



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Filosofia, Sociologia, Pedagogia e Psicologia Applicata  
-FISPPA**

**Corso di laurea Magistrale in Psicologia clinico-dinamica**

**Tesi di laurea Magistrale**

**Il ruolo dell'ansia e della variabilità della frequenza  
cardiaca nelle prestazioni sportive**

**The influence of anxiety and heart rate variability on sport  
performance**

***Relatrice***

**Prof.ssa Marta Ghisi**

***Correlatrice***

**Dott.ssa Alessandra Pecunioso**

***Laureanda:* Beatrice Zamengo**

***Matricola:* 2024007**

Anno Accademico 2022/2023



# Indice

## Introduzione

### Capitolo 1 – La relazione tra ansia e prestazione sportiva

- 1.1 Definizione di ansia
- 1.2 Gli strumenti di misurazione dell'ansia in contesto sportivo
- 1.3 Modelli sulla relazione tra ansia e prestazione
  - 1.3.1 *Drive Theory*
  - 1.3.2 Modello della curva a U rovesciata
  - 1.3.3 *Reversal Theory*
  - 1.3.4 Approccio multidimensionale all'ansia
  - 1.3.5 Teoria della catastrofe
  - 1.3.6 Modello delle zone individuali di funzionamento ottimale

### Capitolo 2 – Relazione tra ansia e risposta cardiovascolare negli atleti

- 2.1 Modificazioni della risposta cardiovascolare e sistema nervoso autonomo
- 2.2 La variabilità della frequenza cardiaca
- 2.3 Misurazione della variabilità della frequenza cardiaca
- 2.4 La relazione tra ansia e variabilità della frequenza cardiaca negli atleti
- 2.5 Decelerazione e accelerazione cardiaca prima dell'azione negli *sport* di precisione

### Capitolo 3 – Tecniche per il miglioramento della prestazione

- 3.1 Tecniche respiratorie
- 3.2 Rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson*
- 3.3 *Training* autogeno
- 3.4 *Biofeedback*

## Discussione

## Riferimenti bibliografici



## Introduzione

La presente tesi offre un approfondimento sul ruolo dell'ansia e della variabilità della frequenza cardiaca (*heart rate variability*, HRV) nelle prestazioni sportive. Infatti, negli ultimi anni sono emerse sempre di più l'importanza e la necessità di prestare attenzione, non solo allo sviluppo delle abilità fisiche e motorie degli atleti, ma anche agli aspetti psicologici, emozionali e cognitivi degli atleti (Liparoti & Lopez, 2021). Per tale motivo, nell'approcciarsi alla psicologia dello *sport* è fondamentale considerare modelli che considerino l'individuo in modo olistico, osservando le componenti sia psicologiche che fisiologiche per valutare come influenzano la prestazione sportiva (Robazza, 2006). Il fatto che l'ansia svolga un ruolo chiave nella *performance* è ormai ben noto (Raglin, 1992). Di conseguenza, affinché gli atleti raggiungano alti livelli di prestazione, è essenziale che questi siano a conoscenza delle diverse componenti che costituiscono l'ansia e che imparino a gestirle e a regolarle in maniera autonoma ed efficiente (Horvath et al., 2022).

Nel primo capitolo, quindi, sono stati descritti i principali modelli teorici che si sono proposti di indagare la relazione tra ansia e prestazione e di individuare le condizioni psicofisiche ideali che potessero facilitare la prestazione sportiva.

Il secondo capitolo è focalizzato sulle componenti fisiologiche degli atleti relative alla risposta cardiovascolare. In particolare, è stato indagato in che modo la frequenza cardiaca (FC) varia prima della prestazione sportiva e se fosse possibile identificare uno specifico *pattern* cardiovascolare che potesse essere associato a una prestazione di alto livello (Benum et al., 2021). Inoltre, è stata analizzata la letteratura relativa all'HRV, in quanto, oltre a essere considerata un indice di benessere psicofisico generale, è ritenuta utile anche per monitorare l'adattamento individuale all'allenamento e al contesto di

competizione (Plews et al., 2013). In aggiunta, l'HRV sembra essere un correlato fisiologico dell'ansia (Blasquez et al., 2009). Quindi, è possibile che controllando lo stato di attivazione fisiologica si possano monitorare gli effetti dell'ansia competitiva.

Il terzo capitolo ha indagato l'utilità di alcune tecniche per il miglioramento della prestazione, in particolare ha analizzato il ruolo che svolgono le tecniche respiratorie, il rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson*, il *training* autogeno e il *biofeedback* nella preparazione degli atleti. In particolare, è stato analizzato se, l'inserimento di queste tecniche all'interno del programma di allenamento degli atleti, potesse portare a un miglioramento degli stati psicologici e fisiologici degli sportivi e, di conseguenza, potesse beneficiarne la prestazione sportiva. Infatti, questi metodi potrebbero portare a un aumento della conoscenza e della autoconsapevolezza di sé e di conseguenza migliorare il livello della *performance* (Behncke, 2004). Infine, nella conclusione, sono evidenziati i risvolti applicativi della letteratura analizzata e vengono proposti suggerimenti utili per la ricerca futura.

# Capitolo 1 – La relazione tra ansia e prestazione sportiva

## 1.1 Definizione di ansia

L'ansia è definita come “l'anticipazione apprensiva di un pericolo o di un evento negativo futuro, accompagnata da sentimenti di disforia o da sintomi fisici di tensione” (*American Psychiatric Association [APA], 1994 pag. 213*). L'ansia è di per sé una reazione fisiologica adattiva, in quanto comporta l'attivazione dell'organismo nel momento in cui una situazione viene percepita soggettivamente pericolosa. Infatti, secondo Wachtel (1968), l'ansia è la risposta dell'individuo a una minaccia percepita ed è adattabile nella misura in cui assiste la persona ad affrontare una situazione di pericolo. Tuttavia, l'ansia può anche essere disfunzionale per l'individuo, in quanto può essere descritta come uno degli stati psicologici sperimentati dalle persone per evidenziare una condizione di agitazione caratterizzata da timore, nervosismo o preoccupazione (Lazarus & Averill, 1972).

Lo studio del costrutto dell'ansia ha avuto un notevole sviluppo e, nel corso del tempo, gli studiosi hanno indagato diverse tipologie di ansia. Un modello che ha avuto grande diffusione è quello proposto da Spielberg (1966), che vede la distinzione tra l'ansia di stato e l'ansia di tratto. La prima tipologia di ansia è concettualizzata come una condizione dell'organismo specifica e transitoria che rimanda ai vissuti di agitazione e tensione accompagnata da attivazione del sistema nervoso autonomo in un dato momento. La seconda fa riferimento a una caratteristica stabile e duratura della personalità, ovvero a una predisposizione a reagire alle situazioni con un alto livello di ansia di stato.

Inoltre, il costrutto di ansia considera diverse componenti, quali ansia cognitiva e ansia somatica. L'ansia cognitiva fa riferimento ad aspettative negative e preoccupazioni

su sé stessi, sulla situazione presente e le sue potenziali conseguenze (Morris et al., 1981). Questa tipologia di ansia mette in evidenza l'emergere di pensieri focalizzati sull'autovalutazione, l'anticipazione di eventi negativi o esiti indesiderati che provocano apprensione nello svolgimento della prestazione.

L'ansia somatica, si riferisce alla percezione degli elementi fisiologici dell'esperienza ansiosa, ovvero di stati di attivazione autonoma e di sensazioni spiacevoli come nervosismo e tensione. I sintomi fisici vanno dalla sudorazione alle mani, aumento della pressione sanguigna e battito cardiaco accelerato fino ad agitazione psicomotoria (Morris et al., 1981). Alcuni studi hanno considerato l'ansia cognitiva e l'ansia somatica come due dimensioni indipendenti, poiché sarebbero prodotte da sistemi diversi e avrebbero antecedenti diversi per cui, gli individui possono sperimentare un tipo di ansia senza necessariamente sperimentare anche l'altra (Cei, 1998). L'ipotesi sostenuta da Cei (1998) è che l'ansia cognitiva sia stimolata da meccanismi di autovalutazione e non necessariamente da una attivazione fisiologica, mentre l'ansia somatica può derivare da livelli di attivazione anche in assenza di processi di autovalutazione. Ma questa distinzione può essere solo relativa perché questi due costrutti co-variano in situazioni specifiche in quanto, ci possono essere degli elementi nella situazione che risultano salienti per l'attivazione di ciascuno (Morris et al., 1981). Infatti, gli atleti raramente hanno la presenza di livelli di ansia cognitiva con assenza di ansia somatica e viceversa (Turner & Jones, 2018). Anche Keen e colleghi (2022), in linea con questa visione, hanno osservato una relazione forte tra credenze cognitive e sintomi fisici. Inoltre, Edwards e Hardy (1996) hanno riscontrato un'interazione significativa tra ansia cognitiva ed attivazione fisiologica. Infine, poiché si ritiene che l'ansia somatica sia condizionata da stimoli ambientali associati all'inizio della competizione, è stato ipotizzato che l'ansia somatica dovrebbe



esercitare un impatto maggiore sull'esecuzione di compiti di breve durata (es. gare *sprint*) piuttosto che di lunga durata (es. gare a distanza). Ciò risulta particolarmente vero perché i concorrenti negli eventi a lunga distanza hanno più tempo per dissipare le manifestazioni somatiche durante l'evento riducendone l'impatto sulla prestazione (Burton, 1988). Alla luce degli studi sopra menzionati, viene quindi evidenziata l'interazione tra ansia cognitiva, somatica e *performance*.

Un'altra importante componente dell'ansia è la autoefficacia (*self-confidence*) che esprime la fiducia che un individuo ha delle proprie capacità. L'autostima e la fiducia in sé stessi assicurano prestazioni elevate, resistenza alle reazioni dell'avversario e un adeguato adattamento a improvvise condizioni avverse (Plakona et al., 2014). Le ricerche sulla fiducia in sé stessi nello *sport* sono basate principalmente su due diversi approcci teorici. Il primo riguarda il modello di autoefficacia di Bandura secondo cui, l'autoefficacia riguarda la convinzione che un individuo ha di possedere le capacità di organizzare e svolgere determinate attività necessarie per il successo nell'adempimento di un compito specifico (Bandura, 1977 citato in Plakona et al., 2014). Inoltre, la Teoria di Bandura sostiene anche che la credenza di autoefficacia porta a una riduzione dell'ansia (Jones et al., 1993). La seconda teoria fa riferimento al modello di fiducia in sé stessi di Valey (1986) secondo cui la convinzione nelle proprie capacità ha un impatto positivo diretto sul comportamento e sulla prestazione. Alla luce di questo, l'autoefficacia sembra essere un fattore essenziale per la buona riuscita della *performance*.

Un'altra tipologia di ansia è l'ansia sociale che, secondo Patel e colleghi (2010), è correlata all'esposizione o all'anticipazione di determinate situazioni sociali o di prestazioni in cui è probabile la valutazione da parte di altri. La presenza di ansia sociale,

nella maggior parte dei casi, è provocata in seguito a basse aspettative su sé stessi e la paura del giudizio negativo da parte delle altre persone.

Il tipo di ansia che è stato maggiormente studiato in ambito sportivo e che verrà maggiormente discusso nel presente elaborato, è l'ansia competitiva. Questa è definita come uno “stato psicologico spiacevole in reazione alla minaccia percepita relativa all'esecuzione di un compito sotto pressione” (Cheng et al., 2009, p. 271) che sembra avere implicazioni sia psicologiche che fisiologiche nelle prestazioni sportive (Bali, 2015). Lo *sport d'élite* riguarda quella propensione degli atleti nel cercare di affrontare situazioni impegnative che presentano una opportunità di aumentare il loro livello di prestazione (Sarkar, 2017). Dato che lo *sport d'élite* è caratterizzato dalla richiesta di esibirsi a livelli ottimali in situazioni di pressione intensa, gran parte degli sforzi della psicologia dello *sport* sono stati impiegati per consentire agli atleti di affrontare meglio l'ansia che spesso accompagna la prestazione (Jones, 1995).

## **1.2 Gli strumenti di misurazione dell'ansia in contesto sportivo**

Per misurare le varie tipologie di ansia sono stati proposti diversi strumenti di misura. Lo *State-Trait Anxiety Inventory* (STAI, Spielberg, 1970) viene ampiamente utilizzato per misurare l'ansia sia di stato sia di tratto, ma il suo utilizzo in ambito sportivo è dibattuto. Infatti, Jones (1995) sostiene che lo STAI non sia uno strumento di misura specifico per lo *sport*, e quindi, sarebbe più utile utilizzare scale più precise, in modo da avere predittori migliori del comportamento sportivo rispetto a scale più generali che risultano troppo ampie. Alla luce di queste considerazioni, Martens ha sviluppato lo *Sport Competition Anxiety Test* (SCAT, 1977) che è una versione abbreviata dello STAI adattata alla situazione sportiva agonistica (Kleine, 1990) che misura l'ansia di tratto competitiva.

È stata sviluppata anche una scala di ansia di stato specifica per lo *sport* chiamata *Competitive State Anxiety Inventory* (CSAI; Martens et al., 1980), che è stata successivamente riesaminata e denominata CSAI-2 (Martens et al., 1990). Quest'ultima, formulata all'interno della teoria dell'ansia multidimensionale (Martens et al., 1990), considera le componenti di ansia cognitiva, ansia somatica e fiducia in sé stessi. Il CSAI-2 è costituito da 27 *item*, ciascuno valutato su una scala Likert da 1 ("per niente d'accordo" a 4 "totalmente d'accordo", Lagos et al., 2008). I 27 *item* inoltre, sono suddivisi in tre sottoscale di 9 *item* ciascuno formulate per indagare l'ansia cognitiva, l'ansia somatica e la fiducia in sé stessi (Lagos et al., 2008). Anche questa scala di misura ha ricevuto diverse critiche, tra queste Jones et al. (1993) hanno affermato che essa non riesce a valutare l'interpretazione individuale dei sintomi ansiosi in termini di positività o negatività rispetto alla prestazione imminente. Quindi la valutazione dell'ansia dell'atleta risulterebbe poco completa ed esauriente.

### **1.3 Modelli sulla relazione tra ansia e prestazione**

I modelli che verranno illustrati forniscono una panoramica delle diverse teorie che sono state proposte per costruire una base teorica sulla relazione tra ansia e prestazione. L'obiettivo è quello di analizzare i principali approcci teorici e metterli a confronto per contribuire allo sviluppo della ricerca in ambito sportivo. Infatti, lo studio della disciplina sportiva e del ruolo delle variabili sia psicologiche che fisiologiche negli atleti, è un settore relativamente nuovo che sta avendo notevole sviluppo poiché, è ormai ampiamente riconosciuto, che gli psicologi dello *sport* possono svolgere una funzione importante nella preparazione degli sportivi (Jones, 1995).

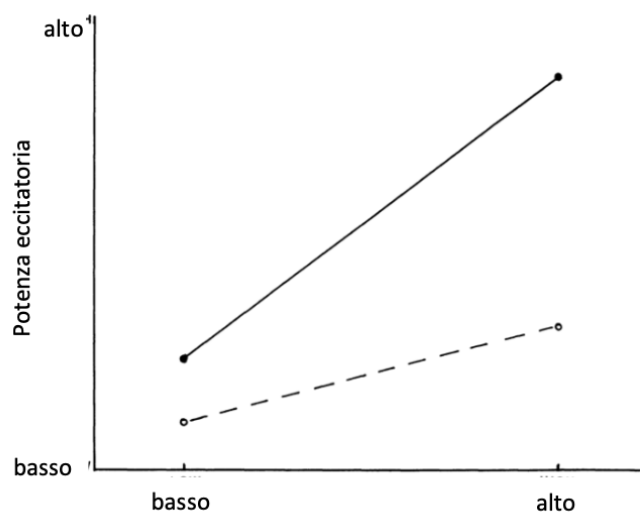
### 1.3.1 *Drive Theory*

La prima teoria ipotizzata per spiegare la relazione tra prestazione e *arousal* prende il nome di *Drive Theory*. Essa è stata delineata da Hull nel 1943 e successivamente modificata da Spencer e Spencer nel 1966. L'*arousal* è stato definito come un'attivazione fisiologica e psicologica generale dell'organismo che varia su un *continuum* dal sonno profondo all'attivazione intensa (Gould & Krane, 1992, citato in Raedeke & Stein, 1994, p. 360).

Hull ha proposto un'equazione in cui la prestazione (P) è una funzione della pulsione (*drive*, D) e della forza dell'abitudine (*habit strength*, H):

$$P = D \times H$$

La pulsione è un energizzante globale del comportamento ed è generalmente considerato sinonimo di eccitazione globale (Raglin, 1992) mentre la forza dell'abitudine si riferisce alla gerarchia di comportamenti corretti e scorretti (Raglin, 1992) degli sportivi.



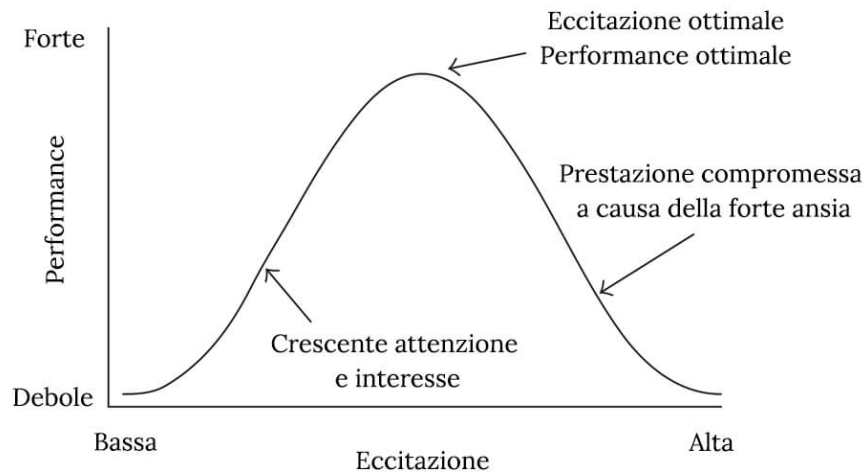
**Figura 1.** Natura moltiplicativa della pulsione dove la linea continua rappresenta la risposta dominante e la linea tratteggiata le risposte subordinate. Figura adattata da Geen & Bushman, 1987).

La teoria è stata utilizzata per spiegare la relazione tra *arousal* e compiti complessi (Turner & Jones, 2018). Infatti, nelle prime fasi di acquisizione di un'abilità complessa la forza dell'abitudine di una risposta corretta è bassa mentre risulta elevata per le risposte errate. Successivamente, quando un compito complesso diventa ben appreso significa che l'abitudine di risposte corrette è elevata e, in questo caso, un elevato *arousal* assume un ruolo facilitante perché aumenta la probabilità di una risposta dominante che, a sua volta, è data dalla forza dell'abitudine. La *Drive Theory* è stata comunemente impiegata nella psicologia dello *sport* per rappresentare una relazione lineare positiva tra *arousal* e prestazione (Jones, 1995).

Questa teoria è stata criticata principalmente perché ha ricevuto scarso supporto empirico, ad esempio, Martens (1971a) ha affermato che è molto difficile, se non impossibile, stabilire delle gerarchie per le risposte motorie. Infatti, la struttura della gerarchia delle abitudini di un individuo è variabile in quanto può essere diversa per ogni compito e per ogni persona. Di conseguenza, diventa complicato stabilire in ambito pratico l'acquisizione delle varie abitudini e quindi la teoria sembra funzionare più da un punto di vista teorico. Altri studi hanno dimostrato che molti atleti falliscono nella prestazione a causa di un alto livello di eccitazione (Neiss, 1988). Per questi motivi la scelta della *Drive Theory* per spiegare la relazione tra attivazione e *performance* è stata abbandonata a favore del modello della curva a U rovesciata (Jones, 1995).

### 1.3.2 Modello della curva a U rovesciata

L'ipotesi di questo modello ha le sue origini dai lavori di Yerkes e Dodson (1908), che hanno studiato la capacità dei topi di acquisire una determinata abitudine e quale fosse lo stimolo migliore per favorirla. L'esperimento prevedeva che le cavie dovessero scegliere se entrare in una scatola bianca o nera ma, indipendentemente dalle loro scelte, i topi dovevano scegliere quella bianca. Al contrario, i tentativi di entrare nella scatola nera provocavano una scossa che aveva tre intensità diverse designate come deboli, medie o forti. Gli esiti indicarono che né uno stimolo forte né uno stimolo debole risultano favorevoli all'acquisizione dell'abitudine come lo è lo stimolo medio. Inoltre, un'abitudine che può facilmente essere acquisita perché non richiede compiti complessi, può essere appresa sotto forte stimolazione mentre un'abitudine difficile viene acquisita più facilmente sotto debole stimolazione. Alla luce di questi risultati, gli autori hanno concluso che esiste un particolare livello di intensità dello stimolo per un apprendimento ottimale. Basandosi su questo studio, la teoria della curva a U rovesciata è stata usata per spiegare il legame tra *arousal* e prestazione negli esseri umani affermando che per ogni tipo di comportamento esiste un livello ottimale di attivazione fisiologica, solitamente di intensità moderata, che produce la massima prestazione. Si prevede, quindi, che livelli di eccitazione al di sopra e al di sotto di questo livello ottimale producano prestazioni inferiori (Jones, 1995).



