



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea in Scienze Motorie

INTERAZIONE SOCIALE O IMPREVEDIBILITA'
AMBIENTALE?
UNO STUDIO OSSERVAZIONALE
SU CONTROLLO INIBITORIO E
TEMPO DI REAZIONE IN GIOVANI ATLETI

Relatrice:

Prof.ssa Erica Gobbi

Laureanda:

Sara Pieretto

Matricola: 2116499

*Alla mia famiglia,
colonna portante della mia vita.
Il vostro amore è il raggio di sole che illumina ogni mio successo.*

INDICE

ABSTRACT.....	2
1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 Attività fisica e sviluppo cognitivo nei giovani	3
1.2 Le funzioni esecutive	4
1.3 Il tempo di reazione.....	5
1.4 Funzioni esecutive, tempo di reazione e sport	7
1.5 Obiettivi della ricerca.....	8
2. MATERIALI E METODI	10
2.1 Partecipanti.....	10
2.2 Strumenti di valutazione e procedura.....	11
2.3 Analisi statistica	14
3. RISULTATI.....	15
4. DISCUSSIONE.....	24
4.1 Verifica dei risultati ottenuti dai tre gruppi sportivi	24
4.2 Correlazioni tra variabili	26
4.3 Validità convergente dei test con Palla Orbita	27
4.4 Limiti dello studio.....	27
5. CONCLUSIONE.....	29
BIBLIOGRAFIA.....	31

ABSTRACT

Il confronto tra sport di squadra e individuali nello sviluppo delle funzioni esecutive nei giovani atleti (18-25 anni) è fondamentale per comprendere l'impatto dell'attività motoria sullo sviluppo cognitivo: sebbene la letteratura indichi prestazioni superiori nelle funzioni esecutive sia per gli atleti di sport di squadra sia per quelli di discipline open-skill, rimane da chiarire se tale beneficio derivi principalmente dall'interazione sociale o dall'imprevedibilità del contesto ambientale.

Lo scopo della ricerca è analizzare le differenze nel controllo inibitorio e nel tempo di reazione tra giovani atleti praticanti sport di squadra (pallavolo, calcio), sport individuali closed-skill (ginnastica artistica, atletica, nuoto) e sport individuali open-skill (tennis, kick boxing).

Lo studio osservazionale prevede il coinvolgimento di un campione di 15/30 atleti (tra maschi e femmine) per ciascuna delle sei discipline sportive indicate. In un'unica giornata e prima dell'inizio della sessione di allenamento, ai partecipanti sono stati somministrati in successione: un questionario anonimo contenente domande di tipo sociodemografico e il questionario BRIEF-A che misura il controllo e l'impulsività nella vita quotidiana, il Test di Stroop (per l'attenzione selettiva e la capacità di inibizione), il Ruler-drop test (per il tempo di reazione semplice) e un test di controllo inibitorio e tempo di reazione tramite l'utilizzo della palla Orbita.

Le ipotesi formulate per questo studio, in linea con la letteratura, sono che gli atleti di sport di squadra mostrino tempi di reazione più rapidi ed un migliore controllo inibitorio rispetto ai praticanti di sport individuali (sia open che closed-skill), dovuti alla presenza di costanti richieste di interazione e di risposta agli stimoli ambientali e socio-relazionali. Inoltre, si suppone che i praticanti di discipline caratterizzate da un ambiente variabile ed imprevedibile (open-skill, sia di squadra che individuali) manifestino uno sviluppo maggiore delle funzioni esecutive rispetto agli atleti di sport closed-skill.

1. INTRODUZIONE

1.1 Attività fisica e sviluppo cognitivo nei giovani

Negli ultimi anni, il legame tra pratica di attività fisica (AF) e sviluppo delle capacità cognitive in età giovanile è diventato uno dei temi di maggior interesse nell'ambito della ricerca scientifica e pedagogica: se in passato il movimento e l'esercizio fisico venivano considerati prevalentemente come strumenti per la promozione della salute corporea e prevenzione dell'obesità, ad oggi è stato dimostrato che essi rappresentano un fattore determinante anche per la maturazione del sistema nervoso centrale e per il potenziamento delle funzioni cerebrali.

In particolare nel periodo dell'adolescenza, proprio per il fatto che si tratta di una fase caratterizzata da una spiccata plasticità cerebrale (Spear, 2013; Fandakova and Hartley, 2020; Laube et al., 2020) per cui vengono stimolati la nascita di nuovi neuroni ed il rafforzamento dei collegamenti sinaptici, l'AF incrementa le funzioni cognitive favorendo la neurogenesi, migliorando la capacità antiossidante del tessuto cerebrale ed aumentando l'attivazione di specifiche aree cerebrali (Marmeleira, 2013).

Tuttavia, tra le figure genitoriali è diffuso il pregiudizio che lo sport "sottragga" tempo prezioso allo studio dei figli, ostacolandone il rendimento scolastico: invece, la ricerca moderna smentisce questa visione e, in realtà, dimostra che l'efficienza e la qualità dell'apprendimento generate dall'attività fisica compensano e superano ampiamente la semplice quantità di ore passate sui libri (Cui et al., 2024).

Durante molteplici studi scientifici è stato dimostrato come gli studenti che praticano AF in modo regolare e continuo nel tempo sviluppino maggiore autodisciplina e capacità di pianificazione del tempo: in questo modo, essi riescono ad organizzare le giornate in maniera più efficiente, con l'obiettivo di dedicare più tempo ai compiti scolastici, rispetto ai coetanei sedentari (Monacis, L., et al., 2022).

Inoltre, non conta solamente la quantità di ore dedicate allo studio, ma specialmente la qualità di queste: gli adolescenti attivi mostrano un punteggio significativamente più alto nella scala di coinvolgimento scolastico caratterizzato da maggior attenzione e concentrazione durante le spiegazioni in classe, rispetto delle regole scolastiche, tendenza di completare i compiti prima di dedicarsi al gioco/social media (Owen, K.B. et al., 2014).

È importante evidenziare una problematica che si sta diffondendo sempre di più tra i giovani a livello globale: l'aumento della sedentarietà, spesso legato all'uso prolungato dei dispositivi digitali, e di conseguenza si sono ridotte drasticamente le occasioni quotidiane di esperienza corporea e motoria, con ripercussioni che vanno ben oltre l'aspetto fisico (Guthold et al., 2020).

Molti giovani non raggiungono i valori minimi di attività fisica previsti dalle Linee Guida stilate dall'OMS: per questo motivo è molto importante valorizzare sia le ore di Educazione Fisica previste dal curriculum e sia la pratica di uno sport extrascolastico.

1.2 Le funzioni esecutive

Bisogna sottolineare il fatto che l'attività motoria non sviluppa le capacità cognitive in modo generico, ma agisce principalmente sulle funzioni esecutive.

Le funzioni esecutive (FE) costituiscono un insieme di processi mentali top-down (dall'alto verso il basso) necessari quando si deve rimanere concentrati e prestare attenzione; entrano in gioco quando non è più possibile andare in automatico o affidarsi all'istinto/intuizione (Diamond, 2013).

Esse sono principalmente associate all'attività dei lobi frontali del cervello, in particolare la corteccia prefrontale, coinvolta nei processi di controllo cognitivo e nella gestione delle strategie comportamentali orientate all'azione (Collins e Koechlin, 2012).

Sicuramente utilizzarle richiede sforzo: sarebbe più facile continuare a fare ciò che si sta già facendo piuttosto che cambiare, cedere alla tentazione piuttosto che resistervi, inserire il "pilota automatico" piuttosto che valutare cosa fare in seguito.

Dalla letteratura scientifica sono state identificate tre FE di base fondamentali (Diamond, 2013): il controllo inibitorio (inhibitory control, IC), la memoria di lavoro (working memory, WM) e la flessibilità cognitiva (cognitive flexibility, CF).

Il IC è la capacità di controllare la propria attenzione, il proprio comportamento, i propri pensieri e le proprie emozioni per superare una forte predisposizione interna o una tentazione esterna, e fare invece ciò che è più appropriato o necessario; tale funzione si articola in due componenti principali: l'inibizione della risposta ed il controllo delle interferenze.

La prima riguarda la capacità di sopprimere una risposta motoria o comportamentale automatica, mentre la seconda permette di mantenere l'attenzione in modo selettivo ignorando gli stimoli irrilevanti.

La WM è la capacità che permette di mantenere le informazioni in mente, anche quando queste non sono più percettivamente presenti, e di manipolarle in base alle richieste ambientali; esistono due tipi di WM che si distinguono in base al contenuto: verbale e non verbale (visuo-spaziale).

