come la capacità di prestare *attenzione* in modo *selettivo* in modo da associare un volontario arresto di risposte istintive (*inibizione cognitiva*).

Il Controllo Inibitorio (IC, Figura 2) comporta l'essere in grado di controllare ambiente, pensieri e/o emozioni ignorando stimoli esterni o interni per fare quello che è più appropriato o adeguato alla situazione. Senza IC saremmo schiavi degli impulsi mentre ci rende possibile cambiare o scegliere come reagire. Selezionare il modo in cui reagiamo e come ci comportiamo piuttosto che essere inconsapevoli schiavi dell'abitudine è esito del IC. Solitamente, il nostro comportamento è sotto il controllo degli stimoli ambientali molto più di quanto normalmente ci possiamo rendere conto, ma avere la capacità di esercitare un IC crea la possibilità di cambiamento e scelta.

#### 1.1.1 Self-Control e inibizione della risposta

Un aspetto del IC è il self-control cioè l'aspetto che implica il controllo del proprio agire e il controllo delle proprie emozioni al servizio del proprio comportamento. L'autocontrollo è resistere alle tentazioni e non agire impulsivamente. Rispettare le regole e le norme sociali (es. rispettare la fila) sono un esempio. Un altro aspetto del self-control è avere la disciplina di rimanere nel compito nonostante le distrazioni per completarlo e godere poi del tempo libero. Senza la capacità e la disciplina di completare ciò che è stato iniziato rimandando la gratificazione, non si

potrebbe completare un obiettivo a lungo termine come scrivere una tesi o correre una maratona. Infine, il IC è fondamentale per non saltare a conclusioni affrettate ed evitare errori di impulsività che sono, appunto, errori basati sul non essere in grado di aspettare. Se qualcuno può essere aiutato ad aspettare; tali errori possono essere evitati. Nelle attività di laboratorio, i bambini piccoli spesso si affrettano a rispondere e quindi commettono errori dando la risposta prepotente ma non quella corretta.

Aiutare i bambini piccoli ad aspettare migliora le loro prestazioni. Ciò è stato dimostrato usando una varietà di compiti di controllo inibitorio come go / no-go (Jones, Rothbart, & Posner, 2003), teoria della mente (Heberle, Clune, & Kelly, 1999) e day-night (Diamond, 2002). A questo riguardo, il nucleo subtalamico sembra svolgere un ruolo critico nella prevenzione di una risposta così impulsiva o prematura (Frank, 2006).

### 1.1.2 Controllo dell'interferenza

Come specificato precedentemente si esplicita in due processi che possiamo didatticamente suddividere in attenzione selettiva e inibizione della risposta.

#### 1.1.2.1 Attenzione selettiva

Il controllo dell'interferenza a livello d'attenzione ci consente di partecipare selettivamente; cioè concentrarci su ciò che scegliamo sopprimendo l'attenzione su altri stimoli. Possiamo anche scegliere volontariamente di ignorare (da cui inibire l'attenzione) particolari stimoli e occuparci degli altri in base al nostro obiettivo. Oltre a essere chiamato attenzione selettiva o focalizzata, questo è stato definito controllo dell'attenzione o inibizione dell'attenzione (Posner & DiGirolamo, 1998).

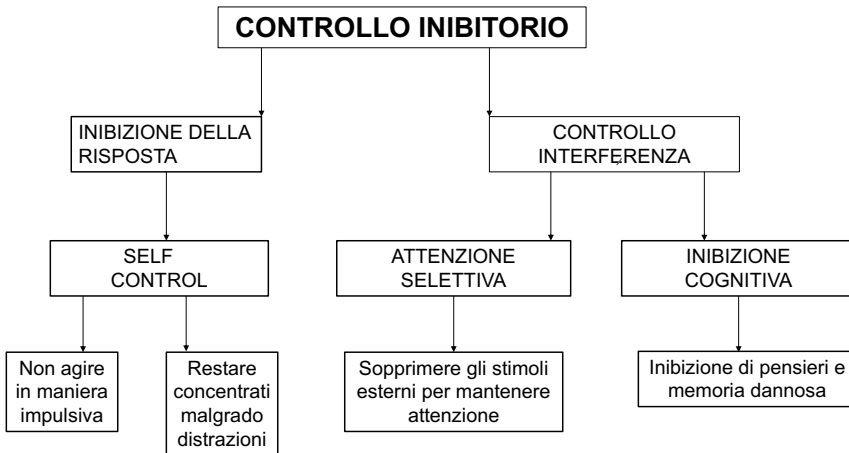
#### 1.1.2.2 Inibizione cognitiva

Un altro aspetto del IC è la soppressione delle rappresentazioni mentali aggressive (inibizione cognitiva). Ciò implica resistere a pensieri o ricordi estranei o indesiderati (Anderson & Levy 2009), resistere alle interferenze proattive dalle informazioni acquisite in precedenza (Postle, Brush, & Nick, 2004) e resistere alle interferenze retroattive da elementi presentati in seguito. L'inibizione cognitiva è di solito al servizio della memoria di lavoro.