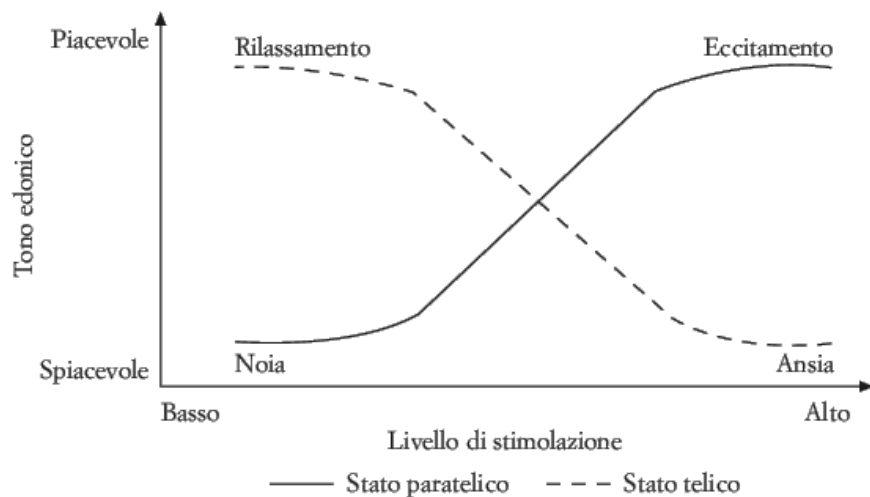
**Figura 2.** Modello della curva a U rovesciata. Figura adattata da Yerkes e Dodson (1908).

Sebbene questo modello sia molto conosciuto e ampiamente utilizzato, alcuni studiosi hanno avanzato diverse critiche. Turner e Jones (2018) hanno affermato che la forma a U simmetrica non è una rappresentazione realistica di una situazione sportiva agonistica e che l'attivazione è un costrutto multidimensionale e, di conseguenza, l'ipotesi della U rovesciata risulta troppo semplicistica. Neiss (1988) definisce questa teoria come debole e psicologicamente banale poiché si è focalizzata solo sul costrutto di attivazione ignorando gli antecedenti psicologici. Neiss (1988) sostiene invece, che bisogna abbandonare il concetto unitario di attivazione perché troppo ampio per focalizzarsi sulle componenti cognitive, affettive e fisiologiche dell'attivazione e sulla loro interazione.

### 1.3.3 *Reversal Theory*

La *Reversal Theory* è stata sviluppata da Smith e Apter in Gran Bretagna negli anni 70' e successivamente ampliata da Apter nel 1989. Questo approccio fornisce un'ulteriore prospettiva da cui osservare la relazione ansia-prestazione. Essa prevede l'esistenza di quattro sistemi "meta-motivazionali" strettamente associati tra loro: telico-paratelico, negativismo-conformismo, padronanza-simpatia e

autocentrica-alloentrica (Turner & Jones, 2018). Il primo sistema è denominato “telico” e descrive uno stato mentale caratterizzato da serietà, preferenza per un basso livello di *arousal*, pianificazione anticipata delle attività e tendenza ad avere preoccupazioni riferite al futuro piuttosto che al presente. In questo sistema l’ansia sorge quando si verificano degli ostacoli che non permettono il raggiungimento dell’obiettivo (Apter, 1989). Il secondo sistema è chiamato “paratelico” e rappresenta uno stato mentale contraddistinto da giocosità identificato dalla ricerca di attivazione (Jones, 1995). Esso è caratterizzato da spensieratezza, tendenza alla spontaneità piuttosto che alla pianificazione e l’orientamento tende al godimento del momento presente piuttosto che alle aspettative future. In questo sistema le esperienze intense sono vissute come eccitanti e l’eventuale impossibilità di raggiungerle produce l’esperienza della noia (Apter, 1989).



**Figura 3.** L’immagine descrive due curve ipotetiche che mettono in relazione il livello di attivazione con il tono edonico. Ognuna delle due curve è pensata come un sistema diverso in cui uno evita l’attivazione e l’altro la ricerca (Apter, 1989).



Il modello sostiene che l'individuo, in una particolare situazione, attiverà solo un sistema all'interno della coppia telico-paratelico e quindi, ad esempio, se si attiva il sistema telico la persona sarà orientata all'obiettivo, avrà una preferenza per livelli bassi di attivazione e, di conseguenza, il sistema paratelico sarà inattivo (Turner e Jones, 2018). Nell'attivazione di un particolare sistema, le persone possono avere la tendenza a preferire un tipo piuttosto che l'altro. Alcuni atleti, ad esempio, chiamati "facilitatori" (*facilitators*), preferiscono gareggiare sperimentando alti livelli di attivazione e in questo caso attiveranno il sistema paratelico inibendo il sistema telico. Al contrario, gli atleti "debilitanti" (*debilitators*) preferiscono gareggiare con bassi livelli di attivazione fisiologica innescando il sistema telico e inibendo il sistema paratelico. Inoltre, è importante sottolineare che in ogni momento l'individuo può passare da un sistema all'altro e questo comporta che si verifichi un'inversione (Apter, 1989). Apter (1989) ha affermato che questa "inversione" è concepita come un processo involontario che prevede di entrare o uscire da un sistema all'altro anche durante lo svolgimento della stessa attività.

La seconda coppia fa riferimento al modo in cui l'individuo si rapporta alle regole o pressioni esterne, la terza identifica il modo in cui l'individuo vive la relazione con l'altro e la quarta fa riferimento al fatto che l'individuo può agire per proprio conto o per conto di qualcun altro. Quindi è possibile riassumere la *Reversal Theory* come una teoria che postula che gli stati "meta-motivazionali" esistono come insieme di coppie opposte e soggette a cambiamenti o inversioni a volte piuttosto rapide in uno dei due sistemi (Jones, 1995).

La revisione svolta da Hudson e colleghi (2016) sostiene che esistono dati di ricerca che confermano la presenza delle inversioni nello *sport* in seguito a rapidi cambiamenti nello stato emozionali degli sportivi ma, attualmente, non ci sono ricerche

che dimostrino che le inversioni possano essere controllate o che particolari stati motivazionali possano essere indotti nel contesto sportivo (Hudson et al., 2016). Inoltre, nella formulazione di questo modello vi è una limitazione teorica data dal fatto che esso si basa su concettualizzazioni unidimensionali di eccitazione e ansia che fa risultare l'approccio obsoleto (Jones, 1995).

Mettendo a confronto il modello della curva a U rovesciata e la *Reversal Theory* si nota che: 1) a differenza del primo modello che teorizza l'esistenza di un solo punto ottimale nella *performance*, la *Reversal Theory* sostiene che i due sistemi alternativi abbiano ognuno un punto ottimale o livello preferito; 2) nel modello della curva a U rovesciata il livello ottimale è indicato nel punto più alto della curva mentre nella *Reversal Theory* i punti ottimali si trovano verso le estremità opposte delle due curve ipotetiche che mettono in relazione l'attivazione con il tono edonico.

#### **1.3.4 Approccio multidimensionale all'ansia**

L'approccio multidimensionale è stato sviluppato da Martens e dai suoi collaboratori nel 1990 e considera, principalmente, la relazione tra le componenti dell'ansia cognitiva, ansia somatica e fiducia in sé stessi. Martens e colleghi (1990, in Craft et al. (2003) p. 44) hanno ipotizzato una relazione negativa tra ansia cognitiva e prestazione poiché l'ansia cognitiva, intesa come la componente mentale dell'ansia che causa aspettative negative sul successo, inficia la *performance* sportiva.

Ren et al. (2022) hanno dimostrato che l'ansia cognitiva danneggia l'efficienza rispetto al raggiungimento dell'obiettivo. Gli autori hanno utilizzato la Teoria dell'efficienza di elaborazione (*Processing Efficiency Theory*, PET) e la Teoria del controllo attenzionale (*Attention Control Theory*, ACT) per esplorare gli effetti dell'ansia

nell'elaborazione delle informazioni nel contesto sportivo agonistico. La PET suggerisce che un elevato livello di ansia da stato cognitivo riduce le risorse disponibili che servono da elaborare l'attività che si deve andare a svolgere. L'ACT indaga ulteriormente il concetto sopra menzionato affermando che l'ansia di stato cognitiva danneggia il sistema centrale esecutivo della memoria di lavoro riducendo lo spazio delle risorse di memoria disponibili, così da compromettere il controllo dell'attenzione. In questo modo, l'individuo ansioso concentra maggiori risorse attenzionali sulla minaccia trascurando l'elaborazione del compito.

Ren et al. (2022) sostengono che comunque, la presenza di un certo livello di ansia può avere connotazioni positive poiché, se gestita in modo corretto, può motivare la persona a reclutare ulteriori risorse per migliorare la prestazione. In questo modo, lo sforzo motivazionale introdotto per portare a termine il compito può compensare la riduzione dell'efficacia di elaborazione. Anche secondo Eysenck (1984) citato in Jones et al. (1993), in condizioni di forte ansia, un aumento dello sforzo motivazionale può mantenere il livello della prestazione o addirittura migliorarla.

L'ansia somatica è stata definita come costituita da elementi fisiologici e affettivi dell'esperienza ansiosa che si sviluppano direttamente dall'attivazione autonoma. Jones et al. (1993) hanno affermato che l'ansia somatica influenza la prestazione sotto forma di U invertita in cui livelli troppo bassi o troppo alti risultano dannosi per la prestazione. Inoltre, è probabile che il livello di ansia somatica raggiunga il suo apice all'inizio della gara per poi dissolversi una volta iniziata la competizione e, a fronte di questo decorso temporale, sembra che l'ansia somatica eserciti minore influenza sulla *performance* rispetto all'ansia cognitiva (Martens et al., 1990, in Craft et al., 2003 p. 45). Questo perché

nell'ansia cognitiva, a differenza dell'ansia somatica, le aspettative di successo possono cambiare in qualsiasi momento durante la competizione (Burton, 1988).

Un'attuale area di ricerca riguarda la comprensione delle risposte dell'ansia da competizione come eventi temporali che si svolgono con l'avvicinarsi della competizione. A tale proposito, Hagar et al. (2017) hanno analizzato il modello temporale dell'ansia da competizione concentrandosi sulle dimensioni di direzione, frequenza e intensità attraverso le differenze di sesso e livello di abilità. La prima dimensione si riferisce all'interpretazione positiva o negativa dell'ansia rispetto alla prestazione imminente. La frequenza fa riferimento alla quantità di sintomi cognitivi e somatici che l'atleta ha sperimentato nel corso della prestazione mentre l'intensità è definita come l'interpretazione dei sintomi legati all'ansia visti come facilitativi o debilitanti nell'attività che si va a svolgere. L'approccio utilizzato per analizzare le risposte emozionali prima, durante e al termine della competizione è stata la Teoria dell'ansia multidimensionale (*Multidimensional anxiety theory*, MAT, Martens et al., 1990). I risultati hanno mostrato che i sintomi dell'ansia cognitiva e dell'ansia somatica tendono a manifestarsi da circa sette giorni prima della gara, diminuendo due giorni prima e tornando ad aumentare un'ora prima della gara. Inoltre, le atlete che svolgevano uno *sport d'élite* erano somaticamente meno ansiose ( $M = 19,17$ ) rispetto alle atlete meno esperte ( $M = 22,09$ ). Al contrario, gli atleti d'*élite* erano cognitivamente e somaticamente più ansiosi ( $M = 24,78$ ) rispetto agli atleti meno esperti ( $M = 22,04$ ). Infine, le atlete d'*élite* hanno sperimentato sintomi di ansia cognitiva e somatica con minore frequenza ( $M = 19,65$ ) rispetto alla loro controparte maschile d'*élite* ( $M = 23,14$ ). Questo studio dimostra che il livello di abilità svolge un ruolo importante nella gestione dell'ansia ma i risultati evidenziano che questo fattore vale per il gruppo femminile e non per quello maschile. Inoltre, la ricerca contraddice la

credenza generale che il sesso femminile sia caratterizzato da un livello di ansia cognitiva maggiore rispetto a quello maschile (Hagar et al., 2017). Questi risultati, che hanno riportato una migliore gestione delle componenti ansiose nelle donne rispetto agli uomini, possono derivare dal cambiamento nella percezione dello *sport* femminile e il miglioramento della posizione delle donne nello *sport* rispetto ai decenni passati (Hagar et al., 2017).

Un altro studio svolto da Patel et al. (2010) ha evidenziato che l'ansia legata alla prestazione sportiva sia comune soprattutto nelle giovani atlete con una età compresa tra 13 e 24 anni. Questi risultati sono stati supportati, in parte, da un recente studio svolto da Horvath et al. (2022), dal quale emergono differenze significative legate all'età declinata nell'ottica dell'esperienza. Gli autori, infatti, hanno affermato che l'esperienza sportiva, maturata nel corso degli anni, facilita la gestione dell'ansia cognitiva diminuendone la portata nel tempo. Per quanto riguarda le differenze tra sportivi di sesso maschile e femminile, è emerso che le atlete con una età compresa tra i 18 e 30 anni mostravano una maggiore capacità di gestione delle emozioni disadattive rispetto alla controparte maschile ( $t = -2,17, df = 18, p < 0,043$ ). Quindi, questa ricerca sembra non essere completamente in linea con lo studio di Patel et al. (2010), anche se forse questo è dovuto dal fatto che quest'ultimo ha considerato una fascia di età relativamente più giovane. Inoltre, anche lo studio di Horvath et al. (2022) contraddice l'idea che il sesso femminile manifesti livelli più alti di ansia cognitiva rispetto agli uomini. La preferenza per determinate strategie di regolazione delle emozioni viene acquisita tramite l'apprendimento sociale (Horvath et al., 2022) quindi sarebbe interessante indagare se questi risultati, che risultano migliori per la controparte femminile, siano determinati anche dall'ambiente di socializzazione in cui si trovano inserite.

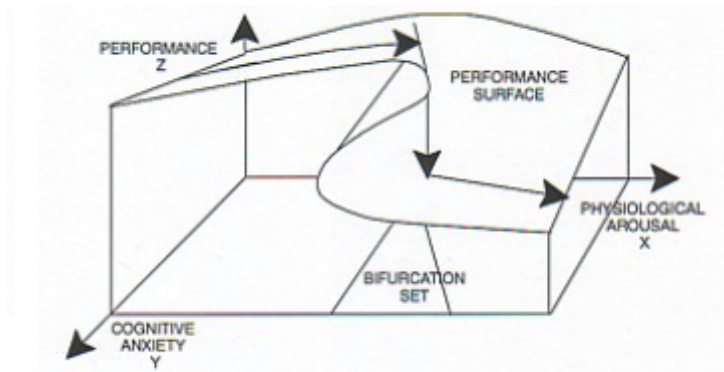
### 1.3.5 Teoria della catastrofe

Hardy e colleghi (1987) hanno proposto la Teoria della catastrofe a seguito delle preoccupazioni sulla validità del modello della curva a U invertita (Jones, 1995). Hardy e colleghi, infatti, hanno ipotizzato che se il livello di attivazione supera il punto ottimale le prestazioni tendono a diminuire in modo improvviso e irrecuperabile. Questo modello ha origine dal teorema centrale di Thorn (1972). Tale modello deriva dalla topologia, una branca della matematica che si occupa delle proprietà delle superfici (Zeeman, 1976). Secondo la topologia, in natura, le forze sottostanti possono essere descritte da superfici lisce in equilibrio e quando l'equilibrio si rompe si verificano le catastrofi (Zeeman, 1976). Allo stesso modo, quando il livello di attivazione raggiunge il punto ottimale, l'atleta si troverà in uno stato di equilibrio per fronteggiare la gara ma se l'equilibrio si rompe, la prestazione subirà un calo catastrofico (Jones, 1995).

Il modello della catastrofe considera l'interazione tra ansia cognitiva e attivazione fisiologica, le quali producono un modello tridimensionale chiamato a cuspide. In particolare, questa teoria pone l'ansia cognitiva come fattore discriminante rispetto all'interpretazione che gli atleti fanno dei segnali di attivazione fisiologica che possono essere positivi o negativi (Hardy et al., 1994). Infatti, la relazione tra ansia cognitiva e prestazione è diversa a seconda del livello di attivazione fisiologica e la relazione tra quest'ultima e la prestazione cambia a seconda del livello di ansia cognitiva (Turner & Jones, 2018). In particolare, Edwards e Hardy (1996) hanno riscontrato un'interazione significativa tra ansia cognitiva e attivazione fisiologica proponendo che l'ansia cognitiva possa avere un effetto facilitante o debilitante sulla *performance*. Più specificatamente, quando gli atleti sperimentano un'elevata attivazione fisiologica, quelli con bassa ansia cognitiva dovrebbero avere prestazioni migliori rispetto a quelli con alta ansia cognitiva.

Inoltre, quando il livello dell'ansia cognitiva è basso allora il rapporto tra attivazione fisiologica e prestazione segue il modello della curva a U rovesciata, mentre quando il livello di ansia cognitiva è elevato, l'aumento dell'attivazione fisiologica faciliterà le prestazioni fino ad punto ottimale ma, un aumento eccessivo, oltre il livello ottimale, si tradurrà in un decremento delle prestazioni (Turner & Jones, 2018). Questo aumento eccessivo porterà, in modo improvviso e drammatico, la *performance* su una curva di prestazione inferiore (Jones, 1995) che inficerà la riuscita di una buona gara.

L'isteresi è definita come il risultato di un "set di biforcazione" in cui il livello di *arousal* è associato a due diversi livelli di prestazione a seconda che l'attivazione fisiologica sia in aumento o in diminuzione. In particolare, in condizioni di elevata ansia cognitiva si verificherà l'isteresi ovvero le prestazioni seguiranno un percorso diverso a seconda che l'attivazione fisiologica aumenti o diminuisca. (Hardy et al., 1994). Al contrario, in condizioni di bassa ansia cognitiva, l'isteresi non si verificherà e la curva di attivazione fisiologica e il livello di prestazione seguirà lo stesso percorso sia che l'attivazione fisiologica aumenti sia che diminuisca (Hardy et al., 1994). Quindi la teoria evidenzia l'importanza del monitoraggio dei livelli di ansia cognitiva negli atleti poiché le prestazioni migliori dovrebbero verificarsi in condizioni di bassa ansia cognitiva e, al contrario, le prestazioni peggiori si dovrebbero verificare in condizioni di alti livelli di ansia cognitiva (Hardy et al., 1994).



**Figura 4.** Rappresentazione del modello della teoria della catastrofe. Tratta da McNally (2002).

Gill (1994) ha criticato questo modello sostenendo che esso è troppo complesso e pertanto, dimostrarlo empiricamente, diventerebbe una sfida. Inoltre, la relazione ansia-prestazione potrebbe non essere così precisa rispetto a come viene rappresentata dal modello e, di conseguenza, risulterebbe poco rappresentativa e utile per ricercatori ed atleti.

### 1.3.6 Modello delle zone individuali di funzionamento ottimale

La teoria delle zone di funzionamento ottimale, a volte indicata come teoria delle zone individuali di funzionamento ottimale (*Individual zone of optimal functioning, IZOF*), è stata sviluppata dallo psicologo Hanin (1995). Il modello rappresenta una delle teorie più largamente applicate allo studio delle esperienze soggettive legate alle prestazioni atletiche (Ruiz et al., 2015). Esso sostiene, come principio centrale, che ogni atleta possiede una zona o intervallo ottimale che riflette la variabilità dell'intensità emozionale (Ruiz et al., 2015) che comprende l'esperienza soggettiva e le risposte fisiologiche (Robazza, 2006). All'interno di questa zona ottimale si verificherà la prestazione migliore. L'intervallo ottimale è definito in base al punteggio medio di una



serie di misure ripetute che indagano la variazione di ansia pre-gara dell'atleta. Se, tuttavia, il livello di ansia dell'esecutore si trova al di fuori del livello ottimale, le prestazioni saranno compromesse. Inoltre, il livello di ansia ottimale o disfunzionale può essere basso, medio o alto a seconda delle caratteristiche dell'individuo (Robazza, 2006). A tale proposito, è stato condotto uno studio mettendo a confronto un gruppo di ginnaste che sono state selezionate per la squadra Olimpica degli Stati Uniti del 1976 con un gruppo di ginnaste che invece non sono state selezionate e, tramite interviste, è emerso che le ginnaste del primo gruppo, a differenza di quelle del secondo, tendevano a usare la loro ansia come stimolante per le prestazioni sportive. In questo caso quindi, l'ansia pre-gara è risultata positiva e facilitante per un gruppo ma negativa e debilitante per l'altro (Mahoney & Avenier, 1977, citato in Jones et al., 1993). Per questo, lo scopo principale per atleti e allenatori è quello di implementare le strategie di autoregolazione individuale per far fronte alla pressione durante la competizione (Di Fronso et al., 2017).

Quindi il modello IZOF valorizza la soggettività dello sportivo sostenendo che non esiste un modello unico valido per tutti gli atleti. Infatti, il modello IZOF si differenzia notevolmente dagli approcci tradizionali poiché, questi ultimi, tendono a indagare la dimensione dell'ansia degli atleti utilizzando un approccio nomotetico, ovvero orientato al gruppo che non permette di esplorare le differenze individuali. Il modello IZOF, invece, utilizza un approccio idiografico, specifico per ogni atleta, indagando le esperienze emozionali soggettive legate alle prestazioni individualmente ottimali e non ottimali degli atleti (Ruiz et al., 2015).

