



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

**Corso di laurea Magistrale in Neuroscienze e
Riabilitazione Neuropsicologica**

Tesi di Laurea Magistrale

**Il *Biofeedback* della Variabilità della Frequenza Cardiaca per
l'Ottimizzazione della *Performance* Sportiva**

The Role of Heart Rate Variability Biofeedback in Optimizing Sport Performance

**Relatrice
Prof.ssa Marta Ghisi**

**Correlatrice
Dott.ssa Alessandra Pecunioso**

**Laureando:
Leonardo Di Puccio
Matricola
1230597**

Anno Accademico 2019/2020

A Bernardo, a cui non dedico questa tesi, ma tutta la Mia Vita

INDICE

Introduzione	5
1. La psicologia e psicofisiologia dello sport e la performance sportiva.....	7
1.1 Il modello biopsicosociale	7
1.2 La psicologia dello sport.....	8
1.2.1 Definizione e obiettivi della psicologia dello sport	8
1.3 La psicofisiologia	9
1.4 Il miglioramento della performance sportiva.....	10
1.4.1 La <i>peak performance</i>	12
1.4.2 Modello IZOF: un approccio idiografico	14
1.4.2 <i>Mental training</i>	22
1.4.3 Le Tecniche psicofisiologiche per l'ottimizzazione della <i>performance</i>	26
2. Il biofeedback e la sua applicazione in ambito sportivo.....	29
2.1 . Il Biofeedback e il Biofeedback training.....	29
2.1.1 Definizione.....	29
2.1.2 Meccanismi di funzionamento del BFT	30
2.1.3 Il condizionamento delle funzioni autonome.....	31
2.1.4 Efficacia del BFT	34
2.1.5 Ambiti applicativi.....	35
2.2 Il BFT nello sport.....	38
2.2.1 Il BFT multimodale: un approccio integrato per il miglioramento della <i>performance</i>	40
3. HRV-Biofeedback training e il miglioramento della performance sportiva ...	41
3.1 HRV.....	41
3.1.1 Definizione e misurazione dell'HRV	41
3.1.2 Il SNA e la relazione con il sistema cardiovascolare.....	42
3.1.3 Analisi nel dominio delle frequenze.....	44
3.1.3.1 Banda HF	45
3.1.3.2 Banda LF	45
3.1.3.3 Banda VLF.....	46
3.1.3.4 Banda ULF.....	46

3.1.3.5 Rapporto LF/HF.....	46
3.1.4 Analisi nel dominio del tempo	47
3.1.4.1 SDNN	47
3.1.4.2 RMSSD.....	47
3.1.4.3 pNN50.....	48
3.1.4.4 HR MAX – HR MIN HR.....	48
3.2 l’HRV e la sua influenza nell’interazione cognitivo-emozionale	48
3.2.1 Il modello di Integrazione Neuroviscerale.....	48
3.2.2 HRV e benessere psicofisico.....	50
3.2.3 HRV- <i>Biofeedback Training</i>	52
3.3 Efficacia dell’HRV-BFT per miglioramento della <i>performance</i> nello <i>sport</i>	53
3.3.1 HRV BFT nello <i>sport</i>	54
3.3.2 I primi studi sull’efficacia dell’applicazione dell’HRV BFT nello <i>sport</i>	55
3.3.2. Protocolli sperimentali con una maggiore scientificità.....	57
3.3.2.1 Efficacia dell’HRV BFT per il miglioramento della performance nel basketball.....	60
3.3.2.2 Efficacia dell’HRV-BFT per il miglioramento della performance sportiva nel podismo	62
3.4 Discussione e conclusioni	63
3.4.1 Sviluppi futuri	67
Bibliografia	70

Introduzione

Per mezzo dello sviluppo della psicologia dello *sport*, l'atleta inizia a essere considerato in una concezione più globale. I risultati in letteratura hanno evidenziato l'importanza dei processi mentali nella messa in atto della prestazione sportiva (Green & Benjamin, 2009). La psicologia dello *sport* ha quindi iniziato a occuparsi dell'identificazione dei fattori psicologici sottostanti la *performance* sportiva (Griffith, 1930) e alle tecniche funzionali al raggiungimento di quella che la letteratura definisce *peak performance* (Kimiecik & Jackson, 2002). Tutto ciò in una prospettiva dove la *performance* viene considerata in una chiave olistica e integrata a cui sottende la sinergia tra aspetti psicologici e fisici. Negli ultimi 20 anni il crescente interesse per l'allenamento mentale, unito a quello per la psicofisiologia, ha spinto gli studiosi a individuare i processi fisiologici che hanno un'influenza sui processi psicologici sottostanti la prestazione sportiva e, quindi, l'implementazione delle tecniche per giungere all'ottimizzazione di quest'ultima (Hatfield & Landers, 1987). Tra le tecniche più utilizzate nel campo della psicofisiologia dello *sport* troviamo il *biofeedback training*.

Il *biofeedback training* è una tecnica psicofisiologica che permette agli individui di acquisire consapevolezza delle funzioni regolate dal sistema nervoso autonomo e successivamente insegna a controllare tali funzioni al fine di migliorare la *performance* e la salute (Schwartz & Andrasik, 2003). Il *biofeedback training* nel contesto sportivo trova il suo utilizzo come integrazione alle classiche procedure di *mental training*. Il meccanismo psicofisiologico alla sua base può essere utile per contrastare i meccanismi disfunzionali per la prestazione dell'atleta (Cacioppo et al., 2007), permettendo il raggiungimento di uno stato psicofisico ottimale che può facilitare la *peak performance* (Blumenstein & Orbach, 2014). Questa tecnica utilizza le moderne tecniche del monitoraggio psicofisiologico. Le variabili fisiologiche più utilizzate in questo campo sono quelle provenienti dall'elettroencefalografia, dall'elettrocardiografia, dalla rilevazione della conduttanza cutanea e dalla respirazione (Di Fronso et al, 2017).

In questo elaborato viene analizzato uno specifico indice fisiologico utilizzato nell'ambito del *biofeedback training*, ovvero la variabilità della frequenza cardiaca. Tramite un'indagine esplorativa si indaga il meccanismo che mette in relazione le variazioni della variabilità della frequenza cardiaca al benessere psicofisico e, per mezzo di un'analisi della letteratura, si intende valutare il livello di efficacia del *biofeedback training* della variabilità della frequenza nel migliorare la *performance* sportiva.

Nel primo capitolo si descrive l'approccio teorico in cui si contestualizza la psicologia e la psicofisiologia dello *sport*. Essendo il miglioramento della *performance* uno dei principali obiettivi di queste discipline viene analizzato il concetto di *peak performance* e l'importanza dell'approccio idiografico con cui si mira al raggiungimento di questa condizione psicofisica.

Inoltre, vengono analizzate le abilità mentali fondamentali per una prestazione ottimale e le tecniche cognitive implementate per l'ottimizzazione della *performance*, con uno specifico riferimento al *mental training*. Infine, vengono introdotte le tecniche psicofisiologiche per l'ottimizzazione della *performance* sportiva. Nel secondo capitolo il *focus* si restringe su una specifica tecnica psicofisiologica, il *biofeedback training*. Nello specifico, viene descritto il meccanismo attraverso il quale tale tecnica permette il condizionamento delle funzioni autonome, così come gli ambiti applicativi in cui il *biofeedback training* risulta efficace nell'apportare contributi benefici a livello clinico. Infine, viene introdotto il suo ruolo nel miglioramento della *performance* sportiva tramite l'integrazione con le metodologie di *mental training*.

Nel terzo capitolo si definisce una delle misure utilizzate per l'applicazione del *biofeedback training*, ovvero la variabilità della frequenza cardiaca. Nella prima parte si tratterà la relazione che intercorre tra il sistema nervoso autonomo e la variabilità della frequenza cardiaca. In seguito, si descrivono le modalità di rilevazione e di analisi di questo indice. La seconda parte del capitolo delinea il modello di integrazione neuroviscerale che spiega la relazione che intercorre tra la variabilità della frequenza cardiaca e la regolazione cognitiva, emotiva e vegetativa necessarie alla messa in atto di un comportamento funzionale. Viene quindi evidenziato il ruolo della variabilità della frequenza cardiaca nel modulare i disturbi psicopatologici e, allo stesso tempo, della sua importanza per il benessere psicofisico. Infine, viene descritto il ruolo del *biofeedback training* nel miglioramento dei valori relativi alla variabilità della frequenza cardiaca e come questo possa essere efficace nel migliorare la prestazione sportiva. Vengono così descritti dei protocolli sperimentali che utilizzano il *biofeedback training* della variabilità della frequenza cardiaca in atleti provenienti da diversi sport.

Si conclude con una discussione finale, in cui viene proposta un'interpretazione dei risultati emersi dall'analisi della letteratura e vengono individuati i limiti della ricerca così come le prospettive per gli sviluppi futuri.

1. La psicologia e psicofisiologia dello sport e la *performance* sportiva

1.1 Il modello biopsicosociale

Il modello più comunemente utilizzato negli ultimi 300 anni nell'ambito della salute della persona è il modello biomedico. Tale approccio è stato spesso accusato di essere riduzionista, in quanto definisce la malattia limitatamente agli aspetti biologici e somatici, senza tenere conto degli aspetti psicologici della persona (Engel, 1977). Esso si fonda sul dualismo Cartesiano "mente-corpo" che prevede una netta separazione tra il cervello, responsabile dei processi mentali e cognitivi, e il corpo responsabile degli aspetti motori e percettivi (Hugdahl, 1995).

Nel corso degli anni si sono però sviluppati approcci alternativi che avevano l'obiettivo di superare il riduzionismo e il dualismo mente-corpo tipico del modello biomedico. Già nel 400 a.C., Ippocrate, tuttora considerato il padre della medicina, era solito curare la persona tendendo in considerazione una moltitudine di aspetti, tra cui la struttura corporea, l'alimentazione, gli elementi psicologici e le relazioni interpersonali, e non solo la malattia organica (Zunino et al., 2005). Il suo approccio era caratterizzato dal considerare l'individuo nella sua globalità. L'essere umano assumeva quindi una dimensione unitaria e psico-somatica (Cosmacini, 2016). Ippocrate può essere quindi definito il precursore di quello che viene considerato un modello di tipo olistico. La dottrina olistica afferma infatti che i sistemi fisici, biologici e sociali devono essere rappresentati e studiati come un "tutto" e non come un insieme di parti: la persona viene analizzata come un sistema unitario composto dalle relazioni tra mente e corpo e quindi tra emozione, cognizione, percezione, aspetti motori e comportamento (Wyllema & Rosier, 2016). Contemporaneamente al modello olistico, è stato proposto il modello biopsicosociale (BPS; Engel, 1977) secondo cui il funzionamento umano è definito come il risultato di un'interconnessione tra gli aspetti biologici (fisici), psicologici (mentali e cognitivi) e sociali (Wickramasekera et al., 1996). Di conseguenza, la condizione di salute o di malattia era il risultato dell'interazione di questi tre fattori. Pertanto, Engel ha permesso di mettere in luce il concetto di una realtà complessa e, sebbene la semplificazione possa risultare utile al fine di un'analisi e di uno studio, per arrivare alla reale comprensione dell'individuo e degli eventi risulta necessaria l'analisi di ogni esperienza come se fosse unica attraverso un approccio multifattoriale caratterizzato da una visione globale. Ad esempio, nell'ambito clinico, ogni disturbo dovrebbe includere lo studio dell'individuo stesso, del suo corpo e del suo ambiente circostante e tutte queste variabili dovrebbero essere considerate delle componenti essenziali di quello che è il "sistema totale" (Fava & Sonino, 2007). La psicologia e la psicofisiologia si sono sviluppate a partire dagli assunti teorici del modello BPS e, difatti, sono

caratterizzate da un orientamento interdisciplinare che enfatizza livelli multipli di analisi (Blascovich et al., 2003; Havelka et al., 2009).

Il presente elaborato si focalizza su una delle branche della psicologia, la psicologia dello *sport*. Nel seguente paragrafo viene proposta un'analisi di come, anche in questa disciplina, sia fondamentale analizzare l'essere umano nella sua multidimensionalità e di come le variabili inter- e intra-personali possano governare la prestazione sportiva.

1.2 La psicologia dello *sport*

L'attività motoria, l'esercizio fisico e l'attività sportiva sono spesso considerate come mera espressione delle componenti motorie gestite dall'apparato muscolo scheletrico. Nello *sport* la concezione comune è che per una prestazione ottimale sia necessario un corpo prestante, così come una prestazione ideale derivi da un miglioramento prettamente muscolare, difatti in molti studi l'obiettivo è quello di individuare come la tipologia di fibre muscolari e la composizione corporea possa influenzare le variabili di *performance* (Bale, 1991; Horowitz et al., 1994). Negli ultimi anni, con la nascita della psicologia dello *sport*, il *focus* si è spostato su un elemento fondamentale, ovvero la mente (Green & Benjamin, 2009). L'approccio della psicologia dello *sport* ha per definizione analogie con il modello BPS, precedentemente descritto, e considera quindi l'essere umano in una chiave olistica e integrata. L'ambito sportivo ha continuato a concentrarsi sugli aspetti fisici ma ha comunque saputo comprendere l'importanza di integrare gli aspetti mentali e psicologici. La letteratura ha sottolineato il ruolo esercitato dalla mente sull'attività fisica, così come l'importanza che quest'ultima ha assunto sulle modificazioni mentali (Ekkekakis, 2003; Vilhjalmsson & Thorlindsson, 1992). Il modello BPS sottolinea come l'intervento psicologico debba mirare alla salute globale dell'individuo e considerare la prestazione sportiva come una determinante di aspetti biologici-fisiologici, psicologici e sociali-relazionali. Da questa ricerca dell'essere umano funzionale, il cui funzionamento deriva dalla dinamica relazione tra aspetti corporei e mentali, è nata la disciplina della psicologia dello *sport* (Cammarata & Militello, 2021)

1.2.1 Definizione e obiettivi della psicologia dello *sport*

Ad oggi, la psicologia dello *sport* e dell'esercizio ha assunto un ruolo specifico nel mondo delle scienze psicologiche ed è diventata una disciplina scientifica studiata nel mondo accademico a livello globale. Essa è stata definita come lo studio scientifico dei fattori psicologici legati alla partecipazione e alla prestazione sportiva, nell'esercizio, e in altre tipologie di attività fisica

(American Psychological Association, 2009, p.4). La ricerca riguardante i fenomeni sottostanti le prestazioni sportive ha assunto un aspetto multidisciplinare e la conoscenza fino ad ora acquisita proviene da metodi e discipline parallele, quali le scienze motorie e la psicologia, la medicina, la sociologia e la pedagogia dello *sport*. Il fine ultimo dell'integrazione multidisciplinare è quello di promuovere il raggiungimento di una *performance* ottimale senza inficiare la qualità della vita e della salute (DiSanti & Erickson, 2019). L'*Association for Applied Sport Psychology* (AASP) ha sottolineato l'importanza della ricerca sul campo, al fine di studiare i processi cognitivi, emozionali e comportamentali che sono direttamente o indirettamente connessi con la prestazione degli atleti e delle squadre. Inoltre, viene enfatizzata, l'importanza di coinvolgere negli interventi psicologici, non soltanto gli atleti, ma anche gli allenatori e chiunque pratichi esercizio fisico a livello amatoriale (Portenga et al. 2011).

Gli obiettivi della psicologia dello *sport* sono differenti a seconda del contesto in cui la disciplina si articola. Infatti, la psicologia dello *sport* e dell'esercizio trova la sua applicazione negli *sport* competitivi così come in quei contesti di attività fisica (motoria) organizzata (FEPSAC Position Stand, 1995). Nei contesti competitivi il fine principale è il raggiungimento di risultati ottimali che siano anche mantenuti nel tempo. In questo caso l'intervento dello psicologo è caratterizzato dal contatto con atleti agonisti e/o con squadre di alto livello. L'obiettivo è quello di sviluppare e applicare tecniche che consentano di massimizzare le probabilità di raggiungere l'obiettivo agonistico. Gli interventi si basano su tecniche cognitive (Silva, 1982) e psicofisiologiche (di Fronso et al, 2017), che vengono messe in atto all'interno di interventi di *mental training*. Negli scenari sportivi amatoriali, invece, l'esercizio fisico è un mezzo educativo, inclusivo o uno strumento riabilitativo (FEPSAC Position Stand, 1995). Oltre al raggiungimento di una *performance* ottimale, inizia quindi a emergere sempre più la necessità di promuovere il coinvolgimento e il divertimento della persona alla pratica sportiva (Aoyagi & Portenga, 2010).

1.3 La psicofisiologia

L'APA ha definito la psicofisiologia come lo studio delle relazioni tra le funzioni chimiche e fisiche dell'organismo (fisiologia) e i processi cognitivi, le emozioni e il comportamento (psicologia). Viene anche descritta la psicofisiologia applicata: in tale ambito i principi e le teorie psicofisiologiche vengono applicate tramite l'implementazione di tecniche di intervento come il *biofeedback*, la meditazione e l'ipnosi a fini terapeutici. Il fine ultimo della psicofisiologia applicata è quello di migliorare la salute, la *performance* e la qualità di vita dell'individuo (APA, Dictionary of Psychology). In questa prospettiva olistica la psicofisiologia ha portato avanti i suoi studi sul comportamento umano sulla duale assunzione che (i) la percezione, l'azione, l'emozione e il

pensiero umano siano fenomeni incorporati e integrati e (ii) le misure provenienti dal cervello e dai processi corporei contengano informazioni che possano far luce sulla mente umana (Cacioppo et al., 2007, p.21). In altre parole, la mente risulta essere più comprensibile se gli aspetti funzionali e strutturali legati al substrato fisico sono considerati in relazione al prodotto funzionale di tale substrato, come gli aspetti verbali, comportamentali e contestuali.

Per quanto riguarda l'ambito sportivo, la psicofisiologia si occupa dello studio dei processi sottostanti la prestazione sportiva. La conoscenza dei meccanismi psicofisiologici permette infatti di integrare le strategie cognitive e psicologiche e di ottenere una valutazione completa degli atleti (Di Fronso et al., 2017), così da implementare tecniche che permettano di mettere a punto degli interventi che ottimizzino il benessere psico-fisico così da puntare a un miglioramento della salute, del benessere e della *performance* (Levy & Baldwin, 2019). Come possiamo evincere dalla letteratura, negli ultimi 20 anni il crescente interesse per l'allenamento mentale ha spinto gli studiosi a individuare i processi fisiologici che hanno un' influenza sui processi psicologici sottostanti la prestazione sportiva e, quindi, l'implementazione delle tecniche per giungere all'ottimizzazione di quest'ultima (Hatfield, & Landers, 1987). La natura multidimensionale e multimodale della psicofisiologia si esplica tramite l'integrazione delle misure fisiologiche con dati comportamentali e psicologici. Ad esempio, vi sono evidenze che provano come misure quali la conduttanza cutanea, o quelle derivanti da tecniche come l'elettroencefalografia, l'elettromiografia e l'elettrocardiografia sono collegate a caratteristiche psicologiche. Lo scopo di questa disciplina è quello di delineare le principali relazioni esistenti fra questi due "mondi" così da poter modulare i parametri fisiologici per ottenere un controllo e un incremento della prestazione (Di Fronso et al., 2013).

1.4 Il miglioramento della *performance* sportiva

Come descritto precedentemente, la *performance* è uno degli elementi essenziali della psicologia e psicofisiologia dello *sport*. Inizialmente questa disciplina ha richiamato l'interesse di coloro che si occupavano di psicologia clinica o di consulenza, il cui obiettivo primario era quello di risolvere i problemi degli atleti, più che quello di ottimizzare le loro risorse al fine di un miglioramento globale. Quindi, in un primo momento, l'approccio che questa branca della psicologia ha attuato era quello psicopatologico (Rushall, 1969). In seguito, la psicologia dello *sport* ha iniziato a occuparsi di *performance* ; nel 1918, Coleman Griffith osservò, tramite uno studio, l'influenza dei fattori psicologici sulla *performance* sportiva in calciatori e giocatori di *basketball* (Griffith, 1930, p. 35). Griffith ebbe il merito di essere stato il primo psicologo dello *sport* ad aver fornito consulenza

psicologica a una squadra sportiva professionista, la squadra di baseball dei Chicago Cubs. Nel corso dei suoi studi, rivolse particolare attenzione alle abilità psicomotorie, all'apprendimento motorio e alla relazione tra variabili di personalità e *performance* fisica. Inoltre, mise a punto delle interviste indirizzate agli atleti così da avere una visione più chiara dell'esperienza degli individui durante la competizione (Gould & Pick, 1995). Coleman Griffith è considerato la prima persona ad aver messo in atto una sistematica applicazione dei principi psicologici per il miglioramento della *performance* sportiva (Cox, 2007).

All'interno del contesto sportivo, il termine *performance* descrive un evento discreto dove l'atleta (*performer*) mette in atto un insieme specifico di conoscenze, capacità e abilità (*knowledge, skills, and abilities; KSAs*) con lo scopo di raggiungere un obiettivo definito a priori. Il verbo *perform* descrive invece il processo che sottende la messa in atto di un piano di azioni per l'esecuzione delle KSAs durante un evento. Tuttavia, come hanno suggerito Aoyagi e Portenga (2010), una *performance* di successo richiede sia lo sviluppo e la maestria della KSA, sia la capacità di mettere in atto costantemente e correttamente le KSAs nel momento opportuno. La *performance* è influenzata anche dalle aspettative che il *performer* e gli osservatori hanno riguardo a come i KSAs devono essere messi in azione. Inoltre, il raggiungimento degli obiettivi e degli standard non sono univoci, al contrario sono cuciti sull'individuo e/o sulla squadra di riferimento.

Una delle caratteristiche essenziali per il raggiungimento di una *performance* atletica ottimale è l'efficacia del movimento (Hatfield & Hillman 2001), che può essere descritto in termini di costo energetico necessario al gesto motorio. Un movimento efficace consente di mettere in atto una *performance* efficace riducendo al minimo lo sforzo necessario per le richieste del compito, e limitando le tensioni muscolari o il coinvolgimento motorio non necessario a tale atto (Sparrow, 2000). Un'altra capacità fondamentale riguarda le caratteristiche metaboliche. Una migliore *performance* è data da un minore consumo di ossigeno (ml/O₂/kg/minuto) se comparata a una *performance* subottimale riguardante il medesimo compito. Tale risparmio è collegato all'economia muscolare e permette un maggiore adattamento energetico (Daniels, 1985). Questo adattamento, e il risparmio sopracitato, risultano essere utili nella riduzione dello *stress* e nell'opportunità di una migliore salute dovuta a un minor carico e un minore deterioramento dell'organismo (Hatfield & Kerick, 2007).

Infine, sono necessarie delle abilità psicologiche. Infatti, una prestazione ottimale è spesso associata a una sensazione di riduzione nello sforzo e a un'azione che coinvolge in minor misura l'utilizzo del (Williams & Krane, 2001). Oltre all'identificazione delle abilità che permettono un miglioramento

della *performance* sportiva, risulta importante comprendere quali sono gli inibitori di natura psicologica, cognitiva, emozionale, comportamentale e psicofisiologica sottostanti a una prestazione eccellente e costante al fine di poter eseguire una valutazione e/o una prevenzione di una prestazione disfunzionale (Portenga et al., 2011). Il miglioramento della prestazione sportiva come ambito applicativo della psicologia dello *sport* si ispira ai principi della psicologia della *performance*. La psicologia della *performance* è quella disciplina che studia i principi psicologici sottostanti la prestazione umana e promuove l'applicazione di questi ultimi al fine di aiutare le persone a mettere in atto una prestazione sfruttando al massimo le proprie capacità (Hays, 2006).

1.4.1 La *peak performance*

I primi studi di Rainer Martens (1990) erano volti all'identificazione delle componenti sottostanti la *performanc*. Egli ha esaminato come la *performance* degli individui potesse essere inficiata dall'ansia generata dal pubblico durante la messa in atto di abilità motorie in situazioni competitive. Su tali osservazioni ha ipotizzato che l'utilizzo di una scala sull'ansia di tratto competitiva *sport*-specificata potesse predire in modo più preciso l'ansia di stato competitiva e il comportamento di un'atleta durante una competizione, ed è così che Martens creò la *Sport Competition Anxiety Test* (SCAT). I primi studi evidenziano come la ricerca della psicologia dello *sport* ha posto la sua attenzione sull'identificazione delle competenze psicologiche mostrate dagli atleti nelle condizioni competitive, così da poter permettere agli psicologi dello *sport* lo sviluppo di programmi di allenamento necessari all'apprendimento e al miglioramento di queste (Martens, 1990). Questa tipologia di intervento concerne sia la psicologia che la psicofisiologia e rientra negli studi relativi alla *peak performance*. Il raggiungimento dei livelli ottimali nelle prestazioni viene definito in letteratura come *peak performance*. Kimiecik and Jackson (2002) la descrivono come l'espressione dei potenziali latenti al fine di mettere in atto una *performance* ideale durante una specifica competizione, e quindi un utilizzo funzionale delle KSAs rilevanti in tale contesto. Durante questo stato gli atleti eseguono una prestazione sopra i propri livelli usuali, permettendo il raggiungimento di *record* personali e di portare a termine realizzazioni portentose (Jackson & Roberts, 1992; Privette, 1982). Il raggiungimento di questa esperienza viene spesso confuso con due costrutti: la *peak experience* (Ravizza, 1977) e il *flow* (Jackson & Csikszentmihalyi, 1999). Con *peak experience* ci si riferisce a un sentimento di gioia intensa o di estrema felicità caratteristico di un'esperienza ottimale che spesso è associato con emozioni positive di soddisfazione e spiritualità (Privette & Bundrick, 1991).

Il *flow* è descritto come uno stato psicologico estremamente positivo ed è legato a un'esperienza individuale ritenuta sopra la media. Nello *sport* il *flow* è connesso con la soddisfazione, e con la

motivazione intrinseca percepita dagli atleti quando si presenta un equilibrio tra la sfida che deve essere affrontata e le capacità disponibili per affrontarla (Csikszentmihalyi, 1990). L'esperienza soggettiva che l'atleta sperimenta in una condizione di *flow* è descritta da un insieme di caratteristiche quali: un coinvolgimento nell'azione dove ogni pensiero esogeno viene eliminato, così che l'atleta si sente completamente immerso nella *performance* che viene percepita come spontanea, automatica e senza sforzo (Csikszentmihalyi; 1990). Gli atleti esperiscono alti livelli di concentrazione, così come un elevato livello di confidenza, una percezione temporale alterata e un'esperienza viene descritta come piacevole (Chavez, 2008). La *peak experience* e il *flow* sono elementi essenziali per il raggiungimento della *peak performance* ma bisogna sottolineare una differenza: i primi due costrutti si riferiscono a momentanee sensazioni di euforia e piacere interno, mentre la *peak performance* pone l'accento sull'effettivo livello di funzionamento degli atleti e sull'oggettiva prestazione che mettono in atto.

L'applicazione delle tecniche necessarie per il raggiungimento della prestazione ideale assume la multidimensionalità caratteristica della concezione olistica alla base della psicologia e della psicofisiologia dello *sport*. In tale ambito si cerca di ottenere un miglioramento di quelle caratteristiche fisiche e mentali descritte nei paragrafi precedenti. Il livello delle analisi non è su componenti corporee isolate, bensì sulle funzioni comportamentali organicistiche con una considerazione sull'ambiente comportamentale, fisico, e psicologico (Schneider, 2016). Per raggiungere la *peak performance* è necessario che l'atleta sia in grado di reclutare e utilizzare le risorse necessarie alla richiesta del compito in modo mirato (Gould, 2002b). Tra queste risorse rientrano i fattori psicologici. Ogni individuo che agisce all'interno di un contesto sportivo conosce l'importanza di questi processi nel determinare la *performance* atletica (Cacioppo et al., 2007). È stato dimostrato come il raggiungimento della *peak performance* per gli atleti olimpici è un processo complesso e delicato che è influenzato da una varietà di fattori psicologici, fisici, sociali e organizzativi (Gould et al., 1999). Krane e Williams (2006), attraverso una analisi della letteratura, hanno delineato uno specifico profilo psicologico correlato con l'eccellenza atletica. Nella loro meta analisi hanno evidenziato gli elementi necessari per il raggiungimento di uno stato ideale mente/corpo, il quale è caratterizzato da: sentimenti di elevata *self-confidence*, alte aspettative relative all'essere energizzati ma allo stesso tempo rilassati, sentire di avere il controllo del proprio corpo e della propria mente, avere una concentrazione elevata e totale, orientare l'attenzione verso gli obiettivi presenti, avere degli atteggiamenti e dei pensieri positivi riguardo la *performance*, ed essere determinati e impegnati (Krane & Williams, 2006). Con queste evidenze gli autori hanno evidenziato l'esistenza di uno stato ideale mentale ed emozionale associato al raggiungimento della *performance* ottimale. Allo stesso tempo, le conoscenze tratte dalla letteratura ci indicano

l'importanza di un approccio idiosincratico, cioè individualizzato per ogni atleta e ogni contesto (Harmison, 2006).

1.4.2 Modello IZOF: un approccio idiografico

L'essere umano è un universo dinamico, complesso e multidimensionale, con la capacità di auto-organizzazione, auto-trasformazione e auto-sviluppo (Mânzat, 1991). Riguardo la concezione dell'essere umano come sistema complesso e multidimensionale la nostra attenzione è stata richiamata dalle più note teorie della psicologia della personalità, tra queste possiamo citare il lavoro di Allport il quale nello studio dei tratti ha enfatizzato la differenza tra l'approccio idiografico e quello nomotetico (Allport, 1937). L'approccio nomotetico mira alla scoperta di un assetto normativo della realtà regolata nel suo complesso da leggi universali prendendo in considerazione vari casi di un campione e quindi i tratti possono essere rilevabili in tutte le persone. L'approccio idiografico si pone l'obiettivo di evitare le generalizzazioni e di arrivare a una completa conoscenza di eventi particolare (Beck, 1953). Questo approccio prende il nome di "studio del caso singolo" ed è affine alle evidenze sostenute da Allport, il quale conclude che ogni essere umano è dotato di un'unica combinazione di tratti, e per questo è impossibile trovare due personalità identiche (Allport, 1937). Nonostante alcune scuole di pensiero ritengono che sia necessaria un'integrazione dei due approcci (idiografico e nomotetico) al fine di evitare la dicotomia teorico-pratica che può portare a limitazioni sulle potenzialità della psicologia come ambito di ricerca e intervento (Sartori & Bortolani, 2006), l'intervento nell'ambito del miglioramento della prestazione sportiva necessita uno sviluppo che superi l'impostazione nomotetica. L'approccio nomotetico in questa disciplina rende i *test* psicologici difficilmente sensibili alla complessità delle relazioni esistenti tra processi psicofisiologici e prestazione sportiva (Bertollo, 2000). Per superare questo limite sono stati svolti una serie di lavori impostati sull'approccio idiografico, il cui orientamento presuppone il superamento, o l'integrazione, dell'approccio nomotetico, così da individualizzare gli interventi ed evidenziare meglio le caratteristiche specifiche di ciascun atleta (Dunn, 1994). Il principale esempio in questo contesto è l'*Individual Zones of Optimal Functioning* (IZOF; Hanin, 1995).

Il modello IZOF, in italiano "*modello delle zone individuali di funzionamento ottimale*", risulta essere di fondamentale importanza per i professionisti che aiutano gli atleti nell'identificazione degli stati individuali e *task* specifici (emozionali e mentali) fondamentali per raggiungere l'eccellenza nelle situazioni competitive (Harmison, 2006). Il modello IZOF non sostiene l'esistenza di uno stato generale di *peak performance*, bensì mira all'identificare uno stato ottimale. Lo stato di *performance* ottimale è differente dallo "stato di *performance* ideale". Se quest'ultimo

include solo le caratteristiche positive necessarie al conseguimento delle esperienze ideali, lo stato di *performance* ottimale include sia le emozioni e le sensazioni fisiologiche positive, sia quelle negative. Le caratteristiche ottimali riflettono le strategie e le abilità idiosincratiche che ogni atleta deve reclutare e utilizzare come individuo. Inoltre, il concetto di “ottimale” presente nel modello IZOF non si basa solo sull’intensità dei contenuti ma anche sulla forma, sul tempo, e sul contesto di questi. Ad esempio, uno stato emozionale e fisiologico può essere ottimale per l’allentamento ma disfunzionale per la competizione (contesto) o quello che risulta essere ottimale prima di una *performance* può non esserlo durante (tempo; Khanin, 2000; Robazza, 2006.).

Questo modello ha come assunto fondamentale la proposta che ogni atleta esperisce un personale *range* di stati psicobiologici, che vanno da positivo (piacevole) a negativo (spiacevole), che possono sia facilitare (funzionali) sia inficiare (disfunzionali) la *performance* (Harmison, 2006).

Inizialmente l’IZOF ha trovato la sua applicazione solo nel campo dell’ansia precompetitiva e dei suoi effetti sulla *performance* (Hanin, 1978). Le conclusioni che sono state tratte dalle ricerche relative a tale ambito è che una prestazione atletica di successo si realizza quando il costrutto psicologico in questione è vicino a un *range* ottimale personale, indipendentemente dal fatto che il valore sia moderato o alto. Al contrario, è presente un calo della *performance* quando l’ansia precompetitiva risulta essere maggiore o minore del proprio IZOF (Jokela, 1999). Una delle critiche ricevute dal modello IZOF riguarda l’eccessivo affidamento dei ricercatori sulle misure generali dell’ansia rispetto alle misure specifiche dello *sport* (Gould, 1996). In virtù di tale analisi Hanin ha esteso il suo modello oltre il singolo stato emozionale dell’ansia e ha incluso una completa analisi dei modelli funzionali e disfunzionali delle emozioni positive e negative che hanno un effetto sulla *performance* sportiva (Hanin, 2000). In accordo con il nuovo modello, l’eccellenza atletica è influenzata dall’esperienza unica e soggettiva che gli atleti hanno di una serie di emozioni e della loro intensità mutabile, quindi, *pattern* individuali di emozioni positive e negative sono l’elemento chiave per il raggiungimento della *peak performance* (Hanin, & Syrjä, 1995). Un esempio emblematico del complesso ruolo che hanno gli stati psicofisiologici sulla *performance* è quello dell’*arousal*. A fronte di una competizione è frequente un incremento del livello di attivazione dell’organismo a cui seguono modifiche fisiologiche come la variazione nel ritmo respiratorio, nell’accelerazione della frequenza cardiaca, nell’aumento della tensione muscolare, così come tremori e sudorazioni. Queste variazioni fisiologiche che si presentano durante un elevato *arousal* possono essere interpretate da individui diversi in modo diametralmente opposto, sia come indicatori di apprensione o, viceversa come eccitazione utile e anche piacevole. Non si può quindi considerare l’esistenza di stati psicobiologici universalmente facilitanti o inibenti, la prestazione infatti può essere favorita o inficiata a seconda del significato che le emozioni alla base di questi

stati rivestono per l'atleta e della loro intensità (Bertollo, 2000). Il vissuto emozionale che gli atleti esperiscono è determinato dall'interpretazione cognitiva del personale livello di *arousal*, ogni atleta è quindi in possesso di *pattern* individuali specifici di emozioni positive e negative connessi alla loro prestazione (Hanin & Syrjä, 1995).