Inoltre, è necessaria per comprendere il linguaggio scritto o parlato, per fare calcoli matematici a mente, per riordinare mentalmente degli elementi, per fare ragionamenti e per la creatività.

La CF è la capacità di modificare il proprio modo di pensare o di agire, cambiando prospettiva in base alle richieste della situazione; in più, implica anche l'essere abbastanza flessibili da adattarsi a richieste o priorità cambiate improvvisamente, ammettere di aver sbagliato e cogliere opportunità inaspettate.

Essa si sviluppa solo a partire dalle altre due FE e, quindi, compare molto più tardi nello sviluppo.

A partire da queste tre FE di base si sviluppano le cosiddette FE di ordine superiore (higher-order executive functions), tra le quali rientrano processi più complessi come ragionamento, problem solving e pianificazione (Diamond, 2013).

1.3 Tempo di reazione

Il tempo di reazione (TR) misura la rapidità con cui un organismo risponde ad uno stimolo: è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la presentazione dello stimolo e la comparsa di una risposta volontaria adeguata nel soggetto (Donders, 1865); ha origini risalenti a più di un secolo fa.

Uno degli studiosi più conosciuti in quest'ambito fu Franciscus Donders, che già nel 1868 elaborò il cosiddetto metodo sottrattivo, ossia il primo tentativo storico con lo scopo di misurare la durata dei singoli processi mentali; egli partì da un'idea ben precisa: se il cervello funziona per stadi seriali (ovvero un processo mentale inizia solo quando quello precedente è terminato), allora è possibile isolare la durata di una singola operazione confrontando due compiti che differiscono esclusivamente per quell'operazione extra.

Per applicare questa sua logica, Donders ideò tre diverse situazioni sperimentali, conosciute come compiti A, B e C: il primo riguarda la misurazione del tempo di reazione semplice, il secondo si occupa del tempo di reazione di scelta, mentre il terzo del tempo di reazione di riconoscimento.

Durante il compito A viene presentato un singolo stimolo noto ed il soggetto deve fornire un'unica risposta predefinita (per esempio si accende una luce e deve premere un pulsante); i processi mentali coinvolti sono la percezione/rilevamento dello stimolo e l'esecuzione motoria.

Durante il compito B possono comparire diversi stimoli e a ciascuno corrisponde una risposta specifica (per esempio può accendersi una luce verde o rossa, ed il soggetto preme il pulsante con la mano sinistra quando la luce è verde e con la mano destra quando è rossa); a differenza del compito A, ai due processi mentali presenti precedentemente qui si aggiungono la discriminazione dello stimolo e la selezione della risposta.

Durante il compito C possono comparire diversi stimoli, ma il soggetto deve rispondere solo ad uno specifico e rimanere fermo se vede l'altro (per esempio compaiono figura quadrata o rombo, e si deve

premere solamente alla visione del quadrato; i processi mentali coinvolti sono percezione/rilevamento dello stimolo, discriminazione dello stimolo ed esecuzione motoria.

Mettendo a confronto i tempi di risposta medi ottenuti in questi tre compiti, lo studioso ha potuto calcolare matematicamente la durata delle singole fasi cognitive.

Con il passare del tempo, il metodo di Donders venne fortemente criticato da altri autori per due motivi principali: si è scoperto che il cervello non lavora sempre per stadi seriali ma esegue molte operazioni in parallelo nelle diverse aree cerebrali ed, inoltre, aggiungere complessità ad un compito (passare da TR semplice a TR di scelta) spesso cambia completamente l'atteggiamento e lo stato di attenzione del soggetto.

Perciò, lo studioso Saul Sternberg sviluppò un metodo notevolmente migliore per suddividere il tempo di reazione in stadi successivi o seriali, chiamato metodo dei fattori additivi: ai soggetti veniva chiesto di determinare se una cifra test fosse presente o meno in una serie di cifre presentata immediatamente prima.

Egli sosteneva che il tempo per completare il compito potesse esser diviso in uno stadio sensoriale (dipendente dai parametri dello stimolo come l'intensità o la chiarezza del test), uno stadio di confronto (dipendente unicamente dal numero di elementi presenti in memoria) ed uno stadio di risposta (rifletteva la difficoltà della risposta specificata).

I fattori che influenzavano uno stadio sarebbero stati additivi con quelli che influenzavano un altro stadio: infatti, con questo semplice schema fu possibile determinare in quale stadio un nuovo fattore esercitasse la sua influenza.

Il TR totale è costituito dalla somma di due componenti principali: il tempo premotorio, ossia l'intervallo tra la presentazione dello stimolo visivo/acustico e l'arrivo del segnale elettrico al muscolo, ed il tempo motorio, ovvero il tempo impiegato dal muscolo per contrarsi fisicamente.

I valori medi accettati per il TR semplice in giovani sani sono di circa 190 millisecondi per stimoli luminosi e di circa 160 millisecondi per stimoli sonori (Albert Welford, 1980).

Tra i fattori che possono influenzare il TR medio umano vi sono l'età, il sesso, l'uso della mano destra o sinistra, la visione centrale rispetto a quella periferica, l'esercizio fisico, la fatica, il digiuno, il ciclo respiratorio, i tratti di personalità e l'intelligenza del soggetto (Kosinski, 2013; Albert Welford 1980). Per esempio, per quanto riguarda il genere umano, è stato dimostrato dalla letteratura scientifica che i maschi hanno tempi di reazione leggermente più rapidi, attribuibili al minor intervallo di tempo che scorre tra la presentazione dello stimolo e l'inizio della contrazione muscolare, oltre ad una risposta

motoria tendenzialmente più forte rispetto alle femmine (Silverman, 2006); tuttavia, questo svantaggio femminile tende ad annullarsi con la pratica di sport ad alta reattività (Silverman, 2006). La pratica di AF regolare e sport migliora i tempi di reazione grazie ad una maggior velocità di elaborazione nel sistema nervoso centrale, una migliore concentrazione di allerta, una coordinazione neuromuscolare superiore ed un aumentato flusso ematico cerebrale che apporta più ossigeno e glucosio (Tomprowski PD, 1986).

Anche l'avanzare dell'età è un fattore che influenza l'aumento del TR: durante l'esperimento condotto da Geoff Der e Ian J. Deary nel 2006 è stato dimostrato che il tempo di reazione rimane notevolmente stabile per gran parte dell'età adulta, mostra un rallentamento minimo fino ai 50 anni circa, dopo di che inizia a decadere gradualmente con l'aumentare dell'età; il tempo di reazione di scelta presenta un declino ed un rallentamento costante e quasi lineare lungo tutta la vita adulta, a partire dai 20 anni (questo dimostra che i compiti che richiedono un'elaborazione cognitiva più complessa risentono dell'invecchiamento molto prima rispetto ai compiti percettivo-motori di base); invece, per quanto riguarda il tempo di reazione di riconoscimento, con l'avanzare dell'età non aumenta solo tempo medio di risposta, ma le risposte individuali diventano anche più incoerenti e variabili.

1.4 Funzioni esecutive, tempo di reazione e sport

Il rapporto tra FE, TR e prestazione sportiva è un campo di ricerca molto attivo nelle neuroscienze e nella psicologia dello sport: l'impegno atletico continuativo non richiede soltanto una prestazione di tipo fisico-motorio, ma sollecita costantemente l'architettura cognitiva dell'individuo, influenzando sia l'efficienza dei processi di elaborazione dell'informazione di base (come il tempo di reazione) e sia le funzioni esecutive di livello superiore, responsabili della regolazione del comportamento diretto ad uno scopo.

La pratica sportiva regolare modifica il cervello in modo profondo attraverso il fenomeno della neuroplasticità, ovvero la capacità del sistema nervoso centrale di modificare la propria struttura, organizzazione e funzioni in risposta a stimoli interni ed esterni, come l'esperienza, l'apprendimento, l'esercizio fisico, ma anche lesioni e traumi (Pascual-Leone, A., et al., 2005).

In passato si riteneva che il cervello adulto, una volta completato lo sviluppo infantile, fosse un organo ormai statico ed immutabile, invece la ricerca scientifica ha smentito questo paradigma dimostrando che il cervello rimane un sistema plastico altamente dinamico durante l'intero arco della vita (Pascual-Leone, A., et al., 2005).

Ricerche recenti hanno ampiamente dimostrato l'efficacia dell'allenamento fisico nel migliorare il funzionamento cognitivo e nel modificare aspetti strutturali e funzionali del cervello umano (Colcombe & Kramer, 2003; Kramer & Erickson, 2007).

La pratica sportiva influenza i tempi di reazione di un soggetto attraverso un meccanismo di adattamento neurocognitivo e senso-motorio, migliorando l'efficienza con cui il cervello processa le informazioni visive e stimola una risposta motoria rapida.

