

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi

Corso di Laurea in Scienze delle Attività Motorie e Sportive

ELABORATO FINALE

Candidato:

Silvia Garino

Relatore:

Prof. Gennaro Boccia

Anno Accademico

2021/2022

Ai miei genitori e a mia sorella che mi hanno sostenuta e aiutata in questo cammino.

A Lorenzo Pugliese e Fabio Morino che mi hanno insegnato tanto da atleta e anche dopo durante il mio percorso universitario.

A tutte le persone che mi sono state vicine e hanno creduto in me in questi anni lunghi e difficili.

A chi c'è ancora e a chi non c'è più, grazie.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi

Corso di Laurea in Scienze delle Attività Motorie e Sportive

ELABORATO FINALE

Badminton e HIIT:

Applicazioni pratiche per il miglioramento della prestazione.

Candidato:

Silvia Garino

Relatore:

Prof. Gennaro Boccia

Anno Accademico

2021/2022

Abstract

La seguente trattazione intitolata “Badminton e HIIT: Applicazioni pratiche per il miglioramento della prestazione” ha esaminato le richieste fisiologiche per quanto riguarda il badminton, uno sport intermittente ad alta intensità con brevi periodi di lavoro e di recupero protratti per tempi che variano in media tra 30 minuti e 1 ora, comparandole con variabili su cui vanno a lavorare diverse tipologie di allenamento intervallato ad alta intensità, con l’analisi degli effetti sui sistemi aerobico e anaerobico e sul sistema neuromuscolare.

A tal fine è stato descritto lo sport del badminton sia a livello regolamentare sia a livello di abilità motorie e fisiologiche richieste ai giocatori che lo praticano, illustrando in linea generale i movimenti che si trovano a compiere gli atleti durante gli allenamenti o le partite, inoltre, è stato trattato il somatotipo e le caratteristiche che normalmente un giocatore di badminton possiede; per quanto attiene l’allenamento intervallato, sono state elencate e descritte in maniera articolata le cinque categorie di allenamento intervallato, le variabili da tenere in considerazione quando si pianifica una sessione o una serie di allenamenti a lungo termine e successivamente quali sono i target fisiologici che pongono sotto stress ogni differente tipologia. Infine, sono state mostrate le risposte fisiologiche che l’individuo ha a seconda che si utilizzi un tipo o un altro di allenamento.

In conclusione, nell’ultima parte della trattazione sono stati riportati due studi condotti su giocatori di badminton di alto livello. Il primo riguardava la comparazione del contributo energetico e dei carichi di lavoro nei giocatori di badminton, mettendo a confronto le partite e la ripetizione di un colpo per un intervallo di tempo all’interno della sessione, con uno specifico raffronto dei risultati ottenuti tra i due sessi; il secondo paragonava gli effetti dello *Sprint Interval Training* sul sistema aerobico dei giocatori professionisti.

L’epilogo a cui si è giunti è che non esiste una tipologia di allenamento migliore rispetto un’altra, ma che in base alle esigenze del giocatore, alle competizioni a cui si deve partecipare e al tempo a disposizione bisogna selezionare quella più vantaggiosa. Certamente lo *Sprint Interval Training* si è rivelato essere un ottimo metodo sia in termini di tempo sia in termini di miglioramento a livello fisiologico e neuromuscolare per l’atleta.

Indice

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: Il badminton.	4
1.1 La struttura temporale di una partita di badminton.....	7
1.2 L'antropometria e il somatotipo nel badminton.....	8
1.3 La fisiologia del badminton.	9
1.4 La biomeccanica del badminton.	12
CAPITOLO 2: L'allenamento intervallato.	14
2.1 Le diverse tipologie di allenamento intervallato.....	16
2.2 La programmazione dell'allenamento intervallato.	20
2.3 I fattori che entrano in gioco nell'allenamento intervallato.....	22
2.4 I targets dell'HIIT.	26
2.5 La risposta fisiologica al carico di allenamento.....	29
CAPITOLO 3: L'allenamento intervallato ad alta intensità e le sue applicazioni generali e specifiche nel badminton.	31
3.1 La comparazione delle contribuzioni energetiche e dei carichi di lavoro nei giocatori di badminton.	32
3.2 Gli effetti dello Sprint Interval Training sul sistema aerobico dei giocatori di badminton.	36
CONCLUSIONE	42
GLOSSARIO DEI TERMINI	44
BIBLIOGRAFIA	47

INTRODUZIONE

La seguente trattazione è suddivisa in tre capitoli selezionati in base ai macro-argomenti che saranno discussi. Al loro interno verranno poi approfonditi i temi di maggior interesse e pertinenza con quello che si configura essere lo scopo finale di tale lavoro ovvero capire quale sia la tipologia di allenamento intervallato più adatta a migliorare la prestazione nel badminton.

In particolare, il primo capitolo, che si concentrerà sul badminton, si aprirà con una breve introduzione con alcuni cenni storici, partendo dalle prime tracce risalenti a prima del 3000 a.C. fino ad oggi, passando per la nascita delle federazioni che si trovano al vertice dell'amministrazione e dell'organizzazione delle manifestazioni all'interno del badminton, fino alla sua recente proclamazione come sport olimpico, ed infine saranno trattate alcune curiosità riguardanti il suddetto sport. Verranno poi presentate in linea di principio le caratteristiche del predetto sport, partendo da alcune delle regole del gioco, le discipline praticate, alcuni dettagli tecnici riguardanti il campo e gli strumenti utilizzati per praticarlo. Successivamente, la disamina andrà ad approfondire in modo più specifico il modello prestativo e fisiologico del badminton. Verrà fatto un breve accenno riguardo la struttura temporale della singola partita ed il sistema di punteggio utilizzato, verranno mostrare le prime caratteristiche repentine del gioco e si andranno a delineare in maniera importante le richieste fisiologiche che il singolo atleta si troverà a dover fronteggiare. Di conseguenza, verranno illustrati il somatotipo e le caratteristiche fisiologiche dei giocatori necessarie per primeggiare sugli avversari, descrivendo il miglioramento e l'influenza che subiscono il VO_2max , il lattato ematico e la frequenza cardiaca del singolo individuo sia durante l'allenamento sia durante la gara. Infine, verrà fatto un accenno riguardo la biomeccanica del badminton, delineando le abilità e capacità motorie che ogni giocatore deve possedere per svolgere al meglio, e in maniera efficiente, i movimenti durante la prestazione e alcuni dei test che vengono utilizzati per la raccolta dei dati utilizzati in seguito per svolgere delle valutazioni precise riguardo lo stato fisico e metabolico del singolo individuo.

A seguire, nel secondo capitolo, il focus si concentrerà sul secondo macro-argomento, ossia l'allenamento intervallato ad alta intensità. Come nel precedente capitolo, verrà data una definizione a questa tipologia di allenamento e verrà fatta un'introduzione generale che andrà a ripercorrere la storia del suddetto argomento

delineando le differenti tipologie attraverso le quali si è passati per giungere a questo risultato. Successivamente, verranno illustrate le cinque tipologie di esercizio che sono racchiuse all'interno dell'allenamento intervallato ad alta intensità (intervalli brevi, intervalli lunghi, *Repeated-Sprint Training*, *Sprint-Interval Training* e *Game-Based HIIT*) con le relative caratteristiche di esecuzione, per poi passare a soffermarci sulla programmazione della seduta vera e propria. In questa fase saranno illustrate le principali variabili che vengono prese in considerazione quando si elabora un programma di allenamento di questo tipo, da quelle individuali del soggetto a quelle proprie specifiche dello sport di interesse e del quale si desidera migliorare le prestazioni. Nello specifico, saranno elencati e brevemente analizzati i metodi utilizzati per somministrare l'allenamento e i parametri che vengono monitorati e presi in considerazione durante la sessione. Successivamente, saranno illustrati e analizzati i vari fattori che possono entrare in gioco durante l'esecuzione degli esercizi, tra le 12 variabili totali solo le principali saranno approfondite. Infine, saranno trattati gli obiettivi che ci si prefigge di migliorare e su cui l'allenamento intervallato ad alta intensità si basa e la risposta fisiologica che produce il soggetto in seguito alla somministrazione di un dato carico di allenamento. Inoltre, verrà spiegato in linea di massima come vengono raccolti i dati che successivamente saranno analizzati.

Nel terzo capitolo, giungendo al punto saliente della trattazione, si confronteranno l'allenamento a secco e l'allenamento specifico sul campo, con la metodologia dell'allenamento intervallato. Preliminarmente, saranno ricapitolate in linea generale le richieste fisiologiche del badminton con le sue caratteristiche e, in seguito, verranno introdotti i concetti di sistema energetico e di carico di lavoro, specificando quali sono le percentuali di differente energia fornita e l'influenza che subiscono i sistemi al variare del carico di lavoro e delle variabili che lo definiscono. Inoltre, verranno esposti alcuni dei metodi che vengono utilizzati per la raccolta dei dati e la successiva analisi così da approfondire la ricerca e la presenza di materiali riguardo l'argomento. In seguito, si andranno ad analizzare due studi che, personalmente, ho ritenuto rilevanti e pertinenti con quelli che sono gli obiettivi della presente trattazione. In particolare, il primo, riguarderà la comparazione delle contribuzioni energetiche e dei carichi di lavoro nei giocatori di badminton, confrontando il sesso maschile e quello femminile durante le partite, rispetto una sessione di allenamento ripetitivo con un colpo d'attacco prescelto. Il secondo studio selezionato andrà a delineare gli effetti indotti da otto settimane di *Sprint Interval*

Training sulla prestazione aerobica dei giocatori di badminton di alto livello che hanno preso parte allo studio.

CAPITOLO 1: Il badminton.

Il badminton è lo sport di racchetta più veloce al mondo. In particolare, il suddetto primato è dovuto alla velocità massima raggiunta dal volano, al di fuori di una situazione di gioco, pari a 493 km/h. Questo record è attualmente detenuto dal malese Tan Boon Heong¹ ed è stato ottenuto tramite l'esecuzione di uno *smash*² in un evento appositamente organizzato. In una competizione ufficiale, invece, il record è detenuto dal danese Mads Pieler Kolding³, il quale ha eseguito un colpo dalla velocità di 426 km/h.

Le origini del badminton sono incerte e molto antiche; si sono trovate tracce di discipline simili e precedenti di questo sport risalenti al 3000 a.C. in Cina, Giappone e India. Peraltro, l'unico riferimento temporale certo è quello riguardante un gioco chiamato "*battledore and shuttlecock*"⁴, la cui nascita e sviluppo risale alla "Badminton House" del Duca di Beaufort in Inghilterra tra il 1856 e il 1859 (1). A seguire, nel 1874 in India, il Colonnello Selby codificò il primo regolamento, mentre in Inghilterra sorgevano i primi club a stampo agonistico. Lo sviluppo proseguì nel tempo, fino al 1934 quando venne fondata la International Badminton Federation (IBF).

L'attività oggetto della presente trattazione è stata selezionata come sport dimostrativo alle Olimpiadi di Seul del 1988 e, successivamente è entrata a far parte dell'elenco delle discipline olimpiche alle Olimpiadi di Barcellona del 1992.

Specificamente, la federazione a cui oggi si fa riferimento, a livello mondiale, è la Badminton World Federation (BWF), rinominata così nel 2006 e riconosciuta dal C.I.O.⁵. In subordine, troviamo, a livello europeo, la Badminton Europe (BE) che è stata fondata nel 1967, mentre, a livello nazionale, abbiamo la Federazione Italiana Badminton (FIBa), la quale è autonoma dal 1985 ed è stata riconosciuta nel 2000 dal C.O.N.I.⁶ come Federazione Sportiva Nazionale. A seconda delle situazioni e delle necessità si fa riferimento all'una o all'altra federazione.

¹ *Tan Boon Heong*: ex giocatore di badminton professionista, di origine malese, che è stato n. 1 nella classifica mondiale nel doppio maschile.

² *Smash*: colpo d'attacco del badminton, molto veloce, eseguito da sopra la testa. Parte da fondo campo e si dirige nella metà/fondo campo avversario con una traiettoria verso il basso.

³ *Mads Pieler Kolding*: ex giocatore di badminton professionista, di origine danese, che è stato campione europeo in doppio maschile nel 2016.

⁴ *Battledore and shuttlecock*: gioco, predecessore del badminton moderno, con lo scopo di mantenere il volano in aria per un tempo il più lungo possibile. Il volano veniva passato tra due o più persone.

⁵ *C.I.O.*: Comitato Olimpico Internazionale.

⁶ *C.O.N.I.*: Comitato Olimpico Nazionale Italiano.

Invero, l'attività di cui si tratta, può essere praticata da tutti gli individui, indifferentemente da età, sesso o dalle loro capacità. Nello specifico, si gioca in due o quattro persone contemporaneamente in un campo rettangolare (13,40 x 5,18 m – 6,10 m nel doppio) diviso a metà da una rete (altezza al centro di 1,52 m dalla superficie del campo e 1,55 m a livello delle linee laterali). I giocatori si passano il volano da una parte all'altra della rete colpendolo al volo con una racchetta. Lo scopo del gioco è quello di far commettere un errore all'avversario oppure riuscire a far cadere il volano nel campo avversario.

Per quanto attiene la tipologia di gara, presenta cinque discipline differenti: singolo maschile e femminile, doppio maschile e femminile e doppio misto; ognuna delle quali richiede specifiche caratteristiche in termini di tecnica, tattica e preparazione fisica (2). Le linee di delimitazione del campo sono differenti a seconda che si giochi singolo (corridoi laterali esclusi) o doppio. Inoltre, troviamo anche delle differenze a livello di regolamento (es: spazio in cui è possibile indirizzare il servizio) (3).

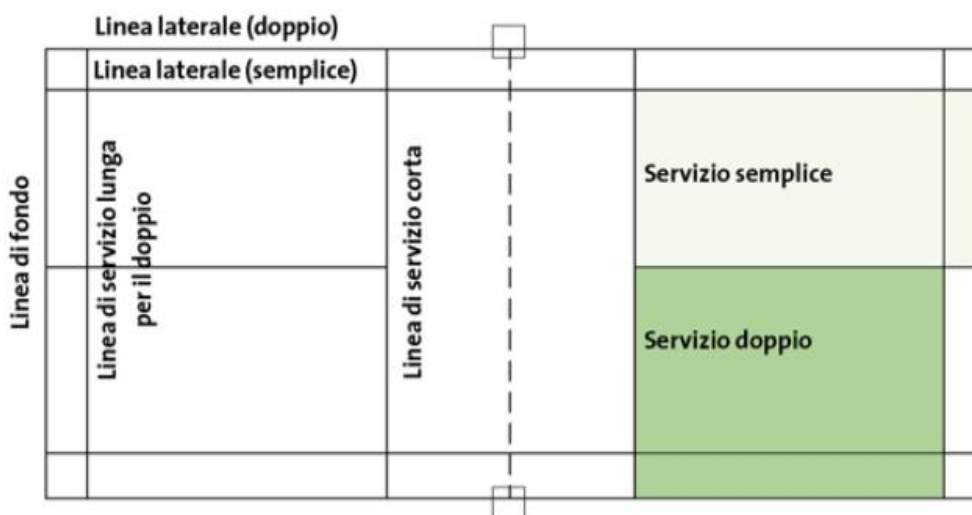


Figura 1: Il campo da badminton.⁷

Normalmente, ad alto livello, i tornei si svolgono nell'arco di tempo di 4-5 giorni, all'interno dei quali vengono giocate da una a quattro partite e le competizioni vengono svolte interamente *indoor*⁸, indipendentemente dalla specialità o dalla categoria (2).

