

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA**  
**SCUOLA DI SCIENZE MEDICHE E FARMACEUTICHE**  
**DIPARTIMENTO DI MEDICINA SPERIMENTALE (DIMES)**

*Corso di laurea magistrale in Scienze e Tecniche dello Sport*



**Analisi della relazione tra la prestazione nei test di  
endurance e le richieste sport specifiche di gara in  
calciatrici Under-19**

**Relatore**

*Prof. Marco Panasci*

**Correlatore**

*Prof. Emanuela Luisa Faelli*

**Candidato**

*Lorenzo Gandolfo*

Anno accademico 2025-2026



# INDICE

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUZIONE.....                                                       | 9  |
| CAPITOLO 1: IL CALCIO FEMMINILE: ASPETTI E RICHIESTE FISIOLOGICHE ..... | 11 |
| 1.1 Evoluzione e sviluppo del calcio femminile .....                    | 11 |
| 1.2 Caratteristiche fisiologiche delle calciatrici .....                | 12 |
| 1.3 Modello prestativo nel calcio .....                                 | 14 |
| 1.4 Richieste fisiche e fisiologiche della partita.....                 | 15 |
| 1.5 Differenze prestative tra calcio maschile e femminile .....         | 17 |
| CAPITOLO 2: ALLENAMENTO E ADATTAMENTI FISILOGICI NEL CALCIO .....       | 19 |
| 2.1 Principi metodologici dell'allenamento sportivo .....               | 19 |
| 2.2 Adattamenti fisiologici indotti dall'allenamento.....               | 21 |
| 2.2.1 Adattamenti cardiovascolari .....                                 | 21 |
| 2.2.2 Adattamenti metabolici.....                                       | 21 |
| 2.2.3 Adattamenti neuromuscolari.....                                   | 22 |
| 2.3 Sviluppo delle capacità condizionali.....                           | 23 |
| 2.4 Periodizzazione e programmazione dell'allenamento.....              | 24 |
| 2.5 Specificità dell'allenamento nel calcio femminile .....             | 26 |
| CAPITOLO 3: VALUTAZIONE FUNZIONALE NEL CALCIO .....                     | 28 |
| 3.1 Ruolo e finalità della valutazione funzionale .....                 | 28 |
| 3.2 Test da campo per la valutazione della capacità aerobica.....       | 29 |
| 3.3 Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1.....                       | 30 |
| 3.3.1 Struttura e protocollo del test.....                              | 30 |
| 3.3.2 Parametri fisiologici valutati.....                               | 30 |
| 3.3.3 Applicazioni nel calcio .....                                     | 31 |
| 3.4 Fitness Intermittent Test 45-15 (FIT 45-15).....                    | 32 |
| 3.4.1 Struttura e protocollo del test.....                              | 33 |

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.2 Parametri fisiologici valutati.....                                  | 33        |
| 3.4.3 Applicazioni nel calcio .....                                        | 34        |
| 3.5 Validità e affidabilità dei test intermittenti .....                   | 35        |
| 3.6 Analisi comparativa tra test intermittenti .....                       | 36        |
| <b>CAPITOLO 4: MONITORAGGIO DEL CARICO DI ALLENAMENTO E DI GARA .....</b>  | <b>38</b> |
| 4.1 Definizione di carico interno ed esterno.....                          | 38        |
| 4.2 Tecnologie per il monitoraggio della performance .....                 | 39        |
| 4.3 Utilizzo dei sistemi GPS nella quantificazione della prestazione ..... | 40        |
| 4.3.1 Principi di funzionamento.....                                       | 41        |
| 4.3.2 Affidabilità e validità dei sistemi GPS.....                         | 42        |
| 4.4 Parametri di carico esterno nel calcio .....                           | 43        |
| 4.4.1 Distanza totale .....                                                | 44        |
| 4.4.2 High speed running .....                                             | 45        |
| 4.4.3 Very high speed running.....                                         | 45        |
| 4.4.4 Accelerazioni e decelerazioni .....                                  | 46        |
| 4.5 Analisi delle richieste fisiche della partita .....                    | 47        |
| 4.6 Relazione tra test di performance e carico di gara .....               | 48        |
| <b>CAPITOLO 5: MATERIALI E METODI .....</b>                                | <b>51</b> |
| 5.1 Approccio sperimentale al problema.....                                | 51        |
| 5.2 Soggetti .....                                                         | 52        |
| 5.3 Procedure.....                                                         | 53        |
| 5.3.1 Monitoraggio del carico esterno .....                                | 53        |
| 5.3.2 Monitoraggio del carico interno.....                                 | 53        |
| 5.3.2 Test di fitness aerobica .....                                       | 53        |
| 5.4 Analisi statistiche .....                                              | 54        |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| CAPITOLO 6: RISULTATI.....   | 55 |
| CAPITOLO 7: DISCUSSIONE..... | 61 |
| BIBLIOGRAFIA.....            | 63 |



# ABSTRACT

## **Scopo:**

Il calcio femminile ha registrato negli ultimi anni una crescita significativa in termini di livello competitivo, intensità di gioco e interesse scientifico. In questo contesto, la valutazione della fitness aerobica e il monitoraggio del carico di gara rappresentano strumenti fondamentali per comprendere le richieste della prestazione e orientare la programmazione dell'allenamento. Lo scopo del presente studio è stato quello di analizzare le relazioni tra la prestazione ottenuta in due test da campo di endurance, il 45–15 Intermittent Fitness Test (45–15 FIT) e lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YYIR1), e le richieste fisiche sport-specifiche rilevate durante partite ufficiali e small-sided games (SSG) in calciatrici Under-19.

## **Materiali e metodi:**

Lo studio ha adottato un disegno trasversale correlazionale. Sono state reclutate quindici calciatrici élite appartenenti a una squadra giovanile professionistica (età:  $16,8 \pm 1,2$  anni; massa corporea:  $57,1 \pm 5,5$  kg; altezza:  $163,5 \pm 5,4$  cm). La fitness aerobica è stata valutata attraverso il 45–15 FIT e il YYIR1. Dal 45–15 FIT sono stati considerati il consumo di ossigeno di picco ( $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ), la frequenza cardiaca di picco ( $\text{HR}_{\text{peak}}$ ), la velocità aerobica massima e la distanza totale percorsa; dal YYIR1 sono stati analizzati la distanza totale, il  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  stimato, la  $\text{HR}_{\text{peak}}$ , la concentrazione di lattato ematico e la percezione soggettiva dello sforzo. Le richieste fisiche di gara e delle SSG sono state monitorate mediante dispositivi GPS a 50 Hz, considerando distanza totale, high-speed running, very high-speed running, accelerazioni e decelerazioni. Il carico interno è stato valutato tramite frequenza cardiaca e concentrazione di lattato ematico. Le relazioni tra i risultati dei test e le variabili di carico sono state analizzate mediante il coefficiente di correlazione di Pearson.