Al fine di assistere gli psicologi dello *sport* nell'applicazione delle strategie di autoregolazione e negli interventi basati sul modello IZOF con gli atleti, Hanin ha sviluppato e delineato una procedura di *assessment* (i.e., valutazione) volta a identificare *pattern* di emozioni ottimali e disfunzionali per la prestazione sportiva. Con lo scopo di creare un profilo emozionale basato sul modello IZOF gli atleti sono stati guidati verso l'identificazione delle (a) emozioni individualmente rilevanti, (b) il *set* di emozioni specifico per la personale migliore e peggiore *performance*, e (c) il livello di intensità di queste specifiche emozioni che vengono percepite come facilitanti o debilitanti per le loro prestazioni. Più specificatamente il professionista presenta una lista di emozioni positive e negative dalla quale l'atleta doveva scegliere 16-20 emozioni rilevanti e associarle con la propria migliore e peggiore *performance*. In seguito, l'atleta deve indicare il livello di intensità percepito per ogni emozione utilizzando una scala *Likert* al fine di valutare quanto quella emozione sia rilevante per la loro migliore o peggiore *performance*. Come ultimo passaggio, lo psicologo crea una rappresentazione grafica del profilo così da aumentare la consapevolezza negli atleti riguardo i propri *pattern* emozionali ottimali e disfunzionali. Ciò che emerge da questa procedura è un profilo emozionale che consiste in 8-10 emozioni positive e negative associate con la migliore *performance* dell'atleta e 8-10 emozioni

positive e negative associate con la peggiore *performance* (Hanin, 2000b; Figura 1).

Questo permette di stabilire una zona ottimale delle emozioni relativa alla *performance* ottimale. Lo

sviluppo del modello di Hanin si sposa con la necessità di un approccio idiografico nel mondo della

psicologia dello *sport*. Inoltre, ha aggiunto all'ambito dell'ottimizzazione della *performance* una moltitudine di dati basati sulle evidenze che hanno apportato rigore scientifico a questa disciplina in rapido sviluppo (Morgan, 1997).

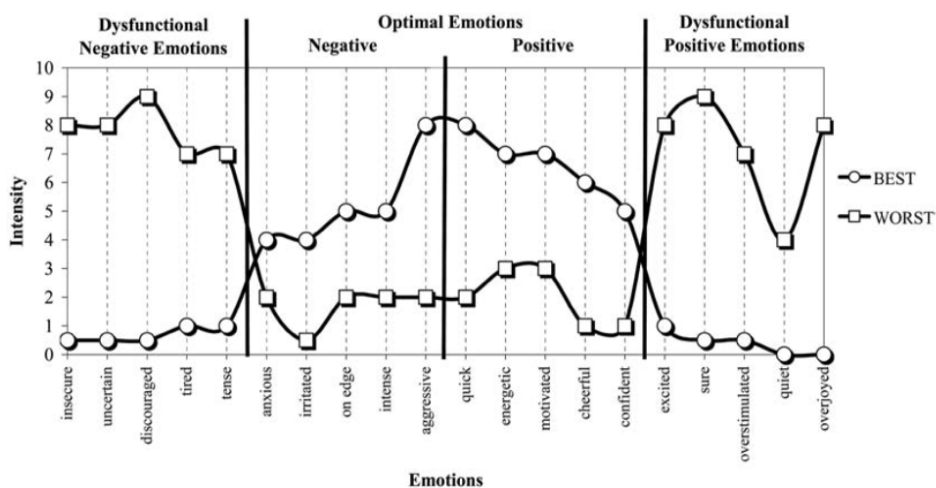


Figura 1: Un profilo emotivo basato sul modello IZOF che raffigura l'intensità delle emozioni relative alla migliore e alla peggiore performance in un'atleta d'élite.

1.5 Le abilità mentali

I professionisti nell'ambito della psicologia dello *sport* hanno messo a punto dei modelli che esemplificassero il metodo per raggiungere uno stato di *performance* ottimale. Tenendo in considerazione che lo stato ottimale in questione non è uno stato uni-dimensionale che può essere ottenuto in modo semplice e lineare, la ricerca degli ultimi decenni ha intrapreso lo studio dei processi affettivi e cognitivi che influenzano la prestazione atletica. Lo scopo della ricerca in questo ambito era quello di spiegare i fenomeni sottostanti la relazione tra gli stati psicologici e il raggiungimento dello stato ideale di *performance*. A tal fine risulta necessario identificare le abilità mentali da implementare senza tralasciare l'aspetto del benessere personale. L'estensione del modello di Vealey (1988) sottolinea la molteplice natura delle abilità mentali. Tra queste troviamo le abilità di base, le abilità di prestazione, le abilità per lo sviluppo personale e le abilità di squadra (Tenenbaum & Eklund, 2007).

Le abilità di base sono risorse individuali intrapersonali su cui si fondano le abilità mentali necessarie per il raggiungimento del successo nello *sport*. Tra queste troviamo la motivazione, l'impegno, le abilità sociali e l'atteggiamento (Behncke, 2004). Per mezzo di strategie comportamentali è possibile aiutare l'atleta a migliorare tali abilità e favorire il raggiungimento degli obiettivi. Un cospicuo numero di ricerche ha messo in evidenza come atleti di successo d'élite possiedono una forte spinta verso il successo che alimenta il loro impegno quotidiano nel perseguire importanti risultati (Durand-Bush & Salmela, 2002). Inoltre, è stato dimostrato che gli atleti di successo pensano in modo più produttivo e rivolgono i loro pensieri verso elementi fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi (Gould et al., 2002).

Le abilità di prestazione sono abilità psicofisiologiche fondamentali per l'esecuzione delle abilità atletiche durante la *performance* sportiva. Vealey (2007) inserisce in questa categoria le abilità cognitivo-percettive, ovvero quelle abilità che permettono un'elaborazione strategica delle informazioni rilevanti per l'obiettivo. Nelle abilità di prestazione troviamo anche l'attenzione ottimale che riguarda la capacità di dirigere e sostenere selettivamente il *focus* attentivo verso un'esecuzione efficace relativa a una specifica attività. Il ruolo critico di tale abilità nel sostenere una *performance* è stata evidenziata dalla letteratura così come dalle affermazioni degli stessi atleti (Greenleaf, 2001; Kitsantas, 2002). All'interno della più ampia categoria delle abilità di prestazione troviamo anche la modulazione dell'energia che indica la capacità di modulare efficacemente vari stati d'animo così da raggiungere livelli ottimali individuali, sia fisici che mentali, funzionali alla *performance*. Gli stati d'animo che hanno conseguenze rilevanti sulla *performance*, e che quindi è

necessario modulare, sono l'ansia, la rabbia, l'eccitazione, e la paura, così come risulta fondamentale una modulazione dell'*arousal*. La modulazione in questione dipende dalle caratteristiche dello *sport*, dall'importanza dell'obiettivo, così come da una moltitudine di variabili che creano un *range* ottimale da raggiungere (Tenenbaum & Eklund, 2007). Controllare e modificare i propri stati d'animo, specialmente se negativi, è un'abilità fondamentale per gli atleti (Thelwell et al., 2005). Per questo motivo, è necessario sviluppare un *mental training* che miri alla gestione emozionale così come alla modulazione del nervosismo e della tensione (Grove & Hanrahan, 1988).

Le abilità per lo sviluppo personale sono formate da caratteristiche maturative relative allo sviluppo personale che portano a un funzionamento psicologico di alto livello attraverso il chiarimento del concetto di sé e del senso di relazione interpersonale: le due abilità fondamentali sono rappresentate dalla realizzazione dell'identità e dalla competenza interpersonale. La prima aiuta a sviluppare un chiaro senso di identità che permette l'individuo di sperimentare un benessere psicologico (Marcia, 1994). L'abilità di competenza personale implica lo sviluppo di abilità comunicative tali da permettere un'efficace interazione con le altre persone (Holt & Dunn, 2004). Non sono presenti evidenze scientifiche che mostrino una relazione diretta tra lo sviluppo di adeguate abilità per lo sviluppo personale e la prestazione; tuttavia, queste caratteristiche contribuiscono alla crescita personale dell'individuo e sono fondamentali per lo sviluppo di persone migliori e non solo di atleti migliori, il potenziamento di queste abilità assicura, inoltre, uno sviluppo di un'atleta in salute mentale e fisica (Holt, 2016).

In ultima istanza si trovano le abilità di squadra, ovvero quelle qualità condivise dai membri della squadra che promuovono un ambiente di squadra efficace per il successo generale. Tra queste troviamo la leadership, la comunicazione, la coesione e la fiducia nella squadra.

Martens (1987) ha individuato le cinque abilità mentali da tenere in considerazione nei programmi di preparazione mentale. Queste abilità riassumono quelle del modello di Vealey precedentemente descritto, e saranno ricorrenti nella letteratura riguardante la *peak performance* e sono: formulazione degli obiettivi (*goal setting*), modulazione dell'energia psichica (attivazione o *arousal*), controllo dei processi attentivi, gestione dello *stress*, e il controllo delle attività immaginative che è conosciuto come *imagery*. Il controllo dei pensieri, aggiunto da Robazza, è un ulteriore elemento da integrare al modello di Martens (Robazza et al., 1994). Ulteriori fattori da tenere in considerazione sono quelli organizzativi: ad esempio l'ingiustizia nelle scelte per la squadra titolare, la mancanza di supporti finanziari, così come allenamenti monotoni possono essere

percepiti dagli atleti come fattori di *stress* e quindi ostacolare il raggiungimento dello stato di *performance* ideale in alcune situazioni competitive (Woodman & Hardy, 2001).

Kumar (2018) ha mostrato l'esistenza di una relazione significativa ($R= 0,727, P< 0,001$) tra il livello delle abilità mentali e la *performance* di giocatori di baseball. Un'ulteriore ricerca condotta da Singh e Singh (2014) effettuata su giocatori di *football* a livello scolastico, di *college*, e di *club* ha indicato che i giocatori che hanno vinto almeno una medaglia possedevano migliori abilità mentali se comparati con coloro che non hanno mai vinto una medaglia ($P 0,001$), questi risultati indicano che le abilità mentali giocano potrebbero giocare un ruolo nel miglioramento tecnico e tattico degli atleti, miglioramento fondamentale per il raggiungimento di riconoscimenti sportivi.

1.5.1 Le tecniche cognitive per l'ottimizzazione della *performance*

Come sottolinea la letteratura risulta essenziale operare sulle abilità mentali per ottenere un'ottimizzazione prestativa. Le tecniche per le abilità mentali guidano gli atleti nella gestione dei loro pensieri, azioni, sensazioni e sintomi fisici verso uno stato funzionale che porta a un miglioramento nelle competizioni (Kumar, 2018). Molti studi supportano l'importanza nel campo della psicologia dello *sport* dell'utilizzo di abilità mentali come *l'imagery*, il rilassamento e l'attivazione, il *goal setting* e il *self talk* (Vealey, 2007; Williams & Harris, 2001). Le tecniche cognitive per il miglioramento della *performance* nell'ambito sportivo aiutano a garantire dei pensieri e delle percezioni che abbiano un impatto positivo e funzionale sulla *performance* atletica (Shoenfelt, 2019). Inoltre, operano sui processi cognitivi sottostanti il controllo motorio e la prestazione sportiva (Cei, 1998). Tra le tecniche cognitive più utilizzate troviamo il *self talk*. Il *self talk* consiste nel di parlare con sé stessi, un'azione che si verifica spontaneamente e costantemente negli atleti (e non). Questo processo solitamente non è strutturato e, proprio per questo motivo, può essere disfunzionale per la *performance*. Risulta quindi importante migliorare la consapevolezza del proprio *self-talk* e imparare a utilizzarlo per trarne un vantaggio (Rogerson & Hrycaiko, 2002). Molte ricerche suggeriscono che questa abilità cognitiva può correggere abitudini disfunzionali, aiuta alla preparazione per la *performance*, lavora sulla corretta focalizzazione dell'attenzione, crea uno stato d'animo positivo e migliora la fiducia (Botterill & Patrick, 1996).

In uno studio su 70 atleti professionisti di *taekwondo* è stata misurata la forza di impatto di un calcio, così come è stata chiesta un'autovalutazione del calcio stesso, in tre differenti condizioni, 1) a seguito di una sessione di *self-talk* individualizzato, 2) a seguito di una sessione di *self-talk* prestabilito e 3) senza *self-talk*. I risultati hanno dimostrato che un *self-talk* individualizzato migliora la *performance* sportiva in atleti professionisti di *taekwondo* rispetto a un *self-talk*

prescritto e alla condizione di *baseline* ($F(1,46, 371,88)=94,54, p < 0,01$. Magnusson & van Roon, 2013).

Ulteriori ricerche hanno dimostrato che il *self-talk* è efficace nell'ottimizzazione della *performance* in calciatori professionisti e semiprofessionisti. Nello studio di Papaioannou e colleghi (2004) 41 calciatori professionisti e semiprofessionisti sono stati assegnati a 4 differenti condizioni: 1) *goal setting*, 2) *goal setting*, 3) *goal setting* e *self talk* e 4) una condizione di controllo. Le abilità di tiro degli atleti sono state valutate prima e dopo l'intervento tramite una prova del *Mor-Christian General Soccer Ability Skill Test Battery* (Mor & Christian, 1979). I risultati evidenziano un miglioramento nella *performance* degli individui a seguito delle condizioni sperimentali ($F,3, = 5,85, p < 0,003$). Nello specifico il *self-talk* è risultata essere un'abilità mentale efficace nel migliorare la prestazione sportiva. Tale miglioramento risulta essere maggiore se il *self-talk* viene affiancato a tecniche di *goal setting*

Il *goal setting*, o definizione degli obiettivi, è una delle tecniche cognitive maggiormente utilizzata nella psicologia applicata allo *sport*. La letteratura ha messo in evidenza come l'applicazione di *training* specifici che intervengono su questa abilità mentale possa favorire le prestazioni degli atleti grazie al miglioramento alcuni stati psicologici come l'ansia, la fiducia e la motivazione (Burton & Weiss, 2008). Gli studi effettuati sottolineano diversi aspetti che collegano la formulazione degli obiettivi alla *performance*: (a) obiettivi specifici e complessi portano a una migliore prestazione rispetto a obiettivi vaghi o semplici; (b) gli obiettivi a breve termine possono facilitare quelli a lungo termine; (c) avere degli obiettivi migliora la *performance* andando a influenzare la percezione dello sforzo, incrementando la persistenza, la direzione dell'attenzione e incoraggiando lo sviluppo delle strategie; (d) è importante definire dei *feedback* riguardo il progresso verso gli obiettivi; e (e) gli obiettivi devono essere condivisi dall'individuo (Locke & Latham, 1985).

Un'ulteriore tecnica cognitiva per il miglioramento della *performance* è l'*imagery*. Questa tecnica è stata descritta come un'esperienza che riproduce mentalmente i reali avvenimenti e crea un coinvolgimento globale utilizzando una combinazione di modalità sensoriali in assenza di una reale percezione o movimento (Mellalieu & Hanton, 2008). Gli atleti e gli allenatori riconoscono l'*imagery* come una strategia efficace per il miglioramento di vari aspetti della *performance* (Mellalieu & Hanton, 2008). Alcune ricerche descrittive hanno suggerito che i migliori atleti utilizzano frequentemente questa tecnica, ad esempio è stato rilevato che il 99% degli atleti olimpionici Canadesi utilizza l'*imagery* come strategia preparatoria (Orlick & Partington, 1988).

Uno studio che ha coinvolto 80 tennisti ha messo in evidenza l'efficacia della tecnica di *imagery* nel migliorare la prestazione degli atleti. I soggetti sperimentali sono stati valutati in relazione alle capacità immaginative tramite il *Movement Imagery Questionnaire* (MIQ, Hall & Pongrac, 1983) e divisi in buoni immaginatori, scarsi immaginatori e gruppo di controllo. In primis, è stato valutato il livello di *performance* degli atleti: i tennisti dovevano effettuare 15 ritorni al servizio nel modo più accurato possibile. In seguito, i tennisti sono stati sottoposti a sessioni di *imagery* motorio per otto settimane dove dovevano immaginare il ritorno al servizio e poi metterlo in pratica. Al gruppo di controllo veniva fatta fare leggere una rivista.

Alla fine del trattamento di *mental training* gli atleti sono stati nuovamente sottoposti alla valutazione della *performance*.

L'analisi ANOVA mostra una riduzione degli errori nella valutazione dopo il trattamento in entrambi i gruppi (Newman-Keuls, $p < 0,05$), mentre tale miglioramento non è presente nel gruppo di controllo (Newman-Keuls, $p > 0,98$). Inoltre, ulteriori analisi dimostrano che il gruppo dei buoni immaginatori mette in atto una prestazione significativamente migliore rispetto al gruppo degli scarsi immaginatori in seguito al trattamento ($p < 0,05$), tali differenze non erano presenti prima del protocollo ($p > 0,75$). I risultati mostrano che la combinazione delle prove fisiche e del *imagery motorio* migliora significativamente l'accuratezza del ritorno al servizio negli atleti. L'utilizzo della sopracitata abilità mentale è risultato essere maggiormente efficace negli atleti con alte proprietà immaginative rispetto a coloro con scarse proprietà immaginative; tali risultati sono da tenere in considerazione nell'applicazione del *mental training*, il professionista deve tenere in considerazione le caratteristiche di ogni singolo individuo e implementare, quindi, un protocollo idiosincratico.

È importante sottolineare come sia ancora aperto il dibattito sui meccanismi sottostanti alla relazione tra le tecniche cognitive e il miglioramento della prestazione. La ricerca condotta fino a oggi riguardo le abilità mentali non è scevra da limitazioni: ad esempio, essendo l'*imagery* una tecnica immaginativa, ciò che viene prodotto dagli atleti non può essere osservato fisicamente. Di conseguenza risulta complicato creare dei controlli di manipolazione necessari per assicurarsi che i partecipanti abbiano immaginato ciò che avrebbero dovuto rappresentarsi (Weinberg, 2008).

Nonostante le limitazioni la letteratura evidenzia che quando le tecniche cognitive vengono affiancate alla pratica fisica, esse facilitano la *performance* degli atleti (Weinberg, 2008). I trattamenti che prevedono il miglioramento delle abilità mentali devono essere ottimizzati e diventare uno strumento fondamentale per la *routine* d'allenamento dei professionisti (Mousavi & Meshkin, 2011).

1.4.2 Mental training

Nell'*equipe* multidisciplinare volta all'ottimizzazione della prestazione sportiva oggi trova spazio anche il contributo dello psicologo, il quale opera attuando l'allenamento mentale o *mental training* (Bertollo, 2000; Lucidi, 2012). L'allenamento delle abilità psicologiche ha lo scopo di facilitare le prestazioni sportive, di aumentare la piacevolezza e/o ottenere elevati livelli di soddisfazione nello *sport* e nell'attività fisica (Weinberg & Gould, 2007).

Hardy e colleghi (1996) hanno proposto un modello che aveva lo scopo di aiutare i professionisti del settore ad applicare le conoscenze esistenti in tale ambito per l'ottimizzazione della *performance*.

Tale modello si basa su due assunti fondamentali. Il primo riguarda il considerare gli atleti in modo olistico. Essi sono concettualizzati come individui multidimensionali e complessi e i loro comportamenti e la loro *performance* sono determinati da fattori psicologici, fisici, tecnici, e tattici che sono tra loro in relazione. Inoltre, gli atleti non agiscono nel "vuoto", devono essere tenute di conto le variabili

comportamentali che possono inibire o facilitare l'atleta nel tentativo di raggiungere il miglior risultato. Sulle basi di queste assunzioni gli autori hanno identificato le componenti che facilitano la comprensione dei fattori psicologici sottostanti il miglioramento della prestazione. Il modello assume una forma piramidale [Figura 2] al cui vertice si trova lo stato di *performance* ideale, congruo allo stato corpo/mente identificato da Krane e Williams (2006), nonché l'obiettivo dell'intervento psicologico. Gli autori esemplificano le componenti necessarie al raggiungimento dello stato ideale per il raggiungimento della *peak performance*. Alla base del modello si trovano le componenti e gli attributi fondamentali, che comprendono la motivazione, le credenze e i tratti di personalità: tra questi la letteratura ha indicato la fiducia riguardo lo *sport* (*trait sport confidence*; Vealey, 1986), l'ansia di tratto competitiva (Martens et al., 1990), lo stile attentivo (Nideffer, 1976) e gli aspetti motivazionali che possono essere orientati verso l'obiettivo (*task*) o verso sé stessi (*ego*). Nel primo caso gli atleti sono determinati a raggiungere obiettivi che riguardano uno specifico compito o un'abilità, gli individui con queste caratteristiche sono guidati da una motivazione intrinseca. Gli atleti che sono orientati verso sé stessi sono guidati da una motivazione

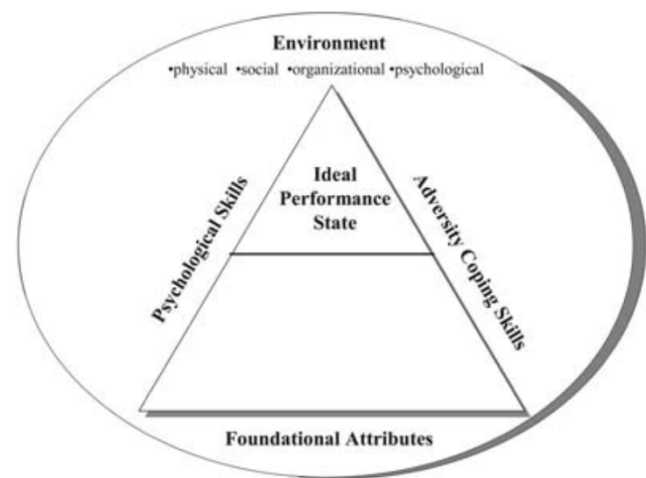


Figura 2: Il modello piramidale di Hardy (Hardy, Jones, & Gould, 1996; modificato da Harmison, 2006)

estrinseca e il loro fine è quello di migliorare per performare meglio degli avversari (Duda, 2001). Altre abilità mentali necessarie al raggiungimento dello stato di *performance* ideale sono: le strategie di *coping* utilizzate per gestire le avversità e gli *stressors*, tra cui troviamo la capacità che gli atleti hanno di fronteggiare gli infortuni, le trasferte e le aspettative; il *goal setting*, un'*imagery* funzionale e da quelle abilità che fanno sì che l'atleta sia psicologicamente impostato verso il successo.

Inoltre, tali fattori sono circondati dall'*environment*, ovvero quell'insieme di fattori fisici, sociali, organizzativi e psicologici che possono aumentare o diminuire la possibilità che l'atleta raggiunga e mantenga il suo stato ideale di *performance*. Per tale motivo, Hardy (1996) ha suggerito che, nell'implementare un *mental training*, vengano tenute in considerazione, ed eventualmente modificate, anche tali variabili legate all'ambiente quando possibile. Ad esempio, alcuni atleti possono avere delle difficoltà durante le situazioni di competizione. In questo caso l'ambiente può modificare le funzioni fisiologiche dell'atleta e portare a una percezione viscerale che impatta il controllo cognitivo ed emotivo. In tal modo, l'*environment* influenza il raggiungimento dello stato di *performance* ideale inficiando quelle componenti citate dal modello di Hardy (Batey & Symes, 2017).

Il lavoro di Robazza e colleghi (2004b) "*Emotion self-regulation and athletic performance: An application of the IZOF model*", può essere un chiaro esempio di come lo psicologo dello sport può guidare l'atleta verso una messa in atto delle strategie di *mental training* per ottenere un miglioramento delle abilità mentali negli atleti, le quali vengono implementate al fine del raggiungimento di una zona di *performance* ottimale. Lo studio ha utilizzato il modello IZOF come quadro di riferimento concettuale così da avvalorare il suo impiego come uno strumento metodologico rilevante nell'esaminare l'efficacia di un programma di autoregolazione delle emozioni orientato sugli atleti altamente qualificati ed esperti. Attraverso un disegno a *baseline* multipla su soggetto singolo, questa ricerca aveva come obiettivo quello di esaminare gli effetti delle strategie di autoregolazione multimodali e idiosincratichette sulle emozioni e sui sintomi corporei e come queste si riversassero sullo stato biopsicosociale e sulla *performance* dell'atleta (Robazza & Bortoli, 2003).

Il campione di questo studio era formato da atleti esperti provenienti da due sport: i partecipanti erano otto atleti maschi di alto livello, di cui quattro giocatori di *hockey* su pista a rotelle e quattro ginnasti. La loro esperienza competitiva variava da 9 a 20 anni nei quali hanno gareggiato in tornei nazionali di alto livello con più di 10 gare per ogni stagione. Gli autori hanno ipotizzato che gli atleti sarebbero stati in grado di identificare i propri stati emotivi ottimali e disfunzionali e di

raggiungere deliberatamente la zona ottimale, e mantenerla, utilizzando le strategie personali di autoregolazione. Infine, si aspettavano una prestazione più efficace quando gli atleti si trovavano in questa zona piuttosto che quando erano fuori da questa (Robazza, 2004).

Al fine di creare il profilo emozionale di ogni individuo è stata utilizzata una procedura idiografica di classificazione delle emozioni basata sul modello IZOF; è stata presentata una lista di 64 emozioni al fine di guidare gli atleti a generare descrittori di emozioni caratteristici associati a prestazioni ottimali e disfunzionali. Inoltre, è stata utilizzata una seconda lista composta da 45 *item* per permettere all'atleta di identificare i descrittori degli stati fisiologici sottostanti le emozioni relative alla *performance* (Robazza & Bortoli, 2003). L'intensità relativa ai descrittori emozionali e a quelli fisiologici è stata misurata utilizzando la *Borg Category Ratio scale* (CR-10, Borg, 2001). La stessa scala è stata utilizzata per l'autovalutazione della *performance*. I risultati hanno evidenziato un'ampia differenza interindividuale nella scelta dei descrittori emozionali e in quelli fisiologici. In seguito, gli individui sono stati istruiti nel prestare attenzione retrospettivamente agli stati mentali prima della reale competizione, così da poter contrastare le condizioni non ottimali cercando di evocare gli stati ottimali/funzionali emersi nel profilo emotivo; questa fase è volta al miglioramento della consapevolezza individuale riguardo il contenuto e l'intensità delle emozioni e dei sintomi corporei prima della prestazione, così come dei loro effetti facilitanti o inibitori. Il programma proseguiva con l'analisi delle strategie personali efficaci e inefficaci impiegate spontaneamente dagli atleti al fine di raggiungere gli stati ottimali prima della competizione, l'obiettivo di questa fase era quello di eliminare le abitudini inefficaci e implementare quelle efficaci. L'ultima fase dell'intervento prevedeva la messa in atto di tecniche di *mental training* volte al miglioramento e all'espansione delle strategie di autoregolazione. Tra le tecniche di *mental training* utilizzate in questa fase troviamo: (a) *l'Imagery* fondamentale per la rielaborazione delle esecuzioni di successo e per la padronanza nella competizione (Hall, 2001), (b) il *self talk* utile per il controllo dei pensieri negativi riguardo le azioni e la competizione (Leffingwell, 2002), il (c) *goal setting* necessario per stabilire obiettivi realistici, raggiungibili e specifici (Burton, D. 2001) e il (d) *focusing* necessario per orientare l'attenzione verso stimoli rilevanti per l'obiettivo, ritornare la concentrazione dopo un errore e stoppare i pensieri disfunzionali (Schmid, 2001). Ad ogni incontro gli atleti venivano guidati nel raggiungimento di un contenuto ottimale attraverso l'applicazione delle tecniche di autoregolazione e la modificazione delle emozioni e dei sintomi fisiologici. Il trattamento di autoregolazione individuale è stato implementato al fine di regolare le emozioni e gli stati fisiologici degli atleti così da creare una condizione che si avvicini alla migliore prestazione e che si allontani dalla peggiore. Il gruppo di controllo è stato coinvolto nelle procedure di

identificazione delle emozioni precompetitive e nel successivo monitoraggio ma non è stato sottoposto all'esaminazione delle strategie di autoregolazione e all'intervento di *mental training*.

Confrontando i dati prima del trattamento con quelli al termine del trattamento osserviamo dei risultati significativi nella differenza media dei punteggi per quanto riguarda il cambiamento dei sintomi fisiologici delle *performance* ottimali ($t(5) = 2,87, p = 0,04, \eta^2 = 0,62$), così come per il cambiamento dei sintomi emozionali ($t(5) = 2,39, p = 0,06, \eta^2 = 0,53$). Nello specifico, in seguito della condizione sperimentale, gli atleti hanno ridotto la differenza tra l'intensità della prestazione attuale e quella ottimale per il 75% delle emozioni e per il 78% dei sintomi, così come hanno aumentato la differenza tra l'intensità della prestazione attuale e quella peggiore per il 67% delle emozioni e per il 65% dei sintomi. Questi risultati non si sono ottenuti per il gruppo di controllo. Gli atleti che hanno ottenuto questi risultati e che hanno modificato il loro modello psicofisico hanno anche migliorato le loro prestazioni in modo significativo ($t(5) = 3,31, p = 0,02, \eta^2 = 0,69$). Ciò che si conclude da questa ricerca conferma gli assunti fondamentali del modello IZOF ovvero che la *performance* è influenzata da una estesa gamma di modalità che vanno oltre la pura componente motoria; le componenti che incidono sulla prestazione sono quelle cognitive, emozionali, corporee, motorio comportamentali, operazionali e comunicative (Hanin, 2000c). Inoltre, i risultati evidenziano come gli interventi di autoregolazione sono efficaci nel modificare queste componenti. Il trattamento risulta essere in grado di aggiustare i pattern emozionali e fisiologici: cinque partecipanti su sei hanno modificato i propri stati biopsicosociali e hanno raggiunto *pattern* funzionali al raggiungimento della *performance* ottimale, *performance* che poi risulta migliore rispetto a quella prima dell'intervento. In aggiunta, la variabilità ottenuta nei risultati preliminari supporta gli assunti di base del modello IZOF, enfatizzando la priorità per l'identificazione di modelli idiosincratici e quindi "cuciti" sul singolo, l'applicazione di un'impostazione idiografica risulta quindi essere necessaria nella ricerca delle componenti sottostanti la *performance* e nell'implementazione di un intervento. Come dimostrato dalla letteratura il modello IZOF e la sua applicazione tramite la nozione dell'*in/out-of-zone* relativa alla percezione delle emozioni e dei sintomi corporei risulta essere un paradigma efficace su cui basare le strategie di *mental training*, volte all'ottimizzazione degli stati biopsicosociali necessari al miglioramento della prestazione competitiva (Robazza, 2004).

L'obiettivo del *mental training* è quello di creare un atleta mentalmente forte, in grado di controllare sé stesso così da utilizzare le abilità mentali nel modo più funzionale possibile durante le situazioni più stressanti. Oltre che alle tecniche cognitive per il miglioramento della *performance* sportiva, nel contesto del *mental training*, esistono anche le tecniche che influenzano le abilità psicofisiologiche (Shoenfelt, 2019).

1.4.3 Le Tecniche psicofisiologiche per l'ottimizzazione della *performance*

Le tecniche psicofisiologiche non hanno come intento quello di approfondire le conoscenze riguardo isolate componenti corporee, bensì mirano all'analisi del funzionamento dell'intero organismo per favorire l'ottimizzazione della *performance* (Tang & Bruya, 2017).

Tra queste, le più conosciute sono le tecniche di rilassamento che possono essere definite come mezzi attraverso i quali gli individui sono in grado di ridurre volontariamente la propria tensione muscolare e psicologica. Le tecniche di rilassamento maggiormente utilizzate sono la respirazione addominale (diaframmatica), il rilassamento muscolare progressivo, e il training autogeno (Malik et al., 2019; Park et al., 2019). Gli effetti del rilassamento non si ritrovano solamente nella gestione dell'ansia durante le competizioni, questa tecnica può anche essere utilizzata per alleviare le tensioni muscolari localizzate, facilitare il processo di recupero quando l'intervallo di recupero tra due sessioni è breve, gestire i problemi di insonnia prima di importanti competizioni, immagazzinare temporaneamente l'energia, e ottimizzare il periodo di defaticamento dopo la pratica (Pineschi & Di Pietro, 2013). Le varie metodologie di rilassamento esistenti condividono tra loro tre principi: (a) la riduzione del tono muscolare, (b) focalizzarsi sulle sensazioni corporee e sul momento presente e (c) un respiro rilassato. La respirazione addominale è una delle tecniche più utilizzate e più semplici, dal momento che "respirare" è una delle poche funzioni fisiologiche che può essere controllata direttamente in ogni momento (Choque, 1998). Per quanto riguarda il rilassamento, il controllo della respirazione è basato sull'applicazione della "respirazione diaframmatica" che è ritmica, lenta e profonda (Le Scanff, 2003). Questo si contrappone alla respirazione toracica che è associata alle situazioni *stressanti* e caratterizzata da *pattern* respiratori irregolari, veloci e superficiali (Davis et al., 2000). Un altro metodo psicofisiologico che influenza la prestazione atletica è il "rilassamento muscolare progressivo" sviluppato da Jacobson (Jacobson, 1938). Questa tecnica di rilassamento è considerata una tecnica "*muscle-to-mind*", facente parte delle tecniche somatiche che permettono una diminuzione della tensione psicologica attraverso il rilassamento corporeo, mentre il training autogeno è considerata una tecnica "*mind-to-muscle*" in quanto è la mente che porta a un rilassamento corporeo. In accordo con questo metodo il rilassamento mentale deriva dal rilassamento corporeo (Chevallon, 1995) e richiede la contrazione e il conseguente rilassamento di specifici gruppi muscolari. Questo avviene in maniera progressiva, partendo da un complesso muscolare e indirizzandosi verso quelli adiacenti (Davis et al., 2000). L'obiettivo è quello di incrementare la consapevolezza individuale tra la presenza e l'assenza della tensione. Questa tecnica deve sviluppare la capacità di ottenere un rilassamento fisico in contesti naturali e senza il bisogno di applicare le tecniche di contrazione-rilassamento (Cox, 2012).

All'interno delle tecniche psicofisiologiche si trova anche il “*training* autogeno” sviluppato da Schultz (1959). La distensione corporea viene ottenuta attraverso l'auto presentazione di stimoli verbali, questo provoca una modulazione vasomotoria e cardiorespiratoria caratteristica delle situazioni di riposo (Le Scanff, 2003). Nello specifico, viene chiesto alla persona di focalizzarsi sulla sensazione di calore, pesantezza o freschezza delle diverse parti del corpo (Sadigh, 2001).

Oltre all'abilità di rilassarsi, è fondamentale che gli atleti imparino delle tecniche che permettono loro di creare un'attivazione psicofisica. Uno stato di attivazione permette di contrastare quei sintomi come la fatica, la stanchezza e la mancanza di entusiasmo, che inficiano il raggiungimento della *peak performance* (Giesenow, 2011). Tali tecniche consentono all'atleta di aumentare volontariamente la propria attività psicologica così da raggiungere *l'arousal* funzionale alla prestazione (Williams & Harris, 1998). È importante sottolineare nuovamente che il livello ottimale di *arousal* dipende dalla disciplina sportiva e dalle caratteristiche personali. Mediamente, gli *sport* in cui è richiesto un controllo motorio fine e una forza limitata sono caratterizzati dalla necessità di un *arousal* basso, mentre i compiti che richiedono un controllo grosso motorio e una maggiore quantità di forza necessitano di livelli di *arousal* più elevati (Robazza et al., 2004b). Le differenze possono anche essere interne alla stessa disciplina, il livello ottimale è infatti influenzato dalla personalità e dallo stile di gioco di ogni atleta (Giesenow, 2011). Pertanto, ogni atleta deve identificare il suo livello ottimale di attivazione ed essere in grado di raggiungere e mantenere questo livello quando richiesto (Robazza et al., 2004b).