### 1.1.3 Approfondimenti

La ricerca indica l'esistenza di diversi tipi di controllo inibitorio (Friedman & Miyake, 2004), anche se sembrerebbero condividere le stesse basi di un circuito neuronale (Cohen et al., 2012). Ad esempio, le analisi fattoriali hanno scoperto che l'inibizione dell'attenzione (resistere all'interferenza di un distrattore) e l'inibizione dell'azione (inibizione di una risposta prepotente) sono fortemente correlate e ricadono su un singolo fattore (Friedman & Miyake, 2004). Si rileva costantemente, che di fronte alla richiesta di esercitare un tipo di autocontrollo

(ad esempio, resistenti ai dolci), e subito dopo un secondo tipo di autocontrollo in un dominio diverso (ad esempio, un compito stop-signal task) i soggetti erano più in difficoltà nel secondo compito come se prima avessero svolto un compito diverso che non richiedeva autocontrollo (Muraven & Baumeister, 2010).



**Figura 2. Controllo Inibitorio e sue componenti**

## 1.2 Memoria di lavoro

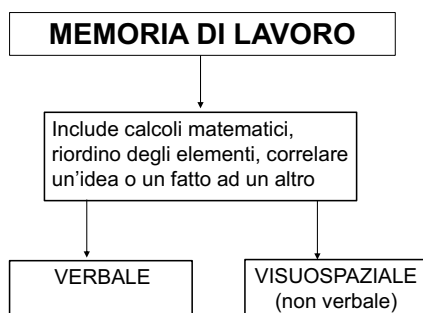
Detta in termini internazionali Working Memory (WM), consiste nella capacità di mantenere informazioni e lavorarci mentalmente (Baddeley & Hitch, 1994): include la capacità di svolgere compiti matematici e riordinare degli elementi correlati ad un'idea.

È fondamentale per dare un senso a tutto ciò che si svolge nel tempo, perché permette di tenere presente ciò che è accaduto prima e di collegarlo a ciò che verrà dopo. Ad esempio, dare un senso alla lingua scritta o parlata, oppure svolgere delle operazioni matematiche, così come riordinare mentalmente gli elementi (per esempio riorganizzare un elenco di cose da fare), tradurre le istruzioni in piani d'azione, incorporare nuove informazioni nel pensiero (aggiornamento), considerare le alternative o vedere le relazioni tra gli elementi e le idee. Insomma, il ragionamento è impossibile senza la WM. È fondamentale per la nostra capacità di vedere le connessioni tra cose apparentemente non correlate e per separare gli elementi da un tutto integrato, quindi per la creatività. Infatti, la creatività comporta lo smontaggio e la ricombinazione di elementi in nuovi modi. Inoltre, ci consente anche di portare conoscenze concettuali, e input percettivi da sostenere attraverso le nostre decisioni e di considerare le nostre esperienze passate e speranze future per fare piani e prendere decisioni

Esistono due tipologie WM (Figura 3):

1. Verbale,
1. Visuo-spaziale (non verbale).

La WM si distingue dalla memoria a breve termine, la quale consiste nel mantenere solo le informazioni in mente e infatti sono collegate da due sistemi neurali diversi. La WM dipende sempre dalla corteccia dorsolaterale prefrontale.

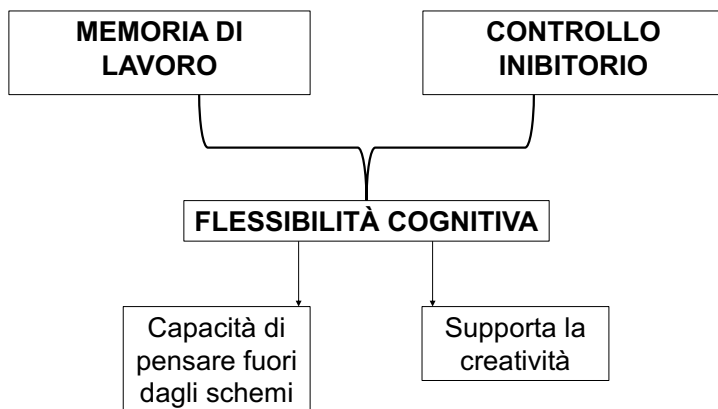


**Figura 3. Memoria di Lavoro (o Working Memory) e sue componenti**

### 1.3 Flessibilità cognitiva

Concetto molto vicino a quello che popolarmente si definisce come creatività/originalità/improvvisazione e consiste nella capacità di pensare fuori dagli schemi. La flessibilità cognitiva è facilitata da fluenti e buoni processi della WM e dell'IC (Garon, Bryson, & Smith, 2008). Infatti, queste due FE sono fondamentali per resistere agli stimoli ed avere la capacità di ricordare cosa è importante e cosa no, lasciando "spazio" appunto alla capacità di essere flessibili cognitivamente (CF).

