



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale, DPG

Corso di laurea in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche

Tesi di laurea triennale

**Quadrato Motor Training (QMT) e Funzioni Cognitive:
Il QMT Attraverso le Tecniche di Ricerca in Psicologia Cognitiva**

**Quadrato Motor Training (QMT) and Cognitive Functions:
QMT Through Research Techniques in Cognitive Psychology**

Relatore
Prof. Mario Dalmaso

Laureando: **Giacomo Paolo Paoletti**
Matricola: **2012372**

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

<i>Abstract</i>	4
1. Metodologie di Ricerca in Psicologia Cognitiva	5
1.1 La Psicologia Cognitiva	5
1.2 Panoramica delle metodologie e strumenti di ricerca cognitiva	6
1.3 Strumenti per la valutazione di funzioni specifiche	8
2. Introduzione al Quadrato Motor Training	13
2.1 Contestualizzazione di Quadrato Motor Training	13
2.2 Effetti funzionali e strutturali di QMT (come QMT influisce sulla cognizione)	14
3. Quadrato Motor Training e Miglioramento Cognitivo: Revisione della Letteratura	16
3.1 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e la creatività	16
3.2 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e la cognizione spaziale.....	20
3.3 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e la percezione temporale.....	22
3.4 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e l'attenzione	23
3.5 Limitazioni degli studi e potenziali bias	24
4. Conclusioni	25
4.1 Sintesi dei risultati	25
4.2 Direzioni future della ricerca e considerazioni finali	26
Riferimenti Bibliografici	27

Abstract

Quadrato Motor Training (QMT) è una tecnica di allenamento sensomotorio non aerobico che richiede alti livelli di coordinazione e monitoraggio continuo dell'ambiente interno ed esterno, la cui azione si è dimostrata potenziare diversi ambiti della cognizione umana. Il seguente elaborato fornisce una raccolta degli effetti di QMT, su creatività, cognizione spaziale, percezione temporale e attenzione, concentrandosi sui metodi usati per indagare le funzioni cognitive citate.

Tramite le diverse tecniche utilizzate in psicologia cognitiva è possibile indagare gli intricati processi mentali che permettono la percezione, l'elaborazione e l'interazione fra l'uomo ed il suo ambiente circostante. Grazie alla raccolta dei risultati degli studi possiamo affermare che QMT ha effetti significativi su fluidità, flessibilità ed originalità ideazionale. Inoltre si è osservato un aumento della riflessività, della familiarità con il contesto spaziale circostante. QMT migliora precisione e lunghezza nella produzione di specifici target temporali e amplia l'attenzione sostenuta. A tali risultati sono associati cambiamenti funzionali quali l'aumento della coerenza nelle onde alpha, theta e gamma e modificazioni strutturali della materia bianca specialmente nel cervelletto e nel lobo frontale. Tali risultati sono stati riscontrati in diversi generi ed in diverse popolazioni. In conclusione QMT emerge come una tecnica promettente con potenziali applicazioni in contesti educativi e neuro-riabilitativi. Indagare ulteriormente gli effetti a lungo termine ed i meccanismi neuro-fisiologici coinvolti nell'impiego della tecnica confermerà ed amplierà la conoscenza di essa e favorendo una migliore comprensione della psicologia e del cervello umano.

1. Metodologie di Ricerca in Psicologia Cognitiva

1.1 La Psicologia Cognitiva

La psicologia cognitiva emerge come un campo di studio profondamente interdisciplinare, dedicato all'esplorazione delle funzioni cognitive, basi degli intricati processi mentali umani che permettono la percezione, l'elaborazione e l'interazione con il mondo esterno. Questa disciplina scientifica agisce inoltre come collegamento tra il comportamento esterno osservabile e le attività neurofisiologiche. Lo scambio dinamico uomo-ambiente precedentemente descritto è mediato da funzioni cognitive quali la percezione di spazio, tempo e stimoli esterni, l'apprendimento e la memoria, l'attenzione, il linguaggio, il pensiero, il ragionamento ed il prendere decisioni, la risoluzione dei problemi, la pianificazione del futuro e la creatività. La psicologia cognitiva riveste un ruolo cruciale nella comprensione di come l'elaborazione delle informazioni influisca su comportamento ed esperienza umana. Le sue applicazioni si estendono a vari ambiti, come la salute mentale, l'educazione, fino all'intelligenza artificiale, testimoniando il suo vasto impatto nella società odierna.

Nel contesto di questa evoluzione disciplinare, è essenziale considerare il passaggio dal comportamentismo, approccio predominante nella prima metà del XX secolo, alla psicologia cognitiva. Il primo, si concentrava sugli atteggiamenti e sulle risposte osservabili, escludendo i processi mentali interni, centrali per la psicologia cognitiva, in quanto considerati vitali per la comprensione complessiva della cognizione umana. Il 1956 segna un punto di svolta significativo, con contributi fondamentali da parte di figure come Chomsky, Miller, Newell, Neisser, e Simon. È in questo momento storico che si concretizza l'approccio dell'elaborazione delle informazioni, la mente viene paragonata ad un computer processore di input esterni, che trasforma e restituisce come output. In questo modello, uno stimolo esterno avvia una serie di processi interni che portano a una risposta o soluzione. Tradizionalmente, si credeva che ci fosse un'elaborazione seriale di questi processi, e che essi fossero influenzati direttamente dallo stimolo (elaborazione bottom-up). Tuttavia, questo approccio è considerato eccessivamente semplificato. È riconosciuto che, nella realtà, l'elaborazione dei compiti include spesso anche elementi di elaborazione top-down, dove le aspettative e le conoscenze pregresse dell'individuo influenzano il processo cognitivo, non solo lo stimolo in sé. Inoltre, è stato chiarito che l'elaborazione dei compiti non avviene sempre in modo seriale piuttosto, spesso si verifica

un'elaborazione parallela, dove più processi possono avvenire contemporaneamente. Recentemente è stato introdotto il concetto di elaborazione a cascata, in cui diverse fasi di elaborazione di un compito si sovrappongono ed iniziano prima che le fasi precedenti siano completate.

Le sfide per la psicologia cognitiva sono molte, considerata la complessità della mente umana. Una tra tutte è dovuta alla ridotta specificità di molti compiti, i quali richiedono l'attivazione di diversi processi cognitivi rendendo difficile l'interpretazione dei risultati. Altre prove sono dovute alla presenza di alcune limitazioni, come la mancanza di validità ecologica, in quanto i comportamenti osservati in laboratorio possono non riflettere quelli della vita reale. Ad esempio, in laboratorio, gli esperimenti sono controllati e non influenzati dal comportamento dei partecipanti, a differenza delle situazioni quotidiane dove le persone agiscono per influenzare l'ambiente o gli altri. Un altro problema è la specificità del paradigma, in quanto i risultati di un particolare compito o paradigma possono non essere generalizzabili ad altri compiti simili.

1.2 Panoramica delle metodologie e strumenti di ricerca cognitiva

Per comprendere il comportamento umano ed i processi mentali la psicologia cognitiva si avvale di metodologie scientifiche rigorose, strumenti adeguati ed un approccio etico. Gli psicologi cognitivi adottano vari metodi di ricerca. Gli esperimenti controllati, essenziali nella ricerca empirica, tramite una struttura organizzativa denominata disegno sperimentale permettono di isolare e testare specifiche variabili cognitive. Possiamo principalmente distinguere le variabili in indipendenti, manipolate dal ricercatore, e dipendenti, misurate per valutare l'effetto delle manipolazioni. La forza degli esperimenti controllati risiede nella capacità di stabilire relazioni di causa-effetto descritte in termini di effetto principale, l'impatto medio di una variabile indipendente su una variabile dipendente, e di interazione, che indica come due o più variabili indipendenti interagiscono nel determinare l'effetto su una variabile dipendente. Ciò è permesso grazie al controllo stretto delle variabili e all'uso di gruppi di controllo, gruppi di partecipanti che non ricevono l'intervento sperimentale ma sono sottoposti alle stesse condizioni del gruppo sperimentale, per poter isolare l'effetto dell'intervento. È cruciale che tali esperimenti siano progettati con rigore metodologico per eliminare eventuali variabili confondenti, variabili non controllate che possono influenzare i risultati, ed evitare bias ed errori sistematici che influenzano l'accuratezza dei risultati (validità interna di un

esperimento) (Farmer & Matlin, 2019). In secondo luogo troviamo gli studi correlazionali, i quali esaminano le relazioni tra variabili senza manipolazione diretta, permettendo di identificare tendenze e associazioni. Parte degli studi correlazionali è la ricerca osservazionale, utile per studiare fenomeni al di fuori dell'ambiente laboratoristico perché non eticamente o praticamente manipolabili. Tale indagine si concentra sull'osservazione del comportamento in contesti naturali. Un'altra area di indagine sono gli studi di caso, i quali hanno come oggetto di indagine gruppi ristretti o singoli individui e sono utili per esplorare fenomeni rari o complessi. Infine è presente la simulazione computerizzata, che indaga e modella i processi cognitivi fornendosi di un ambiente virtuale.