Lo sviluppo tecnologico caratteristico degli ultimi decenni ha permesso alle tecniche cognitive e a quelle psicofisiologiche di poter essere affiancate da strumentazioni che consentono l'indagine di alcuni processi fisiologici in eventi quotidiani. Le nuove tecniche permettono una diretta analisi dei processi viscerali, così come l'osservazione dell'attivazione di alcune parti del cervello durante la messa in atto di operazioni psicologiche e motorie (Cacioppo et al., 2007). Lo studio dei processi fisiologici sottostanti la prestazione sportiva è attuabile grazie a quello che viene chiamato “*monitoraggio psicofisiologico*”, le tecniche principali di questo tipo di monitoraggio comprendono l'elettromiografia (EMG), l'elettrocardiografia (ECG), l'elettroencefalografia (EEG), la risonanza magnetica funzionale (fMRI), l'attività elettrodermica (EDA) e il ritmo respiratorio (Di Fronso et al., 2017). Nel seguente capitolo verrà introdotta una specifica tecnica psicofisiologica che si avvale delle strumentazioni per il monitoraggio psicofisiologico. Tale tecnica è utilizzata in molti contesti, l'elaborato intende approfondire l'applicazione e la sua efficacia nel contesto del miglioramento della prestazione sportiva.

2. Il *biofeedback* e la sua applicazione in ambito sportivo

2.1 . Il *Biofeedback* e il *Biofeedback training*

L'avanzamento tecnologico dei biosensori, della microelettronica e delle piattaforme informatiche hanno permesso lo sviluppo del monitoraggio psicofisiologico, consentendo l'implementazione di interventi che utilizzano le tecniche di *biofeedback* (BF; Yu et al., 2018). Tali tecniche sono utilizzate in molti contesti legati alla salute e al benessere, che vanno dall'ambito medico a quello psicologico. Nel corso del capitolo, dopo aver definito il concetto di BF e i rispettivi meccanismi di funzionamento, verrà analizzato il ruolo che esso riveste nell'ambito della psicologia dello *sport* e, in particolare, in che modo può contribuire alla *performance* sportiva.

2.1.1 Definizione

Il BF è una tecnica psicofisiologica che consente di far apprendere a un individuo a controllare volontariamente le proprie funzioni fisiologiche al fine di migliorare la *performance* e la salute. Per prima cosa, i segnali fisiologici (quali le onde cerebrali, la funzione cardiaca, la respirazione, l'attività muscolare e la temperatura cutanea) vengono registrati tramite degli elettrodi che vengono applicati sulla superficie della pelle nel sito di interesse (ad esempio, sul torace se si vuole registrare il segnale cardiaco). Tali segnali fisiologici vengono poi retro-azionati (ovvero, restituiti) all'individuo sotto forma di *feedback* visivo e/o uditivo in maniera pressoché istantanea (Schwartz & Andrasik, 2003). Tali *feedback* vengono proiettati su un *monitor* a disposizione dell'individuo, al quale viene data istruzione di individuare delle strategie per modificare tale *feedback* associato al proprio segnale fisiologico. Il fine ultimo è quello di permettere all'individuo di sviluppare consapevolezza dei processi fisiologici e di apprendere come modificare consapevolmente le risposte fisiologiche che solitamente non sono sotto il controllo volontario (Zaichkowsky & Fuchs, 1988). Il processo descritto avviene in un contesto controllato come, ad esempio, in uno studio clinico ed è quindi fondamentale insegnare all'individuo a generalizzare le strategie nelle situazioni di vita quotidiana (Blumenstein et al., 1997). Per raggiungere tale condizione, è necessario un programma di *training*, detto anche *biofeedback training* (BFT; Frank et al., 2010).

La tecnica del BF non è invasiva e può risultare efficace in quelle situazioni dove i trattamenti tradizionali producano risultati insufficienti e laddove il trattamento farmacologico è controindicato (Kotwas et al., 2018; Reneau, 2020). Nello studio di Kotwas e colleghi (2018) è stato dimostrato come il BFT della conduttanza cutanea (SCR) possa essere un trattamento non farmacologico efficace nella riduzione delle convulsioni in pazienti con epilessia farmaco resistente del lobo

temporale. I pazienti hanno mostrato una riduzione media del 47,42% nella frequenza delle convulsioni ($t(14) = 3,370, p = 0,005$), riduzione che non avveniva nel gruppo di controllo (*waiting list*). Tale riduzione è risultata essere correlata con i cambiamenti della SCR ($\rho = 0,540, p = 0,038$). Inoltre, il BFT, può essere uno strumento aggiuntivo laddove si presentino complicazioni dovute alla non aderenza alla terapia (Frank et al., 2010). Lo studio di Mc Grady e collaboratori (2003) ha esplorato gli effetti di un BFT elettromiografico combinato con il *training* autogeno e con il rilassamento muscolare progressivo sulla sincope vasovagale. I pazienti sottoposti al BFT, che mostravano tendenze di non aderenza alle classiche terapie, hanno evidenziato differenze significative ($p < 0,05$) rispetto al gruppo di controllo con un miglioramento dei sintomi dell'emicrania ($t = 1,96, p = 0,08$) e una riduzione degli episodi di perdita di coscienza ($p = 0,001$).

2.1.2 Meccanismi di funzionamento del BFT

Lo strumento BF svolge il suo compito attraverso quella che viene definita catena di registrazione, che prevede due passaggi principali. In primo luogo, vengono effettuati la misurazione e il monitoraggio del segnale fisiologico di interesse. Durante questo processo vengono registrati segnali fisiologici provenienti dall'organismo, chiamati anche biosegnali. Tra questi si distinguono diverse tipologie di biosegnale. Il "potenziale bioelettrico", per cui si intende ogni segnale fisiologico prodotto dall'attività elettrica delle cellule, come ad esempio il segnale elettrocardiografico ed elettroencefalografico. Vi sono poi i segnali bioelettrici di altra natura, ovvero che non sono direttamente rilevabili come differenza di potenziale, ma hanno altre proprietà elettriche a seconda del sistema di interesse. Alcuni esempi sono la conduttanza cutanea e la resistenza cutanea. Infine, i segnali biofisici sono i segnali che non hanno natura elettrica, ma sono prodotti da forme di energia differenti, per esempio, la pressione arteriosa e l'attività respiratoria (Pennisi & Sarlo, 1998). Per segnali di natura elettrica vengono utilizzati degli elettrodi di argento ricoperti di cloruro di argento. Nella ricerca e nell'applicazione riguardante la psicofisiologia si utilizzano elettrodi di superficie, i quali permettono una misurazione non invasiva. Nel caso in cui il segnale non sia rilevabile come differenza di potenziale vengono utilizzati i trasduttori, i quali permettono di trasformare una forma di energia in un'altra. Tra questi esistono i trasduttori per la rilevazione di segnali meccanici, termici o pressori (Pennisi & Sarlo, 1998).

Una volta registrato, il segnale deve essere amplificato. Dal momento che la maggior parte dei biosegnali ha un voltaggio ridotto (anche dell'ordine di μV), è infatti necessario amplificarli affinché siano rilevati dalla strumentazione (Pennisi & Sarlo, 1998). Il segnale viene quindi convertito. In questa fase il segnale può essere rappresentato sia in modalità analogica sia in modalità digitale. La modalità analogica permette una visualizzazione del segnale in modo continuo

così da ottenere variazioni d'ampiezza in funzione del tempo. La modalità digitale avviene convertendo il segnale analogico in un formato discreto che rappresenti l'ampiezza del segnale stesso a intervalli regolari di tempo, l'operazione di questa conversione avviene grazie alla scheda analogica digitale (Pennisi & Sarlo, 1998).

Il BF, per essere definito tale, richiede un ultimo passaggio. Una volta che il segnale è stato registrato e amplificato, viene quindi presentato (ovvero, retroazionato), alla persona. Il segnale deve quindi essere convertito in una modalità che renda il segnale fisiologico interpretabile per l'individuo (stimolo sonoro e/o visivo). Il *feedback* che viene retroazionato può indicare la presenza o l'assenza di una risposta corretta (*feedback* binario), oppure può indicare sia sulla direzione della risposta sia sul discostamento di questa rispetto a un valore soglia (*feedback* analogico; Blanchard & Epstein, 1996). Il valore soglia è un valore che viene impostato dal professionista a seconda dell'obiettivo del *training* e permette di impostare un particolare livello della funzione fisiologica come criterio da raggiungere. Quando il livello della variabile misurata eccede o scende sotto la soglia vengono forniti dei *feedback* di tipo visivo, come luci o un *display* computerizzato, dei *feedback* di tipo acustico, o in alcuni protocolli *feedback* di tipo tattile. La "Thought Technology's Biograph software", insieme alla Procomp Infinity, offre diverse animazioni che vengono presentate all'individuo sul *display* (Schwartz, 2017). Le scene rappresentano differenti ambienti virtuali che si animano se la variabile monitorata raggiunge la soglia impostata dal professionista; ad esempio, se l'individuo diminuisce la propria frequenza cardiaca (HR) viene riprodotto il video di una palla che entra in un canestro, l'animazione si ferma quando l'individuo non segue i parametri. Il professionista può decidere se mostrare in contemporanea le variazioni fisiologiche (Beauchamp, 2017). Inoltre, il valore soglia può essere aggiustato nel tempo in quanto l'obiettivo del *training* può variare (Schwartz & Andrasik 2017). La persona sottoposta al BFT ha il compito di modificare tale segnale (Schwartz & Andrasik, 2017). Affinché l'individuo possa sviluppare la capacità di controllare in modo fine le proprie risposte fisiologiche, il segnale deve essere retroazionato immediatamente, così che il *feedback* presentato sullo schermo rappresenti in tempo reale la variazione fisiologica in atto (Blanchard & Epstein, 1996). Questa fase è il fondamento del BFT, infatti la presentazione pressoché "in diretta" dei cambiamenti fisiologici che stanno avvenendo permette la presa di consapevolezza delle funzioni autonome. Alla presa di consapevolezza segue il controllo volontario dei processi fisiologici stessi.

2.1.3 Il condizionamento delle funzioni autonome

Il BFT si basa sul principio del condizionamento operante (Frank et al., 2010).

Il condizionamento operante è una forma di apprendimento in cui la frequenza della messa in atto di

un comportamento è controllata dalle sue stesse conseguenze (Skinner, 1937). Il termine “operante” si riferisce a una serie di comportamenti che producono delle conseguenze nell’ambiente circostante; le conseguenze possono agire da rinforzi, andando a incrementare la frequenza di un comportamento, o come punizioni, diminuendola (Murphy & Lupfer, 2014).

Le funzioni regolate dal sistema nervoso autonomo (SNA) sono generalmente soggette unicamente all’influenza dei meccanismi innati e inconsapevoli (Miller, 1978), di conseguenza, gli studiosi sostenevano che le risposte regolate dal SNA non fossero modificabili tramite condizionamento operante e che fosse possibile modificare soltanto quelle risposte regolate dal sistema muscolo scheletrico volontario, mediato dal sistema nervoso centrale (SNC, Binnun et al., 2010). I *bias* relativi alla conoscenza del condizionamento operante per le funzioni autonome hanno quindi limitato la ricerca in tale settore (Miller, 1978).

Tuttavia, attraverso studi su esseri umani e animali è stato dimostrato come tramite il condizionamento operante si possano influenzare anche le risposte fisiologiche mediate dal SNA (Harris & Brady, 1974; Kimmel, 1979; Taub, 2010). Uno dei primi studi a sostegno dell’efficacia del condizionamento operante per la modifica delle funzioni autonome è lo studio di Di Cara e Miller (1968), il cui obiettivo era quello di determinare se la variazione della funzione fisiologica pressione sanguigna (BP) potesse essere condizionata dalla somministrazione di una ricompensa. In questo studio 28 ratti sono stati immobilizzati così da escludere l’effetto dell’attività muscolare sulle variazioni fisiologiche misurate. Il *training* consisteva nella presentazione di brevi scosse elettriche alla coda che venivano somministrate a 7,5 secondi dalla presentazione di un tono di 1000 cicli per secondo. Per i ratti del gruppo sperimentale la somministrazione delle scosse veniva interrotta ogni qual volta variavano la propria BP, misurata tramite l’utilizzo di un catetere impiantato all’interno dell’aorta addominale. Nello specifico, metà degli individui del gruppo sperimentale riceveva una ricompensa (ovvero, la cessazione della somministrazione della scossa elettrica) quando aumentavano la BP, mentre l’altra metà riceveva la ricompensa solo se la diminuivano. Il gruppo di controllo riceveva il medesimo trattamento ma senza la possibilità di poter evitare le scosse. I risultati di tale studio hanno mostrato che i ratti sperimentali riuscivano a modificare la propria BP e a evitare la punizione. Nello specifico, i ratti premiati per l’incremento della BP avevano raggiunto un sostanziale incremento della BP (da 139 mmHg ($\pm 9,9$) a 170 mmHg ($\pm 10,2$); $p < 0,01$). I ratti che venivano premiati a seguito di un decremento della funzione fisiologica mostravano una diminuzione sostanziale di quest’ultima (da 140 mmHg ($\pm 10,8$) a 113 mmHg ($\pm 9,5$); $p < 0,01$). I cambiamenti di BP rilevati nel gruppo sperimentale erano significativamente maggiori rispetto a quelli dei gruppi di controllo: sia per il gruppo che doveva incrementare la variabile ($t(12) = 3,33$, $p < 0,01$) sia per il gruppo che doveva diminuirla ($t(12) =$

11,48, $p < 0,001$). Ulteriori analisi hanno mostrato che le marcate differenze nella BP non erano artefatti causati dal numero elevato di *shock* ricevuti durante il *training* (debole correlazione di 0,14 per i cambiamenti appresi nella BP e il numero di scosse ricevute). In conclusione, i risultati di tale studio hanno dimostrato che è possibile allenare strumentalmente i cambiamenti nella BP sistolica, indipendentemente dai cambiamenti dell'HR (Miller & Di Cara, 1968).

I medesimi risultati sono emersi anche attraverso ricerche nell'uomo (Miller, 1977; 1978). Ad esempio, in uno studio di Shapiro e collaboratori (1969), 20 persone ricevevano *feedback* visivi e sonori quando la loro pressione sanguigna sistolica (SBP) variava in una specifica direzione. Metà dei partecipanti riceveva un rinforzo, che consisteva in un'immagine erotica, quando la SBP aumentava mentre metà veniva rinforzata per un decremento della SBP. I partecipanti erano inconsapevoli del motivo per cui ricevevano i *feedback*, e quindi, di come ricevere il premio. I risultati hanno evidenziato che il gruppo rinforzato a seguito dell'incremento della SBP mostravano un aumento significativo ($p < 0,01$) della stessa funzione fisiologica e il gruppo rinforzato a seguito di un decremento della SBP mostravano una significativa diminuzione ($p < 0,01$) in questa variabile. I risultati di questo studio hanno indicato che il condizionamento operante può modificare le risposte che sono regolate dal SNA. Ciò che emerge dagli studi finora citati, è che il condizionamento operante non influenza solo gli aspetti del comportamento umano ma è un processo funzionale anche alla modifica dell'attività fisiologica (Di Cara & Miller, 1968d; Miller, 1969).

Il condizionamento operante è lo stesso meccanismo tramite cui alcune risposte del SNA diventano disfunzionali. Un esempio è costituito dai disturbi psicosomatici (Carney et al., 2005). Per tale motivo, si può intervenire (sempre tramite il condizionamento operante) per contrastare queste risposte disfunzionali (Thorndike, 1932). Per tale motivo, il BFT ha anche delle finalità terapeutiche (Russo, 2019; Shapiro & Surwit, 1974). Un esempio è lo sviluppo di un BFT per trattare patologie cardiovascolari come la fibrillazione atriale (Engel & Bleeker, 1974; Engel et al., 1974; Weiss & Engel, 1971). Fredrikson ed Engel (1985) hanno condotto uno studio su 12 persone con ipertensione *borderline* con l'obiettivo di verificare se queste potessero imparare ad attenuare l'HR durante un esercizio fisico eseguito su un cicloergometro. La metà dei partecipanti riceveva l'istruzione di abbassare la propria HR e ricevevano un *feedback* riguardo i cambiamenti della HR battito per battito, mentre l'altra metà ha eseguito l'esercizio senza ricevere nessun *feedback*. I risultati hanno rilevato che solo i pazienti che avevano ricevuto il *feedback* erano riusciti a diminuire la propria HR in modo significativo ($p = 0,035$). La differenza rilevata nelle funzioni fisiologiche a seguito del *training* può essere considerata come una conseguenza

dell'apprendimento operante indotto dal BF, e non dell'esercizio fisico, in quanto i cambiamenti non si verificano nel gruppo di controllo che non ha ricevuto il *feedback* viscerale (Fredrikson & Engel, 1985). In sintesi, la tecnica della bio retroazione del segnale fisiologico (BF) può aiutare le persone a modificare volontariamente le risposte viscerali mediate dal SNA. ,

Tuttavia, gli esperti sottolineano che il BFT non deve sostituire le terapie per il miglioramento delle condizioni cliniche ma deve essere integrato a queste. Inoltre, la sua applicazione deve tenere in considerazione anche la dimensione cognitiva e i processi mentali coinvolti nell'apprendimento, dal momento che questi possono influenzare il funzionamento dell'organismo. Per tale motivo, le terapie di BF sono spesso strutturate all'interno di un modello cognitivo-comportamentale (Schwartz & Andrasik 2017).

2.1.4 Efficacia del BFT

Gli studi effettuati negli ultimi decenni hanno dimostrato come il BFT sia efficace in una moltitudine di ambiti applicativi (Fisher et al., 2013; Hasset et al., 2007; Steiner & Dincee 1981).

L'efficacia degli interventi varia a seconda del tipo di trattamento. Per questo motivo, nel 2001 una *task force* creata dall' *Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback* (AAPB) e dalla *Society for Neuronal Regulation* ha definito i criteri per i livelli di efficacia clinica *evidence based* riguardo gli interventi psicofisiologici (Frank et al., 2010). La società americana definisce cinque livelli di certificazione:

- Livello 1: Non supportato empiricamente
Le evidenze sono supportate solo da resoconti aneddotici e/o casi che non hanno ricevuto una revisione ufficiale.
- Livello 2: Possibilmente efficace
L'efficacia è supportata da almeno uno studio con sufficiente potenza statistica, ma con mancanza di assegnamento casuale a una condizione di controllo interna allo studio stesso.
- Livello 3: Probabilmente efficace
L'efficacia è supportata da molteplici osservazioni, condizioni di controllo, replica di studi intra e inter-soggetto che dimostrano l'efficacia.
- Livello 4: Efficace
L'efficacia è supportata dai seguenti criteri: a) Confronto con un gruppo di controllo senza trattamento, un gruppo con un trattamento alternativo, o un controllo placebo utilizzando un

assegnamento casuale. Il trattamento investigato deve essere statisticamente superiore rispetto al gruppo di controllo. b) Gli studi devono essere stati condotti su una popolazione trattata per uno specifico problema, per i quali i criteri di inclusione sono stati delineati in una maniera replicabile, e definito in modo operazionalizzato. c) Lo studio deve utilizzare misure valide e specificate. d) I dati devono essere soggetti ad analisi appropriate. e) Le variabili diagnostiche, il trattamento e le procedure devono essere definite in modo chiaro, così da permettere la replica dello studio da ricercatori indipendenti. f) La superiorità o l'equivalenza del trattamento investigato deve essere dimostrata in almeno due *setting* di ricerca indipendenti.

- **Livello 5: Efficace e specifico**

L'efficacia per il livello 5 è supportata da tutti i criteri del livello 4 e, inoltre, il trattamento investigato deve essere dimostrato come superiore statisticamente rispetto a un trattamento placebo, a un farmaco o a un trattamento già sperimentato in almeno due *setting* di ricerca indipendenti (Yuch & Montgomery, 2008).

2.1.5 Ambiti applicativi

Il BFT viene tipicamente utilizzato in ambito clinico e psicologico. In tale contesto, il professionista guida l'individuo nell'identificazione delle risposte fisiologiche disfunzionali che inficiano la salute, per poter poi implementare delle pratiche adattive per una regolazione funzionale (De Witt, 1980; McCraty & Tomasino, 2006). L'utilizzo del BFT è di ampio uso anche nel contesto sportivo, in tale contesto questa tecnica psicofisiologica risulta essere efficace per il raggiungimento della *peak performance* (Paul et al., 2012; Pop-Jordanova et al., 2010), tramite il miglioramento della performance cognitiva e dei processi di autoregolazione (Dessy et al., 2019; Prinsloo et al., 2011).

In ambito medico il trattamento che ha l'efficacia maggiore è quello per l'incontinenza urinaria in partecipanti di sesso femminile. Nel loro studio, Burgio et al. (1998) hanno paragonato l'efficacia di un trattamento eseguito con il BFT e di un trattamento farmacologico per il trattamento dell'incontinenza urinaria. Il campione era costituito da un gruppo di 197 donne, le quali sono state sottoposte a un protocollo sperimentale della durata di 8 settimane. Le partecipanti sono state divise in modo randomizzato in tre gruppi: un gruppo sottoposto a un trattamento di BFT integrato con un intervento comportamentale (E), un gruppo a cui veniva somministrato un farmaco specifico per l'incontinenza urinaria (D), ovvero l'oxibutinina, e un gruppo di controllo (C). Al gruppo E venivano insegnate delle tecniche per controllare l'incontinenza e venivano forniti consigli da seguire a casa. Queste tecniche comportamentali erano affiancate da un BFT muscolare anoretale che avrebbe aiutato le pazienti a identificare i muscoli pelvici e insegnato loro a contrarli e rilassarli

in modo selettivo. Inoltre, veniva implementato anche un BFT muscolare dello sfintere viscerale per imparare il controllo dei muscoli pelvici durante situazioni di emergenza. L'assegnazione al gruppo D e C è avvenuto in doppio cieco e quindi tutti le partecipanti sono stati trattate come se stessero assumendo 2,5 mg di oxibutinina tre volte al giorno, al gruppo D e al gruppo C oltre che alla somministrazione del farmaco, o del placebo, venivano eseguite delle visite cliniche, era mantenuto il contatto con un terapeuta e veniva richiesto l'automonitoraggio (diario vescicale). I risultati di questa ricerca hanno evidenziato che il trattamento BFT produce una riduzione media del 80,7% degli episodi di incontinenza. Tale cambiamento è risultato significativamente più efficace rispetto a quello ottenuto con il trattamento farmacologico, il quale ha mostrato un decremento medio degli episodi di incontinenza del 68,5% ($p = 0,04$) e rispetto a quello ottenuto dal gruppo di controllo 39,4% ($p < 0,001$). Oltre a una riduzione oggettiva degli episodi di incontinenza in seguito al BFT, le partecipanti hanno riportato anche una maggiore percezione di miglioramento ($p < 0,001$). Alla luce dei risultati di tale studio, il BFT per l'incontinenza urinaria ha assunto il livello massimo di efficacia (Livello 5) secondo i criteri della AAPB (Burgio et al., 1998).

Il gruppo di controllo aveva lo scopo di controllare non solo l'effetto placebo ma anche gli effetti delle visite cliniche, dell'automonitoraggio (diario vescicale) e del contatto con il terapeuta.

Ulteriori esempi dell'applicazione del BFT nell'ambito clinico sono identificabili nell'utilizzo del EEG BFT per aiutare gli individui che soffrono di dolore cronico lombare, addominale e fibromialgia (Jensen, 2013). La fibromialgia è una ipersensibilizzazione del sistema nervoso centrale che si riflette in un'amplificazione del dolore. Tale patologia è stata individuata da Federigo Sicuteri negli anni '60 e inizialmente è stata denominata "panalgesia" (pan=tutto, algesia=dolorabilità). Questa patologia è estremamente invalidante e i sintomi possono essere di tipo somatico, come l'emicrania, ma può anche portare a disturbi di tipo cognitivo e affettivo, come perdita di memoria, difficoltà a concentrarsi, ansia, depressione e disturbi del sonno (Nicolodi & Sicuteri, 1996). Alcune evidenze hanno supportato l'ipotesi che la causa di alcuni meccanismi patogeni alla base della fibromialgia possano essere un'attività disfunzionale del SNA. Nello specifico, è stata osservata un'iperattivazione del sistema simpatico a riposo, così come una ridotta attività parasimpatica che scaturisce in una risposta patologica agli *stressor* (Clauw & Chrousos, 1997; Martinez-Lavin, 2004). Considerata la possibile influenza di un malfunzionamento autonomo nella sintomatologia della fibromialgia, Hassett e collaboratori (2007) hanno implementato una terapia eseguita con il BFT della variabilità della HR (*heart rate variability*, HRV). In questo studio 12 donne con fibromialgia hanno completato 10 sessioni settimanali di HRV BFT. In seguito al trattamento, le partecipanti sperimentali hanno messo in luce una significativa diminuzione ($p < 0,009$) dei sintomi depressivi misurati con il Beck Depression Inventory-II (Melzack, 1975), che

persiste anche dopo tre mesi ($p < 0,005$). Inoltre, le pazienti hanno mostrato un miglioramento clinicamente significativo ($p < 0,006$) dei punteggi relativi al dolore misurato con il McGill Pain Questionnaire (Melzack, 1975). Gli autori hanno anche riportato un significativo incremento ($p < 0,001$) della HRV totale come conseguenza del BFT. I dati suggeriscono che l'HRV BFT potrebbe essere un trattamento utile per la fibromalgia, in quanto ha un effetto mediatore sui cambiamenti autonomi. Nonostante la ridotta numerosità campionaria e la mancanza di un gruppo e/o terapia di controllo, questi risultati sono incoraggianti e incentivano lo sviluppo di ulteriori studi per poter valutare l'efficacia del HRV BFT per il trattamento della fibromalgia (Hassett et al., 2007).

Un ulteriore esempio è il trattamento di pazienti con ipertensione, una condizione medica caratterizzata da pressione sanguigna più alta del normale che aumenta il rischio di malattie cardiache, cerebrali e renali. È considerata una delle maggiori cause di morte prematura (World Health Organization, 2003). A tal proposito, Palomba e collaboratori (2011) hanno condotto uno studio il cui scopo era quello di valutare gli effetti di un protocollo di HR BFT sulla SBP e sulla pressione sanguigna diastolica (DBP). I 22 individui coinvolti nello studio si trovavano in uno stadio di pre-ipertensione caratterizzato da livelli normali di BP e con una elevata reattività cardiovascolare agli *stressor* di laboratorio (Matthews et al., 2004). Metà dei partecipanti sono stati sottoposti a un HR BFT mentre l'altra metà non partecipava ad alcun *training* ma gli veniva chiesto di monitorare costantemente la propria BP. Per tutti i partecipanti era stato previsto un *emotional speech test* per valutare la reattività agli *stressor* emozionali sia prima che dopo il trattamento. I risultati mostrano un decremento significativo, di circa 10 mmHg, nella SBP ($p = 0,018$) e nella DBP ($p < 0,001$) solo nei pazienti sottoposti al BFT. Gli individui sottoposti al BFT, inoltre, hanno mostrato una ridotta reattività della SBP durante l'*emotional speech* ($p < 0,035$); nello specifico la SBP è diminuita da 44,63 ($\pm 20,76$) mmHg a 29.13 ($\pm 18,34$) mmHg nel gruppo sottoposto a BFT.

In conclusione, il BF *training* è risultato essere efficace nella riduzione delle reazioni di pressione sanguigna in risposta a *stressor* psicosociali in pazienti che manifestano ipertensione, soprattutto in quelli che sono anche caratterizzati da un'attivazione emozionale elevata. Questo studio soddisfa i criteri di efficacia determinati dalla AAPB (Livello 4).

In ambito psicologico, i trattamenti di BFT si focalizzano in particolare sulla diminuzione dell'ansia e dello *stress* (Goessl et al., 2017). Questo strumento è risultato essere un utile affiancamento alla terapia farmacologica per il trattamento della depressione (Siepmann et al. 2008) e per il disturbo da deficit di attenzione/ipertattività (Swingle, 2008). Nello studio di Siepmann e collaboratori (2008), l'obiettivo era quello di valutare la possibilità di usare l'HRV BFT per trattare le persone con disturbi depressivi (da moderati a gravi). Dopo aver effettuato un BFT, i livelli di *stress* sono risultati essere significativamente più bassi rispetto alla condizione di *baseline* iniziale. Inoltre, i

pazienti con depressione hanno mostrato anche una riduzione dell'ansia, dell'HR e un aumento della HRV dopo aver effettuato il BFT. Sulla base di questi risultati gli autori hanno concluso che l'HRV BFT potrebbe essere un utile affiancamento alle classiche terapie per la depressione, patologia che è associata con una riduzione della HRV. Oltre a dimostrare effetti benefici sull'umore, l'HRV BFT è anche associata a una riduzione dei rischi cardiovascolari tipici di persone con depressione, in quanto aumenta l'attività vagale al cuore (Siepmann et al., 2008).

Una delle più recenti applicazioni del BF la troviamo nell'ambito sportivo (Jimenez Morgan & Molina Mora, 2017). I cambiamenti psicologici indotti dal BFT si sono dimostrati efficaci nel mediare la relazione tra il trattamento stesso e la *performance* sportiva (Lehrer et al., 2003). Ad esempio, l'HRV BFT ha mostrato di indurre un aumento dell'attività del sistema parasimpatico a riposo e di agire sul miglioramento dell'autoregolazione emozionale durante compiti ad alta componente ansiogena (Lehrer et al., 2003). I cambiamenti psicologici descritti, regolati da un cambiamento a livello fisiologico, possono essere fondamentali per l'ottimizzazione della *performance* sportiva degli atleti (Lehrer et al., 2003).

2.2 Il BFT nello sport

La preparazione psicologica ha assunto un ruolo sempre più rilevante nei programmi di allenamento degli atleti. Gli stessi atleti e allenatori affermano la necessità di introdurre un *training* di preparazione psicologica per il successo sportivo (Krane & Williams, 2006). Gli studi che applicano il BFT multimodale, e quindi l'integrazione delle tecniche psicofisiologiche con l'allenamento delle abilità psicologiche, evidenziano come tale modalità di intervento sia efficace per il raggiungimento del miglioramento della *performance sportiva*, inducendo un effetto più olistico negli atleti (Beauchamp et al., 2012; Couture et al., 1999; Crievlli et al., 2019). Lo studio di Couture e colleghi (1999) è un chiaro esempio di come il BFT multimodale (BFT e rilassamento) abbia una maggiore efficacia nel migliorare la prestazione sportiva se paragonato a un BFT unimodale (solo BFT) e a un trattamento di solo rilassamento. In tale studio 44 individui atletici provenienti dalla fanteria canadese sono stati assegnati a quattro gruppi: uno che svolgeva solo il BFT, uno che praticava solamente la meditazione, uno che svolgeva un training combinato di BFT e rilassamento (BFT multimodale) e uno di controllo (che non svolgeva alcuna attività). A tutti i partecipanti è stata valutata la loro prestazione sportiva in una prova di tiro a segno dopo una prova fisica di resistenza, che consisteva in 3 ore di marcia sostenuta, e nei 10 giorni successivi sono stati sottoposti al trattamento relativo al gruppo di appartenenza. Il gruppo di BFT faceva una seduta di BF al giorno dalla durata di 60 min, il cui obiettivo era di diminuire la tensione muscolare, la HR e aumentare la

temperatura periferica. Al gruppo combinato BFT-meditazione è stato richiesto di partecipare a una sessione di 30 minuti sul BFT al mattino e a una seconda sessione di 30 minuti sulla meditazione nel pomeriggio. Al gruppo di controllo è stato chiesto di continuare la propria *routine* quotidiana. Alla fine del trattamento, gli individui hanno eseguito nuovamente la prova fisica e le prove di tiro a segno. I risultati riguardo la prestazione di tiro non hanno evidenziato un miglioramento per il gruppo BFT, mentre per il gruppo combinato BFT-rilassamento un'ANOVA a due vie ha indicato un miglioramento significativo ($p < 0,01$). Tale ottimizzazione non è stata rilevata nel gruppo di controllo né nel gruppo meditazione. Il gruppo combinato non ha mostrato una riduzione della tensione muscolare ($t(11) = 2,08, p < 0,06$) e un'ottimizzazione statisticamente significativa nella regolazione della temperatura periferica ($t(11) = -4,13, p < 0,01$).

Questo studio dimostra come un programma di BFT multimodale associato con una tecnica di rilassamento sia efficace nel migliorare la prestazione in tiratori esperti, miglioramento che è associato a un significativo cambiamento delle risposte fisiologiche. Queste evidenze supportano la nozione che le tecniche che utilizzano un approccio integrato siano più efficaci rispetto a quelle che si avvalgono di un'unica modalità. Un limite di questo studio lo ritroviamo nella misurazione delle caratteristiche psicologiche. Gli autori non hanno utilizzato dei questionari per valutare le abilità mentali prima e dopo il *training*, bensì l'abilità di rilassarsi, la percezione di controllo, la consapevolezza corporea, la concentrazione e il livello di energia sono stati misurati tramite un auto-valutazione da parte dei partecipanti.

Il BFT nello sport viene descritto nella letteratura scientifica come un'applicazione integrata ad altre tecniche di *mental training* nella preparazione d'*élite* in vari sport. Il suo utilizzo permette di trasferire il miglioramento delle abilità mentali nel contesto della competizione (Blumenstein & Tenenbaum, 2002). Come è stato evidenziato nel precedente capitolo, l'obiettivo principale della preparazione psicologica nello sport è quello di sviluppare delle tecniche che permettano all'atleta di imparare delle strategie per affrontare in modo ottimale lo *stress* degli allenamenti e delle competizioni (Hardy et al. 1996). Lo *stress* si riscontra nella maggior parte degli atleti ed è spesso accompagnata da modificazioni viscerali, quali un aumento dell'HR, della BP, della tensione muscolare e della respirazione (Light, 1981). Il meccanismo psicofisiologico alla base del BFT è utile per contrastare i meccanismi disfunzionali che possono inficiare la prestazione dell'atleta (Cacioppo et al., 2007). Considerando il principio psicofisiologico che stabilisce come a ogni cambiamento fisiologico sia associato un parallelo cambiamento nello stato mentale ed emozionale e viceversa (Green et al., 1970), è facile assumere che le modificazioni corporee e viscerali indotte dal BFT influenzino gli stati psicologici dell'individuo. L'esito di questo processo è il raggiungimento di uno stato psicofisico ottimale che si riversa in un miglioramento della

performance (Blumenstein & Orbach, 2014).

Affinché il BFT risulti maggiormente efficace nel miglioramento della *performance* è necessario valutare con attenzione la durata del trattamento (numero di sessioni × durata), i segnali fisiologici da monitorare e da retro azionare e l'utilizzo del BFT in combinazione con altre tecniche (De Witt, 1980). Inoltre, è molto importante la selezione della corretta modalità di BF a seconda della disciplina sportiva, del compito e delle condizioni competitive. Ad esempio, i BFT che coinvolgono l'HR, l'EEG e la respirazione sono utilizzati in *sport* dove è richiesta la mira; i BFT che utilizzano l'EMG e la GSR sono maggiormente utilizzati in *sport* da combattimento e nella ginnastica (Blumenstein, 2002).