Per quanto riguarda lo strumento di gioco, il volano ha un peso che varia da 4 a 6 grammi ed è costituito da una base emisferica più pesante (generalmente in sughero) e da un tronco di cono composto da 16 piume d'oca. La sua conformazione permette alla

⁷ Gianfelici A., Morandini C. (2017). *Il Badminton*, Sport & Medicina.

⁸ *Indoor*: al chiuso. Generalmente in una palestra.

base di essere sempre rivolta nella direzione di volo per facilitarne l’impatto con le corde della racchetta durante l’azione di gioco (3). Il volano ha una traiettoria atipica e i giocatori, per raggiungerlo, utilizzano specifiche combinazioni di movimenti che si trovano raggruppate all’interno di quello che viene chiamato “ciclo del movimento”⁹; mentre, per rimandarlo al di là della rete, usano colpi particolari e specifici di questo sport.

Durante lo scambio, il focus del giocatore è sia sul volano sia sull’avversario per cercare di anticiparne il movimento, creando così una situazione di vantaggio a proprio favore (2). In particolare, nel badminton risulta essere molto importante il concetto di “colpire presto”, sia in termini di altezza sia di vicinanza alla rete, sia per trovarsi in una situazione di attacco con la possibilità di creare una difficoltà maggiore all’avversario, giocando un colpo che indirizza il volano verso il basso, sia per la varietà di opzioni nella scelta del colpo da giocare e l’angolo del campo in cui mandarlo, sia perché, colpendo presto, si toglie tempo all’avversario, creando così una situazione di ritardo a cui deve far fronte (1).

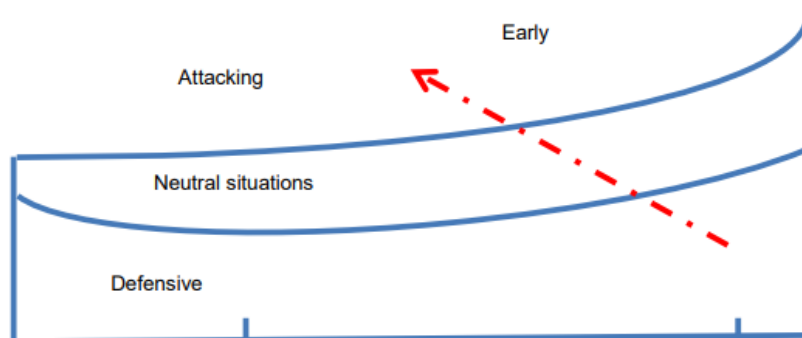


Figura 2: Le possibili situazioni del badminton.¹⁰

Proprio per supplire a questo *gap*, durante la partita, al giocatore viene richiesto di eseguire numerosi repentini cambi di direzione, salti, affondi alla rete e movimenti rapidi del braccio con posizioni del corpo differenti (2). Pertanto, lungo tutta la durata del *match*¹¹, è richiesto ad ogni giocatore di mantenere un livello di intensità alto per il più lungo tempo possibile. Nella suddetta situazione, la spesa energetica dipende dalle caratteristiche morfologiche e dall’efficienza dei movimenti del singolo atleta (2).

⁹ *Ciclo del movimento*: insieme dei movimenti compiuti dai giocatori per muoversi sul campo e ripetuti ciclicamente in abbinamento tra loro a seconda della situazione.

¹⁰ Woodward M. (2017). *Badminton coach education coaches’ manual level 1*, Ian Wright & Sharon Spring. Pag. 47.

¹¹ *Match*: termine inglese utilizzato per indicare la singola partita.

1.1 La struttura temporale di una partita di badminton.

Quando si analizza una partita, per la raccolta dei dati inerenti la struttura temporale, vengono prese in considerazione differenti variabili, tra cui: la durata totale della partita, la durata dei singoli scambi, le pause, il tempo di gioco effettivo, il numero di colpi per scambio e la frequenza dei colpi stessi (2).

Grazie all'analisi dei dati raccolti, risulta che la durata media di una partita ad un livello medio-alto sia tra i 40 minuti ed un'ora, con un tempo effettivo di gioco del 31%. Inoltre, si è notato come il badminton sia uno sport caratterizzato da azioni di breve durata ad alta intensità, intervallati da periodi di recupero; difatti, una partita è solitamente composta da un vario numero di scambi della durata di circa 7 secondi e con pause di 15 secondi tra gli stessi (2).

Gli studi riguardanti queste variabili sono in numero esiguo. Tuttavia, abbiamo tracce di uno studio eseguito da Del Monte nel 1995 attraverso l'analisi video (essendo datato è riferito al vecchio metodo di assegnazione di punteggio, quello del "cambio palla¹²"), da Faude nel 2007 attraverso la simulazione di un torneo (i risultati si riferiscono al nuovo metodo di assegnazione dei punti) ed, infine, da Cabello Manrique. Tutti e tre gli studi avevano riportato risultati simili (4). Dall'analisi di questi dati si è giunti alla conclusione, più specifica rispetto a quella sopracitata, che il 90% degli scambi ha una durata che va da 0 a 12 secondi, mentre l'80% dei recuperi tra un'azione e l'altra ha una durata compresa 6 e 15 secondi (4).

La partita finisce quando uno dei due giocatori riesce ad aggiudicarsi due set, segnando 21 punti (se ci si trova 20 pari per vincere bisogna avere uno scarto di due punti, fino a 30, che è il limite massimo) prima degli avversari. Questo metodo di assegnazione dei punti, chiamato "*rally point system*¹³", adottato da agosto 2006, ha fatto sì che le partite assumessero uno stile di gioco più offensivo rispetto a quello precedentemente utilizzato con il metodo del "*cambio palla*" (2).

¹² *Cambio palla*: il punto può essere vinto soltanto dalla squadra con il servizio, la quale aveva vinto il palleggio precedente, aggiudicandosi questo diritto.

¹³ *Rally point system*: questa tipologia di punteggio assegna un punto per ogni azione che viene conclusa.

1.2 L'antropometria e il somatotipo nel badminton.

Le misure antropometriche hanno rivelato una correlazione tra la struttura del corpo, la massa delle ossa, le caratteristiche fisiche e le abilità all'interno dello sport, suggerendo la possibilità di valutare la performance dal punto di vista fisico e delle caratteristiche antropometriche. Per questa ragione, in molte partite, le abilità tecniche, l'antropometria e le abilità fisiche individuali dei giocatori si sono rivelate essenziali (2). Solitamente, le misurazioni antropometriche sono utilizzate per distinguere i giocatori in base all'età ed al loro livello di bravura all'interno di questo sport. Tuttavia, non ci permettono di identificare con certezza quale sia la loro disciplina principale, in quanto i risultati delle misurazioni sono simili tra i singolaristi e i doppiisti.

In particolare, la letteratura scientifica ci mostra come le caratteristiche antropometriche cambino lievemente a seconda della provenienza geografica e del continente di origine dei soggetti (2). Uno studio condotto, infatti, ha dimostrato come i migliori 13 giocatori maschi (World Ranking 2008) fossero generalmente più alti (+5 cm) rispetto a quelli di livello più basso (2). Facendo lo stesso calcolo con i 13 migliori giocatori maschi, utilizzando la classifica più recente (World Ranking 2022), possiamo notare come l'altezza media sia di 181,5 cm, con evidenti differenze a seconda della provenienza geografica. Il confronto con i giocatori junior non è possibile in quanto non sono presenti dati sulle altezze dei soggetti d'interesse nei loro profili BWF (5). I giocatori, tendenzialmente, sono alti ma anche snelli, con gambe muscolose; queste particolarità sembrano favorire l'esecuzione dei gesti e dei movimenti ad alta intensità propri delle caratteristiche intrinseche del badminton (2).

Proseguendo la suddetta trattazione, con riferimento al somatotipo, vengono analizzate tre componenti differenti: il grasso relativo di un individuo (endomorfo), la robustezza muscoloscheletrica (mesomorfo) e la linearità (ectomorfo). Nel badminton, specificatamente, troviamo una conformazione fisica di tipo misto, in quanto tutti i valori tendono verso il centro, con prevalenza di una caratteristica rispetto ad un'altra a seconda della provenienza geografica del soggetto (2).

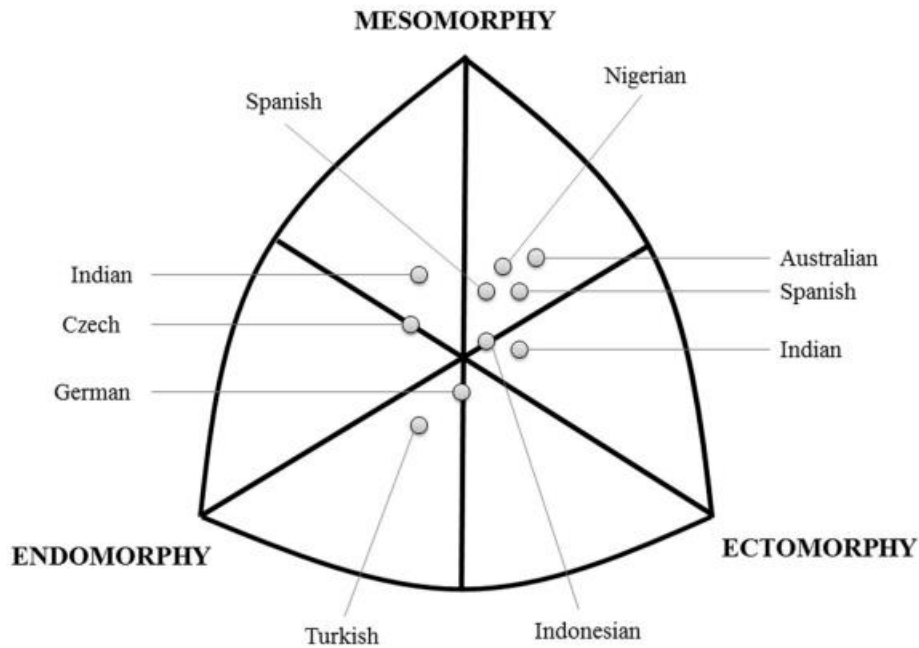


Figura 3: Somatotipo maschile medio del badminton raffigurato su un diagramma rappresentativo di Heath-Carter.¹⁴

Riassumendo, quindi, gli studi condotti hanno riportato che i giocatori di badminton sono prevalentemente alti e snelli con una composizione corporea ectomesomorfa consolidata appositamente per rispondere alle richieste fisiologiche delle partite (2).

1.3 La fisiologia del badminton.

A primo impatto, guardando una partita tra dei giocatori di alto livello, può sembrare che il badminton non sia molto impegnativo fisicamente, perché i giocatori sembrano camminare all'interno del campo. Tuttavia, operando un'analisi più accurata, ci si rende subito conto che si tratta di uno sport estremamente faticoso. Invero, il badminton è tra gli sport che richiede più energia al mondo. Per tale motivo, l'impegno fisico è elevato; infatti, ai giocatori è richiesto di reagire sul volano rapidamente, muoversi velocemente per raggiungerlo e di eseguire numerosi cambi di direzione durante gli scambi delle partite. La differenza tra un atleta esperto ed un principiante consiste proprio nell'efficienza dei movimenti che vengono compiuti (2).

¹⁴ Phomsoupha M., Laffaye G. (2014). *The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics*, Springer International Publishing Switzerland. Pag. 480.

In particolare, ai giocatori di alto livello è richiesto di svolgere la loro prestazione in campo al loro limite massimo di velocità, *agility*¹⁵, flessibilità, resistenza e forza. Una buona performance, infatti, dipende da un insieme di cinque fattori: tecnica, tattica, aspetto psicologico, stile di vita e fisico, che è la parte che interessa noi maggiormente e che andremo a trattare in maniera più approfondita (1)(6). Il fattore “fisico” comprende diverse variabili, tra cui le abilità fisiche, l’*agility*, una buona capacità aerobica e la forza, nello specifico quella esplosiva (2).

Segnatamente, il badminton può essere visto come una combinazione di scambi di breve durata ad alta intensità (sistema anaerobico) e scambi con una durata che può essere lunga o media, sempre ad alta intensità (sistema aerobico) di sforzi sostenuti, e delle pause tra uno scambio e l’altro. La natura intermittente delle azioni durante le partite fa sì che vengano reclutati sia il sistema aerobico (60-70%) sia quello anaerobico (30%), con un maggiore coinvolgimento del metabolismo lattacido rispetto a quello aerobico lattacido. Pertanto, com’è possibile intuire dal numero di giocatori presenti in campo, il singolo è una specialità fisicamente più impegnativa rispetto al doppio (3).

Proprio a causa dell’alta intensità raggiunta durante gli scambi, la frequenza cardiaca media, per il 90% dei giocatori, è quella massima, e, conseguentemente, possiamo giustificare il fatto che la capacità aerobica individuale debba essere alta. Per far fronte a questa necessità, l’allenatore deve sviluppare degli allenamenti con esercizi specifici, che andranno a lavorare e migliorare le caratteristiche dei diversi sistemi energetici (2).

In particolare, è necessario eseguire dei test al fine di valutare le condizioni dell’atleta riguardo al massimo consumo di ossigeno e alle soglie metaboliche, alla frequenza cardiaca e alla risposta del lattato nel sangue durante lo sforzo. Per fare ciò, sono stati sviluppati sia test generali su *treadmill* o su cicloergometro, sia test specifici eseguiti sul campo da badminton con l’ausilio di luci particolari o volani, a seconda di quale veniva selezionato per fare la valutazione e del parametro che si intendeva valutare più specificatamente (2).

Invero, il test che implica l’utilizzo di sei luci valuta il tempo di reazione del giocatore. Il test, conosciuto come “*sideways agility test*”, invece, viene eseguito con l’ausilio di volani collocati lateralmente in linea nel campo, ed al giocatore viene chiesto, come si intende dal nome del test, di muoversi rapidamente utilizzando dei passi laterali

¹⁵ *Agility*: l’abilità di cambiare la posizione del corpo e direzione in maniera veloce e rimanendo in equilibrio.

da destra a sinistra per toccare i volani. Inoltre, un altro test che viene eseguito sul campo, con l'utilizzo dei volani, è il “*four-corner agility test*”, nel quale al giocatore viene richiesto di muoversi nelle quattro direzioni del campo toccando i volani che sono posizionati negli angoli (2).

Le misurazioni dei parametri fisiologici di interesse, quali VO_2max ¹⁶, frequenza cardiaca e lattato nel sangue, vengono prese precedentemente l'inizio, durante ed al termine dei test (2).

Il VO_2max è determinato dalla combinazione di metabolismo e trasporto di ossigeno. Specificamente, bassi valori di questa variabile, in alcuni casi, possono indicare fatica o sovrallenamento, piuttosto che essere considerati un risultato positivo e segno di miglioramento del livello di allenamento (2). Analisi eseguite da Faide, direttamente con il metabolimetro durante le competizioni, hanno riportato un valore del 73,3% del VO_2max , mentre per quanto riguarda quelle eseguite da Faccini si è arrivati ad avere valori pari all' $82 \pm 4,2\%$ (4).

La frequenza cardiaca massima (FC_{max} ¹⁷) monitorata durante le partite delinea un andamento che ci suggerisce un elevato stress sul sistema cardiovascolare. Una caratteristica particolare che si è notata durante il monitoraggio di questa variabile è che la frequenza cardiaca massima sembra non dipendere dal colpo giocato e che il suo valore è tra il 90 e il 94% (2).