Tra gli strumenti generali di indagine cognitiva vi sono diverse tecniche rilevanti. Il tracciamento oculare è impiegato per studiare la percezione visiva e l'allocazione dell'attenzione, fornendo dati sui movimenti oculari. I test psicometrici sono utilizzati per misurare quantitativamente aspetti della cognizione, come memoria, attenzione e funzioni esecutive; vengono usati, sia nella ricerca di base che in contesti clinici, per valutare in modo standardizzato e oggettivo le capacità cognitive. La standardizzazione di questi test permette di confrontare i risultati tra diversi individui o gruppi, fornendo dati fondamentali per la ricerca comparativa. L'analisi dei protocolli verbali, in cui i soggetti descrivono il loro flusso di pensiero durante compiti specifici, è utile per esplorare ragionamento e processi decisionali. L'integrazione con le neuroscienze cognitive, tramite l'uso di tecniche come la risonanza magnetica strutturale (*Structural Magnetic Resonance Imaging* - sMRI) e funzionale (*Functional Magnetic Resonance Imaging* - fMRI) e l'elettroencefalografia (EEG), ha ampliato il campo della psicologia cognitiva, correlando attività cerebrale e processi cognitivi. L'integrazione con la neuropsicologia, tramite i test neuropsicologici ha permesso di valutare l'impatto di danni cerebrali o patologie sulle funzioni cognitive ed indagarne i correlati anatomo-funzionali sottostanti. Una parte fondamentale della ricerca, anche in ambito cognitivo, è l'etica. Il consenso informato rende i partecipanti consapevoli della natura e dei potenziali rischi e benefici dello studio, fornendogli sempre la libertà di ritirarsi. Le informazioni personali e l'identità dei soggetti devono essere imperativamente protette mantenendo la riservatezza dei dati raccolti. Il trattamento etico dei partecipanti è un altro aspetto fondamentale, per cui è d'obbligo rispettare i diritti e la dignità dei partecipanti, minimizzando qualsiasi disagio fisico o psicologico. All'interno della ricerca cognitiva l'etica funge da mediatrice fra gli obiettivi scientifici degli sperimentatori ed il rispetto per i diritti umani. I vantaggi

di una ricerca condotta eticamente non favoriscono solo la salvaguarda dei partecipanti, ma aumentano anche la validità e l'affidabilità dei risultati ottenuti, contribuendo così in modo significativo al progresso della scienza cognitiva (Michael W. Eysenck & Keane Mark T., 2020).

1.3 Strumenti per la valutazione di funzioni specifiche

La cognizione, definita come l'azione o il processo mentale di acquisizione della conoscenza e della comprensione, si avvale del pensiero, dell'esperienza e dei sensi. È attraverso questi processi che gli individui elaborano e utilizzano la conoscenza esistente e ne generano di nuova. Ogni aspetto della cognizione, dal più elementare al più complesso, contribuisce a formare il modo in cui interpretiamo e reagiamo al mondo intorno a noi. Le funzioni cognitive rappresentano un'area centrale dello studio dell'intelletto umano, e si manifestano tramite una vasta gamma di attività mentali di alto livello fra le quali la creatività, la percezione spaziale e temporale e l'attenzione, sulle quali ci concentreremo con maggior profondità.

La creatività è fondamentale per l'innovazione e il progresso, ponendosi come elemento chiave dell'esperienza umana. Per questo la sua comprensione occupa un ruolo centrale all'interno della psicologia cognitiva.

Tuttavia la creatività è processo astratto e complesso, ciò la rende difficile da catturare e misurare, e di conseguenza da stimolare ed osservare in un contesto controllato. Nonostante queste complessità, la ricerca sulla creatività ha fatto progressi significativi. Uno degli sviluppi iniziali in questo campo è stato l'introduzione del concetto di pensiero divergente da parte di Joy Paul Guilford nel 1950. Guilford ha proposto che il pensiero divergente, la capacità di generare molteplici soluzioni a problemi aperti, potesse fungere da indicatore della creatività (Guilford, 1950). Negli anni '60 ha sviluppato su questo concetto il Test degli usi alternativi (*Alternative Uses Task* - AUT). Nell'AUT, ai partecipanti viene dato un oggetto comune, come una molletta o un mattone, e viene chiesto di elencare quanti più usi alternativi possibili per quell'oggetto. Questo esercizio misura la creatività valutando l'abilità dei soggetti di pensare oltre le funzioni convenzionali e di immaginare nuove e diverse applicazioni per un oggetto ordinario. Il test si concentra su aspetti come la fluenza (numero di idee generate), la flessibilità (diversità delle idee), e l'originalità (unicità delle idee) (Erwin et al., 2022). A partire da questo compito, sono stati sviluppati altri strumenti psicometrici standardizzati, tra cui il

Torrance Test of Creative Thinking e il Remote Associates Test di Mednick. Il Torrance Test of Creative Thinking (TTCT) è un test psicométrico sviluppato da E. Paul Torrance nel 1966, il quale misura la pensabilità divergente. Il TTCT si compone di due parti: test verbali, che richiedono ai partecipanti di generare soluzioni creative a problemi espressi a parole, e test figurativi, che si concentrano sull'uso di immagini o forme per esprimere creatività. Il test valuta la creatività basandosi su criteri come fluenza, flessibilità, originalità ideazionale, elaborazione (dettaglio delle risposte) e resistenza all'assuefazione (deviare da risposte convenzionali) (Oliveira et al., 2009). Il Remote Associates Test (RAT) di Mednick è un test psicologico concepito per misurare la creatività, la capacità di pensiero associativo e di problem solving, in particolare la capacità di vedere le relazioni nascoste tra oggetti o idee apparentemente non collegate. Sviluppato da Sarnoff A. Mednick nel 1962, il RAT pone ai partecipanti la sfida di trovare una parola chiave che sia associativamente collegata a tre parole apparentemente non correlate. Il successo nel RAT dipende dalla capacità di un individuo di pensare in modo laterale e di fare connessioni remote o meno ovvie tra concetti (Marko et al., 2019). Anche questo strumento ricorre ad indicatori quali la fluenza ideazionale, la flessibilità e l'originalità delle risposte. A differenza delle prime l'originalità delle idee è spesso valutata tramite metodi di consenso. Tuttavia, la definizione di creatività in termini di pensiero divergente è stata oggetto di critiche. Alcuni studiosi hanno sottolineato che la creatività può derivare anche da processi convergenti e che il pensiero divergente può non catturarne completamente l'essenza. In aggiunta, il pensiero divergente è un costrutto complesso che include diversi processi mentali. Questa natura composita lo rende difficile da isolare e analizzare con gli attuali strumenti di neuroimaging. Di conseguenza, sono stati anche esplorati altri approcci per studiare la creatività, come l'analisi delle performance artistiche e musicali e l'indagine dei processi di insight (intuizione), considerati spesso come il primo passo verso un prodotto creativo finito. La comprensione della creatività, grazie alle tecniche di ricerca in psicologia cognitiva ha fatto progressi, ma rimangono ancora aperte diverse sfide. Un approccio teorico neutro di tipo bottom-up che permette una comprensione più sfumata e articolata del pensiero creativo, sembra essere il modo più promettente per avanzare nella comprensione di questo fenomeno (Dietrich & Kanso, 2010).

La cognizione spaziale è un'altra capacità principale del funzionamento cognitivo umano. La comprensione delle relazioni spaziali tra oggetti e la facoltà di percorrere un ambiente sono solo alcune fra la vasta gamma di attività quotidiane che richiedono questa

competenza. La cognizione spaziale riguarda la nostra abilità di percepire, ricordare e manipolare informazioni relative allo spazio. Le abilità coinvolte in questa funzione sono varie e complesse, includono la capacità di identificare la posizione di elementi nello spazio, stabilire come sono orientate linee e forme, percepire la profondità e le relazioni spaziali tra diversi oggetti e interpretare sia il movimento statico che quello dinamico. Queste competenze non si limitano alla percezione di oggetti reali, ma si estendono anche a quelli immaginati (Colby, 2009). Nello studio della cognizione spaziale, i ricercatori in psicologia si avvalgono di vari approcci. Gli esperimenti comportamentali, ad esempio, valutano come le persone navigano, memorizzano percorsi o interagiscono con oggetti in ambienti virtuali. Un elemento chiave in questi studi è il Test delle rotazioni mentali (*Mental Rotation Test - MRT*), che misura la capacità di ruotare mentalmente oggetti bidimensionali o tridimensionali, che offre una valutazione diretta delle abilità di visualizzazione spaziale e in cui è stato osservato che gli individui impiegano più tempo a riconoscere due oggetti come identici all'aumentare della rotazione mentale necessaria per allinearli. Importante in questo ambito è l'Hidden Figures Test (HFT) che mette alla prova la capacità di individuare una figura geometrica semplice all'interno di una struttura più complessa, basandosi su parametri valutativi come il numero di risposte corrette ed i tempi di reazione. Questo test esamina l'analisi visiva e la capacità di distinguere elementi cruciali in un ambiente visivo intricato e richiede di organizzare e interpretare dati visivi, un processo che riflette lo stile rappresentativo di funzionamento di un individuo. Si è osservato che individui con punteggi elevati all'HFT, caratterizzati da una maggiore indipendenza dal campo, tendono a mostrare una sensibilità ridotta ai segnali sociali e una maggiore abilità analitica e di differenziazione nei compiti di ragionamento. Tali risultati riflettono il fatto che le persone altamente indipendenti dal contesto elaborano l'informazione in modo analitico e distaccato rispetto alla situazione. La precedente correlazione tra il pensiero spaziale e le modalità di apprendimento ha inoltre implicazioni significative nell'analisi delle metodologie di apprendimento e formazione (Jacobs et al., 1985). Nell'analisi delle modalità di ricerca di informazioni visive l'Eye Tracking è uno strumento estremamente rilevante in quanto offre comprensioni su come le persone esplorano e raccolgono dati dall'ambiente. Un'altra tecnica emergente nello studio della cognizione spaziale vede l'uso della realtà virtuale (VR), che permette di generare scenari controllati per esplorare la navigazione e l'orientamento spaziale in ambienti virtuali, i quali rimangono manipolabili ai fini di ricerca (Clay et al., 2019).