2.2.1 Il BFT multimodale: un approccio integrato per il miglioramento della *performance*

Il programma essenziale di BFT utilizzato nella pratica è il BFT multimodale. Questa modalità di applicazione del BFT si distingue dal BFT a una modalità che riguarda quei *training* in cui viene regolata un'unica funzione fisiologica unicamente per mezzo del BFT (Blumenstein & Orbach, 2014). Al contrario, le tecniche di BFT multimodali vengono così definite perché prevedono la combinazione del BFT con altre tecniche e strategie psicologiche come l'*imagery*, il *self-talk* e la respirazione (Beauchamp et al., 2012; Blumenstein & Orbach, 2014). L'integrazione del BFT all'interno di un *mental training* è stato utilizzato in diverse discipline sportive, come tiro con l'arco, *judo*, calcio e nel nuoto (Bar-Eli & Blumenstein, 2004; Blumenstein & Orbach, 2012a; Filho et al., 2008; Wilson et al., 2006).

Nel contesto sportivo, per far sì che le tecniche psicofisiologiche siano efficaci nel miglioramento della prestazione, è importante individuare il protocollo di BFT più appropriato per il gruppo a cui viene sottoposto, così come è necessario ponderare la scelta riguardo gli indici da utilizzare nel trattamento (Xiang et al., 2018). Uno degli indici maggiormente utilizzati nel contesto psicofisiologico è l'HRV. Negli ultimi anni la ricerca riguardo tale variabile fisiologica si è arricchita in quanto il suo contributo è conosciuto per essere connesso con molti fenomeni rilevanti, come l'autoregolazione a livello cognitivo, emozionale, sociale e alla salute psicofisica globale (Laborde et al., 2017).

Questo elaborato intende proseguire con un'analisi dell'HRV e dei suoi generali effetti sulla salute globale in quanto questo indice risulta essere estremamente rilevante nel contesto della Psicofisiologia dello *sport*. Conseguentemente, verrà esplicitato il suo utilizzo all'interno del BFT per l'ottimizzazione della prestazione sportiva.

3. HRV-*Biofeedback training* e il miglioramento della *performance* sportiva

3.1 HRV

Il cuore ha una funzione centrale per il benessere e la salute psicofisica della persona. Per questo motivo, le variabili cardiache e il loro effetto sul sistema dell'individuo sono uno dei principali oggetti d'indagine per gli studiosi di psicofisiologia (Bhide et al., 2016; Dugmore et al., 1999; Magaski et al., 2008; Pardee et al., 1920). In particolar modo, alcune componenti di uno specifico indice cardiaco, ovvero l'HRV, hanno catturato l'attenzione del mondo della psicologia e della medicina e sono considerati delle rilevanti misure indipendenti in psicofisiologia e nella medicina comportamentale (Berntson et al., 1997). Negli ultimi anni, l'analisi dell'HRV ha assunto un ruolo centrale anche nel mondo della psicofisiologia dello *sport* per permettere un miglioramento della *performance* atletica tramite l'approccio psicofisiologico (Makivić et al., 2013). Nello specifico l'HRV è uno degli indici più utilizzati nell'implementazione dei *training* eseguiti con il BF (Aubert et al., 2003).

3.1.1 Definizione e misurazione dell'HRV

L'analisi delle variazioni dell'HR viene sempre più usata come un valido strumento non invasivo per la valutazione dello stato del SNA e della salute cardiaca globale, in quanto l'HRV riflette la capacità di adattamento del sistema cardiovascolare alle circostanze mutevoli, permettendo una efficace rilevazione e una risposta a stimoli imprevedibili (Rajendra et al., 2006). Inoltre, l'analisi di questa variabile è uno strumento affidabile che permette di comprendere l'interazione tra il sistema nervoso simpatico e parasimpatico (Acharya et al., 2006). L'HRV viene rilevata tramite l'analisi del ciclo cardiaco, tramite l'ECG, che permette la rivelazione dalla superficie corporea del segnale bioelettrico generato dal cuore a ogni ciclo (Pennisi & Sarlo, 1998). Le configurazioni dell'ECG per il monitoraggio, sia ambulatorio che stazionario, sono molte. Per esempio, una delle derivazioni *standard* prevede il posizionamento ECG toracico a tre derivazioni (Francis, 2016). Questa impostazione utilizza due elettrodi attivi e un terzo elettrodo di riferimento (montaggio bipolare). Il primo elettrodo attivo è collocato sotto il processo coracoideo a livello della regione infraclavicolare destra, il secondo elettrodo attivo viene posizionato sotto il quinto spazio intercostale sinistro, mentre l'elettrodo di riferimento è posizionato sotto la clavicola sinistra (Ginsberg, 2016). La derivazione appena descritta permette di rilevare efficacemente l'HRV (Pennisi & Sarlo, 1998). La sua rilevazione consiste nel determinare le variazioni nell'intervallo di

tempo consecutivi tra i picchi dell'onda R (intervallo R-R) del complesso QRS (Figura 5; Malik et al., 1996). Con “complesso QRS” ci si riferisce all'insieme dei potenziali Q, R, S, ovvero alla

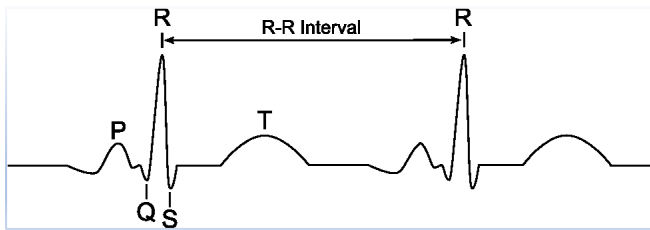


Figura 5 Intervallo R-R del complesso QRS

depolarizzazione dei ventricoli che porta alla loro contrazione e all'immissione del sangue nella circolazione sistemica e polmonare (Pennisi & Sarlo, 1998). L'intervallo R-R rappresenta quindi un ciclo cardiaco completo e viene modulato in modo specifico dalle due

branche del SNA; infatti, i due sistemi intervengono sulla regolazione di diverse frequenze dell'HR. Tale differenza consente di eseguire un'analisi dell'HRV che permette di separare i contributi provenienti dai due sistemi (Hedman et al., 1995; Houle & Billman, 1999). Nel campo della psicofisiologia l'HRV viene osservata su quello che viene chiamato tacogramma. Il tacogramma è un grafico che riporta gli intervalli di tempo tra le onde R del complesso QRS, ovvero la rappresentazione delle variazioni di HR battito per battito in relazione all'ECG che viene registrato contemporaneamente (McCraty & Shaffer, 2015; Shaffer, 2014). Questo grafico utilizza degli algoritmi di riconoscimento dei picchi R del complesso QRS e riporta sull'asse delle ordinate la distanza temporale tra picchi R adiacenti (R-R), mentre sull'asse delle ascisse il tempo.

In psicofisiologia un indice particolarmente usato per stimare lo stato del SNA è l'aritmia sinusale respiratoria (RSA). L'RSA è quella quota di HRV gestita esclusivamente dal sistema parasimpatico ed è rappresentata dalle bande LF dell'HRV (Katona, 1975). L'RSA è un fisiologico cambiamento del battito cardiaco che varia seguendo degli specifici *pattern* collegati al ciclo respiratorio (Hirsch, & Bishop, 1981). I cambiamenti dell'HRV legati alla respirazione sono mediati dall'azione dei barorecettori; durante l'inspirazione il movimento del diaframma porta a una riduzione della pressione atriale che, come conseguenza, porta a una stimolazione dei barorecettori. La stimolazione barorecettoriale induce una soppressione del tono vagale che stimola un aumento dell'HR. Al contrario, durante l'espirazione, i barorecettori diminuiscono la loro attività volta a sopprimere il tono vagale portando a una diminuzione dell'HR (Trzebski et al., 1980).

3.1.2 Il SNA e la relazione con il sistema cardiovascolare

Il sistema nervoso simpatico (SNS) e parasimpatico (SNP) innervano il cuore e regolano l'HR. Le due branche del SNA svolgono un ruolo modulatore sull'innervazione intrinseca del cuore, esercitando un duplice e opposto controllo sulla ritmicità e sulla forza di contrazione cardiaca. Il SNP innerva prevalentemente i nodi seno-atriali (S-A), atrio-ventricolari (A-V) e la muscolatura degli atri. Il SNS si distribuisce sulle stesse aree, inoltre innerva la muscolatura ventricolare

(Pennis & Sarlo, 1998). La stimolazione parasimpatica (vagale) possiede un effetto inibitorio sulla contrazione del cuore, al contrario il simpatico potenzia la sua globale attività, agendo specificatamente sulla forza di contrazione ventricolare grazie ai potenziali d'azione condotti dalla via efferente simpatica che elicitano un rilascio di epinefrina e norepinefrina (McCraty & Shaffer, 2015; Pennis & Sarlo, 1998). Il SNS provoca un aumento dell'HR tramite una stimolazione delle cellule cardiache del nodo seno atriale (Callister et al., 1992) e la sua attività prevale in risposta allo *stress*, all'attività fisica e alle patologie cardiache. Al contrario, l'attività parasimpatica diminuisce l'HR ed è responsabile della regolazione dell'equilibrio della funzionalità fisiologica autonoma (Berntson et al., 2008). La prevalenza vagale diminuisce il suo controllo con l'aumentare dell'attivazione psicofisica. Ad esempio, se si passa da una condizione di riposo a una di intensa attività fisica, vi è una prevalenza dell'azione simpatica sul cuore (Pennis & Sarlo, 1998).

La duplice innervazione autonoma, e quindi il bilanciamento simpato-vagale, esegue un controllo diretto sulla HR; tuttavia, l'azione dei due sistemi non è spiegabile da una semplice relazione antagonista. Nella concezione antagonista è presente un dualismo in cui all'attivazione di un sistema corrisponde il ritiro dell'altro. Tuttavia, l'innervazione autonoma ha un funzionamento più complesso e dinamico: ad esempio un'accelerazione cardiaca può essere causata da un'aumentata attività del SNS o da una diminuzione nell'attività del SNP, così come da una combinazione dei due effetti. Al contrario, una decelerazione cardiaca è conseguenza di una bassa attività del SNS, di un'elevata attività del SNP, o di una combinazione di questi. (Acharya et al., 2006; Pennisi & Sarlo, 1998).

L'indice più importante del funzionamento del SNA è l'HRV, che rappresenta la variazione nel tempo del periodo che intercorre tra i battiti cardiaci consecutivi ed è la componente principale che incide sulla regolazione estrinseca del battito cardiaco (Sztajzel, 2004). L'HRV permette di comprendere i meccanismi del SNA ed è fortemente interconnessa con i processi cognitivi, psicologici e fisiologici, i quali modulano il normale ritmo del cuore. L'HRV può quindi essere considerata come una funzione neurocardiaca che spiega le interazioni cuore-cervello, così come le dinamiche del SNA (McCraty & Zerr, 2014). La sua analisi permette di valutare la salute cardiaca complessiva, come dimostrato dalla letteratura, che ha confermato la significativa relazione tra SNA e mortalità cardiovascolare (Grant, 2013). In tale contesto molti articoli scientifici ribadiscono l'importanza della HRV nella valutazione della salute cardiaca (McCraty & Shaffer, 2015; Task Force of the European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Allo stesso modo il grado di variabilità della HR è un indice affidabile riguardo l'abilità del cuore ad adattarsi a circostanze mutevoli, individuando e rispondendo rapidamente a stimoli imprevedibili (Thayer, 2009). È stato dimostrato che un ottimale livello di

HRV è indice di un organismo sano e funzionale, così come di un'elevata capacità di autoregolazione, adattabilità o resilienza (Segerstrom & Nes, 2007). Al contrario, una ridotta HRV può essere causa e conseguenza di un esaurimento del sistema legato all'età, a *stress* di tipo cronico, a patologie o a un'inefficienza dei sistemi di controllo di autoregolazione (Reynard et al., 2011; Weber et al., 2010; Zhang 2007). A conferma di questo, nel 1965, è stata riscontrata una relazione tra sofferenza fetale e riduzione dell'HRV (Hon, 1965). Inoltre, alcuni studi hanno mostrato che una ridotta HRV sia una variabile predittiva di neuropatie autonome nei pazienti con diabete (Vinik et al., 2003). Il bilanciamento simpato-vagale incide anche su varie psicopatologie, ad esempio si osserva un basso valore di HRV in pazienti con ansia e depressione (Carney et al., 2001; Cohen & Benjamin, 2006).

Tra gli approcci per l'analisi dell'HRV quelli di più frequente uso sono l'analisi del dominio delle frequenze, o densità spettrale di potenza (PSD), e l'analisi del dominio del tempo (McCraty et al., 2009). In entrambi i metodi vengono determinati gli intervalli temporali tra ogni successivo complesso QRS e, laddove siano presenti battiti anomali, questi vengono eliminati dalla registrazione

3.1.3 Analisi nel dominio delle frequenze

L'analisi PSD può essere utilizzata per scomporre l'HRV nei suoi ritmi componenziali, i quali operano all'interno di diverse bande di frequenza. Il principale vantaggio dell'analisi spettrale rispetto alle misure del tempo riguarda il fatto che fornisce un mezzo per quantificare le oscillazioni in ogni periodo della registrazione, permettendo di ricavare informazioni sia sulla frequenza sia sull'ampiezza degli specifici ritmi. I valori sono espressi come PSD, che è l'area che sottende la curva (picco) in un dato segmento dello spettro. La potenza del picco indica l'ampiezza, e quindi la stabilità, del ritmo. La frequenza riflette il periodo di tempo in cui il ritmo si verifica; ad esempio, una frequenza di 0,1Hz indica un periodo di 10 secondi (Shaffer et al., 2014).

Già nel 1979 si riteneva che la nomenclatura, i metodi di analisi e le definizioni delle misure HRV richiedessero una standardizzazione (Shaffer et al., 2014). Pertanto, sono state identificate quattro bande di frequenza delle oscillazioni del ritmo cardiaco. Alte frequenze (HF), basse frequenze (LF), frequenze molto basse (VLF) e frequenze estremamente basse (ULF). La maggior parte delle analisi HRV viene estrapolata da segmenti di cinque minuti provenienti da registrazioni di 24 ore (McCraty & Shaffer, 2015).

3.1.3.1 Banda HF

Lo spettro della banda HF è la potenza che si trova tra 0,15 a 0,4 Hz. Questa banda corrisponde alle variazioni dell'HR relative al ciclo respiratorio, tali cambiamenti dell'HR sono noti come RSA (Schiweck et al., 2019). Relativamente al rapporto che intercorre tra respirazione e battito cardiaco è stata evidenziato che l'HR subisce un incremento durante l'inspirazione, in quanto durante questa fase il centro cardiovascolare inibisce il flusso vagale. Al contrario, è presente un decremento della HR in fase con l'espiazione, in quanto, attraverso il rilascio di acetilcolina, viene ripristinato il flusso vagale (Eckberg & Eckberg, 1982; Novak et al., 1993). L'oscillazione varia nella sua ampiezza, ma una respirazione lenta e profonda può portare a una modulazione incrementale del tono vagale che è essenziale per la regolazione autonoma dinamica e, quindi, per la salute cardiovascolare e psicofisica (Thayer et al., 2010). La banda HF riflette l'attività parasimpatica, come hanno evidenziato diversi studi in cui, dopo aver indotto un blocco totale del nervo vago (atropina), le oscillazioni relative alla banda HF non erano più evidenti, così come si era osservata una globale riduzione della HRV in tutte le sue bande (Pomeranz et al., 1985; Malliani et al., 1991). Quest'ultima evidenza porta alla conclusione che in tutta l'HRV è presente l'influenza dei meccanismi parasimpatici. Una ridotta potenza delle bande HF è associata a condizioni di *stress*, panico, ansia o preoccupazione. Tali considerazioni sono in linea con i dati che mettono in relazione una bassa HRV con le scarse capacità di autoregolazione e con un malfunzionamento dei centri esecutivi della corteccia prefrontale adibiti ai processi cognitivi (Shaffer et al., 2014).

3.1.3.2 Banda LF

Il range della banda LF si trova tra 0.04 Hz e 0.15 Hz. Questa fascia viene anche chiamata "range dei barorecettori" in quanto descrive l'attività barorecettoriale durante condizioni di riposo (Malliani, 1995). I barorecettori sono meccanorecettori situati nelle camere del cuore, nella vena cava, nei seni carotidei (che contengono i meccanorecettori più sensibili) e nell'arco aortico. Come evidenziato nel modello di integrazione neuroviscerale (Thayer, 2000), il nervo vago è la principale via che trasmette i segnali neurologici tra il cuore e il cervello tra questi troviamo anche il riflesso barocettivo (Bowers & Murray, 2004). La potenza delle bande LF è influenzata dal SNS e dal SNP, così come dalla BP regolata tramite i barorecettori. La respirazione lenta ha un'influenza anche sulle LF, soprattutto laddove l'attività vagale è generata da una respirazione con una frequenza inferiore a 8.5 cicli respiratori per minuto (Tiller et al., 1996). Una diminuzione dell'attività di questa gamma di frequenze è legata all'invecchiamento e a una ridotta capacità di regolazione (Bristow, 1969). Sebbene vi siano opinioni contrastanti riguardo i meccanismi sottostanti la banda

delle LF (Martelli et al., 2009), la maggior parte della letteratura è concorde nell'affermare che le componenti LF dell'HRV siano il risultato di un'interazione del SNS e del SNP (Houle & Billman, 1999; Rahman, 2011).

3.1.3.3 Banda VLF

Lo spettro delle bande VLF è la potenza che si trova nella gamma che va da 0,0033 Hz a 0,04 Hz (Shaffer & Ginsberg 2017). Tale spettro di frequenza predice fortemente il rischio di mortalità per diverse cause (Stampfer & Dimmitt, 2013) ed è quindi un ritmo fondamentale per la salute (Shaffer et al., 2014). I meccanismi fisiologici responsabili dell'attività all'interno di questa banda non sono del tutto chiari (Kleiger et al., 2005); le ricerche hanno sottolineato che l'attività nervosa intrinseca del cuore sembra contribuire alla generazione di tali frequenze, così come il SNS influenza l'ampiezza e la frequenza delle sue oscillazioni (Bernston et al., 1997). Una potenza VLF normale è caratteristica di un funzionamento salutare e un incremento di questa banda a riposo sembra indicare un'attività simpatica aumentata. Inoltre, si osserva un'attività della potenza VLF in seguito a risposte allo *stress* e all'attività fisica (Bernardi et al., 1996).

3.1.3.4 Banda ULF

La banda ULF la osserviamo nelle frequenze $\leq 0,003$ Hz (Shaffer & Ginsberg, 2017). Sebbene non ci sia consenso riguardo ai meccanismi che generano tali frequenze, e quindi non è ben chiaro il contributo del SNP e del SNS, la letteratura è concorde nell'affermare che sono implicati meccanismi biologici ad azione molto lenta; ad esempio, troviamo i meccanismi circadiani, la temperatura corporea e il metabolismo (Bonaduce et al., 1994; Camm et al., 1996; Shaffer et al., 2014).

3.1.3.5 Rapporto LF/HF

Tale misura è stata ampiamente utilizzata per quantificare il grado del bilanciamento simpato-vagale (Von Rosenberg et al., 2017). Questa ipotesi si basava sul fatto che le bande LF fossero influenzate sia dal SNP sia dal SNS, mentre le bande HF solo dal SNP; in tal modo il rapporto tra le due bande avrebbe indicato il rapporto tra le due branche del SNA (Shaffer et al., 2014). Billman (2013) ha messo in dubbio la convinzione che il rapporto LF/HF misurasse il bilanciamento simpato-vagale. Innanzitutto, la potenza LF non è un indice puro dell'azione del SNS, difatti gran parte della sua variabilità è dovuta al SNP. Inoltre, le interazioni tra il SNP e il SNS sono complesse, non lineari, e spesso non reciproche. Infine, i meccanismi legati alla respirazione creano

confusione nell'HR a riposo, andando a creare incertezza riguardo ai contributi del PNS e del SNS al rapporto LF/HF durante il periodo di misurazione. Quindi l'ipotesi del rapporto LF/HF come indice di un bilanciamento simpato-vagale dovrebbe essere interpretato con cautela (Shaffer et al., 2014).

3.1.4 Analisi nel dominio del tempo

Le misure relative al dominio del tempo sono le più semplici da calcolare. Le analisi che valutano il dominio del tempo permettono di rilevare la varianza negli intervalli interbattito (IBI) usando misure statistiche. Inoltre, i dati possono essere paragonati tra di loro anche se raccolti da ricercatori diversi (Shaffer et al., 2014). Gli indici più utilizzati sono la deviazione *standard* degli intervalli "normal to normal" (SDNN), la radice della somma quadratica media delle differenze tra battiti NN successivi (RMSSD), la percentuale degli intervalli NN adiacenti che differiscono l'uno dall'altro più di 50 millisecondi (pNN50), e la differenza media tra l'HR massimo e l'HR minimo durante (HR Max – HR). Gli ultimi due indici sono maggiormente indicati per le rilevazioni a breve termine (Shaffer & Ginsberg, 2017).

3.1.4.1 SDNN

Questa misura è un indice che riflette tutti fattori che contribuiscono alla HRV. I valori della SDNN predicono la morbilità e la mortalità. I pazienti con valori SDNN moderati (50-100 ms) presentano un rischio di mortalità inferiore del 400% rispetto a coloro che presentano valori bassi (0-50 ms; Stein et al., 2005). Un'altra misura che tiene in considerazione la SDNN è il *SDNN Index*. Questo indice è la media della deviazione *standard* degli intervalli NN ed è ritenuta una misura che riflette l'influenza del SNA sull'HRV (Shaffer et al., 2014).

3.1.4.2 RMSSD

L'RMSSD riflette la varianza da battito a battito nella HR, ed è la principale misura del dominio delle frequenze che viene utilizzata per stimare i cambiamenti nella HRV che sono mediati dall'attività parasimpatica (Task Force of the European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Questo indice è correlato con la potenza nella banda HF e riflette la capacità di autoregolazione (Kleiger et al., 2005; Shaffer et al., 2004).

3.1.4.3 pNN50

È correlato con il RMSSD e con la potenza nella banda HF. I ricercatori preferiscono l'utilizzo del RMSSD rispetto al pNN50 in quanto permette una migliore valutazione dell'RSA (Otzenberger et al., 1998).

3.1.4.4 HR MAX – HR MIN HR

Questo indice rappresenta la differenza media tra l'HR massima e l'HR minima durante ogni ciclo respiratorio. Questa misura è particolarmente usata per la valutazione degli effetti sul cuore della respirazione cadenzata, indipendenti dall'influenza del nervo vago. Non indica l'influenza diretta del nervo vago, quanto piuttosto l'RSA (Shaffer & Ginsberg, 2017).

3.2 l'HRV e la sua influenza nell'interazione cognitivo-emozionale

La letteratura suggerisce che la regolazione del SNA, modulata dall'HRV, sia in relazione con il controllo attentivo e con la regolazione emozionale (Nyklíček et al., 1997; Porges, 1991; Richards & Casey, 1992). I ricercatori propongono che la misura del tono vagale sia un indice dell'efficienza dei meccanismi di *feedback* neurale centrale-periferico. Queste misure cardiache potrebbero servire per quantificare le abilità di autoregolazione necessarie per la messa in atto di comportamenti funzionali diretti a un obiettivo, promuovendo la scelta delle risorse fisiologiche ottimali e di un'appropriata selezione della risposta. Nello specifico, un tono vagale elevato è associato con un'elevata abilità di autoregolazione, quindi con una migliore flessibilità comportamentale e una migliore adattabilità in un ambiente dinamico. Al contrario, un tono vagale basso è connesso con una scarsa autoregolazione e una mancanza di flessibilità comportamentale (Porges, 1992).

In sintesi, l'HRV sembra indicare degli aspetti fondamentali dell'autoregolazione, in quanto riflette i meccanismi di *feedback* neurali sottostanti l'integrazione del SNC e del SNA (Friedman & Thayer 1998).

3.2.1 Il modello di Integrazione Neuroviscerale

Circa 150 anni fa Claude Bernard, considerato il fondatore della medicina sperimentale, ha stabilito l'esistenza di una connessione tra mente e cuore (Bernard, 1867). L'importanza di questa connessione è stata fu ripresa molti anni più tardi da Thayer e Lane (2000), i quali, hanno sviluppato l'ipotesi dell'integrazione neuroviscerale che descrive l'influenza del SNA sulle

emozioni e sulle funzioni cognitive. Tale relazione bidirezionale è mediata, attraverso una specifica rete neurale, dalle bande HF dell'HRV (Jennings et al., 2015; Thayer et al., 2009). Queste assunzioni sono postulate sulla base di un modello delle emozioni che considera la regolazione emozionale come il prodotto di fattori cognitivi, affettivi, comportamenti e fisici, la cui integrazione può risultare in disposizioni e stati funzionali o disfunzionali (Thayer & Lane, 2000). Sulla base di questa ipotesi gli autori hanno realizzato il modello di integrazione neuroviscerale.

Thayer e Lane hanno descritto un insieme di strutture neurali che fanno parte della rete centrale autonoma (CAN; Benarroch, 1993) coinvolte nella regolazione cognitiva, affettiva e autonoma. Strutturalmente tale *network* è composto dalla corteccia cingolata anteriore, dalla corteccia insulare, dalla corteccia prefrontale ventromediale, dal nucleo centrale dell'amigdala, dal nucleo paraventricolare e dai relativi nuclei ipotalamici, dalla sostanza grigia periacqueduttale, dal nucleo parabrachiale, dal nucleo del tratto solitario, dal nucleo ambiguo, dal midollo ventrolaterale e dal fascio tegmentale midollare (Thayer & Lane, 2000). A livello funzionale il CAN è un integrante di un sistema di regolazione interno che permette al cervello di controllare le risposte visceromotorie, neuroendocrine e comportamentali necessarie per la messa in atto di un comportamento adattivo e orientato all'obiettivo, e per una consistente salute (Benarroch, 1993). La via efferente del CAN è primariamente mediata dai neuroni pregangliari simpatici e parasimpatici. Tali neuroni innervano il nodo seno-atriale tramite il ganglio stellato, di origine simpatica, e il nervo vago di origine parasimpatica. L'interazione simpato-vagale caratterizza la variabilità inerente alla sequenza della frequenza cardiaca, ovvero l'HRV (Saul, 1990). Le strutture del CAN non sono funzionali solamente alla trasmissione dell'informazione efferente, esse ricevono anche le informazioni sensoriali provenienti dagli organi periferici; un esempio di informazione afferente è quella del riflesso barocettivo. Tale relazione bidirezionale cuore-cervello sostiene le ipotesi che considerano l'HRV come un indice del *feedback* neurale centro-periferico e dell'integrazione del SNC-SNA. La reciproca connessione delle componenti del CAN permette una continua interazione e una integrazione delle risposte autonome. Inoltre, questo sistema comprende molteplici percorsi paralleli e distribuiti che giustificano il fatto che i cambiamenti relativi all'HR possono essere ottenuti da varie combinazioni di *input* simpato-vagale al nodo SA, così come per l'influenza degli ormoni provenienti da altre vie (Thayer & Lane, 2000). Le informazioni viscerali, umorali, e ambientali integrate nel CAN permettono allo stesso sistema di coordinare le risposte autonome, endocrine e comportamentali necessarie alle varie richieste ambientali (Benarroch, 1997; Spyer, 1989). Inoltre, all'interno del nucleo del tratto solitario viene rilasciato l'acido γ -aminobutirrico (GABA), il quale è il principale neurotrasmettitore inibitorio del SNC. Questo fa sì che il CAN sia sotto un controllo tonico inibitore; difatti, è stato dimostrato che un'interruzione della sopracitata

via può portare a ipertensione e tachicardia sinusale, provocando una disinibizione dei circuiti simpato-eccitatori all'interno del CAN (Masterman et al., 1997). Il CAN non è l'unico modello che riconosce l'esistenza di unità funzionali all'interno del SNC che sono fondamentali per il comportamento esecutivo, sociale, attentivo e motivato (Damasio, 1998; Devinsky et al., 1995; Posner & Petersen, 1990): Damasio (1998) individua il "circuito delle emozioni", ovvero il substrato neurale cerebrale legato alla sfera delle emozioni e dei sentimenti. Devinsky e collaboratori (1995) identificano la regione esecutiva anteriore (AER) come l'unità che, attraverso le sue proiezioni, mette in atto una valutazione del contenuto motivazionale degli stimoli interni ed esterni, andando a regolare i comportamenti subalterni al contesto. Le strutture facenti parte dell'AER e delle sue proiezioni, definito "sistema limbico rostrale", includono la corteccia anteriore, insulare e orbitofrontale, l'amigdala, la sostanza grigia periacqueduttale, lo striato ventrale e i nuclei motori autonomi del tronco encefalico. L'idea che esista una connessione tra il SNA e il sistema emozionale e cognitivo (Jennings et al., 2015) è rafforzata dall'esistenza di una sovrapposizione sostanziale tra il CAN, l'AER, e il circuito delle emozioni di Damasio. Questo *network* del SNC, identificato da ricercatori con differente orientamento, è associato con il processo di organizzazione e selezione della risposta e ha lo scopo di modulare le risorse psicofisiologiche per l'attenzione e per le emozioni (Friedman & Thayer, 1998).

3.2.2 HRV e benessere psicofisico

Qualsiasi modello esaustivo dello stato di salute deve tenere in conto la globalità degli aspetti che contribuiscono alle differenze individuali, sia per la salute sia per la patologia. I fattori che influenzano tale stato sono un'integrazione tra aspetti cognitivi, comportamentali, psicologici e fisiologici (Thayer et al., 2009). Il modello di integrazione neuroviscerale permette di esplicitare la relazione tra fisiologia, psicologia e salute. Gli indici riguardanti la fisiologia periferica diventano cruciali per la valutazione delle prestazioni cognitive, per la salute, e per i processi emozionali (Smith et al., 2017).

Sulla base di ciò che si deduce da questo modello sono nati filoni di ricerca che sottolineano l'importanza dell'HRV nei disturbi di tipo cognitivo e affettivo (Mulcahy et al., 2019; Siennicka et al., 2019; Zeki et al., 2014). Gli stessi autori del modello hanno dimostrato sperimentalmente la correlazione tra ridotta HRV e disturbi psicopatologici, quali depressione e disturbo d'ansia generalizzata (GAD, Thayer et al., 1996; Thayer et al., 2000). Ciò che si conclude dalle ricerche è che l'HRV, mediata dall'innervazione del nervo vago, risulta significativamente in individui che presentano i sintomi psicofisici del disturbo da panico, così come per i sintomi psicologici legati a

uno scarso controllo attentivo, regolazione emozionale inefficace, e comportamento poco flessibile. La spiegazione sembra dovuta al fatto che quando la rapida modulazione vagale delle funzioni cardiaca è diminuita, l'organismo è meno abile nel monitorare i rapidi cambiamenti delle richieste ambientali, di conseguenza l'individuo sarà meno abile nell'organizzazione di una risposta appropriata (Thayer et al., 2000).

L'HRV non è solo utilizzata nel contesto clinico; oltre che essere un predittore di alcune patologie, è un indice fondamentale per il benessere psicofisico caratterizzato da un'elevata salute e da prestazioni superiori. Porges (1992) ha sostenuto che gli individui con un'elevata HRV sono caratterizzati da un organismo funzionale, e quindi, dovrebbero mantenere una prestazione ottimale quando sottoposti a una condizione di *stress*. Thayer e Lane (2000) affermano che un'elevata HRV è alla base di una buona e una stabile prestazione, indipendentemente dalle sfide ambientali, in quanto un alto tono vagale è associato alle abilità di auto-regolazione e alla capacità di allocare le risorse in un ambiente complesso e con esigenze mutevoli. È stato dimostrato come il bilanciamento simpato-vagale, modulato dall'innervazione del SNA, rappresenti una valutazione oggettiva dell'abilità di fronteggiare i vari tipi *stressor* (psico-fisici, emozionali) e le variazioni dell'ambiente esterno (Dong et al. 2018). La funzione vagale, mediata dall'HRV, risulta essere correlata anche con la *performance* cognitiva essendo in collegamento con un insieme di strutture neurali coinvolte nelle funzioni esecutive (Thayer et al., 2009). Tali evidenze si sviluppano in parallelo agli studi che sostengono la relazione tra l'HRV e regolazione emozionale (Thayer & Brosschot, 2005) e agli studi che asseriscono l'associazione tra l'HRV e la regolazione dei sistemi allostatici (Thayer, & Sternberg, 2006).

Può essere concluso che i risultati provenienti dagli studi hanno esplorato la modalità con cui l'HRV può essere un indice affidabile dell'integrità funzionale dei *network* neurali che sono implicati nelle interazioni cognitive-emozionali. Nello specifico un basso livello di HRV è risultato associato a un adattamento disfunzionale del SNA, che può portare a risposte cognitive disadattive e caratterizzate da *iper-vigilanza*, che possono impedire la regolazione delle emozioni e, quindi, essere causa di disturbi psicopatologici (Thayer & Brosschot, 2005). Allo stesso modo la riduzione dell'HRV è risultata correlata con una moltitudine di patologie mediche di origine cardiovascolare (Dekker, 2000; Drawz, 2013). Allo stesso modo, il modello di integrazione neuroviscerale può servire come una cornice teorica attraverso la quale risulta possibile esaminare le associazioni tra i processi di autoregolazione che insieme rappresentano i componenti di adattabilità e buona salute. Considerando tali assunzioni, l'HRV può essere considerato un indice periferico che supporta il

comportamento diretto all'obiettivo, influenzando l'attività autonoma e agendo sui *network* del SNC (Thayer et al., 2009).

3.2.3 HRV-Biofeedback Training

Vista la fondatezza dei risultati che evidenziano il rapporto tra HRV e benessere psicofisico, recentemente è stata posta l'attenzione su alcune metodologie e abitudini di vita che possono incrementare i valori dell'HRV. Alcuni studi hanno mostrato che la meditazione, tramite cui viene esercitata la presa di consapevolezza e il controllo della respirazione diaframmatica, sia in grado di influenzare positivamente l'HRV (Lee et al., 2002). Inoltre, una maggiore HRV è associata a una migliore qualità del sonno (Werner et al. 2015) e all'attività fisica. Il mantenimento di uno stile di vita attivo, infatti, caratterizzato da una *routine* di allenamento costante, è considerato fondamentale per la salute psicofisiologica (Carter et al. 2003; Routledge et al. 2010; Sloan et al. 2007). Una delle più moderne tecniche per la regolazione del controllo vagale è quella dell'HRV BFT. Tale metodologia ha ricevuto molta attenzione negli ultimi anni e il suo utilizzo si è dimostrato efficace nell'apportare benefici nelle variabili fisiche e psicologiche in molteplici patologie mediate dai processi autonomi (Schwartz & Andrasik, 2017). Inoltre, i dati che affermano che un elevato valore di HRV è associato a un migliore benessere psicofisico, a una migliore regolazione emozionale e a prestazioni cognitive superiori, hanno stimolato l'utilizzo di tale tecnica non solo nell'ambito della salute e della malattia, ma anche in quello della *performance* e dello *sport* (Lehrer et al. 2003; Thayer & Brosschot, 2005; Schwartz & Andrasik, 2017).