Autore (voce bibl)	Anno di pubblicazione	Media	Dev St	Range
Faccini (3)	1996	88.0	5.1	68.0 - 92.0
Cabello Manrique (7)	2003	90.4	2.6	84.2 - 95.2
Faude (6)	2007	89.0	4.7	78.3 - 99.8

Figura 4: Media, deviazione standard (Dev St) e Range dei valori di FC^{18} (% della FC_{max}) durante torneo, in diversi Autori.¹⁹

Come già accennato, i giocatori di badminton giocano ad un'alta percentuale del loro VO_2max o molto vicini alla loro frequenza cardiaca massima; la maggior parte delle

¹⁶ VO_2max : Massimo consumo di ossigeno.

¹⁷ FC_{max} : Frequenza cardiaca massima.

¹⁸ FC : Frequenza cardiaca.

¹⁹ Gianfelici A., Morandini C. (2017). *Il Badminton*, Sport & Medicina.

volte, quindi una cospicua quantità di energia viene fornita dal sistema anaerobico lattacido (2).

Lo studio riguardo la concentrazione del lattato ematico è fondamentale negli studi sul metabolismo energetico ed è quella dalla quale si ottiene l'energia necessaria per lo svolgimento di un'attività fisica di tipo aerobico-anaerobico alternato, com'è il badminton (4). Misurare il lattato durante una competizione di badminton è un processo molto complesso, per questa ragione il campione di sangue viene prelevato generalmente nei momenti di pausa tra uno scambio e l'altro. I risultati degli studi hanno riportato valori pari a 5 millimoli/litro (mM), risultati simili sono stati riscontrati anche in giocatori italiani e spagnoli; mentre in giocatori di elite si sono riscontrati valori più elevati, con picchi fino a raggiungere 7,1 mM (4). Bassi livelli di lattato nel sangue possono essere dovuti ad una migliore funzionalità del sistema di lavoro aerobico derivata da un buon livello di allenamento precedentemente fornito, dall'ingestione di carboidrati e dalla quantità di mioglobina (2).

1.4 La biomeccanica del badminton.

Orbene, in una partita di badminton ci sono numerosi aspetti da prendere in considerazione per quanto attiene la parte biomeccanica. Principalmente, occorre tenere conto dell'aerodinamicità del volano, della dinamicità della racchetta e degli aspetti di cinematica. Biomeccanicamente parlando, viene collocato tra le discipline aerobico-anaerobiche alternate, con una elevata percentuale di massa muscolare impegnata e una discreta forza muscolare distrettuale richiesta. A livello cardiologico viene considerato un'attività sportiva con un impegno cardiocircolatorio medio-elevato, caratterizzata da rapidi e numerosi incrementi, anche massimali, della frequenza e della gittata cardiaca (4).

Infatti, il badminton, come sport, richiede salti, affondi e cambi di direzione molto rapidi, un'alta frequenza di movimenti “*stop-and-go*” e di movimenti compiuti dal braccio da diverse situazioni e posizioni. Il volano, inoltre, grazie alla sua traiettoria particolare rende l'esecuzione di questi gesti necessaria (2).

L'attività di cui si tratta porta al necessario miglioramento sia delle capacità condizionali, nello specifico rapidità e velocità, sia di quelle coordinative (oculo-motoria di anticipazione motoria, sottolineato dall'importanza di colpire presto e dal focus sia sul volano sia sull'avversario, l'equilibrio soprattutto dinamico ed il timing). Queste capacità,

tradizionalmente, vengono allenate attraverso l'utilizzo di esercizi di diversa natura, come per esempio attraverso l'utilizzo di palline con rimbalzi particolari, combinazioni di movimenti da eseguire con il volano e i piedi contemporaneamente, esercizi di lancio e presa a coppie (con oggetti differenti e situazioni di esecuzione differenti). Le esercitazioni possono essere svolte sia in campo con esercizi poi specifici del badminton, sia fuori dal campo con gli esempi sopra elencati.

In particolare, è molto importante allenare l'equilibrio, perché riduce il rischio di infortunio e migliora l'efficienza dei movimenti, permettendo così esecuzioni più veloci con un dispendio di energia minore (6).

Il ciclo del movimento, per quanto riguarda il *footwork*²⁰, comprende sia passi laterali sia incrociati, a seconda della direzione e della velocità necessaria per raggiungere il volano. Per quanto riguarda gli affondi, la loro corretta esecuzione dipende dalla forza muscolare, dalla flessibilità e dalla lunghezza della gamba (2). I giocatori si muovono all'interno di un campo rettangolare e per fare questo si trovano a reclutare tutti i gruppi muscolari, dovendo anche utilizzare la parte superiore del corpo e non solo le gambe all'interno di una situazione di gioco.

²⁰ *Footwork*: termine utilizzato per indicare l'insieme dei passi utilizzati sul campo per muoversi da un angolo all'altro. Differente dal ciclo del movimento.

CAPITOLO 2: L'allenamento intervallato.

Proseguendo l'analisi del rapporto tra il badminton e l'allenamento intervallato, occorre ora analizzare questo secondo aspetto.

L'allenamento intervallato ad alta intensità può essere definito come la ripetizione di blocchi di lavoro eseguiti al di sopra della soglia del lattato, con uno sforzo percepito come forte o superiore, o della velocità/potenza massima, alternati a periodi di esercizio a bassa intensità o con recupero passivo, quindi di totale riposo (7).

Questa tipologia di “allenamento intervallato ad alta intensità” (HIIT²¹) permette di avere delle sessioni di allenamento con un maggiore controllo dell'intensità con la produzione degli stessi livelli di stress sui sistemi dell'organismo o, in alternativa, la possibilità di avere un aumento dello stimolo totale dell'esercizio ad alta intensità, se la serie viene ripetuta più volte. Grazie all'intermittenza, caratteristica peculiare di questa tipologia di allenamento che la distingue dall'allenamento continuo per lunghi periodi di tempo, una persona è in grado di mantenere per un tempo maggiore lo stimolo del lavoro ad alta intensità con un minore sforzo fisico e con adattamenti positivi nel tempo che possono essere specifici a seconda della richiesta dello sport di interesse (7).

Per quanto riguarda la sua storia, pare che l'allenamento intervallato ad alta intensità abbia delle origini abbastanza recenti e che i suoi primi utilizzi siano stati registrati intorno all'anno 1912. Hannes Kolehmainen, atleta finlandese, fu avvistato ad allenarsi in preparazione alle sue gare utilizzando tra le 5 e le 10 ripetizioni, al suo ritmo specifico della gara nei 10 km, prima di vincere l'evento dei 10000 m alle Olimpiadi (7).

Tra gli anni '20 e '30 del 1900, l'allenatore finlandese Lauri Pihkala proseguì con la sperimentazione e lo sviluppo di questa forma primordiale di allenamento intervallato ad alta intensità con Paavo Nurmi, colui che oggi sappiamo essere stato uno dei migliori corridori svedesi di media e lunga distanza nel mondo di quel tempo. Nurmi, infatti, era anche conosciuto come il “*Flying Finn*”²² e fu in grado di stabilire 22 record del mondo in gare ufficiali in distanze comprese tra i 1500 m e i 20 km e, infine, riuscì a vincere nove medaglie d'oro e tre medaglie d'argento nelle sue 12 partecipazioni ai giochi olimpici (7).

²¹ HIIT: High Intensity Interval Training.

²² *Flying Finn*: Svedese volante.

Nel 1930 si dice che sia stato inventato il “*Fartlek*²³” da Gösta Holmér, un allenatore svedese. L’utilizzo di questa tipologia di allenamento è documentato dagli anni ‘30 fino ai primi anni ‘40, per preparare una serie di atleti svedesi di resistenza e sciatori di fondo, includendo la differenziazione dei terreni di esecuzione, arrivando così a definirlo “*natural interval training*²⁴”. A seguito di questi sviluppi primordiali in Finlandia e Svezia, l’allenatore tedesco Woldemar Gerschler ha continuato ad utilizzare l’allenamento intervallato con il corridore Rudolf Harbig, il quale stabilì il record del mondo negli 800 m nel 1939, rendendo questa metodologia di allenamento sempre più popolare (7).

Nel 1950, l’allenamento intervallato ad alta intensità, raggiunse una popolarità estremamente elevata a seguito della tripla vittoria olimpica (5000 m, 10000 m e maratona) di Emil Zátopek, corridore cecoslovacco. Tra il 1952 e il 1956 in Ungheria, l’allenatore Mihály Iglói e i suoi corridori Sándor Iharos, István Rózsavölgyi e László Tábori hanno ulteriormente migliorato i record del mondo attraverso l’utilizzo di forme di allenamento intervallato ripetuto due volte al giorno, aumentando il volume delle ripetizioni di corsa ad alta intensità. Dopo le Olimpiadi di Melbourne del 1956, Iglói immigrò negli Stati Uniti e diffuse il suo metodo al Los Angeles Track Club (7).

A quel tempo si credeva che i miglioramenti fisiologici principali, dati dall’allenamento intervallato, aumentassero durante i periodi di riposo. Fu solo più tardi, intorno al 1950 che i fisiologi suggerirono agli allenatori di accorciare i tempi di recupero all’interno delle sessioni, in quanto, osservando la radiografia del cuore e l’ECG²⁵ di centinaia di atleti, si era giunti alla conclusione che i miglioramenti, in questo modo, sarebbero aumentati (7).

Diverse tipologie di allenamento intervallato furono presentate a varie conferenze organizzate per gli allenatori, ma erano principalmente solo intervalli lunghi o brevi. Nel 1960, il fisiologo svedese Per-Olof Åstrand descrisse la risposta cardiorespiratoria all’allenamento intervallato con intervalli lunghi (3 minuti di sforzo) ad una velocità tra il 90% e il 95% della vVO_2max ²⁶. Secondo le sue analisi, questo si rivelò il metodo più efficace per migliorare il VO_2max siccome tutti i parametri cardiorespiratori erano portati al loro massimo (7).

²³ *Fartlek*: Speed play running in Swedish.

²⁴ *Natural interval training*: Allenamento intervallato in ambiente naturale. Al di fuori dell’ambiente dove si sarebbe svolta la gara.

²⁵ *ECG*: Elettrocardiogramma.

²⁶ vVO_2max : Velocity at maximal oxygen uptake.

Negli ultimi anni del 1960, il gruppo americano composto da Fox, Robinson e Wiegman fu uno dei primi a mettere a confronto l'energia metabolica utilizzata durante la corsa continua e quella intervallata allo stesso livello di intensità; ciò ha mostrato una più lenta accumulazione di acido lattico e un ritardo nella fatica con l'allenamento intervallato, ipotizzando che fosse dovuto alla ricostituzione e conseguente riutilizzo della riserva dei fosfati tramite l'ossigeno immagazzinato nella mioglobina del muscolo. Come risultato di questi fattori, gli atleti erano in grado di raggiungere maggiori quantità di lavoro ad altissime intensità. Sempre nel 1960, l'allenamento intervallato ad alta intensità vide un grandissimo sviluppo per quanto concerne la metodologia e specialmente il suo uso all'interno dei blocchi di periodizzazione grazie a Percy Wells Cerutti, australiano, e Sir Arthur Lydiard, neozelandese (7).

Tra gli anni '70 ed '80 del 1900, si assistette ad un costante aumento dell'utilizzo dell'allenamento intervallato. Si iniziò a riflettere sempre di più sull'argomento, in quanto la preparazione fisica stava diventando sempre più importante e veniva considerata come un puzzle da risolvere. L'inserimento di questa tipologia di allenamento all'interno del programma di un atleta guadagnò fama e accettazione in tutto il mondo grazie a Frank Horwill, il quale applicò un “*five speed system*²⁷” con Sebastian Coe che vinse poi quattro medaglie olimpiche. Dal 1980 in poi, l'allenamento intervallato ad alta intensità è diventato parte integrata fondamentale nell'allenamento dei corridori (7).

Nel 1990, infine, Tim Noakes ha pubblicato una serie di nuovi scritti riguardanti l'allenamento intervallato e la gestione delle variabili che lo compongono, portando così anche altri sport (al di fuori della corsa) ad utilizzare questo metodo (7).

2.1 Le diverse tipologie di allenamento intervallato.

Gli studiosi hanno identificato cinque tipologie di allenamento intervallato differenti che possono indurre ottime risposte a livello fisiologico nel momento in cui un allenatore cerca di maturare un miglioramento nei propri atleti. Queste tipologie comprendono allenamenti con: intervalli brevi, intervalli lunghi, *Repeated-Sprint*

²⁷ *Five speed system*: Sistema delle cinque velocità.

*Training*²⁸, *Sprint-Interval Training*²⁹ e *Game-Based HIIT*³⁰. A seconda della richiesta che ogni sport presenta e delle capacità specifiche che un atleta deve possedere per raggiungere il migliore grado di prestazione, verranno applicate differenti tipologie o combinazioni tra quelle sopra elencate. In particolare, si andrà ora ad analizzarle in maniera generale esponendo le caratteristiche peculiari di ogni sistema di allenamento (7).

Gli intervalli lunghi, o *Long Intervals*, sono semplicemente lunghi. Con questa metodologia vengono ripetuti dei periodi di lavoro che hanno una durata più lunga di quella che è possibile mantenere per un periodo continuo di tempo ad un'intensità intorno alla nostra $v/pVO_2\max$ ³¹ (95% fino a 105%) oppure dall'80% fino al 90% della V_{IFT} ³². Per indurre una risposta metabolica e neuromuscolare di un grado elevato, la durata dei singoli intervalli deve essere maggiore di 1 minuto e per essere anche efficaci devono essere intervallati da brevi periodi di riposo passivo della durata variabile compresa tra 1 e 3 minuti, o da intervalli più lunghi di recupero attivo che possono variare da 2 a 4 minuti con un'intensità del 45% della V_{IFT} o il 60% della $v/pVO_2\max$ (7).

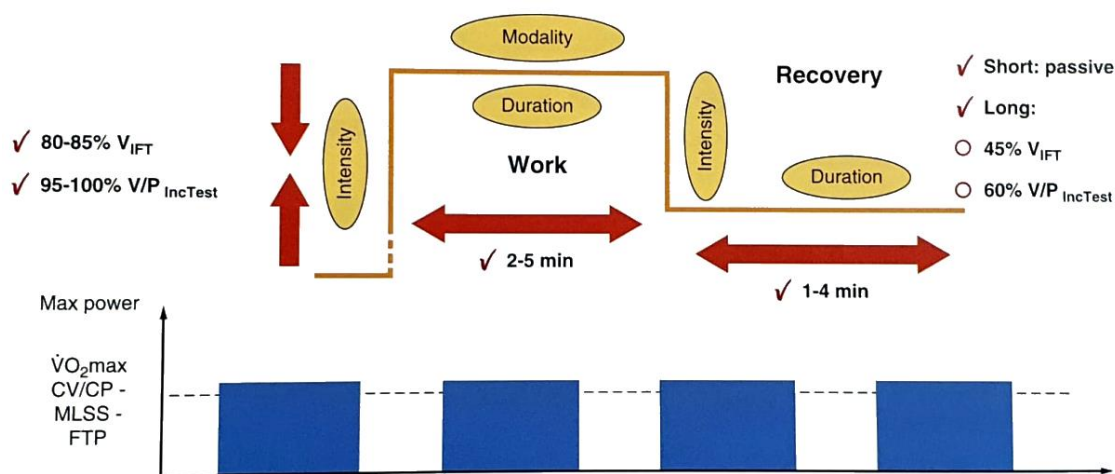


Figura 5: Long intervals and their recommended range of intensities, durations, and recovery characteristics.³³

²⁸ *Repeated-sprint training*: Tipologia di allenamento intervallato basato sulla ripetizione di una determinata distanza eseguita correndo con uno sforzo percepito massimo.

²⁹ *Sprint interval training*: Tipologia di allenamento intervallato basato sulla ripetizione di una determinata distanza eseguita correndo con uno sforzo percepito massimo.