Successivamente Hanin (2007) ha ampliato il modello focalizzandosi su una descrizione accurata delle emozioni soggettive e degli stati correlati alle emozioni adottando una prospettiva olistica (Robazza & Ruiz, 2018). Tali emozioni possono essere

suddivise in: 1) esperienze di stato che sono legate al sentire dell'atleta in un particolare momento 2) esperienze di tratto che si riferiscono a risposte emozionali relativamente stabili 3) meta-esperienze che includono la consapevolezza, atteggiamenti e preferenze che l'individuo ha nei confronti di una particolare esperienza. Solitamente, queste ultime, si sviluppano in base ad una valutazione dei successi o fallimenti delle prestazioni passate. In linea con questa affermazione, Martens (1977, citato in McGregor & Abrahamson, 2000) riteneva che le differenze individuali nell'ansia del tratto competitivo si sviluppavano dall'effetto cumulativo delle conseguenze, sia positive che negative, acquisite nel corso della storia della competizione individuale. Quindi, per preparare gli sportivi, è necessario esaminare l'esperienza del singolo atleta in un'ottica più approfondita e qualitativa (McGregor & Abrahamson, 2000).

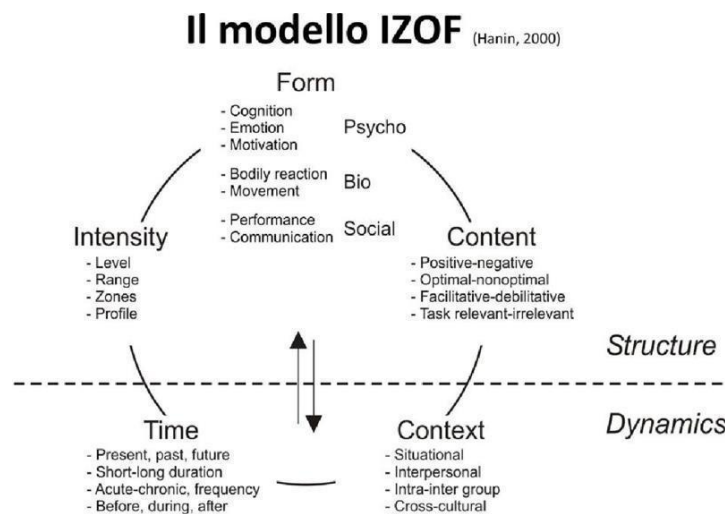
Tutte queste tipologie di emozioni sono multimodali dato che comprendono componenti affettive, cognitive, motivazionali, volitive, corporee, motorie-comportamentali, operative e comunicative (Hanin, 2010). A seguito dell'inclusione di questo insieme variegato di caratteristiche, il modello viene anche chiamato IZOF-biopsicosociale poichè comprende aspetti psicologici (cognizione, emozione e motivazione), biologici (corpo e movimento) e sociali (prestazioni e interazione, Robazza, 2006).

Il modello descrive gli stati biopsicosociali nei termini di cinque dimensioni connesse tra loro: forma, contenuto, intensità, contesto e tempo. La forma fa riferimento al modo in cui le emozioni sono espresse soggettivamente e possono essere psicologiche, biologiche o sociali. Il contenuto si riferisce al tipo di emozione ed è definito in base alla suddivisione di quattro categorie che si basano su due fattori, che sono il funzionamento (successo-fallimento) e il tono edonico (piacere-dispiacere). Dall'interazione di questi due

fattori derivano quattro categorie di contenuto emozionale globale che sono: 1) piacevole-disfunzionale (P+), 2) piacevole-disfunzionale (P+), 3) spiacevole-funzionale (N+) e 4) spiacevole-disfunzionale (N-, Robazza, 2006). La combinazione di queste categorie porta l'individuo a sperimentare stati emozionali piacevoli o spiacevoli che possono esercitare effetti benefici, dannosi o entrambi sulla prestazione (Di Fronso et al., 2017). L'intensità fa riferimento al livello e alla modalità con cui un'emozione viene interpretata soggettivamente, ovvero se essa esercita effetti funzionali o disfunzionali, piacevoli o spiacevoli sulla prestazione. In particolare, il modello IZOF sostiene che esiste un livello ottimale di intensità in cui gli atleti possono gareggiare al massimo del loro potenziale (Robazza & Ruiz, 2018). La dimensione del contesto comprende fattori interpersonali, organizzativi e intra-gruppo, ovvero considera l'interazione tra allenatori, compagni e avversari.

Martens (1971b) ha indagato se la lode o il rimprovero, intesi come rinforzi sociali, influenzassero lo sviluppo delle abilità motorie tra i ragazzi. I risultati dimostrarono che il rinforzo sociale aveva una maggiore probabilità di influenzare le prestazioni a seconda del livello di motivazione dell'individuo al momento della prestazione. Sembra quindi probabile che nell'atleta motivato, il rinforzo sociale abbia scarso effetto, mentre se l'atleta ha un basso livello di motivazione personale risulterà più dipendente dal giudizio esterno. Un altro studio ha dimostrato che la presenza di un osservatore che giudica la prestazione dell'atleta ha facilitato l'esecuzione in compiti semplici mentre la quantità di errori era aumentata nelle prestazioni complesse (Green, 1983 citato in Geen & Bushman, 1987, p. 94). Alla luce di questi risultati, l'ansia sociale potrebbe essere un costrutto che svolge un ruolo importante nell'esecuzione e nel risultato della prestazione.

Infine, la dimensione temporale comprende frequenza e durata della prestazione ma anche le variazioni che avvengono prima, durante e dopo la gara. È importante sottolineare che il variare delle emozioni risulta essenziale nei diversi momenti della competizione perché un'emozione può risultare più vantaggiosa in un particolare momento e svantaggiosa in un altro. Ad esempio, lo stato di agitazione può essere positivo nel momento pre-gara dato che può preparare psicologicamente e fisiologicamente lo sportivo a iniziare, ma se poi permane anche durante la competizione può inficiare il risultato. Per questo aiutare gli atleti ad acquisire informazioni personali sui processi mentali può aiutarli a raggiungere il loro massimo potenziale (Ruiz et al., 2015).



**Figura 5.** Dimensioni del modello IZOF-biopsicosociale legato alla prestazione. Figura adattata da Hanin (2000).

Raglin (1992) ha messo a confronto il modello IZOF con il modello della curva a U rovesciata individuando alcune differenze. Per prima cosa, la teoria IZOF indica che una percentuale sostanziale di atleti ottiene risultati migliori quando il livello di ansia è basso o alto piuttosto che intermedio e questo comporta che gli interventi mirati a moderare il livello di ansia risulterebbero compromettenti per la prestazione di molti atleti che, invece,

gareggiano bene in condizioni di attivazione elevata o media. Inoltre, la teoria IZOF evidenzia che per ogni tipologia di *sport* esiste una diversa variabilità interindividuale nella zona ottimale determinata anche dal livello di competenza del singolo. Questo punto è in contrasto con il modello della curva a U rovesciata che propone invece, che a ogni *sport* sia associato un determinato intervallo ottimale di ansia. Anche Robazza (2006), in linea con l'idea di Raglin (1992), ha affermato che, contrariamente all'ipotesi del modello della curva a U rovesciata, il modello IZOF spiega che l'ansia ottimale non dipende dal tipo di compito ma dalla capacità individuale di fronteggiare l'ansia.

Robazza et al. (2004) hanno sviluppato un programma di autoregolazione multimodale mirato alle emozioni e ai sintomi corporei di giocatori di *hockey* e ginnasti di alto livello. Robazza et al. (2004) hanno utilizzato il modello IZOF per esaminare se gli atleti altamente qualificati ed esperti potessero essere aiutati a entrare e rimanere deliberatamente nelle loro zone ottimali e, in che modo, ciò influisca sulle loro prestazioni durante la stagione agonistica. Il programma aveva lo scopo di aiutare i partecipanti a diventare più consapevoli del contenuto e dell'intensità delle emozioni e dei sintomi corporei. Una volta raggiunta la consapevolezza, gli atleti sono stati addestrati a migliorare le abilità psicologiche per incrementare il livello della prestazione. I risultati sono risultati significativi confrontando i dati *pre* e durante l'intervento ( $t = 2,87, p < 0,04$ ). Nonostante lo studio abbia avuto riscontri positivi, ricerche future dovrebbero implementare valutazioni *follow-up* per esaminare se gli effetti benefici sulle emozioni e sulle prestazioni, promossi dal modello IZOF, vengano mantenuti dopo il trattamento e quindi accertare se gli atleti continuino ad applicare procedure di autoregolazione nel tempo (Robazza et al., 2004).

Negli ultimi decenni la ricerca sul modello IZOF si è sviluppata notevolmente su temi come la creazione di strumenti di valutazione idiografica per l'identificazione di emozioni ottimali e non ottimali, l'applicazione di concetti di *coaching* e lo sviluppo di programmi di intervento centrati sull'azione nel contesto sportivo (Ruiz et al., 2015). Quindi, dato che il modello continua a crescere, è evidente che esso fornisce un terreno fertile per lo studio della psicologia dello *sport*. Però, mettendo a confronto le varie teorie sopra proposte, è stata sollevata la questione dell'incongruenza tra le definizioni concettuali e operative di ansia (Craft et al., 2003). Infatti, diverse teorie dell'ansia come la Teoria della catastrofe (Hardy et al., 1987) e il modello delle zone del funzionamento ottimale (IZOF; Hanin, 1995) forniscono delle alternative all'approccio multidimensionale ma, nello studio di questi modelli alternativi si tende a utilizzare il CSAI-2, formulato all'interno dell'approccio dell'ansia multidimensionale, come inventario principale per valutare l'ansia competitiva. Quindi si utilizza uno strumento che è stato sviluppato su principi teorici diversi rispetto a quelli formulati della teoria della catastrofe o del modello IZOF (Craft et al., 2003) Di conseguenza vi è un'incongruenza di fondo tra le teorie sull'ansia e l'utilizzo degli strumenti impiegati per misurarla.

Per concludere, una valutazione completa per aiutare gli sportivi implica la conoscenza non solo di quelle strategie utili per raggiungere e mantenere buone prestazioni come, ad esempio, la regolazione emozionale e le strategie attenzionali ma anche dei meccanismi psicofisiologici che supportano l'efficienza del sistema (Di Fronso et al., 2017). Infatti, le emozioni sono processi complessi che coinvolgono cambiamenti funzionali del sistema nervoso periferico e centrale (Thayer & Siegle, 2002). Alla luce di questo, risulta di cruciale importanza monitorare e migliorare le prestazioni degli atleti tramite la valutazione del livello di attivazione e di funzionamento del corpo (Di Fronso et

al., 2017). Ci sono diverse tecniche impiegate per monitorare le variazioni corporee, ma quella che verrà trattata nel capitolo seguente, attualmente di grande interesse (Di Fronso et al., 2017), riguarda la relazione tra la variabilità della frequenza cardiaca (*heart rate variability*, HRV) e la prestazione sportiva.

## **Capitolo 2 – Relazione tra ansia e variabilità della frequenza cardiaca**

### **2.1 Modificazioni della risposta cardiovascolare e sistema nervoso autonomo**

La frequenza cardiaca (FC) è un indicatore del funzionamento del sistema nervoso autonomo (SNA) (Sztajzel, 2004) che, calcolata in un determinato momento, rappresenta l'effetto del sistema parasimpatico che rallenta la FC e del sistema simpatico che invece la accelera (McCarty & Schaffer, 2015). La FC, infatti, varia di fronte a situazioni diverse, ad esempio può essere associata a particolari stati emozionali per cui si ritiene che la FC aumenti negli stati di paura e rabbia e diminuisca negli stati attenzionali (American Psychiatric Association [APA], 1994). Inoltre, la misurazione della FC è considerata uno strumento di valutazione non invasivo per monitorare l'adattamento individuale all'allenamento (Plews et al., 2013), in quanto rileva dati preziosi sui cambiamenti fisiologici che si verificano in risposta all'attività fisica (Dong, 2016).

Il SNA è la componente del sistema nervoso che innerva la muscolatura liscia e le ghiandole, compresi gli organi circolatorio, digestivo, respiratorio e riproduttivo. Il termine autonomo fa riferimento a cambiamenti nelle funzioni corporee involontarie come salivazione, digestione, sudorazione e frequenza cardiaca (*American Psychiatric Association* [APA], 1994). Quindi, l'attività elettrica e contrattile del miocardio è modulata dal SNA (Sztajzel, 2004). Il SNA comprende il sistema nervoso simpatico (SNS) e il sistema nervoso parasimpatico (SNP), detto anche vagale (Benum et al., 2021), i quali agiscono a livello di attivazione, spesso in modo antagonistico (Horvath et al., 2022). In particolare, quando il SNP è dominante, il nervo vago rallenta la FC attraverso l'inibizione



tonica dell'attività del nodo senoatriale. Infatti, il nodo del seno regola il cuore fornendogli costantemente uno stimolo a contrarsi (James, 1973). Mentre, quando è predominante il SNS, ad esempio durante una situazione di *stress* fisico o psicologico, si verifica un'attivazione fisiologica e quindi un aumento della FC (Appelhans & Luecken, 2006; Lagos et al., 2008).

La rigidità del SNA si traduce in una ridotta capacità di generare o adattare risposte fisiologiche ed emozionali in sincronia con i cambiamenti dell'ambiente (Horvath et al., 2022). Infatti, la capacità con cui un individuo passa da un alto stato di attivazione a un livello più basso dipende dalla capacità del SNA di variare rapidamente la FC (Appelhans & Luecken, 2006). Quindi, un SNA flessibile è caratterizzato da una rapida modulazione di stati fisiologici in accordo con le richieste situazionali (Appelhans & Luecken, 2006). Al contrario, un'eccessiva instabilità cardiaca, come la presenza di aritmie, risulta dannosa per un efficiente funzionamento fisiologico poiché esso non presenta un'adeguata capacità di autoregolazione (McCarty & Shaffer, 2015). Alla luce di questo, la variabilità della FC è il risultato dell'interazione continua tra SNS e SNP e fornisce informazioni sulla flessibilità autonoma (Horvath et al., 2022).

## **2.2 La variabilità della frequenza cardiaca**

La variabilità della frequenza cardiaca (*heart rate variability*, HRV) è definita come l'oscillazione della FC che si verifica al variare dell'intervallo tra un battito e il successivo (Malik et al., 1996; Sztajzel, 2004). Inoltre, la relazione tra HRV e FC è inversamente proporzionale all'intensità del carico di lavoro, ovvero più è alta la FC più il parametro HRV diminuisce (González et al., 2022). L'HRV viene quindi alterata dai

continui cambiamenti nell'equilibrio del sistema simpatico-parasimpatico ed è considerata un indicatore di funzionamento del SNA (Sztajzel, 2004; Van Ravenswaaij-Arts & Conny, 1993). Thayer (2002) sostiene l'utilità dell'HRV per indicizzare aspetti del controllo del cuore, dato che l'HRV risulta essenziale per l'autoregolazione dell'organismo. L'autoregolazione, infatti, è di fondamentale importanza per la salute dell'individuo poiché, ad esempio, una diminuzione dell'HRV è associata a malattie cardiovascolari, diabete e obesità (Stein, 2002), oltre che a condizioni psicologiche come ansia e depressione (Thayer, 2002). Questi fenomeni accadono perché la rapida modulazione della funzione cardiaca è ridotta e quindi l'organismo è meno in grado di svolgere rapidi cambiamenti e di rispondere in modo appropriato (Thayer, 2002).

Secondo Appelhans e Luecken (2006), l'HRV è influenzata dalla regolazione del SNA da parte della rete autonoma centrale (*central autonomic network*, CAN). La composizione neuroanatomica della CAN, che include il tronco encefalico, il sistema limbico e corticale, regola in modo flessibile l'attivazione fisiologica in base alle mutevoli esigenze situazionali. Infatti, la CAN riceve degli *input* riguardo alle condizioni fisiologiche interne del corpo, poiché essa è in grado di regolare dinamicamente l'attivazione fisiologica. L'*input* alla CAN viene poi trasmesso al nodo senoatriale, attraverso il SNS e SNP, e influenza direttamente la FC. Pertanto, l'HRV riflette l'*output* della CAN (Appelhans & Luecken, 2006). Quindi, riassumendo, la CAN è coinvolta nell'integrazione delle risposte fisiologiche, nell'espressione emozionale e nella regolazione omeostatica (Appelhans & Luecken, 2006). Ad esempio, un malfunzionamento della CAN sembra essere responsabile di un continuo stato di eccessiva

preoccupazione che caratterizza il disturbo d'ansia generalizzato (Friedman & Thayer, 1998b in Appelhans & Luecken, 2006).

L'HRV può essere misurata tramite l'elettrocardiogramma (ECG, Aubert et al., 2003), il quale è definito come un tracciato ondulatorio, stampato o visualizzato su un *monitor*, che rappresenta gli impulsi elettrici del sistema di conduzione del muscolo cardiaco mentre attraversa un tipico ciclo di contrazione e rilassamento. L'ECG di un individuo sano effettuato, in condizioni di riposo, mostra una variazione periodica costituita da un fenomeno ritmico chiamato aritmia sinusale respiratoria (RSA). Quest'ultima è la variazione della FC, che si manifesta in fase di inspirazione, con una cardio-accelerazione e una cardio-decelerazione durante l'espiazione (Dong, 2016). Pertanto, per ottenere informazioni sui cambiamenti nell'equilibrio dell'organismo, viene utilizzata l'analisi della frequenza e dell'ampiezza delle oscillazioni della HRV (Coote, 2010). Questa variazione dell'intervallo interbattito (ovvero l'intervallo tra due battiti consecutivi, IBI) all'interno di ogni ciclo respiratorio dipende principalmente dall'attività vagale cardiaca.

In genere, l'HRV dovrebbe essere misurata in condizioni controllate e standardizzate poiché essa è influenzata da diversi fattori, come l'età, la frequenza respiratoria e la postura (Van Ravenswaaij-Arts & Conny, 1993). Inoltre, per ottenere l'analisi dei segnali HRV di alta qualità, è necessario avere una registrazione dell'ECG della durata minima di 10 minuti fino a 24 ore (Aubert et al., 2003). L'HRV può quindi essere misurata in condizioni di riposo limitando il più possibile i movimenti (ad esempio, per avere un valore spontaneo alla *baseline*), oppure può essere stimolata per rispondere a

determinati quesiti sperimentali, ad esempio, stando in piedi o inclinando la testa per aumentare il tono simpatico o respirando a una determinata frequenza per massimizzare la RSA (Van Ravenswaaij-Arts & Conny, 1993).

### **2.3 Misurazione della variabilità della frequenza cardiaca**

Esistono due approcci per la misurazione della FC che sono l'analisi nel dominio del tempo e l'analisi nel dominio della frequenza, detta anche analisi spettrale di potenza (Stein et al., 1994). Gli indici del dominio del tempo permettono di quantificare la quantità di varianza degli intervalli interbattito utilizzando misure statistiche (McCraty & Shaffer, 2015). Gli indici più importanti e comunemente riportati della HRV nel dominio del tempo sono: NN50, pNN50, la deviazione *standard* (SD) dell'intervallo N-N (SDNN), l'indice SDANN e la radice quadrata media delle differenze successive (RMSSD, McCraty & Shaffer, 2015). In particolare, la HRV implica la misurazione del tempo che trascorre tra due battiti successivi, ovvero la variabilità RR di cui il normale ciclo RR corrisponde a N-N (Pitzalis et al., 1996).

NN50 rappresenta il numero di intervalli NN adiacenti che differiscono l'uno dall'altro di oltre 50 ms (Shaffer & Ginsberg, 2017) e pNN50 indica la percentuale di intervalli NN adiacenti che differiscono l'uno dall'altro da più di 50 ms (Shaffer & Ginsberg, 2017). L'SDNN rappresenta la deviazione *standard* di tutti i normali intervalli NN (battito per battito) ed è chiamata anche variabilità della lunghezza del ciclo (Stein et al., 1994). L'indice SDANN è la media delle deviazioni *standard* di tutti gli intervalli NN per ogni segmento di 5 minuti, pertanto, questa misurazione stima solo la variabilità dovuta ai fattori che influenzano l'HRV entro un periodo di 5 minuti (McCraty & Shaffer,

2015). L'RMSSD rappresenta la radice quadrata media delle differenze successive tra battiti cardiaci normali. Questo valore si ottiene calcolando prima ogni successiva differenza di tempo tra battiti cardiaci in millisecondi, successivamente ognuno dei valori viene elevato al quadrato e il risultato viene calcolato in media prima di ottenere la radice quadrata del totale (McCraty & Shaffer, 2015). I principali parametri dell'HRV sono riassunti nella Tabella 1.