È stato ampiamente dimostrato che gli atleti esperti mostrano una velocità di elaborazione neurale e di risposta visuo-motoria significativamente superiore rispetto ai non atleti (Voss et al., 2010). Inoltre, lo sport regolare rafforza le connessioni sinaptiche ed aumenta la mielinizzazione lungo i percorsi assonali che collegano la corteccia visiva, la corteccia motoria e i muscoli, velocizzando in questo modo la trasmissione degli impulsi elettrici (Sampaio-Baptista, C., & Johansen-Berg, H., 2017).

Quando si pratica sport, il corpo attiva una serie di risposte fisiologiche che impattano direttamente sul sistema nervoso centrale (Cotman & Berchtold, 2002): l'esercizio fisico stimola la produzione del BDNF (Brain Derived Neurotrophic Factor) e dell'IGF-1 (Insulin-like Growth Factor 1), ovvero molecole essenziali che nutrono i neuroni, ne favoriscono la sopravvivenza e preparano il cervello al cambiamento.

Infine, l'incremento del flusso ematico cerebrale garantisce in questo modo un maggiore apporto di ossigeno e glucosio nelle aree deputate all'elaborazione cognitiva.

Lo sport quindi modifica il cervello attraverso la neuroplasticità, la quale garantisce funzioni cognitive, attenzione e tempi di reazione più efficienti; l'esperienza motoria perciò non allena soltanto i muscoli, ma modifica attivamente la rete neurale per rispondere alle richieste dell'ambiente.

1.5 Obiettivi della ricerca

Il presente lavoro di ricerca si propone di analizzare l'impatto della pratica sportiva sul funzionamento cognitivo nei giovani atleti, focalizzandosi in modo specifico sul controllo inibitorio e sul tempo di reazione.

Sebbene la letteratura scientifica recente evidenzia come gli atleti di sport di squadra mostrino prestazioni complessivamente superiori nelle funzioni esecutive rispetto agli atleti di sport individuali (Voss et al., 2010) rimane tuttora aperto un rilevante quesito teorico: occorre infatti chiarire se tale vantaggio cognitivo sia da attribuire alla componente di interazione sociale e cooperativa tipica dello sport di squadra, o piuttosto alle caratteristiche di dinamicità e imprevedibilità del contesto ambientale (open-skill).

Diversi studi confermano infatti che le discipline open-skill, sia individuali e sia di squadra, stimolano in misura maggiore il controllo inibitorio e la flessibilità cognitiva rispetto a quelle closed-skill (Voss et al., 2010).

Lo studio si articola sui seguenti obiettivi operativi. Il primo obiettivo è quello di analizzare le differenze riguardo controllo inibitorio e tempo di reazione tra atleti di tipo di sport diversi: in particolare si confronteranno atleti di sport di squadra (open-skill) con atleti di sport individuali operanti in contesti ad alta imprevedibilità (open-skill), per valutare se la dimensione relazionale e di squadra fornisca un valore aggiunto allo sviluppo cognitivo; inoltre, verrà effettuato il confronto con atleti di sport individuali closed-skill, con lo scopo di valutare l'impatto isolato della variabilità e dinamicità ambientale sulle capacità inibitorie e sulla rapidità di risposta visuo-motoria.

Come secondo obiettivo ci si propone di valutare il profilo cognitivo globale del campione attraverso una batteria combinata di test cognitivi e motori analizzando le relazioni tra variabili.

Infine, come terzo obiettivo questa ricerca si propone di valutare la validità convergente dei test eseguiti con la Palla Orbita: nello specifico, si è inteso valutare l'esistenza di eventuali correlazioni significative tra le prestazioni registrate tramite questo strumento e quelle ottenute con i test psicologici e motori già validati e consolidati in letteratura, allo scopo di determinare il grado di convergenza nella misurazione del tempo di reazione e del controllo inibitorio.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Partecipanti

Per la realizzazione del presente studio osservazionale è stato reclutato un campione complessivo di 117 giovani atleti adulti di età compresa tra i 18 e i 25 anni di sesso sia maschile che femminile.

I partecipanti sono stati suddivisi in tre categorie in base alla tipologia di sport praticato ed alle caratteristiche dell'ambiente di gara: sport di squadra, sport individuali open-skill e sport individuali closed-skill, per un totale di sei differenti discipline sportive.

Per ciascuno sport è stato coinvolto un sottogruppo omogeneo da 15 a 30 atleti: come sport di squadra sono stati selezionati calcio (16 maschi) e pallavolo (8 maschi, 14 femmine), come sport individuali open-skill tennis (12 maschi, 3 femmine) e kick boxing (14 maschi, 15 femmine) e come sport individuali closed-skill atletica leggera (9 maschi, 11 femmine) e nuoto (7 maschi, 8 femmine).

Per garantire l'omogeneità del campione e la validità dello studio, sono stati definiti i seguenti criteri di inclusione:

- età compresa tra i 18 e i 25 anni
- il soggetto doveva praticare la disciplina a livello agonistico
- tesseramento attivo presso società sportive o federazioni ufficiali
- praticare minimo due allenamenti a settimana

Inoltre, sono stati anche stabiliti i seguenti criteri di esclusione:

- presenza di deficit visivi non corretti che potessero interferire con la somministrazione dei test (per esempio il Test di Stroop non è eseguibile da persone daltoniche)
- presenza di patologie neurologiche o disturbi del neurosviluppo

Il reclutamento è avvenuto su base volontaria (nessuno è stato obbligato a partecipare, gli atleti hanno scelto liberamente di sottoporsi al test e potevano ritirarsi in qualsiasi momento senza alcuna conseguenza) mediante contatto diretto con società sportive locali.

Mi sono occupata di contattare i presidenti e gli allenatori delle diverse società sportive del territorio per chiedere l'autorizzazione a proporre lo studio ai loro atleti e per stabilire le date delle valutazioni sul campo prima dei loro allenamenti.

Il campione è risultato omogeneo per livello competitivo, comprendendo anche atleti di determinate discipline impegnati in campionati regionali e nazionali.

2.2 Strumenti di valutazione e procedura

Il protocollo metodologico adottato per la valutazione del controllo inibitorio e del tempo di reazione nel campione di atleti ha previsto l'impiego di una batteria integrata di test, tutti quanti somministrati all'inizio della sessione allenante in modo che la fatica neuromuscolare o il carico cognitivo dello sforzo non potessero inficiare i risultati.

Inizialmente è stato somministrato un questionario sociodemografico in forma anonima, con lo scopo di raccogliere dati come il genere, l'età, il peso, l'altezza, la disciplina sportiva praticata, gli anni di esperienza agonistica, la frequenza e la durata degli allenamenti a settimana, la categoria di appartenenza, gli sport praticati in passato da ciascun atleta.

Queste informazioni hanno consentito di categorizzare correttamente i partecipanti e di verificare l'omogeneità del campione tra le diverse tipologie di sport.



Codice atleta _____

SCHEDA di INFORMAZIONE-CONSENSO

Caro/a Atleta,
la ricerca a cui ti invitiamo a partecipare ha l'obiettivo di esplorare la relazione tra pratica di diversi sport e aspetti di percezione delle informazioni. Sarai coinvolto nella compilazione di un questionario e nello svolgimento di alcuni test sulle funzioni esecutive.
I dati raccolti sono anonimi e saranno utilizzati solo per scopo di ricerca, non verranno comunicati o diffusi, se non in forma aggregata.
La compilazione comporta un impegno di circa 2 minuti.

Puoi ritirarti dalla ricerca in qualsiasi momento: puoi non esprimere il tuo consenso alla partecipazione a questo studio semplicemente non completando il questionario.
Per qualsiasi richiesta di chiarimento puoi rivolgerti a Sara Pieretto al seguente indirizzo di posta elettronica: sara.pieretto@studenti.unipd.it

Il/la sottoscritto/a si ritiene informato/a degli scopi e delle modalità della ricerca sopra descritta, con la garanzia che i propri dati personali saranno trattati in forma anonima e che i risultati della ricerca saranno divulgati solo in forma aggregata senza alcuna possibilità di riconoscimento dei singoli partecipanti. È inoltre chiaro che la partecipazione è volontaria e si ha il diritto di sapere, se lo si desidera, quali informazioni saranno archiviate e in quale modo scrivendo a erica.gobbi@unipd.it (professore associato DSB, Università di Padova, responsabile dello studio).

Ti ringraziamo molto per la collaborazione!