Un altro campo di studio affascinante in psicologia, frutto di molteplici esperienze che vanno ben al di là della semplice sequenza di eventi, è il tempo. Ernst Pöppel, nel 1978, ha identificato alcune esperienze temporali fondamentali che costituiscono la nostra percezione del tempo. Queste includono la sensazione di durata, la consapevolezza della non-contemporaneità di eventi, la comprensione dell'ordine in cui si verificano gli eventi e la distinzione tra passato e presente. Un aspetto singolare riguarda la non-simultaneità, infatti possiamo percepire che due eventi accadono in momenti diversi anche se non siamo in grado di determinare l'ordine esatto del loro verificarsi, come evidenziato da Hirsh e Sherrick nel 1961. Si potrebbe pensare che la percezione dell'ordine sia direttamente legata alla nostra esperienza del passato e del presente. Tuttavia, la questione di quale di queste esperienze sia più fondamentale, o se l'esperienza del tempo verbale esista veramente, rimane oggetto di dibattito.

L'idea stessa di "percezione del tempo" può essere motivo di discussione. Considerando che il tempo è qualcosa di distinto dagli eventi stessi, non percepiamo direttamente il tempo, ma piuttosto i cambiamenti o gli eventi che si verificano all'interno di esso. Tuttavia, si può argomentare che la nostra percezione non riguardi unicamente gli eventi in sé, ma anche il modo in cui essi si susseguono o si relazionano tra di essi (Le Poidevin, 2019).

In psicologia, la percezione del tempo è studiata attraverso una varietà di tecniche e approcci metodologici. Un esempio è il Time Production (TP) Task, in cui viene richiesto ai partecipanti, di produrre o riprodurre un intervallo di tempo specifico, spesso senza riferimenti temporali esterni, considerando parametri valutativi quali la durata prodotta (capacità di riprodurre correttamente l'intervallo temporale), errore assoluto (differenza fra durata prodotta e richiesta) e errore medio (sovrastima o sottostima del tempo). Ad esempio, potrebbe essere chiesto di indicare quando i partecipanti pensano che sia trascorso un certo periodo di tempo, come 10 secondi, senza contare ad alta voce o utilizzare un orologio (Mioni et al., 2014). Questi test possono rivelare come vari fattori, quali l'attenzione, l'emozione e la cognizione, influenzino la percezione del tempo. Un altro aspetto che correla positivamente con la nostra capacità di gestire il tempo è la lettura (Bekius et al., 2016). La ricerca sulle capacità cognitive relative la percezione del tempo si è occupata di una gamma di altre variabili, fra cui l'età, il genere e le differenze culturali, favorendo un approccio più interdisciplinare, integrante conoscenze da psicologia, neuroscienze, filosofia e fisica.

Nell'ampio e variegato campo della psicologia cognitiva, l'attenzione emerge come una delle funzioni più rilevanti del cervello umano.

Definita come la capacità di focalizzarsi su stimoli specifici mantenendo al contempo una consapevolezza dell'ambiente circostante, l'attenzione può essere vista come un filtro tramite il quale la mente si rapporta con gli stimoli esterni. Essa per tanto è fondamentale nel nostro processo decisionale quotidiano e nella gestione di attività.

Come tecniche di ricerca per sondare i meccanismi dell'attenzione, sono stati sviluppati una serie di metodi sofisticati e multidimensionali. Al centro di questi si trova il test del tempo di reazione o Reaction Time (RT) Task, uno strumento che misura la rapidità con cui un individuo risponde a stimoli casuali, siano essi visivi, uditivi o tattili. La rapidità e l'accuratezza di queste risposte offrono un quadro diretto della capacità di attenzione del soggetto e della sua velocità di elaborazione cognitiva. Questo test si è rivelato particolarmente utile per valutare vari aspetti dell'attenzione, come l'attenzione sostenuta, selettiva e divisa. L'attenzione sostenuta, ossia il mantenimento della concentrazione su un compito ripetitivo per periodi prolungati, viene inoltre valutata attraverso compiti come il Test di Vigilanza o il Continuous Performance Test. Tali compiti misurano la capacità individuale di attenzione e di rilevare variazioni sottili, fornendo un'effettiva misura della resilienza dell'attenzione in un ambiente monotono. Simmetricamente compiti di attenzione selettiva come lo Stroop o il Test di Cancellazione, richiedono all'individuo di concentrarsi su stimoli bersaglio in presenza di potenziali distrattori. Questi test sono fondamentali per studiare come il cervello filtra e seleziona informazioni rilevanti in un ambiente ricco di stimoli. Inoltre, i compiti di attenzione divisa, come il dual-task test, misurano la capacità di coordinare e integrare efficacemente due attività simultaneamente. In quest'epoca, in cui multitasking è eccessivamente presente, i test precedentemente descritti sono altamente rilevanti per valutare come la mente umana alloca le sue risorse cognitive tra diverse attività. Infine, i test di switching dell'attenzione, come lo Switching Task (ST) o il Trail Making Test, (TMT) misurano la flessibilità cognitiva e la capacità di adattamento a cambiamenti improvvisi. Questi test valutano la rapidità del cervello di muoversi tra compiti diversi. Utilizzando questi strumenti, i ricercatori possono dipingere un quadro preciso di come l'attenzione determina e guida la nostra vita quotidiana, dalle attività più banali a quelle più complesse.

Nel seguente paragrafo verranno illustrati la struttura ed il funzionamento di Quadrato Motor Training (QMT), una tecnica innovativa dall'efficacia trasversale, rilevante nel miglioramento di diverse funzioni cognitive che in seguito andremo ad approfondire.

2. Introduzione al Quadrato Motor Training

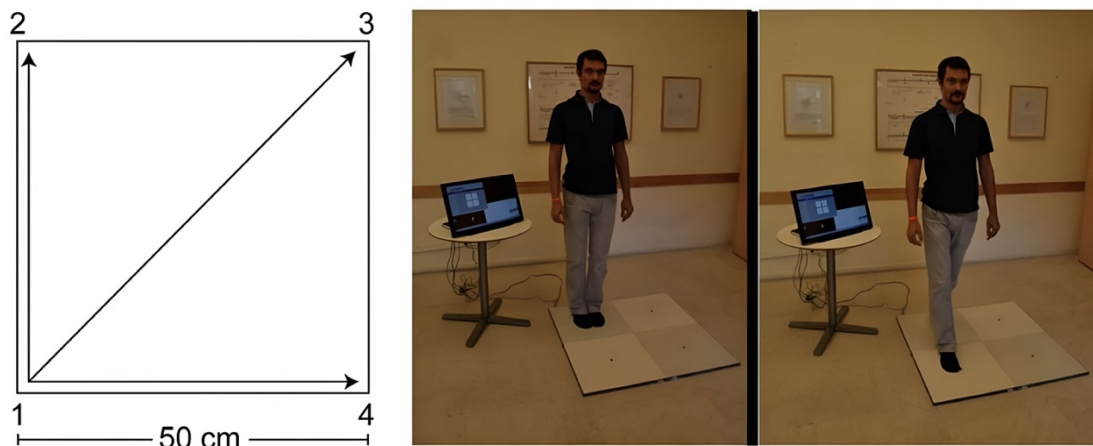
2.1 Contestualizzazione di Quadrato Motor Training

Quadrato Motor Training (QMT) è una tecnica di movimento sensorimotoria non aerobica, sviluppata da Patrizio Paoletti (Paoletti, 2008), che necessita di coordinazione, monitoraggio continuo dell'ambiente interno ed esterno e coinvolgimento di funzioni cognitive quali attenzione, flessibilità ed inibizione dei comportamenti automatici. Prima di approfondire QMT, è utile considerare il legame stabilito dalle ricerche tra neuroplasticità e attività fisiche aerobiche e non aerobiche. Quest'ultime possono essere categorizzate come *Mindful Movement (MM)* e ne fanno parte pratiche come l'Hatana Yoga, l'Aikido e il Thai Chi, seppur differenti tra loro accumulate da alcune caratteristiche come l'attenzione direzionata e la consapevolezza sui movimenti corporei, che possono variare da dinamici di alto livello a posture statiche, nel momento presente. Dalle ricerche è emerso che queste pratiche migliorano le funzioni esecutive stimolando la produzione di fattori neurotrofici. Queste scoperte hanno evidenziato come l'esercizio fisico possa indurre cambiamenti strutturali e funzionali nel cervello, contribuendo alla sua capacità di adattamento e cambiamento (Diamond & Ling, 2019).