³⁰ *Game-based HIIT*: Tipologia di allenamento intervallato ad alta intensità specifica delle situazioni di gioco del singolo sport preso in considerazione.

³¹ $v/pVO_2\max$: Maximal aerobic speed/power.

³² V_{IFT} : Velocità fitness test intermittente.

³³ Laursen P., Buchheit M. (2019). *Science and application of High-Intensity Interval Training*, Human Kinetics.

Gli intervalli brevi, o *Short Intervals*, sono composti da blocchi di lavoro con una durata inferiore a 60 secondi ripetuti per un numero di volte altrettanto breve. Anche questa tipologia di esecuzione, come quella precedente, ci permette di indurre risposte metaboliche e neuromuscolari acute. Affinché questo allenamento sia utile ed efficace per i nostri obiettivi gli intervalli dovrebbero essere eseguiti tra il 90% e il 105% V_{IFT} per tutta la durata dell'intervallo di lavoro (tra 10 e 60 secondi), alternati con meno di un minuto di riposo passivo o attivo fino al 45% della V_{IFT} o 60% della $V/P_{IncTest}$ ³⁴ (7).

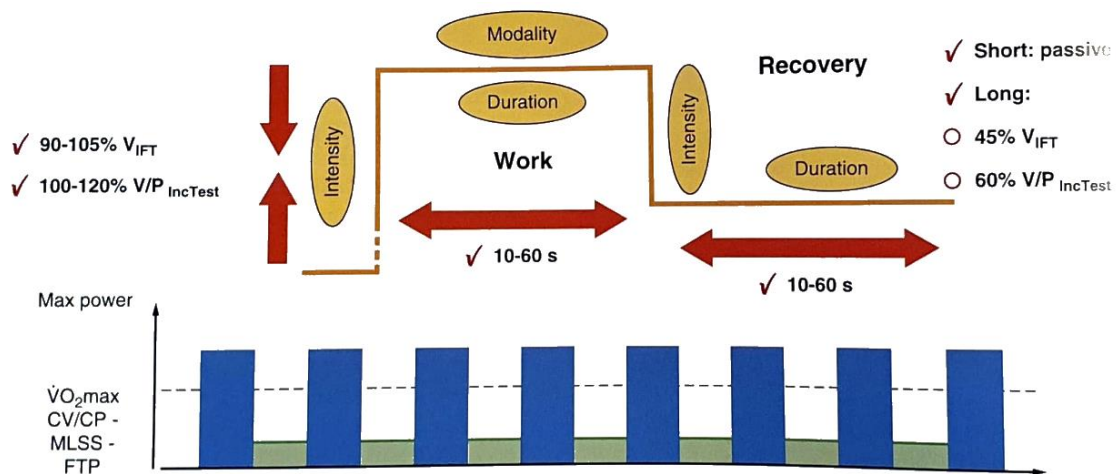


Figura 6: Short intervals and their recommended range of intensities, durations, and recovery characteristics.³⁵

La tipologia denominata come *Repeated-Sprint Training* è la prima vera forma di allenamento intervallato ad alta intensità che possiamo utilizzare per lavorare sulle capacità di alta fascia o sulla riserva della velocità o potenza anaerobica. Questo formato comprende da 3 a 10 secondi di sforzo alla massima intensità con un recupero dalla durata variabile che può essere corto e passivo, fino al 45% della V_{IFT} o 60% della $V/P_{IncTest}$ (7).

³⁴ $V/P_{IncTest}$: Picco finale di velocità e potenza raggiunto durante i test incrementali.

³⁵ Laursen P., Buchheit M. (2019). *Science and application of High-Intensity Interval Training*, Human Kinetics.

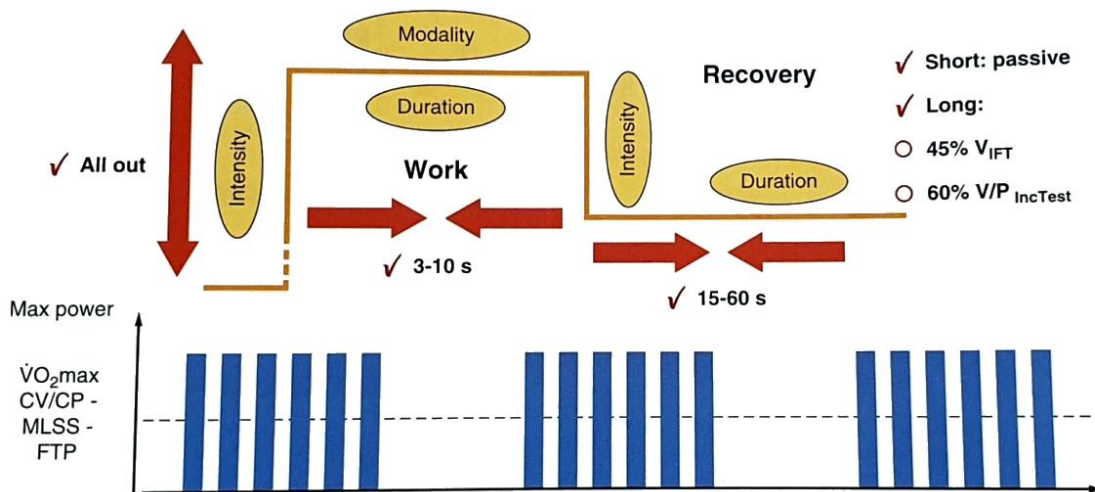


Figura 7: Repeated-Sprint training and its recommended range of intensities, durations, and recovery.³⁶

La tipologia di allenamento chiamata *Sprint Interval Training* è nuovamente, come quella precedente, un esercizio che viene svolto con un livello di sforzo massimale, ma a differenza del *Reaped-Sprint Training*, la durata è più lunga; infatti, varia dai 20 ai 45 secondi. Essendo lo sforzo molto intenso e, di conseguenza, la richiesta ai sistemi dell'organismo molto alta, il recupero dovrà essere lungo e passivo, generalmente con una durata variabile da 1 a 4 minuti (7).

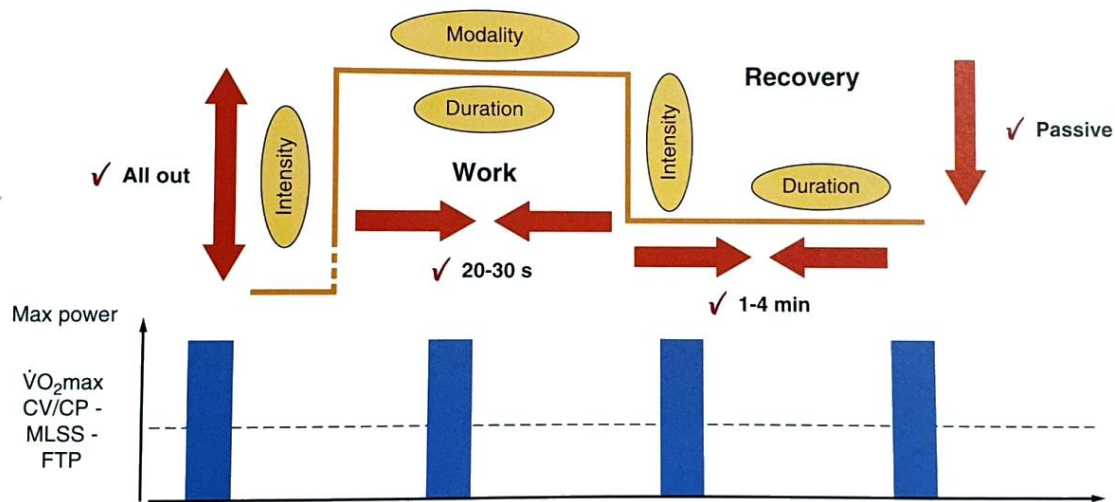


Figura 8: Sprint interval training.³⁷

³⁶ Laursen P., Buchheit M. (2019). *Science and application of High-Intensity Interval Training*, Human Kinetics.

³⁷ Laursen P., Buchheit M. (2019). *Science and application of High-Intensity Interval Training*, Human Kinetics.

L'ultima tipologia analizzata è quella che riguarda l'allenamento ad alta intensità sport specifico denominato *Game-Based HIIT*, e sono una categoria specifica di intervalli lunghi. La differenza è data dalla presenza costante di interazioni con gli avversari e con i compagni di squadra e dalla necessità di prendere delle decisioni relative alle situazioni, rendendolo così differente rispetto ai classici allenamenti intervallati sport specifici. Per trasporlo sul piano pratico, nel badminton, potrebbe voler dire colpire una serie di volani per un determinato periodo di tempo, limitando il lavoro al mero gesto tecnico senza prendere in considerazione le altre variabili. Le ripetizioni, nella tipologia del *Game-Based HIIT*, normalmente, hanno una durata che va da 2 a 4 minuti di lavoro ad un'intensità specifica, che varia a seconda dello sport di riferimento, mentre il recupero è generalmente di tipo passivo con una durata che varia da 90 secondi a 4 minuti (7).

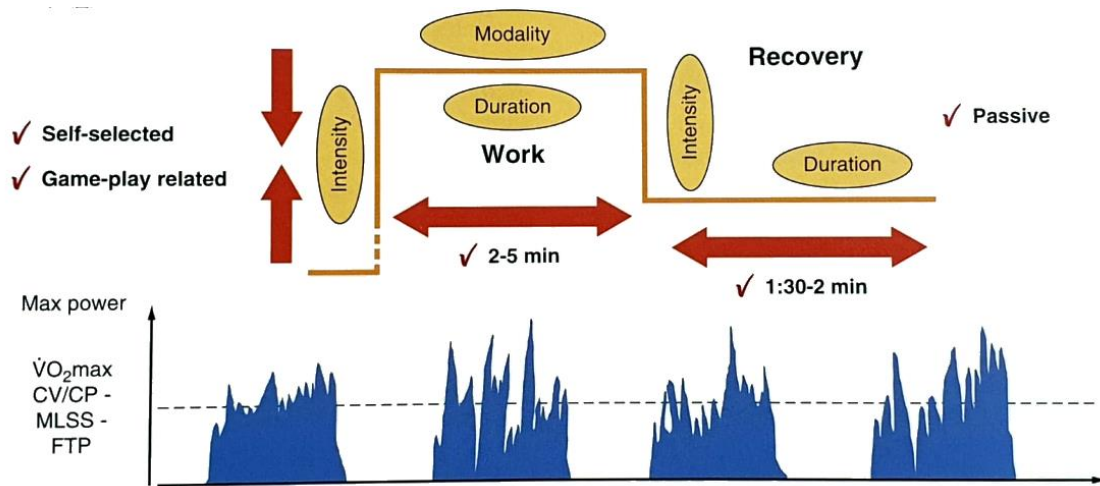


Figura 9: Game-Based HIIT.³⁸

2.2 La programmazione dell'allenamento intervallato.

La programmazione e l'utilizzo ottimale di questa tipologia di allenamento dipende da numerosi fattori. È necessario comprendere quanto sia importante, in percentuale, la preparazione fisica nello sport all'interno del quale si vuole applicare e, dopo ciò, quale sia la tipologia di impegno fisico richiesto durante le competizioni. Successivamente, bisogna analizzare le caratteristiche individuali dell'atleta, essendo ogni individuo differente e con risposte fisiologiche diverse a seconda delle situazioni,

³⁸ Laursen P., Buchheit M. (2019). *Science and application of High-Intensity Interval Training*, Human Kinetics.

per andare a lavorare maggiormente sui punti di necessario miglioramento al fine di agevolare la prestazione in campo. Infine, bisogna prestare estrema attenzione a quali sono gli obiettivi, da quelli della singola seduta a quelli a lungo termine, adattando l'allenamento (7).

I dati raccolti durante l'esecuzione di test incrementali eseguiti in laboratorio sono sicuramente i più precisi e accurati per programmare una sessione di allenamento intervallato. Tuttavia, possiamo anche prendere in considerazione l'utilizzo di alcuni test da campo basati sull'analisi della velocità e potenza critica massimale, i quali possono risultare più pratici, oggettivi ed efficaci per raggiungere il risultato desiderato dall'allenamento e dalla performance (7).

Per esempio, il metodo di prescrizione dell'allenamento *RPE-Based*³⁹ è molto usato in quanto non richiede alcun tipo di misurazione delle variabili fisiologiche dell'individuo e neppure la conoscenza dello stato fisico del soggetto; infatti, lo lascia libero di regolare in autonomia l'intensità dello svolgimento dell'esercizio in base a come il suo corpo risponde alle domande e al suo stato fisico e psicologico (7).

Per quanto riguarda la *Maximal Aerobic Speed and Power*⁴⁰, si è visto come sia un valore di riferimento importante nella programmazione dell'allenamento intervallato. Il VO_2max , infatti, è correlato, in primo luogo, con la capacità del cuore e del sistema circolatorio di trasportare l'ossigeno e l'abilità dei tessuti del corpo di utilizzarlo. La v/pVO_2max , invece, è la più bassa velocità/forza necessaria a sollecitare il VO_2max (7).

La somministrazione di un allenamento basato sulla frequenza cardiaca (FC) del singolo atleta, al giorno d'oggi, è comunemente usata dal momento che è una delle variabili che, sempre più spesso, vengono misurate per controllare o valutare l'intensità di un lavoro eseguito sul campo. Peraltro, la frequenza cardiaca da sola non è in grado di darci informazioni attendibili riguardo l'intensità del lavoro svolto sopra la soglia della v/pVO_2max , la quale rappresenta la maggior parte dell'allenamento intervallato ad alta intensità. La frequenza cardiaca, infatti, ha una risposta molto più lenta rispetto a quella del VO_2max . La dissociazione temporale tra la risposta della frequenza cardiaca, il VO_2 ⁴¹, i livelli di lattato nel sangue e la produzione di lavoro durante una sessione di allenamento intervallato ad alta intensità, limitano fortemente la capacità di valutare l'intensità della seduta solo attraverso l'utilizzo della frequenza cardiaca (7).

³⁹ *RPE-Based*: Programmazione dell'allenamento basata sul tasso di sforzo percepito.

⁴⁰ *Maximal Aerobic Speed and Power*: Velocità e potenza massima aerobica.

⁴¹ VO_2 : Consumo di ossigeno.

La Riserva di velocità anaerobica, o *Anaerobic Speed Reserve*⁴², descrive la capacità dell'esercizio tra la v/pVO_2max e la massima velocità di scatto di un individuo (MSS⁴³) o la potenza di picco anaerobica. Gli studi più recenti hanno mostrato come il tempo impiegato per esaurire le energie ad intensità sopra la vVO_2max erano maggiormente correlate alla ASR o alla MSS più che alla vVO_2max stessa. Di conseguenza, è stato dimostrato che, utilizzando un modello di predizione empirica, la proporzione di ASR utilizzata potrebbe determinare la performance durante periodi di lavoro con una durata da pochi secondi a numerosi minuti, eseguiti con sforzo massimo. Negli studi pubblicati fino a questo momento, tutti gli esercizi si riferivano ad esercizi svolti con lavoro continuo, solo recentemente si è cominciato a prendere in considerazione questa variabile all'interno dell'allenamento intervallato ad alta intensità (7).

Per quanto riguarda la tipologia di allenamento *All-out sprint training*, prevede una serie di *sprint*, della durata che può essere sia lunga che breve, alla massima velocità e, di conseguenza, con il massimo impegno fisico; proprio per la caratteristica dell'*all-out*⁴⁴ possono essere prescritti e inseriti in una sessione di allenamento senza dover eseguire dei test sugli atleti precedentemente (7).