La CF si sviluppa più tardi delle altre due e può essere vista anche come la possibilità di cambiare le prospettive in senso ampio (ad es. "Come sarebbe se lo vedessi da una direzione diversa?") o inter-personale (ad es. "Fammi vedere se riesco a vedere questo dal tuo punto di vista"). Per cambiare prospettiva, dobbiamo inibire (o disattivare) la nostra prospettiva precedente e caricare (o attivare) attraverso la WM una prospettiva diversa. È in questo senso che la CF richiede e si basa sul controllo inibitorio e sulla WM. Un altro aspetto della CF consiste nel cambiare il modo in cui pensiamo a qualcosa ("pensare fuori dagli schemi"). Ad esempio, se un modo di risolvere un problema non funziona possiamo/dobbiamo escogitarne uno nuovo o cercare di concepire quello che non era stato preso in considerazione prima. La CF implica anche essere abbastanza flessibile da adattarsi alle mutate esigenze o priorità, ammettere di aver sbagliato e saper sfruttare opportunità improvvise e inaspettate. Anche nell'ambito dell'insegnamento dovrebbe essere usata quando uno studente non sta afferrando un concetto. Se ci si ferma solo al biasimo ("Se solo l'alunno fosse più brillante, avrebbe capito ciò che sto cercando di insegnare") saremmo nell'errore. Potremmo, invece, essere flessibili e considerare una prospettiva diversa: "Cosa potrei fare io, insegnante, in modo diverso? Come posso presentare il materiale in modo diverso o formulare la domanda in modo che questo alunno possa capire ed avere successo?" C'è molta sovrapposizione tra CF (task-switching) e creatività (set-shifting). In generale, la CF è l'opposto della rigidità.



**Figura 4. Flessibilità Cognitiva e sue componenti**

#### 1.4 Relazione tra Memoria di Lavoro e Inibizione

Generalmente queste due FE hanno bisogno un dell'altra e coesistono. WM e CI si supportano a vicenda, e raramente ne entra in gioco solo una alla volta. Di seguito scopriamo il loro rapporto e perché è fondamentale il loro connubio.

##### 1.4.1 WM supporta IC

Partiamo da un esempio: tenere in testa gli obiettivi, sapere cosa è rilevante e cosa no, oppure cos'è appropriato e quindi cosa va inibito. Concentrandosi particolarmente sulle informazioni che sono in mente si aumenta la probabilità che tali informazioni guidino il comportamento e diminuiscano la probabilità di un errore di tipo inibitorio (emettere erroneamente la risposta predefinita o normalmente prepotente, quando avrebbe dovuto essere inibita). Usare segnali visivi per aiutare i bambini a ricordare ciò che gli è stato appena detto può migliorare notevolmente le loro prestazioni di controllo inibitorio.

##### 1.4.2 IC supporta WM

È necessaria per collegare molte idee o fatti insieme. Infatti, si è obbligati ad avere l'abilità di rimanere concentrati solo su un pensiero, e ricombinare idee e fatti in una nuova forma creativa, ed essere abili a resistere alle ripetizioni ed ai vecchi schemi di pensiero (abitudini) se si vuole concludere un compito. Per farlo devi mantenere il focus ed inibire distrazioni interne ed esterne. Se non ce la fai, la tua mente potrebbe vagare. Diversi studi hanno analizzato questo "vagare mentale", ed in particolare la meditazione è riportata come attività che può ridurlo, disciplinando la mente nell'arte di rimanere concentrati (Zeidan, Johnson, Diamond, David & Goolkasian, 2010). Il controllo inibitorio può anche aiutare la WM aiutando a evitare che il nostro spazio di lavoro mentale diventi troppo disordinato sopprimendo i pensieri estranei (cioè, eliminando informazioni irrilevanti), resistendo alle interferenze, cancellando informazioni non più rilevanti da quello spazio di lavoro a capacità limitata (Zacks & Hasher, 2006).