QMT è una pratica in cui viene richiesto ai partecipanti di eseguire movimenti bilanciati e armonizzati, che aumentano la consapevolezza del proprio corpo e della sua posizione nello spazio, inoltre la sua esecuzione implica un'attenzione divisa tra risposte motorie e processamento cognitivo. Durante una sessione di QMT, i partecipanti si posizionano in un angolo di un quadrato di 50x50 cm, definito lo "Spazio Quadrato", di cui ogni angolo è etichettato con numeri da 1 a 4. Una voce fuoricampo registrata chiede di effettuare movimenti in tre possibili direzioni, da ogni angolo del poligono: a destra o a sinistra, in avanti o indietro, diagonalmente e un'ultima opzione che richiede di trattenere il movimento.

Questa configurazione unica di QMT esige dai praticanti di essere costantemente attenti e pronti a rispondere alle istruzioni verbali, che stimolano la memoria di lavoro,

l'attenzione sostenuta e il controllo inibitorio. QMT, grazie al fenomeno di plasticità neurale, non solo migliora la coordinazione fisica e l'attenzione, ma si propone anche come strumento per la regolazione emotiva e lo sviluppo della consapevolezza mentale. Inoltre questa attività si distingue nettamente da altre forme di MM dove i movimenti sono noti anticipatamente, in quanto nel QMT i partecipanti non sono a conoscenza delle sequenze specifiche che dovranno eseguire fino al momento dell'azione. Questa incertezza richiede un alto grado di attenzione sostenuta e controllo inibitorio, poiché i partecipanti permangono in uno stato di continua attesa e prontezza per le istruzioni successive. Inoltre, a differenza di altre forme di MM, QMT non enfatizza la focalizzazione sulla respirazione. Questi aspetti lo rendono unico nel panorama delle tecniche di movimento consapevole (De Fano et al., 2019).



Immagini tratte da Ben-Soussan et al., 2014

2.2 Effetti funzionali e strutturali di QMT (come QMT influisce sulla cognizione)

Quadrato Motor Training si presenta come un'innovazione significativa nel campo della psicologia cognitiva, in quanto influenza diversi aspetti della cognizione umana. Negli ultimi dieci anni, numerosi studi hanno esplorato gli effetti di QMT sulla struttura cerebrale e sulle funzioni cognitive e psico-emotive. Particolarmente rilevante in questo contesto è l'uso dell'elettroencefalogramma (EEG) per studiare la sincronizzazione neurale. Le ricerche su QMT condotte tramite EEG si sono concentrate principalmente sulla potenza del segnale elettrico corticale, il quale riflette la sincronizzazione dell'attività di gruppi di migliaia di neuroni, e sulla coerenza, misura che indica la sincronizzazione dell'attività tra due popolazioni neuronali distinte. Le popolazioni indagate possono essere situate nello stesso emisfero (coerenza intra-emisferica) o in

emisferi diversi (coerenza inter-emisferica). Gli studi hanno dimostrato che QMT favorisce l'aumento della potenza e della coerenza intra- ed interemisferica cerebrale, in particolare nelle bande di frequenza theta (6.5-8 Hz) alpha (8-12 Hz) e gamma (> 25 Hz). Questi cambiamenti sono associati a un'attenzione maggiormente orientata verso l'interno, a stati di coscienza alterati ed a miglioramenti nelle funzioni cognitive e nell'integrazione delle informazioni (Ben-Soussan, Avirame, et al., 2014).

Sono stati inoltre esplorati gli effetti strutturali di QMT sul cervello, usando tecniche di imaging come la risonanza magnetica. Queste ricerche hanno rivelato cambiamenti significativi sia nella materia grigia (GM) che nella materia bianca (WM). Marcatori come l'anisotropia frazionale (FA), la diffusività assiale (AD) e la diffusività radiale (RD) sono stati utilizzati per valutare l'integrità della WM. Un aumento della FA ed una riduzione della RD vengono interpretati come segni di incremento nella mielinizzazione, nel numero e dimensioni degli assoni, e di un miglioramento nelle proprietà delle membrane cellulari. Questi incrementi nell'integrità della WM sono stati associati a miglioramenti nella connettività funzionale, nelle funzioni cognitive e metacognitive, e nelle prestazioni motorie. Le ricerche hanno inoltre evidenziato come i cambiamenti indotti dalla prassia avvengono in aree cerebrali principalmente coinvolte nel controllo sensorimotorio, cognitivo ed emotivo quali cervelletto e lobi frontali, strutture strettamente interrelate che svolgono un ruolo fondamentale non solo nelle funzioni motorie, ma anche cognitive. In particolare sono stati riscontrati miglioramenti nei peduncoli cerebellari, strutture coinvolte nell'interazione cerebro-cerebellare, nei fascicoli uncinati, associati alla regolazione emotiva, all'apprendimento e alle funzioni linguistiche, nel corpo calloso, che gioca un ruolo fondamentale nella comunicazione inter-emisferica, specialmente tra le aree frontali. L'aumento della FA è stato anche notato in tratti sensorimotori come il tratto corticospinale, implicato nel controllo motorio, suggerendo miglioramenti nelle capacità motorie (Ben-Soussan et al., 2015) (Piervincenzi et al., 2017).

Un altro ambito indagato è quello degli effetti molecolari di QMT sul cervello, in particolare connesso alle neurotrofine, proteine fondamentali per la nutrizione e il sostegno neuronale. Tra le neurotrofine troviamo il fattore di crescita nervoso (NGF) e il fattore neurotrofico derivato dal cervello (BDNF). NGF e BDNF sono coinvolti in processi quali lo sviluppo, l'efficacia e la plasticità sinaptica, la crescita, la connettività e la sopravvivenza neuronale. Diverse ricerche hanno indagato i cambiamenti indotti da QMT nei livelli di proNGF e proBDNF. Dopo un mese di pratica quotidiana di QMT è

stata osservata una diminuzione di proNGF in adulti e bambini sani, mentre dopo tre mesi ne è stato riscontrato un aumento. Questo potrebbe suggerire che il consumo iniziale di proNGF stimoli una successiva risintesi, legata a un aumento della neuroplasticità. Allo stesso modo, è stato osservato un aumento di proBDNF dopo 12 settimane di pratica quotidiana di QMT, associato a miglioramenti nella materia grigia e bianca del cervelletto. Questi risultati suggeriscono che il rilascio aumentato di fattori neurotrofici potrebbe essere uno dei principali meccanismi di mediazione attraverso cui QMT induce la neuroplasticità, che comporta una serie di cambiamenti strutturali e funzionali nel cervello (Ben-Soussan et al., 2015) (Caserta et al., 2019).

3. Quadrato Motor Training e Miglioramento Cognitivo: Revisione della Letteratura

3.1 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e la creatività

Nel seguente paragrafo viene realizzato l'obiettivo principale dell'elaborato, esplorare l'azione di QMT su funzioni cognitive specifiche quali creatività, elaborazione delle informazioni, cognizione spaziale, riflessività, percezione del tempo, coordinazione, attenzione. Nonostante sia presente un'ampia letteratura anche riguardo l'influenza della prassia sulle funzioni psico-emotive ed il benessere generale essa non verrà trattata in questo scritto, in quanto esse riguardano l'interazione tra emozioni e processi mentali (LeDoux, 1998).

Diversi sono gli studi riguardanti QMT che delineano i suoi effetti sulla creatività. Un primo articolo rilevante in tale ambito è quello pubblicato da Venditti et al. nel 2015, che si compone di due studi.

Il primo studio indaga i livelli di creatività e di proNGF nei partecipanti in seguito al loro aver svolto una sessione giornaliera di QMT per 4 settimane. Sono state reclutate 40 studentesse universitarie nuove a QMT, le quali hanno svolto una sessione giornaliera di allenamento per 4 settimane. Le partecipanti sono state suddivise casualmente in 2 gruppi, il primo (sperimentale) ha svolto QMT e il secondo (controllo) Walking Training (WT). Il WT prevedeva l'ascolto degli stessi stimoli uditivi di QMT ma i partecipanti si muovevano liberamente nello spazio, così da ridurre il carico cognitivo sperimentato nell'associare i numeri ai lati del quadrato. Sono stati raccolti campioni salivari e

somministrati test di Alternate Uses Task considerando fluenza e flessibilità ideazionale, prima e dopo l'addestramento. Sono state effettuate due ANOVA a due vie (Gruppo x Allenamento) a modello misto, applicate separatamente ai punteggi di fluenza e flessibilità, per valutare l'impatto degli interventi sulla creatività dei gruppi nel corso del tempo. Poiché sono state osservate differenze basali nei punteggi di flessibilità, sono state effettuate due ANCOVA, considerando la misura post-trattamento come variabile dipendente e quella basale come covariata per controllare le differenze iniziali fra i partecipanti. Sono state inoltre effettuate correlazioni bivariate di Pearson per esplorare la relazione tra i cambiamenti nei livelli di proNGF e le capacità di creatività. È stato riscontrato un effetto principale significativo della variabile "Allenamento" sui punteggi di fluenza $F(1, 17)=27.95, p<.01$, aumentati nel post-training rispetto al pre-training. L'analisi post-hoc ha rivelato che l'aumento nella fluenza si è verificato esclusivamente nel gruppo QMT $t(12)=-7.21, p<.001$. Inoltre, è stata rilevata un'interazione significativa tra le variabili "Gruppo" e "Allenamento" nei punteggi di flessibilità $F(1,17)=6.69, p<.05$, che vedeva un miglioramento post-training nel gruppo QMT confermato con test post-hoc $t(12)=-5.14, p<.001$. Infine, è stata individuata una correlazione negativa tra i livelli di proNGF post-training, i quali diminuivano, e la flessibilità ideazionale $r(17)=-0.43, p<.05$ (Venditti et al., 2015).