2.3 I fattori che entrano in gioco nell'allenamento intervallato.

Quando decidiamo di programmare una sessione di allenamento intervallato ad alta intensità dobbiamo tener conto di alcuni importanti fattori che entrano in gioco e vanno adattati a seconda delle esigenze e degli obiettivi. Parlando di una data sessione abbiamo 12 variabili principali che possiamo manipolare per individualizzare l'allenamento. Sia l'intensità unitamente alla durata del lavoro, sia gli intervalli di riposo sono fattori chiave che influenzano la seduta. Successivamente abbiamo il numero degli intervalli e delle serie, la durata del recupero tra le serie e l'intensità totale del lavoro eseguito nella sessione (7).

La modalità di esercizio che viene selezionata diventa estremamente importante quando entriamo nell'ambito degli sport di squadra e in quelli di racchetta. In generale,

⁴² *Anaerobic Speed Reserve (ASR)*: Velocità di riserva anaerobica.

⁴³ *MSS*: Maximal Sprinting Speed.

⁴⁴ *All-out*: Termine inglese utilizzato per definire l'esecuzione di un esercizio dove viene esaurita tutta l'energia, dove l'atleta produce il massimo sforzo.

invece, l'ambiente e la nutrizione sono aspetti che possono essere manipolati per influenzare la risposta fisiologica rendendola così maggiore. La manipolazione di ogni singola variabile, isolatamente dalle altre, ha un impatto diretto sulle risposte metaboliche, cardiopolmonari e neuromuscolari. Nel momento in cui viene modificata più di una variabile contemporaneamente, le risposte sono più difficili da prevedere in quanto i fattori sono collegati tra loro (7).

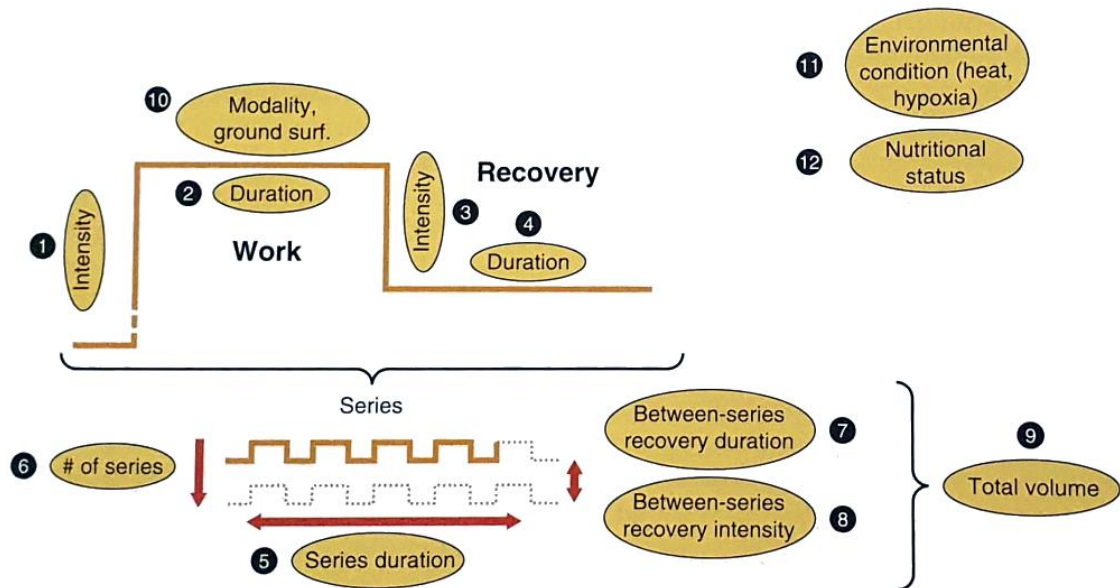


Figura 10: Le 12 variabili che possono essere manipolate per prescrivere differenti sessioni di HIIT.⁴⁵

Andiamo ora ad analizzare più nello specifico alcune di queste variabili spiegando a cosa si riferiscono e quali siano i loro effetti principali sull'organismo.

La prima variabile che si deve prendere in considerazione è l'intensità del periodo di esercizio, la quale è quella che risulta anche essere la più importante. Nella parte bassa dello spettro dell'intensità la sua velocità critica, o il punto massimo di equilibrio del lattato, è ad un'intensità largamente sostenibile per un tempo che va da 30 a 60 minuti; nella parte più alta, invece, l'intensità che può essere mantenuta senza interruzioni consiste nella massima velocità di scatto oppure picco di potenza istantaneo. Questa è la potenza più alta che un atleta può produrre o la velocità massima a cui un atleta si può muovere. I determinanti della massima velocità o potenza, da un punto di vista assoluto, si riferiscono al fenotipo dell'individuo in termini di ripartizione delle unità motorie. Per quanto ci sia una variabilità ben definita delle proporzioni tra fibre lente e veloci dei

⁴⁵ Laursen P., Buchheit M. (2019). *Science and application of High-Intensity Interval Training*, Human Kinetics.

muscoli misti dell'uomo, la maggior parte degli esseri umani e degli atleti manifesta all'incirca il 50% di rottura di ogni vasta divisione del tipo di fibre. In sostanza, possiamo dire che in generale abbiamo gruppi di fibre muscolari di tipo lento, intermedio e veloce. In aggiunta, tutto l'insieme delle unità motorie in un gruppo di muscolo che può essere coinvolto dal cervello per produrre movimenti è influenzato dalle caratteristiche neuromuscolari. Le unità motorie veloci sono, appunto, veloci a produrre forza, molto potenti, e prevalentemente di natura glicolitica; tuttavia, si stancano velocemente. Le unità motorie lente producono meno forza e lentamente, però sono piene di mitocondri per la produzione di ATP⁴⁶ e quindi risultano essere più resilienti alla fatica. Le fibre muscolari intermedie si trovano in qualche punto nel mezzo e possiedono infatti le proprietà di entrambe le tipologie (7).

La seconda variabile è la durata del periodo di esercizio; questa dipende chiaramente dall'intensità dell'esercizio. Il periodo di tempo massimo oltre il quale la richiesta di un esercizio può essere sostenuto ad una velocità costante o potenza d'uscita è una funzione inversa e curvilinea dell'intensità dell'esercizio, ed è specifico della fibra muscolare. Più alta è l'intensità dell'esercizio, più corta sarà la sua durata, e viceversa, entro i limiti individuali di ognuno. Quando svolgiamo un esercizio alla nostra massima intensità per vario tempo, e tracciamo la potenza o la velocità rispetto alla durata, vedremo una distribuzione con un profilo che ha le caratteristiche della classica legge della potenza. Due delle variabili che entrano in gioco nella determinazione della durata del periodo di lavoro sono la potenza critica (CP⁴⁷) e la capacità di lavoro anaerobica (W'⁴⁸) (7).

- Il modello della potenza critica (CP) descrive la capacità di sostenere un carico di lavoro particolare in funzione del tempo (t) per un individuo. La potenza critica può essere definita come l'intensità di un esercizio che ognuno di noi è in grado di sostenere da 30 a 60 minuti. Fisiologicamente parlando, questa tende a corrispondere con il punto massimo di equilibrio del lattato di ogni individuo, o l'intensità di un esercizio a cui la produzione di lattato nel sangue appare bilanciata con quello che viene rimosso (7).

⁴⁶ ATP: Adenosina Trifosfato.

⁴⁷ CP: Potenza critica o *critical power*.

⁴⁸ W': Capacità di lavoro anaerobica.

- La capacità di lavoro anaerobica (W'), conosciuta anche come velocità o potenza anaerobica di riserva (ASR/APR⁴⁹), descrive teoricamente la fornitura dell'energia finita o limitata disponibile sopra la potenza critica. Quello che ci viene detto, quindi, è che quando svolgiamo esercizi sopra la nostra CP, come succede durante le sessioni di allenamento intervallato ad alta intensità, il nostro corpo ha una fonte limitata che può utilizzare prima che abbia la necessità di recuperare (7).

Portando l'attenzione sulla prossima variabile, ci colleghiamo alle pause andando a parlare del periodo di recupero. La credenza più comune è quella che stabilisce che il recupero dall'HIIT debba essere attivo per promuovere la rimozione del lattato dannoso dal sangue che si è accumulato nel muscolo durante il lavoro di alta intensità. Ma è realmente così? Sono presenti pochi studi che confermano questa tesi. Uno dei fattori chiave per il recupero è la quantità di fosfocreatina presente nel muscolo (PCr⁵⁰), anche chiamato sistema energetico a breve termine. La PCr è presente nel muscolo per ripristinare rapidamente i livelli di ATP. Le dinamiche del recupero sono determinate dalla scelta dell'intensità e della durata del periodo di recupero. L'intensità del periodo di recupero e la durata condividono una relazione energetica simile con il periodo di intensità e durata dell'esercizio. Per questa ragione, si avrà un recupero più veloce quando l'intensità sarà più bassa, mentre si potrà recuperare più a lungo quando la durata sarà maggiore. In conclusione, possiamo aumentare il carico di lavoro complessivo e il tasso metabolico di una data sessione di allenamento intervallato ad alta intensità o aumentando l'intensità del recupero o diminuendo la durata del recupero (7).

Quando parliamo di durata delle serie, ci riferiamo al numero delle ripetizioni degli intervalli o blocchi di HIIT che verranno eseguiti in una data sessione. Più una sessione di allenamento intervallato ad alta intensità va avanti, maggiore è la richiesta del richiamo del sistema aerobico, siccome i sistemi a breve termine sono tassati sempre di più, senza un adeguato tempo di recupero. Se si accorcia la durata delle serie, generalmente si migliora il tasso metabolico o la qualità in un dato periodo di tempo, la quale può essere appropriata nel contesto in cui ci permette di concentrarci su altri aspetti oltre alla prestazione (7).

Un'altra variabile importante che dobbiamo tenere in considerazione è la modalità di esercizio selezionata; spesso la scelta dipende dallo sport di interesse e ricade sull'attività

⁴⁹ APR: Potenza anaerobica di riserva.

⁵⁰ PCr: Fosfocreatina presente nel muscolo.

motoria che viene maggiormente utilizzata durante la gara. Infatti, quando parliamo di modalità di esercizio in un contesto di sessione di allenamento intervallato ad alta intensità ci riferiamo direttamente alle differenti modalità che vengono utilizzate per manipolare la sessione e adattare lo sforzo locomotore, neuromuscolare, e muscoloscheletrico sul corpo. La manipolazione dell'esercizio può essere utilizzata per andare a colpire le suddette specifiche aree o regioni del corpo. Più un atleta è allenato, più ci sarà bisogno di avere uno specifico obiettivo all'interno della sessione d'allenamento (7).

Fattori esterni alla tipologia di sessione vera e propria, ma che restano ugualmente molto influenti, sono l'ambiente in cui si svolge la seduta di allenamento, il quale può sviluppare diverse risposte fisiologiche del corpo, e la nutrizione. Ciò che noi mangiamo e beviamo ha un'influenza notevole sugli effetti fisiologici di un intervallo di HIIT sia per quanto riguarda la presenza di carboidrati sia dal punto di vista dell'idratazione (7).

2.4 I targets dell'HIIT.

Uno dei principi maggiormente conosciuto riguardo gli esercizi all'interno di una sessione di allenamento è quello del sovraccarico progressivo. Il principio del sovraccarico afferma che lavorando ad un'intensità più alta di quella a cui si è abituati in allenamento e creando una situazione di stress, ci sarà, di conseguenza, un adattamento in diversi sistemi fisiologici cosicché in futuro vengano tollerate per un tempo maggiore e con uno sforzo minore (7).

La base scientifica dell'allenamento intervallato ad alta intensità è quella di produrre un sovraccarico di alta intensità che provochi uno stimolo volto a migliorare la capacità fisiologica di determinati sistemi importanti per la prestazione dell'attività in oggetto. Molti degli adattamenti fisiologici e biochimici che avvengono a seguito dell'utilizzo di questa tipologia di allenamento sono dettati dall'aumentata richiesta di energia. Il sistema metabolico si riferisce a tre processi distinti, per quanto molto collegati nel processo di integrazione, quali: la divisione dei fosfati immagazzinati (ATP e PCr), l'esaurimento dei carboidrati in situazione di anaerobismo (produzione di energia glicolitica anaerobica), la combustione dei carboidrati e dei grassi in presenza di ossigeno (metabolismo ossidativo o sistema aerobico). Invero, basandosi sulla rispettiva contribuzione di questi tre sistemi appena elencati, è possibile caratterizzare precisamente l'acuta risposta fisiologica di una qualsiasi sessione di allenamento intervallato ad alta intensità. L'intensità, la durata, il

numero di ripetizioni e le serie di lavoro, il riposo tra gli intervalli, che vengono stabiliti per una seduta di allenamento intervallato possono essere modificati in base a quale dei sistemi metabolici si vuole andare a tassare maggiormente (7).

La respirazione aerobica, attraverso il *aerobic oxydative system*⁵¹, è quella che noi intendiamo quando ci riferiamo alla produzione di ATP attraverso il processo della fosforilazione ossidativa. Questo processo, come intuibile dal nome, richiede una grandissima quantità di ossigeno per nutrire le cellule del corpo. L'efficienza di questo sistema di rifornimento dell'ossigeno diventa particolarmente importante per raggiungere il livello di picco durante gli esercizi nella maggior parte degli sport. Il sistema cardiopolmonare, composto dai polmoni, il cuore e i vasi sanguigni, facilita l'assunzione di ossigeno dall'ambiente e il suo trasporto alle cellule del corpo, in primo luogo ai muscoli scheletrici, ma anche al muscolo cardiaco e ai tessuti neurali, incluso il cervello (7).

- Integrazione della massima funzione cardio-polmonare e ossidativa delle cellule: tempo al VO₂max.
- Funzione respiratoria durante l'allenamento intervallato ad alta intensità.
- Funzione cardiaca durante l'allenamento intervallato ad alta intensità.
- Ossigenazione dei muscoli e del cervello durante l'allenamento intervallato ad alta intensità.
- Sistema metabolico nei muscoli scheletrici.

Mentre il sistema cardiorespiratorio e il sistema cellulare aerobico ossidativo tendono ad essere le variabili di maggior interesse per comprendere la struttura del disegno di un HIIT, la contribuzione di energia anaerobica glicolitica è un altro importante parametro da tenere in considerazione. Il sistema anerobico glicolitico aumenta la trasformazione dell'ATP attraverso una più elevata tassazione della capacità glicolitica, la quale potrebbe facilitare importanti miglioramenti negli sport con performance di breve durata. L'attività dell'enzima glicolitico, in particolare quello della lattato deidrogenasi, fosfofruttochinasi e la fosforilazione del glicogeno, sono aumentate sia dopo corti, sia dopo lunghi intervalli di *sprint interval training*. La contribuzione data dall'energia anaerobica agli esercizi di alta intensità può cambiare maggiormente a causa di una maggiore abilità del sistema neuromuscolare di ingaggiare un più alto numero di unità motorie grandi, includendo più unità motorie a contrazione veloce. Il metodo del deficit massimo di ossigeno accumulato

⁵¹ *Aerobic Oxidative System*: Sistema di respirazione aerobica.

(MAOD⁵²) e il tasso stimato della concentrazione di lattato nel muscolo tendono ad essere i metodi migliori per valutare la contribuzione dell'energia anaerobica glicolitica (7).

I valori di lattato presenti nel sangue dopo l'esecuzione dell'allenamento intervallato ad alta intensità sono stati suddivisi in: molto bassi (meno di 3 mmol/L), bassi (da 3 a 6 mmol/L), moderati (maggiori di 6 mmol/L fino a 10 mmol/L), alti (maggiori di 10 mmol/L fino a 14 mmol/L), e molto alti (maggiori di 14 mmol/L) (7).