L'HRV BFT è una tecnica sviluppata tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90, sistematizzata e standardizzata da Lehrer et al. (2000). I sensori per la HR e per la respirazione rilevano rispettivamente i battiti cardiaci e il *pattern* respiratorio degli individui. Gli IBI e la frequenza respiratoria sono presentati in tempo reale all'individuo, il cui ruolo è quello di riconoscere la propria HRV e controllare le proprie risposte fisiologiche seguendo i segnali di riferimento impostati dal professionista (Morgan & Mora, 2017). All'individuo è chiesto di individuare e raggiungere la massima coincidenza tra l'inspirazione e l'aumento della sua HR, e tra l'espiazione e la diminuzione della HR. In tal modo, l'HRV BFT ha lo scopo di massimizzare l'RSA (Lehrer & Gevirt, 2014). In ogni individuo, esiste una specifica frequenza oscillatoria a cui l'HR varia in fase con il respiro (frequenza di risonanza). Tale frequenza si aggira negli adulti intorno ai 4.5-6.5 respiri al minuto (Vaschillo et al., 2004). Respirare alla propria frequenza di risonanza induce una serie di effetti, tra cui troviamo l'incremento dell'RSA e un migliore scambio di gas respiratorio (Yasuma & Hayano, 2004). È stato dimostrato che l'utilizzo dell'HRV BFT può

allenare l'individuo a respirare alla propria frequenza di risonanza. Inoltre, Lehrer e collaboratori (2003) hanno dimostrato che esercitare la propria respirazione alla frequenza di risonanza aumenta la quantità totale dell'HRV. I cambiamenti in queste misure si sono evidenti nel breve termine, durante la stessa attuazione del *training*, e a lungo termine, nelle misure a riposo (Schwartz & Andrasik, 2017). La pratica della tecnica migliora sia l'equilibrio autonomo che la regolazione autonoma, quindi, la messa in atto di protocolli di HRV BFT può portare a un miglioramento della regolazione omeostatica, del controllo emozionale e delle funzioni esecutive tramite un aumento dell'influenza vagale (Shaffer et al., 2014). Negli anni sono stati proposti differenti protocolli per l'HRV BFT, uno di questi è il Protocollo di Lehrer (Lehrer et al, 2000). Questo protocollo consiste in una pratica di HRV BFT della durata di 10 settimane. Tale attività viene eseguita sia in forma supervisionata in laboratorio, una volta a settimana per 20 minuti, sia in modo autonomo, a casa 2 volte al giorno tramite l'utilizzo di dispositivi portatili. All'inizio della procedura viene stimata la frequenza di risonanza individuale e si insegna al partecipante a respirare alla sua frequenza di risonanza così da permettergli di massimizzare l'ampiezza dell' RSA. A tal fine viene fornito uno stimolo visivo che guida l'individuo nella respirazione. Nelle sessioni successive viene fornito il BF riguardo la respirazione senza l'utilizzo dello stimolo visivo, il partecipante deve praticare la respirazione alla propria frequenza di risonanza anche a casa. In seguito, viene fornito direttamente il BF della HRV e l'obiettivo è aumentare i valori dell'HRV che sono connessi alla respirazione, cercando di aumentare il picco di potenza spettrale collegato all'RSA. Così, il partecipante apprenderà a respirare in fase con i cambiamenti dell'HR e può aumentare la sua RSA. Questo protocollo viene proposto anche nella sua forma più breve della durata di cinque settimane (Lehrer et al., 2013).

3.3 Efficacia dell'HRV-BFT per miglioramento della *performance* nello sport

La caratteristica dell'HRV di essere un marcatore quantitativo per ottenere una valutazione qualitativa del SNA, e quindi un indice associato alla regolazione in risposta agli stimoli fisici e psicologici, ha catturato l'attenzione degli psicologi dello *sport* (Dong 2016).

Questo indice è uno strumento rilevante nelle discipline sportive, sia per l'allenamento che per il recupero; alcuni studi suggeriscono che il monitoraggio degli indici di HRV, e quindi la regolazione del SNA, possa essere utile per l'impostazione dei carichi ottimali di allenamento, consentendo l'individuazione di un andamento temporale adattivo che può consentire un miglioramento della prestazione a lungo termine (Oliveira et al., 2013; Plews et al., 2012).

Studi sperimentali hanno dimostrato come gli atleti esibiscano un profilo dei parametri dell'HRV differente da individui sedentari (Boutcher et al. 2013; Hautala et al. 2003). Kiss e colleghi (2016) hanno misurato l'HRV in atleti d'élite e l'hanno confrontata con quella di individui non atletici, ma in salute. I

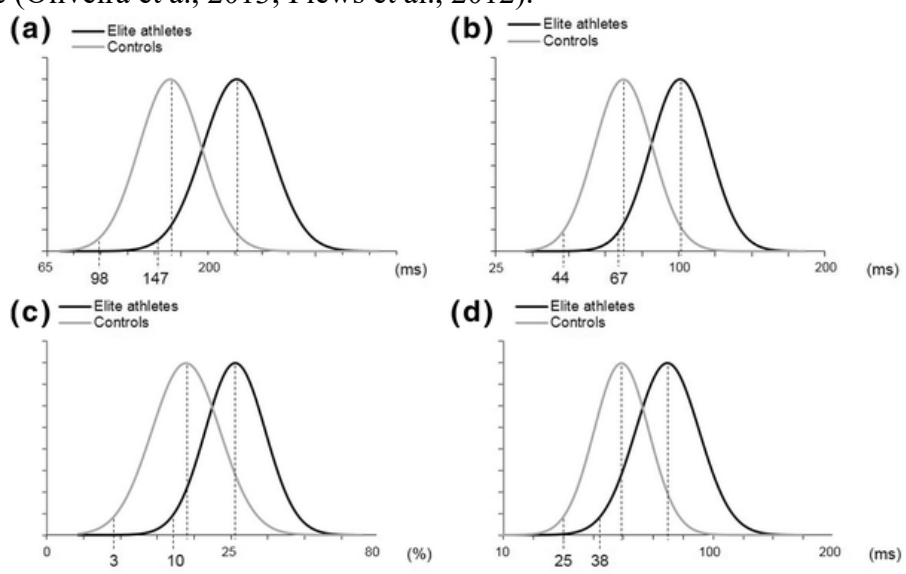


Figura 6 Distribuzione normale dei valori degli atleti d'élite e dei controlli. a) SDNN, b) SDNN Index, c) pNN50 (%), e d) RMSSD.

due gruppi sono stati sottoposti a un'analisi dell'HRV nel dominio del tempo tramite un monitoraggio Holter ($21,3 \pm 3,0$ h). Sono stati misurati i parametri SDNN, SDNN Index, pNN50, RMSSD ed è emerso che i parametri relativi all'HRV [Figura 6] erano maggiori in atleti d'élite rispetto a controlli in salute ($p < 0,001$) evidenziando una maggiore regolazione autonoma negli individui atletici rispetto a controlli in salute.

3.3.1 HRV BFT nello sport

La ricerca riguardo l'HRV nello sport ha dimostrato che durante l'attività fisica e/o durante stati mentali di stress l'HRV risulta essere significativamente diminuita rispetto a misure di baseline (Baumert et al., 2006; Morales et al., 2013). Avendo l'HRV una relazione inversa con l'HR (Kazmi et al., 2016), può essere assunto che durante tali situazioni è presente un'alterazione del SNA con un'attivazione simpatica preponderante. Ad esempio, nello studio di Cervantes e collaboratori (2009) è stata esaminata la relazione tra l'ansia di stato e l'RMSSD in nuotatori agonisti durante l'allenamento e durante la competizione. I risultati evidenziano che negli atleti è presente un aumento significativo dei livelli di ansia (misurati tramite il *Competitive State Anxiety Inventory-2*; CSAI-2) durante situazioni competitive rispetto all'allenamento ($p = 0,009$). Questi cambiamenti erano accompagnati da una riduzione significativa delle RMSSD ($p = 0,047$), da un aumento del

LF/HF ($p = 0,005$) e da un decremento delle bande HF ($p = 0,017$) durante le situazioni di competizione rispetto all'allenamento. Questi risultati suggeriscono quindi un aumento della dominanza simpatica come risultato del ritiro vagale in risposta allo *stress*. Quindi, lo *stress* delle circostanze competitive può portare a una diminuzione dell'HRV (Miu et al. 2009) e il modo di affrontare gli *stressor* di tali contesti da parte degli atleti può fare la differenza tra una vittoria e una sconfitta (Dong 2016). L'incremento dei valori di HRV, in associazione all'aumento del controllo autonomo, può andare a facilitare il raggiungimento degli stati mentali e fisici funzionali per la messa in atto di una prestazione ottimale (Hanin, 2000). In tale contesto, l'implementazione di HRV BFT, insieme ad altre tecniche di *mental training* per lo sviluppo delle abilità mentali, permette all'atleta di massimizzare la propria *performance* in ambienti competitivi stressanti (Crews et al., 2001). Questa tecnica consente di assistere l'atleta nel regolare l'ansia competitiva, gestire la tensione, migliorare l'autoefficacia e regolare le emozioni (Edvardsson et al., 2012; Lagos et al., 2008)

3.3.2 I primi studi sull'efficacia dell'applicazione dell'HRV BFT nello sport

Nonostante in molti sport, non sia possibile ottenere una misura univoca della *performance* (Richard et al., 1999; Wiseman et al., 2014), la ricerca ha individuato i parametri fisiologici e psicologici che potrebbero mediare la relazione tra l'HRV BFT e la prestazione sportiva.

Le evidenze provenienti dall'ambito del *mental training*, congiunte a quelle provenienti dagli studi sul BF e sull'HRV, hanno spinto molti autori a implementare protocolli sperimentali al fine di dimostrare l'efficacia delle tecniche di HRV BFT nel contesto della *peak performance* (Morgan & Molina Mora, 2017). Una delle prime ricerche è stata condotta da Lagos e colleghi (2008). Lo studio in questione è un caso singolo effettuato su un golfista competitivo *junior*. Gli autori avevano intenzione di indagare se un protocollo di HRV-BFT potesse indurre un miglioramento delle misure psicologiche e fisiologiche, nello specifico la riduzione dell'ansia competitiva, e se questi cambiamenti avessero un'influenza sul miglioramento della *performance*. L'atleta è stato sottoposto a 10 settimane di HRV basato sul protocollo di Lehrer et al. (2000) e nelle 10 sessioni dalla durata di circa 60 minuti è stato insegnato all'atleta a respirare alla propria frequenza di risonanza. Le variabili psicologiche sono state misurate tramite il *Profile of Mood States* (POMS) e tramite il CSAI-2, mentre la *performance* è stata tramite il numero di colpi necessario per completare 18 buche. I risultati hanno evidenziato che il protocollo di HRV BFT ha indotto un aumento dell'HRV totale, delle bande LF e HF. Inoltre, è stata rilevata una diminuzione degli stati spiacevoli auto riferiti, una riduzione sostanziale agli *item* del POMS (depressione, rabbia, fatica, tensione) e dell'ansia somatica e cognitiva misurata tramite lo CSAI-2. Oltre a tale cambiamento è stato

riscontrato anche un miglioramento della *performance*: l'atleta ha impiegato 91 tiri per completare le 18 buche prima dei *training*, mentre a seguito del *training* i tiri sono scesi a 76. I dati acquisiti suggeriscono che l'HRV BFT possa aver avuto un effetto mediatore nel miglioramento dell'abilità di fronteggiare lo *stress* nell'atleta permettendo di eseguire una prestazione ottimale durante la competizione. Durante le 10 settimane di HRV BFT l'individuo non si è allenato, in tal modo il miglioramento della *performance* non potesse essere attribuibile all'effetto dell'allenamento stesso. I miglioramenti sono spiegati dall'aumento del controllo vagale indotto dal HRV BFT, il quale permette una migliore regolazione autonoma. Sebbene i risultati ottenuti sostengano che l'utilizzo del BFT con l'HRV sia efficace nel migliorare la *performance* sportiva, questo studio presenta dei limiti: non vengono effettuate delle misure di *follow-up*, pertanto non è chiaro in che modo gli effetti ottenuti possano variare con il passare del tempo; allo stesso tempo, non è scontato che le abilità acquisite in laboratorio possano essere automaticamente trasferite nei contesti competitivi e 10 sessioni potrebbero essere un numero troppo esiguo per atleti con differenti caratteristiche; inoltre, lo studio non presenta un gruppo e/o una condizione di controllo, infine, in questo studio non vengono riportate le statistiche inferenziali per alcune delle variabili misurate, pertanto i risultati devono essere interpretati con molta cautela, soprattutto laddove l'obiettivo della ricerca era di dimostrare l'efficacia di un intervento.

Ulteriori studi hanno mostrato risultati incoraggianti riguardo gli interventi di HRV BFT. In particolare, Perry e collaboratori (2011) hanno riportato dei miglioramenti relativi alla *performance* in ginnasti e in giocatori di *hockey* a seguito di un intervento di BFT nel quale era anche incluso un HRV BFT. Analogamente, in due studi rivolti ad atleti d'élite in preparazione per le olimpiadi è emerso l'effetto psicologico positivo dell'HRV BFT (Dupee & Werthner, 2011; Beauchamp et al., 2012). È importante sottolineare che nei risultati di questi studi manca una quantificazione delle misure fisiologiche, psicologiche o di *performance*, così come non viene incluso un gruppo di controllo. Infine, nell'ultimo studio i risultati riportati relativi ai miglioramenti erano solo aneddotici (due medaglie d'oro). Con il proseguire degli anni, sempre più studi hanno introdotto gruppi di controllo così da valutare se i miglioramenti nella prestazione fossero conseguenza diretta dell'HRV BFT e non dei progressi dell'allenamento. Ad esempio, nello studio di Deschodt-Arsac et al. (2018) sono stati reclutati 18 giovani studenti atleti che hanno sostenuto due esami universitari dopo il protocollo sperimentale, gli autori dello studio volevano dimostrare se un protocollo di HRV BFT potesse indurre benefici nella regolazione autonoma e ridurre i livelli di ansia in una popolazione di individui sportivi, miglioramenti che potrebbero essere fondamentali per l'ottimizzazione della *performance* sportiva. Ai partecipanti è stata misurata l'ansia di tratto tramite dei *test* adattati da Skinner e Brewer (2002) e l'ansia di stato tramite lo *State Trait Anxiety Inventory*

(STAI; Spielberger, 1983). Le misure sono state rilevate prima del protocollo (*baseline*) e precedentemente alla partecipazione degli esami universitari. Inoltre, sono stati misurati i valori di HRV a riposo e durante gli esami. Gli sportivi sono stati divisi in un gruppo sperimentale, che riceveva un HRV BFT e in un gruppo di controllo a cui non veniva somministrato alcun trattamento. I partecipanti che hanno ricevuto il *training* psicofisiologico hanno mostrato una riduzione significativa ($p < 0,001$) dei livelli di ansia rispetto ai livelli *pre-training*, al contrario, il gruppo di controllo non ha mostrato una riduzione significativa. Inoltre, i partecipanti che hanno ricevuto il *training* psicofisiologico hanno evidenziato che i loro valori nel dominio delle RMSSD e delle HF non sono stati influenzati dallo *stress* provocato dalla ripresentazione dei *test*, in quanto sono risultati simili a quelli di *baseline*. Al contrario, il gruppo di controllo ha evidenziato un calo significativo ($p < 0,001$) degli indici di variabilità cardiaca autonomi se comparati a quelli di *baseline*. Questo studio ha messo in evidenza che un gruppo di studenti sportivi agonisti ha ridotto i livelli di ansia in seguito a un HRV BFT, evidenziando che il trattamento in questione potrebbe indurre dei cambiamenti psicofisiologici che permettono una migliore abilità di fronteggiare gli *stressor* di un contesto sportivo competitivo. Risultati analoghi sono emersi nella ricerca di Dziembowska et al. (2016), in cui 41 atleti sono stati divisi in un gruppo sperimentale sottoposto a un HRV BFT e in un gruppo di controllo che non riceveva alcun trattamento. I risultati hanno evidenziato solo nel gruppo sperimentale un incremento significativo delle bande HF ($z = 0,183$; $p = 0,005$) e LF ($z = 0,112$; $p = 0,014$) a seguito del protocollo di HRV BFT. Inoltre, il gruppo sperimentale ha mostrato un miglioramento significativo ($p < 0,001$) nelle misure dell'ansia di stato, misurata tramite lo STAI. Per le misure psicologiche dell'autostima, misurata tramite il *Rosenberg Self Esteem Scale* (SES, Dzwonkowska et al., 2008) non sono stati rilevati cambiamenti significativi. I risultati descritti suggeriscono che l'applicazione dell'HRV BFT può essere utilizzata come una forma di *training* psicologico per il miglioramento della *performance* degli atleti. Anche questi risultati, seppur incoraggianti, presentano dei limiti: oltre al ristretto numero di partecipanti coinvolti, gli studi, non riportano delle vere e proprie misure della *performance* sportiva.

3.3.2. Protocolli sperimentali con una maggiore scientificità

Tra gli studi che intendono valutare l'efficacia dell'HRV BFT sul miglioramento della *performance* sportiva esistono esempi metodologicamente più robusti. Sono presenti ricerche che includono popolazioni più omogenee (atleti provenienti da un singolo *sport*) con un gruppo di controllo e che forniscono dati obiettivi riguardo i risultati di *performance* (Choudhary et al., 2016; Paul et al., 2012; Paul & Garg, 2012; Wakefield & Shipherd, 2017). Non tutti i risultati sostengono l'efficacia dell'HRV BFT per l'ottimizzazione della prestazione sportiva.

Ad esempio, Wakefield & Shipherd (2017) hanno reclutato 18 partecipanti (11 uomini, 7 donne) i quali sono stati divisi in tre gruppi: un gruppo sperimentale, un gruppo di controllo e un gruppo alternativo. I partecipanti nel gruppo sperimentale venivano sottoposti all'HRV BFT una volta ogni settimana per sei settimane e dopo ogni *training* dovevano eseguire un colpo massimale di panca piana (1-RM). Ai partecipanti nel gruppo di controllo è stato chiesto di mettere in atto l'1-RM ogni settimana. Il gruppo alternativo guardava dei video dell'esercizio per dieci minuti prima di ogni 1-RM, così da eliminare l'effetto della visualizzazione di immagini sullo schermo del computer che avveniva anche durante l'HRV BFT. Inoltre, ai partecipanti sono stati somministrati dei questionari per valutare l'auto efficacia. L'ipotesi degli autori era che l' HRV BFT potesse indurre un miglioramento dell'autoefficacia che si riversasse in un incremento dell'1-RM. I risultati hanno evidenziato un miglioramento nella prestazione sportiva in tutti i gruppi, che non risultava essere conseguenza dell'appartenenza a uno dei gruppi ($F(4,43, 33,20) = 0,42, p = 0,81, \eta^2 = 0,05$). Tale risultato sottolinea in modo chiaro l'importanza di un gruppo di controllo in quanto mostra come i miglioramenti nelle prestazioni possono verificarsi indipendentemente dall'HRV BFT. Tuttavia, vi sono diversi studi che hanno riportato un miglioramento significativo nelle prestazioni solo nel gruppo di intervento. Un esempio è lo studio sperimentale di Ortega e Keng (2018) che aveva come obiettivo quello di esaminare se l'applicazione di *training* di abilità mentali affiancato da un HRV BFT fosse efficace per il miglioramento delle abilità mentali stesse, e se tale miglioramento si riversasse sulla *performance* in 50 tiratori (17 uomini) di carabina e pistola ad aria compressa. Inizialmente è stata valutata l'autoefficacia per il tiro a segno tramite un questionario basato sull'approccio micro-analitico di Bandura (1986). Tramite la somministrazione del TOPS2 *Training* (Thomas et al., 1999) sono state misurate le abilità del *self talk*, del controllo emozionale, dell'automaticità, del *goal setting*, dell'*imagery*, dell'attivazione, del rilassamento e del controllo attentivo. La valutazione della prestazione di tiro è stata eseguita manualmente, in accordo con le regole della *International Shooting Sport Federation* (ISSF, 2013). Inoltre, è stato chiesto ai partecipanti di valutare la propria prestazione e di scrivere dei *feedback* a riguardo. I partecipanti sono stati assegnati in maniera casuale al gruppo di controllo o a quello sperimentale. Il gruppo di controllo ha continuato il proprio usuale allenamento per quattro settimane, mentre al gruppo sperimentale sono stati somministrati i protocolli di intervento concernenti l'*imagery*, il *self-talk* e il rilassamento congiuntamente a un protocollo di HRV BFT per quattro settimane. In quest'ultimo, gli atleti erano sottoposti a un HRV BFT nel quale apprendevano la respirazione lenta diaframmatica. Veniva richiesto agli atleti di praticare tale tecnica psicofisiologica quotidianamente. In seguito, i professionisti insegnavano agli atleti a integrare la messa in atto delle abilità mentali e gli esercizi respiratori all'interno delle *routine* di tiro. Terminato l'intervento, entrambi i gruppi

sono stati sottoposti alle misurazioni *post* intervento, le quali erano analoghe a quelle pre-intervento. I *t-test* per campioni appaiati hanno evidenziato che il gruppo di controllo non mostrava differenze statisticamente significative dopo le quattro settimane. Al contrario, il gruppo sperimentale riportava punteggi significativamente più alti dopo l'intervento nelle abilità mentali che erano state ritenute necessarie per il miglioramento della prestazione sportiva. Le misure rilevate al TOPS2 in seguito all'intervento hanno evidenziato che il *self talk* risulta statisticamente migliorato ($t(24) = -3,24, p = 0,00$), così come è presente un miglioramento nell'utilizzo del rilassamento ($t(24) = -2,86, p = 0,01$), dopo l'intervento le abilità di *imagery* risultano più utilizzate: ($t(24) = -2,25, p = 0,03$), così come le abilità di automaticità da ($t(24) = -2,58, p = 0,02$). Inoltre, a seguito dell'intervento, il gruppo sperimentale ha mostrato un effettivo, miglioramento dell'HRV e della *performance*. Per valutare se i miglioramenti fossero statisticamente significativi e conseguenza dell'intervento è stata effettuata un'ANOVA a misure ripetute. L'incremento dell'HRV è risultato essere statisticamente significativo ($F(1, 48) = 8,27, p = .01$), con più alti valori di SDNN post-intervento se comparati a quelli pre-intervento. Per quanto riguarda le misure di *performance* (punteggio nel tiro) sono stati evidenziati dei miglioramenti nel gruppo sperimentale a seguito dell'intervento. Nello specifico, il gruppo sperimentale ha mostrato un miglioramento medio di 15 punti (ovvero, del 5%), mentre il gruppo di controllo ha migliorato la propria media di punteggio di soli 2,48 punti. Sebbene questo aumento non risulti statisticamente significativo gli autori hanno suggerito che una simile tendenza nel miglioramento della prestazione mostri come l'HRV BFT possa avere delle implicazioni pratiche e considerevoli nel contesto degli sport d'élite. Difatti, un miglioramento di tale entità nel punteggio di tiro ha una significatività pratica nel contesto di una prestazione e potrebbe decidere l'esito di una medaglia. A tal proposito, Birrer e Morgan (2010) hanno evidenziato come la differenza nel punteggio tra un'atleta che arriva a medaglia e uno che ottiene un quarto posto risulta essere dell'1%, una differenza nettamente minore se comparata a quella del 5 % rilevata dagli autori (Ortega & Keng, 2018). I dati ottenuti da questo studio avvalorano l'ipotesi che un programma di intervento integrato, e quindi un BFT multimodale, composto da un allenamento mentale e da sessioni di BFT possa essere efficace nel migliorare la *performance* degli atleti, andando a facilitare il raggiungimento degli stati psicofisiologici ottimali per una prestazione ottimale. Essendo il miglioramento della prestazione descritto in termini qualitativi, e non essendo presente una significatività statistica, è necessario interpretare con cautela tali dati.

3.3.2.1 Efficacia dell'HRV BFT per il miglioramento della *performance* nel *basketball*

L'applicazione dell'HRV BFT per il miglioramento della prestazione lo ritroviamo in contesti sportivi differenti. La sua efficacia è stata valutata in diversi *sport* con caratteristiche eterogenee. Ad esempio, lo studio di Paul e collaboratori (2012) ha esplorato se un intervento di HRV BFT fosse efficace nel modulare la concentrazione e la reattività psicomotoria in giocatori di *basketball* e, quindi, se potesse indurre un effettivo miglioramento nella *performance* degli atleti.

Il *basketball* è uno *sport* che richiede l'integrazione di differenti competenze individuali. Tra queste, il tiro, è considerata una delle abilità individuali più determinanti nel risultato finale, quindi, il miglioramento di tale abilità motoria risulta essere fondamentale per il successo (Malone et al., 2002). La messa in atto di tale gesto è influenzata dalla concentrazione, un'abilità psicologica che in uno *sport* di squadra dinamico come il *basketball* può essere intaccata dalla moltitudine di distrattori presenti durante l'esecuzione. L'incremento della concentrazione può indurre uno stato ottimale di attivazione, portando l'atleta nella sua zona individuale di funzionamento ottimale, consentendo ai distrattori di non inficiare l'esecuzione del gesto (Paul et al., 2012). In questo contesto, l'HRV BFT guida l'atleta nell'acquisire il controllo dei propri processi psicofisiologici necessari per l'ottimizzazione delle abilità cognitive e motorie sottostanti la prestazione. Nello specifico, gli atleti possono modulare l'azione del SNA andando a moderare un'iperattivazione simpatica che può contrastare il raggiungimento della zona individuale di funzionamento ottimale e tramite il raggiungimento di un'attivazione funzionale (Bazanov & Shtark, 2007). Paul e collaboratori (2012) hanno reclutato 30 giocatori di *basketball* che sono stati divisi in tre gruppi. Un gruppo riceveva HRV BFT (gruppo sperimentale), un gruppo vedeva dei video motivazionali (placebo) e un gruppo di controllo non riceveva alcun tipo di trattamento. Gli sperimentatori hanno valutato misure psicologiche, fisiologiche e di *performance*: nel primo caso la variabile tenuta sotto controllo era la concentrazione, misurata tramite un protocollo chiamato "*Concentration Grid*". Per quando riguarda le misure fisiologiche è stato utilizzato il Biograph Procomp Infinity 5.0 così da rilevare dati concernenti la respirazione e l'HRV. La *performance* è stata misurata valutando il tempo di reazione e il tempo di movimento degli atleti tramite il "*Lafayette Instrument*", uno strumento per la misurazione del tempo di reazione utilizzato con compiti semplici come i *Go-NoGo* e con compiti più complessi per studiare l'elaborazione cognitiva. Inoltre, è stata rilevata un'altra variabile relativa alla *performance*, ovvero l'efficacia di tiro (*shooting test*). La valutazione di questa abilità fondamentale nel *basketball* consisteva nel chiedere ai partecipanti di fare più canestri possibili in 90 secondi. Il protocollo per il gruppo sperimentale era quello disegnato da Lehrer e collaboratori (2000) e consisteva in 10 sessioni di HRV BFT effettuate quotidianamente per 20 minuti. Tramite diverse sessioni è stato insegnato agli individui a respirare alla propria

frequenza di risonanza, tramite la respirazione lenta diaframmatica, rilevata con il *monitor* dell'equipaggiamento BF. Agli stessi individui è stato anche chiesto rilassarsi e di immaginarsi durante il momento del tiro. Gli atleti potevano monitorare *online* il proprio battito cardiaco così come il loro ritmo respiratorio attraverso uno schermo. I risultati hanno mostrato che le misure di concentrazione differivano significativamente ($F=39,37, p < 0,001$) tra i gruppi. Nello specifico il gruppo sottoposto all'HRV BFT ha ottenuto un aumento statisticamente significativo nel punteggio di "concentrazione" rispetto agli altri due gruppi ($F=39,37, p < 0,001$). Per quanto concerne le misure fisiologiche, le analisi hanno evidenziato una differenza significativa nei tre gruppi per quanto riguarda i valori di HRV totale ($F=6,66, p=0,004$), per le bande LF ($F=7,01, p=0,004$) e HF ($F=17,11, p < 0,001$). Nello specifico, il gruppo sperimentale ha mostrato un aumento di tutte le sopracitate misure rispetto agli altri due gruppi. Ulteriori miglioramenti significativi ($F=41,84, p < 0,001$) sono stati osservati nel ritmo respiratorio, con un miglioramento sostanziale e significativo nel gruppo sperimentale. Gli esiti relativi alle misure di *performance* hanno mostrato una riduzione significativa sia del tempo di reazione che nel tempo di movimento ($F=4,86, p=0,02$) nel gruppo sottoposto a HRV BFT, indice di una prestazione ottimizzata. Allo stesso modo la *performance* è migliorata sostanzialmente anche per quanto riguarda il tiro ($F=11,05, p < 0,001$) solo nel gruppo sperimentale. Questi dati portano alla conclusione che l'HRV BFT induce un miglioramento nella *performance* di tiro sostenuto dalla riduzione del tempo di reazione e dal tempo di movimento. Il miglioramento in questione è risultato essere in relazione con i cambiamenti di tipo psicologico e fisiologico indotti dal BFT, il quale, permette di aumentare il controllo volontario dei processi fisiologici, che altresì sarebbero inconsapevoli. Alla base di tale miglioramento vi è il conseguimento di un ottimale stato di rilassamento indotto dal raggiungimento del bilanciamento dei sistemi gestiti dal SNS e dal SNP.

Un ulteriore esempio in questo *sport* è rappresentato dai risultati emersi nello studio di Paul e Garg (2012), i quali hanno selezionato 30 giocatori di *basketball* con alti livelli di ansia di tratto. Il criterio di inclusione per questa variabile era un punteggio superiore a 20 allo *State-Trait Anxiety Inventory* (STAI). Lo studio è stato disegnato per indagare la relazione che intercorre tra questo costrutto psicologico e la *performance*, così da verificare se questa relazione possa essere mediata dai meccanismi indotti da un protocollo di HRV BFT portando a una riduzione dell'ansia che si riversa in una *performance* ottimizzata. L'ansia è stata misurata attraverso lo STAI, il quale misura sia l'ansia di tratto, sia l'ansia di stato. Gli autori hanno utilizzato un protocollo sperimentale simile a quello precedentemente esposto e i partecipanti sono stati suddivisi nei 3 gruppi precedentemente descritti: un gruppo sperimentale, un gruppo placebo e un gruppo di controllo (Paul & Garg, 2012). Una differenza rispetto al precedente studio riguarda le misure di *performance*, in questo caso gli

autori non hanno tenuto in considerazione solamente la fase di tiro dell'atleta ma hanno effettuato anche un *test* di *dribbling* e un test di passaggio della palla. Il *test* di *dribbling* fa parte della *Harrison Basketball Battery*, mentre per la misura relativa al passaggio della palla è stato utilizzato il *Stubbs' Ball Handling Test*.

I risultati riguardo le variabili fisiologiche sono simili al precedente studio (Paul et al., 2012). Nello specifico, a seguito dei protocolli, le analisi hanno evidenziato che il gruppo sperimentale ha mostrato un aumento delle di HRV misure rispetto agli altri due gruppi: HRV totale ($F=6,61$, $p=0,05$), LF ($F = 6,969$, $p < 0,05$) e HF ($F = 6,176$, $p < 0,05$). Ulteriori miglioramenti significativi ($F=41,84$, $p < 0,001$) sono stati osservati nel ritmo respiratorio, con un miglioramento sostanziale e significativo nel gruppo sperimentale.

Per quanto riguarda i cambiamenti psicologici, è stato dimostrato come il *training* di HRV BFT abbia indotto una sostanziale diminuzione sia nell'ansia di stato ($F = 66,503$, $p < 0,001$) che nell'ansia di tratto ($F = 157,573$, $p < 0,001$), cambiamento che risultata statisticamente significativo se comparato con gli altri due gruppi. Allo stesso modo, il gruppo sperimentale ha mostrato una differenza statisticamente significativa che non è avvenuta negli altri due gruppi per quanto riguarda la *performance*, la quale è risultata migliorata sostanzialmente per quanto riguarda il *dribbling* ($F=14,181$, $p < 0,001$) e il passaggio ($F=9,860$, $p < 0,001$). In questo studio è stato quindi confermato il ruolo delle tecniche di HRV BFT nel diminuire l'ansia, grazie alla regolazione e alla stimolazione dei riflessi barocettivi indotti dalle tecniche di respirazione elicitate dal *training*. Gli studi descritti (Paul et al., 2012; Paul & Garg, 2012) sono tra i pochi ad aver incluso delle statistiche di *follow-up*. Gli autori hanno evidenziato che tutte i risultati sono stati mantenuti anche dopo un mese dall'intervento.

3.3.2.2 Efficacia dell'HRV-BFT per il miglioramento della *performance* sportiva nel podismo

Altri studi che sostengono l'efficacia dell'HRV-BFT per il miglioramento della prestazione sportiva si riscontrano nell'ambito del podismo. La ricerca di Choudhary e collaboratori (2016) aveva lo scopo di esaminare se la *performance* atletica degli sportivi migliorasse in seguito a un protocollo di HRV BFT, esaminando in *primis* l'impatto di questa tecnica sui livelli di *stress* degli atleti e sulle variabili fisiologiche.

La variabile psicologica relativa allo *stress* è stata misurata attraverso la SCR, la variabile fisiologica che rappresenta i cambiamenti del sistema nervoso simpatico ed è direttamente proporzionale allo *stress* degli individui (Conesa, 1995). In questo studio la SCR è stata utilizzata

come un'indicazione sia fisiologica che psicologica dell'attivazione dell'atleta. Le misure fisiologiche che sono state monitorate erano il massimo consumo di ossigeno (VO₂ max) e l'HRV nelle sue bande di frequenza (VLF, LF, HF e LF/HF). La *performance* è stata misurata registrando il tempo che ogni atleta ha impiegato per completare una corsa di 5 km. Tutte le misure sono state valutate sia prima che dopo l'implementazione del protocollo. Il protocollo è stato eseguito su un totale di 24 podisti universitari sani, i quali sono stati suddivisi in due gruppi: un gruppo sperimentale e un gruppo di controllo.

Il gruppo sperimentale è stato sottoposto a 10 settimane di training HRV BFB durante le quali è stato insegnato agli individui a respirare alla propria frequenza di risonanza, mentre il gruppo di controllo non ha ricevuto alcun trattamento. A seguito del *training*, i risultati hanno evidenziato una significativa diminuzione ($t = 4,494$, $p < 0,05$) della SCR che indicava una riduzione dei livelli di *stress*, diminuzione non presente nel gruppo di controllo. Inoltre, è stato riscontrato un miglioramento significativo ($t = 11,568$, $p < 0,05$) dei tempi relativi alla *performance* nel gruppo sperimentale, nel dettaglio il tempo medio è passato da 18',27 a 15',89 (tempo in centesimi), miglioramento che non è avvenuto nel gruppo di controllo. Infine, i dati hanno supportato il miglioramento prodotto dal *training* sperimentale delle misure fisiologiche monitorate: sia il VO₂ max ($t = 6,62$, $p < 0,05$) che il LF/HF ($t = 17,6$, $p < 0,05$) sono aumentati significativamente nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo.