Un secondo articolo importante nell'ambito della creatività è quello pubblicato da Ben-Soussan et al. nel 2013. Lo studio esposto nel paper indaga i cambiamenti indotti da QMT sulle funzioni cognitive e sui processi neurali sottostanti concentrandosi sull'attività e la coerenza delle onde alpha. Sono state reclutate 27 femmine destrimane senza precedenti clinici specifici ed assegnate casualmente ad uno di tre gruppi che hanno svolto una sessione di allenamento di 7 minuti. Il gruppo sperimentale ha svolto QMT, i gruppi di controllo hanno svolto Verbal Training (VT), un training identico al primo ma con risposta verbale, e Simple Motor Training (SMT), simile al QMT ma con requisiti di scelta ridotti. I cambiamenti elettrofisiologici sono stati indagati tramite EEG raccolti utilizzando una rete di sensori a 65 canali. L'analisi si è concentrata su specifiche coppie di elettrodi nelle aree frontali, temporali e parietali (F3, F4, T7, T8, P5, P6), note per il loro ruolo nella cognizione e nell'azione. Sono stati usati il Reaction Times Task (RT) per misurare la velocità di elaborazione cognitiva e la prontezza motoria, e l'Alternate Uses Task (AU) tenendo conto di fluenza e flessibilità per valutare la creatività. Sono state condotte ANOVA a due vie (Gruppo × Allenamento) sui punteggi di flessibilità e fluenza ideazionale e sui tempi di reazione log-trasformati. Gli effetti elettrofisiologici sono stati

esaminati tramite una ANOVA a quattro vie (Gruppo x Training x Emisfero x Sito Elettrodico) valutante la potenza dell'onda alpha log-trasformata, una ANOVA a quattro vie (Gruppo, Training, Emisfero, Coppia di elettrodi unilaterali [F-T, F-P, T-P]) per valutare la coerenza alpha intra-emisferica, e una ANOVA a tre vie (Gruppo, Training, Coppia di Elettrodi Bilaterali [F-F, T-T, P-P]) per valutare la coerenza alpha inter-emisferica. Per esplorare le relazioni tra gli effetti cognitivi ed elettrofisiologici sono state impiegate correlazioni di Pearson. L'ANOVA per la flessibilità ha rilevato un'interazione significativa Gruppo \times Allenamento per la flessibilità $F(2, 24)=3.8, p<.05$; con un miglioramento significativo solo nel gruppo QMT $t(8)=25.22, p<.01$. Riguardo i tempi di reazione, è stato mostrato un effetto principale significativo dell'allenamento su tutti i gruppi $F(1, 24)=14.81, p<.01$; ed un trend verso la significatività per l'interazione fra "Gruppo" e "Allenamento" $p=.06$. Gli ANOVA per valutare i processi elettrofisiologici hanno mostrato un effetto principale dell'allenamento con una riduzione generale della potenza alpha nell'emisfero sinistro $F(1, 24)=17.57, p<.001$, e un'interazione significativa fra "Gruppo" e "Allenamento" che ha evidenziato un aumento della coerenza alpha intra-emisferica $F(2, 24)=3.82, p<.05$ e interemisferica $F(2, 24)=3.87, p<.05$ solo nel gruppo QMT $t(8)=-2.68, p<.05$; $t(8)=-2.17, p=.06$ (Dotan Ben-Soussan et al., 2013).

Il terzo articolo che andiamo ad indagare, pubblicato da Ben-Soussan et al. nel 2015, tratta due esperimenti.

La prima ricerca mira a comprendere se i cambiamenti nella creatività indotti da QMT sono guidati dagli aspetti cognitivi o motori dell'allenamento. Sono state reclutate 27 studentesse destrimani senza precedenti clinici specifici e suddivise in tre gruppi che hanno partecipato a un training giornaliero di 4 settimane. I gruppi erano QMT (sperimentale), VT e SMT (controlli). Le prestazioni cognitive sono state misurate prima e dopo il periodo di allenamento tramite Alternate Uses Task, tenendo conto di fluenza e flessibilità ideazionale. Le misure sono state analizzate separatamente tramite due ANOVA a due vie (Gruppo \times Training) e test t post-hoc, condotti per analizzare i cambiamenti specifici all'interno dei gruppi. L'ANOVA per la fluenza ha mostrato un effetto principale significativo per l'Allenamento $F(1, 15)=8.80, p=.01$. I test post-hoc hanno rivelato che i punteggi di fluenza sono aumentati solo nel gruppo QMT $t(5)=-4.21, p<.01$. L'ANOVA per la flessibilità ha rilevato un effetto principale per l'Allenamento $F(1, 15)=8.01, p<.05$ e un'interazione significativa fra "Gruppo" e "Training" $F(2, 15)=5.20, p<.05$. I test post-hoc hanno indicato un aumento significativo della flessibilità solo nel gruppo QMT $t(5)=-3.20, p<.05$.

Il secondo studio è un esperimento pilota che esamina le correlazioni tra i cambiamenti nella fluenza e flessibilità ideazionale e le alterazioni strutturali cerebrali indotte da QMT. Sono state reclutate 3 donne sane, nuove alla pratica del QMT, le quali hanno effettuato 12 minuti di training giornaliero per 4 settimane. I cambiamenti cognitivi sono stati misurati tramite l'Alternate Uses Task, mentre i cambiamenti strutturali sono stati rilevati acquisendo immagini MRI e DTI prima e dopo il periodo di allenamento. Per esaminare l'evoluzione delle misure di creatività sono stati usati paired t-test. Sono state inoltre effettuate analisi di Voxel-based Morphometry (VBM) per indagare cambiamenti nella materia grigia, Tract-Based Spatial Statistics (TBSS) per le variazioni di anisotropia frazionale (FA), e correlazioni di Pearson per esplorare eventuali legami fra i cambiamenti cognitivi e anatomici. È stato osservato un aumento significativo della flessibilità $t(2)=-6.05, p<.05$, e un trend di aumento della fluenza $p=.73$. Inoltre, sono stati osservati aumenti significativi nel volume della materia grigia, localizzati nel cervelletto destro $t(2)=6.05, p<.001$ (culmen e tonsilla cerebellare) e nella regione del giro frontale medio sinistro $t(2)=5.47, p<.001$. Parallelamente, si sono registrati aumenti significativi dell'anisotropia frazionale (FA) nel peduncolo cerebellare medio $t(2)=4.83, p<.01$ e nel tratto corticospinale sinistro $t(2)=3.87, p<.05$. Le correlazioni di Pearson hanno rivelato un forte legame positivo tra i miglioramenti nella flessibilità e l'incremento del volume della materia grigia nel cervelletto destro $r(1)=0.97, p<.005$, nonché con l'incremento dell'anisotropia frazionale nel peduncolo cerebellare medio $r(1)=0.95, p<.05$ (Ben-Soussan et al., 2015).