Genere: ☐ M ☐ F ☐ Altro

Età _____ Peso _____ Altezza _____

Che sport pratichi? _____

Da quanto tempo pratichi questo sport? _____

Quanti allenamenti fai alla settimana? _____ Quanto dura un allenamento? _____

In quale categoria gareggi? ☐ Provinciale ☐ Regionale ☐ Nazionale

Hai praticato un altro sport in passato? Se sì, quale? _____

Ti alleni principalmente in palestra, all'aperto o in entrambe? _____

Per garantire l'anonimato, a ciascun atleta è stato assegnato un codice identificativo che ha consentito di attribuire i risultati ottenuti delle diverse prove alla stessa persona (il codice è stato formulato con l'iniziale dello sport praticato e poi il numero che veniva attribuito al partecipante in base alla numerosità).

Behavioral Rating Inventory of Executive Function

Nella batteria di test è stato incluso il questionario BRIEF-A (Behavioral Rating Inventory of Executive Function – Adult Version) (Roth et al., 2005) in versione italiana (adattato in lingua italiana da Giancola et al., 2021), selezionando i 12 item riferiti alla sottoscala “inhibit” (inibizione) che riguardavano gli aspetti interessati dall'attuale studio. Esempi di item sono “*Ho difficoltà a rispettare il mio turno*”, “*Dico le cose velocemente/a raffica*”. I partecipanti riferiscono la frequenza del comportamento nell'ultimo mese su una scala di risposta “mai – qualche volta – spesso”.

Nello specifico, lo strumento è stato impiegato per valutare la percezione soggettiva del controllo inibitorio, dell'impulsività e della regolazione comportamentale degli atleti nei contesti di tutti i giorni.

Test di Stroop

Il primo test che hanno eseguito gli atleti è stato il test di Stroop (Stroop, 1935), una delle prove neuropsicologiche più note per valutare l'attenzione selettiva, la velocità di elaborazione delle informazioni e la capacità di inibizione cognitiva; il test si basa su un fenomeno noto come effetto Stroop: esso rappresenta la tendenza del cervello a leggere automaticamente una parola scritta invece di focalizzarsi sul colore dell'inchiostro con cui è stampata.

Durante l'esecuzione del test (ha una durata di circa 3 minuti) si possono presentare due condizioni: quella congruente, ossia le parole indicano lo stesso colore dell'inchiostro (per esempio la parola rosso è scritta con l'inchiostro rosso), e di conseguenza la risposta è immediata e facilitata; altrimenti si presenta quella incongruente, ossia il significato della parola ed il colore dell'inchiostro di essa sono in contrasto tra loro (per esempio la parola verde è scritta con l'inchiostro giallo), e di conseguenza il compito è più complicato perché è richiesto di premere il tasto dell'iniziale del colore dell'inchiostro, ignorando la parola scritta.

I possibili colori erano 4: rosso, giallo, blu, verde. Per lo studio è stata utilizzata la versione del test standardizzato e tradotto in lingua italiana dalla piattaforma ([file:///C:/Users/158446/OneDrive/Desktop/TESI!!/stroop_ITA%20\(1\).html](file:///C:/Users/158446/OneDrive/Desktop/TESI!!/stroop_ITA%20(1).html)) affinché l'effetto di interferenza si verificasse con la massima accuratezza: la lettura della parola deve essere un processo

immediato e privo di sforzo cognitivo; se il test fosse stato somministrato in inglese, l'atleta avrebbe impiegato millisecondi anche solo alla traduzione del termine.

Ruler-drop Test

Per la misurazione del tempo di reazione semplice è stato utilizzato il Ruler-drop test (Del Rossi et al., 2014): questo test motorio sfrutta la legge fisica della caduta libera dell'accelerazione di gravità. Un righello con lunghezza pari a 30 cm viene fatto cadere dall'esaminatore senza preavviso e l'atleta deve afferrarlo il più rapidamente possibile tra pollice e indice: la distanza percorsa dal righello prima della presa viene registrata in centimetri, per poi essere convertita in millisecondi in modo da fornire una stima della velocità di risposta visuo-motoria semplice.

Per la realizzazione del test sono state adottate delle misure di standardizzazione:

- il test è stato eseguito con la mano dominante del soggetto
- ciascun atleta ha avuto tre tentativi (è stato considerato il valore medio per le analisi)
- gli 0 centimetri del righello venivano posizionati all'altezza di pollice ed indice, in mezzo tra le due dita

Palla Orbita

Infine, sono stati eseguiti anche due test tramite l'utilizzo della palla Orbita, una palla sensorizzata in grado di fornire stimoli luminosi multicromatici con la possibilità di rilevare la pressione esercitata su di essa oppure il controllo inibitorio e il tempo di reazione di un soggetto. I test somministrati erano due: uno per la misurazione del tempo di reazione ed uno per il controllo inibitorio.

La somministrazione di entrambi i test valutativi ha eseguito una procedura rigorosamente standardizzata:

- l'atleta eseguiva il test da seduto
- veniva utilizzata la mano dominante del soggetto, collocata a palmo aperto direttamente sopra la palla
- la risposta motoria consisteva nell'applicare una lieve pressione sulla palla

Il primo test per la misurazione del tempo di reazione ha avuto una durata complessiva di 1 minuto e 30 secondi, durante il quale la palla si illuminava in modo casuale e ad intervalli imprevedibili esclusivamente di colore rosso; all'atleta è stato chiesto di reagire il più velocemente possibile, esercitando una pressione sulla palla, non appena percepiva la comparsa del segnale luminoso.

Durante l'esecuzione del test, sono stati presi in considerazione diversi valori per le analisi:

- tempo di reazione medio, espresso in millisecondi, ovvero il tempo medio trascorso tra l'accensione della luce rossa e la pressione dell'atleta;

- numero di risposte omesse, ossia quante volte la luce rossa si è accesa ma l'atleta non ha premuto affatto;

Il secondo test per la misurazione del controllo inibitorio ha avuto una durata di 1 minuto e 30 secondi, durante il quale la palla si illuminava, ogni due secondi, alternando quattro colori differenti (rosso, bianco, verde e blu); all'atleta è stato richiesto di premere la palla il più velocemente possibile quando essa si illuminava di rosso e verde, e di trattenersi dal premerla quando invece si illuminava di blu e bianco.

Durante l'esecuzione del test, sono stati presi in considerazione diversi valori per le analisi:

- risposte corrette
- errori, cioè quante volte l'atleta ha premuto per sbaglio la palla quando la luce era blu o bianca (questo rappresenta una misura diretta della mancanza di controllo inibitorio);
- omissioni, numero di stimoli da premere (rosso e verde) ma mancati
- Accuratezza: la % di accuratezza di inibizione (*Accuracy inibizione*) calcolata sul totale degli stimoli per cui era prevista un'inibizione

2.3 Analisi statistica

I risultati sono stati descritti attraverso frequenze (conteggi, frequenze percentuali) per le variabili nominali, mentre con media e deviazione standard, valore minimo e massimo, per le variabili quantitative. È stata condotta una One-Way ANOVA per valutare le differenze tra i due gruppi in merito all'età e agli anni di esperienza nel loro sport e al volume di allenamento settimanale.

È stata successivamente effettuata una MANCOVA sulle variabili dipendenti utilizzando come covariata le variabili demografiche o sportive che fossero risultate significativamente diverse tra gruppi. Le differenze per gruppo sono state analizzate con un confronto post-hoc di Tukey.

La correlazione di Pearson ha permesso di analizzare le relazioni tra le diverse variabili rilevate nello studio: variabili demografiche, di esperienza sportiva e test effettuati. Infine la correlazione di Pearson è stata effettuata per valutare una possibile convergenza di misurazione tra i dati con palla Orbita e i dati raccolti con i test standardizzati per tempo di reazione semplice e Stroop test.

Tutti i dati sono stati analizzati con SPSS (Version 30) ed è stata considerata una significatività statistica con $p < .05$.

3. RISULTATI

In questo studio hanno partecipato alla raccolta dati un totale di 117 atleti (66 maschi e 51 femmine) di 6 sport diversi, raggruppati poi nelle categorie Individuali Open (44), Individuali Closed (35) e Squadra (38).

Le distribuzioni di frequenza di genere e livello di gara dei gruppi sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1. La distribuzione di frequenza dei partecipanti

		Individuali Open	Individuali Closed	Squadra
Sesso	Maschio	26	16	24
	Femmina	18	19	14
Categoria	Provinciale	15	4	19
	Regionale	16	30	19
	Nazionale	13	1	0

Le caratteristiche descrittive dei partecipanti (età, BMI, anni di pratica ed ore di allenamento settimanali) sono riportate in Tabella 2.