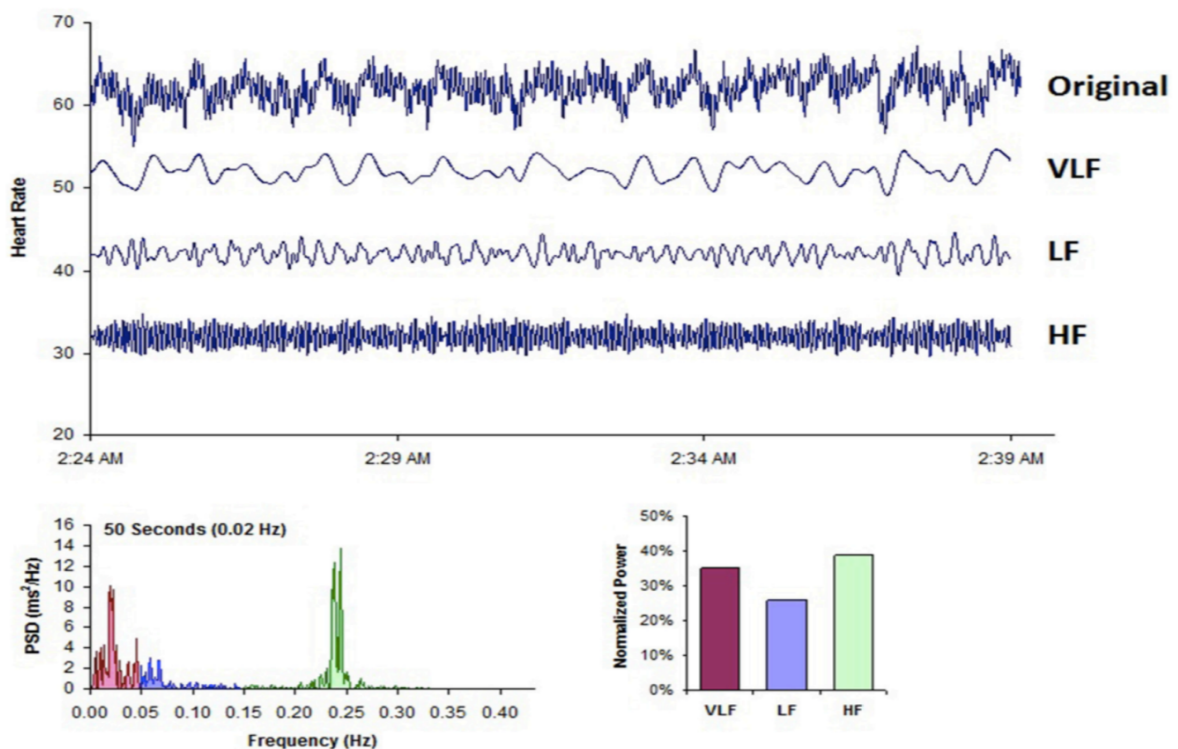
<b>Parametro</b>	<b>Descrizione</b>
<b>NN50</b>	Numero di intervalli NN adiacenti che differiscono di oltre 50 ms nell'intera registrazione dell'ECG
<b>pNN50</b>	Conteggio degli NN50 diviso per il numero totale di tutti gli intervalli NN
<b>SDNN</b>	Deviazione <i>standard</i> di tutti gli intervalli NN
<b>SDANN</b>	Deviazione standard delle medie degli intervalli NN per tutti i segmenti di cinque minuti nell'intera registrazione
<b>RMSSD</b>	Radice quadrata media della differenza dei successivi intervalli NN

**Tabella 1.** Parametri principali della variabilità della frequenza cardiaca nel dominio del tempo. Tabella adattata McCraty e Shaffer, (2015).

Nell'analisi del dominio del tempo si distinguono due tipi di indici della variabilità della FC che sono: gli indici di variabilità da battito a battito o a breve termine (STV), che rappresentano rapidi cambiamenti nella FC, e gli indici di variabilità a lungo termine (LTV), che riflettono fluttuazioni più lente (Van Ravenswaaij-Arts & Conny, 1993). Entrambi i tipi di indici sono calcolati su intervalli RR che si verificano in una finestra

temporale prescelta, che di solito è compresa tra 0,5 e 5 minuti (Van Ravenswaaij-Arts & Conny, 1993).

L'analisi del dominio della frequenza, invece, fornisce informazioni sull'entità della varianza complessiva della FC risultante dalle oscillazioni periodiche a varie frequenze della FC (Stein et al., 1994). Infatti, l'analisi spettrale fornisce indicazioni relativamente a come viene distribuita la potenza, ovvero la varianza e l'ampiezza di un dato ritmo, in funzione della frequenza (McCraty & Shaffer, 2015). La distribuzione spettrale dell'HRV è organizzata in intervalli di frequenza convenzionali specificati dalla *Task Force* della Società europea di Cardiologia e dalla Società nordamericana di stimolazione ed elettrofisiologia (Lagos et al., 2008).



**Figura 6.** Una tipica registrazione della HRV in un periodo di 15 minuti in condizioni di riposo in un individuo sano. Il tracciato superiore mostra la forma d'onda HRV originale.

Sono state utilizzate tecniche di filtraggio per separare la forma d'onda originale in bande VLF, LF e HF, come mostrate nelle tracce inferiori. La parte inferiore della figura mostra gli spettri di potenza (a sinistra) e la percentuale di potenza (a destra) in ciascuna banda. Figura adattata da McCraty e Shaffer (2015).

I principali vantaggi dell'analisi spettrale fanno riferimento al fatto che essa fornisce informazioni sia sulla frequenza che sull'ampiezza delle varie oscillazioni presenti nel segnale dell'HRV (McCraty & Shaffer, 2015). Nel segnale cardiaco vengono identificate diverse bande di frequenza. La modulazione ad alta frequenza (*high frequency*, HF) comprende frequenza da 0,15 a 0,4 Hz corrispondenti a ritmi con un periodo (l'intervallo di tempo in secondi impiegato per compiere un'intera oscillazione) che varia da 2,5 a 7 secondi. La banda HF riflette principalmente l'attività parasimpatica. Un esempio di HF della HRV sono quelle oscillazioni prodotte dall'attività respiratoria, ovvero la RSA (Aubert, 2003; McCraty & Shaffer, 2015). La banda *low frequency* (LF) sembra essere sotto la duplice influenza di SNA simpatico e parasimpatico e include frequenze da 0,04 a 0,15 Hz, corrispondenti a oscillazioni con un periodo che varia da 7 a 25 secondi (McCraty & Shaffer, 2015). Le bande *very low frequency* (VLF, con frequenze tra 0,0033 e 0,04 Hz), e *ultra-low frequency* (ULF, con frequenza minore di 0,003 Hz) sembrano derivare da meccanismi regolatori a lungo termine del SNA, come ad esempio processi di termoregolazione, ormonali e metabolici (Berntson et al., 1993; Kleiger et al., 2005; McCraty & Shaffer, 2015).

In letteratura, viene spesso utilizzato come misura di HRV il rapporto tra LF e HF (LF/HF). Un basso LF/HF tenderebbe a riflettere una maggiore attività parasimpatica

rispetto all'attività simpatica, mentre un alto rapporto LF/HF indicherebbe una maggiore attività simpatica rispetto a quella parasimpatica (McCraty & Shaffer, 2015). Tuttavia, dal momento che SNS e SNP possono agire indipendentemente uno dall'altro ed essere attivi simultaneamente, il rapporto tra LF e HF potrebbe non essere lineare e andrebbe, quindi, interpretato con cautela (Shaffer et al., 2014). I parametri principali della HRV nel dominio della frequenza sono riassunti nella tabella 2.

<b>Variabile</b>	<b>Unità</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Intervalli di frequenza</b>	<b>Significato</b>
<b>ULF</b>	ms <sup>2</sup>	Frequenza ultra-bassa	< 0,003 Hz	Riflette le oscillazioni circadiane della FC e i processi regolatori lenti
<b>VLF</b>	ms <sup>2</sup>	Frequenza molto bassa	0,0033 - 0,04 Hz	Riflette i processi regolatori a lungo termine
<b>LF</b>	ms <sup>2</sup>	Potenza a bassa frequenza	0,04 - 0,15 Hz	Riflette sia il sistema simpatico che il sistema parasimpatico
<b>HF</b>	ms <sup>2</sup>	Potenza ad alta frequenza	0,15 - 0,4 Hz	Riflette l'attività parasimpatica
<b>Rapporto LF/HF</b>	ms <sup>2</sup>	Rapporto tra bassa-alta potenza di frequenza		Riflette l'equilibrio simpatico- vagale

**Tabella 2.** Parametri principali della variabilità della frequenza cardiaca nel dominio della frequenza. Tabella adattata da McCraty e Shaffer, (2015).



## 2.4 La relazione tra ansia e variabilità della frequenza cardiaca negli atleti

Per raggiungere le massime prestazioni atletiche è necessaria, oltre alla preparazione fisica, un'adeguata regolazione delle emozioni e della gestione dell'ansia (Horvath et al., 2022). Rispetto alla regolazione delle emozioni, l'HRV sembra essere una misura in grado di indicare la capacità della regolazione emozionale (Visted et al., 2017). Infatti, ad esempio, la presenza di difficoltà nella regolazione delle emozioni comporta delle modificazioni e reazioni corporee, tra cui l'accelerazione della FC (Visted et al., 2017).

Nella psicologia dello *sport*, Blásquez et al. (2009) hanno riportato che l'HRV è sensibile ai cambiamenti nello stato emozionale degli atleti in seguito allo studio che indagava il livello di ansia prima della competizione sportiva e durante un allenamento in nuotatori esperti. I risultati hanno mostrato che il livello di ansia somatica era più elevato prima della competizione, rispetto alla condizione di allenamento, e che l'aumento dell'ansia somatica era relativo all'aumento dell'attività simpatica e quindi di un incremento del battito cardiaco. Quindi questi risultati suggeriscono che l'HRV potrebbe essere un metodo valido per valutare i cambiamenti nell'equilibrio tra sistema simpatico e parasimpatico in presenza di ansia competitiva (Blasquez et al., 2009).

Sebbene l'HRV sia stato ampiamente implementato per il monitoraggio degli atleti, al momento non è noto se i suoi indici siano in grado di differenziare atleti di diversi livelli agonistici nella stessa disciplina sportiva (Proietti et al., 2012). A tale proposito, lo studio condotto da Morales et al. (2012) ha indagato la relazione tra ansia pre-agonistica e analisi dell'HRV in atleti di *judo* di livello internazionale e nazionale in situazioni di

competizione ufficiale e non ufficiale. L'ansia pre-competitiva è stata misurata tramite la somministrazione del CSAI-2R (*Revised Competitive State Anxiety-2*, Cox et al., 2003), che prevede l'eliminazione di 10 *item* dal questionario CSAI-2 (*Competitive state anxiety Inventory-2*, Martens et al., 1990). Il CSAI-2R distingue tre aree che sono ansia somatica (5 *item*), ansia cognitiva (7 *item*) e fiducia in sé stessi (5 *item*) utilizzando una scala Likert che varia da 1 a 4, dove 1 corrisponde a 'fortemente in disaccordo e 4 corrisponde a 'fortemente d'accordo'. L'HRV è stata misurata tramite un cardio tachimetro e un trasmettitore codificato per registrare il segnale RR. I risultati hanno riportato che gli atleti di livello superiore (internazionale) controllavano meglio il loro livello di ansia, che risultava più basso rispetto agli atleti di livello inferiore (nazionale) e, livelli inferiori di ansia pre-competitiva, erano correlati a una predominanza dell'attività parasimpatica (Morales et al., 2012). Quindi, gli atleti di *judo* di livello internazionale mostravano un'attività dominante del sistema vagale, mentre gli sportivi di *standard* nazionale, che avevano livelli di ansia precompetitiva più alti, riportavano una predominanza del sistema simpatico.

	<b>Tipo di competizione</b>	<b>Internazionale</b>	<b>Nazionale</b>
<b>LF</b>	Ufficiale	1443,60 (925,04)	2437,77 (642,47)
	Non ufficiale	2218,10 (336,97)	2330,43 (309,59)
<b>HF</b>	Ufficiale	1868 (336,97)*	933,36 (182,70)
	Non ufficiale	2780 (812,17)*	1433,43 (130,71)

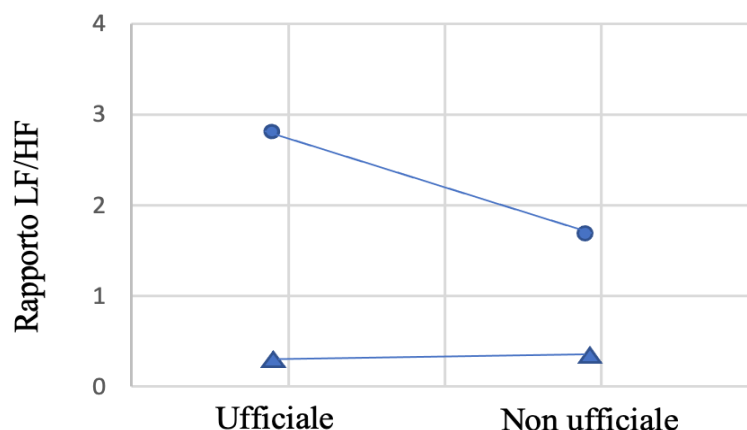
**Tabella 3.** Differenze delle variabili nel dominio della frequenza dell'HRV. Figura adattata da Morales et al. (2012).

In particolare, Morales et al. (2012) hanno riscontrato delle relazioni significative tra i parametri di HRV e le sottoscale del CSAI-2R di ansia e fiducia in sé stessi. I confronti a coppie hanno mostrato che gli atleti di *judo* internazionale avevano livelli inferiori di ansia somatica ( $p = 0,001$ ) e cognitiva ( $p < 0,001$ ) e livelli di fiducia in sé stessi più elevati ( $p < 0,001$ ), indipendentemente dal tipo di competizione, rispetto agli atleti di *standard* nazionale. Alla luce di questo, sembra che gli atleti di livello superiore controllino meglio i livelli di ansia grazie alla maggiore esperienza (Morales et al., 2012). Anche lo studio di Proietti et al. (2017), in linea con lo studio di Morales et al. (2012), ha riscontrato che i giocatori di calcio a livello internazionale mostravano una maggiore modulazione vagale e una minore attività simpatica nella FC rispetto agli atleti di livello nazionale. Quindi queste due ricerche hanno riscontrato una correlazione tra livello di abilità sportiva, ansia e variabilità della FC in cui, gli atleti con livelli agonistici più alti hanno riportato minori livelli di ansia pre-competitiva e una predominanza dell'attività vagale.

Lo studio condotto da Mateo et al. (2012) ha analizzato come la percezione soggettiva dell'ansia sportiva si rifletta, alterandola, nelle dinamiche HRV in due situazioni diverse, ovvero prima di un allenamento e prima di una competizione di atleti della squadra nazionale spagnola di BMX. I punteggi erano significativamente più alti per le sottoscale dell'ansia somatica prima della competizione ( $M = 20,60, p < 0,05$ ), rispetto all'ansia somatica prima dell'allenamento ( $M = 8,64, p < 0,05$ ), e dell'ansia cognitiva prima della competizione ( $M = 13,30, p < 0,05$ ), rispetto all'ansia cognitiva prima dell'allenamento ( $M = 6,73, p < 0,05$ ), accompagnate da punteggi più bassi di fiducia in sé

stessi prima della competizione ( $M = 15,00, p < 0,05$ ) rispetto alla fiducia in sé stessi prima dell'allenamento ( $M = 17,91, p < 0,05$ ) riscontrate nel test CSAI-2R.

In conclusione, durante il pre-allenamento l'ansia è rimasta a un livello basso e stabile mentre nella condizione pre-gara l'ansia è aumentata fino a raggiungere il suo apice prima dell'inizio della competizione (Mateo et al., 2012). Per quanto riguarda l'HRV, i risultati hanno evidenziato che i cambiamenti significativi negli indici HRV erano dovuti ad alterazioni dell'ansia pre-agonistica misurata appena prima della competizione. Infatti si è verificato un rallentamento del controllo vagale, come evidenziato da una significativa riduzione degli indici del dominio del tempo (RR, SDNN e RMSSD), concomitante a un potenziamento dell'attività simpatica evidenziato da un aumento del rapporto LF/HF. Questo risultato evidenzia la reciproca interazione tra controllo simpatico e vagale della FC durante una situazione di ansia pre-competitiva, per cui il potenziamento dell'attività simpatica era accompagnato da una diminuzione della modulazione vagale (Hautala et al., 2003 citato in Mateo et al., 2012).



**Figura 7.** Confronti nel rapporto LF/HF tra lo standard dell'atleta e il tipo di competizione di *judo*. Figura adattata da Morales et al. (2012).

	Pre-allenamento	Pre-competizione
<b>RR</b>	951,28 ± 112,05	568,67 ± 72,58
<b>SDNN</b>	67,14 ± 19,21	27,01 ± 13,12
<b>RMSSD</b>	74,51 ± 28,14	15,37 ± 10,45
<b>LF/HF</b>	1,24 ± 0,65	6,64 ± 3,19

**Tabella 4.** Statistiche descrittive (media ± deviazione *standard*) degli indici HRV prima dell'allenamento e prima della gara sportiva. Tabella adattata da Mateo et al. (2012).

In conclusione, Mateo et al. (2012) hanno sostenuto che l'analisi dell'HRV sembra fornire uno strumento adatto per valutare l'ansia competitiva e questo può essere utile agli allenatori nel gestire questo fattore nelle prestazioni sportive dei loro atleti.

Al contrario Gonzàlvez et al. (2022) hanno condotto uno studio per indagare la relazione tra ansia competitiva (misurata tramite CSAI-2, Martens et al., 1990) e HRV in tennisti prima di un allenamento e prima di una gara. I risultati non hanno evidenziato alcuna relazione significativa tra HRV e ansia competitiva nè prima della competizione nè prima dell'allenamento. Inoltre, non è stata riscontrata alcuna relazione tra HVR, ansia cognitiva, ansia somatica e fiducia in sé stessi in entrambe le prove. Alla luce di questi risultati, una continua esposizione all'ansia competitiva potrebbe consentire l'assuefazione, diminuendo la percezione dell'ansia soggettiva (Mateo et al., 2012). In linea con questi risultati, anche Garcia-Ceberino et al. (2022) non hanno riscontrato correlazioni significative tra HRV, ansia somatica e ansia cognitiva prima di una gara in giovani atlete di *basket*. I risultati hanno messo in luce, invece, una significativa riduzione

dell'HRV ( $p < 0,05$ ) e un aumento dell'ansia somatica dopo la competizione rispetto alle misurazioni di base e pre-gara. Quindi, monitorando le variabili dell' HRV, ansia cognitiva e ansia somatica non sono stati riscontrati cambiamenti significativi nella condizione pre-gara. Questo risultato è in contrasto con l'idea che durante il pre-allenamento l'ansia somatica rimane stabile fino a raggiungere il suo apice prima dell'inizio della competizione. Nonostante questo, gli autori concludono affermando che allenatori e preparatori atletici dovrebbero includere l'HRV pre-competitivo per osservare la risposta ansiosa dei loro atleti per migliorarne la gestione (Garcia-Ceberino et al., 2022).

Souza et al. (2019) hanno riscontrato maggiori livelli di cortisolo salivare prima di una competizione di *jiu-jitsu*, canoa e corsa rispetto a un pre-allenamento ( $p < 0.0001$ ) concludendo che la prima condizione implica la presenza di maggiore *stress* emozionale e un'attivazione fisiologica maggiore rispetto a una condizione di allenamento. Inoltre, gli autori hanno rilevato una correlazione significativa negativa tra la concentrazione di cortisolo e la fiducia in sé stessi prima della competizione ( $r = -0,47$ ), suggerendo che questa relazione potrebbe avere influenze negative sulla prestazione. Anche lo studio di Papacosta et al. (2015) ha mostrato che, a seconda delle condizioni di ansia, i livelli ormonali cambiano. In particolare, i livelli di cortisolo possono aumentare da due a cinque volte durante una situazione di ansia. Gli autori hanno inoltre osservato che gli atleti di *judo* che avevano concentrazioni di cortisolo salivare più elevato, misurato alla mattina (prima della competizione), successivamente risultavano essere i vincitori della gara. Alla luce di questo, gli autori hanno concluso che livelli più alti di cortisolo salivare mattutino nei vincitori potrebbero riflettere l'attivazione del sistema nervoso simpatico e questo

potrebbe essere correlato a livelli più elevati di prontezza fisiologica e mentale (Papacosta et al., 2015). Inoltre, negli atleti che hanno vinto la gara, sono stati osservati livelli più elevati di ansia cognitiva ( $p = 0,02$ ) mentre non sono emerse differenze nei livelli di ansia somatica e di fiducia in sé stessi. Quindi, la prontezza mentale, associata a livelli più elevati di ansia cognitiva, potrebbe aver preparato l'atleta ad affrontare meglio la competizione. In conclusione, i vincitori hanno presentato livelli più elevati di attivazione psicofisiologica pre-gara, come evidenziato dalle concentrazioni più alte di cortisolo salivare e dalle più alte autovalutazioni dell'ansia cognitiva al mattino della competizione. Successivamente gli atleti vincenti, con il progredire della gara, sono stati quelli che sono riusciti a controllare meglio la loro risposta all'ansia come evidenziato dalla maggiore velocità del flusso di saliva a metà competizione. Infine, tenendo sempre a mente la soggettività degli atleti, questo studio suggerisce che l'applicazione pratica, in linea con questi risultati, potrebbe essere quella di aumentare i livelli di attivazione negli atleti prima dell'inizio della competizione. Considerando però il modello IZOF, che valorizza l'individuo e la sua unicità, l'applicazione pratica dello studio sopra menzionato potrebbe andare bene per alcuni atleti ma non essere utile per altri.

## **2.5 Decelerazione e accelerazione cardiaca prima dell'azione negli *sport* di precisione**

Numerosi studi hanno indagato il ruolo della regolazione del cuore e della risposta emozionale nel modulare la prestazione sportiva (Aubert, 2003). Un settore della psicologia dello *sport* si è focalizzato sullo studio della preparazione all'azione, ovvero di quella fase che precede la prestazione sportiva. A tale riguardo, i ricercatori hanno indagato le variazioni della FC in termini di accelerazione o decelerazione negli ultimi

istanti che precedono l'esecuzione dell'attività motoria (Cooke, 2013) del gesto tecnico. In generale, all'inizio dell'attività fisica si verifica una diminuzione istantanea dell'attività vagale e un'attivazione del sistema simpatico con un aumento iniziale della FC (Benum et al., 2021; Coote, 2010; Dong, 2016). Successivamente, quando l'attività cessa di essere svolta, la FC diminuisce a seguito della riattivazione vagale (Coote, 2010).