Il quarto articolo che andremo ad indagare tratta uno studio condotto da Piervincenzi et al. nel 2017. Questo studio espone gli effetti longitudinali di QMT sulla microstruttura della materia bianca (WM) e le correlazioni riscontrate con i cambiamenti in creatività, autoefficacia percepita e motivazione. Sono stati selezionati 35 soggetti adulti, sani, destrimani e nuovi alla pratica del QMT, senza storia di uso di droghe e danni alla WM. I partecipanti hanno svolto 12 settimane di QMT giornaliero; è stato adottato un disegno longitudinale con tre punti temporali di valutazione: T0 prima dell'inizio del training, T1 dopo 6 settimane di training e T2 dopo 12 settimane di training. Il pensiero divergente è stato misurato tramite l'Alternate Uses (AU) Task, tenendo conto dei parametri di fluenza, flessibilità e originalità ideazionale. Cambiamenti nell'autoefficacia e nella motivazione sono stati misurati rispettivamente tramite la General Self-Efficacy (GSE) Scale e la Motivation (Mot) Scale. I cambiamenti microstrutturali nella WM sono stati indagati tramite DTI. Per analizzare i cambiamenti nei punteggi di creatività, autoefficacia e

motivazione nei tre punti temporali (T0, T1, T2) sono state usate ANOVA a misure ripetute sui punteggi delle sottoscale precedentemente nominate considerando il fattore “Tempo” (con tre livelli: T0, T1, T2) come fattore principale. È stata effettuata un’analisi TBSS per analizzare i cambiamenti longitudinali nei parametri di diffusione della materia bianca. Sono stati esaminati l’anisotropia frazionale (FA), la diffusività radiale (RD) e la diffusività assiale (AD). Per determinare se i cambiamenti microstrutturali nelle immagini differenziali di FA, RD e AD raccolte nei tre diversi periodi temporali fossero significativi, sono stati effettuati t-test a campioni appaiati, considerando età e genere come variabili di disturbo. Sono state effettuate correlazioni Voxelwise tra i cambiamenti nei parametri di diffusione e nei punteggi comportamentali. Sono stati riscontrati effetti principali significativi della variabile “Tempo” riguardo i punteggi di originalità $F(2, 68)=5.20, p<.05$, autoefficacia generale (GSE) $F(2, 68)=7.45, p<.005$, un aumento della FA in T1 rispetto a T0 $t(34)=5.93, p<.001$, in T2 rispetto a T0 $t(34)=4.89, p<.012$, e una diminuzione della RD a T1 rispetto a T0 $t(34)=4.11, p<.008$ ed a T2 rispetto a T0 $t(34)=4.11, p<.008$. È stata individuata una correlazione positiva tra l'aumento dei punteggi di originalità e GSE e un aumento della FA $r(34)=.46, p=.004$ e riduzione della RD $r(34)=-0.44, p=.006$ nella radiazione talamica anteriore destra. La stessa cosa (aumento $r(34)=.41, p=.009$; riduzione $r(34)=-.39, p=.015$) nel fascicolo longitudinale superiore sinistro. Tuttavia, le correlazioni non sono sopravvissute alla correzione per errori multipli, quindi i risultati sono da interpretare con cautela.

3.2 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e la cognizione spaziale

È stato anche investigato l’effetti di QMT sulla cognizione spaziale e sulla riflessività, l’esaminare pensieri e sentimenti coscienti tramite introspezione, inibendo credenze e comportamenti abituali.

L’articolo che tratteremo è stato pubblicato da Ben-Soussan et al. nel 2014 e si compone di due esperimenti. Lo studio indaga l’effetto del QMT sulla riflessività e sulla percezione spaziale. Sono state reclutate 24 partecipanti femmine, nove alla prassi motoria, ed assegnate casualmente a tre gruppi, i quali hanno svolto una sessione di allenamento di 7 minuti. Il primo gruppo, sperimentale, ha svolto QMT, mentre gli altri due gruppi di controllo hanno svolto rispettivamente VT e SMT. La riflessività e la percezione spaziale sono state indagate usando l’Hidden Figures Test (HFT), somministrato ai partecipanti prima e dopo l’allenamento. È stata condotta un’ANOVA a due vie (Gruppo \times Tempo) e

successivi t-test post-hoc sui punteggi HFT corretti. È stata individuata un'interazione significativa fra "Gruppo" e "Tempo" $F(2, 21)=5.95, p<.01$, dove il gruppo QMT ha mostrato un aumento significativo nelle risposte corrette $t(8)=-2.86, p<.05$ a differenza dei due gruppi di controllo, i cui punteggi sono rimasti invariati. È stata inoltre riscontrata una correlazione positiva tra cambiamento nelle risposte corrette e latenza di risposta ($\log(RT)$) $r(35)=.36, p<.05$.

Il secondo studio esposto nell'articolo mira a valutare l'effetto di QMT sulla riflessività e i cambiamenti elettrofisiologici in maschi e femmine. Sono stati selezionati 37 partecipanti, sia maschi che femmine, nuovi alla pratica di QMT. È stato effettuato un disegno pre-post con misurazioni EEG a riposo, utilizzate per misurare la coerenza tra i segnali nelle bande theta, alpha e gamma e le performance nell'HFT prima e dopo una singola sessione di QMT. È stata condotta un'ANOVA a due vie (Genere \times Training) sui punteggi HFT, e sei ANOVA separate per la coerenza intra-emisferica nelle bande theta, alpha e gamma (Genere \times Training \times Emisfero \times Coppia di elettrodi [F-T, F-P, T-P]) e per la coerenza inter-emisferica (Genere \times Training \times Coppia di elettrodi bilaterali [F-F, C-C, T-T, P-P]). Riguardo agli aspetti cognitivi, è stato trovato un effetto principale significativo del Training $F(1, 35)=9.57, p<.005$ per il numero di rilevamenti corretti nell'HFT, i risultati post-hoc lo hanno confermato per le femmine $t(16)=-2.86, p<.05$. Per quanto riguarda i risultati elettrofisiologici, sono state riscontrate interazioni significative tra "Genere" e "Training" per la coerenza intra-emisferica nelle bande theta $F(1, 35)=11.32, p<.005$, in cui le femmine hanno mostrato un aumento significativo $t(16)=-2.56, p<.05$ e i maschi una riduzione $t(19)=2.57, p<.05$; e nelle bande alpha $F(1, 35)=7.22, p<.05$, con un aumento significativo della coerenza nelle femmine $t(16)=-2.02, p<.05$ e una riduzione nei maschi $t(19)=1.76, p<.05$. Nella coerenza inter-emisferica è stata riscontrata un'interazione fra "Genere" e "Allenamento" per le bande theta $F(1, 35)=11.05, p<.005$ e alpha $F(1, 35)=5.92, p<.05$. Le femmine hanno mostrato un aumento significativo della coerenza inter-emisferica nella banda theta $t(16)=-2.46, p<.05$, mentre nei maschi si è verificata una riduzione significativa sia nella banda theta $t(19)=2.74, p<.05$ che nella banda alpha $t(19)=1.81, p<.05$. È stata inoltre riscontrata un'interazione fra "Genere", "Allenamento" e "Coppia di Elettrodi" per le bande gamma $F(3, 105)=3.01, p<.05$, dove solo il gruppo femminile ha mostrato un aumento significativo della coerenza gamma inter-emisferica temporale dopo l'allenamento $t(16)=-2.16, p<.05$ (Ben-Soussan, Berkovich-Ohana, et al., 2014).

3.3 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e la percezione temporale

Il primo studio che andremo ad indagare riguardo la produzione temporale è presente in un articolo di Ben-Soussan e Glicksohn pubblicato nel 2018. L'obiettivo dello studio è esaminare gli effetti di QMT sulla produzione temporale (TP) in lettori adulti dislessici e non, focalizzandosi sulle differenze dipendenti dal genere. Sono stati reclutati 19 donne e 10 uomini ebrei, di cui 5 e 5 dislessici. I partecipanti hanno svolto 28 giorni di allenamento quotidiano suddivisi in due gruppi, QMT e VT. La produzione temporale è stata indagata tramite il Time Production (TP) task con Durate Obiettivo di 4, 8, 16 e 32 secondi. I tempi prodotti (P) e i tempi target (T) sono stati trasformati in scala logaritmica (base 2), e sono stati esaminati tre parametri: Media $\log(P)$, pendenza di $\log(P)$ regredito su $\log(T)$ e intercetta della linea di regressione. Sono state condotte tre ANOVA separate a misure ripetute a quattro fattori, Gruppo [Dislessici assegnati al QMT, Controlli assegnati al QMT, Controlli assegnati al VT], Genere, Allenamento e Durata Target [variabile indipendente intra-soggetto]. Sono stati inoltre svolti t-test post-hoc per indagare differenze nelle durate prodotte tra i generi e i gruppi pre e post-training. L'ANOVA a misure ripetute ha mostrato un effetto principale significativo della variabile "Durata Target" $F(3, 63)=1,481.26, p<.001$, indicando che all'aumento del target temporale da riprodurre, tutti i partecipanti producevano durate più lunghe in maniera significativa. È stata riscontrata un'interazione significativa tra "Gruppo", "Genere" e "Tempo" $F(2, 23)=3.85, p<.05$ per la media $\log(P)$. Le donne dislessiche hanno mostrato un allungamento significativo della durata prodotta post-QMT $t(4)=-3.80, p<.05$, mentre le donne del gruppo di controllo hanno mostrato una riduzione della durata prodotta $t(6)=2.56, p<.05$. È stata inoltre riscontrata un'interazione significativa tra "Durata Target" e "Genere" $F(3, 63)=3.86, p<.05$, con i maschi che tendevano a produrre durate più lunghe rispetto alle femmine per le durate target più lunghe (16 e 32 secondi). È stato delineato un effetto principale significativo per la variabile Gruppo sui valori di Intercetta $F(2,23)=3.58, p<.05$, con i dislessici assegnati al QMT e i controlli assegnati al QMT che avevano intercette più basse rispetto al controllo assegnato al VT, il quale tendeva a produrre durate temporali più lunghe dei target (Ben-Soussan & Glicksohn, 2018).