## **Risultati:**

Il 45–15 FIT ha mostrato buoni livelli di affidabilità test-retest per la maggior parte delle variabili considerate. Le prestazioni nel YYIR1 hanno evidenziato correlazioni molto ampie con la corsa ad alta velocità e a velocità molto elevata durante le partite, indicando una forte associazione tra la capacità di corsa intermittente ad alta intensità e le richieste più intense della gara. Anche il 45–15 FIT ha mostrato relazioni significative con diverse variabili di carico esterno, tra cui high-speed running, very high-speed running e accelerazioni. In particolare, il  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  derivato dal 45–15 FIT è risultato fortemente associato alle metriche di corsa ad alta intensità. Nel contesto delle SSG, sono state osservate correlazioni da moderate ad ampie tra fitness aerobica e variabili di carico esterno, sebbene generalmente inferiori rispetto a quelle rilevate durante le partite ufficiali. Le relazioni tra fitness aerobica e variabili di carico interno, come frequenza cardiaca e lattato ematico, sono risultate invece meno costanti.

**Conclusioni:**

I risultati dello studio evidenziano che la fitness aerobica, valutata attraverso YYIR1 e 45–15 FIT, è significativamente associata alle richieste di carico esterno ad alta intensità nelle giovani calciatrici élite. Il YYIR1 sembra fornire informazioni particolarmente utili sulla capacità di sostenere azioni intermittenti ad alta intensità durante la gara, mentre il 45–15 FIT offre indicazioni complementari, soprattutto in relazione alle risposte fisiologiche e alla prestazione nelle SSG. L'utilizzo combinato di questi test può rappresentare uno strumento pratico per monitorare la condizione fisica delle atlete, individualizzare la prescrizione dell'allenamento e ottimizzare la preparazione in funzione delle richieste sport-specifiche del calcio femminile.

# INTRODUZIONE

Il calcio rappresenta uno sport complesso che negli ultimi decenni ha subito un'evoluzione significativa in termini di intensità e richieste fisiche. Attualmente viene infatti considerato uno sport intermittente ad alta intensità, caratterizzato dall'alternanza di fasi a prevalente impegno aerobico e azioni anaerobiche di tipo esplosivo (Art 1; Art 3).

Negli ultimi anni si è assistito a una crescita rilevante del calcio femminile a livello internazionale; tuttavia, la produzione scientifica in questo ambito risulta ancora limitata rispetto a quella relativa al calcio maschile (Art 1).

Questa discrepanza evidenzia la necessità di approfondire le caratteristiche fisiologiche e prestative specifiche delle calciatrici.

Dal punto di vista prestativo, durante una partita le calciatrici percorrono mediamente distanze comprese tra 9 e 11,5 km (Art 1; Art 5). Oltre alla distanza totale, il profilo prestativo include numerose azioni ad alta intensità, come accelerazioni, decelerazioni e cambi di direzione, che contribuiscono in maniera rilevante al carico fisico complessivo della gara (Art 5).

Sotto il profilo fisiologico, la prestazione nel calcio richiede una combinazione integrata di capacità aerobiche e anaerobiche. La componente aerobica è fondamentale per sostenere l'attività per l'intera durata della gara e favorire il recupero tra sforzi ripetuti ad alta intensità, mentre il metabolismo anaerobico risulta determinante nelle azioni esplosive (Art 1; Art 3).

In questo contesto, il consumo massimo di ossigeno ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) rappresenta uno dei principali indicatori della capacità aerobica, risultando associato alla capacità di sostenere e recuperare da esercizi intermittenti ad alta intensità (Art 4). Inoltre, una maggiore capacità aerobica favorisce processi fisiologici quali la risintesi della fosfocreatina e la rimozione dei metaboliti dell'affaticamento, contribuendo al mantenimento della performance durante la partita (Art 5).

Accanto alle capacità metaboliche, anche qualità neuromuscolari quali forza e potenza rivestono un ruolo rilevante, essendo correlate alla prestazione in sprint, cambi di direzione e salti (Art 1).

Alla luce di tali richieste, risulta fondamentale disporre di strumenti di valutazione funzionale in grado di monitorare lo stato di forma degli atleti e supportare la programmazione dell'allenamento. Sebbene i test di laboratorio rappresentino il gold standard per la valutazione della capacità aerobica, essi presentano alcune limitazioni legate alla scarsa specificità rispetto alle richieste del calcio, oltre a richiedere tempi, costi e competenze elevate (Art 2; Art 4; Art 5).

Per questo motivo, i test da campo hanno assunto un ruolo sempre più centrale nella valutazione della performance, in quanto permettono una stima più specifica ed ecologica delle capacità fisiche degli atleti (Art 2; Art 4). Tra questi, lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test di livello 1 (YYIR1) è uno degli strumenti più diffusi, grazie alla sua capacità di valutare l'abilità di eseguire esercizi intermittenti ad alta intensità e di fornire indicazioni indirette sulla capacità aerobica (Art 4).

Parallelamente, negli ultimi anni è stato introdotto e progressivamente diffuso anche il Fitness Intermittent Test 45-15 (FIT 45-15), caratterizzato da fasi di corsa progressiva di 45 secondi intervallate da 15 secondi di recupero passivo.

Questo test consente di stimare la velocità aerobica massima (MAS) attraverso la velocità di picco raggiunta, mostrando buoni livelli di validità e affidabilità in relazione ai principali indicatori fisiologici della capacità aerobica (Art 6). Inoltre, la velocità ottenuta nel test può essere utilizzata come riferimento per la programmazione dell'allenamento aerobico nel calcio (Art 6).

Nonostante la diffusione dei test da campo, le evidenze relative alla loro capacità di riflettere le reali richieste della partita risultano ancora limitate. Alcuni studi hanno evidenziato correlazioni significative tra le prestazioni nei test di resistenza intermittente e variabili di gara, quali distanza totale percorsa, numero di sprint e azioni ad alta intensità (Art 3). Tuttavia, il numero di studi disponibili è ancora ridotto, soprattutto nel contesto del calcio femminile.

Alla luce di queste considerazioni, lo scopo del presente studio è quello di analizzare le relazioni tra le risposte fisiologiche e prestatie ottenute in due test da campo ampiamente utilizzati, il Fitness Intermittent Test 45-15 (FIT 45-15) e lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test di livello 1 (YYIR1), e i parametri di carico interno ed esterno rilevati durante partite ufficiali in calciatrici Under-19. In particolare, l'obiettivo è quello di valutare il grado di correlazione tra i risultati dei due test, confrontarne l'efficacia nel descrivere le richieste della gara e determinarne l'utilità pratica nell'ambito del monitoraggio della prestazione e della programmazione dell'allenamento.