Le sessioni di allenamento intervallato ad alta intensità furono anche categorizzate, basandosi sul valore iniziale della quantità di lattato accumulata nel muscolo, come segue: fortemente aerobico, aerobico, mediamente aerobico, anaerobico, fortemente anaerobico. L'allenamento del lattato è nato per stimolare il sistema glicolitico anaerobico e comprende anche periodi di esercizio eseguiti a intensità sopra la V/pVO_2max . Può essere definito come allenamento di velocità puro, allenamento di resistenza ad elevata velocità, o allenamento di mantenimento della velocità per un periodo di tempo più o meno lungo (7).

Ogni movimento eseguito da atleti richiede comunicazione tra il cervello e i muscoli; il sistema neuromuscolare consente questa coordinazione. L'unità fondamentale del sistema nervoso, le unità motorie, includono il nervo motore e tutte le fibre che innerva. Quando ci riferiamo al carico muscoloscheletrico e neuromuscolare associato con l'allenamento intervallato ad alta intensità, si intendono i vari fattori di stress fisico che l'anatomia di un atleta può incontrare durante una sessione di allenamento e gli effetti acuti che questi hanno sia sul sistema neuromuscolare sia su quello muscoloscheletrico. I cambi di direzione per alcuni tipi di allenamento intervallato ad alta intensità, eseguiti negli sport di racchetta e di squadra, e il grande volume di HIIT portano naturalmente ad un alto coinvolgimento di entrambi i sistemi neuromuscolare e muscoloscheletrico (7).

Durante gli allenamenti, l'allenatore deve scegliere se esaltare o limitare il carico neuromuscolare durante le sessioni di HIIT che ha programmato. Alcune volte si cercherà di aumentare la caratteristica neuromuscolare dell'allenamento intervallato nel tentativo di migliorare la funzione locomotrice dell'atleta e, ipoteticamente, la resistenza alla fatica degli arti inferiori.

⁵² MAOD: Metodo del deficit massimo di ossigeno accumulato.

2.5 La risposta fisiologica al carico di allenamento.

La risposta del nostro atleta al carico, comunemente denominato come stato di allenamento, non è uniforme tra tutti gli atleti e, chiaramente, dipende dal livello di allenamento e dalle caratteristiche individuali. Il carico di allenamento può essere considerato l'*input*, mentre la risposta al carico può essere considerata come il sistema di *output*. Il carico di allenamento, l'indicatore teoretico dell'*input* dello stress di allenamento, può essere considerato da entrambi i punti di vista, sia interno (metabolico, cardiovascolare, neuromuscolare) che esterno (lavoro meccanico). Mentre possiamo usare questo concetto di carico per programmare un allenamento in maniera intelligente, ci viene detto molto poco rispetto a come esattamente gli atleti hanno reagito o risposto alla sessione di allenamento intervallato ad alta intensità, quindi, riguardo l'*output*, e dove un atleta si trova effettivamente da un punto di vista di prospettiva di prontezza all'allenamento. Infatti, senza che in qualche modo vengano raccolte informazioni riguardo l'*output* della risposta, noi possiamo solo cercare di indovinare in merito a cosa stia succedendo all'interno dell'atleta. È solo attraverso la monitorizzazione della risposta al carico di allenamento che possiamo valutare il livello di fitness e di prontezza alla performance dell'individuo. Per fare questo però ci servono degli strumenti che ci permettano di guadagnare informazioni riguardo l'*output* della risposta (7).

Le informazioni riguardo al livello di fitness e di prontezza all'allenamento verranno raccolte attraverso l'esaminazione di marcatori specifici del fitness, della fatica, e della salute, i quali tutti insieme potranno informarci sulla capacità della performance dell'atleta e allo stesso modo sull'efficienza o modelli di costo/*output*, così come sul rapporto tra la risposta interna ed esterna all'allenamento, nel quale più basso il livello, migliore è la capacità di performance. Per ogni tipo di stress, la risposta di sopravvivenza che lancia il nostro corpo nel processo di adattamento o di posizionamento dei sistemi di difesa correttamente cosicché possa rimanere una migliore omeostasi, nel caso in cui dovesse ripresentarsi il fattore di stress. Tutti rispondiamo in maniera unica ad ogni forma di stress. Questa risposta unica ci dà l'opportunità di modificare il contenuto dell'allenamento durante la programmazione, così da mantenere durante gli allenamenti gli atleti sulla strada corretta e portare avanti i loro obiettivi di performance (7).

Entreremo ora più nello specifico analizzando i marcatori della risposta all'allenamento. È di estrema importanza il tracciamento dello stato dell'atleta, sia negli sport individuali sia in quelli di squadra. Generalmente, le risposte all'allenamento di un

atleta sono relazionate direttamente agli stimoli della seduta: che sia eccessivo, o scarso il carico di allenamento può contribuire alla fatica, mentre l'appropriata dose di allenamento ad un livello individualizzato potrebbe permettere miglioramenti ottimali sia nello stato di fitness sia per quanto riguarda la performance. È comunque vitale che la fatica, il fitness, e la risposta alla performance di un atleta durante le varie fasi dell'allenamento di un calendario personalizzato siano tenute sotto sorveglianza, cosicché il carico di allenamento ed i suoi contenuti possano essere corretti e individualizzati, monitorando il ciclo di allenamento (7).

Quando si arriva alla monitorizzazione del livello di fatica di un atleta o della performance in risposta al carico di allenamento, possono essere utilizzati vari strumenti e metodi, come la rilevazione della saliva e delle specifiche variabili del sangue, l'uso di questionari psicometrici che permettono di conoscere meglio l'atleta sul piano personale comunicando con lui regolarmente. Ci sono tre principali famiglie che assumono un'importanza chiave per la raccolta delle informazioni necessarie, ognuna delle quali relazionata con specifici aspetti dello stato di allenamento, possono essere utili per valutare il potenziale di performance o la prontezza ad allenarsi. In maniera semplificata e generale, queste tre famiglie sono:

- Lo stato metabolico interno, cardiopolmonare e autonomo, con la frequenza cardiaca selezionata come strumento per inferire sullo stato dei sistemi.
- La produzione di forza neuromuscolare ed esterna e l'efficienza locomotrice facendo utilizzo dei sistemi di GPS⁵³ e degli accelerometri.
- La salute generale, l'affaticamento e l'umore (psicologia); queste variabili vengono misurate attraverso l'utilizzo di questionari del benessere, i quali hanno il semplice significato di ottenere informazioni riguardo questi importantissimi aspetti (7).

⁵³ GPS: Global Positioning System.

CAPITOLO 3: L'allenamento intervallato ad alta intensità e le sue applicazioni generali e specifiche nel badminton.

Il badminton, come già visto nel primo capitolo, è uno sport di racchetta che ha delle richieste molto elevate a livello fisico; comprende, infatti, frequenti intervalli di attività ad alta intensità, e abilità complesse in materia di accelerazioni ripetute, decelerazioni, cambi di direzione (CoD) e salti. I giocatori di badminton, se ben allenati, sono capaci di colpire utilizzando una serie di tecniche differenti, specifiche dello sport in questione, eseguite a diverse intensità durante una partita. Per migliorare la tecnica di esecuzione dei vari colpi viene utilizzata in maniera massiva la ripetizione per un alto numero di volte di un determinato colpo all'interno di una seduta giornaliera. Tuttavia, il carico di lavoro sviluppato durante l'esecuzione di un allenamento di questo tipo, ossia con un alto numero di ripetizioni di uno stesso colpo, ha ricevuto un'attenzione limitata; una comprensione più profonda di questa tipologia di allenamento potrebbe aiutare a sviluppare dei programmi di allenamento specifici per il badminton, così da migliorare la performance durante le partite (8).

Il contributo che viene fornito da ogni sistema energetico durante una partita o per l'esecuzione di uno specifico colpo di badminton è poco chiaro. Le ricerche eseguite sul giocatore di badminton durante le partite, hanno mostrato un profilo aerobico-dominante per il 60-70% del tempo; inoltre, alcuni scienziati, grazie ai loro studi, hanno scoperto che il sistema adenosina trifosfato-fosfocreatina (ATP-PCr) e il sistema di glicolisi sono i maggiori fornitori di energia. Tuttavia, la contribuzione di energia può essere influenzata da diversi carichi fisici, così come dall'esecuzione di differenti colpi, dai passi utilizzati per raggiungere il volano e dalla frequenza con cui le azioni vengono eseguite. Essere in grado di quantificare il carico fisiologico e quello fisico, imposti dalle competizioni e dagli esercizi svolti durante la seduta di allenamento, diventa di fondamentale importanza per comprendere la natura del rapporto tra dose e risposta del processo di allenamento rispetto all'ottimizzazione della performance dell'atleta (8).

Invero, il carico di lavoro è stato studiato in maniera approfondita in numerosi sport. Con carichi di lavoro intendiamo una serie di parametri e variabili che includono la frequenza cardiaca (FC), la valutazione dello sforzo percepito (RPE⁵⁴), il carico del giocatore (PL⁵⁵), le accelerazioni e decelerazioni, i cambi di direzione (CoD), i salti, e

⁵⁴ RPE: Rate of Perceived Exertion.

⁵⁵ PL: Player Load.

così via. Benché gli studi che quantificano questi carichi siano, per lo più, limitati alla performance svolta in situazione di gioco o in un momento selezionato all'interno della seduta di allenamento, i carichi richiesti negli allenamenti di diversi sport specifici, sono tutti ugualmente importanti. Liu⁵⁶, in riferimento alla misurazione dei carichi di lavoro, ha scoperto che la parte bassa della schiena dei giocatori di badminton è un'ottima zona in cui posizionare un sensore per monitorare il carico esterno generale nel badminton (8).

Ad oggi, non ci sono stati studi che abbiano confrontato il contributo di energia e dei carichi di lavoro nei maschi e nelle femmine che entrano in gioco nelle partite e nelle sessioni di allenamento focalizzate sulla ripetizione, per intervalli di tempo differenti, di un colpo (8). Di conseguenza, in questo capitolo si andrà, inizialmente, a presentare uno studio proprio relativo alla comparazione dei contributi energetici e dei carichi di lavoro nei due sessi (8); successivamente l'attenzione si sposterà su un altro studio che aveva, in primis, lo scopo di valutare gli effetti delle funzioni fisiologiche dello *Sprint Interval Training* sulle capacità aerobiche dei giocatori di badminton di alto livello e, in secondo luogo, esplorare i potenziali meccanismi di assunzione dell'ossigeno, trasporto e recupero durante l'intero processo (9).

3.1 La comparazione delle contribuzioni energetiche e dei carichi di lavoro nei giocatori di badminton.

Lo scopo principale dello studio presentato è stato quello di confrontare i contributi energetici ed i carichi di lavoro di un gruppo di giocatori di badminton, selezionati in precedenza, di sesso maschile e femminile durante le partite, mettendoli a confronto con i risultati ottenuti attraverso l'utilizzo di una tipologia di allenamento che prevedeva la ripetizione per un alto numero di volte di un colpo (in questo caso lo smash). L'ulteriore obiettivo era quello di descrivere le differenze, eventualmente emerse, tra i contributi di energia e i carichi di lavoro tra le partite di badminton e la pratica di un colpo attraverso l'utilizzo dell'allenamento intervallato con un rapporto tra lavoro e riposo di 1:2 (8).

Lo studio "*Comparison of energy contributions and workloads in male and female badminton players during games versus repetitive practices*" prevedeva la partecipazione di quattordici giocatori di badminton di alto livello, che avessero almeno

⁵⁶ Liu Yu: professore presso l'Istituto di Scienza e Sviluppo della Chinese Academy of Science.

gareggiato a livello nazionale nella loro categoria e che si offrirono volontari per partecipare. I giocatori, dopo essere stati selezionati, sono stati informati su ciò che avrebbero dovuto fare e sulle modalità di esecuzione dei test e infine sottoposti a degli accertamenti medici che certificassero il loro stato di salute (8).

	Age (years)	Height (cm)	Body mass (kg)	Training experience (years)
Males (N = 8)	18.25 ± 3.41	181.88 ± 9.26	70.99 ± 17.80	10.88 ± 3.00
Females (N = 6)	16.50 ± 2.51	168.67 ± 3.88	54.95 ± 5.86	9.17 ± 2.56
Total (N = 14)	17.50 ± 3.08	176.21 ± 9.90	64.12 ± 15.87	10.14 ± 2.85

Data are presented as mean ± SD.

Figura 11: Le caratteristiche dei partecipanti.⁵⁷

Il progetto dello studio era trasversale. Tutti i giocatori hanno dovuto giocare una partita di singolo e hanno dovuto svolgere una sessione di allenamento che consisteva nella ripetizione, per un dato intervallo di tempo, del colpo d'attacco chiamato smash, in giorni differenti; entrambe le attività, tuttavia, sono state svolte nello stesso periodo della giornata. I contributi energetici e i carichi di lavoro sono stati misurati simultaneamente tramite gli scambi gassosi e la misurazione della frequenza cardiaca durante le partite e le sessioni di allenamento, utilizzando la tecnologia degli accelerometri (8).

Prima dell'inizio del test vero e proprio i giocatori dovevano svolgere un riscaldamento di 15 minuti sul campo e successivamente stare per 10 minuti seduti, dopodiché indossavano i misuratori. Prima del riscaldamento, antecedentemente l'inizio del primo set, nella pausa tra i due set e durante il recupero a seguito della partita o della sessione di allenamento, 10 µl di sangue capillare veniva prelevato dal lobo dell'orecchio per determinare la concentrazione di lattato ematico. I valori di lattato accumulati furono usati per calcolare l'energia prodotta tramite la via anaerobica lattacida (8).

In seguito, un'analisi più dettagliata di come si sarebbero svolti entrambi i test, la partita di badminton e la sessione di allenamento.

⁵⁷ Fu Y., Liu Y., Chen X., Li Y., Wang X., Shu Y., Shang L. (2021). *Comparison of Energy Contributions and Workloads in Male and Female Badminton Players During Games versus Repetitive Practices*, *Frontiers in Physiology*.

- Partita di badminton: prima dell'inizio del test i giocatori furono suddivisi in sette coppie per poter successivamente disputare la partita di singolo; la scelta degli abbinamenti fu fatta in modo che l'incontro si svolgesse in maniera equilibrata, tra due giocatori dello stesso livello. La partita si sarebbe svolta seguendo le normali regole applicate ad un torneo. Durante la partita vennero utilizzate le pause corrette; a 11 punti, entrambi i giocatori avrebbero svolto 1 minuto di pausa così come alla fine di ogni set 2 minuti di pausa. Per dare un valore e un'accuratezza maggiore allo studio, la partita fu arbitrata da un arbitro nazionale (8).

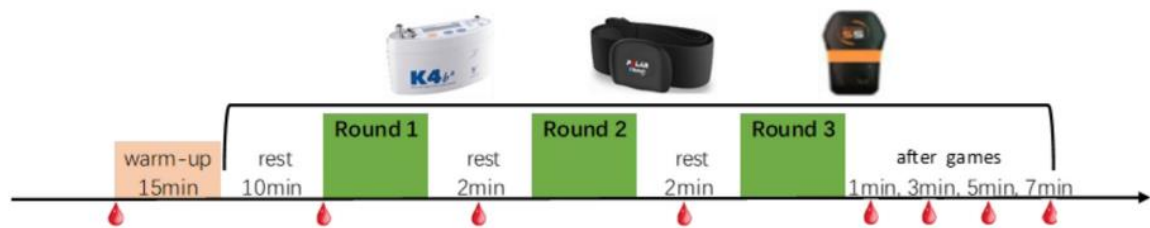


Figura 12: Test flow chart of a badminton match play.⁵⁸

- Sessione di allenamento basata sulla ripetizione di un colpo: i quattordici giocatori erano chiamati a svolgere 6 serie di ripetizione dello *smash* per 10 volte. Per facilitare la riuscita del test e l'esecuzione del colpo da parte del giocatore, un allenatore esperto fu designato come responsabile per lanciare i volani dall'altro lato della rete nel punto indicato e con la corretta traiettoria. Dopo ogni serie, il giocatore aveva diritto ad una pausa, della durata doppia rispetto al tempo impiegato per compiere il lavoro; durante questo tempo doveva stare seduto (8).