Tabella 2. Caratteristiche antropometriche e di allenamento dei partecipanti

	Minimo	Massimo	Media	Deviazione standard
Età	18	25	19,9	2,4
BMI	17,7	28,6	22,5	2,4
Da quanto tempo pratica	0,1	22,0	8,4	5,2
Ore di allenamento a sett.	2,0	19,0	6,3	2,8

I partecipanti avevano un'età media di $19,9 \pm 2,4$ anni, un BMI medio di $22,5 \pm 2,4$ Kg/m², praticavano il proprio sport da una media di $8,4 \pm 5,2$ anni e si allenavano mediamente per $6,3 \pm 2,8$ ore a settimana.

Per verificare l'omogeneità dei tre gruppi individuali Open, individuali Closed e di Squadra, rispetto alle variabili descrittive considerate, è stata condotta un'analisi delle differenze per gruppo su queste variabili descrittive quantitative (One-way Anova).

Nella Tabella 3 sono dettagliate le medie e le deviazioni standard delle variabili descrittive e di allenamento per ciascuno dei tre gruppi. Dal quadro descrittivo si rileva un'omogeneità generale per età ed ore di allenamento settimanali, a fronte di una variabilità visibile negli anni di pratica sportiva tra i tre gruppi rilevata anche dall'analisi statistica (Tabella 4).

Tabella 3. Statistiche descrittive di età, BMI, anni di pratica ed ore di allenamento settimanali suddivise per tipologia di sport

		N	Medio	Deviazione std.
Età	Individuali Open	44	19,6	2,1
	Individuali Closed	35	19,8	2,3
	Squadra	38	20,4	2,7
	Totale	117	19,9	2,4
BMI	Individuali Open	44	22,4	2,7
	Individuali Closed	35	21,8	2,1
	Squadra	38	23,2	2,4
	Totale	117	22,5	2,4
Da quanto tempo pratica il proprio sport	Individuali Open	44	5,9	4,8
	Individuali Closed	35	9,3	5,1
	Squadra	38	10,5	4,8
	Totale	117	8,4	5,2
Ore di allenamento a settimana	Individuali Open	44	6,1	3,5
	Individuali Closed	35	6,8	2,7
	Squadra	38	6,0	1,9
	Totale	117	6,3	2,8

Tabella 4. Risultati dell'analisi della varianza per il confronto tra i tre gruppi sulle variabili descrittive

		F	Sig.
Età	Tra gruppi	1,3	0,277
Da quanto tempo pratica	Tra gruppi	10,0	<0,001
Ore di allen. a sett.	Tra gruppi	0,8	0,437

Le statistiche Post-hoc di Tukey indicano una differenza significativa tra individuali Open e individuali Closed ($p = 0,009$) e tra individuali Open e di Squadra ($p < 0,001$). Data questa significatività l'esperienza nel proprio sport verrà usata come covariata nell'analisi successiva per valutare le differenze tra gruppi di sport nelle variabili cognitive indagate.

Per confrontare le prestazioni dei tre gruppi ottenute in ciascun test a loro somministrato, è stata inizialmente calcolata la statistica descrittiva. In Tabella 5 sono riportati i valori medi e le deviazioni standard per ciascun test, suddivisi in base alla disciplina sportiva praticata.

Tabella 5. Statistiche descrittive (media e deviazione standard) delle variabili indagate per i tre gruppi

	Tipo di sport	Medio	Deviazione std.	N
BRIEF-A tot	Individuali Open	20,7	3,8	44
	Individuali Closed	20,9	4,3	35
	Squadra	21,1	3,3	38
	Totale	20,9	3,8	117
Ruler Drop_	Individuali Open	188,7	24,8	44
TR medio	Individuali Closed	202,3	23,5	35
	Squadra	198,5	27,4	38
	Totale	195,9	25,7	117
Stroop test_	Individuali Open	812,2	165,6	44
TR risposte congruenti	Individuali Closed	831,8	173,5	35
	Squadra	739,5	150,1	38
	Totale	794,4	166,5	117
Stroop test_	Individuali Open	1003,5	183,5	44
TR risposte incongruenti	Individuali Closed	1024,5	206,7	35
	Squadra	878,2	183,3	38
	Totale	969,1	199,5	117
Effetto Stroop	Individuali Open	191,3	114,2	44
	Individuali Closed	192,7	120,5	35
	Squadra	138,6	91,3	38
	Totale	174,6	111,2	117

	Tipo di sport	Medio	Deviazione std.	N
Stroop test_ errori	Individuali Open	4,0	4,5	44
	Individuali Closed	4,2	4,4	35
	Squadra	3,4	3,8	38
	Totale	3,9	4,2	117
Palla Orbita_ TR medio	Individuali Open	299,1	64,4	44
	Individuali Closed	276,5	24,6	35
	Squadra	291,2	37,2	38
	Totale	289,8	47,4	117
Palla Orbita_ CI errori	Individuali Open	1,5	1,5	44
	Individuali Closed	1,2	1,2	35
	Squadra	1,1	1,3	38
	Totale	1,3	1,4	117
Accuracy Inibizione	Individuali Open	95,0	5,2	44
	Individuali Closed	95,9	4,1	35
	Squadra	96,1	4,5	38
	Totale	95,6	4,6	117

Nell'analisi MANCOVA effettuata, la variabile “da quanto tempo pratici lo sport” non risulta una covariata significativa; perciò, si procede all'analisi Manova per le differenze tra gruppi, che riporta un effetto significativo per tipo di sport praticato ($F = 2,079$; $p = 0,010$)

I risultati dei confronti univariati son riportati in Tabella 6.

Tabella 6. Confronti univariati dell'analisi MANCOVA sulle variabili di indagine

	Variabili dipendenti	F	Sig.	Età quadrato parziale
Tipo di sport	BRIEF-A tot	0,1	0,9	0,002
	Ruler Drop_ TR medio	3,1	0,047	0,052
	Stroop test_ TR cong.	3,3	0,039	0,055
	Stroop test_ TR incong.	6,5	0,002	0,103
	Effetto Stroop	3,1	<u>0,051</u>	0,051
	Stroop test_ errori	0,3	0,7	0,005
	Palla Orbita_ TRmedio	2,3	0,1	0,039
	Palla Orbita_ CI errori	0,8	0,5	0,013
	Accuracy Inibizione	0,7	0,5	0,011

Nei test Ruler TR medio, Stroop TR risposte congruenti (inchiostro e parola corrispondevano) e Stroop TR risposte incongruenti (inchiostro e parola sono differenti) sono presenti differenze significative tra i tre gruppi; mentre, per le altre variabili non emergono differenze statisticamente significative ($p > 0,05$).

Per approfondire le differenze individuate ed identificare quali coppie di gruppi differissero in modo significativo, è stato applicato il test post-hoc di Tukey, dal quale è emerso che:

- gli atleti del gruppo individuali Open mostrano tempi di reazione significativamente più rapidi rispetto al gruppo individuali Closed nel Ruler Drop test ($p = 0,048$), rappresentato nel Grafico 1
- gli atleti del gruppo sport di Squadra presentano tempo di risposta significativamente inferiori rispetto al gruppo individuali Closed negli stimoli congruenti dello Stroop test ($p = 0,045$), rappresentato nel Grafico 2
- gli atleti del gruppo sport di Squadra registrano prestazioni significativamente più veloci rispetto sia al gruppo individuali Open ($p = 0,01$) che al gruppo individuali Closed ($p = 0,004$), rappresentato nel Grafico 3