## 1.5 Memoria di Lavoro e Attenzione Selettiva e Focalizzata

WM e attenzione selettiva e focalizzata sembrano essere simili in molti modi, inclusa la base neuronale. Il sistema prefrontale parietale supporta la WM permettendo di rimanere selettivamente focalizzati sulle informazioni tenute a mente e si sovrappone sostanzialmente con il sistema parietale prefrontale che aiuta ad utilizzare selettivamente gli stimoli nell'ambiente e inibendo gli stimoli irrilevanti (Nobre & Stokes, 2011). Le simulazioni hanno dimostrato che i miglioramenti dello sviluppo nella WM possono supportare i miglioramenti dello sviluppo dell'attenzione selettiva (Stedron, Sahni, & Munakata, 2005).

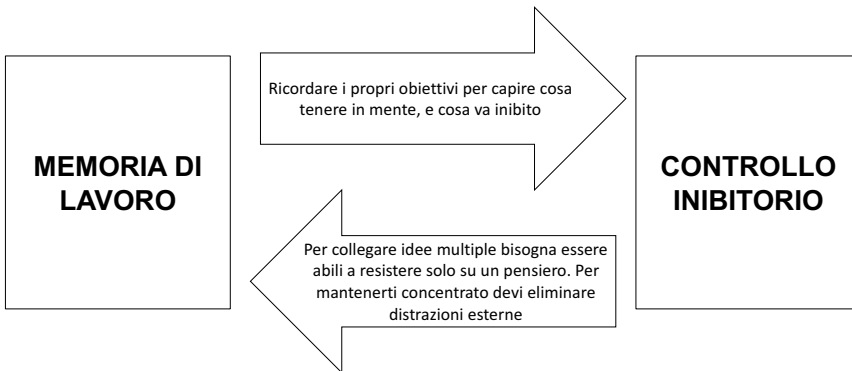


Figura 5. Rapporto tra Memoria di Lavoro e Controllo Inibitorio

## 2. Funzioni Esecutive di Ordine Superiore

L'interazione delle tre FE, enucleate separatamente solo per scopi didattici, definisce un'ulteriore categoria di funzioni di ordine superiore (Lunt et al., 2012):

- Ragionamento
- Problem Solving
- Pianificazione



Figura 6. Rappresentazione del nucleo delle FE e di quelle di ordine superiore

In questo contesto le due sub-componenti del ragionamento e del problem solving vengono riassunte sotto l'espressione di intelligenza fluida (Figura 6).

L'intelligenza fluida è la capacità di ragionare, risolvere i problemi e vedere schemi o relazioni tra gli oggetti (Ferrer, Shaywitz, Holahan, Marchione, Shaywitz, 2009). Include ragionamento logico sia induttivo che deduttivo. Implica la capacità di capire le relazioni astratte alla base delle analogie. Non sorprende quindi che le misure di intelligenza fluida (Raven, 2000) siano fortemente correlate con misure indipendenti di FE (Duncan, Parr, Woolgar, Thompson, Bright, 2008).

### 3. Stimolare le Funzioni Esecutive

Se durante la vita di tutti i giorni si è stressati, tristi, soli o non in forma la corteccia prefrontale è la prima zona che ne soffre in modo sproporzionato, (Baumeister, Twenge, & Nuss, 2002) con una caduta nell'efficienza delle FE.

Infatti, a livello fisiologico e neuroanatomico si possono vedere gli effetti deleteri dello stress, tristezza, solitudine e mancanza di salute fisica nella corteccia prefrontale e a livello comportamentale attraverso un impoverimento delle FE: peggioramento di ragionamento e risoluzione dei problemi, dimenticanze continue e capacità compromessa di esercitare disciplina e autocontrollo.

Alla luce di tutto questo, se vogliamo che studenti, lavoratori o dirigenti aziendali abbiano maggiore attenzione e concentrazione, e siano in grado di ragionare meglio e di risolvere i problemi, non possiamo ignorare gli stress della loro vita. Non a caso un ambiente di lavoro positivo è un ambiente più produttivo. Coinvolgere gli studenti diventa, quindi, fondamentale per donare loro maggiore vitalità per migliorare le loro esibizioni in quanto appartenenti ad una comunità di supporto su cui possono contare. Allo stesso modo, se saranno fisicamente allenati o comunque attivi dimostreranno FE migliori. Una scuola o una società che ignora le esigenze emotive, sociali o fisiche degli studenti o dei dipendenti è probabile che scopra che tali bisogni insoddisfatti funzioneranno contro il raggiungimento degli obiettivi di prestazione (Diamond, 2013); una sorta di boomerang in cui tristezza e frustrazione contribuiranno ad un ambiente meno produttivo.