Figura 13: Test flow chart of multi-ball stroke practice for each player.⁵⁹

I contributi energetici monitorati tramite la spirometria portatile includevano il sistema ATP-PCr, il metabolismo anaerobico lattacido (E_{PCr}), il sistema glicolitico o il

⁵⁸ Fu Y., Liu Y., Chen X., Li Y., Wang X., Shu Y., Shang L. (2021). *Comparison of Energy Contributions and Workloads in Male and Female Badminton Players During Games versus Repetitive Practices*, *Frontiers in Physiology*.

⁵⁹ Fu Y., Liu Y., Chen X., Li Y., Wang X., Shu Y., Shang L. (2021). *Comparison of Energy Contributions and Workloads in Male and Female Badminton Players During Games versus Repetitive Practices*, *Frontiers in Physiology*.

sistema aerobico (E_{Aer}), la contribuzione totale dell'energia (E_{Tot}), il tasso medio di ossidazione dei carboidrati (R_{CHO}), e il tasso medio di ossidazione dei lipidi (R_{Lip}). Le variabili riguardanti il carico di lavoro utilizzate in questo studio sono state la frequenza cardiaca, il carico di lavoro assoluto e relativo del giocatore, accelerazioni e decelerazioni, cambi di direzione (destra e sinistra) e salti (8).

Alla fine del periodo di test i 14 giocatori giocarono un totale di sette partite, sei *match* si erano conclusi in due set, mentre soltanto uno si era protratto fino al terzo set. La durata media degli incontri fu di 24.93 ± 6.33 minuti. Analizzando i risultati sono state trovate differenze significative tra i giocatori di sesso maschile e femminile, a livello statistico, per quanto riguarda la E_{PCr} , il R_{CHO} , il carico assoluto del giocatore e il numero delle accelerazioni. Con riferimento ai soggetti che hanno partecipato allo studio, i maschi hanno mostrato una capacità anaerobica lattacida e un tasso di ossidazione dei carboidrati maggiore rispetto alle femmine. Le giocatrici, invece, hanno mostrato un carico assoluto e un numero di accelerazioni maggiore rispetto alla controparte maschile. Queste sono state le uniche differenze sostanziali scaturite, relative alle differenze di sesso, da questo studio (8).

La durata media della seduta di allenamento, con serie ripetute di colpi d'attacco da fondo campo, fu di circa 11.4 ± 0.45 minuti, senza differenze significative nell'analisi dei dati relativamente alla durata della seduta, ai sistemi di contribuzione energetica e ai carichi di lavoro tra maschi e femmine. L'unico dato di importanza rilevante è stato il numero dei salti che si è rivelato essere notevolmente maggiore nell'esecuzione maschile rispetto quella femminile (8).

In conclusione, si può affermare che generalmente le partite di badminton hanno una durata che varia tra i 28 e i 78 minuti e sono solitamente veloci e caratteristicamente intermittenti. La durata media di un singolo scambio, come già detto nel capitolo 1, va da 6 a 12 secondi all'interno del quale vengono eseguiti da 5 a 12 colpi circa. Questi intervalli implicano molteplici accelerazioni, decelerazioni, cambi di direzione e salti, e tutto ciò può, di conseguenza, portare la frequenza cardiaca ad aumentare fino al 95% del suo livello massimo. Tuttavia, il carico di lavoro e l'intensità media non sono molto alti per tutta la durata del *match* e questo è dovuto alla presenza di intervalli a bassa intensità tra gli scambi. Dall'analisi dei risultati ottenuti da questo studio, si è giunti alla conclusione che la differenza di sesso ha indotto solo alcune lievi differenze nelle risposte fisiologiche durante lo svolgimento delle diverse attività; inoltre, la similitudine nella proporzionalità dell'utilizzo dei tre diversi sistemi energetici tra i due sessi, durante la partita e la sessione

di allenamento, indica che vi sia una somiglianza nella richiesta relativa di energia in entrambi. Dall'analisi di questi dati si apprende che i giocatori, in particolar modo quelli di sesso maschile, dovrebbero incrementare l'integrazione dei carboidrati durante le competizioni e in vista delle sessioni di allenamento ad alta intensità (8).

Infine, da questo studio si è notato come il 95% dell'energia fosse prodotta dal sistema aerobico, sottolineando così l'importanza di una maggiore capacità aerobica nei giocatori di alto livello di badminton; questo dato contraddice ciò che era stato enunciato in altri studi fino a quel momento, ossia che solo il 60-70% dell'energia veniva fornita dal sistema aerobico e che il 30% veniva fornita da quello anaerobico, con una grande richiesta al metabolismo anaerobico lattacido rispetto a quello anaerobico lattacido.

Proseguendo, troviamo ancora la presenza di alcune differenze rilevanti nelle proporzioni in cui sono stati utilizzati i sistemi energetici durante il match o durante la sessione di allenamento intervallato che prevedeva un rapporto tra lavoro e riposo di 1:2. I giocatori hanno mostrato un maggiore contributo di energia aerobica durante le partite, mentre durante l'allenamento ripetitivo del colpo di attacco, il contributo maggiore è stato rilevato nell'energia anaerobica. Queste scoperte hanno suggerito che si dovrebbe porre un'enfasi particolare sulla capacità aerobica dei giocatori di badminton e che bisognerebbe prendere in considerazione l'esecuzione di un lavoro intermittente più lungo per quanto concerne il rapporto tra tempo di lavoro e riguardo l'allenamento di ogni specifico colpo. Inoltre, dovrebbero essere combinati nell'allenamento sia la parte fisica sia quella della presa di decisione (8).

3.2 Gli effetti dello Sprint Interval Training sul sistema aerobico dei giocatori di badminton.

Il badminton, come dettagliatamente descritto nel primo capitolo, è uno sport molto veloce e dinamico, che richiede al giocatore di reagire rapidamente, di eseguire azioni rapide e di sviluppare l'abilità di colpire con elevata velocità. Infatti, grazie all'alta velocità che può essere raggiunta dal volano, ai movimenti dinamici e agli intervalli di tempo brevi, il badminton richiede al giocatore di competere attraverso l'utilizzo di tratti di corsa veloce, di accelerazioni repentine, di arresti improvvisi, di cambi di direzione e continui scambi ad alta intensità; tutto questo richiede all'atleta di sviluppare una buona capacità di resistenza aerobica (9). Uno studio di una certa rilevanza ha rivelato che i giocatori di badminton, solitamente, raggiungono una frequenza cardiaca media che va

oltre il 90% della loro frequenza cardiaca massima durante le competizioni; tale situazione è impegnativa sia per il sistema aerobico sia per quello anaerobico (9, 2).

Le ricerche eseguite in precedenza hanno mostrato che diversi parametri fisiologici hanno una correlazione molto forte con la prestazione nel badminton. In particolare, la capacità aerobica e l'esecuzione di esercizi intermittenti sono correlate positivamente, coinvolgendo anche il $VO_2\text{max}$, la soglia del lattato o anaerobica e l'efficienza della corsa. Tuttavia, a causa del tempo limitato a disposizione per l'allenamento, l'utilizzo del tradizionale allenamento di resistenza per lunghi periodi di tempo non è la pratica più adatta per i bisogni effettivi e le situazioni di gioco che il giocatore si trova a dover affrontare durante la gara. Per questa ragione, è necessario esplorare diverse tipologie di allenamento che siano efficienti in termini di tempo e di fitness specifico per le caratteristiche specifiche che il badminton richiede (9).

Una delle alternative più gettonate volte a sostituire il tradizionale allenamento aerobico di resistenza continuato per lunghi periodi di tempo è lo *Sprint Interval Training*; questa tipologia di lavoro richiede agli atleti di completare l'azione richiesta con il massimo sforzo in un breve periodo di tempo, con un periodo di recupero attivo tra gli intervalli e un limitato periodo di riposo tra le serie svolte all'interno della seduta di allenamento. Solitamente il recupero attivo ha una durata variabile che va da 3 a 5 minuti tra le numerose ripetizioni di sprint brevi eseguite con il massimo sforzo all'interno dell'allenamento; di conseguenza, gli *Sprint Interval Training* possono efficacemente migliorare la prestazione degli atleti, che praticano sport con la caratteristica dell'intermittenza, utilizzando, nel complesso, un minore volume di allenamento (9).

Ci sono stati alcuni tentativi di ricerca per quanto riguarda l'applicazione dello *Sprint Interval Training* all'interno degli allenamenti di badminton. Lo studio "*The Effect of Eight-Week Sprint Interval Training on Aerobic Performance of Elite Badminton Players*" fu volto ad esplorare gli effetti dello *Sprint Interval Training* rispetto al miglioramento delle capacità aerobiche dei giocatori e a investigare i meccanismi di consumo e di trasporto dell'ossigeno. La valutazione fu effettuata eseguendo dei test che andarono a calcolare la rapidità, l'abilità di ripetizione degli sprint e i relativi valori riguardanti la capacità aerobica calcolati all'inizio della sperimentazione e al termine delle otto settimane di *Sprint Interval Training* (9).

In questo studio furono coinvolti 32 giocatori, su base volontaria, con esperienza minima in semifinali nel Campionato Nazionale di Badminton; 16 erano di sesso maschile

e altrettanti di sesso femminile. I partecipanti furono divisi in maniera casuale in quattro gruppi:

- Sprint Interval Training (SIT) maschi ($n = 8$) e rispettivo gruppo di controllo (CON) ($n = 8$).
- Sprint Interval Training (SIT) femmine ($n = 8$) e rispettivo gruppo di controllo (CON) ($n = 8$).

Group	N	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Training Age (year)	HRmax (bpm)
Male-SIT	8	20.0 ± 1.3	179.6 ± 3.6	73.8 ± 6.9	12.1 ± 2.2	190.7 ± 8.8
Male-CON	8	21.5 ± 2.2	177.1 ± 7.1	72.4 ± 6.7	13.2 ± 3.2	191.8 ± 6.2
Female-SIT	8	20.5 ± 1.4	168.5 ± 4.2	62.6 ± 4.2	9.5 ± 1.2	181.9 ± 8.9
Female-CON	8	19.4 ± 1.5	168.2 ± 4.8	61.3 ± 4.2	9.8 ± 1.5	180.4 ± 8.5

Note: SIT = Sprint Interval Training; CON = Control; HRmax = maximum heart rate.

Figura 14: Informazioni personali dei giocatori partecipanti.⁶⁰

Prima dell'inizio dei test e della sperimentazione vera e propria, i partecipanti furono informati riguardo la natura dei possibili rischi e gli fu fatto firmare il consenso alla partecipazione. I test sono stati condotti almeno 48 ore dopo aver giocato una partita competitiva o una sessione di allenamento molto pesante. I soggetti, dall'inizio del periodo di sperimentazione, furono tenuti a partecipare a tutte le sessioni di allenamento, compresi i test prima e dopo le sedute di lavoro (9).

Per un numero totale di otto settimane, i gruppi di controllo avrebbero seguito la *routine*⁶¹ di allenamento che praticavano abitualmente, ossia due sessioni di corsa secondo le modalità del *Fartlek* e una seduta di classico *multi-shuttle*⁶² per ogni settimana; questo fu il protocollo tradizionale che venne impiegato per migliorare la parte aerobica dei giocatori. Dall'altro lato, i gruppi di *Sprint Interval Training* si trovavano a dover eseguire tre volte alla settimana la tipologia di allenamento da cui il nome, in aggiunta avevano due sessioni di ciclismo su un modello di bici appositamente per l'allenamento, chiamata Monark 849E⁶³, e infine una sessione di *Sprint Interval Training* specifico attraverso l'utilizzo del *multi-shuttle* (9).

⁶⁰ Liu H., Leng B., Li Q., Liu Y., Bao D., Cui X. (2021). *The Effect of Eight-Week Sprint Interval Training on Aerobic Performance of Elite Badminton Players*, International Journal of Environmental Research and Public Health.

⁶¹ *Routine*: sistema quotidiano a cui si è abituati.

⁶² *Multi-Shuttle*: tipologia di allenamento che può essere anche denominata Multi-Feeding, dove vengono lanciati una serie di volani in successione, da un individuo designato, per un dato numero di file o per un intervallo di tempo selezionato.

⁶³ *Monark 849E*: Modello di cicloergometro utilizzato diffusamente nel mondo per svolgere test sul fitness e il lavoro degli atleti.

Group	Monday	Wednesday	Friday
SIT	<i>SIT Cycling Training</i> 1–2 min 50 W cycling, prepare to 30 s cycling with full force, the load is 0.075/kg of weight individualized to each player's body weight [17,18], between-group rest: 5 min 5 groups in total		<i>SIT-specific Multiple Balls Training</i> 30 s × 8 groups × 2 rounds of multi-ball training, intensity: > 90% HRmax between-group rest: 5 min between-round rest: 8 min
CON	<i>Traditional Training:</i> 40 min of Fartlek Run (Intensity: 65–79% HRmax)		<i>Traditional Multiple Ball Training:</i> 1 min × 4 groups × 2 rounds of continuous multi-ball training between-group rest: 5 min between-round rest: 8 min

Figura 15: Piano settimanale di allenamento dei due gruppi partecipanti allo studio.⁶⁴

Prima dell'inizio e dopo otto settimane di allenamento, tutti e quattro i gruppi furono oggetto di una serie di test, i quali includevano il test con recupero intermittente YO-YO IR2⁶⁵, l'analisi della crescita del carico sul metabolismo dei gas e il test del valore di *clearance*⁶⁶ del lattato (9).

I risultati raccolti durante questa indagine hanno mostrato che la performance di soggetti SIT, in comparazione con i valori del gruppo di controllo, erano migliorati in termini di efficienza di tempo per quanto riguardava il test YO-YO IR2, i valori della *clearance* del lattato, il $VO_2\max$, la $VT-VO_2$ ⁶⁷ e la $VT/VO_2\max$ ⁶⁸; tutto ciò ha portato gli scienziati a confermare l'ipotesi iniziale dello studio (9).

Nei due gruppi SIT, il tempo passato e i valori di impulso dell'allenamento (*TRIMP*⁶⁹) nell'intervallo tra l'80% e il 100% della frequenza cardiaca massima rappresentano la proporzione maggiore, suggerendo, quindi, che lo *Sprint Interval Training* permette al corpo di completare sforzi ripetuti per un breve periodo di tempo ad alta intensità senza mai avere un recupero completo; questa condizione è perfettamente in linea con quelle che sono le caratteristiche e le richieste di una classica partita di badminton. In contrasto con il *Fartlek*, ossia la tipologia di allenamento utilizzata in precedenza, lo *Sprint Interval Training* si è dimostrato un programma di allenamento efficace per migliorare la capacità aerobica dei giocatori di badminton, in linea con le caratteristiche specifiche del suddetto sport. Quando l'intensità dell'allenamento supera

⁶⁴ Liu H., Leng B., Li Q., Liu Y., Bao D., Cui X. (2021). *The Effect of Eight-Week Sprint Interval Training on Aerobic Performance of Elite Badminton Players*, International Journal of Environmental Research and Public Health.