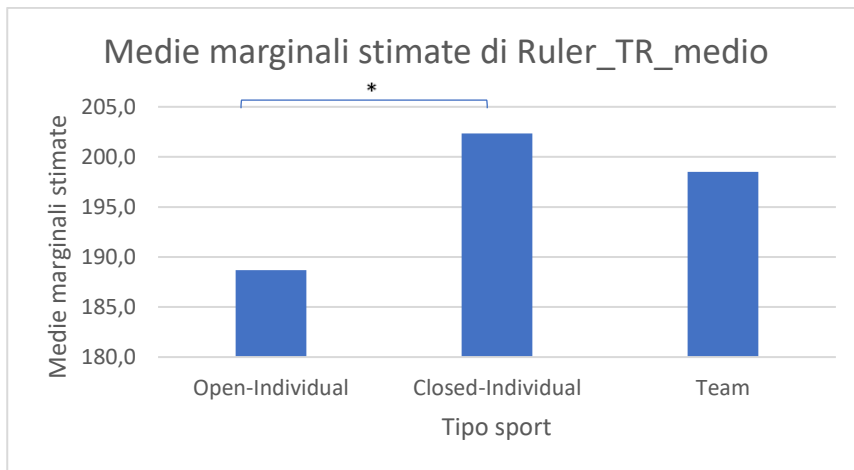


Grafico 1. Confronto TR medi nel Ruler Drop test tra i tre gruppi

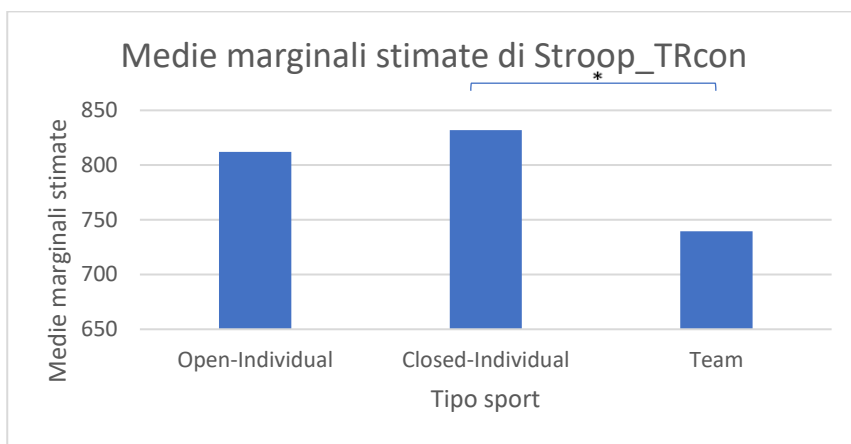


Grafico 2. Confronto TR medi nello Stroop test nelle condizioni congruenti

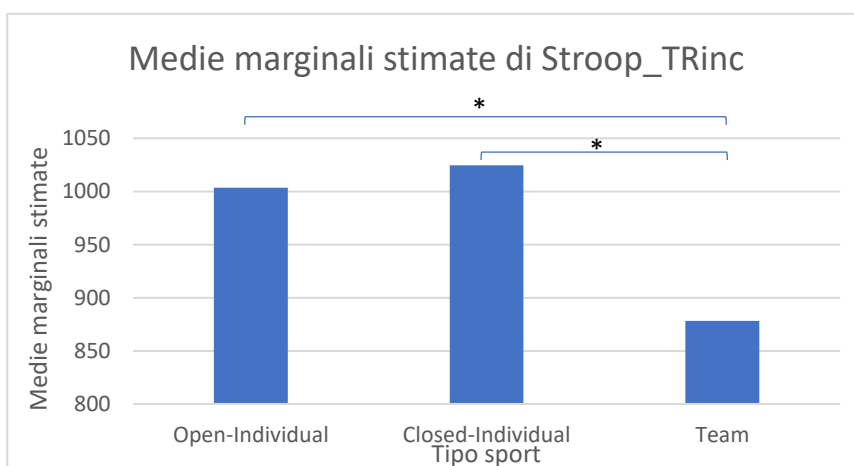


Grafico 3. Confronto TR medi nello Stroop test nelle condizioni incongruenti

Al fine di indagare la presenza di eventuali relazioni lineari tra le variabili oggetto di studio, è stata calcolata la matrice dei coefficienti di correlazione di Pearson, presentata nella Tabella 7.

Tabella 7. Matrice delle correlazioni di Pearson delle variabili interessate (N = 117)

Variabile	Età	Da quando tempo pratica	Ore di all. a sett.	BRIEF-A_ tot	Ruler_ TR medio	Stroop_ TR con	Stroop_ TR inc	Orbita_ TR medio
Da quanto tempo pratica	0,541**	-	-	-	-	-	-	-
Ore di all a sett	0,001	-0,031	-	-	-	-	-	-
BRIEF-A_ tot	-0,029	0,084	0,083	-	-	-	-	-
Ruler_ TR medio	0,02	-0,044	-0,034	-0,083	-	-	-	-
Stroop_ TR congruenti	0,015	0,023	0,037	-0,113	0,096	-	-	-
Stroop_ TR incongruenti	-0,021	-0,017	-0,002	-0,023	0,111	0,830**	-	-
Orbita_ TR medio	0,142	-0,098	-0,164	-0,227**	0,118	0,125	0,139	-
Accuracy Inibizione	0,114	-0,015	-0,079	-0,147	0,006	0,179	0,135	0,083

**= la correlazione è significativa a livello 0,01 (a due code)

*= la correlazione è significativa a livello 0,05 (a due code)

Riguardo il terzo obiettivo di questo studio, per valutare la validità convergente dei test con palla Orbita sono state calcolate le correlazioni di Pearson tra le misure ottenute con tale strumento e quelle derivanti dagli altri test somministrati.

Per quanto riguarda il tempo di reazione semplice, il Ruler Drop test ha registrato una media di $195,9 \pm 25,7$ ms, mentre il compito con la Palla Orbita ha riportato una media di $289,8 \pm 47,4$ ms, come illustrato dalla Tabella 8.

Tabella 8. Statistiche descrittive del TR semplice ottenute dal Ruler Drop test e dal compito con la Palla Orbita

	Media	Deviazione std.	N
Ruler_ TR medio	195,9	25,7	117
Orbita_ TR medio	289,8	47,4	117

L'analisi della correlazione lineare di Pearson non ha evidenziato una relazione statisticamente significativa tra i tempi di reazione misurati nel Ruler Drop test e quelli rilevati con la Palla Orbita ($r = 0,118$).

Mentre, per quanto riguarda il controllo inibitorio, i dati di Stroop test e Palla Orbita sono riportati nella Tabella 9.

Tabella 9. Statistiche descrittive del CI ottenute dallo Stroop test e dal compito con la Palla Orbita

	Media	Deviazione std.	N
Stroop test_ errori	3,9	4,2	117
Stroop test_ risp manc	1,3	0,6	3
Orbita_ CI errori	1,3	1,4	117
Accuracy inibizione	95,6	4,6	117
Orbita_ CI omissioni	0,09	0,4	117

Le correlazioni di Pearson tra gli indici di controllo inibitorio del compito con la Palla Orbita (errori, omissioni ed accuratezza) e i corrispettivi indici dello Stroop test (errori complessivi e risposte mancate) sono riportate nella Tabella 10.

Tabella 10. Correlazioni Pearson sul Controllo inibitorio

	Stroop_err	Stroop_risp manc	Orb_CI err	Acc. Inibiz.	Orb_CI omiss.
Stroop_risp manc	0,882	-	-	-	-
Orb_CI err	0,113	-0,500	-	-	-
Acc. Inibiz.	-0,106	0,377	-0,989	-	-
Orb_CI omiss.	-0,075	. ^a	0,019	0,002	-

.^a = calcolo impossibile da eseguire perché almeno una delle variabili è costante

Dalla tabella emerge che tutte le correlazioni tra le misure dell'Orbita (errori, omissioni ed accuratezza) e quelle dello Stroop test (errori, risposte mancate) non sono significative: questo indica che non emerge una validità convergente diretta tra le misure di inibizione della palla Orbita e lo Stroop test.

4. DISCUSSIONE

4.1 Verifica dei risultati ottenuti dai tre gruppi sportivi

L'obiettivo principale di questo studio era quello di indagare l'impatto delle diverse modalità di pratica sportiva su controllo inibitorio e tempo di reazione in giovani atleti adulti.

In particolare, si è inteso chiarire se gli eventuali benefici cognitivi riscontrati negli atleti siano maggiormente riconducibili alle richieste di interazione sociale e di cooperazione tipiche degli sport di squadra oppure alla dinamicità e all'imprevedibilità dell'ambiente proprie delle discipline open-skill.

L'analisi delle caratteristiche antropometriche e di allenamento ha mostrato che i tre gruppi (Individuali Open, Individuali Closed e Squadra) risultano omogenei per le variabili "età" ed "ore di allenamento settimanali"; l'unica differenza statisticamente significativa riguarda la variabile "da quanto tempo pratici il proprio sport" ($p < 0,001$), con gli atleti di sport di Squadra ed Individuali Closed che presentano un'esperienza media maggiore rispetto agli atleti Individuali Open.

Successivamente, l'analisi MANCOVA ha dimostrato che la durata della pratica sportiva non agiva come covariata significativa sulle prestazioni cognitive e sviluppo delle funzioni esecutive, confermando che le differenze riscontrate nei test sono riconducibili alle caratteristiche proprie della disciplina praticata e non al mero accumulo di anni di esperienza.

I confronti univariati e le analisi post-hoc hanno evidenziato differenze statisticamente significative tra i tre gruppi in tre specifiche variabili:

- TR semplice nel Ruler Drop test
- TR nello Stroop test nelle condizioni congruenti
- TR nello Stroop test nelle condizioni incongruenti

Nel Ruler Drop test, gli atleti del gruppo Individuali Open hanno mostrato tempi di reazione significativamente più rapidi ($188,7 \pm 24,8$ ms) rispetto al gruppo Individuali Closed ($202,3 \pm 23,5$ ms) ($p = 0,048$).