L'importanza di avere FE fortemente sviluppate non si ferma all'infanzia quindi, ma diventa importante anche in età adulta per il successo personale, per ottenere un lavoro, per avanzare di carriera (Bailey, 2007), crearsi amicizie (Hughes & Dunn, 1998), armonizzare i rapporti familiari (Eakin et al., 2004), controllare il peso (Crescioni et al., 2011), evitare "guai" e resistere all'uso di sostanze stupefacenti (Moffitt et al., 2011).

Le conclusioni che ne emergono dai diversi studi in letteratura per quanto riguarda l'allenamento delle FE, sono qui di seguito riassunte (Diamond & Ling, 2015):

- Il miglioramento delle FE appare trasferibile ma con effetti limitati (Au et al., 2015)
- L'aumento delle FE sembra dipendere dal tempo speso per allenarle e il tempo minimo di stimolazione è di 20 minuti (Davis et al., 2011)
- L'aumento delle FE sembra dipendere dal modo in cui è presentata e condotta (in modo positivo e chiaro; Diamond, 2007)
- Le FE hanno bisogno di sfide continue con incremento continuo dal punto di vista cognitivo (variabilità della pratica). Molta pratica non è solo ciò che serve, ma spingere continuamente oltre la propria zona di comfort e l'attuale livello di competenza (Kramer & Erickson, 2007)

- I benefici dell'allenamento delle FE possono durare per mesi o addirittura anni, ma quasi sempre diminuiscono con il passare del tempo dopo aver smesso la pratica di queste (Ball et al., 2002)
- L'esercizio aerobico o l'allenamento di forza, senza una componente di impegno cognitivo, produce un beneficio nelle FE scarso o nullo (Diamond & Ling, 2015).

### 3.1 Programmi per miglioramento in fase evolutiva

#### 3.1.1 Allenamento computerizzato

Un approccio è l'allenamento della memoria di lavoro attraverso software che utilizzano giochi per computer che aumentano progressivamente le esigenze attraverso l'uso della memoria di lavoro. I giovani migliorano perché i giochi che praticano si trasferiscono ad altri compiti di memoria di lavoro (Thorell et al., 2009; Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009)

#### 3.1.2 Allenamento aerobico, sport

L'esercizio aerobico migliora notevolmente la funzione della corteccia prefrontale e quindi delle FE (Chaddock, Pontifex, Hillman, & Kramer, 2011). L'allenamento con base aerobica (con esercizi che diventano più impegnativi nel tempo) ha migliorato la flessibilità cognitiva e la creatività in bambini di 8-12 anni, e significativamente di più della normale educazione fisica. Tuttavia, i benefici dose-risposta dell'esercizio aerobico sono stati riscontrati per l'attività con FE più difficili, con maggiore intensità e basate sul gioco (Davis et al., 2011). A supporto di questo, attività basate su enjoyment, ad alta intensità e con variabilità della pratica si sono dimostrate efficaci nello sviluppo delle FE (Davis et al., 2011). Studi di attività fisica e allenamento musicale (Budde, Voelcker-Rehage, Pietrabyk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008) indicano che l'esercizio che stimola la coordinazione bimanuale può migliorare le FE. Finora l'evidenza non mostra benefici FE dal solo allenamento di forza (Coe, Pivarnik, Womack, Reeves, & Malina, 2006). Infine, lo sport di situazione potrebbe favorire le FE più del solo esercizio aerobico, poiché "stressa" le FE (che richiedono attenzione prolungata, memoria di lavoro e azione disciplinata) e porta gioia, orgoglio e legame sociale: è noto che la tristezza, lo stress e la solitudine compromettono le FE.

#### 3.1.3 Arti marziali tradizionali e meditazione

Le arti marziali tradizionali enfatizzano l'autocontrollo, la disciplina (controllo inhibitorio) e lo sviluppo della persona. È stato scoperto che i bambini che seguono un allenamento tradizionale di Taekwondo durante le ore di Educazione Fisica mostrano maggiori miglioramenti su flessibilità cognitiva, controllo motorio, memoria di lavoro rispetto a semplici lezioni curriculari (Lakes & Hoyt, 2004). Inoltre, anche la pratica della meditazione (Flook et al., 2010), in questo caso composta dalle tre parti di meditazione seduta, attività per promuovere la consapevolezza sensoriale e la regolazione dell'attenzione o la consapevolezza degli altri/ambiente con scansione del corpo, implica un miglioramento delle FE. Infine, anche lo yoga sembra possa dare dei miglioramenti (Luu & Hall, 2016).