A tale proposito, Benum et al. (2021) si sono focalizzati sull'analisi dei 30 secondi che precedono l'inizio di una gara di *biathlon* e dei 30 secondi che precedono l'ingresso al poligono di tiro. Gli autori hanno osservato che la FC media era di 117 battiti al minuto (BPM) all'inizio del conto alla rovescia che segnalava l'inizio della gara ed è aumentata notevolmente di 10 BPM durante gli ultimi 15 secondi prima dell'inizio. Successivamente si è verificata una lieve diminuzione della FC media durante gli ultimi 30 secondi quando gli atleti si stavano avvicinando al poligono di tiro passando da 178 BPM a 173 BPM negli ultimi 5 secondi prima dell'inizio dello sparo.

Benum et al. (2021) hanno quindi indagato il ruolo della FC nel *biathlon d'élite*. Questo *sport* combina lo sci di fondo per un massimo di venti chilometri con la capacità di puntare con precisione un fucile e colpire un bersaglio a cinquanta metri di distanza a temperature sotto lo zero (Coote, 2010). Ai biathleti è richiesto di regolare la FC poiché, inizialmente, il battito cardiaco è accelerato così come la respirazione a causa dello sforzo necessario per sciare ma, successivamente, dato che risulta fondamentale centrare il bersaglio, è importante che il battito cardiaco rallenti e, per questo, gli atleti spesso diminuiscono la loro velocità di sciata quando si stanno avvicinando alla stazione di tiro (Benum et al., 2021; Coote, 2010). Coote (2010) ha osservato che gli atleti d'élite di



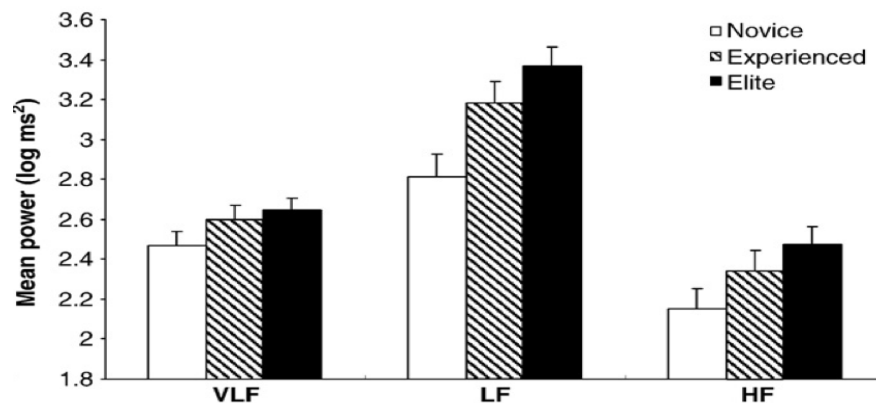
*biathlon* tendevano a mostrare un tono vagale elevato nel momento in cui si avvicinavano alla postazione di tiro con il fucile. Infatti, durante la gara, mentre gli atleti si avvicinavano alla postazione di tiro, hanno diminuito la frequenza cardiaca di circa il 5% rispetto alla prova di sci che richiede il 90% della frequenza cardiaca massima. In conclusione, non appena gli sportivi riducevano l'intensità dell'esercizio, la FC diminuiva rapidamente consentendo un controllo più preciso per poter sparare in modo migliore con il fucile.

Questa differenza è coerente con l'idea che l'attenzione, a un livello avanzato di competenza nello *sport*, sia associata a una maggiore automaticità e a ridotte richieste di attenzione che correlano con la decelerazione della FC (Abernethy et al., 2007). Questo avviene poiché il processo di attenzione selettiva permette di abbandonare le fonti di distrazione consentendo di selezionare le informazioni rilevanti necessarie per la buona riuscita della prestazione sportiva. Di contro, l'accelerazione della FC si verifica prevalentemente in condizioni di sovraccarico (Abernethy et al., 2007). Alla luce di questo, lo studio svolto da Neumann e Thomas (2009) ha indagato l'attività cardiaca in golfisti d'*elite*, esperti e principianti prima del *putt*. Nello specifico, l'inizio del *putt* è stato inteso come il momento in cui avveniva il contatto tra il *putter* (ovvero la testa del bastone) e la palla. I risultati hanno riportato che i tre gruppi differivano nelle componenti HR, LF, HF ma non nella componente VLF. Quello che è emerso era che i golfisti alle prime armi avevano impiegato uno sforzo attenzionale maggiore nel compito da svolgere rispetto ai golfisti d'*elite* poiché si è verificato un aumento della frequenza del battito cardiaco ( $M = 105,08$ ,  $SD = 12,34$ ). Mentre l'HR negli atleti d'*elite* ( $M = 89,25$ ,  $SD = 10,33$ ) e nel gruppo di esperti ( $M = 88,82$ ,  $SD = 15,67$ ) è risultato inferiore. I golfisti

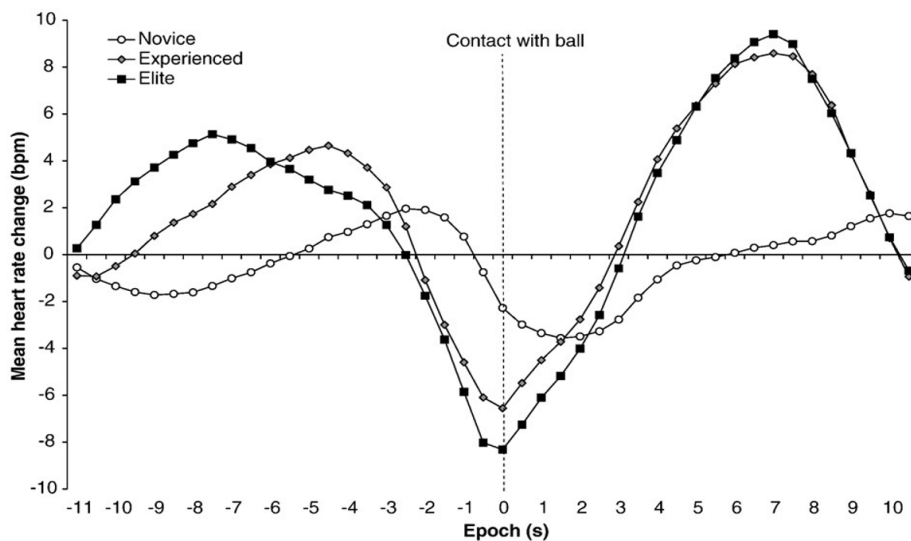
*d'elite* hanno mostrato una maggiore potenza della componente LF HRV e una decelerazione più pronunciata della frequenza cardiaca immediatamente prima del *putt* ( $M = 3,09$ ,  $DS = 0,52$ ). La componente LF risultava invece inferiore nel gruppo dei novizi ( $M = 2,66$ ,  $DS = 0,44$ ), mentre il gruppo intermedio ha mostrato livelli della LF maggiori rispetto al gruppo nei novizi ma inferiori rispetto al gruppo elitario ( $M = 2,95$ ,  $DS = 0,33$ ).

I risultati principali dello studio sono evidenziati nella figura 8.

Le misure derivate dall'attività cardiaca hanno indicato che il livello di abilità più elevato era associato a un aumento della HRV nella banda di frequenza LF quindi, sulla base di questi risultati, Neumann e Thomas (2009) hanno concluso che è necessario promuovere un programma di allenamento che abbia l'obiettivo di aumentare la decelerazione cardiaca immediatamente prima del *putt* e di utilizzare tecniche che migliorino la capacità dell'individuo di focalizzare l'attenzione sui segnali rilevanti relativi del compito.

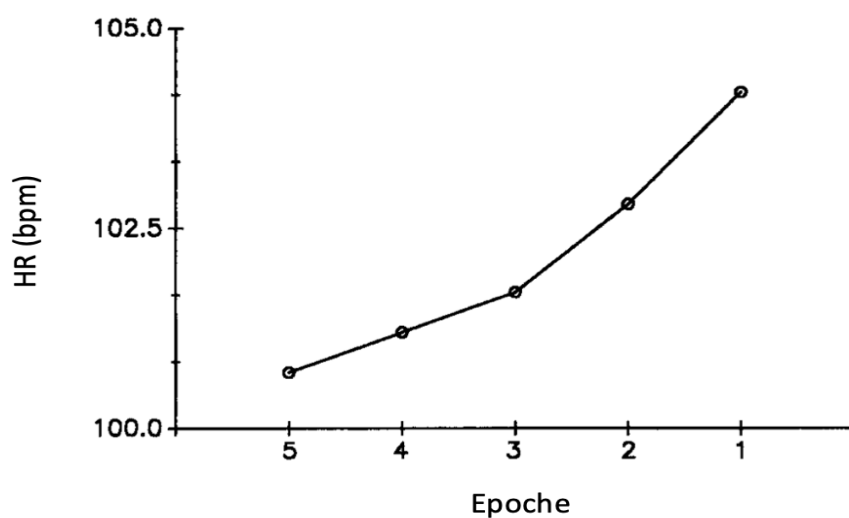


**Figura 8.** Partendo da sinistra compare il pannello con la potenza spettrale media per le componenti a frequenza molto bassa (VLF), bassa frequenza (LF) e ad alta frequenza (HF) nei tre gruppi di partecipanti. Figura adattata da Neumann e Thomas (2009).



**Figura 9.** Variazione della frequenza cardiaca media per ogni epoca nei tre gruppi di atleti: principianti, esperti e sportivi d'élite. I valori negativi indicano le epoche prima dell'inizio del *putt* (ad esempio, -1 è l'epoca che va da 1 a 0,5 s prima del *putt*). Figura adattata da Neumann e Thomas (2009).

Tuttavia, Salazar e colleghi (1990) hanno precisato che la decelerazione cardiaca può essere utilizzata come indice di attenzione solo quando lo stato preparatorio in esame non comporta sforzi fisici importanti perché nel momento in cui gli atleti devono eseguire uno sforzo fisico maggiore, come nel tiro con l'arco, l'effetto di decelerazione della FC non è sempre osservabile. Infatti, nel loro studio (Salazar et al., 1990) hanno misurato gli intervalli interbattiti durante i 3-4 secondi immediatamente precedenti il rilascio della freccia e i risultati hanno riscontrato un'accelerazione cardiaca ( $F = 8,36; p < 0,01$ ) passando da 100,7 a 104,2 BPM. I risultati dello studio si possono osservare nella figura 10.



**Figura 10.** Grafico dei risultati dello studio di Salazar et al. (1990). In ordinata è mostrata la frequenza cardiaca, mentre in ascissa sono riportati gli intervalli interbattito (le epoche) prima dello sparo. Il 5 rappresenta i 3 secondi prima del rilascio della freccia e 1 è l'intervallo interbattito immediatamente prima del rilascio della freccia. Figura adattata da Salazar et al. (1990).

Landers et al. (1994, citato in Cooke, 2013) hanno affermato che lo studio condotto da Salazar et al. (1990) è stato l'unico studio che ha riportato la presenza di una accelerazione cardiaca prima dei tiri in arcieri esperti e questa attribuzione potrebbe essere dovuta alle sollecitazioni fisiche associate all'impugnatura dell'arco. In conclusione, Cooke (2013) sostiene che la decelerazione della FC caratterizza la preparazione all'azione negli *sport* di mira che spiega la presenza di risultati migliori nella prestazione.

Alla luce di questi risultati è possibile concludere che la FC nelle competizioni sportive può essere importante per preparare il fisico alla gara imminente. Inoltre, una tipologia di *sport* ad alta intensità richiede un'elevata accelerazione cardiaca che risulta

fondamentale per una buona prestazione ma che, di contro, può essere dannosa per gli *sport* di precisione, nei quali è importante che l'accelerazione cardiaca diminuisca (Benum et al., 2021). Quindi si potrebbe concludere che l'accelerazione e la decelerazione cardiaca siano in relazione al tipo di *sport* che l'atleta deve svolgere.

Concludendo, la capacità di controllare la FC nel contesto sportivo può essere importante per preparare il corpo allo sforzo imminente in una serie di *sport* diversi in cui la regolazione della FC diventa la chiave per il successo (Benum et al., 2021). Quindi, l'HRV sembra fornire uno strumento individuale e pratico per valutare la pressione competitiva, cosa che può essere utile per gli allenatori nell'aiutare gli atleti nella gestione di questo fattore chiave (Mateo et al., 2012). Inoltre, la natura multiforme dell'ansia negli sportivi rende necessario attuare strategie adeguate in base alle loro esigenze specifiche. Pertanto sarebbe necessario aumentare le conoscenze sulla risposta ansiosa degli atleti per ridurre e gestire l'ansia pre-agonistica (García-Ceberino et al., 2022). Il modello IZOF considera e comprende le esperienze sia emozionali sia fisiologiche soggettive e individuali legate al raggiungimento di prestazioni ottimali (Ruiz et al., 2015). Per questo, l'obiettivo da seguire potrebbe essere quello di aiutare gli atleti ad acquisire le informazioni personali necessarie alla realizzazione del loro massimo potenziale. A tale proposito sono state studiate una serie di tecniche per migliorare la prestazione sia in termini fisici che di gestione delle componenti psicologiche, come l'ansia, al fine di aumentare la consapevolezza degli sportivi.

### Capitolo 3 - Tecniche per il miglioramento della prestazione

Solitamente, il termine “allenamento” viene utilizzato per indicare un insieme di pratiche che mirano a migliorare le prestazioni fisiche degli atleti. Tuttavia, è importante considerare che per ottimizzare la prestazione sportiva non basta focalizzarsi esclusivamente sulle componenti fisiche, ma è importante anche sviluppare le abilità mentali degli atleti (Liparoti & Lopez, 2021). L’allenamento delle abilità mentali (o *mental training*) ha l’obiettivo di aiutare l’atleta a sviluppare maggiore consapevolezza e padronanza di sé e delle proprie abilità mentali con il fine ultimo di migliorare il suo stato psicologico e, di conseguenza, la sua prestazione sportiva (Behncke, 2004). Infatti, le manifestazioni di ansia e tensione prima e durante la competizione sono le principali minacce al successo. Pertanto, la prevenzione e il trattamento dei sintomi dell’ansia sono di fondamentale importanza (Jordanova & Demerdzieva, 2010).

A tale proposito gli psicologi dello *sport* usano una varietà di tecniche per ridurre gli stati di ansia. Le tecniche di allenamento delle abilità mentali possono essere raggruppate in due categorie di base, ovvero i metodi cognitivi e i metodi somatici (Behncke, 2004). I metodi cognitivi includono diverse tecniche di visualizzazione, quali, ad esempio, il *mental* e *motor imagery* e tecniche proprie della terapia cognitivo-comportamentale come la ristrutturazione cognitiva. I metodi somatici includono tecniche respiratorie, tecniche di rilassamento (ad esempio, il rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson*) e il *biofeedback*.

### 3.1 Tecniche respiratorie

Una corretta tecnica di respirazione è importante per favorire una condizione di rilassamento e per mantenere uno stato di equilibrio psico-fisico (Suprunenko, 2021). Infatti, quando la respirazione è eseguita correttamente, vengono prodotte endorfine che risultano essere positive per l'organismo (Suprunenko, 2021). Diversi autori hanno affermato che respirare in modo corretto e consapevole promuove il rilassamento fisico e riduce l'impatto dell'attivazione somatica (Peden, 2009; Pelizzari & Tovaglieri, 2014). Il principale muscolo respiratorio è il diaframma, un muscolo addominale situato sotto i polmoni vicino alla base delle costole. L'espiazione comporta una diminuzione del volume polmonare e un innalzamento del diaframma, mentre l'inspirazione comporta l'aumento del volume polmonare e l'abbassamento del diaframma di 1-2 centimetri. Quando la respirazione è più controllata e consapevole, il diaframma può abbassarsi fino a superare i 10 centimetri (Schiraldi, 2004). Il diaframma è un muscolo che, se allenato, tramite una respirazione lenta e profonda, può migliorare la capacità di utilizzo dell'aria (Pelizzari & Tovaglieri, 2014) e promuovere uno stato soggettivo di rilassamento (Hazlett-Stevens e Craske, 2003). Infatti, il movimento del diaframma stimola il nervo vago e attiva il sistema parasimpatico, con conseguente riduzione della FC, del tono muscolare e una migliore ossigenazione del cervello. Insieme, questi effetti portano a una riduzione della sintomatologia dell'ansia (Pelizzari & Tovaglieri, 2014). Il processo di respirazione diaframmatica prevede un periodo di allenamento che può essere suddiviso in varie sessioni a seconda della velocità con cui gli sportivi lo apprendono (Omoluabi, 1994). Queste sessioni consistono nell'imparare a usare il diaframma, inspirando

profondamente spingendo fuori il diaframma, riempiendo completamente i polmoni di ossigeno e trattenere il respiro per 10 secondi prima di espirare lentamente attraverso le narici. Successivamente è opportuno respirare normalmente e lentamente per 20 secondi e poi ripetere tutto dall'inizio. Successivamente, per aumentare l'entrata di ossigeno, è necessario aumentare l'inspirazione e trattenere il respiro per 20 secondi prima di espirare con forza ma lentamente attraverso la bocca semichiusa. Dopodiché è necessario respirare normalmente per 45 secondi e ripetere nuovamente il procedimento dall'inizio. In questa fase è importante che tutte le parti del corpo siano rilassate completamente per focalizzarsi sul modello di respirazione che deve essere lento e costante (Omoluabi, 1994). Una volta appresa la tecnica, gli atleti possono praticarla da soli e in diversi momenti della giornata migliorando di volta in volta la procedura. Secondo alcuni studiosi, una volta imparata la procedura, gli atleti possono utilizzarla in qualsiasi fase della competizione (Omoluabi, 1994; Suprunenko, 2021). La respirazione diaframmatica ha come obiettivo quello di aumentare la percentuale di aria inalata utilizzabile dal corpo poiché questo comporta un aumento della percentuale di ossigeno nel sangue (Omoluabi, 1994). In questo modo, la riduzione dell'anidride carbonica comporta l'attivazione parasimpatica caratterizzata da una riduzione della pressione sanguigna, calo della frequenza cardiaca, aumento della temperatura cutanea e una sensazione di rilassamento (Ballentine, 1976 citato in Omoluabi, 1994). Un altro obiettivo della tecnica di respirazione diaframmatica è quello di lavorare consapevolmente sulla mobilitazione e il potenziamento del diaframma (Omoluabi, 1994).



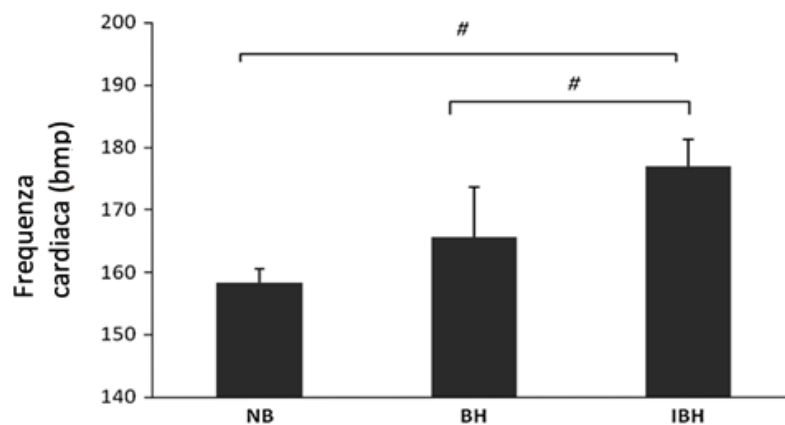
Lo studio condotto da Hunt et al. (2018) ha confrontato la respirazione diaframmatica profonda (DB) con il rilassamento muscolare progressivo (PMR) e la respirazione stimolata (respirazione lenta ma non profonda) per verificare se queste tecniche fossero in grado di ridurre lo stato di *stress* e se potessero essere indicatori fisiologici del flusso vagale, in 76 atleti di nuoto, calcio e corsa. I dati ECG e respiratori sono stati acquisiti utilizzando camicie biometriche Hexoskin, le quali hanno dei sensori che misurano la frequenza cardiaca e respiratoria in tempo reale. Tutti i partecipanti hanno quindi indossato la camicia e sono stati istruiti a sedersi in silenzio in una stanza da soli per 5 minuti in modo da stabilire le misure di base a riposo (*baseline*); successivamente, è stato chiesto loro di valutare il loro livello di *stress* compilando un questionario. A questo punto i partecipanti sono stati assegnati in modo casuale al gruppo DB o al gruppo PMR. Nella condizione DB lo sperimentatore ha insegnato ai partecipanti come eseguire la respirazione con l'obiettivo di far diminuire la respirazione a circa quattro cicli respiratori al minuto. Nel gruppo PMR è stato insegnato ai partecipanti a svolgere una serie di movimenti di PMR in modo attivo e di effettuare la respirazione stimolata. Dopo gli interventi è stato chiesto ai soggetti di compilare nuovamente un questionario che valutava i propri livelli di *stress* soggettivi. Complessivamente, tutti gli individui hanno riportato un aumento significativo delle sensazioni di rilassamento ma c'è stata una tendenza per gli individui nel gruppo DB a riferire di sentirsi un po' più rilassati rispetto agli individui nel gruppo PMR, ( $F = 2,201, p = 0,14$ ). Inoltre, i risultati hanno riportato che la DB ha comportato una diminuzione della frequenza respiratoria ( $M = 5, SD = 2; p < 0,01$ ) maggiore rispetto alla respirazione stimolata ( $M = 6,7, SD = 0,48$ ) Tuttavia, la FC e l'HRV non erano significativamente differenti tra le due tipologie di respirazione. La DB invece,

ha provocato una HRV più alta ( $p < 0,001$ ) e ha diminuito la FC rispetto alla PMR. In generale, la ricerca suggerisce che le strategie di rilassamento utilizzate hanno avuto successo nel regolare l'attività autonoma e nella diminuzione degli stati negativi correlati all'ansia. In particolare la DB sembra avere un vantaggio complessivamente maggiore, rispetto alle altre due tecniche, sulle variabili respiratorie, cardiache e soggettive di autovalutazione. Va tuttavia sottolineato che lo studio presenta dei limiti poiché non vi era la presenza di un gruppo di controllo con cui confrontare i risultati e inoltre, l'intervento è stato molto breve, essendosi svolto in un'unica sessione. La ricerca futura potrebbe quindi effettuare delle ricerche somministrando queste tecniche in varie sessioni e monitorare i cambiamenti delle variabili nel lungo periodo.