Il secondo studio indagato, incentrato sulla produzione temporale è descritto in un articolo pubblicato da Ben-Soussan et al. nel 2019. Questo studio esamina come la pratica avanzata di due forme di *Mindful Movement* (MM), QMT e Aikido, influenzi la Produzione Temporale (TP) e la coordinazione interarticolare omolaterale, oltre a

valutare se esista un'eventuale relazione fra le due abilità. Sono stati reclutati 34 adulti sani, di cui 11 praticanti di Aikido, 9 praticanti avanzati di QMT e 14 controlli non attivi fisicamente, suddivisi in 3 gruppi in base alla loro condizione, utilizzando un disegno osservazionale misto. I partecipanti sono stati sottoposti a un Time Production (TP) task e a un Homolateral Interlimb Coordination task, in cui eseguivano movimenti ciclici di flessione ed estensione della mano e del piede, in due modalità di coordinazione (in-phase e anti-phase) a tre diverse velocità (80, 120, 180 bpm). È stata condotta un'ANOVA a misure ripetute per esaminare gli effetti della variabile Gruppo sulle produzioni temporali, analizzate in forma logaritmica: \log_{24} , \log_{28} , \log_{216} , \log_{232} (variabile intra-soggetto). Sono stati usati test di Kruskal-Wallis (ANOVA non parametriche) per valutare le differenze di performance nelle varie condizioni di coordinazione interarticolare omolaterale tra i gruppi. Per esaminare le relazioni tra TP e coordinazione sono state usate correlazioni di Kendall tau-b. La prima ANOVA ha mostrato effetti principali significativi nella produzione dei diversi intervalli temporali per la variabile Gruppo $F(2, 27)=3.48$, $p<.05$; post-hoc, il gruppo QMT ha mostrato un tempo di produzione significativamente migliore e più lungo in opposizione al gruppo Aikido $t(17)=2.79$, $p=.013$, mentre riguardo la variabile TP $F(3, 81)=587.19$, $p<.0001$, i partecipanti tendevano a commettere errori maggiori quando cercavano di produrre intervalli di tempo più lunghi. Le ANOVA non parametriche hanno rivelato differenze significative tra i gruppi nelle condizioni di coordinazione anti-phase $H(2)=7.29$, $p=.026$ e in-phase $H(2)=6.57$, $p=.037$. Post-hoc sono stati effettuati U-test di Mann-Whitney ed il gruppo QMT ha mostrato una coordinazione significativamente migliore rispetto agli altri (Condizione Anti-phase: QMT vs. Controlli $U=23.5$, $p=.013$; QMT vs. Aikido $U=24.0$, $p=.017$; Condizione In-phase: QMT vs. Controlli $U=25.0$, $p=.019$; QMT vs. Aikido $U=26.0$, $p=.022$). Sono state inoltre individuate correlazioni positive significative tra la precisione della produzione temporale e la qualità della coordinazione nei movimenti di Right Anti-phase (RAP) $\tau_b=.320$, $p=.007$ e Left In-phase (LIP) $\tau_b=.255$, $p=.024$ (Ben-Soussan et al., 2019).

3.4 Analisi delle ricerche esistenti sul QMT e l'attenzione

In questo paragrafo è riportato il secondo studio condotto da Venditti e collaboratori nel 2015, che esplora ulteriormente gli importanti risultati ottenuti nell'ambito dell'attenzione. L'obiettivo dell'elaborato è quello di esaminare l'effetto di QMT sulla creatività, sulle funzioni metacognitive e sui livelli di proNGF. Il disegno sperimentale è

simile a quello presente nel primo studio, con alcune differenze fondamentali. Hanno partecipato 20 bambini, nuovi a QMT. Il gruppo di controllo non ha svolto alcun training durante il periodo di allenamento. Per valutare la creatività è stato usato il Torrance Test of Creative Thinking (TTCT), per le funzioni esecutive il Random Number Generation (RNG) task e i sottotest relativi alla pianificazione e all'attenzione tratti dal Cognitive Assessment System (CAS). Per testare post-trattamento l'effetto del gruppo (QMT vs. Controllo) contemporaneamente sui punteggi cognitivi e i livelli di proNGF (variabili dipendenti), è stata applicata un'analisi della varianza multivariata (MANOVA), seguita da successive ANOVA condotte separatamente per ciascuna variabile dipendente (es. creatività, attenzione), oltre a correlazioni bivariate di Pearson tra le variazioni nei livelli di proNGF e le prestazioni cognitive. Per tenere conto delle differenze preesistenti tra i partecipanti prima dell'intervento, è stato usato il metodo della variabile regressore, considerando le misure post-trattamento come variabili dipendenti e le misure basali come covariate. Questo metodo serve a controllare le differenze iniziali tra i gruppi, permettendo di isolare l'effetto dell'intervento. La MANOVA ha mostrato un trend verso la significatività riguardo la variabile Gruppo $p=.063$, non rivelato dalle ANOVA successive, ad eccezione di un effetto principale significativo per la variabile indipendente Gruppo sulla variabile dipendente "Attenzione" $F(1, 10)=10.99, p=.008$, che indica un miglioramento dell'attenzione nel gruppo sperimentale rispetto al controllo. Tuttavia, ulteriori ANOVA con covariate pre-intervento non hanno confermato effetti significativi di gruppo, indicando che i risultati potrebbero essere stati influenzati dalle differenze iniziali fra i partecipanti. È stata riscontrata una correlazione negativa fra la flessibilità ideazionale, l'updating della memoria di lavoro, l'abilità di pianificazione, che sono migliorati, ed i livelli di proNGF $r(3)=-0.96, p=.004; r(3)=-0.96, p=.004; r(3)=-0.95, p=.005$.

3.5 Limitazioni degli studi e potenziali bias

Sono diversi i limiti che caratterizzano gli scritti indagati precedentemente, di seguito verranno riportati i più rilevanti considerando la loro ricorrenza in più ricerche sperimentali, il loro peso sull'integrità degli studi e la conseguente influenza sui risultati. Un campione piccolo e sbilanciato, consistente in un numero di partecipanti ridotto e non equamente distribuito tra i gruppi di intervento e controllo. Esso riduce la generalizzabilità dei risultati, il poter applicare le conclusioni dello studio ad una

popolazione più ampia, la potenza statistica, la probabilità di rilevare effetti significativi, aumentando il rischio di errori statistici e la validità interna dello studio (Venditti et al. 2015, Ben-Soussan et al. 2013, Ben-Soussan et al. 2015, Ben-Soussan et al. 2014, Ben-Soussan et al. 2018, Ben-Soussan et al. 2019).

Un'altra limitazione rilevante risiede in un follow-up a breve termine o mancante, ossia il monitoraggio dei partecipanti dopo l'intervento iniziale per valutarne gli effetti a lungo termine. Ciò non fornisce informazioni sulla sostenibilità, il diminuire o lo svilupparsi dei cambiamenti cognitivi nel tempo (Ben-Soussan et al. 2013, Piervincenzi et al. 2017, Ben-Soussan et al. 2014, Ben-Soussan et al. 2018).

Un aspetto critico riguarda la mancanza di un'analisi approfondita delle variazioni nei risultati tra diversi generi. Ciò limita la capacità di determinare se gli stessi effetti si verificano anche in altri sessi (Ben-Soussan et al. 2013, Ben-Soussan et al. 2018, Ben-Soussan et al. 2019).

Inoltre, esaminare una durata limitata di sessioni o una singola sessione di allenamento, rilevante in particolare per i marcatori neurobiologici e le funzioni cognitive, non consente di indagare adeguatamente gli effetti a lungo termine, né di stabilire se i benefici osservati siano duraturi e significativi (Ben-Soussan et al. 2013, Venditti et al. 2015, Ben-Soussan et al. 2014).

Infine troviamo l'assenza di gruppo di controllo. Tale mancanza non consente di isolare gli effetti specifici dell'intervento, influenzando la validità interna dei risultati (Ben-Soussan et al. 2013, Ben-Soussan et al. 2015, Piervincenzi et al. 2017) (Kazdin, 2022).

4. Conclusioni

4.1 Sintesi dei risultati

L'analisi approfondita degli effetti di QMT sulle funzioni cognitive precedentemente riportate ha rivelato un vasto potenziale di applicazione e, anche grazie all'analisi dei limiti degli studi indagati, sono state delineate molteplici direzioni future per la ricerca, le principali sono le seguenti.

Riguardo l'azione di QMT sulla creatività è stato osservato come a partire da brevi periodi di pratica la prassia ha migliorato significativamente la fluenza e la flessibilità ideativa nei partecipanti, con una corrispondente diminuzione dei livelli di proNGF.

Inoltre, ha potenziato le funzioni cognitive e i processi neurali, aumentando in particolare la coerenza delle onde alfa e riducendo i tempi di reazione. I cambiamenti nella creatività indotti dal QMT sono legati sia agli aspetti cognitivi che motori dell'allenamento, e tali miglioramenti sono stati correlati a cambiamenti strutturali nel cervello, in particolare nel cervelletto e nel tratto corticospinale. Già nei primi tre mesi di pratica, si sono osservati significativi cambiamenti microstrutturali nella sostanza bianca, associati a un aumento dell'originalità, dell'autoefficacia e della motivazione.