# **Capitolo 1**

## **IL CALCIO FEMMINILE:**

### **ASPETTI E RICHIESTE FISIOLOGICHE**

#### **1.1 Evoluzione e sviluppo del calcio femminile**

Il calcio femminile rappresenta oggi una realtà in forte espansione a livello globale, ma il suo sviluppo è stato tutt'altro che lineare, risultando condizionato nel tempo da fattori culturali, sociali e istituzionali. A differenza del calcio maschile, che ha seguito un percorso di consolidamento più rapido, la pratica femminile ha incontrato numerosi ostacoli che ne hanno rallentato la diffusione e il riconoscimento per diversi decenni.

Le prime testimonianze di calcio praticato da donne risalgono alla fine del XIX secolo, con partite documentate già negli anni Ottanta dell'Ottocento e una progressiva diffusione in diversi contesti europei. Nei primi decenni del Novecento, questo fenomeno riuscì anche ad attirare un certo interesse da parte del pubblico, con incontri disputati davanti a migliaia di spettatori, segno di un iniziale radicamento del movimento (Art. 9). Tuttavia, tale sviluppo fu bruscamente interrotto da decisioni istituzionali fortemente limitanti: emblematico è il caso del divieto imposto nel 1921 dalla Football Association inglese, che escluse le donne dall'utilizzo degli impianti affiliati, contribuendo a diffondere l'idea di un calcio "non adatto" al genere femminile (Art. 8; Art. 9). Provvedimenti analoghi furono adottati anche in altri paesi europei, rallentando in maniera significativa la crescita del movimento.

Nonostante queste restrizioni, il calcio femminile continuò a sopravvivere in forme meno strutturate, grazie all'iniziativa di realtà indipendenti e alla progressiva partecipazione di un numero crescente di donne. A partire dagli anni Sessanta e Settanta si osservò una graduale ripresa, con la nascita delle prime federazioni dedicate e l'organizzazione di competizioni ufficiali. In Italia, ad esempio, nel 1968 venne istituita una federazione specifica per il calcio femminile, mentre nello stesso periodo iniziarono a svilupparsi forme di coordinamento anche a livello europeo (Art. 9). Parallelamente, le principali istituzioni calcistiche internazionali iniziarono a mostrare maggiore attenzione verso il movimento, favorendone un lento ma progressivo riconoscimento.

Un passaggio particolarmente significativo si verificò tra gli anni Ottanta e Novanta, quando la FIFA iniziò a promuovere in modo più concreto il calcio femminile a livello globale. In questo contesto si colloca anche il contributo di alcune figure chiave all'interno delle federazioni, che spinsero per una maggiore considerazione del movimento femminile, contribuendo ad avviare iniziative internazionali dedicate (Art. 7). L'organizzazione del primo Campionato Mondiale femminile nel 1991 rappresentò una tappa fondamentale, seguita pochi anni dopo dall'inserimento del calcio femminile nel programma olimpico nel 1996, segnando di fatto l'ingresso ufficiale di questa disciplina nel panorama sportivo internazionale (Art. 8; Art. 9).

A partire dagli anni Duemila, il calcio femminile ha conosciuto una crescita sempre più evidente, sia in termini di partecipazione sia di visibilità mediatica. L'interesse nei confronti di questo sport è aumentato in modo significativo, come dimostrato dall'elevato numero di spettatori registrato nelle competizioni internazionali più recenti e dall'espansione del numero di studi scientifici dedicati al calcio femminile (Art. 8). Questo sviluppo ha coinvolto anche il contesto sociale più ampio, con una presenza sempre maggiore delle donne nel mondo del calcio non solo come atlete, ma anche come allenatrici, dirigenti e figure professionali a vario livello (Art. 7).

Nonostante i progressi compiuti, permangono tuttavia alcune criticità che evidenziano come il processo di sviluppo non possa considerarsi ancora concluso. Tra queste si possono individuare una limitata professionalizzazione in diversi contesti, una disponibilità di risorse inferiore rispetto al calcio maschile e una ancora ridotta presenza femminile nei ruoli dirigenziali. Inoltre, la letteratura scientifica sottolinea come esista ancora un divario conoscitivo significativo, con la necessità di approfondire ulteriormente le caratteristiche specifiche del calcio femminile, sia dal punto di vista prestativo sia in relazione agli aspetti fisiologici e organizzativi (Art. 8).

L'evoluzione del calcio femminile può essere interpretata come un processo articolato e tuttora in corso, caratterizzato da importanti progressi negli ultimi decenni ma anche da sfide ancora aperte. La comprensione di questo percorso risulta fondamentale per inquadrare correttamente lo stato attuale del movimento e per orientare future strategie di sviluppo, sia in ambito sportivo sia in ambito scientifico.

## **1.2 Caratteristiche fisiologiche delle calciatrici**

Le caratteristiche fisiologiche delle calciatrici rappresentano un elemento centrale per comprendere la prestazione e orientare in modo efficace la programmazione dell'allenamento. Negli ultimi anni, l'evoluzione del calcio femminile ha portato a un progressivo incremento delle richieste fisiche e a una crescente attenzione verso l'analisi scientifica della performance, con un ampliamento significativo delle evidenze disponibili in letteratura (Art 5; Art 8).

Dal punto di vista antropometrico, le calciatrici di alto livello presentano generalmente valori relativamente omogenei, con età compresa tra i 20 e i 27 anni, altezza tra 1,61 e 1,70 m e massa corporea tra 57 e 65 kg. A questi si associa una percentuale di grasso corporeo mediamente compresa tra il 14,6% e il 20,1%, indicativa di una composizione corporea funzionale alla prestazione (Art 10). Tali parametri riflettono l'adattamento agli elevati carichi di allenamento e alla crescente professionalizzazione del calcio femminile, in linea con quanto osservato anche in altri contesti di élite.

Dal punto di vista metabolico, il sistema aerobico rappresenta la componente predominante. I valori di  $\text{VO}_2\text{max}$  nelle calciatrici di alto livello si collocano generalmente tra 49,4 e 57,6  $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , evidenziando una capacità aerobica elevata e determinante per sostenere l'intensità della gara (Art 6). Durante la competizione, il consumo di ossigeno si mantiene su valori medi pari a circa il 77–80% del  $\text{VO}_2\text{max}$ , con picchi che possono avvicinarsi al massimo, a conferma dell'elevato impegno cardiovascolare richiesto (Art 10). In questa stessa direzione si colloca anche la frequenza cardiaca, che mediamente raggiunge circa l'86% della  $\text{FCmax}$ , con punte fino al 98%.