I risultati di questo studio hanno sottolineato come l'HRV BFT sia efficace per il miglioramento delle funzioni psicofisiologiche e come queste si traducano in un effettivo miglioramento prestativo. L'HRV BFT risulta essere efficace in quanto gli atleti necessitano di un determinato livello di attivazione psicofisiologica al fine di raggiungere uno stato di *peak performance* (Hanin, 2000), tale attivazione deve però essere equilibrata in quanto sia un eccessivo che un troppo basso livello di attivazione possono inficiare la prestazione *performance* (Murray & Raedeke, 2008). In questo contesto l'atleta apprende, attraverso l'HRV BFT, a raggiungere un livello di attivazione fisiologica ottimale inducendo un maggior controllo autonomo che è alla base della regolazione emozionale e cognitiva (Lagos, 2008; Lehrer, 2003).

3.4 Discussione e conclusioni

La psicofisiologia è una disciplina che studia le relazioni bidirezionali tra variabili fisiologiche e psicologiche, come i processi cognitivi, le emozioni e il comportamento. Uno dei risvolti applicativi della psicofisiologia è il BFT, una tecnica psicofisiologica che permette agli individui di acquisire

consapevolezza delle funzioni regolate dal SNA e successivamente insegna a controllare tali funzioni al fine di migliorare la salute psicofisica dell'individuo (Schwartz & Andrasik, 2003). L'utilizzo del BFT è risultato essere efficace in una moltitudine di ambiti applicativi (Schwartz & Andrasik, 2003). In ambito psicologico, i trattamenti di BFT si focalizzano in particolare sulla diminuzione dell'ansia e dello *stress* (Goessl et al., 2017) e sono risultati essere un utile affiancamento alla terapia farmacologica per il trattamento della depressione (Siepmann et al. 2008) e per il disturbo da deficit di attenzione/iperattività (Swingle, 2008). Nella presente ricerca è stata posta particolare attenzione al ruolo dell'HRV BFT nel contesto sportivo.

Le evidenze provenienti dalla letteratura sull'HRV hanno confermato la relazione che intercorre tra questo specifico indice e la modulazione del SNA. Difatti, questa variabile è uno strumento affidabile per comprendere l'interazione tra il SNS e il SNP (Acharya et al., 2006). Viene quindi considerato come un indicatore della capacità di un individuo di autoregolare le proprie risposte fisiologiche. Questa abilità è infatti necessaria per poter mettere in atto comportamenti funzionali diretti a un obiettivo. Nello specifico, un tono vagale elevato è associato a una miglior flessibilità comportamentale e una migliore adattabilità in un ambiente dinamico. Al contrario, un tono vagale basso è connesso a una mancanza di flessibilità comportamentale (Porges, 1992).

Tali considerazioni sono sostenute dal modello di integrazione neuroviscerale (Thayer & Lane, 2000) che descrive l'insieme di strutture neurali che sono coinvolte nella regolazione cognitiva, emozionale e vegetativa. Tale modello evidenzia come l'efficienza di tali strutture, e quindi la regolazione del SNA, siano strettamente legate agli indici di HRV (Thayer, 2007). Il modello di integrazione neuroviscerale permette di esplicitare la relazione tra fisiologia, psicologia e salute. Gli indici riguardanti la fisiologia periferica diventano cruciali per la valutazione delle prestazioni cognitive, per la salute e per i processi emotivi (Smith et al., 2017).

Nell'ambito della psicologia dello *sport*, la tecnica dell'HRV BFT viene spesso utilizzata per perfezionare la *performance* sportiva (DiSanti & Erickson, 2019), dove per *performance* si fa riferimento al risultato delle conoscenze, capacità e abilità (*knowledge, skills, and abilities*; KSAs) necessarie per il raggiungimento un obiettivo definito a priori nel modo più efficiente possibile (Aoyagi & Portenga, 2010). La ricerca delle tecniche per il miglioramento della prestazione sportiva si sviluppa all'interno della cornice teorica definita dal modello BPS, secondo cui il funzionamento umano è definito come il risultato di un'interconnessione tra gli aspetti biologici (fisici), psicologici (mentali e cognitivi) e sociali (Wickramasekera et al., 1996). Quindi le KSAs necessarie sono definite dagli aspetti sia mentali che fisici che caratterizzano l'interazione mente-corpo alla base della concezione olistica della psicologia e della psicofisiologia dello *sport*. Il suo

utilizzo nell'ambito dello *sport* viene descritto come un'applicazione integrata alle altre tecniche di *mental training* volte al miglioramento delle abilità mentali fondamentali per una *performance* ottimale (Blumenstein & Tenenbaum, 2002).

In questo elaborato sono stati trattati i principali studi che hanno utilizzato l'HRV BFT sugli atleti al fine di valutare se il trattamento psicofisiologico potesse indurre un miglioramento nella *performance* sportiva. I dati provenienti dalla letteratura sostengono l'efficacia degli interventi HRV BFT sul cambiamento delle variabili psicologiche (Morgan & Mora, 2017; Pagaduan et al., 2020). Il beneficio di questo trattamento per gli aspetti psicologici è sostenuto anche dalla letteratura non relativa al contesto sportivo (Lehrer et al., 2020) ed è in linea con principali modelli che sostengono il ruolo dell'HRV nel modulare il benessere psicofisico e quindi nell'ottimizzare la regolazione emozionale e cognitiva degli individui tramite il suo effetto nella regolazione del SNA (Thayer & Lane, 2000). Nel contesto sportivo, la maggior parte di questi studi ha utilizzato questionari standardizzati al fine di valutare le misure psicologiche (TOPS 2 *training*, STAI, *concentration grid*, POMS, CSAI-2). Nello specifico, gli studi in letteratura hanno evidenziato dei miglioramenti sostanziali riguardo l'ansia di stato e di tratto (Paul & Garg, 2012), la depressione, la rabbia, la fatica, la tensione (Lagos, 2008), l'autostima, l'autoefficacia (Dziembowska et al., 2016) e la concentrazione (Paul et al., 2012). Infine, risultano migliorate le abilità mentali necessarie per una prestazione funzionale (Choudhary et al., 2016; Ortega & Keng, 2018). Questi fattori sono estremamente rilevanti nel contesto sportivo, in quanto la *performance* sportiva viene influenzata sia dalle variabili esogene (ambiente), sia dai fattori interni poiché entrambi questi elementi influenzano gli stati psicologici dell'atleta durante la competizione (Eysenck et al. 2007). Infatti, l'HRV BFT favorirebbe il raggiungimento di quegli stati psicofisiologici funzionali per una prestazione ottimale. In altre parole, favorirebbe il raggiungimento di quella che Hanin (2000) identifica come "zona individuale di funzionamento ottimale", la quale facilita il raggiungimento di una prestazione di eccellenza nelle situazioni competitive (Harmison, 2006). Essendo lo stato di *performance* ideale composto da stati psicofisiologici individuali, che risultano essere differenti da individuo a individuo, è necessaria un intervento che presupponga una valutazione con un'impostazione idiografica così da permettere l'identificazione degli elementi chiave per il raggiungimento della *peak performance*. Gli studi presentati hanno dedicato poca importanza a quest'ultimo aspetto.

Oltre che dalle variabili psicologiche, la zona individuale di funzionamento ottimale è caratterizzata anche da variabili fisiologiche. La letteratura ha evidenziato che l'HRV BFT è efficace anche nel migliorare le variabili fisiologiche, in quanto migliora l'equilibrio autonomo, inducendo un aumento

dell'influenza vagale sul cuore e portando a un miglioramento della regolazione omeostatica, del controllo emozionale e delle funzioni esecutive (Shaffer et al., 2014). Le ricerche condotte nel contesto sportivo hanno osservato un incremento significativo dell'HRV in seguito a un protocollo di HRV BFT (Paul et al., 2012; Paul & Garg, 2012). Tale miglioramento era stato osservato nelle LF (Dziembowska et al., 2016), HF (Deschodt-Arsac et al., 2018), nel rapporto tra LF/HF (Choudhary et al., 2016) e nell'RMSSD (Deschodt-Arsac et al., 2018).

Tuttavia, tali risultati vanno interpretati con cautela, in quanto, negli studi presentati, la misurazione dell'HRV avveniva immediatamente dopo il BFT. Pertanto, un aumento significativo dell'HRV potrebbe indicare delle variazioni transitorie indotte dal recente *training*. Di conseguenza, tali miglioramenti potrebbero non essere a lungo termine e potrebbero non indicare direttamente un adattamento del SNA bensì essere conseguenza del raggiungimento dell'RSA tramite la respirazione alla propria frequenza di risonanza. Per valutare se l'HRV BFT possa realmente indicare una regolazione del SNA, sono necessarie ulteriori evidenze che si basino sulle misure dell'HRV a riposo e che valutino questi cambiamenti nel lungo termine. Così come è importante sottolineare che in nessuno degli studi è disponibile una registrazione di 24ore, necessaria per ottenere valori più precisi dell'HRV nel dominio del tempo e delle frequenze, così come per ottenere misure di *baseline* della HRV (Shaffer & Ginsberg, 2017).

Inoltre, i professionisti dovrebbero tenere in considerazione che ogni individuo possiede una frequenza di risonanza individuale, ovvero una frequenza di respirazione durante la quale l'HRV viene massimizzata. L'HRV BFT dovrebbe essere personalizzato e sottoposto a variazioni individuali a seconda della necessità di ogni atleta (Lehrer et al., 2000). Infine, i dati relativi alle misure nel dominio del tempo e nel dominio delle frequenze non sono ancora precisi nell'identificare come le branche del SNA influenzino l'HRV. Tali indici devono quindi essere interpretati con cautela (Shaffer et al., 2014).

Per quanto concerne l'efficacia dell'HRV BFT per il miglioramento della *performance* i risultati sono stati finora contrastanti. Questo potrebbe essere dovuto alla difficoltà intrinseca di misurazione della *performance*, soprattutto per gli *sport* di squadra dove è difficile avere una standardizzazione di queste misure (Jones et al., 2008). Inoltre, i *test* che simulano le abilità di *performance* potrebbero non rappresentare in maniera affidabile le abilità che sono richieste durante una reale competizione (Bergkamp et al., 2019; Den Hartigh et al., 2018). Ad esempio, in molti studi, la *performance* atletica viene misurata tenendo in considerazione componenti isolate che potrebbero non predire fedelmente le variabili necessarie alla *performance* richiesta in una reale situazione di gioco (Bergkamp et al., 2019; Den Hartigh et al., 2018). Un ulteriore limite riguarda il fatto che il

miglioramento della prestazione potrebbe essere dovuto all'effetto di apprendimento e quindi il cambiamento positivo potrebbe non essere conseguenza dell'intervento (Raglin, 1992). Infine, la maggior parte degli studi che hanno evidenziato un miglioramento della *performance* sono stati eseguiti su atleti esperti. Questo suggerisce che l'ottimizzazione della prestazione potrebbe essere moderata dal livello di abilità dei partecipanti (Cheng & Hung, 2020). Sono quindi necessari ulteriori studi su atleti non esperti o non atleti che chiariscano questo punto.

Un altro aspetto da sottolineare riguarda il fatto che gran parte degli studi in ambito sportivo hanno confrontato i risultati dell'intervento con HRV BFT con quelli di un gruppo di controllo a cui non viene erogato alcun intervento, in tal modo non risulta possibile valutare se la tecnica in questione è più efficace nel migliorare la *performance* rispetto ad altri interventi (Morgan & Mora, 2017). Infine, la ricerca dovrebbe superare i limiti presenti nella progettazione dell'intervento concentrandosi sull'utilizzo di campioni con dimensioni maggiori e implementando protocolli con sessioni dal numero, durata e frequenza variabile (Pagaduan et al., 2020).

A oggi sono pochi gli studi sperimentali con alta qualità metodologica che valutano l'efficacia dell'HRV BFT nell'ottimizzare le prestazioni sportive. Basandoci sulle considerazioni provenienti dalla letteratura non si può affermare con certezza che l'HRV BFT sia efficace nell'ottimizzare in modo diretto la prestazione sportiva. Tuttavia, la letteratura ha dimostrato l'effetto dell'HRV BFT per il miglioramento della regolazione cardiaca autonoma e conseguentemente sul benessere psicofisico. Risulta quindi necessario considerare l'importanza di questi cambiamenti ma è fondamentale che vengano sviluppati protocolli metodologicamente più solidi al fine di valutare se questi miglioramenti psicologici e fisiologici siano degli efficaci predittori del miglioramento della *performance*.

3.4.1 Sviluppi futuri

Oltre che comprendere se vi sia un legame diretto tra i cambiamenti psicologici e fisiologici indotti dall'HRV BFT e i miglioramenti nella prestazione è di fondamentale importanza l'implementazione di protocolli di HRV BFT con differente durata e frequenza. In questo modo sarebbe possibile adattare il trattamento alle caratteristiche degli *sport* e degli atleti (Levy & Baldwin, 2019). È necessario che vengano sviluppati disegni sperimentali con un gruppo di controllo attivo così da poter confrontare l'efficacia dell'intervento eseguito con l'HRV BFT con interventi che utilizzano differenti tecniche. Un esempio riportato nell'elaborato è lo studio di Couture e colleghi (1999), i quali hanno attribuito i partecipanti a quattro differenti gruppi: un gruppo che svolgeva solo il BFT,

uno che praticava solamente la meditazione, uno che svolgeva un *training* combinato di BFT e rilassamento (BFT multimodale) e uno di controllo (che non svolgeva alcuna attività). Con un disegno sperimentale così impostato sarebbe più facile comprendere quali siano le variabili che contribuiscono ai cambiamenti fisiologici, psicologici e di *performance*. Lo studio in questione ha dimostrato come un programma di BFT multimodale associato con una tecnica di rilassamento sia efficace nel migliorare la prestazione in tiratori esperti, miglioramento che è associato a un significativo cambiamento delle risposte fisiologiche

Per ovviare alla problematica relativa alle misure di *performance* è necessario uno studio approfondito delle caratteristiche uniche di ogni *sport* e degli atleti (Rijken et al., 2016) così da comprendere quali siano le specifiche caratteristiche individuali o sportive che rendono l'intervento più o meno efficace. A tale scopo è necessaria un'integrazione delle conoscenze dei professionisti provenienti dalla psicologia dello *sport* con i chinesologi esperti nell'ambito delle scienze motorie. In tal modo i principi teorici espressi dal modello BPS troverebbero una realizzazione fenomenologica tramite uno studio olistico dell'atleta.

L'integrazione della Psicologia dello *sport* e delle scienze motorie risulta essere fondamentale in quanto per un'applicazione più efficace delle tecniche di HRV BFT è necessaria la comprensione dei principi della teoria e della metodologia dell'allenamento sportivo. Nello specifico, gli psicologi dello *sport* dovrebbero essere a conoscenza delle basi riguardanti il principio di periodizzazione sportiva e, allo stesso tempo, i professionisti di scienze motorie dovrebbero conoscere in modo più approfondito l'ambito delle abilità mentali legato all'ottimizzazione delle *performance* sportiva. A tal proposito, Blumenstein e Orbach (2012) hanno sviluppato “*three-dimensional approach*”, anche chiamato LMA (*Learning-Modification-Application*). Tale programma si integra con i processi di allenamento degli atleti e l'utilizzo del BFT all'interno della preparazione psicologica dell'atleta si sposa con i principi di periodizzazione sportiva, così da rendere il processo di *mental training* più applicabile, concreto, accessibile se comprensibile sia agli atleti che agli allenatori.

Infine, la letteratura sottolinea l'importanza di un approccio individualizzato, già descritto con il modello IZOF (Hanin, 2000), per le applicazioni di intervento che utilizzano le tecniche di BFT. Chi lavora nell'ambito della ricerca, così come in quello applicativo, deve considerare che differenti *sport*, così come differenti atleti all'interno del medesimo *sport*, necessitano di una regolazione psicofisiologica individualizzata (Arns et al., 2007). Su tali assunti risulta necessario che venga implementata una fase di *assessment* individualizzata che consenta di effettuare un *training* che assuma una rilevanza funzionale idiosincratica (Arns et al., 2007). In tale contesto la ricerca delle caratteristiche fisiologiche da raggiungere per poter eseguire una risposta preparatoria ottimale

dovranno essere uniche e personalizzate per ogni individuo. Un'impostazione semplicistica nomotetica risulterebbe inefficace se applicata all'ambito del BFT nello *sport* (Hammond, 2007).

Bibliografia

- Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: a review. *Medical and biological engineering and computing*, 44(12), 1031-1051.
- Adler, R. H. (2009). Engel's biopsychosocial model is still relevant today. *Journal of psychosomatic research*, 67(6), 607-611.
- Akpan, B. (2020). Classical and Operant Conditioning—Ivan Pavlov; Burrhus Skinner. *In Science Education in Theory and Practice* (pp. 71-84). Springer, Cham.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Berger, A. C., & Cohen, R. J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *science*, 213(4504), 220-222.
- Allport, G. W. (1937). *Personality: A psychological interpretation*.
- Amerena, J., & Julius, S. (1995). The role of the autonomic nervous system in hypertension. *Hypertension Research*, 18(2), 99-110.
- American Psychological Association Division 47. (2009). What is Exercise and Sport Psychology? Retrieved 8/9/2010, from <http://www.apa47.org/pracExSpPsych.php>
- Andronikos, G., Westbury, T., & Martindale, R. J. (2019). Unsuccessful transitions: Understanding dropout from the athletes' perspective. *Athens Journal of Sports*, 6(4), 195-214.
- Angelakis, E., Stathopoulou, S., Frymiare, J. L., Green, D. L., Lubar, J. F., & Kounios, J. (2007). EEG neurofeedback: a brief overview and an example of peak alpha frequency training for cognitive enhancement in the elderly. *The clinical neuropsychologist*, 21(1), 110-129.
- Aoyagi, M. W., & Portenga, S. T. (2010). The role of positive ethics and virtues in the context of sport and performance psychology service delivery. *Professional Psychology: Research and Practice*, 41(3), 253-259.
- Arai, Y. C. P., Ushida, T., Matsubara, T., Shimo, K., Ito, H., Sato, Y., ... & Komatsu, T. (2011). The influence of acupressure at extra 1 acupuncture point on the spectral entropy of the EEG and

the LF/HF ratio of heart rate variability. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011.

Arns, M., Kleinnijenhuis, M., Fallahpour, K., & Breteler, R. (2008). Golf performance enhancement and real-life neurofeedback training using personalized event-locked EEG profiles. *Journal of Neurotherapy*, 11(4), 11-18.

Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports medicine*, 33(12), 889-919.

Auyang, S. Y. (1998). Foundations of complex-system theories: in economics, evolutionary biology, and statistical physics. Cambridge University Press.

Babiloni, C., Del Percio, C., Iacoboni, M., Infarinato, F., Lizio, R., Marzano, N., Crespi, G., Dassù, F., Pirritano, M., Gallamini, M., & Eusebi, F. (2008). Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms. *The Journal of physiology*, 586(1), 131–139.

Baker, D. B., Taylor, C. J., & Leyva, C. (1995). Continuous performance tests: A comparison of modalities. *Journal of Clinical Psychology*, 51(4), 548-551.

Balague, G. (2000). Periodization of psychological skills training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3(3), 230–237.

Bale, P. (1991). Anthropometric, body composition and performance variables of young elite female basketball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 31(2), 173-177.

Bandura, A. (1969). Principles of behavior modification.

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Englewoods Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Bar-Eli, M. (2002). The effect of mental training with biofeedback on the performance of young swimmers. *Applied Psychology*, 51(4), 567–581.

Bar-Eli, M., & Blumenstein, B. (2004). Performance enhancement in swimming: The effect of mental training with biofeedback. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7, 454–464

- Basmajian, J. V. (1972). Electromyography Comes of Age: The conscious control of individual motor units in man may be used to improve his physical performance. *Science*, *176*(4035), 603-609.
- Batey, J., & Symes, R. (2017). Ahead of the competition: Anxiety control in archery. In S. Cotterill, N. Weston, & G. Breslin (Eds.). *Sport and exercise psychology: Practitioner case studies* (pp. 125-145). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Baumert, M., Brechtel, L., Lock, J., Hermsdorf, M., Wolff, R., Baier, V., & Voss, A. (2006). Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *16*(5), 412-417
- Bazanova, O. M. (2012). Simultaneous alpha EEG enhancing and frontal's muscle EMG decreasing: Biofeedback training for musical peak performance. In W. A. Edmonds & G. Tenenbaum (Eds.), *Case studies in applied psychophysiology: Neurofeedback and biofeedback treatments for advances in human performance* (pp. 71–90). Chichester, UK: Wiley-Blackwell.
- Bazanova, O. M., & Shtark, M. B. (2007). Biofeedback in optimizing psychomotor reactivity: I. Comparison of biofeedback and common performance practice. *Human Physiology*, *33*(4), 400-408.
- Beauchamp, M. K., Harvey, R. H., & Beauchamp, P. H. (2012). An integrated biofeedback and psychological skills training program for Canada's Olympic short-track speedskating team. *Journal of clinical sport psychology*, *6*(1), 67-84.
- Beauchamp, P. (2017). Thought Technology Ltd
- Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). Manual for Beck Depression Inventory-II. San Antonio, TX: Psychological Corporation
- Beck, S. J. (1953). The science of personality: nomothetic or idiographic? *Psychological Review*, *60*(6), 353.
- Beckmann, J., Gröpel, P., & Ehrlenspiel, F. (2013). Preventing motor skill failure through hemisphere-specific priming: Cases from choking under pressure. *Journal of Experimental Psychology: General*, *142*(3), 679.

- Behncke, L. (2004). Mental skills training for sports: A brief review. *Online J Sport Psychol*, 6(1).
- Benarroch, E. E. (1993, October). The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective. In Mayo Clinic Proceedings (Vol. 68, No. 10, pp. 988-1001). Elsevier
- Benarroch, E. E. (1997). The central autonomic network. *Clinical autonomic disorders*, 17-23.
- Benson, H., & Klipper, M. Z. (1975). The relaxation response (p. 240). New York: Morrow.
- Bergkamp, T. L., Niessen, A. S. M., den Hartigh, R., Frencken, W. G., & Meijer, R. R. (2019). *Methodological issues in soccer talent identification research. Sports Medicine*, 49(9), 1317-1335.
- Bernard, C., 1867. Lecture on the physiology of the heart and its connections with the brain, delivered at the Sorbonne, the 27th March, 1865. Tr. By J.S. Morel, Savannah, Purse.
- Bernardi, L., Valle, F., Coco, M., Calciati, A., & Sleight, P. (1996). Physical activity influences heart rate variability and very-low-frequency components in Holter electrocardiograms. *Cardiovascular research*, 32(2), 234-237.
- Berntson, G. G., Norman, G. J., Hawkley, L. C., & Cacioppo, J. T. (2008). Cardiac autonomic balance versus cardiac regulatory capacity. *Psychophysiology*, 45(4), 643-652
- Berntson, G. G., Quigley, K. S., and Lozano, D. (2007). "Cardiovascular psychophysiology," in Handbook of Psychophysiology, eds J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, and G. G. Berntson (New York, NY: Cambridge University Press), 182–210.
- Berntson, G. G., Thomas Bigger Jr, J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., ... & Van Der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
- Bertollo M, Bortoli L, Gramaccioni G, Hanin Y, Comani S, Robazza C. Behavioural and psychophysiological correlates of athletic performance: A test of the multi-action plan model. *Appl Psychophysiol Biof* 2013;38(2):91-99. doi: 10.1007/ s10484-013-9211-z
- Bertollo, M. (2000) Stati psicofisici collegati alla prestazione in giovani pentathleti.

- Bhide, A., Durgaprasad, R., Kasala, L., Velam, V., & Hulikal, N. (2016). Electrocardiographic changes during acute mental stress. *International Journal of Medical Science and Public Health*, 5(5), 835.
- Billman, G. E. (2011). Heart rate variability—a historical perspective. *Frontiers in physiology*, 2, 86.
- Billman, G. E. (2013). The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in physiology*, 4, 26.
- Binnun, N. L., Golland, Y., Davidovitch, M., & Rolnick, A. (2010). The biofeedback odyssey: From Neal Miller to current and future models of regulation. *Biofeedback*, 38(4), 136-141.
- Birrer, D., & Morgan, G. (2010). Psychological skills training as a way to enhance an athlete's performance in high-intensity sports. *Scandinavian Journal of Medicine and Sports Science*, 20(2), 78-87
- Blanchard, E. B., & Epstein, L. H. (1996). A primer biofeedback. Massachusetts: Addison
- Blascovich, J., Mendes, W. B., Tomaka, J., Salomon, K., & Seery, M. (2003). The robust nature of the biopsychosocial model challenge and threat: A reply to Wright and Kirby. *Personality and Social Psychology Review*, 7(3), 234-243.
- Blásquez, J. C. C., Font, G. R., & Ortís, L. C. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, 531-536.
- Blumenstein, B. (2002). Biofeedback applications in sport and exercise: Research findings. In B. Blumenstein, M. Bar-Eli, & G. Tenenbaum (Eds.), *Brain and body in sport and exercise: Biofeedback applications in performance enhancement* (pp. 37–54). Hoboken, NJ: Wiley.
- Blumenstein, B., & Bar-Eli, M. (1998). Self-regulation training with biofeedback training in elite canoers and kayakers. In V. Issurin (Ed.), *Science and practice of canoe/kayak high performance training* (pp. 124–132).
- Blumenstein, B., & Bar-Eli, M. (2005). Biofeedback applications in sport. In D. Hackfort, J. L. Duda, & R. Lidor (Eds.), *Handbook of research in applied sport and exercise psychology: International perspectives* (pp. 185–198). Morgantown, WV: Fitness Information Technology.

- Blumenstein, B., & Orbach, I. (2012). *Psychological skills in sport: Training and application*. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Blumenstein, B., & Orbach, I. (2012a). The road to Olympic medal. In W. A. Edmonds, & G. Tenenbaum (Eds.), *Case studies in applied psychophysiology: Neurofeedback and biofeedback treatments for advances in human performance* (pp. 120–132). Chichester, UK: Wiley-Blackwell.
- Blumenstein, B., & Orbach, I. (2012b). *Mental practice in sport: Twenty case studies*. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Blumenstein, B., & Orbach, I. (2014). *Biofeedback for sport and performance enhancement*.
- Blumenstein, B., Bar-Eli, M., & Collins, D. (2002). Biofeedback training in sport. *Brain and body in sport and exercise: Biofeedback applications in performance enhancement*, 55-76.
- Blumenstein, B., Bar-Eli, M., & Tenenbaum, G. (1995). The augmenting role of biofeedback: Effects of autogenic, imagery and music training on physiological indices and athletic performance. *Journal of sports sciences*, 13(4), 343-354.
- Blumenstein, B., Bar-Eli, M., & Tenenbaum, G. (1997). A five-step approach to mental training incorporating biofeedback. *The Sport Psychologist*, 11(4), 440-453.
- Blumenstein, B., Bar-Eli, M., & Tenenbaum, G. (Eds.) (2002). *Brain and body in sport and exercise: Biofeedback applications in performance enhancement*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Blumenstein, B., Lidor, R., & Tenenbaum, G. (2005). Periodization and planning of psychological preparation in elite combat sport programs: the case of judo. *International journal of sport and exercise psychology*, 3(1), 7-25.
- Blumenstein, B., Lidor, R., & Tenenbaum, G. (2007) (Eds.). *Psychology of sport training*. Oxford, UK: Meyer & Meyer Spor
- Blumenstein, B., Orbach, I., Loganovsky, K. N., Loganovskaja, T., Kuts, K., Sacerdote, P., ... & Wijtenburg, A. (2018). *Psychophysiology*, 62(49).
- Blumenstein, M. Bar-Eli, & G. Tenenbaum (Eds.), *Brain and body in sport and exercise: Biofeedback applications in performance enhancement* (pp. 55–76). Chichester, UK: Wiley.

- Boettger, S., Puta, C., Yeragani, V. K., Donath, L., Mueller, H. J., Gabriel, H. H., & Baer, K. J. (2010). Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(3), 443-8.
- Bompa, T. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training* (4th ed.). Champaign, IL: *Human Kinetics*.
- Bompa, T., & Haff, G. (2009). *Periodization: Theory and methodology of training* (5th ed.). Champaign, IL: *Human Kinetics*.
- Bonaduce, D., Petretta, M., Morgano, G., Villari, B., Bianchi, V., Conforti, G., ... & Pulcino, A. (1994). Left ventricular remodelling in the year after myocardial infarction: an echocardiographic, haemodynamic, and radionuclide angiographic study. *Coronary artery disease*, 5(2), 155-162.
- Bono, B., & Livi, S. (2016). Motivazione al successo in atleti di élite: Applicazione del 2×2 achievement goal framework nel nuoto. [Achievement motivation in elite athletes: Application of 2×2 achievement goal framework in swimming]. *Rass. Psicol*, 33, 51-66
- Borg, G. (2001). Borg's range model and scales. *International Journal of Sport Psychology*, 32, 110–126.
- Borkovec, T. D. (1994). The nature, functions, and origins of worry.
- Bosquet, L., Papelier, Y., Leger, L., & Legros, P. (2003). Night heart rate variability during overtraining in male endurance athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 43(4), 506.
- Botterill, C., & Patrick, T. (1996). *Human Potential*. Winnipeg, MB: Lifeskills Inc.
- Boutcher, S. H., Park, Y., Dunn, S. L., & Boutcher, Y. N. (2013). The relationship between cardiac autonomic function and maximal oxygen uptake response to high-intensity intermittent-exercise training. *Journal of Sports Sciences*, 31(9), 1024-1029.
- Bowers, E. J., & Murray, A. (2004). Effects on baroreflex sensitivity measurements when different protocols are used to induce regular changes in beat-to-beat intervals and systolic pressure. *Physiological Measurement*, 25(2), 523.

- Bristow, J. D., Honour, A. J., Pickering, G. W., Sleight, P., & SMYTH, H. S. (1969). Diminished baroreflex sensitivity in high blood pressure. *Circulation*, *39*(1), 48-54.
- Bruno, R. M., Ghiadoni, L., Seravalle, G., Dell'Oro, R., Taddei, S., & Grassi, G. (2012). Sympathetic regulation of vascular function in health and disease. *Frontiers in physiology*, *3*, 284.
- Buccelletti, E; Gilardi, E; Scaini, E; Galiuto, L; Persiani, R; Biondi, A; Basile, F; Silveri, NG. (2009). Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and meta-analysis. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, *13*(4), 299–307.
- Burgio, K. L., Locher, J. L., Goode, P. S., Hardin, J. M., McDowell, B. J., Dombrowski, M., & Candib, D. (1998). Behavioral vs drug treatment for urge urinary incontinence in older women: a randomized controlled trial. *Jama*, *280*(23), 1995-2000.
- Burton, D., Naylor, S., & Holliday, B. (2001). Goal setting in sport: Investigating the goal effectiveness paradox. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas, & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology*, 2nd edn (pp. 497–528). New York, NY: John Wiley & Sons.
- Butler, R. (1995). Athlete assessment: The performance profile. *Coaching Focus*, *29*, 18-20.
- Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. (Eds.). (2007). *Handbook of psychophysiology*. Cambridge university press.
- Callister, R. O. B. I. N., Suwarno, N. O., & Seals, D. R. (1992). Sympathetic activity is influenced by task difficulty and stress perception during mental challenge in humans. *The Journal of physiology*, *454*(1), 373-387.
- Cameron, O. G. (2001). Visceral sensory neuroscience: Interoception. *Oxford University Press*.
- Camm, A. J., Malik, M., Bigger, J. T., Breithardt, G., Cerutti, S., Cohen, R. J., ... & Singer, D. H. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology*.

- Cammarata S.A. & Militello E. (2021) Ordine degli Psicologi della Regione Siciliana, Gruppo di Lavoro Psicologia dello Sport. Lo Psicologo dello sport oggi: competenze ed ambiti di intervento. Retrieved from: <https://www.oprs.it/wp-content/uploads/2021/02/opuscolo-gdl.pdf>
- Carney, R. M., Blumenthal, J. A., Stein, P. K., Watkins, L., Catellier, D., Berkman, L. F., ... & Freedland, K. E. (2001). *Depression, heart rate variability, and acute myocardial infarction. Circulation, 104*(17), 2024-2028.
- Carney, R. M., Freedland, K. E., & Veith, R. C. (2005). Depression, the autonomic nervous system, and coronary heart disease. *Psychosomatic medicine, 67*, S29-S33.
- Carrera, M., & Bompa, T. (2007). Theory and methodology of training: General perspectives. In B. Blumenstein, R. Lidor, & G. Tenenbaum (Eds.), *Psychology of sport training* (pp. 19–39). Oxford, UK: Meyer & Meyer Sport
- Cei, A. (1998). *Psicologia dello sport*. Il mulino.
- Cei, A. (2011). Ferruccio Antonelli: His work and legacy. *International Journal of Sport and Exercise Psychology, 9*(4), 356-361.
- Chavez, E. J. (2008). Flow in sport: A study of college athletes. *Imagination, cognition and personality, 28*(1), 69-91.
- Cheng, M. Y., & Hung, T. M. (2020). Biofeedback and neurofeedback for mental skills training in sports. *In Advancements in Mental Skills Training Routledge*.
- Cheng, M. Y., Huang, C. J., Chang, Y. K., Koester, D., Schack, T., & Hung, T. M. (2015). Sensorimotor rhythm neurofeedback enhances golf putting performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 37*(6), 626-636.
- Cheng, M.Y., Hung, C.L., Huang, C.J., Chang, Y.K., Lo, L.C., Shen, C., & Hung, T.M. (2015b). Expert-novice differences in SMR activity during dart throwing. *Biological Psychology, 110*, 212–218.
- Chess, G. F., Tam, R. M. K., and Calaresu, F. R. (1975). Influence of cardiac neural inputs on rhythmic variations of heart period in the cat. *Am. J. Physiol.* 228, 775–780.

- Chevallon, S. (1995). L'entraînement psychologique du sportif [*Mental training for athletes*]. Paris, France: Editions De Vecchi.
- Choque, J. (1998). ABC de la relaxation [*The ABCs of relaxation*]. Paris, France: Jacques Grancher.
- Choudhary, R., Trivedi, V., & Choudhary, S. (2016). Effect of heart rate variability biofeedback training on the performance of track athlete. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, 5(4), 166-174.
- Clauw, D. J., & Chrousos, G. P. (1997). Chronic pain and fatigue syndromes: overlapping clinical and neuroendocrine features and potential pathogenic mechanisms. *Neuroimmunomodulation*, 4(3), 134-153.
- Cohen, H., & Benjamin, J. (2006). Power spectrum analysis and cardiovascular morbidity in anxiety disorders. *Autonomic Neuroscience*, 128(1-2), 1-8.
- Collins, D., & McPherson, A. (2006). The psychophysiology of biofeedback and sport performance. In E. Acevedo & P. Ekkekakis (Eds.), *Psychobiology of physical activity* (pp. 241–250). Champaign, IL: Human Kinetics Press.
- Conesa, J. (1995). Electrodermal palmar asymmetry and nostril dominance. *Perceptual and motor skills*, 80(1), 211-216.
- Consiglio Nazionale Ordine Degli Psicologi
- Cooley, J. W., and Tukey, J. W. (1965). An algorithm machine for the calculation of complex Fourier series. *Math. Comput.* 19, 297–301.
- Cornelissen, V. A., Verheyden, B., Aubert, A. E., & Fagard, R. H. (2010). Effects of aerobic training intensity on resting, exercise and post-exercise blood pressure, heart rate and heart rate variability. *Journal of Human Hypertension*, 24, 175–182.
- Cosmacini, G. (2016). Elogio della materia. Per una storia ideologica della medicina. Milano: Edra.
- Couture, R. T., Singh, M., Lee, W., Chahal, P., Wankel, L., Oseen, M., & Wheeler, G. (1999). Can mental training help to improve shooting accuracy?. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*.