Oltre alla respirazione diaframmatica lenta e profonda, si può distinguere un'altra tecnica respiratoria basata su l'iperventilazione, definita da Pelizzari e Tovaglieri (2014) come una tecnica veloce e forzata di espirazione e inspirazione che porta, a livello fisiologico, a una riduzione di anidride carbonica. Dopo l'iperventilazione il sangue non è più ricco di ossigeno ma più povero di anidride carbonica. Nello specifico, Pelizzari e Tovaglieri (2014) hanno affermato che nel mondo dell'apnea subacquea, l'apneista, in seguito all'iperventilazione, non avverte la necessità di respirare, per cui protrae l'apnea e si espone al pericolo di *blackout* ovvero alla perdita di coscienza. Dunque, nello *sport* subacqueo, la tecnica dell'iperventilazione sembra non essere un metodo di respirazione sicuro.

Lo studio condotto da Stavrou et al. (2017) aveva lo scopo di esaminare l'effetto di tre tecniche di respirazione ovvero la respirazione normale (NB), il trattenimento del

respiro (BH) e il trattenimento del respiro intermittente (IBH) sulla FC in 10 giovani nuotatori. Il BH prevede di trattenere volontariamente il respiro, successivamente svolgere un'espirazione profonda, una inspirazione profonda e ripetere il ciclo dall'inizio mentre l'IBH prevede di trattenere il respiro, svolgere un'espirazione lenta e profonda e infine inspirare profondamente per poi ripetere il ciclo dall'inizio. Lo scopo era quello di indagare gli effetti di queste due diverse tecniche di respiro sui muscoli inspiratori e sulla frequenza cardiaca. Il disegno sperimentale includeva tre sessioni di nuoto, con una differenza tra loro di 24 ore, 48 ore e 72 ore, eseguite in piscina. Lo studio era costituito dalla misurazione della FC in una prova singola che includeva 25 metri di gabbate a stile libero (*baseline*) che poi è stata nuovamente misurata al termine di ogni prova. I risultati hanno evidenziato differenze nella FC tra le tecniche di respirazione, osservando valori più elevati nel caso della IBH ( $M = 177 \pm 4,2$ ) rispetto alla BH ( $M = 165,7 \pm 7,9$ ) e alla NB ( $M = 158,3 \pm 2,2$ ).



**Figura 11.** Risposte della FC dopo le tre tecniche di respirazione (# indica  $p < 0,001$ ).

Figura adattata da Stavrou et al. (2017).

Questo studio evidenzia che la FC è stata attivata in modo diverso nelle tre diverse tecniche. In particolare, la IBH ha aumentato maggiormente la FC rispetto alle altre due tecniche. L'aumento della FC andrebbe inteso in senso positivo, in quanto necessario per portare a termine con successo la prova di nuoto, che richiedeva un importante affaticamento fisico. Inoltre, grazie all'attivazione del sistema simpatico, gli atleti apparivano più resistenti all'attività sotto sforzo. Per concludere, i dati del presente studio supportano il fatto che allenare con la BH e ancora di più con l'IBH influisce sulla FC degli atleti. È però importante sottolineare alcuni limiti dello studio: innanzitutto non c'era un gruppo di controllo con cui confrontare i risultati e, inoltre, non è stato valutato se l'aumento della FC cardiaca avesse effettivamente dei riscontri positivi circa il miglioramento della *performance*. Pertanto, in futuro, potrebbe essere utile indagare se le tecniche di respirazione portino a dei miglioramenti nel lungo termine nella prestazione degli atleti.

### **3.2 Il rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson***

Il rilassamento muscolare progressivo, proposto da Edmund Jacobson nel 1938, si basa sull'acquisizione della consapevolezza del grado di tensione muscolare del proprio corpo o di parti del corpo (Feltz & Landers, 1980). Una volta che l'individuo riesce a riconoscere che la tensione corporea si sta sviluppando, può iniziare a controllarla attraverso il rilassamento. La tecnica prevede un alternarsi di una contrazione volontaria e di un successivo rilassamento dei principali gruppi muscolari. Solitamente, la tecnica di rilassamento coinvolge prima i gruppi muscolari associati ai polsi e alle braccia fino ad arrivare ai muscoli delle gambe (Feltz & Landers, 1980). Inoltre, una volta rilassati i

muscoli, l'istruttore può chiedere ai partecipanti di pronunciare ad esempio la parola 'relax' per aiutare a richiamare una sensazione di rilassamento del corpo (Singh et al., 2018). Successivamente, è importante che le persone acquisiscano la capacità di indurre il rilassamento affinché possano riprodurlo in maniera più facile (Singh et al., 2018).

Battaglini et al. (2022) hanno condotto uno studio con lo scopo di analizzare gli effetti del rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson* sulle variabili psicofisiologiche in 59 atleti di *basket* di sesso maschile. I partecipanti sono stati suddivisi in un gruppo di intervento e un gruppo di controllo. Nel gruppo di intervento è stato testato se gli atleti, a seguito della partecipazione al programma di rilassamento muscolare, riscontravano livelli inferiori di ansia e una riduzione della FC mentre il gruppo di controllo ha seguito il solito allenamento. I risultati hanno riportato una differenza statisticamente significativa di diminuzione della variabile dell'ansia cognitiva ( $p = 0,038$ ) nel gruppo di intervento, mentre non sono state riscontrate differenze significative dell'ansia somatica e della fiducia in sé stessi. Inoltre, la tecnica di rilassamento utilizzata ha prodotto una significativa diminuzione della FC degli atleti ( $p < 0,05$ ). Quindi, il rilassamento muscolare progressivo sembra essere una tecnica efficace nel ridurre l'ansia cognitiva ma non l'ansia somatica e la fiducia in sé stessi. Infine, come hanno suggerito gli autori, poiché la FC indica la tensione cardiovascolare, allora una bassa FC suggerisce la potenziale utilità del rilassamento progressivo nel ritardare l'insorgenza della fatica durante l'attività sportiva (Battaglini et al., 2022).

Lo studio condotto da Bagherpour et al. (2012) ha indagato gli effetti di due diverse tecniche: il rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson* e il *motor imagery* sull'ansia

di stato in 88 giocatori di *taekwondo* in Malesia e in Iran. Il *motor imagery* è la pratica cognitiva di un'abilità fisica senza effettuare lo svolgimento di prestazioni fisiche quindi, si richiede agli atleti di immaginare i movimenti motori che svolgono durante la pratica del *taekwondo*. Inoltre gli atleti devono concentrarsi anche sui parametri psicologici interni per ridurre lo stato d'ansia. I partecipanti sono stati suddivisi in modo casuale in quattro gruppi: esercizio di immaginazione, rilassamento muscolare progressivo, esercizio di immaginazione combinato al rilassamento muscolare progressivo e gruppo di controllo. Per misurare l'ansia di stato competitiva, che valutava l'ansia cognitiva, l'ansia somatica e la fiducia in sé stessi, è stato utilizzato il CSAI-2R, mentre per il rilassamento muscolare progressivo e la tecnica di immaginazione interna sono stati utilizzati video preregistrati, tappetini e lettori CD con cuffie. I dati sono riportati in dettaglio nella tabella 5.

<b>Gruppi</b>		<b>Ansia cognitiva (Media e SD)</b>	<b>Ansia somatica (Media e SD)</b>	<b>Fiducia in sé stessi (Media e SD)</b>
<b>Controllo</b>	Prima misurazione	11,000 (2,988)	15,333 (4,519)	13,166 (4,687)
	Ultima misurazione	11, 167 (1,898)	16,416 (2,193)	12,083 (2,503)
<b>Rilassamento muscolare progressivo</b>	Prima misurazione	10,000 (3,330)	14,166 (4,745)	13,583 (2,778)
	Ultima misurazione	6,583 (0,668)*	10,167 (1,403)*	16,166 (1,642)*
<b><i>Motor imagery</i></b>	Prima misurazione	9,916 (2,745)	16,416 (4,737)	12,166 (3,379)
	Ultima misurazione	7,750 (1,356)*	11,916 (2,028)*	17,083 (1,240)*
<b>Gruppo combinato</b>	Prima misurazione	11,416 (2,539)	16,083 (3,941)	13,250 (3,278)
	Ultima misurazione	7,916 (1,164)*	10,333 (1,825)*	16,166 (1,586)*

**Tabella 5.** Valori della media e deviazione *standard* per i parametri misurati nei quattro gruppi sperimentali durante la prova sperimentale ( $*p < 0,001$ ). Tabella modificata da Bagherpour et al. (2012).

I risultati hanno riportato una significativa riduzione dell'ansia somatica nel gruppo di immaginazione, nel gruppo di rilassamento muscolare e nel gruppo combinato, ma non nel gruppo di controllo. Tutti i gruppi sperimentali hanno riportato una riduzione dell'ansia cognitiva rispetto al gruppo di controllo e, in particolare, il gruppo combinato e il gruppo di immaginazione sono risultati migliori rispetto al gruppo di rilassamento. Infine, per quanto riguarda la fiducia in sé stessi, i gruppi sperimentali hanno riportato tutti livelli significativamente più elevati rispetto al gruppo di controllo.

Riassumendo, sia il rilassamento progressivo che il *motor imagery* hanno indotto una riduzione dell'ansia cognitiva e somatica e un aumento della fiducia in sé stessi rispetto al gruppo di controllo. Inoltre, la combinazione di entrambe le tecniche sembra produrre risultati migliori rispetto all'utilizzo di una sola tecnica.

Parnabas et al. (2014) hanno riscontrato una relazione positiva tra il rilassamento muscolare progressivo e la prestazione sportiva ( $r = 0,078, p < 0,01$ ) e tra le tecniche di respirazione profonda e la prestazione sportiva ( $r = 0,091, p < 0,01$ ) in un campione di 122 atleti che gareggiavano con varie università. Questi risultati hanno riportato che maggiore è l'utilizzo della tecnica del rilassamento muscolare progressivo e della respirazione e maggiore sarà il livello delle prestazioni sportive. Infatti, ad esempio, la tecnica del rilassamento muscolare progressivo è utile per diminuire la tensione muscolare, i pensieri

negativi e aiuta a eseguire la respirazione profonda nel modo corretto. Quindi, questi metodi possono aiutare gli atleti a ridurre gli stati d'ansia. (Parnabas et al., 2014).

Lo studio di Verawati et al. (2019) ha indagato se la tecnica del rilassamento muscolare progressivo fosse correlata a una maggiore concentrazione in 12 atleti di tiro con l'arco. Infatti, la concentrazione nelle prestazioni sportive è essenziale affinché gli atleti ignorino i fattori interni ed esterni superflui per focalizzarsi solamente sui compiti salienti per la prestazione. In particolare, gli sportivi sono stati suddivisi in due gruppi: sperimentale, che eseguiva il rilassamento muscolare progressivo al termine l'allenamento in modo da non creare interferenze con il programma del *training*, e di controllo. All'inizio dello studio è stato eseguito un *pre-test* per determinare lo stato iniziale della concentrazione dei partecipanti e, alla conclusione dell'esecuzione del rilassamento muscolare progressivo nel gruppo sperimentale, è stata effettuata in entrambi i gruppi la valutazione *post-test* della concentrazione degli atleti. Lo studio ha riscontrato una differenza significativa dei punteggi di concentrazione tra valutazione *pre* e *post* nel gruppo sperimentale ( $M_{pre-test} = 16$  e  $M_{post-test} = 21,67$ ;  $s = 0,027$  con  $p < 0,05$ ), mentre nel gruppo di controllo non è stata riscontrata alcuna differenza significativa ( $M_{pre-test} = 16$  e  $M_{post-test} = 16,33$ ;  $s = 0,414$  con  $p \geq 0,05$ ). Sulla base dei risultati è quindi possibile concludere che il rilassamento muscolare progressivo può aiutare la concentrazione dell'atleta di tiro con l'arco. In studi successivi è utile che venga esaminato se questi risultati influiscono sul miglioramento della prestazione.

Alla luce dei suddetti studi è possibile concludere che il rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson* può essere una tecnica valida per aumentare il livello



prestazionale degli atleti. Esso, infatti, contribuisce a ridurre l'ansia, la FC e ad aumentare il livello di fiducia in sé stessi e la concentrazione. Inoltre, la combinazione di varie tecniche potrebbe fornire una preparazione più completa dell'atleta per aumentare la probabilità di successo della prestazione.

### **3.3 Training autogeno**

Il *training* autogeno (TA) è stato definito come una tecnica di auto-distensione e di rilassamento data dalla concentrazione psichica (Pelizzari & Tovaglieri, 2014). Il TA consente di ridurre la FC, di rallentare la frequenza respiratoria e permette al sangue di fluire più facilmente attraverso il corpo favorendo la funzione del sistema immunitario (Singh et al., 2018). Il TA comprende varie tecniche di immaginazione, respirazione, concentrazione focalizzata e pratiche autogene (Ugurlu et al., 2021). Le pratiche autogene fanno riferimento all'assunzione di una serie di posizioni come sdraiarsi sulla schiena, con i palmi in posizione supina e i talloni appoggiati uniformemente sulla superficie del pavimento o, in caso di posizione seduta, viene chiesto di posizionare le braccia sulle ginocchia. Successivamente l'istruzione è di focalizzarsi sul proprio corpo e procedere con alcuni comandi, come ripetere mentalmente “la mia fronte è fredda” o “sono in pace” (Singh et al., 2018). L'obiettivo principale è di rilassare il corpo (Veskovic et al., 2019). Similmente ad altre tecniche di rilassamento, il TA richiede di concentrarsi sul ritmo della respirazione, sulla visualizzazione del proprio corpo, di ripetere mentalmente alcune parole e di concentrarsi sul battito cardiaco per arrivare gradualmente a diminuirne il ritmo (Pelizzari & Tovaglieri, 2014). Secondo Suprunenko (2021), con l'aiuto

dell'autoregolazione mentale è possibile ottimizzare il livello di attivazione del sistema nervoso centrale per superare un elevato livello di *distress* mentale e fisico.

Il TA tenta di produrre sensazioni di rilassamento sia mentale sia fisico. Questa tecnica viene eseguita in un ambiente non influenzato da fattori esterni, come luce e rumore (Ugurlu et al., 2021). La postura assunta durante il TA è di fondamentale importanza in quanto è necessario che l'individuo trovi la posizione del corpo più opportuna per evitare qualsiasi fattore di tensione muscolare affinché possa raggiungere uno stato di tranquillità (Schultz, 1932). Dopo che la persona ha assunto la posizione più opportuna la si invita a chiudere gli occhi e a raggiungere uno stato mentale di quiete (Schultz, 1932).

Secondo Rajalakshmi (2020), gli esercizi del TA hanno come obiettivo la riduzione dell'intensità dell'ansia competitiva tramite l'apprendimento di una serie di esercizi mentali che comprendono l'utilizzo di frasi specifiche che vengono ripetute sotto forma di pensieri. Rajalakshmi (2020) ha condotto uno studio per indagare se vi fosse una relazione tra il TA e la riduzione dell'ansia in 30 atleti fondisti. I partecipanti sono stati suddivisi casualmente in un gruppo di controllo e uno sperimentale. Il gruppo sperimentale ha eseguito il TA tre volte a settimana per sei settimane mentre il gruppo di controllo ha seguito il normale protocollo di allenamento. È emerso che, per il gruppo di controllo, la media dei punteggi dell'ansia (misurata tramite il CSAI-2, Martens et al., 1990) era pari a 100 nel *pre-test* e a 104 nel *post-test*. Mentre, nel gruppo sperimentale il *pre-test* era pari a 100 e nel *post-test* risultava 75,93 ( $F = 6,06$ ). Quindi è stata riscontrata una differenza significativa tra il punteggio *post-test* del gruppo sperimentale ma non per il gruppo di

controllo. Alla luce di questi risultati, Rajalakshmi (2020) ha concluso che il TA può essere un metodo efficace nel ridurre l'ansia competitiva nei fondisti.

Veskovic et al. (2019) hanno ipotizzato che l'introduzione del TA e dell'immaginazione guidata nel programma di allenamento potesse portare a miglioramenti nell'ansia e nella fiducia in sé stessi rispetto all'allenamento regolare. Lo studio è stato condotto con 24 atleti di *karate* di alto livello, per un periodo di 8 settimane, che sono stati distribuiti casualmente in un gruppo sperimentale e in uno di controllo. Ai fini di questa ricerca è stato applicato il *Movement Imagery Questionnaire-3* (MIQ-3, Williams et al., 2012), composto da tre sottoscale che valutano la capacità dell'individuo di immaginare quattro movimenti specifici, quali il sollevamento del ginocchio, il salto, il movimento del braccio e la flessione del bacino utilizzando immagini visive interne, esterne e immagini cinestesiche. È stato inoltre utilizzato il CSAI-2 per misurare l'ansia di stato competitiva. I risultati hanno evidenziato una significativa diminuzione dell'ansia somatica ( $F = 15,179, p < 0,01$ ), dell'ansia cognitiva ( $F = 7,500, p = 0,012$ ) e un aumento della fiducia in sé stessi ( $p < 0,01$ ) nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo. Dati i benefici e l'assenza di controindicazioni del TA osservati nello studio, Veskovic et al. (2019) hanno suggerito l'implementazione del TA nei programmi di allenamento degli atleti. I limiti della ricerca risiedono nel ridotto numero di atleti implicati, inoltre i ricercatori dovrebbero specificare i contributi separati che hanno apportato il TA e l'immaginazione guidata.

### 3.4 Il *biofeedback*

La psicofisiologia, definita come lo “studio scientifico della relazione tra l’attività mentale, comportamentale e degli eventi corporei” (Surwillo, 1986, p. 3 citato in Blumenstein & Orbach, 2014), trova campo di applicazione in ambito sportivo in quanto può fornire strumenti agli atleti per gestire lo stato di attivazione fisiologica (o ansia somatica) e di ansia cognitiva. La psicofisiologia, infatti, è basata sul principio secondo cui ogni cambiamento nello stato fisiologico è accompagnato da un parallelo cambiamento negli stati mentali ed emozionali e, viceversa, ogni cambiamento nello stato mentale ed emozionale è accompagnato da un cambiamento in quello fisiologico (Blumenstein & Orbach, 2014).

Una delle principali tecniche della psicofisiologia applicata allo *sport* è il *biofeedback* (BFB). L’obiettivo principale di questa tecnica è quella di ottenere, da parte dell’atleta, il controllo consapevole delle risposte fisiologiche, che sarebbero per natura sotto il controllo del SNA o comunque fuori dal controllo volontario (Pop-Jordanova & Demerdzieva, 2010). Grazie alla tecnologia moderna, è possibile misurare indici fisiologici come la frequenza cardiaca e la respirazione durante gli eventi in tempo reale. Il BFB prevede l’uso di elettrodi e trasduttori per registrare rispettivamente potenziali bioelettrici (come il segnale ECG prodotto dall’attività del cuore) e segnali bioelettrici di altra natura (come la conduttanza cutanea) o segnali biofisici di natura non elettrica (ad esempio di natura meccanica come la respirazione; Pennisi & Sarlo, 1998). Dopo la registrazione dei parametri psicofisiologici, il sistema di BFB prevede che il segnale venga retroazionato, ovvero restituito alla persona, sotto forma di *feedback* visivo o acustico in

un modo tale che risulti comprensibile al destinatario del *training* (Liparoti & Lopez, 2021). In generale, i cambiamenti fisiologici vengono presentati alla/o sportiva/o tramite l'utilizzo di un *computer* che in forma grafica o multimediale rende più chiari e leggibili i risultati (Blumenstein & Orbach, 2014). Ad esempio, il *neurofeedback* (NF) si riferisce a una tecnica di condizionamento in cui l'individuo impara come influenzare l'attività elettrica cerebrale (frequenza, ampiezza e sincronizzazione). Per fare questo, l'attività elettrica viene trasmessa a un *computer* tramite il quale si cerca di indurre cambiamenti nell'EEG trasmessi per mezzo di un segnale (luce o suono) attraverso il *computer* (Pop-Jordanova & Demerdzieva, 2010). Quindi in generale, viene richiesto all'individuo di controllare volontariamente la funzione desiderata, in base allo spostamento della luce o alla presenza o al cambiamento di intensità del segnale uditivo in modo da farla coincidere con quella osservata al *monitor* (Sattar & Valdiya, 1999).

Il *training* di BFB prevede l'acquisizione iniziale dei segnali fisiologici di interesse (la *baseline*) che viene successivamente confrontata con gli stessi dati fisiologici rilevati al termine del *training* (Liparoti & Lopez, 2021). Il numero delle sedute del BFB *training* dipende da diversi fattori, quali l'obiettivo da raggiungere e la velocità di apprendimento dell'atleta. Poiché lo scopo di tale formazione è quello di trasferire e generalizzare le competenze apprese durante il BFB *training* (che può avvenire in uno studio o in un laboratorio), in allenamento e poi in un contesto di competizione, è fondamentale che l'atleta impari a replicare quanto appreso anche in assenza dei *feedback* ricevuti durante le sessioni di formazione (Liparoti & Lopez, 2021).