### 3.1.4 Attività scolastica

Tools of the Mind (Tools) è un protocollo per la scuola dell'infanzia sviluppato da Bodrova e Leong (2007) che sottolinea l'importanza del gioco di finzione sociale per lo sviluppo iniziale delle FE. Durante il gioco di finzione, i bambini devono inibire la recitazione fuori dal personaggio, ricordare il proprio ruolo e quello degli altri e adattarsi in modo flessibile mentre i loro amici improvvisano. Tale gioco esercita le tre FE fondamentali.

Nel contesto della scuola montessoriana, invece, non si menzionano le FE ma ciò che i montessoriani intendono per "normalizzazione" include avere un buon livello di stimolo delle FE (Denervaud, Knebel, Hagmann, & Gentaz, 2019). La normalizzazione è un passaggio dal disordine, dall'impulsività e dalla disattenzione all'autodisciplina, all'indipendenza, all'ordine e alla tranquillità.

Un protocollo americano, invece, chiamato PATHS (Promoting Alternative Thinking Strategies; Kusché & Greenberg, 1994); promuove strategie di pensiero alternative e forma gli insegnanti a costruire le competenze dei bambini nell'autocontrollo, nel riconoscere e gestire i sentimenti e nella risoluzione dei problemi interpersonali. Infatti, i bambini piccoli sperimentano e reagiscono alle emozioni prima di poterle verbalizzare e spesso reagiscono impulsivamente senza controllo dall'alto verso il basso. In tal modo viene enfatizzato l'allenamento nella verbalizzazione dei propri sentimenti e nella pratica di strategie di autocontrollo cosciente (ad esempio, aspettare prima di agire e parlare di sé).

Sempre, d'oltre oceano, il Chicago School Readiness Project (CSRP), ha fornito agli insegnanti una vasta formazione sulla gestione del comportamento e suggerimenti per ridurre lo stress (McCoy, Gonzalez, & Jones, 2019). Le strategie insegnate prevedevano di implementare regole e routine più chiare, premiare il comportamento positivo e reindirizzare il comportamento negativo. Il CSRP non ha intenzionalmente addestrato gli insegnanti nell'istruzione accademica, né fornito curricula su materie accademiche ma semplicemente sottolineato lo sviluppo di strategie verbalmente qualificate per la regolazione delle emozioni.

## Conclusioni

In sintesi, le FE possono migliorare ad ogni età, dai bambini agli anziani attraverso approcci diversi, anche se non sappiamo quanto possano essere migliorate, o quanto tempo durano i benefici e cosa determina in maniera precisa questi miglioramenti. L'attività fisica senza sfida cognitiva, che porta poca gioia e manca di qualsiasi componente sociale, non sembra migliorarle; probabilmente perché manca di una componente chiave: l'analisi ambientale.

Dalla letteratura odierna, sono emersi diversi principi generali, come ad esempio che esiste il transfer ma è stretto. Stress, tristezza, solitudine e cattiva salute fisica (ad es. sonno insufficiente) compromettono le FE (in effetti i loro effetti dannosi sono evidenti anche a livello fisiologico e neuroanatomico nella corteccia prefrontale) mentre allenare le FE deve prevedere anche la soddisfazione di bisogni fisici, emotivi e sociali. Ogni aspetto di noi stessi influenza, ed è influenzato da altri aspetti. Le diverse parti dell'essere umano sono fondamentalmente correlate. Inoltre, si può ipotizzare che i vantaggi chiave per le FE che continuano a durare sono gli obiettivi sfidanti cognitivamente, oltre che una buona salute emotiva, sociale e fisica. Insomma, lo sviluppo delle FE passa, anche se in maniera semplicistica attraverso l'essere felici e non stressati. Infatti, lo stress, la solitudine e il

non essere fisicamente in forma compromettono la funzione della corteccia prefrontale. I migliori approcci per migliorare le FE e i risultati scolastici potrebbero essere quelli che coinvolgono gli interessi degli studenti, portando loro gioia e orgoglio, affrontando gli stress nella vita degli studenti, tentando di risolvere le cause esterne e rafforzano le risposte più calme, favorire il senso di appartenenza e l'accettazione sociale, oltre a offrire agli studenti l'opportunità di praticare ripetutamente FE a livelli progressivamente più avanzati. Il modo più efficace per migliorare le FE e il rendimento scolastico non è probabilmente quello di concentrarsi strettamente e solamente su quello, ma anche affrontare lo sviluppo emotivo e sociale dei bambini e dei ragazzi e il loro sviluppo fisico (aerobica, arti marziali e yoga).