Nonostante il ruolo centrale del metabolismo aerobico, il contributo del sistema anaerobico risulta fondamentale nelle azioni ad alta intensità. Le concentrazioni di lattato ematico rilevate durante la gara confermano l'attivazione dei meccanismi anaerobici, anche se con una variabilità significativa dovuta alla natura intermittente del gioco (Art 3). In questo contesto assume particolare importanza la capacità di ripetere sforzi intensi, come evidenziato dai risultati nei test Yo-Yo, che nelle calciatrici di élite mostrano valori medi intorno ai  $1774 \pm 532$  m (Art 10).

Un ambito sempre più rilevante riguarda le componenti neuromuscolari e il controllo motorio. Durante movimenti dinamici come cambi di direzione, salti e atterraggi, le calciatrici mostrano pattern specifici di attivazione muscolare. In particolare, è stato osservato un maggiore coinvolgimento del quadricipite rispetto agli ischiocrurali, associato a una minore flessione di anca e ginocchio nelle fasi di atterraggio, condizione che può aumentare le sollecitazioni sull'articolazione del ginocchio (Art 10). Questo tipo di strategia motoria, spesso accompagnata da un valgismo dinamico, rappresenta uno dei principali fattori di rischio per le lesioni legamentose.

In relazione a ciò, la forza muscolare e l'equilibrio tra i diversi distretti assumono un ruolo determinante. Un adeguato rapporto tra quadricipiti e ischiocrurali è essenziale per garantire stabilità articolare durante le azioni ad alta intensità, mentre eventuali asimmetrie tra arto dominante e non dominante possono compromettere il controllo motorio e aumentare il rischio di infortunio (Art 6). Questi squilibri, se non adeguatamente monitorati, possono influenzare negativamente sia la prestazione sia la sicurezza dell'atleta.

Per quanto riguarda le capacità neuromuscolari, la velocità rappresenta un'altra componente chiave. I tempi di sprint sui 20 metri nelle calciatrici di alto livello si attestano intorno ai 3,17 secondi, anche se la variabilità dei protocolli rende complessi i confronti tra studi (Art 10). Accanto alla velocità, risultano determinanti anche la capacità di sviluppare potenza e di sostenere sprint ripetuti, aspetti che tuttavia risultano ancora meno approfonditi nella letteratura rispetto ad altre componenti.

Infine, un tema di particolare interesse è rappresentato dal rischio di infortunio, soprattutto a carico del legamento crociato anteriore. L'incidenza di tali lesioni risulta più elevata nelle donne rispetto agli uomini, ed è riconducibile a una combinazione di fattori anatomici, biomeccanici e neuromuscolari, tra cui le modalità di attivazione muscolare e il controllo del movimento (Art 8). In questo senso, il miglioramento della forza e del controllo neuromuscolare assume un ruolo fondamentale non solo per la performance, ma anche in ottica preventiva.

Il profilo fisiologico delle calciatrici appare quindi complesso e multifattoriale, caratterizzato da una solida base aerobica, da capacità intermittenti sviluppate e da specifiche caratteristiche neuromuscolari. Nonostante i progressi della ricerca, permangono alcune lacune, in particolare sulle componenti anaerobiche e sulle asimmetrie funzionali, che rendono necessario un ulteriore approfondimento in questo ambito.

### 1.3 Modello prestativo nel calcio

Il calcio è uno sport caratterizzato da un'elevata complessità, in cui la prestazione emerge dall'interazione continua tra componenti fisiche, tecniche, tattiche e cognitive. A differenza delle discipline a struttura più lineare, il gioco si sviluppa in un contesto dinamico e imprevedibile, richiedendo al calciatore un adattamento costante alle situazioni di gara (Art. 1; Art. 10). In questa prospettiva, la performance non può essere spiegata attraverso un singolo parametro, ma deve essere interpretata come il risultato di un sistema integrato di variabili.

Dal punto di vista fisiologico, il calcio viene definito come uno sport intermittente, caratterizzato dall'alternanza tra fasi a bassa intensità, come cammino e corsa leggera, e azioni ad alta intensità, quali sprint, accelerazioni e cambi di direzione (Art. 2). Questa natura non lineare rende necessario un approccio analitico capace di considerare contemporaneamente più dimensioni della prestazione, come evidenziato anche nei modelli più recenti di analisi (Art. 11).

In questo contesto si inserisce il concetto di modello prestativo, che si basa sull'identificazione delle richieste specifiche della gara con l'obiettivo di riprodurle in allenamento. L'analisi della prestazione assume quindi un ruolo centrale nell'individuazione dei cosiddetti *key performance indicators* (KPI), ovvero quelle variabili che influenzano in modo determinante l'efficacia del gioco (Art. 3). Questo approccio consente di passare da una programmazione generica a una pianificazione più mirata e specifica.

Lo sviluppo delle tecnologie di monitoraggio, in particolare dei sistemi GPS, ha contribuito in modo significativo a questo processo. Attraverso tali strumenti è possibile quantificare con precisione variabili come la distanza totale percorsa, le distanze a diverse intensità, il numero di accelerazioni e decelerazioni e la velocità massima, integrando queste informazioni con indicatori di carico interno come la percezione dello sforzo (Art. 8). Questi dati permettono una lettura più completa della prestazione, soprattutto se inseriti all'interno di un'analisi contestuale della gara.

Le richieste della partita non sono tuttavia uniformi, ma variano in funzione del ruolo, del sistema di gioco e del livello competitivo. Nonostante questa variabilità, alcuni elementi risultano ricorrenti, come l'elevata frequenza di azioni esplosive e la necessità di sostenere sforzi ad alta intensità ripetuti nel tempo (Art. 6). In questo senso, la capacità di gestire l'intermittenza dello sforzo rappresenta uno degli aspetti chiave della prestazione calcistica.

Da queste considerazioni deriva il principio di specificità dell'allenamento, secondo cui gli stimoli proposti devono riflettere il più possibile le richieste della competizione. È stato infatti osservato che i maggiori miglioramenti si verificano quando il carico di allenamento è coerente con quello della gara, sia in termini di intensità sia di struttura (Art. 5). Questo ha portato allo sviluppo di metodologie sempre più orientate alla rappresentatività del gioco.

Tra queste, le *small-sided games* (SSG) rappresentano uno degli strumenti più utilizzati, in quanto permettono di integrare simultaneamente componenti fisiche, tecniche e tattiche all'interno di contesti di gioco realistici (Art. 4). Queste esercitazioni risultano particolarmente efficaci anche per l'elevato coinvolgimento cognitivo richiesto, che le avvicina ulteriormente alle situazioni di gara.