Le modalità di BFB sono varie e possono essere suddivise in periferiche (elettromiografia, risposta elettrodermica, frequenza cardiaca, temperatura cutanea periferica e misura del polso volumetrico) o centrali (basate su elettroencefalografia ovvero *neurofeedback*, Pop-Jordanova & Demerdzieva, 2010). Ai fini della presente tesi è stato indagato prevalentemente il BFB della variabilità della frequenza cardiaca (HRV BFB) che è un tipo di misurazione sistematizzata da Lehrer et al. (2000). In particolare, l'HRV viene misurata mediante elettrocardiografia nell'intervallo *interbeat* (IBI, Blumenstein & Orbach, 2014). Questo tipo di *training* prevede di allenare l'atleta a massimizzare la coerenza tra la respirazione e la variabilità della FC, ovvero a massimizzare la RSA. In particolare, l'individuo osserva su un *monitor* sia il segnale di HRV sia il segnale della frequenza respiratoria e viene allenato a sincronizzare le due curve fino a ottenere la massima coincidenza tra i due segnali (Dziembowska et al., 2016). Quindi, all'inizio dell'inspirazione si dovrebbe osservare la FC che inizia ad aumentare, mentre, con l'espiazione, la FC dovrebbe iniziare a diminuire (Morgan & Mora, 2017). Quindi, tramite l'HRV BFB l'atleta viene istruita/o a respirare a una frequenza specifica nota come frequenza di risonanza (*resonance frequency*). La frequenza di risonanza indica i cicli respiratori al minuto che permettono di massimizzare la RSA (Pagaduan et al., 2020). Tale frequenza di risonanza varia da persona a persona, ma di solito è compresa tra 4 e 6,5 respiri/min (Lehrer et al., 2000). L'obiettivo finale dell'HRV BFB è che l'atleta sia in grado di regolare volontariamente la propria attivazione fisiologica e di raggiungere uno stato di rilassamento (Sattar & Valdiya, 1999). Inoltre, questa tecnica facilita il mantenimento di uno stato interno fisiologicamente efficiente e rigenerativo poiché è caratterizzato da una sincronizzazione generale del sistema (Dziembowska et al., 2016).

Infatti, essendo l'HRV un indice di benessere psicofisico (Thayer, 2002), l'HRV BFB può aiutare a mantenere un equilibrio tra sistema nervoso simpatico e sistema nervoso parasimpatico per migliorare la capacità di autoregolazione dell'organismo. Infine, l'ottenere il controllo volontario delle risposte fisiologiche, che sarebbero per natura dominio del SNA, oltre a favorire una maggiore fiducia in sé e aumentare l'autocontrollo individuale dell'attivazione fisiologica (Park et al., 2020), permette all'atleta di affrontare in modo efficace situazioni di forte ansia (Blumenstein & Orbach, 2014; Liparoti & Lopez, 2021). Infatti, l'ansia da competizione e la tensione muscolare possono influenzare la *performance*, per questo l'atleta, controllando il proprio stato di attivazione fisiologica, può ridurre gli effetti deleteri dell'ansia sulla prestazione sportiva (Pop-Jordanova & Demerdzieva, 2010).

Un aspetto metodologico importante che bisogna prendere in considerazione quando si implementa un HRV BFB nelle atlete e negli atleti è che ogni individuo presenta una propria frequenza di risonanza (Morgan & Mora, 2017). Ciò implica che l'allenamento con HRV BFB dovrebbe essere personalizzato e valutato nel tempo per apportare modifiche in base ai progressi e alle esigenze di ciascun/a atleta (Lehrer et al., 2000).

Dziembowska et al. (2016) hanno indagato se il HRV BFB fosse efficace nell'indurre cambiamenti nell'HRV degli atleti e nella gestione dell'ansia. I 41 partecipanti, giocatori maschi di calcio o *basket*, sono stati assegnati in modo casuale a un gruppo sperimentale e a un gruppo di controllo. Il primo gruppo doveva svolgere il solito allenamento oltre a un *training* di HRV BFB, mentre il gruppo di controllo non seguiva

alcun *training* di formazione ma eseguiva il normale programma di allenamento. Il primo gruppo ha svolto dieci sessioni HRV BFB da venti minuti ciascuna nell'arco di tre settimane. Il battito cardiaco è stato rilevato per mezzo di un sensore auricolare e visualizzato sullo schermo di un *computer*. L'immagine visualizzata ha fornito un *feedback* visivo tramite il quale gli atleti si sono allenati a gestire il loro stato fisiologico ed emozionale con l'obiettivo di implementarne il controllo (Dziembowska et al., 2016). In particolare, durante ogni sessione di HRV BFB l'atleta è stato incoraggiato a rilassarsi, a rallentare la FC tramite respirazione addominale, in modo da produrre ampie variazioni della FC, e a concentrarsi sulle emozioni positive. I risultati hanno messo in luce che gli atleti che hanno partecipato al *training* di HRV BFB hanno mostrato una significativa diminuzione dell'ansia di stato che si è ridotta da  $M = 36$  a  $M = 32$  ( $p < 0,001$ ), mentre nel gruppo di controllo non si sono verificate differenze significative nell'arco temporale. In particolare, l'ansia di stato è stata misurata tramite lo STAI (Martens et al., 1990), un questionario composto da 20 domande, a cui viene data una risposta su scala Likert a quattro punti, e che indaga ansia cognitiva, somatica e fiducia in sé stessi. Per quanto riguarda l'HRV, nel gruppo sperimentale sono state riscontrate differenze significative nella banda LF (*low frequency*) e HF (*high frequency*) mentre nel gruppo di controllo non sono stati riscontrati cambiamenti significativi tra il *pre*-allenamento e *post*-allenamento. La tabella 6 riporta nel dettaglio i risultati emersi nello studio di Dziembowska et al. (2016). I cambiamenti osservati nel gruppo sperimentale, negli indici HRV, riguardano l'aumento della potenza LF e la diminuzione della potenza HF i quali, riflettono l'aumento del controllo vagale e dell'attività parasimpatica. Inoltre si è verificata anche una diminuzione dell'ansia di stato dopo l'allenamento con l'HRV BFB. Dziembowska et al.



(2016) hanno quindi concluso che l'HRV BFB potrebbe svolgere un ruolo chiave nella gestione dello stato ansioso e fisiologico, risultando un utile strumento per il miglioramento della prestazione sportiva.

	Gruppo di controllo		Gruppo sperimentale	
	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
<b>LF HRV</b>	2116 $z = 0,122$	2061 $p = 0,903$	3686 $z = 2,882$	9125* $p = 0,009$
<b>HF HRV</b>	1801 $z = 0,434$	2115 $p = 0,664$	3604 $z = 2,79$	851* $p = 0,005$

**Tabella 6.** Confronto dei parametri HRV tra il gruppo di controllo e sperimentale nello studio di Dziembowska et al. (2016).

Nonostante i risultati fossero coerenti con l'ipotesi di partenza, bisogna tenere presente la ridotta dimensione del campione che limita la ricerca e il fatto che gli effetti positivi riscontrati a seguito dell'allenamento con l'HRV BFB erano limitati al breve periodo, nel senso che non è stato indagato se gli effetti dell'allenamento rimanessero costanti col passare del tempo. Sarebbe quindi utile indagare gli effetti a lungo termine del HRV BFB nelle prestazioni sportive.

Bar-Eli e Blumenstein (2004) hanno condotto uno studio focalizzato sulla preparazione mentale con l'utilizzo del BFB combinato all'allenamento autogeno e alla tecnica di immaginazione. Il metodo utilizzato era costituito dalla successione di cinque fasi: introduzione (di tecniche di autoregolazione), identificazione (rafforzamento della modalità di BFB più appropriata), simulazione (di un allenamento con competizione

simulata di *stress* con utilizzo del BFB), trasformazione (dell'addestramento mentale messo in pratica) e realizzazione (applicazione della tecnica in situazioni competitive reali). Una delle caratteristiche più importanti di questo *training* in cinque fasi riguarda l'elevata flessibilità di adattamento per soddisfare le esigenze soggettive dei singoli atleti e in base ai compiti specifici che la disciplina sportiva richiede (Bar-Eli & Blumenstein, 2004). Per verificare l'utilità di questa tecnica gli autori hanno invitato 40 atleti israeliani *pre-élite* di sesso maschile e femminile, a svolgere gli *sport* di corsa e nuoto. I partecipanti sono stati suddivisi in due gruppi: sperimentale e di controllo. Entrambi i gruppi hanno svolto 31 incontri nel corso di 10 settimane durante i periodi preparatori e di competizione del ciclo annuale, in particolare i dati sono stati misurati nel corso di 6 prove. Al gruppo sperimentale, oltre al solito allenamento, sono state insegnate varie tecniche di autoregolazione, come l'allenamento autogeno, il BFB (ad esempio esercizi di concentrazione e di respirazione) e l'utilizzo di immagini (ad esempio, è stato chiesto ai partecipanti di immaginare di nuotare per 50 metri eseguendo la tecnica 'ideale' richiesta dall'allenatore), mentre il gruppo di controllo ha svolto il regolare allenamento. I risultati hanno evidenziato che il BFB, accompagnato dal *training* autogeno e dal *mental imagery*, ha avuto effetti positivi sul miglioramento delle prestazioni in nuotatori di *pre-élite*. Questo risultato è stato attribuito alla riduzione dei tempi di corsa e di nuoto nel gruppo sperimentale mentre nel gruppo di controllo le prestazioni sono rimaste relativamente stabili. In tabella 7 sono riportati i risultati in dettaglio.

Misurazioni		1	2	3	4	5	6
Corsa	Condizione sperimentale	5,26 (0,47)	5,25 (0,46)	5,23 (0,49)	5,15 (0,47)	5,09 (0,48)	5,03 (0,46)
	Condizione di controllo	5,19 (0,46)	5,17 (0,44)	5,18 (0,47)	5,11 (0,47)	5,14 (0,48)	5,14 (0,47)
Nuoto	Condizione sperimentale	31,81 (2,52)	31,79 (2,58)	31,64 (2,67)	31,03 (2,34)	30,01 (2,65)	29,61 (2,61)
	Condizione di controllo	30,85 (2,57)	30,74 (2,99)	30,32 (2,48)	30,23 (2,58)	30,01 (2,22)	30,12 (2,34)

**Tabella 7.** Medie e deviazioni *standard* dei tempi di corsa e nuoto (in secondi) nelle condizioni di allenamento delle 6 misurazioni ( $p < 0,001$ ). Tabella adattata da Bar-Eli e Blumenstein (2004).

Inoltre, i risultati indicano non solo che l'uso della combinazione di più tecniche psicologiche e psicofisiologiche porta a risultati migliori rispetto all'allenamento regolare ma anche che il miglioramento della prestazione del gruppo sperimentale è aumentato nel tempo. Questi risultati hanno messo in luce un miglioramento delle prestazioni con l'utilizzo dell'approccio a cinque fasi e della combinazione di diverse tecniche di *mental training*. Inoltre, lo studio ha evidenziato effetti positivi a lungo termine poiché si è verificato un miglioramento crescente nel corso delle varie misurazioni. La ricerca futura potrebbe svolgere ulteriori indagini confrontando lo stesso metodo sperimentale in diverse discipline sportive.

Un altro studio, svolto da Lagos et al. (2008), è stato condotto con un caso singolo di un giovane giocatore di *golf* che ha seguito un *training* di HRV BFB. In seguito all'allenamento è stato riscontrato un aumento dell'HRV e delle basse frequenze (LF).

L'aumento di LF e dell'HRV riflette un aumento dell'attività del nervo vago a indicare una maggiore capacità di regolazione emozionale e di coordinazione del movimento nel golfista. Inoltre, è stata riscontrata una diminuzione dell'ansia cognitiva, dell'ansia somatica e un aumento della fiducia in sé stessi misurati tramite lo strumento CSAI-2 (Martens et al., 1990). In conclusione, i dati dell'allenamento dopo dieci settimane hanno evidenziato un miglioramento del golfista di effettuare delle prestazioni in modo ottimale, in quanto nella stagione precedente, in cui non aveva effettuato alcun allenamento HRV BFB, il giocatore ha completato una gara di *golf* a 18 buche con 91 colpi mentre nella stagione successiva, dopo l'allenamento, il golfista ha completato la gara di *golf* a 18 buche con 76 colpi (Lagos et al., 2008). Questo studio presenta dei limiti che riguardano innanzitutto l'assenza di un gruppo di controllo con cui confrontare i risultati e poi la valutazione su un singolo sportivo non permette di poter confermare l'effetto positivo dell'HRV BFB su larga scala. Infatti, da un lato è utile focalizzarsi sulla singolarità dell'atleta, dall'altro questo studio non permette di poter generalizzare i risultati.

Park et al. (2020) hanno osservato effetti positivi nella prestazione di 8 atleti d'*élite*, di cui 5 erano giocatori di *squash* e 3 erano giocatori di *tennis*, a seguito di un *training* di formazione con HRV BFB. Il programma di formazione consisteva in dieci sessioni in cui i partecipanti eseguivano la respirazione stimolata per 10 minuti (es. inspirazione di 5 secondi ed espirazione di 5 secondi). La respirazione stimolata viene utilizzata per massimizzare la RSA, ovvero la sincronizzazione cardiorespiratoria, che mantiene uno schema di aumento della frequenza cardiaca durante l'inspirazione e una diminuzione della frequenza cardiaca durante l'espirazione (Lehrer & Gevirtz 2014 in

Park et al., 2020). I risultati hanno messo in luce che i valori di SDNN, LF e LF/HF erano significativamente aumentati dopo il *training* HRV BFB. I dati sono indicati nella tabella 8.

	<i>Pre-training</i>	<i>Post-training</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<b>SDNN</b>	73,79 ± 22,76	116,16 ± 23,74	-2,380	0,017*
<b>LF</b>	496,09 ± 320,80	3508,93 ±1919,89	-2,521	0,012*
<b>LF/HF</b>	1,33 ± 1,17	7,99 ± 8,00	-2,521	0,012*

**Tabella 8.** Confronto dei parametri HRV prima e dopo il *training* di HRV BFB (\* $p < 0,05$ ). Tabella adattata da Park et al. (2020).

Tali risultati suggeriscono che gli atleti sono stati in grado di regolare il loro stato psicofisico (Park et al., 2020), in quanto si è verificato un aumento di SDNN, che può essere interpretato come indice di uno stato psicologicamente e fisiologicamente migliore degli atleti. L'aumento di LF e del rapporto LF/HF può essere associato all'aumento dello stato di attivazione, che indica l'incremento del livello di attenzione rispetto ai compiti da svolgere durante l'allenamento con HRV BFB. Quindi, i risultati di questo studio hanno riportato che il *training* l'HRV BFB ha contribuito ad aumentare l'HRV (ovvero SDNN, LF, LF/HF) degli atleti d'*elite*, a indicare uno stato psicologicamente e fisicamente ben regolato. Pertanto gli autori suggeriscono di utilizzare l'HRV BFB come intervento per migliorare la prestazione degli sportivi. Tuttavia, queste considerazioni si basano su risultati di uno studio che non includeva un gruppo di controllo e che ha reclutato un numero esiguo di atleti. Pertanto, l'interpretazione dei risultati risulta limitata alla condizione sopra menzionata. Inoltre è stata misurata solo l'HRV senza considerare gli

stati psicologici soggettivi degli atleti, quindi per gli studi futuri sarebbe utile superare tali limiti, in modo da disporre di un quadro più completo ed esauriente dello stato degli sportivi.

Gross et al. (2016) hanno proposto di svolgere delle sessioni di HRV BFB con il personale di supporto degli atleti che prevedeva: psicologi dello *sport* ( $n = 3$ ), fisiologo ( $n = 1$ ), nutrizionista ( $n = 1$ ), consulente sportivo ( $n = 1$ ), direttori sportivi ( $n = 2$ ) e allenatore ( $n = 1$ ). Infatti, come suggerito da Fletcher e Wagstaff (2009), il clima organizzativo e la relazione tra il personale di supporto e gli atleti sembrano influenzare le prestazioni dello sportivo. Infatti, il personale che segue gli atleti d'*élite* sembra sperimentare *stress* correlato al lavoro e disturbi emozionali in misura simile agli atleti (Fletcher & Wagstaff, 2009). Per questo motivo Gross et al. (2016) hanno implementato l'HRV BFB e lo svolgimento della tecnica di respirazione di risonanza per il personale di supporto. L'HRV BFB riguardava la focalizzazione sulla respirazione profonda mentre le tecniche di respirazione di risonanza avevano come obiettivo quello di concentrare la potenza HRV a circa 0,1 Hz poichè questa ampiezza riflette l'attività vagale. Il *training* è stato organizzato in cinque sessioni. I partecipanti al termine del training di BFB hanno mostrato un aumento dell'HRV totale (SDNN,  $p = 0,006$ ), dell'HRV parasimpatico (SDNN,  $p = 0,028$ ) e dell'HRV che riflette la funzione baroriflessa, ovvero la potenza a LF ( $p = 0,018$ ). In conclusione, questo studio ha riscontrato esiti positivi nel personale di supporto a seguito dell'applicazione della tecnica dell'HRV BFB e della respirazione di risonanza, dimostrando l'utilità di estendere queste due tipologie di *training* anche al personale di

supporto, poiché un clima positivo sembra influenzare in modo vantaggioso la prestazione dello sportivo.

In conclusione, l'HRV BFB può essere uno strumento utile per gli atleti e il loro *staff*, in quanto è un modo sicuro, non invasivo e veloce per migliorare la regolazione della funzione autonoma del cuore attraverso la pratica della respirazione lenta, che produce un miglioramento di diverse variabili psicofisiologiche che potrebbero influenzare la prestazione sportiva (Morgan & Mora, 2017). Tuttavia, il BFB è stato anche sottoposto a critiche: per esempio Blumenstein e Orbach (2014) sottolineano che vi sia una mancanza di conoscenza ed esperienza nel generalizzare l'apprendimento del BFB dalla condizione di laboratorio a quella di gara. Inoltre, è stato sviluppato l'approccio tridimensionale *Learning-modification-application* (LMA, Blumenstein & Orbach, 2012b citato in Blumenstein & Orbach, 2014) che offre la possibilità di integrare la formazione del BFB con altri interventi psicologici e di allenamento sportivo. Questa teoria sembra quindi considerare il BFB come una delle tecniche da inserire all'interno di un contesto più ampio e completo che possa contribuire al miglioramento della prestazione degli sportivi. Indiscutibilmente è notevole l'interesse verso lo sviluppo e la conoscenza del BFB, tuttavia, sembra che le applicazioni del BFB allo *sport* non siano ancora una parte integrante del processo di allenamento (Blumenstein et al., 2002 citato in Blumenstein & Orbach, 2014).

## Discussione

Il presente elaborato propone una panoramica del ruolo che svolgono l'ansia e la variabilità della frequenza cardiaca (HRV) nel contesto sportivo. Questi due costrutti, oltre a influenzare la *performance*, sembrano essere correlati tra loro. Per questo motivo, nella preparazione degli atleti, bisogna tenere in considerazione sia la dimensione psicologica che quella fisiologica. Infatti, la letteratura ha suggerito l'importanza di utilizzare un approccio idiografico nella preparazione fisica e mentale dell'atleta (Blumenstein & Orbach, 2014). A questo proposito, il modello delle zone di funzionamento ottimale (IZOF; Hanin, 1995) permette di tenere in considerazione sia le componenti fisiologiche che cognitive dell'ansia e di metterle in relazione alla prestazione sportiva, utilizzando un approccio individualizzato. Infatti, come è emerso nel primo capitolo, ci sono atleti che effettuano prestazioni sportive migliori in condizioni di elevati livelli di ansia somatica e altri che, al contrario, ottengono migliori risultati con bassi livelli di attivazione fisiologica. Così come l'ansia cognitiva ha un ruolo fondamentale poiché, se gestita nel modo corretto, può aiutare l'atleta a focalizzarsi sul compito da svolgere e interpretare sé stesso e il contesto di gara nel modo che risulti per lui/lei più vincente. Quindi, nella preparazione degli atleti, è importante lo sviluppo di abilità psicologiche specifiche (Blumenstein et al., 2011) e soggettive all'interno di un approccio olistico. Nonostante il modello IZOF tenga in considerazione questi fattori, presenta delle limitazioni, quali la mancanza di uno strumento di misura in grado di valutare l'ansia competitiva rispecchiando la teoria. Infatti, nel modello IZOF si tende a utilizzare lo strumento di misura CSAI-2 (Martens et al., 1990) che è stato sviluppato partendo dal modello multidimensionale dell'ansia, il quale, quindi, fornisce delle basi teoriche diverse dal modello IZOF. Alla luce di questo, il modello IZOF dovrebbe quindi utilizzare dei propri



strumenti di misura abbandonando l'utilizzo del CSAI-2 in modo tale che la strumentazione risulti coerente con la teoria di partenza.