⁶⁵ *YO-YO IR2*: tipologia di test che valuta la capacità di un soggetto di eseguire un esercizio intenso intermittente e che al suo interno possiede una grande componente anaerobica e un significativo contributo aerobico.

⁶⁶ *Clearance*: termine utilizzato per riferire la rimozione di sostanze dal corpo.

⁶⁷ *VT-VO₂*: Soglia Ventilatoria Anaerobica.

⁶⁸ *VT/VO₂max*: Soglia Ventilatoria Anaerobica in percentuale del $VO_2\max$.

⁶⁹ *TRIMP*: Training Impulse.

il 90% del $VO_2\max$, lo *Sprint Interval Training* potrebbe migliorare contemporaneamente sia il consumo sia le abilità di trasporto dell'ossigeno per quanto riguarda il sistema cardiopolmonare e i muscoli scheletrici (9).

Ermanno e al. hanno scoperto che l'esercizio intermittente può attivare in anticipo la fornitura dell'energia prodotta dal sistema aerobico e, di conseguenza, ridurre la proporzione di energia fornita dal sistema anaerobico, ritardando così l'insorgenza dello stimolo della fatica (10, 9). Mentre l'allenamento migliora l'abilità del giocatore a mantenere un'intensità alta per un periodo più lungo durante la competizione e l'allenamento, l'abilità di recupero da tratti di corsa veloce potrebbe essere migliorata, acquisendo, di conseguenza, l'obiettivo finale di migliorare la capacità aerobica (9).

Questo studio ha riportato che il tempo impiegato dai giocatori per innescare il processo di glicolisi anaerobica è posticipato, riducendo così il consumo di glicogeno. Allo stesso tempo, i movimenti e la postura del corpo eseguiti diventano più efficienti e, in alcuni casi, è migliorata anche la capacità aerobica massima dei giocatori stessi. In pratica, con il miglioramento della capacità di consumo dell'ossigeno da parte del corpo, i giocatori di badminton di alto livello avrebbero potuto prolungare il tempo di fornitura dell'ossigeno ed entrare in stato di ipossiemia⁷⁰ il più tardi possibile durante la competizione. Tuttavia, nonostante alcune ricerche avessero mostrato delle discrepanze nei risultati, da questo studio non sono scaturiti significativi miglioramenti nel $VO_2\max$ a seguito dello *Sprint Interval Training*. Si sarebbe dedotto, però, che l'effetto di tale tipologia di allenamento sarebbe condizionata da fattori come il livello regolare di allenamento dell'atleta e il peso corporeo (9).

L'abilità di recupero aerobico ha un impatto diretto sulla performance del giocatore in campo; l'attività ad alta intensità e il carico durante una competizione produrrebbero un certo livello di fatica fisiologica e una grande quantità di accumulo del lattato nei muscoli scheletrici. I cambiamenti nelle risposte interne del corpo potrebbero, di conseguenza, causare degli squilibri fisici nel giocatore causando un peggioramento della prestazione atletica; tuttavia, l'abilità nel recuperare velocemente può essere considerata come un prerequisito necessario per raggiungere una prestazione fisica e tecnica discreta durante la competizione (9).

Il lattato ematico è uno degli indicatori biochimici più comuni utilizzati per individuare lo stato di recupero dalla fatica del corpo, e inoltre, l'accumulo di lattato

⁷⁰ *Ipossiemia*: carenza di ossigeno nel sangue.

potrebbe condurre indirettamente ad una riduzione dei livelli di prestazione, perché la conversione dell'acido lattico rilascia H^+ , che genera acidosi metabolica con conseguente inibizione degli enzimi glicolitici limitanti, lipolisi e contrattilità dei muscoli scheletrici. I risultati hanno mostrato che lo *Sprint Interval Training* eseguito ad un livello di intensità più elevato potrebbe influenzare positivamente la *clearance* del lattato dopo l'esercizio, migliorando la riserva alcalina intra-cellulare, rallentando la riduzione del pH nei muscoli e ritardando l'insorgenza della fatica. Pertanto, l'abilità dei giocatori nel recuperare dalle attività intermittenti sarebbe stata maggiore e di conseguenza sarebbero stati più pronti ed efficienti per giocare il prossimo punto o la partita (9). In particolare, nell'ultimo *set* di una partita e negli ultimi punti di ogni gioco⁷¹, ogni scambio si sarebbe potuto concludere con una serie prolungata di colpi differenti e movimenti eseguiti ad alta intensità, con la possibilità di arrivare a raggiungere anche la durata di un paio di minuti. In queste circostanze, possedere una capacità di recupero aerobico veloce è un fattore chiave per determinare la resistenza di un atleta di alto livello con il vantaggio lucidamente al meglio la tecnica e la tattica da poter adottare negli scambi successivi (11).

In conclusione, otto settimane di *Sprint Interval Training* migliorano efficacemente la capacità aerobica di esercizio dei giocatori di badminton di alto livello, in particolare se si considerano il consumo di ossigeno, l'abilità di recupero e l'adattabilità del sistema muscolare scheletrico al carico di lavoro. Infine, vengono migliorate anche l'abilità di ripetizione rapida degli sprint e la prestazione fisica generale dei giocatori ragion per cui è possibile affermare che lo *Sprint Interval Training* potrebbe essere inserito in maniera positiva all'interno del programma di allenamento dei giocatori di badminton come sostituto del tradizionale metodo di allenamento di resistenza per lunghi periodi di tempo. Tuttavia, non va dimenticato che l'allenamento della resistenza anaerobica e della forza è comunque di vitale importanza in questo sport (9).

⁷¹ *Gioco*: termine utilizzato dagli arbitri nel badminton per indicare il set.

CONCLUSIONE

L'obiettivo della presente trattazione consisteva nel definire quale fosse la tipologia di allenamento intervallato che apportasse il maggior numero di risvolti positivi all'interno della prestazione di una partita di badminton negli atleti già formati.

Orbene, il badminton è classificato come sport intervallato con tempi brevi di lavoro seguiti da altrettanto brevi tempi di recupero, ma protratto per un tempo discretamente lungo che varia tra i 30 minuti ed 1 ora. A seconda che si giochi una specialità individuale o di coppia, cambiano le richieste che i giocatori rivolgono ai sistemi energetici; tuttavia, comparando i risultati ottenuti grazie agli studi, le differenze tra i due sessi non si sono rivelate così rilevanti. Nel doppio, essendo in due a coprire il campo, è importante avere una buona reattività dei piedi sulle brevi distanze e la capacità di eseguire, se necessario, una serie di colpi d'attacco da fondo campo mantenendo la velocità del volano e la precisione. Nel singolo, essendo il gioco differente tatticamente, il giocatore deve essere molto preparato sotto il profilo aerobico e a livello degli arti inferiori, in quanto si trova a dover coprire distanze maggiori, eseguendo un più alto numero di affondi e passi "di corsa" rispetto alla specialità prima citata.

Tutto ciò premesso, possiamo affermare che non esiste una tipologia di allenamento corretta e una sbagliata; ciò nonostante, è evidente che, dagli articoli citati nel testo e dall'analisi delle cinque sottocategorie analizzate di allenamento intervallato ad alta intensità, lo *Sprint Interval Training* si sia rivelato un ottimo sostituto dell'allenamento di resistenza classico sulle lunghe distanze (parlando di allenamento a secco), e che, dall'altro lato, anche le sessioni di allenamento ripetitivo di un dato colpo portino ad ottimi risultati se eseguiti con una certa intensità. Inoltre, se si ha a disposizione molto tempo si possono variare nel tempo le diverse tipologie di allenamento in base al periodo della stagione in cui ci si trova, alle necessità dell'atleta e agli obiettivi che l'allenatore si è posto di raggiungere durante la pianificazione del ciclo di allenamento.

Invero, non dobbiamo mai perdere di vista la competizione a cui si va incontro e la possibilità di dover giocare delle partite della durata che va ben oltre i 40 minuti; quindi, l'organismo dell'atleta deve essere in grado di mantenere il più alto livello di lucidità e ritardare il più possibile l'insorgenza della sensazione di fatica. Inoltre, sia durante la partita sia al termine di quest'ultima, deve possedere l'abilità di recuperare velocemente per poter, eventualmente, giocare altri incontri nella stessa giornata (questo succede

soprattutto a livello nazionale, i tornei internazionali di alto livello essendo organizzati su più giorni permettono un tempo di recupero maggiore).

In conclusione, si riporta un esempio concreto, attinente ad una partita che ha avuto una durata molto più lunga del normale, proprio al fine di sottolineare quanto possa essere alto lo sforzo fisico e mentale richiesto ai giocatori durante le competizioni e quanto, la parte fisica, a parità di livello, possa fare la differenza. La partita in oggetto è un singolare maschile, tra Francia e Cina giocato il 5 maggio 2022 al torneo “*Total Energies BWF Thomas and Uber Cup Finals 2022*⁷²”. Christo Popov, giocatore francese (classe 2002), ha fronteggiato Lu Guang Zu, giocatore cinese (classe 1996), in un incontro durato 1h58 con 134 scambi giocati, conclusosi con il punteggio di 23-25/26-24/15-21. Durante gli ultimi punti della partita, il giovane Popov, a causa di crampi agli arti inferiori, non riuscì né a muoversi fluentemente in campo né ad eseguire alcun tipo di passo che gli permettesse di raggiungere il volano ma, invece che ritirarsi, grazie alla sua incredibile determinazione e tenacia ha concluso la partita.

“Ah il volano è quello sport da spiaggia!”

⁷² *Total Energies BWF Thomas and Uber Cup Finals 2022*: Campionato del mondo a squadre maschile e femminile, non misto.

GLOSSARIO DEI TERMINI

Smash: colpo d'attacco del badminton, molto veloce, eseguito da sopra la testa. Parte da fondo campo e si dirige nella metà/fondo campo avversario con una traiettoria verso il basso.

Battledore and shuttlecock: gioco, predecessore del badminton moderno, con lo scopo di mantenere il volano in aria per un tempo il più lungo possibile. Il volano veniva passato tra due o più persone.

C.I.O.: Comitato Olimpico Internazionale.

C.O.N.I.: Comitato Olimpico Nazionale Italiano.

Indoor: al chiuso. Generalmente in una palestra.

Ciclo del movimento: insieme dei movimenti compiuti dai giocatori per muoversi sul campo e ripetuti ciclicamente in abbinamento tra loro a seconda della situazione.

Match: termine inglese utilizzato per indicare la singola partita.

Cambio palla: il punto può essere vinto soltanto dalla squadra con il servizio, la quale aveva vinto il palleggio precedente, aggiudicandosi questo diritto.

Rally point system: questa tipologia di punteggio assegna un punto per ogni azione che viene conclusa.

Agility: l'abilità di cambiare la posizione del corpo e direzione in maniera veloce e rimanendo in equilibrio.

VO₂max: Massimo consumo di ossigeno.

FC_{max}: Frequenza cardiaca massima.

FC: Frequenza cardiaca.

Footwork: termine utilizzato per indicare l'insieme dei passi utilizzati sul campo per muoversi da un angolo all'altro. Differente dal ciclo del movimento.

HIIT: High Intensity Interval Training.

Flying Finn: Svedese volante.

Fartlek: speed play running in Swedish.

Natural interval training: allenamento intervallato in ambiente naturale. Al di fuori dell'ambiente dove si sarebbe svolta la gara.

ECG: elettrocardiogramma.

vVO_{2max}: velocity at maximal oxygen uptake.

Five speed system: sistema delle cinque velocità.

Repeated-sprint training: tipologia di allenamento intervallato basato sulla ripetizione di una determinata distanza eseguita correndo con uno sforzo percepito massimo.

Sprint interval training: tipologia di allenamento intervallato basato sulla ripetizione di una determinata distanza eseguita correndo con uno sforzo percepito massimo.

Game-based HIIT: tipologia di allenamento intervallato ad alta intensità specifica delle situazioni di gioco del singolo sport preso in considerazione.

v/pVO_{2max}: maximal aerobic speed/power.

V_{IFT}: velocità fitness test intermittente.

V/P_{IncTest}: picco finale di velocità e potenza raggiunto durante i test incrementali.

RPE-Based: programmazione dell'allenamento basata sul tasso di sforzo percepito.

Maximal Aerobic Speed and Power: velocità e potenza massima aerobica.

VO₂: Consumo di ossigeno.

Anaerobic Speed Reserve (ASR): Velocità di riserva anaerobica.

MSS: Maximal Sprinting Speed.

All-out: termine inglese utilizzato per definire l'esecuzione di un esercizio dove viene esaurita tutta l'energia, dove l'atleta produce il massimo sforzo.

ATP: Adenosina Trifosfato.

CP: potenza critica o *critical power*.

W': capacità di lavoro anaerobica.

APR: potenza anaerobica di riserva.

PCr: fosfocreatina presente nel muscolo.

Aerobic Oxidative System: Sistema di respirazione aerobica.

MAOD: metodo del deficit massimo di ossigeno accumulato.

GPS: Global Positioning System.

RPE: Rate of Perceived Exertion.

PL: Player Load.

Routine: sistema quotidiano a cui si è abituati.

Multi-Shuttle: tipologia di allenamento che può essere anche denominato *Multi-Feeding*, dove vengono lanciati una serie di volani in successione, da un individuo designato, per un dato numero di file o per un intervallo di tempo selezionato.

YO-YO IR2: tipologia di test che valuta la capacità di un soggetto di eseguire un esercizio intenso intermittente e che al suo interno possiede una grande componente anaerobica e un significativo contributo aerobico.

Clearance: termine utilizzato per riferire la rimozione di sostanze dal corpo.

VT-VO₂: Soglia Ventilatoria Anaerobica.

VT/VO₂max: Soglia Ventilatoria Anaerobica in percentuale del VO₂max.

TRIMP: Training Impulse.

Ipossiemia: carenza di ossigeno nel sangue.

Gioco: termine utilizzato dagli arbitri nel badminton per indicare il set.

BIBLIOGRAFIA

1. Woodward M. (2017). *Badminton coach education coaches' manual level 1*, Ian Wright & Sharon Spring.
2. Phomsoupha M., Laffaye G. (2014). *The Science of Badminton: Game Characteristics, Anthropometry, Physiology, Visual Fitness and Biomechanics*, Springer International Publishing Switzerland.
3. De Agostini Scuola SpA – Novara. *Badminton.pdf (istitutoferraris.it)*, Istituto Ferraris.
4. Gianfelici A., Morandini C. (2017). *Il Badminton*, Sport & Medicina.
5. BWF World Rankings (3/22/22). *Men's Singles*.
6. Woodward M. (2017). *Badminton coach education coaches' manual level 2*, Ian Wright.
7. Laursen P., Buchheit M. (2019). *Science and application of High-Intensity Interval Training*, Human Kinetics.
8. Fu Y., Liu Y., Chen X., Li Y., Wang X., Shu Y., Shang L. (2021). *Comparison of Energy Contributions and Workloads in Male and Female Badminton Players During Games versus Repetitive Practices*, Frontiers in Physiology.
9. Liu H., Leng B., Li Q., Liu Y., Bao D., Cui X. (2021). *The Effect of Eight-Week Sprint Interval Training on Aerobic Performance of Elite Badminton Players*, International Journal of Environmental Research and Public Health.
10. Koral J., Oranchuk D. J., Herrera R., Millet G. Y. (2018). *Six Sessions of Sprint Interval Training Improves Running Performance in Trained Athletes*, Journal of strength and conditioning research.

11. Andersen L. L., Larsson B., Overgaard H., Aagaard P. (2007). *Torque-velocity characteristics and contractile rate of force development I elite badminton players*, European Journal of Sport Science.