### Riferimenti bibliografici

- Anderson, M.C., & Levy, B. (2009). Suppressing unwanted memories. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 18, 189–94.
- Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G.J., Buschkuhl, M., & Jaeggi, S.M., (2015). Improving fluid intelligence with training on working memory: ameta-analysis. *Psychon. Bull. Rev.* 22, 366–377.
- Baddeley, A.D., & Hitch, G.J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8, 485–93.
- Bailey, C.E., (2007). Cognitive accuracy and intelligent executive function in the brain and in business. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1118, 122–141.
- Ball, K., Berch, D.B., Helmers, K.F., Jobe, J.B., Leveck, M.D., Marsiske, M., & Willis, S.L., (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial. *J. Am. Med. Assoc.* 288, 2271–2281.
- Baumeister, R.F., Twenge, J.M., & Nuss, C.K., (2002). Effects of social exclusion on cognitive processes: anticipated aloneness reduces intelligent thought. *J. Pers.Soc. Psychol.* 83, 817–827.
- Bodrova, E., & Leong, D.J. (2007). *Tools of the Mind: The Vygotskian approach to early childhood education*. ed. 2. New York: Merrill/Prentice Hall.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietrabyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neurosci Lett.* 441(2), 219–223.
- 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. *J Int Neuropsychol Soc.* 17(6), 975–985.
- Coe, D.P., Pivarnik, J.M., Womack, C.J., Reeves, M.J., & Malina, R.M. (2006). Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Med Sci Sports Exerc.* 38(8), 1515–1519.
- Cohen, J.R., Berkman, E.T., & Lieberman, M.D. (2012). *Ventrolateral PFC as a self-control muscle and how to use it without trying*. Oxford Handb. Frontal Lobe Funct.
- Crescioni, A.W., Ehrlinger, J., Alquist, J.L., Conlon, K.E., Baumeister, R.F., Schatschneider, C., & Dutton, G.R., (2011). High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss. *J. Health Psychol.* 16, 750-759.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., Allison, J. D., & Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 30(1), 91–98.
- Denervaud, S., Knebel, J. F., Hagmann, P., & Gentaz, E. (2019). Beyond executive functions, creativity skills benefit academic outcomes: Insights from Montessori education. *PLoS one*, 14(11), e0225319.
- Diamond, A., & Ling, D.S. (2016) Conclusions about interventions, programs, and approa-

- ches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Dev Cogn Neurosci.* 18, 34–48.
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In Stuss, D.T.; Knight, R.T. (eds.), *Principles of Frontal Lobe Function* (pp. 466–503). London: Oxford Univ. Press.
- Diamond, A., (2007). Interrelated and independent. *Dev. Sci.* 10, 152–158, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00578.x>.
- Diamond, A., (2013). Executive functions. *Ann. Rev. Psychol.* 64, 135–168, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>.
- Duncan, J., Parr, A., Woolgar, A., Thompson, R., Bright, P., Cox, S., Bishop, S., & Nimmo-Smith, I. (2008). Goal neglect and Spearman's g: competing parts of a complex task. *Journal of experimental psychology. General*, 137(1), 131–148. <https://doi.org/10.1037/0096-3445-137.1.131>
- Eakin, L., Minde, K., Hechtman, L., Ochs, E., Krane, E., Bouffard, R., & Looper, K., (2004). The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *J. Atten. Disord.* 8, 1–10, <http://dx.doi.org/10.1177/108705470400800101>.
- Engle, R.W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 11, 19–23.
- Espy, K.A. (2004). Using developmental, cognitive, and neuroscience approaches to understand executive control in young children. *Dev. Neuropsychol.* 26, 379–84. [PubMed: 15276900].
- Fan, J., Flombaum, J.I., McCandliss, B.D., Thomas, K.M., & Posner, M.I. (2002). Cognitive and brain consequences of conflict. *Neuroimage.* 18, 42–57.
- Ferrer, E., Shaywitz, B.A., Holahan, J.M., Marchione, K.E., & Shaywitz, S.E. (2009). Uncoupling of reading and IQ over time: empirical evidence for a definition of dyslexia. *Psychol. Sci.* 21, 93–101.
- Flook, L., Smalley, S.L., Kitil, M.J., Galla, B.M., Kaiser-Greenland, S., Locke, J., Ishijima, E., & Kasari, C. (2010). Effects of Mindful Awareness Practices on Executive Functions in Elementary School Children. *Journal of Applied School Psychology*, 26, 1, 7095.
- Frank, M.J. (2006). Hold your horses: a dynamic computational role for the subthalamic nucleus in decision making. *Neural Netw.* 19, 1120–36.
- Friedman, N.P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent variable analysis. *J. Exp. Psychol.* 133, 101–35.
- Garon, N., Bryson, S.E., & Smith, I.M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychol. Bull.* 134, 31–60.
- Goldsmith, H.H. (1996). Studying temperament via construction of the Toddler Behavior Assessment Questionnaire. *Child Dev.* 67, 218–35.
- Heberle, J., Clune, M., & Kelly, K. (1999). *Development of young children's understanding of the appearance-reality distinction*. Meet. Soc. Res. Child Dev. Albuquerque, NM
- Holmes, J., Gathercole, S.E., & Dunning, D.L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Dev Sci.* 12(4), F9–F15.
- Hughes, C., & Dunn, J., (1998). Understanding mind and emotion: longitudinal associations with mental-state talk between young friends. *Dev. Psychol.* 34, 1026–1037
- Jones, L.B., Rothbart, M.K., & Posner, M.I. (2003). Development of executive attention in preschool children. *Dev. Sci.* 6, 498–504.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrom, K., & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD—a randomized, controlled trial. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 44, 177–186.
- Kramer, A.F., & Erickson, K.I., (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends Cogn. Sci.s* 11, 342–348.
- Kusché, C.A., & Greenberg, M.T. (1994). *The PATHS Curriculum*. Seattle: Developmental Research and Programs.
- Lakes, K.D. & Hoyt, W.T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Applied Developmental Psychology*, 25, 283–302. doi:10.1016/j.appdev.2004.04.002
- Liew, J. (201). Effortful control, executive functions, and education: bringing self-regulatory and social emotional competencies to the table. *Child Dev. Perspect.* 6, 105–11.