Per indagare la relazione tra attivazione fisiologica e ansia cognitiva, diversi studi si sono focalizzati sulla correlazione tra HRV e i livelli di ansia. L'HRV, infatti, è considerato un indice dell'equilibrio simpato-vagale, che può essere perturbato in condizioni di alti livelli di ansia. Infatti, alcuni studi hanno osservato che ad alti livelli di ansia competitiva corrispondevano bassi livelli di HRV (Blasquez et al., 2009). Ciononostante, in letteratura si sono osservati risultati contrastanti. Infatti, alcuni studiosi (García-Ceberino et al., 2022; Gonzalez et al., 2022) hanno evidenziato dei limiti rispetto alla relazione HRV e ansia poiché non hanno riscontrato alcuna relazione significativa tra HRV e ansia cognitiva, somatica e fiducia in sé stessi. Inoltre, García-Ceberino et al. (2022) non hanno riscontrato cambiamenti significativi nell'HRV, ansia cognitiva, ansia somatica e fiducia in sé stessi nella condizione pre-gara in atleti di *basket*. Questo risultato è in contrasto con l'idea che il livello di ansia somatica raggiunga il suo apice all'inizio della gara per poi ridursi o una volta iniziata la competizione (Martens et al., 1990, in Craft et al., 2003 p. 45). Alla luce di questo, si rendono necessarie ulteriori indagini per approfondire la conoscenza su questo ambito. Infine, trattando la decelerazione e accelerazione della frequenza cardiaca (FC), è emersa l'importanza degli atleti di saper regolare le proprie risposte fisiologiche. Ad esempio, è fondamentale che gli atleti di *biathlon* riescano a modulare la FC per poter svolgere, nel miglior modo possibile, due tipologie di *sport* diverse tra loro. Infatti, mentre lo sci necessita di un aumento della FC, lo sparo con il fucile, essendo uno *sport* di precisione, richiede una decelerazione della FC per sparare in maniera più accurata.

Per concludere, nel terzo capitolo è stato riscontrato che l'implementazione di una serie di tecniche delle abilità mentali all'allenamento sportivo possono contribuire al miglioramento dell'autoregolazione psico-fisica degli atleti e quindi della *performance*. Nello specifico è emerso che le tecniche respiratorie come, ad esempio, la respirazione diaframmatica profonda, sono in grado di diminuire gli stati mentali negativi correlati all'ansia (Hunt et al., 2018); oppure che la tecnica di respirazione del trattenimento del respiro e del trattenimento del respiro intermittente aumentano la FC negli atleti e questo incremento è risultato positivo per portare a termine la prestazione (Stavrov et al., 2017). Un'altra tecnica che è stata indagata è il rilassamento muscolare progressivo di *Jacobson* che contribuisce alla diminuzione della FC (Battaglini et al., 2022) e alla riduzione dell'ansia cognitiva, ansia somatica e un aumento della fiducia in sé stessi (Bargherpour et al., 2012) oltre che a un aumento della concentrazione (Verawati et al., 2019). La terza tecnica indagata è stata la tecnica del *training autogeno* che sembra produrre una diminuzione dell'ansia *pre-competitiva* (Rajalakshmi, 2020), oltre che una diminuzione dell'ansia cognitiva, ansia somatica e fiducia in sé stessi negli atleti (Veskovic et al. 2019). Infine, l'ultima tecnica analizzata è stata quella del *biofeedback* (BFB) che, alla luce di alcuni studi presentati, sembra essere un metodo valido per il miglioramento delle prestazioni (Bar-Eli & Blumenstein, 2004). Il *training* di HRV BFB, oltre a favorire una maggiore consapevolezza e autoregolazione delle risposte fisiologiche, permette agli atleti di imparare a massimizzare la propria HRV, la quale contribuisce a diminuire l'ansia cognitiva e l'ansia somatica e ad aumentare il livello di fiducia in sé stessi. Ancora una volta, si evidenzia la stretta relazione che intercorre tra aspetti mentali e fisici e di come il monitoraggio dell'uno può influenzare l'altro e viceversa.

Un limite riscontrato negli studi analizzati riguarda il numero limitato di partecipanti. Al fine di aumentare la rappresentatività dei risultati, sarebbe utile incrementare la numerosità campionaria negli studi futuri. Inoltre, sarebbe vantaggioso prevedere dei *follow-up* a distanza di più tempo dalla fine dei trattamenti, poiché, spesso gli studi analizzati riportano cambiamenti significativi appena terminato l'intervento (ad esempio, dopo la partecipazione all'intervento di *biofeedback*) ma non indagano se i benefici, una volta concluso uno specifico percorso di *training*, persistano nel tempo. Quindi, si potrebbe fare progredire la ricerca considerando periodi più lunghi per mettere a confronto più allenamenti e più gare svolte nel corso della carriera agonistica dei soggetti. In questo modo si può monitorare se gli interventi attuati apportino miglioramenti continui e, se lo stesso tipo di intervento possa ottenere riscontri positivi in più gare e più allenamenti, o se al contrario, l'intervento necessiti di modifiche considerando l'individuo e il contesto. Infine, si potrebbero mettere a confronto atleti di diverse discipline sportive, sottoposti alle stesse procedure di intervento, per verificare se ad esempio, alcune tecniche di rilassamento risultano più utili in alcuni contesti sportivi piuttosto che altri.

## Riferimenti bibliografici

- Abernethy, B., Maxwell, J. P., Masters, J., & Jackson, R. C. (2007). Attentional processes in skill learning and expert performance. *Handbook of sport psychology, (11)*, 245-263.
- Appelhans, B. M., Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of general psychology, 10(3)*, 229-240.
- Apter, M. J. (1989). Reversal theory: a new approach to motivation, emotion and personality. *Anuario de Psicologia, 42(3)*, 19-29.
- Aubert, A. E., Spes, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports medicine, 33*, 889-919.
- Bagherpour, T., Hashim, H. A., Saha, S., & Ghosh, A. K. (2012). Effects of progressive muscle relaxation and international imagery on competitive state anxiety inventory- 2R among taekwondo athletes. *International conference on education and management innovation, 30*, 218-224.
- Bali, A. (2015). Psychological factors affecting sports performance. *International Journal of Physical Education, Sports and Health, 1(6)*, 92-95.
- 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(4)*, 454-464.
- Battaglini, M. P., Filho, D. M. P., Calais, S. L., Miyazaki, M. C. O. S., Neiva, C. M., Espada, M. C., Moraes, M. G., & Verardi, C. E. L. (2022). Analysis of progressive muscle relaxation on psychophysiological variables in basketball athletes. *International journal of environmental research and public health, 19(24)*, 17065.

- Behncke, L. (2004). Mental skills training for sports: A brief review. *The Online Journal of sport psychology*, 6 (1), 1-19.
- Benum, S. D., Van der Weel, F. R., & Van der Meer, A. L. H. (2021). In a heartbeat: prospective control of cardiac responses for upcoming action demands during biathlon. *Ecological psychology*, Vol. 33(2), 90-1.
- Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., & Quigley, K. S. (1993). Respiratory sinus arrhythmia: autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology*, 30, 183-196.
- Blásquez, J. C., Font, G. R., & Ortis, L. C. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, Vol. 21(4), 531-536.
- Blumenstein, B., & Orbach, I. (2014). Biofeedback for sport and performance enhancement. *Oxford Library of psychology*.
- Burton, D. (1988). Do anxious swimmers swim slower? Reexamining the elusive anxiety-performance relationship. *Journal of sport and exercise psychology*, 10(1), 45-61.
- Cei, A. (1998). *Psicologia dello sport*. Bologna: Il Mulino.
- Cheng, W. N., Hardy, L., & Markland, D. (2009). Toward a three-dimensional conceptualization of performance anxiety: rationale and initial measurement development. *Psychology of Sports and Exercise*, 10(2), 0-278.
- Cooke, A. (2013). Readyng the head and steadyng the heart: a review of cortical and cardiac studies of preparation for action in sport. *International review of sport and exercise psychology*, 6(1), 122-138.
- Coote, J. H. (2010). Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Experimental physiology*, 95(3), 431-440.

- Craft, L. L., Magyar, T. M., Becker, B. J., & Feltz, D. L. (2003). The relationship between the competitive state anxiety inventory-2 and *sport* performance: a meta-analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 25(1), 44-65. <http://dx.doi.org/10.1123/jsep.25.1.44>
- Di Fronso, S., Robazza, C., Bortoli, L., & Bertollo, M. (2017). Performance optimization in sport: a psychophysiological approach. *The Journal of Physical education*, 23(4), 1-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-6574201700040001>
- Dong, J. G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology (review). *Experimental and therapeutic medicine*, 11, 1531-1536.
- 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.
- Edwards, T., & Hardy, L., (1996). The interactive effects of intensity and direction of cognitive and somatic anxiety and self-confidence upon performance. *Journal of sport & exercise psychology*, 18, 296-312.
- Feltz, D. L., & Landers, D. M. (1980). Stress management techniques for sport and physical education. *Journal of physical education and recreation*, 51(2), 41-43.
- Fletcher, D., Wagstaff, C. R. D. (2009). Organizational psychology in elite sport: its emergence, application and future. *Psychology of sport and exercise*, 10(4), 427-434.
- García-Ceberino, J. M., Fuentes-García, J. P., & Villafaina, S. (2022). Impact of basketball match on the pre-competitive anxiety and HRV of youth female players. *International Journal of Environmental research and public health*, 19, 7894.

- García-González, S., López-Plaza, D., & Abellán-Aynés, O. (2022). Influence of competition on anxiety and Heart rate variability in Young tennis players. *Healthcare*, 10, 2237.
- Geen, R. G., & Bushman B. J. (1987). *Drive Theory*: effects of socially engendered arousal. *Theories of group behavior*, 5, 89-109.
- Gill, D. L. (1994). A sport and exercise psychology: perspective on stress. *Human Kinetics*, 46, 20-27.
- Gross, M. J., Shearer, D. A., Bringer, J. D., Hall, R., Cook, C. J., Kilduff, L. P. (2016). Abbreviated resonant frequency training to augment heart rate variability and enhance on-demand emotional regulation in elite sport support staff. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 41(3), 263-274.
- Hagar Jr. J. E., Palmann, D., & Schack, T. (2017). Interaction between gender and skill on competitive state anxiety using the time to event paradigm: what roles do intensity, direction and frequency dimensions play?. *Frontiers in psychology*. 8, 1-13.
- Hanin, Y. L. (2010). Coping with anxiety in sport. In A. R. Nicholls (Ed.), *Coping in sport: theory, methods and related constructs* (pp. 159-175). *Hauppauge, NY: Nova Science*.
- Hardy, L., Parfitt, G., & Pates, J. (1994). Performance catastrophes in sport: a test of the hysteresis hypothesis. *Journal of sport sciences*, 12(4), 327-334.
- Hazlett-Stevens, H., & Craske, M. G. (2003). Breathing retraining and diaphragmatic breathing techniques. *Cognitive behavior therapy*, 11, 59-64.
- Horvath, E., Kovacs, M. T., Toth, D., & Toth, L. (2022). A study of the relationship between anxiety, cognitive emotion regulation and heart rate variability in athletes. *Journal of physical education and sport*, 22(66), 528-534.

- Hudson, J., Males, J. R., & Kerr, J. H. (2016). Reversal theory-based sport and exercise research: a narrative review. *Psychology of Sport and Exercise*, 27, 168-179.
- Hunt, M. G., Rushton, J., Shenberger, E., & Musayama, S. (2018). Positive effects of diaphragmatic breathing on physiological stress reactivity in varsity athletes. *Journal of Clinical sport psychology*, 1-12.
- James, T. N. (1973). The sinus node as a servomechanism. *Official journal of the american heart association*, XXXII (3), 307-313.
- Jones, G. (1995). More than just a game: research developments and issues in competitive anxiety in sport. *British journal of psychology*, 86(4), 449-478.
- Jones, G., Swain, A., & Hardy, L. (1993). Intensity and direction dimensions of competitive state anxiety and relationships with performance. *Journal of sports sciences* 11(6),525-532.
- Keen, E., Kangas, M., & Glichrist, P.T. (2022). A systematic review evaluating metacognitive beliefs in health anxiety and somatic distress. *The British Psychological Society*, 27, 1398-1422.
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., & Bigger, J. T., (2005). Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 10(1), 88-101.
- Kleine, D. (1990). Anxiety and sport performance: a meta-analysis. *Anxiety research*, 2(2) 113-131.
- Lagos, L., Vaschillo, E., Lehrer, P., Bates, M., & Pandina, R. (2008). Heart rate variability biofeedback as a strategy for dealing with competitive anxiety: a case study. *Association for applied psychophysiology & biofeedback*, Vol. 36(3), 109-115.
- Lazarus, R. S., & Averill, J. R. (1972). Emotion and cognitive: with special reference to anxiety, in C.D. Spielberg (a cura di), *Anxiety: current trends in theory and research*, New York; Academic Press, vol. 2.



- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2000). Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 25(3), 177-191.
- Liparoti, M., & Lopez, E. T. (2021). Biofeedback in sport and education. *Journal of Human Sports and Exercise*, 16(3), 922-929.
- Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J., Schwartz, J., (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354-381.
- Martens, R. (1971a). Anxiety and motor behavior: a review. *Journal of motor behavior*, 3(2), 151-179.
- Martens, R. (1971b). Internal-external control and social reinforcement effects on motor performance, research quarterly. *American Association for Health, Physical education and recreation*, 42(3), 307-313.
- Mateo, M., Blasco-Lafraga, C., Martinez-Navarro, I., Guzman, J. F., & Zabala, M. (2012). Heart rate variability and pre-competitive anxiety in BMX discipline. *European Journal of applied physiology*, 112(1), 113-123.
- McCraty, R. & Shaffer, F. (2015). Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self regulatory capacity, and health risk. *Global Advances in integrative medicine and health*, 4(1), 46-61.
- McGregor, H., & Abrahamson, E. (2000). The psychological effects of pre- competitive stress on elite divers. A review. *South African Journal of Psychology*, 30(3), 38-44.
- McNally, I. M. (2002). Contrasting concepts of competitive state-anxiety in sport: multidimensional anxiety and catastrophe theories. *The online Journal of sport psychology*, 4(2), 10-22.

- Morales, J., Garcia, V., Garcia-Massò, X., Salvà, P., Escobar, R., & Buscà, B. (2012). The use of heart rate variability in assessing precompetitive stress in high-standard judo athletes. *International journal of sports medicine*, 34(2), 144-151.
- Morgan, S. J., & Mora, J. A. M. (2017). Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. *Applied Psychophysiology and biofeedback*.
- Morris, L. W., Davis, M. D., & Hutchings, C. H. (1981). Cognitive and emotional components of anxiety: literature review and revised worry-emotionality scale. *Journal of education psychology*, 73(4), 541-555.
- Neiss, R. (1988). Reconceptualizing arousal: psychobiological states in motor performance. *Psychological Bulletin*, 103(3), 345-366.
- Neumann, D. L., Thomas, P. R. (2009). The relationship between skill level and patterns in cardiac and respiratory activity during golf putting. *International journal of psychophysiology*, 72(3), 0-282.
- Omoluabi, P. F. (1994). Practical steps in learning diaphragmatic breathing: a first-aid technique for reducing sports anxiety. *An International Journal*, 129-135.
- Pagaduan, J. C., Chen, Y. S., Fell, J. W., & Wu, S. S. X. (2020). Can heart rate variability biofeedback improve athletic performance) A systematic review. *Journal of Human kinetics*, 73(2020), 103-114.
- Papacosta, E., Nassis, G. P., & Gleeson, M. (2015). Salivary hormones and anxiety in winners and losers of an international judo competition. *Journal of Sports Sciences*, 1-7.
- Parnabas, V. A., Mahamood, Y., Parnabas, J., & Abdullah, N. M. (2014). The relationship between relaxation techniques and sport performance. *Universal Journal of psychology*, 2(3), 108-112.

- Patel, D. R., Omar, H., & Terry, M. (2010). Sport-related performance anxiety in young female athletes. *North American Society for Pediatric adolescent gynecology*, (23), 325-335.
- Park, S. H., Hwang, S., & Lee, S. M. (2020). Pilot application of biofeedback training program for racket sports players. *Annals of applied sport science*, 8(4), 1-5.
- Peden, A. (2009). Breathing to manage anxiety in tennis. *ITF coaching and sport science review*, 16(49) 17-18.
- Pelizzari, U., & Tovaglieri, S. (2014). *Corso di apnea*. Ugo Mursia Editore s.r.l. Milano.
- Pennisi, P., & Sarlo, M. (1998). *Indici elettrofisiologici in psicologia*. Padova: CLEUP.
- Plakona, E., Parcina, I., Ludvig, A., & Tuzovic, A. (2014). Self-confidence in sport. *Sport science. International scientific journal of kinesiology*, 7(1) 47-55.
- Pitzalis, M. V., Mastropasqua, F., Massari, F., Forleo, C., Di Maggio, M., Passantino, A., Colombo, R., Di Biase, M., & Rizzon, P. (1996). Short and long term reproducibility of time and frequency domain heart rate variability measurements in normal subjects. *Cardiovascular Research*, 32, 226-233.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buccheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43, 773-781.
- Pop-Jordanova, N., & Demerdzieva, A. (2010). Biofeedback training for peak performance in sport- case study. *Macedonian Journal of medicine sciences*, 3(2), 113-118.
- Proietti, R., di Fronso, S., Pereira, L. A., Bortoli, L., Robazza, C., Nakamura, F. Y., Bertollo, M. (2017). Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. *Journal of Strength and conditioning research*, 31(6), 1719-1725.

- Raedeke, T. D., & Stein, G. L., (1994). Felt arousal, thoughts/feelings, and ski performance. *The sport psychologist*, 8, 360-375.
- Raglin, J. S. (1992). Anxiety and sport performance. *Exercise and sport sciences reviews*. Baltimore: Williams & Wikins, 20, 243-274.
- Rajalakshmi, D. (2020). Out-turn of autogenic pedagogy on the regulation of anxiety and stress among distance runners. *International Journal of information research and review*, 7(2), 6734-6736.
- Ren, P., Song, T., Chi, L., Wang, X., & Miao, X. (2022). The adverse effect of anxiety on dynamic anticipation performance. *Frontiers in Psychology*. 13, 1-12.
- Robazza, C. (2006). Emotion in sport: an IZOF perspective. *Literature reviews in sport psychology*. 4, 127-158.
- Robazza, C., Pellizzari, M., & Hanin, Y., (2004). Emotion self-regulation and athletic performance: An application of the IZOF model. *Psychology of sport and exercise*. 5, 379-404.
- Robazza, C., & Ruiz, M. C. (2018). Emotional self-regulation in sport and performance. *In Oxford research encyclopedia of psychology*.
- Ruiz, M. C., Raglin J. S., & Hanin Y. L. (2015). The individual zones of optimal functioning (IZOF) model (1978-2014): Historical overview of its developmental and use. *International Journal of sports and exercise psychology*. 1-23.
- Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Han, M., Crews, D. J., & Kubitz, K. A. (1990). Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. *Research quarterly for exercise and sport*, 61(4), 351-359.
- Sarkar, M. (2017). Psychological resilience: definitional advancement and research developments in elite sport. *International Journal of stress prevention and wellbeing*, 1(3), 1-4.

- Sattar, F., & Validiya, P. (1999). Biofeedback in medical practice. *Medical Journal armed forces India*, 55(1), 51-54.
- Schultz, J. H. (1932). *Il training autogeno*. Feltrinelli.
- Schiraldi, C. (2004). Muscoli respiratori e attività sportiva in età evolutiva. *Pneumologia pediatrica*, 15, 2-8.
- Singh, A., Singh, T., & Singh, H. (2018). Autogenic training and progressive muscle relaxation interventions: effects on mental skills of females. *European Journal of physical education and sport science*, 5(1), 134-141.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, 5, 1-17.
- 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, 1-19.
- Souza, R. A., Beltran, O. A. B., Zapata, D. M., Silva, E., Freitas, W. Z., Junior, R. V., Da Silva, F. F., Higino, W. P. (2019). Heart rate variability, salivary cortisol and competitive state anxiety responses during pre-competition and pre-training moments. *Biology of sport*, 36(1), 39-46.
- Stein, P. K. (2002). Assessing heart rate variability from real-world holter reports. *Cardiac Electrophysiology review*, 6, 239-244.
- Stein, P. K., Bosner, M. S., Kleiger, R. E., & Conger, B. M. (1994). Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *American Heart Journal*, 127(5), 0-1381.
- Stavrou, V., Voutselas, V., Karetsi, E., & Gourgoulisianis, K. I. (2017). Acute responses of breathing techniques in maximal inspiratory pressure. *Sport sciences for health*, 1-5.

- Suprunenko, M. V. (2021). Autogenic training and how to use it. *Scientific journal national pedagogical dragomanov university*, 5(136), 120-124.
- Szatajzel, J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss medical weekly*, 134, 514-522.
- Thayer, J. F., & Siegle, G. J. (2002). Neurovisceral integration in cardiac and emotional regulation. 21(4), 24-29.
- Turner, M., & Jones, M. (2018). Arousal control in sport. In *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*.
- Ugurlu, D., Ilbak, I., & Akarsu, M. (2021). Examination of the effects of autogenic training on the reaction time performance of the national badminton athletes. *Pakistan Journal of medical & health sciences*, 15(11), 3181-3184.
- Van Ravenswaaij-Arts & Conny M. A. (1993). *Annals of internal medicine*, 118(6), 436-447.
- Verawati, I., Suprayetno, & Valianto, B. (2019). The effects of progressive muscle relaxation on concentration in archery athletes at the UNIMED club. *Advances in health sciences research*, 23, 70-73.
- Veskovic, A., Koropanovski, N., Dopsaj, M., & Jovanovic, S. (2019). Effects of psychological skill training program on anxiety levels in top karate athletes. *Revista brasileira de medicina do esporte*, 25(5).
- Visted, E., Sorensen, L., Osnes, B., Svendsen, J. L., Binder, P., Schananche, E. (2017). The association between self-reported difficulties in emotion regulation and heart rate variability: the salient role of not accepting negative emotions. *Frontiers in Psychology*, 8, 1-9.
- Wachtel, P. L. (1968). Anxiety, attention, and coping with threat. *Journal of Abnormal Psychology*, 3(2), 137-143. doi:10.1037/h0020118

Yerkes, R., & Dodson, J., D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology* 18(5), 459-482.

Zeeman, E. C. (1976). Catastrophe theory. *Structural stability in physics*, 12- 22.