- Cox, R. H. (2007). *Sport psychology: Concepts and applications*. Boston: McGraw-Hill.
- Ericsson, K. A., & Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, *49*(8), 725-747.
- Cox, R. H. (2012). *Sport psychology: Concepts and applications* (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill
- Crews, D. J., & Landers, D. M. (1993). Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to golf putt. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *25*(1), 116–126.
- Crews, D., Lochbaum, M., & Karoly, P. (2001). Self-regulation: Concepts, methods and strategies in sport and exercise. In R. Singer, H. Hausenblas, & C. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology* (2nd ed.; pp. 566–581). Hoboken, NJ: Wiley.
- Crivelli, D., Fronda, G., & Balconi, M. (2019). Neurocognitive enhancement effects of combined mindfulness–neurofeedback training in sport. *Neuroscience*, *412*, 83-93.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row.
- da Silva, F. A. K., Penachini da Costa de Rezende Barbosa, M., Marques Vanderlei, F., Destro Christofaro, D. G., & Marques Vanderlei, L. C. (2016). Application of heart rate variability in diagnosis and prognosis of individuals with diabetes mellitus: Systematic review. *Annals of Noninvasive Electrocardiology: The Official Journal of the International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology, Inc*, *21*(3), 223–235.
- Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain research reviews*, *26*(2-3), 83-86.
- Daniels, J. T. (1985). A physiologist's view of running economy. *Medicine and science in sports and exercise*, *17*(3), 332-338.
- Darrow, C. W. (1929). Differences in the physiological reactions to sensory and ideational stimuli. *Psychological Bulletin*, *26*(4), 185–201
- Davis, M., Eshelman, E. R., & McKay, M. (2000). *Relaxation & stress reduction workbook* (5th ed.). Oakland, CA: New Harbinger Publications.

- De Witt, D. J. (1980). Cognitive and biofeedback training for stress reduction with university athletes. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2(4), 288-294.
- Defining the Practice of Sport and Performance Psychology Division 47 (Exercise and Sport Psychology) of the American Psychological Association
- Definition of sport psychology (1995). FEPSAC Position Stand # 1. *FEPSAC Bulletin*, 7, 1, 3-5.
- Dekker, J. M., Crow, R. S., Folsom, A. R., Hannan, P. J., Liao, D., Swenne, C. A., & Schouten, E. G. (2000). Low heart rate variability in a 2-minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes: the ARIC Study. *Circulation*, 102(11), 1239-1244.
- Den Hartigh, R. J., Niessen, A. S. M., Frencken, W. G., & Meijer, R. R. (2018). Selection procedures in sports: Improving predictions of athletes' future performance. *European journal of sport science*, 18(9), 1191-1198.
- Deschodt-Arsac, V., Lalanne, R., Spiluttini, B., Bertin, C., & Arsac, L. M. (2018). Effects of heart rate variability biofeedback training in athletes exposed to stress of university examinations. *PloS one*, 13(7), e0201388.
- Dessy, E., Van Puyvelde, M., Mairesse, O., Neyt, X., & Pattyn, N. (2018). Cognitive performance enhancement: do biofeedback and neurofeedback work?. *Journal of Cognitive Enhancement*, 2(1), 12-42.
- Devinsky, O., Morrell, M. J., & Vogt, B. A. (1995). Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. *Brain*, 118(1), 279-306.
- Di Cara, L. V., & Miller, N. E. (1968). Instrumental learning of systolic blood pressure responses by curarized rats: Dissociation of cardiac and vascular changes. *Psychosomatic medicine*, 30(5), 489-494.
- Di Cara, L. V., & Miller, N. E. (1968a). Changes in heart rate instrumentally learned by curarized rats as avoidance responses. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 65(1), 8.
- Di Fronso, S., Bortoli, L., Mazzoni, K., Robazza, C., & Bertollo, M. (2013). Monitoraggio psicofisiologico nello sport. *Giornale Italiano di Psicologia dello Sport*, 16, 17-25.

- Di Cara, L. V., & Miller, N. E. (1968b). Instrumental learning of vasomotor responses by rats: *Learning to respond differentially in the two ears. Science, 159*(3822), 1485-1486.
- Dichter, H. L. (2012). Rebuilding physical education in the Western occupation zones of Germany, 1945–1949. *History of Education, 41*(6), 787-806.
- Dichter, H. L. (2012). The Internationalization of European Sports Teams and the Issue of National Citizenship: Can Sports Transcend Political Borders?.
- DiSanti, J. S., & Erickson, K. (2019). Youth sport specialization: a multidisciplinary scoping systematic review. *Journal of sports sciences, 37*(18), 2094-2105.
- Donald Moss, Ph.D. A chapter included in: D. Moss (Ed.). (1998). *Humanistic and Transpersonal Psychology: A Historical and Biographical Sourcebook*. Westport, CT: Greenwood Publishing. Reprinted with permission of Greenwood Publishing Group.
- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and therapeutic medicine, 11*(5), 1531-1536.
- Dong, S. Y., Lee, M., Park, H., & Youn, I. (2018). Stress resilience measurement with heart-rate variability during mental and physical stress. In 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 5290-5293). IEEE.
- Drawz, P. E., Babineau, D. C., Brecklin, C., He, J., Kallem, R. R., Soliman, E. Z., ... & CRIC Study Investigators. (2013). Heart rate variability is a predictor of mortality in chronic kidney disease: a report from the CRIC Study. *American journal of nephrology, 38*(6), 517-528.
- Drew, B. J., Califf, R. M., Funk, M., Kaufman, E. S., Krucoff, M. W., Laks, M. M., ... & Van Hare, G. F. (2004). Practice standards for electrocardiographic monitoring in hospital settings: an American Heart Association scientific statement from the Councils on Cardiovascular Nursing, Clinical Cardiology, and Cardiovascular Disease in the Young: endorsed by the *International Society of Computerized Electrocardiology and the American Association of Critical-Care Nurses. Circulation, 110*(17), 2721-2746.
- Ducrocq, E., Wilson, M., Vine, S., & Derakshan, N. (2016). Training attentional control improves cognitive and motor task performance. *Journal of sport and exercise psychology, 38*(5), 521-533.

- Duda, J. L. (2001). Achievement goal research in sport: Pushing the boundaries and clarifying some misunderstandings. In G. C. Roberts (Ed.), *Advances in motivation in sport and exercise* (pp. 129–182). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Dugmore, L. D., Tipson, R. J., Phillips, M. H., Flint, E. J., Stentiford, N. H., Bone, M. F., & Littler, W. A. (1999). Changes in cardiorespiratory fitness, psychological wellbeing, quality of life, and vocational status following a 12 month cardiac exercise rehabilitation programme. *Heart*, *81*(4), 359-366.
- Dunn, J. G. (1994). Toward the combined use of nomothetic and idiographic methodologies in sport psychology: An empirical example. *The Sport Psychologist*, *8*(4), 376-392.
- Dupee, M., & Werthner, P. (2011). Managing the stress response: The use of biofeedback and neurofeedback with Olympic athletes. *Biofeedback*, *39*(3), 92-94.
- Durand-Bush, N., & Salmela, J. H. (2002). The development and maintenance of expert athletic performance: Perceptions of world and Olympic champions. *Journal of Applied Sport Psychology*, *14*, 154–171.
- Durand-Bush, N., Salmela, J. H., & Green-Demers, I. (2001). The Ottawa mental skills assessment tool (OMSAT-3*). *The sport psychologist*, *15*(1), 1-19.
- Dziembowska, I., Izdebski, P., Rasmus, A., Brudny, J., Grzelczak, M., & Cysewski, P. (2016). Effects of heart rate variability biofeedback on EEG alpha asymmetry and anxiety symptoms in male athletes: A pilot study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, *41*(2), 141-150.
- Dzwonkowska, I., Lachowicz-Tabaczek, K., & Łaguna, M. (2008). Samoocena i jej pomiar: SES: polska adaptacja skali SES M. Rosenberga: podręcznik. *Pracownia Testów Psychologicznych*.
- Eckberg, D. L., & Eckberg, M. J. (1982). Human sinus node responses to repetitive, ramped carotid baroreceptor stimuli. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *242*(4), H638-H644.
- Edmonds, W. A., & Tenenbaum, G. (Eds.) (2012). Case studies in applied psychophysiology: *Neurofeedback and biofeedback treatments for advances in human performance*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell.

- Edvardsson, A., Ivarsson, A., & Johnson, U. (2012). Is a cognitive-behavioural biofeedback intervention useful to reduce injury risk in junior football players?. *Journal of sports science & medicine*, *11*(2), 331
- Einthoven, W. (1895). Über die Form des menschlichen electrokardiogramms. *Arch. Ges. Physiol.* *60*, 101–123.
- Ekkekakis, P. (2003). Pleasure and displeasure from the body: *Perspectives from exercise. Cognition and Emotion*, *17*(2), 213-239.
- Eklund, R. C. (1996). Preparing to compete: A season-long investigation with collegiate wrestlers. *Sport Psychologist*, *10*, 111–131
- Enciclopedia online Treccani, voce “Performance”, accessibile all’indirizzo:
<https://www.treccani.it/vocabolario/performance/>
- Enciclopedia Treccani “idiografico”
- Engel, B. T. Personal communication. (To Miller)
- Engel, B. T., & Bleecker, E. R. (1974). Application of operant conditioning techniques to the control of the cardiac arrhythmias, cardiovascular psychophysiology. Edited by PA Obrist, AH Black, J Brener, et al. Chicago, *Aldine*, *974*, 456-476.
- Engel, B. T., & Bleecker, E. R. (2017). Application of operant conditioning techniques to the control of the cardiac arrhythmias. *Cardiovascular psychophysiology*, 456-476.
- Thayer, J. (2007). What the heart says to the brain (and vice versa) and why we should listen. *Psihologijske teme*, *16*(2), 241-250.
- Fava, G. A., & Sonino, N. (2007). The biopsychosocial model thirty years later. *Psychotherapy and psychosomatics*, *77*(1), 1.
- Filho, E. S. M., Moraes, L. C., & Tenenbaum, G. (2008). Affective and physiological states during archery competitions: Adopting and enhancing the probabilistic methodology of individual affect-related performance zones (IAPZs). *Journal of Applied Sport Psychology*, *20*, 441–456.
- Fisher et al., 2013; Hasset et al., 2007; Steiner & Dincee 1981

- Fisher, J. G., Hatch, J. P., & Rugh, J. D. (Eds.). (2013). *Biofeedback: Studies in clinical efficacy*. Springer Science & Business Media.
- Fonoberova, M., Mezić, I., Buckman, J. F., Fonoberov, V. A., Mezić, A., Vaschillo, E. G., ... & Bates, M. E. (2014). A computational physiology approach to personalized treatment models: the beneficial effects of slow breathing on the human cardiovascular system. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *307*(7), H1073-H1091.
- Foote, S. L., Bloom, F. E., & Aston-Jones, G. (1983). Nucleus locus ceruleus: new evidence of anatomical and physiological specificity. *Physiological reviews*, *63*(3), 844-914.
- Francis, J. (2016). ECG monitoring leads and special leads. *Indian pacing and electrophysiology journal*, *16*(3), 92-95
- Frank, D. L., Khorshid, L., Kiffer, J. F., Moravec, C. S., & McKee, M. G. (2010). Biofeedback in medicine: who, when why and how? *Mental health in family medicine*, *7*(2), 85.
- Frankel, C. C., & Kravitz, L. (2000). Periodization: latest studies and practical applications. *IDEA Personal Trainer*, *11*(1), 15-16.
- Fredrikson, M., & Engel, B. T. (1985). Learned control of heart rate during exercise in patients with borderline hypertension. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *54*(3), 315-320.
- French, S. N. (1978). Electromyographic biofeedback for tension control during gross motor skill acquisition. *Perceptual and motor skills*, *47*(3), 883-889.
- Friedman, B. H., & Thayer, J. F. (1998). Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability. *Journal of psychosomatic research*, *44*(1), 133-151.
- Fronso, S. D., Robazza, C., Bortoli, L., & Bertollo, M. (2017). Performance optimization in sport: a psychophysiological approach. *Motriz: Revista de Educação Física*, *23*.
- Gaarder, K. (1979). *Unpublished manuscript on the founding of the Biofeedback Society of America*.
- Galderisi, S., & Mucci, A. (2002). Psychophysiology in psychiatry: new perspectives in the study of mental disorders. *World Psychiatry*, *1*(3), 166.

- Garfield, C. A., & Bennett, H. Z. (1984). *Peak performance: Mental training techniques of the world's greatest athletes*. Los Angeles: Tarcher.
- Gast, D. L., & Ledford, J. R. (2014). *Single case research methodology: Applications in special education and behavioral sciences* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Giardino, N. D., Lehrer, P. M., and Edelberg, R. (2002). Comparison of finger plethysmograph to ECG in the measurement of heart rate variability. *Psychophysiology* 39, 246–253. doi: 10.1111/1469-8986.3920246
- Giesenow, C. (2011). *Entrenando tu fortaleza mental para el deporte: Preparación psicológica para sobresalir bajo presión* [Training your mental toughness for sports: Psychological preparation for excelling under pressure]. Buenos Aires, Argentina: Claridad.
- Ginsberg, J. P. (2016). Dysregulation of autonomic cardiac control by traumatic stress and anxiety. *Frontiers in Psychology*, 945.
- Goessl, V. C., Curtiss, J. E., & Hofmann, S. G. (2017). The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: a meta-analysis. *Psychological medicine*, 47(15), 2578-2586.
- Goldberger, A.L. (1991). Is the normal heartbeat chaotic or homeostatic? *News in Physiological Science*, 6, 8791.
- Goldberger, A. L. (1992). Applications of chaos to physiology and medicine. *Applied chaos*, 321-331.
- Goldstein, D. S., Benthó, O., Park, M. Y., & Sharabi, Y. (2011). Low-frequency power of heart rate variability is not a measure of cardiac sympathetic tone but may be a measure of modulation of cardiac autonomic outflows by baroreflexes. *Experimental physiology*, 96(12), 1255-1261.
- Gould, D. (2002). Moving beyond the psychology of athletic excellence.
- Gould, D., & Pick, S. (1995). Sport psychology: The Griffith era, 1920–1940. *The Sport Psychologist*, 9(4), 391-405
- Gould, D., & Tuffey, S. (1996). Zones of optimal functioning research: A review and critique. Anxiety, Stress, and Coping: *An International Journal*, 9, 53–68.

- Gould, D., Eklund, R. C., & Jackson, S. A. (1992). 1988 U.S. Olympic wrestling excellence: Pt. I. Mental preparation, precompetitive cognition, and affect. *Sport Psychologist, 6*, 358–382.
- Gould, D., Greenleaf, C., Guinan, D., & Chung, Y. (2002). A survey of U. S. Olympic coaches: Variables perceived to have influenced athlete performance and coach effectiveness. *The Sport Psychologist, 16*, 229–250.
- Gould, D., Guinan, D., Greenleaf, C., Medbury, R., & Peterson, K. (1999). Factors affecting Olympic performance: Perceptions of athletes and coaches from more and less successful teams. *The Sport Psychologist, 13*, 371–394
- Goutte, J., & Cathébras, P. (2021). Problematica della gestione dei disturbi funzionali. *EMC-AKOS-Trattato di Medicina, 23(2)*, 1-8.
- Grant, C. C., Murray, C., Janse Van Rensburg, D. C., & Fletcher, L. (2013). A comparison between heart rate and heart rate variability as indicators of cardiac health and fitness. *Frontiers in physiology, 4*, 337.
- Green, C. D., & Benjamin, L. T. (Eds.). (2009). *Psychology gets in the game: Sport, mind, and behavior, 1880-1960*. U of Nebraska Press.
- Green, Christopher. (2003). Psychology strikes out: Coleman R. Griffith and the Chicago Cubs. *History of psychology, 6*. 267-83. 10.1037/1093-4510.6.3.267.
- Green, E. (1973). Biofeedback for mind-body self-regulation: Healing and creativity. In D. Shapiro, T. Barber, L. DiCara, J. Kamiya, N. Miller, & J. Stoyva (Eds.), *Biofeedback and self-control* (pp. 152–166). Chicago: Aldine.
- Green, E., & Green, A. (1977). *Beyond biofeedback*. San Francisco: Delacorte Press.
- Green, E., Green, A. M., & Walters, E. D. (1970). Self-regulation of internal states. In J. Rose (Ed.), *Progress of cybernetics: Proceedings of the First International Congress of Cybernetics, London, September 1969* (pp. 1299-1318). London: Gordon and Breach Science Publishers.
- Green, E., Green, A., & Walters, E. (1970). Voluntary control of internal states: Psychological and physiological. *Journal of Transpersonal Psychology, 2*, 1–26.

- Greenleaf, C., Gould, D., & Dieffenbach, K. (2001). Factors influencing Olympic performance: Interviews with Atlanta and Nagano U.S. Olympians. *Journal of Applied Sport Psychology*, 13, 154–184.
- Grove, J. R., & Hanrahan, S. J. (1988). Perceptions of mental training needs by elite field hockey players and their coaches. *The Sport Psychologist*, 2(3), 222-230.
- Guillot, A., Desliens, S., Rouyer, C., & Rogowski, I. (2013). Motor imagery and tennis serve performance: the external focus efficacy. *Journal of sports science & medicine*, 12(2), 332.
- Hales, S. (1733). *Statistical Essays: Concerning Haemastaticks; or, an Account of some Hydraulick and Hydrostatical Experiments made on the Blood and Blood-Vessels of Animals*. Published by W. Innys and R. Manby, London.v
- Hall, C., & Pongrac, J (1983) *Movement Imagery Questionnaire* London, Ontario: University of Western Ontario
- Hall, C. R. (2001). Imagery in sport and exercise. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas, & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of sport psychology*, 2nd edn (pp. 529–549). New York, NY: John Wiley & Sons
- Hanin, Y. L. (1978). A study of anxiety in sport. In W. F. Straub (Ed.), *Sport psychology: An analysis of athletic behavior* (pp. 236–249). Ithaca, NY: Movement.
- Hanin, Y. L. (1995). Individual zones of optimal functioning (IZOF) model: An idiographic approach to performance anxiety. In K. Henschen & W. Straub (Eds.), *Sport psychology: An analysis of athlete behavior* (pp. 103–119). Longmeadow, MA: Movement
- Hanin, Y. L. (2000). Individual Zones of Optimal Functioning (IZOF) Model: Emotion-performance relationship in sport.
- Hanin, Y. L. (2000b). IZOF-based emotion-profiling: Stepwise procedures and forms. In Y. L. Hanin (Ed.), *Emotions in sport* (pp. 303–313). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hanin, Y. L. (2000c). Successful and poor performance and emotions. In Y. L. Hanin (Ed.), *Emotions in sport* (pp. 157–187). Champaign, IL: *Human Kinetics*.

- Hanin, Y. L., & Syrjä, P. (1995). Performance affect in junior ice hockey players: An application of the individual zones of optimal functioning model. *The Sport Psychologist*, 9(2), 169-187.
- Hanin, Y. L., & Stambulova, N. (2004). *Sport Psychology: The Psychology of Athletic Excellence*.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., & Thayer, J. F. (2003). Vagal influence on working memory and attention. *International journal of psychophysiology*, 48(3), 263-274.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., & Thayer, J. F. (2009). Relationship between heart rate variability and cognitive function during threat of shock. *Anxiety, Stress, & Coping*, 22(1), 77-89.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., Sollers, J. J., Stenvik, K., & Thayer, J. F. (2004). Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. *European journal of applied physiology*, 93(3), 263-272.
- Hardy, L. & Nelson, K. (1996). Mental Skills Questionnaire.
- Hardy, L., Jones, G., & Gould, D. (1996). A unifying model of psychological preparation for peak athletic performance. In *Understanding psychological preparation for sport: Theory and practice of elite performers* (pp. 239–248). Chichester, West Sussex, England: Wiley
- Hardy, L., Jones, G., & Gould, D. (1996). *Understanding psychological preparation for sport: Theory and practice of elite performers*. Chichester, UK: Wiley.
- Harmison, R. J. (2006). Peak performance in sport: Identifying ideal performance states and developing athletes' psychological skills. *Professional psychology: Research and practice*, 37(3), 233.
- Harris, A. H., & Brady, J. V. (1974). Animal learning: Visceral and autonomic conditioning. *Annual Review of Psychology*, 25, 107–133
- Hassett, A. L., Radvanski, D. C., Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Sigal, L. H., Karavidas, M. K., ... & Lehrer, P. M. (2007). A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 32(1), 1-10.
- Hatfield BD, KerickSE. The psychology of superior sport performance. In: *Handbook of sport psychology*. 3rd ed. Hoboken (NJ): Wiley, 2007. p.84-109.

- Hatfield, B. D., & Hillman, C. H. (2001). The psychophysiology of sport: A mechanistic understanding of the psychology of superior performance. *Handbook of sport psychology*, 2, 362-386.
- Hatfield, B. D., & Kerick, S. E. (2007). The psychology of superior sport performance. *Handbook of sport psychology*. 3rd ed. Hoboken (NJ): Wiley, 84-109.
- Hatfield, B. D., & Landers, D. M. (1987). Psychophysiology in exercise and sport research. An overview. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 15, 351-388.
- Hatfield, B. D., Landers, D. M., & Ray, W. J. (1984). Cognitive processes during self-paced motor performance: An electro-encephalographic profile of skilled marksmen. *Journal of Sport Psychology*, 6, 42–59.
- Haufler, A. J., Spalding, T. W., Maria, S., D., L., & Hatfield, B. D. (2000). Neuro-cognitive activity during a self-paced visuospatial task: Comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. *Biological Psychology*, 53, 131–160.
- Hautala, A. J., Makikallio, T. H., Kiviniemi, A., Laukkanen, R. T., Nissila, S., Huikuri, H. V., & Tulppo, M. P. (2003). Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 285(4), H1747-H1752.
- Havelka, M., Despot Lučanin, J., & Lučanin, D. (2009). Biopsychosocial model—the integrated approach to health and disease. *Collegium antropologicum*, 33(1), 303-310.
- Hays, K. F. (2006). Being fit: The ethics of practice diversification in performance psychology. *Professional Psychology: Research and Practice*, 37(3), 223-232.
- Hazlett-Stevens, H. (2008). Psychological approaches to generalized anxiety disorder: A clinician's guide to assessment and treatment. New York, NY: Springer
- Hedman, A. E., Hartikainen, J. E. K., Tahvanainen, K. U. O., & Hakumäki, M. O. K. (1995). The high frequency component of heart rate variability reflects cardiac parasympathetic modulation rather than parasympathetic 'tone'. *Acta Physiologica Scandinavica*, 155(3), 267-273.

- Hirsch, J. A., & Bishop, B. (1981). Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 241(4), H620-H629.
- Hofmann, S. G., Schulz, S. M., Heering, S., Muench, F., & Bufka, L. F. (2010). Psychophysiological correlates of generalized anxiety disorder with or without comorbid depression. *International Journal of Psychophysiology*, 78(1), 35-41.
- Holliday, B., Burton, D., Sun, G., Hammermeister, J., Naylor, S., & Freigang, D. (2008). Building the better mental training mousetrap: Is periodization a more systematic approach to promoting performance excellence? *Journal of Applied Sport Psychology*, 20, 199–219.
- Holt, N. L., & Dunn, J. G. (2004). Toward a grounded theory of the psychosocial competencies and environmental conditions associated with soccer success. *Journal of Applied Sport Psychology*, 16, 199–219
- Holter, N. J. (1961). New method for heart rate studies continuous electrocardiography of active subjects. *Science* 134, 1214–1220.
- Hon, E. H. (1965). Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observations. *Am J Obstet Gynecol*, 87, 814-826.
- Horowitz, J. F., Sidossis, L. S., & Coyle, E. F. (1994). High efficiency of type I muscle fibers improves performance. *International journal of sports medicine*, 15(03), 152-157.
- Houle, M. S., & Billman, G. E. (1999). Low-frequency component of the heart rate variability spectrum: a poor marker of sympathetic activity. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 276(1), H215-H223.
- Hugdahl, K. (1995). Psychophysiology: The mind-body perspective. *Harvard University Press*.
- Hugdahl, K., Thomsen, T., Landrø, N. I., Ersland, L., Smievoll, A. I., Lundervold, A., ... & Roscher, B. (2000). Separating mental arithmetic from working memory: An fMRI-study. *NeuroImage*, 11(5), S384.
- Hurst, J. W. (1998). Naming the waves in the ECG, with a brief account of their genesis. *Circulation* 98, 1937–1942.

- International Sport Shooting Federation (2013). Official Statutes Rules and Regulations
- Jackson, S. A., & Csikszentmihalyi, M. (1999). Flow in sport. Champaign, IL: *Human Kinetics*.
- Jackson, S. A., & Roberts, G. C. (1992). Positive performance states of athletes: Toward a conceptual understanding of peak performance. *The Sport Psychologist*, 6, 156–171
- Jacobson, E., (1938). Progressive relaxation. Chicago, IL: University of Chicago.
- Jennings, J. R., Allen, B., Gianaros, P. J., Thayer, J. F., & Manuck, S. B. (2015). Focusing neurovisceral integration: cognition, heart rate variability, and cerebral blood flow. *Psychophysiology*, 52(2), 214-224.
- Jensen, M. P., Gertz, K. J., Kupper, A. E., Braden, A. L., Howe, J. D., Hakimian, S., & Sherlin, L. H. (2013). Steps toward developing an EEG biofeedback treatment for chronic pain. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 38(2), 101-108
- Jimenez Morgan, S., & Molina Mora, J. A. (2017). Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 42(3), 235-245.
- Jin, B. E., Wulff, H., Widdicombe, J. H., Zheng, J., Bers, D. M., & Puglisi, J. L. (2012). A simple device to illustrate the Einthoven triangle. *Advances in physiology education*, 36(4), 319-324.
- Jokela, M., & Hanin, Y. L. (1999). Does the individual zones of optimal functioning model discriminate between successful and less successful athletes? A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 17, 873–887.
- Jones, N. M., James, N., & Mellalieu, S. D. (2008). An objective method for depicting team performance in elite professional rugby union. *Journal of Sports Sciences*, 26(7), 691-700.
- Kamath, M.V., & Fallen, E.L. (1993) Power spectral analysis of heart rate variability: a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Crit Rev Biomed Eng* 21(3):245–311
- Kamiya, J. (1968). Conscious control of brain waves. *Psychology Today*, 1, 56–60
- Kanji, N. (1997). Autogenic training. *Complementary Therapies in Medicine*, 5(3), 162-167.

- Katona, P. G., & Jih, F. K. (1975). Respiratory sinus arrhythmia: noninvasive measure of parasympathetic cardiac control. *Journal of applied physiology*, 39(5), 801-805.
- Katz, L. N., and Hellerstein, H. K. (1982). "Electrocardiography," in *Circulation of the Blood Men and Ideas*, eds A. P. Fishman and D. W. Richards (Bethesda, MD: American Physiological Society), 265–354.
- Kazmi, S. Z. H., Zhang, H., Aziz, W., Monfredi, O., Abbas, S. A., Shah, S. A., ... & Butt, W. H. (2016). Inverse correlation between heart rate variability and heart rate demonstrated by linear and nonlinear analysis. *PloS one*, 11(6), e0157557
- Kendall, G., Hrycaiko, D., Martin, G. L., & Kendall, T. (1990). The effects of an imagery rehearsal, relaxation, and self-talk package on basketball game performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 12(2), 157-166.
- Khan, A. A., Lip, G. Y., & Shantsila, A. (2019). Heart rate variability in atrial fibrillation: The balance between sympathetic and parasympathetic nervous system. *European journal of clinical investigation*, 49(11), e13174.
- Khanin, I. L. (2000). Emotions in sport. *Human Kinetics*.
- Kimiecik, J. C., & Jackson, S. A. (2002). Optimal experience in sport: A flow perspective. In T. Horn (Ed.), *Advances in sport psychology* (pp. 501– 527). Champaign, IL: *Human Kinetics*
- Kimmel, H. D. 1974. Instrumental conditioning of autonomically mediated responses in human beings. *Am. Psychol.* 29:325-35
- Kimmel, H. O. (1979). Instrumental conditioning of auto-nomically mediated responses in human beings. *American Psychologist*, 29, 325–335.
- Kitsantas, A., & Zimmerman, B. J. (2002). Comparing selfregulatory processes among novice, non-expert, and expert volleyball players: A microanalytic study. *Journal of Applied Sport Psychology*, 14, 91–105.
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., & Bigger Jr, J. T. (2005). Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 10(1), 88-101.

- Kleinman, K. M., Goldman, H., Snow, M. Y., & Korol, B. (1977). Relationship between essential hypertension and cognitive functioning II: Effects of biofeedback training generalize to non-laboratory environment. *Psychophysiology*, *14*(2), 192-197.
- Konrad, P. (2005). The abc of emg. *A practical introduction to kinesiological electromyography*, *1*(2005), 30-5.
- Kornspan, A. S. (2007). The early years of sport psychology: The work and influence of Pierre de Coubertin. *Journal of Sport Behavior*, *30*(1), 77.
- Kotwas, I., McGonigal, A., Khalfa, S., Bastien-Toniazzo, M., Bartolomei, F., & Micoulaud-Franchi, J. A. (2018). A case-control study of skin conductance biofeedback on seizure frequency and emotion regulation in drug-resistant temporal lobe epilepsy. *International Journal of Psychophysiology*, *123*, 103-110.
- Krane, V., & Williams, J. M. (2006). Psychological characteristics of peak performance. In J. M. Williams (Ed.), *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance* (pp. 207–227). New York: McGraw-Hill.
- Kristal-Boneh, E., Raifel, M., Froom, P., & Ribak, J. (1995). Heart rate variability in health and disease. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 85-95.
- Kumar, S. (2018). Analysis the relationship between mental skills variables with performance of baseball players.
- Kuusela, T. (2013). “Methodological aspects of heart rate variability analysis,” in Heart Rate Variability (HRV) Signal Analysis: *Clinical Applications*, eds M. V. Kamath, M. A. Watanabe, and A. R. M. Upton (Boca Raton, FL: CRC Press), 10–42
- Lacey, B. C., & Lacey, J. I. (1978). Two-way communication between the heart and the brain: Significance of time within the cardiac cycle. *American Psychologist*, *33*(2), 99.
- Lacey, J. I., & Lacey, B. C. (1962). The law of initial value in the longitudinal study of autonomic constitution: Reproducibility of autonomic responses and response patterns over a four-year interval. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *98*(4), 1257-1290.

- Lagos, L., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P., Bates, M., & Pandina, R. (2008). Heart rate variability biofeedback as a strategy for dealing with competitive anxiety: *A case study*. *Biofeedback*, 36(3), 109.
- Landers, D. M. (1985). Psychophysiological assessment and biofeedback. In J. Sandweiss & S. Wolf (Eds.), *Biofeedback and sport science* (pp. 63–105). New York: Plenum.
- Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Salazar, W., Crews, D. J., Kubitz, K. A., Gannon, T. L., & Han, M. (1991). The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.
- Lavallee, D., Kremer, J., Moran, A., & Williams, M. (2012). *Sport psychology: Contemporary themes*. Macmillan International Higher Education.
- Le Scanff, C. (2003). Les methodes de base de la pr ´eparation mentale [The ba- ´sic methods of mental training]. In C. Le Scanff (Ed.), *Manuel de psychologie du sport—2. L’intervention aupres du sportif* [Sport psychology handbook 2. Interventions for athletes] (pp. 65–118). Paris, France: Editions Revue EP. S
- Lee, M. S., Huh, H. J., Kim, B. G., Ryu, H., Lee, H. S., Kim, J. M., & Chung, H. T. (2002). Effects of Qi-training on heart rate variability. *The American journal of Chinese medicine*, 30(04), 463-470.
- Lehrer, P. M., & Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: how and why does it work?. *Frontiers in psychology*, 756.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S. E., Eckberg, D. L., Edelberg, R., ... & Hamer, R. M. (2003). Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosomatic medicine*, 65(5), 796-805.
- Lehrer, P., Kaur, K., Sharma, A., Shah, K., Huseby, R., Bhavsar, J., ... & Zhang, Y. (2020). Heart rate variability biofeedback improves emotional and physical health and performance: A systematic review and meta analysis. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 45(3), 109-129.

- Lehrer, P., Vaschillo, B., Zucker, T., Graves, J., Katsamanis, M., Aviles, M., & Wamboldt, F. (2013). Protocol for heart rate variability biofeedback training. *Biofeedback (Online)*, 41(3), 98.
- Levy, J. J., & Baldwin, D. R. (2019). Psychophysiology and biofeedback of sport performance.
- Levy, M. N. (1990). Autonomic Interactions in Cardiac Control a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 601(1), 209-221.
- Light, K. C. (1981). Cardiovascular responses to effortful active coping: Implications for the role of stress in hypertension development. *Psychophysiology*, 18(3), 216-225.
- Linnér, L. (2011). The effects of instructional and motivational self-talk on self-efficacy and performance in golf players.
- Lipoma, M. (2001). Le Olimpiadi antiche e moderne [PowerPoint Slides]. Retrieved from: <https://unikore.it/phocadownload/userupload/5d4907b56b/13Le0Olimpiadiantiche.pdf>
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (1985). The application of goal setting to sports. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 7(3), 205-222.
- Lorenz, D. S., Reiman, M. P., & Walker, J. C. (2010). Periodization: current review and suggested implementation for athletic rehabilitation. *Sports Health*, 2(6), 509-518.
- Lucidi, F. (2012). SportivaMente: temi di psicologia dello sport-II. SportivaMente, 1-474
- Ludwig, C. (1847). Beitrage zur Kenntniss des Einflusses der Respirationen bewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme. *Arch. Anat. Physiol.* 13, 242–3027.
- MacAloon, J. J. (2013). This great symbol: Pierre de Coubertin and the origins of the modern Olympic Games. Routledge.
- Madhushani, A A L. (2012). The historical evolution of Sport Psychology (with special reference to six eras). 10.1037/01/6F6RT8583987.
- Magalski, A., Maron, B. J., Main, M. L., McCoy, M., Florez, A., Reid, K. J., ... & Browne, J. E. (2008). Relation of race to electrocardiographic patterns in elite American football players. *Journal of the American College of Cardiology*, 51(23), 2250-2255.

- Magnusson, J. E., & van Roon, C. A. (2013). Determining the effectiveness of personalized versus prescribed self-talk on athletic performance for elite and novice athletes. *American journal of applied psychology, 1*(1), 1-6.
- Mahdiani, S., Jeyhani, V., Peltokangas, M., & Vehkaoja, A. (2015, August). Is 50 Hz high enough ECG sampling frequency for accurate HRV analysis?. In 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 5948-5951). IEEE.
- Makivić, B., Nikić Djordjević, M., & Willis, M. S. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *Journal of Exercise Physiology Online, 16*(3).
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., & Schwartz, P. J. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European heart journal, 17*(3), 354-381.
- Malik, S., Bal, B. S., & Singh, A. (2019). Effects of Progressive Muscle Relaxation Technique, Autogenic Training and Pranayama Training Program on Competitive State Anxiety. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education, 4*(1), 352-54.
- Malliani, A. (1991). Pagani M, Lombardi F, and Cerutti S. *Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. Circulation, 84*, 482-492.
- Malliani, A. (1995). Association of heart rate variability components with physiological regulatory mechanisms. *Heart rate variability, 8*, 202-242.
- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation 84*, 1482–1492.
- Malone, L. A., Gervais, P. L., & Steadward, R. D. (2002). Shooting mechanics related to player classification and free throw success in wheelchair basketball. *Journal of Rehabilitation Research and Development, 39*(6), 701-710.
- Mânzat, I. (1991). A project of synergetical psychology. *Revue Roumaine de Psychologie*.