Nel contesto della cognizione spaziale, è stato osservato come la cognizione spaziale e la riflessività dei partecipanti siano influenzate positivamente da un breve periodo di QMT. È stato inoltre osservato che gli effetti neurofisiologici associati a tali cambiamenti sono distinti in base al genere. Le femmine hanno visto un aumento della coerenza elettrofisiologica intra- e inter-emisferica nelle bande theta, alpha e gamma, mentre nei maschi ne è stata osservata una riduzione.

Riguardo la percezione del tempo dopo un mese di QMT, la precisione nel riprodurre le durate temporali prestabilite migliora, con effetti che variano in base al genere e alla dislessia: le partecipanti donne dislessiche producono durate più lunghe dopo l'allenamento, mentre i partecipanti maschi tendono ad allungare le durate per obiettivi temporali più estesi. Inoltre, si osserva una produzione temporale più lunga e accurata, accompagnata da una coordinazione significativamente migliorata nelle condizioni in-phase e anti-phase.

Dopo un mese di allenamento della prassia è stato anche notato un miglioramento dell'attenzione, che tuttavia richiede ulteriori conferme.

4.2 Direzioni future della ricerca e considerazioni finali

L'analisi approfondita degli effetti di QMT sulle funzioni cognitive precedentemente riportate ha rivelato un vasto potenziale di applicazione e, anche grazie all'analisi dei limiti degli studi indagati, sono state delineate molteplici direzioni future per la ricerca, le principali sono le seguenti.

Adoperare QMT in contesti clinici ed educativi permetterebbe sfruttarne i benefici cognitivi e motori. La prassia rappresenta un orizzonte verso il miglioramento cognitivo in contesti normali e patologici. Dati i successi delle precedenti ricerche nel migliorare la connettività microstrutturale della sostanza bianca, acquisisce importanza esaminare ulteriormente il potenziale neuro-riabilitativo di QMT. La tecnica si dimostra un

promettente candidato all'interno della terapia di individui affetti da patologie neurologiche degenerative come il Parkinson e l'Alzheimer, o altre condizioni compromettenti il controllo cognitivo e motorio. La sua facilità di esecuzione e la possibilità di praticarlo in spazi ristretti lo rendono un trattamento non invasivo accessibile a una vasta gamma di pazienti.

Inoltre, testare la tecnica usando nuove misure cognitive, applicandola a domini cognitivi diversi da quelli già esaminati come la memoria e le funzioni esecutive, nonché condurre studi comparativi tra QMT e altre pratiche di mindfulness, ed esplorare più a fondo i correlati neurali sottostanti i suoi effetti, consentirebbe di comprendere meglio l'influenza della prassia sulle funzioni cognitive e l'attività cerebrale sottostante.

La prassia potrebbe beneficiare dello sviluppo di protocolli specifici per età, sia differenti per struttura, così da rendere la popolazione di praticanti agevolata nello svolgere la tecnica, che per differenti capacità cognitive e motorie caratterizzanti le diverse fasi della vita. La personalizzazione dell'allenamento per bambini, adulti e anziani potrebbe ottimizzare i benefici della tecnica.

In conclusione QMT rappresenta un'affascinante ed eclettica prospettiva, dall'importanza notevole nella riabilitazione neuropsicologica e nel progresso cognitivo. La prassia si è dimostrata contribuire al benessere e alla qualità della vita. Affrontare le sfide attuali e future con determinazione e creatività, dischiuderà molte opportunità per approfondire la comprensione dei campi di applicazione e delle prospettive di questa tecnica.

Riferimenti Bibliografici

- Bekius, A., Cope, T. E., & Grube, M. (2016). The Beat to Read: A Cross-Lingual Link between Rhythmic Regularity Perception and Reading Skill. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*, 425. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00425>
- Ben-Soussan, T. D., Avirame, K., Glicksohn, J., Goldstein, A., Harpaz, Y., & Ben-Shachar, M. (2014). Changes in cerebellar activity and inter-hemispheric coherence accompany improved reading performance following Quadrato Motor Training. *Frontiers in Systems Neuroscience, 8*. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00081>
- Ben-Soussan, T. D., Berkovich-Ohana, A., Glicksohn, J., & Goldstein, A. (2014). A suspended act: Increased reflectivity and gender-dependent electrophysiological

- change following Quadrato Motor Training. *Frontiers in Psychology*, 5.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00055>
- Ben-Soussan, T. D., Berkovich-Ohana, A., Piervincenzi, C., Glicksohn, J., & Carducci, F. (2015). Embodied cognitive flexibility and neuroplasticity following Quadrato Motor Training. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01021>
- Ben-Soussan, T. D., & Glicksohn, J. (2018). Gender-Dependent Changes in Time Production Following Quadrato Motor Training in Dyslexic and Normal Readers. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 12, 71.
<https://doi.org/10.3389/fncom.2018.00071>
- Ben-Soussan, T. D., Glicksohn, J., De Fano, A., Mauro, F., Marson, F., Modica, M., & Pesce, C. (2019). Embodied time: Time production in advanced Quadrato and Aikido practitioners. *PsyCh Journal*, 8(1), 8–16. <https://doi.org/10.1002/pchj.266>
- Caserta, M., Ben-Soussan, T. D., Vetriani, V., Venditti, S., & Verdone, L. (2019). Influence of Quadrato Motor Training on Salivary proNGF and proBDNF. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 58. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00058>
- Clay, V., König, P., & König, S. U. (2019). Eye tracking in virtual reality. *Journal of Eye Movement Research*, 12(1), Articolo 1. <https://doi.org/10.16910/jemr.12.1.3>
- Colby, C. L. (2009). Spatial Cognition. In L. R. Squire (A c. Di), *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 165–171). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.01120-7>
- De Fano, A., Leshem, R., & Ben-Soussan, T. D. (2019). Creating an Internal Environment of Cognitive and Psycho-Emotional Well-Being through an External Movement-Based Environment: An Overview of Quadrato Motor Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2160.
<https://doi.org/10.3390/ijerph16122160>

- Diamond, A., & Ling, D. S. (2019). Aerobic-Exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 37, 100572. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.05.001>
- Dietrich, A., & Kanso, R. (2010). A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological Bulletin*, 136(5), 822–848. <https://doi.org/10.1037/a0019749>
- Dotan Ben-Soussan, T., Glicksohn, J., Goldstein, A., Berkovich-Ohana, A., & Donchin, O. (2013). Into the Square and out of the Box: The effects of Quadrato Motor Training on Creativity and Alpha Coherence. *PLoS ONE*, 8(1), e55023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055023>
- Erwin, A. K., Tran, K., & Koutstaal, W. (2022). Evaluating the predictive validity of four divergent thinking tasks for the originality of design product ideation. *PLOS ONE*, 17(3), e0265116. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265116>
- Farmer, T. A., & Matlin, M. W. (2019). *Cognition* (Tenth edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Jacobs, R. L., Byrd, D. M., & High, W. R. (1985). Computerized Testing: The Hidden Figures Test. *Journal of Educational Computing Research*, 1(2), 173–178. <https://doi.org/10.2190/8V89-AF7R-UREA-DEGF>
- Kazdin, A. E. (2022). *Research Design in Clinical Psychology* (Fifth edition). Cambridge University Press.
- Le Poidevin, R. (2019). The Experience and Perception of Time. In E. N. Zalta (A c. Di), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2019). Metaphysics Research

- Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2019/entries/sime-experience/>
- LeDoux, J. E. (1998). *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life* (1st. Touchstone ed). Simon & Schuster.
- Marko, M., Michalko, D., & Riečanský, I. (2019). Remote associates test: An empirical proof of concept. *Behavior Research Methods*, *51*(6), 2700–2711. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1131-7>
- Michael W. Eysenck & Keane Mark T. (2020). *Cognitive Psychology A Students Handbook* (eight edition). Psychology Press Taylor & Francis Group.
- Mioni, G., Stablum, F., McClintock, S. M., & Grondin, S. (2014). Different methods for reproducing time, different results. *Attention, perception & psychophysics*, *76*(3), 675–681. <https://doi.org/10.3758/s13414-014-0625-3>
- Oliveira, E., Almeida, L., Ferrándiz, C., Ferrando, M., Sainz, M., & Prieto, M. D. (2009). [Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT): Elements for construct validity in Portuguese adolescents]. *Psicothema*, *21*(4), 562–567.
- Paoletti, P. (2008). *Crescere nell'eccellenza: La pedagogia per il terzo millennio: idee e tecniche per il miglioramento continuo*. Armando Publishing.
- Piervincenzi, C., Ben-Soussan, T. D., Mauro, F., Mallio, C. A., Errante, Y., Quattrocchi, C. C., & Carducci, F. (2017). White Matter Microstructural Changes Following Quadrato Motor Training: A Longitudinal Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 590. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00590>
- Venditti, S., Verdone, L., Pesce, C., Tocci, N., Caserta, M., & Ben-Soussan, T. D. (2015). Creating Well-Being: Increased Creativity and proNGF Decrease following Quadrato Motor Training. *BioMed Research International*, *2015*, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2015/275062>