- Lunt, L., Bramham, J., Morris, R. G., Bullock, P. R., Selway, R. P., Xenitidis, K., & David, A. S. (2012). Prefrontal cortex dysfunction and 'Jumping to Conclusions': bias or deficit?. *Journal of neuropsychology*, 6(1), 65–78.
- Luu, K., & Hall, P.A. (2016). Hatha Yoga and Executive Function: A Systematic Review. *J Altern Complement Med*. 22(2), 125–133. doi:10.1089/acm.2014.0091
- McCoy, D.C., Gonzalez, K., Jones, S. & (2019) Preschool Self-Regulation and Preacademic Skills as Mediators of the Long-Term Impacts of an Early Intervention. *Child Dev*. 90(5), 1544–1558.
- 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. *Cogn. Psychol.* 41, 49–100.
- Moffitt, T.E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R.J., Harrington, H., & Caspi, A., (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 108, 2693–2698,
- Muraven, M., & Baumeister, R.F. (2000). Self-regulation and depletion of limited resources: Does self-control resemble a muscle? *Psychol. Bull.* 126, 247–59.
- Nobre, A.C., & Stokes, M.G. (2011). Attention and short-term memory: crossroads. *Neuropsychologia*. 49, 1391–92.
- Posner, M.I., & DiGirolamo, G.J. (1998). Executive attention: conflict, target detection, and cognitive control. In Parasuraman, R. (ed.), *The Attentive Brain* (pp. 401-23). MIT Press; Cambridge, MA.
- Postle, B.R., Brush, L.N., & Nick, A.M. (2004). Prefrontal cortex and the mediation of proactive interference in working memory. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 4, 600–8.
- Raven, J. (2000). The Raven's Progressive Matrices: change and stability over culture and time. *Cogn. Psychol.* 41, 1–48.
- Rothbart, M.K., & Bates, J.E. (2006). Temperament. In Damon, W.; Eisenberg, N. (ed.), *Handbook of Child Psychology. Vol. Vol. 3: Social Emotional and Personality Development* (pp. 105-76). Wiley; New York.
- Stedron, J.M., Sahni, S.D., & Munakata, Y. (2005). Common mechanisms for working memory and attention: the case of perseveration with visible solutions. *J. Cogn. Neurosci.* 17, 623–31.
- Joan Stiles, J. & Jernigan, T.L. (2010). The Basics of Brain Development. *Neuropsychol Rev*. 20, 327–348.
- Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Dev Sci*. 12(1), 106–113.
- Tuckman, B.W., & Hinkle, J.S. (1986) An experimental study of the physical and psychological effects of aerobic exercise on schoolchildren. *Health Psychol.* 5(3), 197–207.
- Zacks, R.T., & Hasher, L. (2006). Aging and long-term memory: Deficits are not inevitable. In Bialystock, E., Craik, FIM. (eds.), *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change* (pp. 162-77). Oxford Univ. Press; New York.
- Zeidan, F., Johnson, S.K., Diamond, B.J., David, Z., & Goolkasian, P. (2010). Mindfulness meditation improves cognition: evidence of brief mental training. *Conscious. Cogn.* 19, 597–605.