Al contrario, esercitazioni più analitiche, come circuiti tecnici o lavori isolati, pur essendo utili per lo sviluppo di singole abilità, non riescono a replicare completamente la complessità del gioco, soprattutto per quanto riguarda il carico fisico e la variabilità situazionale. Per questo motivo, negli ultimi anni si è assistito a una progressiva integrazione tra approcci analitici e situazionali, con una maggiore enfasi su esercitazioni rappresentative.

Un ulteriore sviluppo riguarda l'utilizzo di modelli avanzati di analisi dei dati, come quelli basati su machine learning, che consentono di identificare soglie specifiche e pattern prestativi utili per distinguere le diverse tipologie di carico e migliorare la pianificazione dell'allenamento (Art. 11). Questo tipo di approccio apre nuove prospettive verso una programmazione sempre più individualizzata.

Alla luce di quanto emerso, il modello prestativo nel calcio deve essere interpretato come un sistema dinamico, in cui l'allenamento viene continuamente adattato in funzione delle richieste della gara e delle caratteristiche del giocatore. In questo senso, l'integrazione tra analisi della prestazione e progettazione dell'allenamento rappresenta un elemento fondamentale per l'ottimizzazione della performance (Art. 3; Art. 10).

## **1.4 Richieste fisiche e fisiologiche della partita**

L'analisi delle richieste fisiche e fisiologiche della partita rappresenta un passaggio chiave per comprendere in maniera concreta le esigenze del calcio a livello competitivo. Più che limitarsi a una descrizione generale delle capacità richieste, questo approccio consente di quantificare ciò che accade realmente in gara, definendo con maggiore precisione il profilo prestativo del calciatore; in questo senso, diversi studi hanno evidenziato come l'osservazione diretta del match sia lo strumento più efficace per collegare teoria e pratica (Art. 3), soprattutto se integrata con modelli di analisi avanzati sviluppati negli ultimi anni (Art. 8; Art. 11).

Le evidenze mostrano come, nel corso di una partita, i calciatori percorrano mediamente tra i 9 e i 13 km, ma ciò che conta non è tanto la distanza totale quanto la sua distribuzione. Gran parte del lavoro viene svolto a bassa e moderata intensità, mentre le azioni ad alta intensità, sprint, accelerazioni e cambi di ritmo, rappresentano una percentuale minore ma decisiva per la prestazione, in quanto spesso coincidono con le situazioni determinanti di gioco (Art. 2; Art. 6). Proprio questa distribuzione rende il calcio uno sport tipicamente intermittente, caratterizzato da una continua alternanza tra fasi attive e momenti di recupero, che può essere interpretata attraverso il rapporto lavoro-riposo, utile per descrivere l'equilibrio interno della gara (Art. 11).

All'interno di questo contesto, le variabili legate alla velocità assumono un ruolo centrale. La corsa ad alta velocità, comunemente identificata oltre i 5 m/s, e la velocità massima raggiunta rappresentano indicatori fondamentali della capacità di incidere nelle azioni decisive. Tuttavia, limitarsi a queste metriche sarebbe riduttivo: negli ultimi anni l'attenzione si è infatti spostata sempre di più sulle accelerazioni e decelerazioni, riconosciute come componenti determinanti del carico meccanico complessivo. Queste azioni, spesso associate a cambi di direzione e transizioni rapide, aumentano in modo significativo lo stress neuromuscolare e sono strettamente legate sia alla performance sia al rischio di infortunio, come evidenziato da diverse analisi sul carico esterno (Art. 8; Art. 10).

L'introduzione delle tecnologie GPS ha rappresentato un punto di svolta in questo ambito, permettendo di monitorare in modo preciso e continuo le richieste della partita. Grazie a questi strumenti è possibile ottenere dati dettagliati sulle zone di velocità, sul numero di azioni ad alta intensità e sul carico complessivo sostenuto dal giocatore. Indicatori come il *Player Load* o l'indice di sforzo consentono di andare oltre la semplice distanza percorsa, offrendo una visione più completa e integrata del carico esterno (Art. 8), aspetto che negli studi più recenti venga sempre più spesso messo in relazione con le richieste specifiche della competizione (Art. 11). Un aspetto particolarmente interessante riguarda proprio l'identificazione di soglie di riferimento che permettano di distinguere le richieste della partita rispetto alle esercitazioni di allenamento. Alcuni lavori hanno individuato valori minimi relativi alla distanza ad alta intensità, al numero di accelerazioni e alla velocità massima come indicatori utili per replicare in allenamento le reali esigenze della gara, sottolineando l'importanza di una programmazione basata su dati oggettivi (Art. 11).

Dal punto di vista fisiologico, la partita implica un coinvolgimento integrato dei sistemi energetici. Il metabolismo aerobico garantisce il mantenimento dell'attività per tutta la durata della gara, mentre il contributo anaerobico diventa determinante nelle azioni ad alta intensità e negli sforzi ripetuti. Questa combinazione consente al calciatore di sostenere un'elevata variabilità di intensità senza un calo immediato della prestazione, anche se la capacità di gestire tali richieste dipende fortemente dal livello di allenamento individuale (Art. 2; Art. 5).

Infine, è importante considerare come le richieste della partita non siano fisse, ma varino in funzione di diversi fattori. Il livello competitivo, il ruolo del giocatore e le caratteristiche tattiche della squadra influenzano in maniera significativa il profilo di gara, rendendo necessaria un'interpretazione contestualizzata dei dati. In altre parole, gli stessi parametri possono assumere significati diversi a seconda del contesto, motivo per cui l'analisi della prestazione deve sempre essere integrata con una lettura tecnico-tattica del gioco (Art. 6; Art. 10).

## 1.5 Differenze prestative tra calcio maschile e femminile

L'analisi della prestazione nel calcio d'élite ha evidenziato come le richieste fisiche e tecnico-tattiche della gara siano il risultato di un'interazione complessa tra componenti metaboliche, neuromuscolari e decisionali. In questo contesto, il confronto tra calcio maschile e femminile rappresenta un ambito di crescente interesse, non solo per descrivere eventuali differenze, ma soprattutto per orientare in maniera più specifica i modelli di allenamento.

Dal punto di vista fisico, la letteratura concorda nel rilevare come i calciatori di sesso maschile percorrano, mediamente, una distanza totale superiore rispetto alle calciatrici, con differenze particolarmente marcate alle alte intensità di corsa ( $>15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Tuttavia, tali differenze risultano molto meno evidenti nelle attività a bassa intensità, suggerendo come il carico relativo della gara possa essere più simile tra i sessi di quanto indicato dai soli valori assoluti (Art. 13). Questo aspetto è coerente con evidenze precedenti che sottolineano come il sistema aerobico sia fortemente sollecitato in entrambi i contesti competitivi, pur in presenza di differenze nelle capacità anaerobiche e nella velocità di picco (Art. 3; Art. 7).