I soggetti degli sport di squadra si sono posizionati ad un livello intermedio ($198,5 \pm 27,4$ ms).

Questi risultati, che hanno evidenziato prestazioni significativamente più rapide negli atleti praticanti sport individuali open-skill rispetto a quelli closed-skill, trovano spiegazione nei meccanismi di adattamento neurocognitivo legati alla plasticità cerebrale (Pascual-Leone et al., 2005). La costante necessità di interpretare stimoli visivi mutevoli ed imprevedibili richiede un'ottimizzazione dell'efficienza delle vie nervose che collegano la corteccia visiva alla corteccia motoria (Sampaio-Baptista et al., 2017).

Infatti, la pratica di attività fisica in contesti open-skill incrementa la velocità di elaborazione e la conduzione delle informazioni lungo le vie cortico-spinali, consentendo una considerevole riduzione del tempo premotorio e motorio di risposta (Gu et al., 2019). Al contrario, la pratica in ambienti stabili e prevedibili tende a consolidare pattern motori automatizzati e stereotipati che sollecitano in misura minore i meccanismi di reattività e di adattamento improvviso agli stimoli esterni (Gu et al., 2019). Mentre, per quanto riguarda lo Stroop test i risultati hanno mostrato una marcata superiorità degli atleti di sport di squadra:

- nelle condizioni congruenti gli atleti del gruppo Squadra sono stati significativamente più rapidi ($739,5 \pm 150,1$ ms) rispetto agli Individuali Closed ($831,8 \pm 173,5$ ms) ($p = 0,045$)
- nelle condizioni incongruenti gli atleti del gruppo Squadra hanno registrato prestazioni significativamente più veloci ($878,2 \pm 183,3$ ms) sia rispetto agli Individuali Open ($1003,5 \pm 183,5$ ms) ($p = 0,01$) e sia rispetto agli Individuali Closed ($1024,5 \pm 206,7$ ms) ($p = 0,004$)

Questi dati suggeriscono che, nonostante gli sport open-skill richiedano elevata reattività, la dimensione relazione conferisce un ulteriore beneficio determinante per il miglioramento delle funzioni esecutive e del tempo di reazione negli atleti.

I risultati ottenuti da questa ricerca si allineano con la revisione sistematica di Voss et al. (2010) la quale sostiene che la pratica degli sport di squadra comporta un impegno cognitivo maggiore proprio per la necessità di instaurare interazioni socio-relazionali dinamiche e per i tempi di selezione della risposta ridotti.

Nonostante le discipline individuali open-skill richiedano un'elevata reattività percettiva, lo sport di squadra impone una costante gestione di scenari ad elevata complessità relazionale e tattica (Voss et al., 2010): l'impegno prolungato caratteristico dell'atleta di squadra proprio per il fatto che deve monitorare simultaneamente i movimenti di compagni e le intenzioni degli avversari, sollecita in modo specifico la corteccia prefrontale, sede per eccellenza delle FE (Diamond, 2013), potenziando la capacità di focalizzare l'attenzione selettiva e di sopprimere le risposte automatiche non pertinenti al contesto.

Invece, dai risultati non sono emersi statisticamente significative le variabili dell'Effetto Stroop (differenza tra TR incongruenti e TR congruenti), gli errori nello Stroop test e i punteggi del BRIEF-A: questo vuol dire che l'accuratezza del controllo inibitorio percepito nella vita quotidiana, misurato dal BRIEF-A, si mantiene sostanzialmente omogeneo nei giovani atleti agonistici di pari livello, indipendentemente dalla disciplina praticata.

4.2 Correlazioni tra variabili

Per valutare il profilo cognitivo e sportivo globale del campione ($N = 117$) è stata analizzata la matrice di correlazione di Pearson tra le variabili demografiche, di allenamento ed i punteggi ottenuti nei test. L'analisi ha evidenziato alcune relazioni importanti:

- tra le variabili “età” e “da quanto tempo pratici il proprio sport” è presente una correlazione positiva forte ($r = 0,541$; $p < 0,01$); invece, la variabile “ore di allenamento a settimana” non mostra una correlazione significativa con l'esperienza dell'atleta

Questo è confermato anche da Voss et al. (2010), i quali evidenziano come, in gruppi di atleti già consolidati, la prestazione cognitiva e motoria sia maggiormente influenzata dalla tipologia e dall'intensità dello stimolo agonistico attuale rispetto all'accumulo grezzo di ore di allenamento nel tempo

- l'associazione positiva elevata tra i TR nelle condizioni congruenti e i TR nelle condizioni incongruenti dello Stroop test conferma la coerenza interna dello strumento

Come evidenziato nella revisione di Voss et al. (2010), dagli esperimenti è emerso che il fatto che un atleta sia più veloce di un altro nella condizione facile si riflette quasi sempre in una maggiore velocità anche quando il carico cognitivo aumenta ed il compito è più complicato

- l'unica correlazione statisticamente significativa emersa riguardante il punteggio totale del BRIEF-A si è registrata con il TR medio calcolato con la Palla Orbita

Poiché un punteggio più basso nel questionario psicologico riflette una minor percezione di disfunzione esecutiva nella vita quotidiana, la relazione negativa indica che individui con una miglior autoregolazione percepita rispondono con maggior prontezza nel compito motorio interattivo

- l'analisi non ha evidenziato una relazione significativa tra i TR del Ruler Drop test e quelli dello Stroop test

Questo risultato suggerisce che le due prove ingaggiano processi cognitivi e motori differenti (Donders, 1865): il primo misura un TR semplice fondato su un circuito visuo-motorio diretto (Del Rossi et al., 2014), mentre il secondo richiede la soppressione di un automatismo e la selezione della risposta con un maggior carico cognitivo prefrontale (Stroop, 1935).

Ciò conferma come la velocità di reazione visuo-motoria di base e la capacità di inibizione dell'interferenza rappresentino due componenti distinte dell'architettura cognitiva dell'atleta.

4.3 Validità convergente dei test con Palla Orbita

Il terzo obiettivo dello studio si proponeva di valutare la validità convergente della Palla Orbita, un dispositivo sensorizzato di recente introduzione, confrontando le sue misurazioni riguardo al TR con quelle ottenute tramite gli strumenti standardizzati e consolidati in letteratura, come Ruler Drop test e Stroop test. Come mostrato nelle Tabelle 8, 9 e 10 del capitolo precedente, non sono emerse correlazioni statisticamente significative.

L'assenza di correlazioni statisticamente significative tra le rilevazioni della Palla Orbita e gli strumenti di valutazione tradizionali può essere interpretata alla luce della differente complessità dei circuiti motori e cognitivi coinvolti nelle tre differenti prove: ciascun compito sollecita stadi di elaborazione sensoriale, discriminazione e selezione della risposta nettamente distinti (Donders et al., 1865).

Il test del righello richiede l'esecuzione semplice di afferrare l'oggetto tra pollice ed indice, ingaggiando un circuito visuo-motorio diretto di base che richiede un'elaborazione cognitiva minima; lo Stroop test non richiede un gesto motorio complesso o l'intercettazione di un oggetto nello spazio reale, ma l'atleta deve elaborare uno stimolo visivo presente nello schermo di un dispositivo elettronico e selezionare la risposta corretta tramite la pressione di un tasto.

Invece, la Palla Orbita introduce un compito che richiede di gestire un oggetto nello spazio tridimensionale: non si tratta solo di reagire ad uno stimolo visivo, ma di integrare continuamente le informazioni visive con il controllo coordinativo della mano. Probabilmente, i tre test non correlano tra loro perché coinvolgono circuiti neurali e motori differenti.

I risultati andrebbero approfonditi con studi ulteriori sulla validità delle misurazioni di Palla Orbita.

4.4 Limiti dello studio

Nonostante i risultati ottenuti offrano importanti spunti di interesse per la comprensione delle relazioni tra diverse discipline sportive, sviluppo delle funzioni esecutive e del TR, questo studio presenta alcuni limiti che devono esser presi in considerazione.

L'ostacolo principale è legato alla forte difficoltà riscontrata nel reclutare un numero elevato ed omogeneo di atleti per ciascuna specifica disciplina nella fascia d'età presa in considerazione tra i 18 e i 15 anni: infatti, in questa fase di transizione verso l'età adulta, si assiste frequentemente ad un elevato tasso di abbandono sportivo o ad una riorganizzazione dell'impegno agonistico dovuta all'ingresso nel mondo universitario o lavorativo.