- Marcia, J. E. (1994). Ego identity and object relations. In J. M. Masling & R. F. Bornstein (Eds.), *Empirical perspectives on object relations theory* (pp. 59–93). Washington, DC: American Psychological Association
- Marincheva, L. P., Zlokazova, M. V., & Solov'ev, A. G. (2012). Features of etiopathogenesis of psychosomatic and somatoform disorders. *Kazan medical journal*, *93*(3), 465-468.
- Martelli, D., Silvani, A., McAllen, R. M., May, C. N., & Ramchandra, R. (2014). The low frequency power of heart rate variability is neither a measure of cardiac sympathetic tone nor of baroreflex sensitivity. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, *307*(7), H1005-H1012.
- Martens, R. (1987). *Coaches guide to sport psychology*. Champaign, IL: *Human Kinetics*.
- Martens, R., Vealey, R. S., & Burton, D. (1990). *Competitive anxiety in sport*. Champaign, IL: *Human Kinetics*.
- Martin, K. A., Moritz, S. E., & Hall, C. R. (1999). Imagery use in sport: A literature review and applied model. *Sport Psychologist*, *13*, 245–268.
- Martinez-Lavin, M. (2004). Fibromyalgia as a sympathetically maintained pain syndrome. *Current pain and headache reports*, *8*(5), 385-389.
- Masterman, D. L., & Cummings, J. L. (1997). Frontal-subcortical circuits: the anatomic basis of executive, social and motivated behaviors. *Journal of Psychopharmacology*, *11*(2), 107-114.
- Mateo, J., Torres, A., & Rieta, J. J. (2011, January). An efficient method for ectopic beats cancellation based on radial basis function. In 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 6947-6950). IEEE.
- Mathews, A. (1990). Why worry? The cognitive function of anxiety. *Behaviour research and therapy*, *28*(6), 455-468.
- Matthews, K. A., Katholi, C. R., McCreath, H., Whooley, M. A., Williams, D. R., Zhu, S., et al. (2004). Blood pressure reactivity to psychological stress predicts hypertension in the CARDIA study. *Circulation*, *110*, 74–78
- Bertollo, M. (2000). La preparazione mentale nello sport. *Chinesiologia*.

- McCraty, R., Atkinson, M., Tomasino, D., & Bradley, R. T. (2009). The coherent heart heart-brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. *Integral Review: A Transdisciplinary & Transcultural Journal for New Thought, Research, & Praxis*, 5(2).
- McCraty, R., & Shaffer, F. (2015). Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Global advances in health and medicine*, 4(1), 46-61.
- McCraty, R., & Tomasino, D. (2006). Emotional stress, positive emotions, and psychophysiological coherence. *Stress in health and disease*, 342-365.
- McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*, 5, 1040.
- McEwen, B. S., & Seeman, T. (2003). Stress and affect: Applicability of the concepts of allostasis and allostatic load.
- McGrady, A. V., Kern-Buell, C., Bush, E., Devonshire, R., Claggett, A. L., & Grubb, B. P. (2003). Biofeedback-assisted relaxation therapy in neurocardiogenic syncope: a pilot study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 28(3), 183-192.
- Mellalieu, S., & Hanton, S. (Eds.). (2008). *Advances in applied sport psychology: A review*
- Melzack, R. (1975). The McGill Questionnaire: major properties and scoring methods. *Pain*, 1, 277-299.
- Meo, S. A. (2013). Basic steps in establishing small group teaching sessions in medical schools. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 29(4), 1071-1076.
- Miller, N. E., & Di Cara, L. V. (1968). Instrumental learning of urine formation by rats; changes in renal blood flow. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 215(3), 677-683. <http://www.nilalienum.it/Sezioni/Freud/Materiali%20bibliografici/Dizionario/Biofeedback.html>

- Miller, N. E. (1969). Learning of Visceral and Glandular Responses: Recent experiments on animals show the fallacy of an ancient view of the autonomic nervous system. *Science*, *163*(3866), 434-445.
- Miller, N. E. (1978). Biofeedback and visceral learning. *Annual review of psychology*, *29*(1), 373-404.
- Miller, N. E. (1977). Effect of learning on gastrointestinal functions. *Clinics in Gastroenterology*, *6*(3), 533-546.
- Miu, A. C., Heilman, R. M., & Miclea, M. (2009). Reduced heart rate variability and vagal tone in anxiety: trait versus state, and the effects of autogenic training. *Autonomic Neuroscience*, *145*(1-2), 99-103.
- Mor, D., & Christian, V. (1979). The development of a skill test battery to measure general soccer ability. *North Carolina Journal of Health and Physical Education*, *15*(1), 30.
- Morales, J., Garcia, V., García-Massó, X., Salvá, P., & Escobar, R. (2013). The use of heart rate variability in assessing precompetitive stress in high-standard judo athletes. *International journal of sports medicine*, *34*(02), 144-151.
- Moran, A. (2013). *Sport and exercise psychology: A critical introduction*. Routledge.
- Morgan, W. P. (1997). Mind games: The psychology of sport. In D. Lamb, & R. Murray (Eds.), *Recent advances in the science and medicine of sports* (pp. 1–31). Carmel, IN: Benchmark Press
- Mousavi, S. H., & Meshkini, A. (2011). The effect of mental imagery upon the reduction of athlete's anxiety during sport performance. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *1*(1), 342-346.
- Mulcahy, J. S., Larsson, D. E., Garfinkel, S. N., & Critchley, H. D. (2019). Heart rate variability as a biomarker in health and affective disorders: *A perspective on neuroimaging studies*. *Neuroimage*, *202*, 116072.
- Murphy, E. S., & Lupfer, G. J. (2014). Operant Conditioning. *The Wiley Blackwell handbook of operant and classical conditioning*, 167.

- Murphy, S. M., & Murphy, A. I. (2005). Sport Psychology. *In The Oxford Handbook of Undergraduate Psychology Education.*
- Murray, N. P., & Raedeker, T. D. (2008). Heart rate variability as an indicator of pre-competitive arousal. *Int J Sport Psychol*, 39(4), 346-355.
- Myers, G. A., Martin, G. J., Magid, N. M., Barnett, P. S., Schaad, J. W., Weiss, J. S., Lesch, M., and Singer, D. H. (1986). Power spectral analysis of heart rate variability in sudden cardiac death: comparison to other methods. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 33, 1149–11566.
- Nestoriuc, Y., Martin, A., Rief, W., & Andrasik, F. (2008). Biofeedback treatment for headache disorders: a comprehensive efficacy review. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 33(3), 125-140.
- Neurofeedback for the enhancement of athletic performance and physical balance. *The Journal of the American Board of Sport Psychology*, 1–2007, Article 1.
- Nicholls, A.R. (2007). A longitudinal phenomenological analysis of coping effectiveness among Scottish international adolescent golfers. *European Journal of Sport Science*, 7(3), 169–178. doi:10.1080/17461390701643034
- Nideffer, R. (1976). *The inner athlete: Mind plus muscle for winning.* Crowell.
- Nielsen, D. H., & Holmes, D. S. (1980). Effectiveness of EMG biofeedback training for controlling arousal in subsequent stressful situations. *Biofeedback and Self-Regulation*, 5, 235–245
- Novak, V., Novak, P., de Champlain, J., Le Blanc, A. R., Martin, R., & Nadeau, R. (1993). Influence of respiration on heart rate and blood pressure fluctuations. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 74(2), 617-626.
- Nunan, D., Sandercock, G. R., & Brodie, D. A. (2010). A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing and clinical electrophysiology*, 33(11), 1407-1417.
- Nyklíček, I., Thayer, J. F., & Van Doornen, L. J. (1997). Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions. *Journal of Psychophysiology*.

- Oded, Y. (2011). Biofeedback-based mental training in the military—The “mental gym” project. *Biofeedback*, 39(3), 112–118.
- Oliveira, R. S., Leicht, A. S., Bishop, D., Barbero-Alvarez, J. C., & Nakamura, F. Y. (2013). Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *International journal of sports medicine*, 34(05), 424-430.
- Olson, R. P. (1995). Definitions of biofeedback and applied psychophysiology. In M. S. Schwartz & Associates (Eds.), *Biofeedback: A practitioner’s guide* (2nd ed.). New York: Guilford Press.
- Ophof, T (2000). The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. *Cardiovascular Research*, 45(1), 177–184.
- Orlick, T. and Partington, J. (1988). Mental links to excellence. *The Sport Psychologist*, 2, 105–130.
- Ortega, E., & Keng, W. (2018). Effectiveness of an integrated mental skills and biofeedback training program on sport shooters. *International Journal of Sport Psychology*, 49(1), 35-54
- Otzenberger, H., Gronfier, C., Simon, C., Charloux, A., Ehrhart, J., Piquard, F., & Brandenberger, G. (1998). Dynamic heart rate variability: a tool for exploring sympathovagal balance continuously during sleep in men. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 275(3), H946-H950.
- Palomba, D., Ghisi, M., Scozzari, S., Sarlo, M., Bonso, E., Dorigatti, F., & Palatini, P. (2011). Biofeedback-assisted cardiovascular control in hypertensives exposed to emotional stress: a pilot study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(3), 185.
- Papaioannou, A., Theodorakis, Y., Ballon, F., & Auwelle, Y. V. (2004). Combined effect of goal setting and self-talk in performance of a soccer-shooting task. *Perceptual and Motor Skills*, 98(1), 89-99
- Burton, D., & Weiss, C. (2008). The fundamental goal concept: the path to process and performance success. In T. S. Horn (Ed.), *Advances in sport psychology* (pp. 339–375, 470–474). Human Kinetics.
- Pardee, H. E. (1920). An electrocardiographic sign of coronary artery obstruction. *Archives of Internal Medicine*, 26(2), 244-257.

- Park JL, Fairweather MM, Donaldson DI. Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. *Neurosci Biobehav Rev* 2015; 52:117-130. doi: 10.1016/j.neubiorev.2015.02.01
- Park, G., & Thayer, J. F. (2014). From the heart to the mind: cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli. *Frontiers in psychology*, 5, 278.
- Park, H. K., Kim, D. W., & Kim, T. H. (2019). Improvements of shooting performance in adolescent air rifle athletes after 6-week balance and respiration training programs. *Journal of sport rehabilitation*, 28(6), 552-557.
- Park, J. L., Fairweather, M. M., & Donaldson, D. I. (2015). Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 52, 117-130
- Paul, M., & Garg, K. (2012). The effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 37(2), 131-144.
- Paul, M., Garg, K., & Sandhu, J. S. (2012). Role of biofeedback in optimizing psychomotor performance in sports. *Asian journal of sports medicine*, 3(1), 29.
- Pennisi, P., & Sarlo, M. (1998). *Indici elettrofisiologici in psicologia*. Padova: Cleup Editrice.
- Peper, E., & Schmid, A. (1983). The use of electrodermal biofeedback for peak performance training. *Somatics*, 4, 16–18.
- Peper, E., & Shaffer, F. (2018). Biofeedback history: An alternative view. *Biofeedback*, 46(4), 80-85.
- Perry, F. D., Shaw, L., & Zaichkowsky, L. (2011). Biofeedback and neurofeedback in sports. *Biofeedback*, 39(3), 95-100.
- Pineschi, Guilherme; Di Pietro, Andréa (2013). Anxiety Management through Psychophysiological Techniques: Relaxation and Psyching-Up in Sport. *Journal of Sport Psychology in Action*, 4(3), 181–190.
- Pivik, R. T., Broughton, R. J., Coppola, R., Davidson, R. J., Fox, N., & Nuwer, M. R. (1993). Guidelines for the recording and the quantitative analysis of electroencephalographic activity in research contexts. *Psychophysiology*, 30, 547-558.

- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3729-3741.
- Pomeranz, B., Macaulay, R. J., Caudill, M. A., Kutz, I., Adam, D., Gordon, D. A. V. I. D., ... & Cohen, R. J. (1985). Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 248(1), H151-H153.
- Pop-Jordanova, N., & Demerdzieva, A. (2010). Biofeedback training for peak performance in sport-case study. *Macedonian journal of medical sciences*, 3(2), 113-118.
- Porges, S. W. (1991). Vagal tone: An autonomic mediator of affect.
- Porges, S. W. (1992). Vagal tone: a physiologic marker of stress vulnerability. *Pediatrics*.
- Porges, S.W. (1992). Autonomic regulation and attention. In B.A. Campbell, H. Hayne & R. Richardson (Eds.), *Attention and information processing in infants and adults* (pp. 201-223). Hillside, NJ: Erlbaum
- Portenga, S. T., Aoyagi, M. W., Balague, G., Cohen, A., & Harmison, B. (2011). Defining the practice of sport and performance psychology. *American Psychological Association*. Retrieved from: <http://www.apadivisions.org/division47/about/resources/defining.pdf>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience*, 13(1), 25-42.
- Prinsloo, G. E., Rauch, H. L., Lambert, M. I., Muench, F., Noakes, T. D., & Derman, W. E. (2011). The effect of short duration heart rate variability (HRV) biofeedback on cognitive performance during laboratory induced cognitive stress. *Applied Cognitive Psychology*, 25(5), 792-801.
- Privette, G. (1981). The phenomenology of peak performance in sports. *International Journal of Sport Psychology*, 12, 51-60.
- Privette, G. (1982). Peak performance in sports: A factorial topology. *Internal Journal of Sport Psychology*, 13, 242-249-

- Privette, G. (1983). Peak experience, peak performance, and flow: A comparative analysis of positive human experiences. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 1361–1368.
- Privette, G., & Bundrick, C. M. (1991). Peak experience, peak performance, and flow. *Journal of Social Behavior and Personality*, 6, 169–188.
- Psicofisiologia Dizionario di Medicina (2010)
- Pusenjak, N., Grad, A., Tusak, M., Leskovsek, M., & Schwarzlin, R. (2015). Can biofeedback training of psychophysiological responses enhance athletes' sport performance? A practitioner's perspective. *The Physician and sportsmedicine*, 43(3), 287-299.
- Kiss, O., Sydó, N., Vargha, P., Vágó, H., Czimbalmos, C., Édes, E., ... & Merkely, B. (2016). Detailed heart rate variability analysis in athletes. *Clinical Autonomic Research*, 26(4), 245-252.
- Rahman, F., Pechnik, S., Gross, D., Sewell, L., & Goldstein, D. S. (2011). Low frequency power of heart rate variability reflects baroreflex function, not cardiac sympathetic innervation. *Clinical Autonomic Research*, 21(3), 133-141.
- Rajendra Acharya, U., Paul Joseph, K., Kannathal, N. et al. Heart rate variability: a review. *Med Bio Eng Comput* 44, 1031–1051 (2006).
- Raglin, J. S. (1992). Anxiety and sport performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 20, 243-243.
- Ravizza, K. (1977). Peak experiences in sport. *Journal of Humanistic Psychology*, 17, 35–40.
- Raymond, J., Sajid, I., Parkinson, L., & Gruzelier, J. (2005). Biofeedback and dance performance: A preliminary investigation. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 30(1), 65–73.
- Reneau, M. (2020). Heart rate variability biofeedback to treat fibromyalgia: an integrative literature review. *Pain Management Nursing*, 21(3), 225-232.
- Reynard, A., Gevirtz, R., Berlow, R., Brown, M., & Boutelle, K. (2011). Heart rate variability as a marker of self-regulation. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(3), 209-215

- Richards, J. E., & Casey, B. J. (1992). Development of sustained visual attention in the human infant. *Attention and information processing in infants and adults: Perspectives from human and animal research*, 30-60.
- Rijken, N. H., Soer, R., de Maar, E., Prins, H., Teeuw, W. B., Peuscher, J., & Oosterveld, F. G. (2016). Increasing performance of professional soccer players and elite track and field athletes with peak performance training and biofeedback: a pilot study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 41(4), 421-430.
- Robazza C., Bortoli L. Gramaccioni G., (1994) *La preparazione mentale nello sport*, Luigi Pozzi Roma,
- Robazza, C. (2006). Emotion in sport: An IZOF perspective. *Literature reviews in sport psychology*, 127-158.
- Robazza, C., & Bortoli, L. (2003). Intensity, idiosyncratic content and functional impact of performance -related emotions in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 21, 171–189.
- Robazza, C., Bortoli, L., & Hanin, Y. (2004a). Pre- competition emotions, bodily symptoms, and task- specific qualities as predictors of performance in high-level karate athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 16, 151–165.
- Robazza, C., Pellizzari, M., & Hanin, Y. (2004b). Emotion self-regulation and athletic performance: An application of the IZOF model. *Psychology of Sport and Exercise*, 5(4), 379-404.
- Rogerson, L. J., & Hrycaiko, D. W. (2002). Enhancing competitive performance of ice hockey goaltenders using centering and self-talk. *Journal of applied sport psychology*, 14(1), 14-26.
- Rugg, H. (1963). *Imagination*.
- Rushall, B. S. (1969). *The demonstration and evaluation of a research model for the investigation of the relationship between personality and physical performance categories*. Indiana University.
- Russo, D. C. (2019). Medicine: Learning and the Modification of Somatic Function. *In Progress in Behavioral Studies* (pp. 81-124). Psychology Press.

- Ryba, T. V., Stambulova, N. B., Selänne, H., Aunola, K., & Nurmi, J. E. (2017). “Sport has always been first for me” but “all my free time is spent doing homework”: Dual career styles in late adolescence. *Psychology of Sport and Exercise, 33*, 131-140.
- Sadigh, M. R., & Montero, R. P. (2001). Autogenic training: a mind-body approach to the treatment of fibromyalgia and chronic pain syndrome. *CRC Press*.
- Sartori, R., & Bortolani, E. (2006). Approccio ideografico e approccio nomoteico alla persona: Il caso dei test psicologici. *Giornale italiano di psicologia, 33*(1), 107-118.
- Saul, J. P. (1990). Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. *Physiology, 5*(1), 32-37.
- Schafer, A., and Vagedes, J. (2013). How accurate is pulse rate variability as an estimate of heart rate variability? A review on studies comparing photoplethysmographic technology with an electrocardiogram. *Int. J. Cardiol. 166*, 15–29. Doi: 10.1016/j.ijcard.2012.03.119
- Schiweck, C., Piette, D., Berckmans, D., Claes, S., & Vrieze, E. (2019). Heart rate and high frequency heart rate variability during stress as biomarker for clinical depression. A systematic review. *Psychological Medicine, 49*(2), 200-211.
- Schmid, A., Peper, E., & Wilson, W. E. (2001). Strategies for training concentration. In J. M. Williams (Ed.), *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance, 4th edn* (pp. 333–346). Mountain View, CA: Mayfield.
- Schneider, S. (2016). How does sport act? A biopsychosocial model. *In Public Health Forum* (Vol. 24, No. 2, pp. 76-79). De Gruyter.
- Schultz, J. H., & Luthe, W. (1959). Autogenic training: A psychophysiologic approach to psychotherapy.
- Schultz, J. H., & Luthe, W. (1959). Autogenic training: A psychophysiologic approach to psychotherapy.
- Schunk, D. H. (1995). Self-efficacy, motivation, and performance. *Journal of applied sport psychology, 7*(2), 112-137.

- Schwartz, P.J., & Priori, S. G. (1990) Sympathetic nervous system and cardiac arrhythmias. In: Zipes DP, Jalife J (eds) *Cardiac electrophysiology. From cell to bedside*. W.B. Saunders, Philadelphia, pp 330–343
- Schwartz, G. E. (1979). Disregulation and systems theory: A biobehavioral framework for biofeedback and behavioral medicine. In N. Birbaumer & H. D. Kimmel (Eds.), *Biofeedback and self-regulation* (pp. 19–48). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Schwartz, M. S., & Andrasik, F. (2003). *Evaluating research in clinical biofeedback*.
- Schwartz, M. S., & Andrasik, F. (Eds.). (2017). *Biofeedback: A practitioner's guide*. Guilford Publications.
- Schwartz, M. S., Schwartz, N. M., & Monastera, V. J. (1995). Problems with relaxation and biofeedback-assisted relaxation and guidelines for management. *Biofeedback: A practitioner's guide*, 288-300.
- Schwartz, M.S. (2010). *A New Improved Universally Accepted Official Definition of Biofeedback: Where Did It Come From? Why? Who Did It? Who Is It for? What's Next?*
- Segerstrom, S. C., & Nes, L. S. (2007). Heart rate variability reflects self-regulatory strength, effort, and fatigue. *Psychological science*, 18(3), 275-281.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, 258.
- Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*, 5, 1040.
- Shapiro, D., & Surwit, R. S. (1974). Operant conditioning: a new theoretical approach in psychosomatic medicine. *The International Journal of Psychiatry in Medicine*, 5(4), 377-387.
- Shapiro, D., Tursky, B., Gershon, E., & Stern, M. (1969). Effects of feedback and reinforcement on the control of human systolic blood pressure. *Science*, 163(3867), 588-590.
- Sharp, L-A., Woodcock, C., Holland, M. J. G., Cumming, J., & Duda, J. L. (2013). A qualitative evaluation of the effectiveness of a mental skills training program for youth athletes. *The Sport Psychologist*, 27, 219-232.

- Shaw, L., Zaichkowsky, L., & Wilson, V. (2012). Setting the balance: Using biofeedback and neurofeedback with gymnasts. *Journal of Clinical Sport Psychology, 6*(1), 47-66.
- Shoenfelt, E. L. (2019). *Mental skills for athletes: A workbook for competitive success*. Routledge.
- Siennicka, A., Quintana, D. S., Fedurek, P., Wijata, A., Paleczny, B., Ponikowska, B., & Danel, D. P. (2019). Resting heart rate variability, attention and attention maintenance in young adults. *International Journal of Psychophysiology, 143*, 126-131.
- Siepmann, M., Aykac, V., Unterdörfer, J., Petrowski, K., & Mueck-Weymann, M. (2008). A pilot study on the effects of heart rate variability biofeedback in patients with depression and in healthy subjects. *Applied psychophysiology and biofeedback, 33*(4), 195-201.
- Singh, M., & Singh, J. (2014). Comparison of Mental Skills between Medalist and Non-Medalist Football Players. *Scholarly Research Journal for Interdisciplinary Studies, 2*, 1283-1291
- Skinner, B. F. (1937). Two types of conditioned reflex: A reply to Konorski and Miller. *The Journal of General Psychology, 16*(1), 272-279.
- Skinner, B. F. (1971). Operant conditioning. *The encyclopedia of education, 7*, 29-33.
- Skinner, N., & Brewer, N. (2002). The dynamics of threat and challenge appraisals prior to stressful achievement events. *Journal of personality and social psychology, 83*(3), 678.
- Smith, R., Thayer, J. F., Khalsa, S. S., & Lane, R. D. (2017). The hierarchical basis of neurovisceral integration. *Neuroscience & biobehavioral reviews, 75*, 274-296.
- Sparrow, W. A. (2000). *Energetics of human activity*. Human Kinetics.
- Spielberger, C. D. (1983). State-trait anxiety inventory for adults.
- Spyer, K. M. (1989). Neural mechanisms involved in cardiovascular control during affective behaviour. *Trends in Neurosciences, 12*(12), 506-513.
- Stampfer, H. G., & Dimmitt, S. B. (2013). Variations in circadian heart rate in psychiatric disorders: theoretical and practical implications. *Chronophysiol. Ther, 3*, 41-50.

- Stein, P. K., Domitrovich, P. P., Huikuri, H. V., Kleiger, R. E., & Cast Investigators. (2005). Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction. *Journal of cardiovascular electrophysiology*, *16*(1), 13-20.
- Steiner, S. S., & Dince, W. M. (1981). Biofeedback efficacy studies. *Biofeedback and Self-regulation*, *6*(3), 275-288.
- Stern, R. M., Ray, W. J., & Davis, C. M. (1980). *Psychophysiological Recording*. New York: Oxford University Press
- Strack, B., & Sime, W. (2011). History of biofeedback in sport. In B. Strack, M. Linden, & V. Wilson (Eds.), *Biofeedback and neurofeedback applications in sport psychology* (pp. 17–40). Wheat Ridge, CO: AAPB.
- Swingle, P. G. (2008). *Biofeedback for the brain: How neurotherapy effectively treats depression, ADHD, autism, and more*. Rutgers university press.
- Sztajzel, J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss medical weekly*, *134*(35-36), 514-522.
- Tang, Y. Y., & Bruya, B. (2017). Mechanisms of mind-body interaction and optimal performance. *Frontiers in psychology*, *8*, 647.
- Tanis, C. J. (2008). *The effects of heart rhythm variability biofeedback with emotional regulation on the athletic performance of women collegiate volleyball players* (Doctoral dissertation, Capella University).
- Tart, C. T. (1972). *Altered states of consciousness*.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, *17*, 354-381.
- Taub, E. (2010). What psychology as a science owes Neal Miller: The example of his biofeedback research. *Bio-feedback*, *38*(3), 108–117.

- Tenenbaum, G., & Eklund, R. C. (2007). *Handbook of sport psychology*.
- Thayer, J. F., & Brosschot, J. F. (2005). Psychosomatics and psychopathology: looking up and down from the brain. *Psychoneuroendocrinology*, *30*(10), 1050-1058.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of affective disorders*, *61*(3), 201-216
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart–brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *33*(2), 81-88.
- Thayer, J. F., & Ruiz-Padial, E. (2006,). Neurovisceral integration, emotions and health: *An update*. In *International Congress Series*, *1287*, 122-127). Elsevier
- Thayer, J. F., & Sternberg, E. (2006). Beyond heart rate variability: vagal regulation of allostatic systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1088*(1), 361-372.
- Thayer, J. F., Friedman, B. H., & Borkovec, T. D. (1996). Autonomic characteristics of generalized anxiety disorder and worry. *Biological psychiatry*, *39*(4), 255-266.
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of Behavioral Medicine*, *37*(2), 141-153.
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., and Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int. J. Cardiol.* *141*, 122–131. doi: 10.1016/j.ijcard.2009.09.543
- Thelwell, R. C., Weston, N., & Greenlees, I. (2005). Defining and understanding mental toughness within soccer. *Journal of Applied Sport Psychology*, *17*, 326–332
- Thomas, P. R., Murphy, S. M., & Hardy, L. (1999). Test of performance strategies: Development and preliminary validation of a comprehensive measure of athletes' psychological skills. *Journal of Sports Sciences*, *17*(9), 697-711
- Thorndike, E. L. (1932). *The fundamentals of learning*.

- Tiller, W. A., McCraty, R., & Atkinson, M. (1996). Cardiac coherence: A new, noninvasive measure of autonomic nervous system order. *Alternative therapies in Health and Medicine*, 2(1), 52-65.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports medicine*, 43(9), 773-781
- Triplett, N. (1898). The Dynamogenic Factors in Pacemaking and Competition. (Master's thesis, Indiana University) Retrieved from <http://www.has.vcu.edu/group/trip.htm> (21 April 2013).
- Trzebski, A., Raczowska, M., & Kubin, L. (1980). Carotid baroreceptor reflex in man, its modulation over the respiratory cycle. *Acta neurobiologiae experimentalis*, 40(5), 807-820.
- Tunckol, M., & Sahin, Y. (2010). CARL DIEM AND THE OLYMPICS. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 10(2)..
- Universidad de Cadiz instituto de Ciencias de la Educacion (1982). Terapias del comportamiento- aspectos clinicos y experimentales, symposium nacional sobre terapias del comportamiento Cadiz, Noviembre.
- Van Raalte, J. L., & Vincent, A. (2017). Self-talk in sport and performance. In *Oxford research encyclopedia of psychology*.
- Vaněk, M., & Cratty, B. J. (1970). Psychology and the superior athlete. Macmillan-
- Vaschillo, E., Vaschillo, B., & Lehrer, P. (2004). Heartbeat synchronizes with respiratory rhythm only under specific circumstances. *Chest*, 126(4), 1385-1386.
- Vealey, R. (2007). Mental skills training in sport. In G. Tenenbaum & R. Eklund (Eds.), *Handbook of sport psychology* (3rd ed., pp. 287–309). New York: Wiley
- Vealey, R. S. (1986). Conceptualization of sport confidence and competitive orientation: Preliminary investigation and instrument development. *Journal of Sport Psychology*, 8, 221–246.
- Vealey, R. S. (2007). *Handbook of sport psychology*. Mental Skills Training in Sport.

- Vealey, R. S., Hayashi, S. W., Garner-Holman, M., & Giacobbi, P. (1998). Sources of sport-confidence: Conceptualization and instrument development. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 20*, 54–80.
- Vernon, D. J. (2005). Can neurofeedback training enhance performance? An evaluation of the evidence with implications for future research. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 30*(4), 347–364.
- Vilhjalmsson, R., & Thorlindsson, T. (1992). The integrative and physiological effects of sport participation: *A study of adolescents. Sociological Quarterly, 33*(4), 637-647.
- Vinik, A. I., Maser, R. E., Mitchell, B. D., & Freeman, R. (2003). *Diabetic autonomic neuropathy. Diabetes care, 26*(5), 1553-157
- Von Rosenberg, W., Chanwimalueang, T., Adjei, T., Jaffer, U., Goverdovsky, V., & Mandic, D. P. (2017). Resolving ambiguities in the LF/HF ratio: LF-HF scatter plots for the categorization of mental and physical stress from HRV. *Frontiers in physiology, 8*, 360.
- Wakefield, J. C., & Shipherd, A. M. (2017). The effect of biofeedback training on one repetition maximum chest press performance. *International Journal of Exercise Science, 10*(8), 1105-1115.
- Waldstein, S. R., Giggey, P. P., Thayer, J. F., & Zonderman, A. B. (2005). Nonlinear relations of blood pressure to cognitive function: the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Hypertension, 45*(3), 374-379.
- Weber, C. S., Thayer, J. F., Rudat, M., Wirtz, P. H., Zimmermann-Viehoff, F., Thomas, A., ... & Deter, H. C. (2010). Low vagal tone is associated with impaired post stress recovery of cardiovascular, endocrine, and immune markers. *European journal of applied physiology, 109*(2), 201-211.
- Weinberg, R. (2008). Does imagery work? Effects on performance and mental skills. *Journal of imagery research in sport and physical activity, 3*(1).
- Weinberg, R. S., & Gould, D. (2007). *Foundations of sport and exercise psychology* (4th ed.). Human Kinetics.

- Weinberg, R. S., & Hunt, V. V. (1976). The interrelationships between anxiety, motor performance and electromyography. *Journal of Motor Behavior*, 9, 219–224.
- Weiss, T., & Engel, B. T. (1971). Operant conditioning of heart rate in patients with premature ventricular contractions. *Psychosomatic Medicine*.
- Werner, G. G., Ford, B. Q., Mauss, I. B., Schabus, M., Blechert, J., & Wilhelm, F. H. (2015). High cardiac vagal control is related to better subjective and objective sleep quality. *Biological Psychology*, 106, 79-85.
- White, A. and Hardy, L. (1998). An in-depth analysis of the uses of imagery by highlevel slalom canoeists and artistic gymnasts. *The Sport Psychologist*, 12, 387–403.
- Wickramasekera, I., Davies, T. E., & Davies, S. M. (1996). Applied psychophysiology: A bridge between the biomedical model and the biopsychosocial model in family medicine. *Professional Psychology: Research and Practice*, 27(3), 221.
- Williams, J. M., & Harris, D. V. (1998). Relaxation and energizing techniques for regulation of arousal. In J. M. Williams (Ed.), *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance* (3rd ed., pp. 219–236). Mountain View, CA: Mayfield Publishing
- Williams, J. M., & Harris, V. D. (2001). Relaxation and energization technique for regulation of arousal. *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance*. California: Mayfield.
- Williams, J. M., & Krane, V. (2001). Psychological characteristics of peak performance. *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance*, 4, 137-147.
- Williams, J. M., & Leffingwell, T. R. (2002). Cognitive strategies in sport and exercise psychology. In J. L. Van Raalte, & B. W. Brewer (Eds.), *Exploring sport and exercise psychology*, 2nd edn (pp. 75–98). Washington, DC: American Psychological Association
- Wilson, V. E., & Somers, K. (2011). Psychophysiological assessment and training with athletes. Knowing and managing your mind and body. *Biofeedback and neurofeedback applications in sport psychology*, 45-87.

- Wilson, V. E., Peper, E., & Moss, D. (2006). "The Mind Room" in Italian soccer training: The use of biofeedback and neurofeedback for optimum performance. *Biofeedback*, 34(3), 79–81.
- Wolpe, J., & Lazarus, A. A. (1966). *Behavior therapy techniques: A guide to the treatment of neuroses*.
- Woodman, T., & Hardy, L. (2001). A case study of organizational stress in elite sport. *Journal of applied sport psychology*, 13(2), 207-238.
- World Health Organization, & International Society of Hypertension Writing Group. (2003). 2003 World Health Organization (WHO)/International Society of Hypertension (ISH) statement on management of hypertension. *Journal of hypertension*, 21(11), 1983-1992.
- Wylleman, P., & Rosier, N. (2016). Holistic perspective on the development of elite athletes. *In Sport and exercise psychology research* (pp. 269-288). Academic Press.
- Xiang, M. Q., Hou, X. H., Liao, B. G., Liao, J. W., & Hu, M. (2018). The effect of neurofeedback training for sport performance in athletes: *A meta-analysis*. *Psychology of Sport and Exercise*, 36, 114-122.
- Yasuma, F., & Hayano, J. I. (2004). Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm?. *Chest*, 125(2), 683-690.
- Young, D. (2005). Mens sana in corpore sano? Body and mind in Ancient Greece. *The international journal of the history of sport*, 22(1), 22-41.
- Yu, B., Funk, M., Hu, J., Wang, Q., & Feijs, L. (2018). Biofeedback for everyday stress management: A systematic review. *Frontiers in ICT*, 5, 23
- Yucha, C., & Montgomery, D. (2008). *Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback*. Wheat Ridge, CO: AAPB.
- Zaichkowsky, L. D. (1975). Combating stress: What about relaxation and biofeedback? *Movement*, 1, 309–312.
- Zaichkowsky, L. D. (1983). The use of biofeedback for self-regulation of performance states. In L. E. Unestal (Ed.), *The mental aspects of gymnastics* (pp. 95–105). Orebro, Sweden: Veje.

- Zaichkowsky, L. D., & Fuchs, C. Z. (1988). Biofeedback applications in exercise and athletic performance. *Exercise and sport sciences reviews, 16*(1), 381-422.
- Zeki Al Hazzouri, A., Haan, M. N., Deng, Y., Neuhaus, J., & Yaffe, K. (2014). Reduced heart rate variability is associated with worse cognitive performance in elderly Mexican *Americans. Hypertension, 63*(1), 181-187
- Zhang, J. (2007). Effect of age and sex on heart rate variability in healthy subjects. *Journal of manipulative and physiological therapeutics, 30*(5), 374-379.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male basketball players—A review of observational and experimental studies. *Journal of science and medicine in sport, 13*(3), 332-339.
- Zunino, A., De Agostini, V., & Braibanti, P. (2005). *Psicologia della salute e modello bio-psico-sociale.*