Un elemento particolarmente rilevante riguarda la gestione della fatica nel corso della partita. I dati indicano come, nel calcio femminile, si osservi una riduzione più marcata della distanza percorsa nel secondo tempo, soprattutto alle intensità medio-alte, suggerendo un maggiore affaticamento indotto dalla gara. Tale fenomeno non appare con la stessa evidenza nel calcio maschile, dove il decremento prestativo risulta più contenuto e meno sistematico (Art. 13). Questa differenza potrebbe essere legata sia a fattori fisiologici, come una minore capacità di sostenere sforzi intermittenti ad alta intensità, sia a variabili contestuali e tattiche che influenzano il ritmo di gioco (Art. 5; Art. 9).

Analizzando la distribuzione dei carichi in funzione del ruolo, emergono ulteriori specificità. Le differenze di genere risultano più pronunciate nei ruoli caratterizzati da elevati volumi di corsa ad alta intensità, come i centrocampisti e gli esterni, mentre tendono a ridursi nei difensori centrali e negli attaccanti. Questo dato suggerisce che le richieste funzionali del ruolo amplificano o attenuano le differenze tra i sessi, evidenziando la necessità di un approccio posizionale nella programmazione dell'allenamento (Art. 13; Art. 8).

Un ulteriore elemento di interesse è rappresentato dall'analisi dei periodi più intensi della partita. Sebbene i calciatori maschi raggiungano picchi di intensità superiori, entrambi i sessi mostrano una capacità simile di gestire il periodo immediatamente successivo al picco, senza evidenti cali prestativi transitori. Questo suggerisce che i meccanismi di recupero acuto durante la gara possano essere comparabili, nonostante le differenze nei valori assoluti di prestazione (Art. 13).

Per quanto riguarda la componente tecnico-tattica, le differenze appaiono meno marcate rispetto a quelle fisiche. Indicatori come il numero di tocchi, il tempo di possesso e i duelli vinti risultano sostanzialmente sovrapponibili tra uomini e donne, a conferma della crescente evoluzione qualitativa del calcio femminile. Tuttavia, emergono alcune criticità, come una minore percentuale di passaggi completati e un maggior numero di palloni persi nelle calciatrici, aspetti che potrebbero influenzare indirettamente il dispendio energetico e i pattern di fatica durante la gara (Art. 13; Art. 6).

Nel complesso, le differenze osservate sembrano essere riconducibili non solo a fattori fisiologici, ma anche a elementi tecnico-tattici e contestuali, che interagiscono nel determinare la prestazione. In quest'ottica, appare limitante un approccio che analizzi separatamente le componenti fisiche e tecniche, mentre risulta più appropriata una visione integrata della performance, in linea con i più recenti modelli interpretativi del calcio d'élite (Art. 4; Art. 11). Emerge, quindi, chiaramente la necessità di sviluppare protocolli di allenamento specifici per genere, che tengano conto non solo delle differenze nelle capacità fisiche, ma anche delle caratteristiche del gioco e delle richieste dei diversi ruoli. Inoltre, risulta fondamentale definire soglie di intensità individualizzate, in grado di rappresentare in maniera più accurata il carico interno ed esterno degli atleti, superando l'utilizzo di parametri standardizzati derivati prevalentemente da popolazioni maschili (Art. 13; Art. 2).

## **Capitolo 2**

# **ALLENAMENTO E ADATTAMENTI FISIOLOGICI NEL CALCIO**

### **2.1 Principi metodologici dell'allenamento sportivo**

L'allenamento sportivo rappresenta un processo pianificato e sistematico finalizzato al miglioramento della prestazione attraverso l'induzione di adattamenti funzionali, fisiologici e neuromuscolari. Nel calcio, e in particolare nel calcio femminile, la programmazione dell'allenamento deve considerare la natura intermittente dello sport, l'elevata variabilità situazionale della gara e le specifiche richieste fisiche, tecniche e cognitive che caratterizzano la prestazione (Art. 1; Art. 11).

Alla base dell'allenamento vi è il concetto di adattamento biologico. L'organismo, sottoposto a uno stimolo adeguato, modifica progressivamente le proprie funzioni per rispondere in maniera più efficiente alle richieste imposte dal carico. Tuttavia, affinché tali adattamenti possano verificarsi, il carico allenante deve essere sufficientemente intenso da alterare l'omeostasi, ma allo stesso tempo compatibile con le capacità di recupero dell'atleta. In questo senso, il miglioramento della performance dipende dall'equilibrio tra stimolo e recupero, principio che costituisce uno degli aspetti centrali della metodologia dell'allenamento.

Uno dei principi fondamentali è rappresentato dalla progressività del carico, secondo cui volume, intensità e complessità degli stimoli devono aumentare gradualmente nel tempo. Incrementi eccessivamente rapidi possono infatti compromettere il recupero e aumentare il rischio di infortunio, mentre stimoli insufficienti rischiano di non produrre adattamenti significativi (Art.5; Art.10). Nel calcio moderno, caratterizzato da richieste fisiche sempre più elevate, questo principio assume particolare importanza soprattutto nella gestione dei periodi ad alta densità competitiva.

Accanto alla progressività, un ruolo centrale è assunto dal principio di specificità. Gli adattamenti indotti dall'allenamento risultano strettamente correlati alla natura dello stimolo proposto; di conseguenza, le esercitazioni devono riprodurre il più possibile le richieste della gara sia dal punto di vista fisico sia sotto il profilo tecnico-tattico e decisionale. La letteratura evidenzia come le esercitazioni maggiormente rappresentative del gioco consentano di ottenere adattamenti più trasferibili alla competizione rispetto a lavori esclusivamente analitici (Art. 4; Art. 11).

Nel calcio, la specificità non riguarda solamente le componenti metaboliche, ma anche le dinamiche spazio-temporali del gioco. Le esercitazioni a ranghi ridotti, ad esempio, permettono di integrare simultaneamente aspetti condizionali, tecnici e cognitivi, inducendo elevati livelli di coinvolgimento neuromuscolare e decisionale (Art. 4). Allo stesso tempo, la modulazione di variabili come dimensioni del campo, numero di giocatori o regole di gioco consente di orientare il carico verso obiettivi fisiologici differenti (Art. 8).

Un ulteriore principio metodologico è rappresentato dall'individualizzazione dell'allenamento. Sebbene la squadra svolga frequentemente esercitazioni collettive, la risposta agli stimoli può variare notevolmente in funzione del livello di allenamento, del ruolo, delle caratteristiche fisiologiche e della storia clinica dell'atleta. Per questo motivo, negli ultimi anni si è sviluppata una crescente attenzione verso il monitoraggio individuale del carico interno ed esterno, con l'obiettivo di adattare gli stimoli alle reali esigenze della giocatrice (Art. 8; Art. 11).