Inoltre, non si è eseguito una suddivisione per genere o per ruolo tattico specifico all'interno degli sport di squadra, che in letteratura costituiscono fattori noti per la loro influenza sui processi decisionali e di controllo inibitorio (Sartori et al., 2025).

Per quanto riguarda la somministrazione dei test, l'esecuzione delle prove direttamente presso i contesti di allenamento degli atleti ha inevitabilmente comportato una minor standardizzazione delle condizioni ambientali rispetto ad un setting di laboratorio rigorosamente controllato: fattori disturbanti ambientali diversi per ciascun gruppo di atleti, come il rumore della palestra o le variazioni di illuminazione, potrebbero aver introdotto una percentuale di variabilità nei TR rilevati.

La Palla Orbita rappresenta un dispositivo tecnologico di recente introduzione che necessita ancora di un'ampia verifica scientifica: l'assenza di protocolli ampiamente condivisi potrebbe aver ridotto la sensibilità del test nel rilevare sottili differenze tra le diverse tipologie di atleti.

5. CONCLUSIONE

L'obiettivo di questa ricerca era quello di approfondire il complesso ed affascinante legame tra la pratica sportiva ed il funzionamento cognitivo nei giovani atleti, ponendo particolare attenzione sul controllo inibitorio e sul tempo di reazione. Il quesito centrale mirava a chiarire se i maggiori benefici sulle FE fossero da attribuire primariamente all'imprevedibilità del contesto ambientale (open-skill) o alla presenza di una costante interazione sociale tipica degli sport di squadra.

I risultati hanno confermato la letteratura scientifica: da un lato, la reattività semplice (misurata dal Ruler Drop test) è risultata superiore negli atleti praticanti discipline open-skill, sia individuali che di squadra, confermando come l'esposizione continua a stimoli ambientali mutevoli affini questa capacità; mentre, dall'altro lato le prove cognitive più complesse (testate dallo Stroop test) hanno evidenziato una netta superiorità degli atleti impegnati in sport di squadra.

Questo ultimo dato ha dimostrato che, nonostante l'imprevedibilità ambientale sia una condizione necessaria per stimolare la prontezza di risposta di un atleta, è la componente socio-relazionale della squadra a conferire un valore aggiunto determinante: dovendo capire le mosse dei propri compagni ed adattare le decisioni in tempi molto ridotti, l'atleta di squadra sviluppa un'architettura cognitiva decisamente straordinaria ed efficiente.

L'aspetto principale emerso dallo sfondo teorico di questo studio riguarda la necessità di promuovere la pratica sportiva e l'attività motoria fin dai primi anni di vita e durante tutto il periodo dello sviluppo, fasi della vita caratterizzate da un'elevata neuroplasticità.

Dal punto di vista della salute fisica, l'inizio precoce di uno stile di vita attivo contrasta l'epidemia di sedentarietà ed obesità giovanile favorita dal massiccio utilizzo dei dispositivi digitali; fare movimento fin da piccoli favorisce il corretto sviluppo dell'apparato muscolo-scheletrico e cardiovascolare, promuove la maturazione degli schemi motori di base e rafforza le capacità coordinative globali.

Mentre, dal punto di vista della salute mentale e cognitiva, l'esercizio fisico nei bambini e nei ragazzi promuove lo sviluppo ed il miglioramento delle FE fondamentali come l'attenzione, il controllo inibitorio e la memoria di lavoro.

Tuttavia, affinché i benefici cognitivi evidenziati da questo studio diventino concreti, non è sufficiente la mera partecipazione all'attività sportiva; l'efficacia dello stimolo dipende in modo determinante dalla qualità della programmazione didattico-motoria, dalla gestione della variabilità ambientale e dal dosaggio del carico cognitivo imposto durante la pratica.

Promuovere lo sviluppo delle FE attraverso gli sport richiede un'attenta strutturazione di compiti a complessità crescente, con lo scopo di evitare sia la banalizzazione dell'esercizio e sia il sovraccarico cognitivo del giovane atleta.

In questi contesti ritengo che emerga con forza la necessità di valorizzare una figura professionale specialistica: il Chinesiologo.

Come futura professionista del settore, sento l'importanza di non considerare lo sport come un semplice esercizio fisico, ma come uno straordinario strumento di sviluppo per la mente dei più giovani, e non solo. Ovviamente, la figura del Chinesiologo trova la sua massima efficacia nella capacità di dialogare all'interno di un'équipe: unire le nostre competenze a quelle di nutrizionisti, educatori, medici e psicologi dello sport permette di costruire un percorso di allenamento che rispetti la salute globale della persona.

BIBLIOGRAFIA

Alotaibi T, Almuhanna R, Alhassan J, Alqadhib E, Mortada E, Alwhaibi R. The Relationship between Technology Use and Physical Activity among Typically-Developing Children. *Healthcare (Basel)*. 2020 Nov 17;8(4):488. doi: 10.3390/healthcare8040488. PMID: 33212768; PMCID: PMC7712844

Colcombe S, Kramer AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*. 2003 Mar;14(2):125-30. doi: 10.1111/1467-9280.t01-1-01430. PMID: 12661673.

Cotman, C. W., & Berchtold, N. C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in neurosciences*, 25(6), 295–301. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(02\)02143-4](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(02)02143-4)

Cui L, Xing Y, Zhou H, Qian J, Li J, Shen F, Bu Y. *Physical activity promotes the development of cognitive ability in adolescents: the chain mediating role based on self-education expectations and learning behaviors*. *Front Psychol*. 2024 Nov 22;15:1383384. doi: 10.3389/fpsyg.2024.1383384. PMID: 39649782; PMCID: PMC11621851

Del Rossi, G., Malaguti, A., & Del Rossi, S. (2014). Practice effects associated with repeated assessment of a clinical test of reaction time. *Journal of Athletic Training*, 49(3), 356–362. <https://doi.org/10.4085/1062-6059-49.2.04>

Der G, Deary IJ. Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychol Aging*. 2006 Mar;21(1):62-73. doi: 10.1037/0882-7974.21.1.62. Erratum in: *Psychol Aging*. 2009 Mar;24(1):229. PMID: 16594792.

Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol*. 2013;64:135-68. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750. Epub 2012 Sep 27. PMID: 23020641; PMCID: PMC4084861

Gu Q, Zou L, Loprinzi PD, Quan M and Huang T (2019) Effects of Open Versus Closed Skill Exercise on Cognitive Function: A Systematic Review. *Front. Psychol.* 10:1707. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01707

Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health.* 2020 Jan;4(1):23-35. doi: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2. Epub 2019 Nov 21. PMID: 31761562; PMCID: PMC6919336.

Jain A, Bansal R, Kumar A, Singh KD. A comparative study of visual and auditory reaction times on the basis of gender and physical activity levels of medical first year students. *Int J Appl Basic Med Res.* 2015 May-Aug;5(2):124-7. doi: 10.4103/2229-516X.157168. PMID: 26097821; PMCID: PMC4456887.

Owen, K. B., Parker, P. D., Van Zanden, B., MacMillan, F., Astell-Burt, T., & Lonsdale, C. (2016). Physical activity and school engagement in youth: A systematic review and meta-analysis. *Educational Psychologist*, 51(2), 129–145. <https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1151793>

Pascual-Leone A, Amedi A, Fregni F, Merabet LB. The plastic human brain cortex. *Annu Rev Neurosci.* 2005;28:377-401. doi: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216. PMID: 16022601.

Posner MI. Timing the brain: mental chronometry as a tool in neuroscience. *PLoS Biol.* 2005 Feb;3(2):e51. doi: 10.1371/journal.pbio.0030051. PMID: 15719059; PMCID: PMC548951.

Roth, R. M., Isquith, P. K., & Gioia, G. A. (2005). Behavior Rating Inventory of Executive Function – Adult Version (BRIEF-A): Professional manual. Psychological Assessment Resources.

Sampaio-Baptista, C., & Johansen-Berg, H. (2017). White Matter Plasticity in the Adult Brain. *Neuron*, 96(6), 1239–1251. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.11.026>

Sartori, Rodrigo & Kassiadis, Amanda & Barletta, Francesco & Siqueira, Osvaldo & Leonardi, Thiago & Apolinário-Souza, Tércio. (2025). Differences in executive function performance by position in youth football athletes.

Singh A, Uijtendewilligen L, Twisk JW, van Mechelen W, Chinapaw MJ. Physical activity and performance at school: a systematic review of the literature including a methodological quality assessment. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2012 Jan;166(1):49-55. doi: 10.1001/archpediatrics.2011.716. PMID: 22213750.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>

Voss, M.W., Kramer, A.F., Basak, C., Prakash, R.S., & Roberts, B.W. (2010). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24, 812-826.