La continuità dello stimolo rappresenta un altro elemento essenziale. Gli adattamenti fisiologici tendono infatti a ridursi nel tempo in assenza di allenamento, secondo il principio della reversibilità. Questo aspetto assume particolare rilevanza durante le pause competitive o nei periodi di inattività conseguenti a infortuni, nei quali una riduzione prolungata del carico può determinare un decadimento delle capacità aerobiche, neuromuscolari e metaboliche.

Parallelamente, il principio della variabilità sottolinea l'importanza di modificare periodicamente gli stimoli allenanti al fine di evitare fenomeni di adattamento eccessivo o stagnazione della performance. Nel calcio, la variabilità può essere ottenuta attraverso la manipolazione delle esercitazioni, delle intensità di lavoro o delle modalità di somministrazione del carico. Questo approccio risulta utile non solo per mantenere elevato il livello di adattamento fisiologico, ma anche per aumentare il coinvolgimento motivazionale dell'atleta.

Dal punto di vista applicativo, la metodologia dell'allenamento moderno tende a considerare la prestazione calcistica come un fenomeno multifattoriale e integrato. Per questo motivo, la preparazione fisica non viene più interpretata come un elemento separato dalla componente tecnico-tattica, ma come parte di un sistema complesso in cui le diverse dimensioni della prestazione interagiscono continuamente (Art. 1; Art. 3). In tale prospettiva, l'obiettivo dell'allenamento non consiste esclusivamente nel miglioramento delle capacità condizionali, ma nella capacità di esprimerle efficacemente all'interno del contesto di gioco.

Negli ultimi anni, inoltre, l'utilizzo delle tecnologie di monitoraggio ha modificato profondamente l'approccio metodologico all'allenamento. Sistemi GPS, analisi dei carichi e strumenti di monitoraggio fisiologico consentono oggi di quantificare con maggiore precisione le richieste delle esercitazioni e della gara, permettendo una pianificazione più accurata degli stimoli allenanti (Art. 8; Art. 11). Tuttavia, l'utilizzo dei dati deve essere interpretato criticamente e contestualizzato, evitando di ridurre la complessità della prestazione a una semplice raccolta di parametri quantitativi.

I principi metodologici dell'allenamento sportivo costituiscono la base teorica e applicativa per la costruzione di programmi efficaci nel calcio. Progressività, specificità, individualizzazione e variabilità rappresentano elementi strettamente interconnessi, la cui corretta integrazione consente di ottimizzare gli adattamenti fisiologici e migliorare la prestazione nel lungo termine.

## **2.2 Adattamenti fisiologici indotti dall'allenamento**

L'allenamento produce una serie di modificazioni funzionali che consentono all'organismo di rispondere in modo sempre più efficace alle richieste della prestazione sportiva. Nel calcio questi adattamenti interessano diversi sistemi fisiologici e si sviluppano in risposta all'esposizione ripetuta a stimoli di natura aerobica, anaerobica e neuromuscolare. Il risultato è un miglioramento progressivo della capacità di sostenere i carichi di lavoro, recuperare tra le diverse azioni di gioco e mantenere elevati livelli di rendimento durante la stagione.

Poiché la prestazione calcistica dipende dall'interazione continua tra componenti fisiche, tecniche e tattiche, gli adattamenti indotti dall'allenamento non riguardano un singolo apparato, ma coinvolgono in maniera integrata il sistema cardiovascolare, il metabolismo energetico e il sistema neuromuscolare (Art. 5; Art. 14). Comprendere queste modificazioni risulta fondamentale per programmare in modo efficace il lavoro sul campo e interpretare correttamente gli effetti dei diversi mezzi di allenamento.

### **2.2.1 Adattamenti cardiovascolari**

Tra le modificazioni più evidenti indotte dall'allenamento vi sono quelle a carico del sistema cardiovascolare. L'esposizione costante a esercitazioni ad elevata richiesta energetica determina un miglioramento della funzionalità cardiaca e della capacità di trasporto dell'ossigeno verso i muscoli impegnati nell'esercizio.

Uno degli adattamenti maggiormente osservati riguarda la riduzione della frequenza cardiaca a riposo, associata a una maggiore efficienza del cuore nel pompare sangue a ogni battito. Allo stesso tempo aumenta la gittata sistolica, permettendo di soddisfare le richieste metaboliche dell'esercizio con un minor numero di contrazioni cardiache. Queste modificazioni rappresentano una delle principali manifestazioni dell'adattamento all'allenamento aerobico (Art. 16).

Uno studio condotto su calciatrici universitarie durante il periodo di preparazione pre-campionato ha evidenziato una diminuzione significativa della frequenza cardiaca a riposo accompagnata da un incremento dell'rMSSD, indice associato a una maggiore attività del sistema parasimpatico (Art. 16). Tali risultati suggeriscono un miglioramento della regolazione autonoma e della capacità dell'organismo di adattarsi agli stress derivanti dall'allenamento.

Anche la capacità di utilizzare l'ossigeno tende a migliorare nel tempo grazie all'aumento della densità capillare e all'ottimizzazione dei processi di distribuzione del flusso sanguigno. Questo consente di sostenere con maggiore efficienza le fasi di gioco caratterizzate da elevati volumi di corsa e di recuperare più rapidamente tra azioni intense consecutive, aspetto particolarmente importante negli sport intermittenti come il calcio (Art. 6; Art. 10).

Le modificazioni cardiovascolari assumono quindi un ruolo determinante non soltanto per la resistenza generale, ma anche per la capacità di mantenere elevata l'intensità della prestazione durante l'intera gara.

### **2.2.2 Adattamenti metabolici**

L'allenamento produce effetti rilevanti anche sul metabolismo energetico. Nel calcio la produzione di energia deriva dall'interazione continua tra meccanismi aerobici e anaerobici, che vengono sollecitati in misura diversa a seconda delle richieste del gioco.

Con il progredire dell'allenamento aumenta la capacità ossidativa del muscolo grazie a una maggiore efficienza dei mitocondri e degli enzimi coinvolti nel metabolismo aerobico. Questo adattamento favorisce una migliore utilizzazione dell'ossigeno e permette di sostenere volumi di lavoro più elevati con un minor costo energetico (Art. 5).

Accanto agli adattamenti aerobici si osservano modificazioni che interessano il metabolismo anaerobico. Le esercitazioni ad alta intensità migliorano la capacità di produrre energia rapidamente e di tollerare l'accumulo dei metaboliti associati alla fatica. In termini pratici, il giocatore diventa più efficace nell'eseguire azioni intense ripetute mantenendo livelli di prestazione relativamente stabili nel tempo.

Alcuni studi hanno evidenziato come programmi caratterizzati da carichi elevati e progressivamente intensificati possano determinare miglioramenti significativi nelle capacità di prestazione e nella tolleranza allo sforzo (Art. 14). Risultati simili emergono anche dalle ricerche che hanno confrontato small-sided games e allenamento intervallato ad alta intensità nel calcio femminile, dove sono stati osservati miglioramenti della capacità aerobica indipendentemente dalla metodologia utilizzata (Art. 15).

Questi adattamenti si traducono in una maggiore capacità di ripetere sprint, accelerazioni e cambi di ritmo nel corso della gara. La rapidità con cui vengono ricostituite le riserve energetiche tra un'azione e l'altra rappresenta infatti uno degli elementi che maggiormente distinguono gli atleti meglio allenati da quelli meno preparati (Art. 2; Art. 6).

### **2.2.3 Adattamenti neuromuscolari**

Gli adattamenti neuromuscolari riguardano le modificazioni che interessano il rapporto tra sistema nervoso e sistema muscolare in risposta all'allenamento. Nel calcio assumono un'importanza particolare perché molte delle azioni decisive dipendono dalla capacità di produrre forza rapidamente e di controllare il movimento in situazioni complesse e variabili.

Nelle prime fasi dell'allenamento i miglioramenti della prestazione sono spesso legati soprattutto a una maggiore efficienza del reclutamento delle unità motorie e a una migliore coordinazione tra i diversi gruppi muscolari coinvolti nel gesto. Successivamente possono comparire anche adattamenti strutturali che contribuiscono ad aumentare la capacità di esprimere forza e potenza.

Le evidenze più recenti mostrano che programmi neuromuscolari comprendenti esercizi di equilibrio, stabilità, forza, pliometria e cambi di direzione sono in grado di migliorare diverse componenti della prestazione calcistica (Art. 17). Nello studio si è scoperto come dieci settimane di allenamento neuromuscolare hanno prodotto miglioramenti significativi nelle prove di sprint sui 10, 20 e 40 metri, oltre a incrementi nelle capacità di cambio di direzione.

Miglioramenti simili sono stati osservati anche nelle prestazioni di salto, in particolare nel countermovement jump, confermando come il lavoro neuromuscolare possa influenzare positivamente la produzione di forza esplosiva degli arti inferiori (Art. 17). Questi adattamenti risultano particolarmente utili nelle situazioni di gara che richiedono accelerazioni improvvise, stacchi, contrasti e rapide variazioni della direzione di corsa.

Un ulteriore aspetto riguarda il controllo motorio. Esercitazioni che prevedono lavoro monopodalico, stabilizzazione del tronco e gestione dell'equilibrio contribuiscono a migliorare la qualità del movimento e possono favorire una riduzione delle asimmetrie funzionali tra gli arti inferiori, sebbene la letteratura mostri risultati non sempre uniformi (Art. 10; Art. 17).

Nel calcio femminile questo tema assume una rilevanza particolare, poiché il miglioramento del controllo neuromuscolare viene frequentemente associato non solo all'incremento della performance, ma anche a una migliore gestione delle sollecitazioni meccaniche che interessano le articolazioni durante le azioni ad alta intensità (Art. 10).

## **2.3 Sviluppo delle capacità condizionali**

La natura intermittente di questo sport richiede alte capacità condizionali, ossia di sostenere elevati volumi di attività, eseguire azioni esplosive ripetute e mantenere livelli adeguati di efficienza fisica per tutta la durata della gara. Per questo motivo l'allenamento non può concentrarsi su una singola qualità, ma deve perseguire uno sviluppo integrato delle diverse componenti della prestazione.

Nel calcio femminile questa esigenza assume un'importanza crescente. L'aumento dell'intensità di gioco osservato negli ultimi anni ha determinato una progressiva evoluzione delle metodologie di allenamento, orientate verso il miglioramento simultaneo della resistenza, della forza, della velocità e della capacità di ripetere sforzi ad alta intensità (Art. 6; Art. 10).

La resistenza rappresenta il presupposto che consente di sostenere il carico complessivo della gara e di recuperare più rapidamente tra le diverse azioni di gioco. Lo sviluppo di questa capacità non dipende esclusivamente da esercitazioni di corsa continua, ma può essere ottenuto attraverso metodologie maggiormente specifiche, in grado di integrare aspetti fisici e tecnico-tattici. In questo senso, sia le esercitazioni intermittenti ad alta intensità sia le small-sided games hanno mostrato effetti positivi sulla capacità aerobica delle calciatrici, consentendo di migliorare la prestazione mantenendo un elevato grado di specificità rispetto alle richieste del gioco (Art. 15).

Accanto alla resistenza, la forza costituisce una delle qualità maggiormente correlate alla prestazione nel calcio. La capacità di produrre forza influenza infatti numerose azioni decisive, come accelerazioni, sprint, salti, contrasti e cambi di direzione. L'allenamento della forza non deve essere interpretato esclusivamente come un mezzo per incrementare la capacità muscolare, ma come uno strumento finalizzato a migliorare l'efficienza del gesto sportivo e la capacità di applicare forza in tempi ridotti.

Nel calcio femminile assume particolare rilevanza lo sviluppo della forza degli arti inferiori e della muscolatura stabilizzatrice del tronco, elementi strettamente collegati sia alla prestazione sia alla riduzione dei fattori di rischio associati agli infortuni (Art. 10). A questo proposito, programmi che combinano esercizi di forza, equilibrio, stabilità e lavoro pliometrico hanno mostrato effetti positivi sulle principali espressioni della performance neuromuscolare (Art. 17).

Una manifestazione specifica della forza particolarmente importante nel calcio è la potenza muscolare. Le situazioni decisive della gara si verificano spesso in tempi molto brevi e richiedono la capacità di sviluppare elevati livelli di forza in maniera rapida. Per questo motivo l'allenamento moderno dedica ampio spazio a esercitazioni esplosive, salti, sprint brevi e cambi di direzione, finalizzati a migliorare il tasso di sviluppo della forza e l'efficacia delle azioni ad alta intensità.

Anche la velocità rappresenta una componente determinante della prestazione. Sebbene le distanze percorse in sprint costituiscano una percentuale relativamente ridotta del totale, molte situazioni decisive del gioco sono associate proprio ad azioni eseguite alla massima intensità. Lo sviluppo della velocità richiede pertanto esercitazioni specifiche che coinvolgano accelerazione, velocità massima e capacità di modificare rapidamente la direzione del movimento.

Le evidenze disponibili mostrano come programmi neuromuscolari strutturati possano determinare miglioramenti significativi nei tempi di sprint e nelle capacità di cambio di direzione delle calciatrici, confermando l'importanza di integrare il lavoro di velocità all'interno della preparazione atletica (Art. 17). Risultati simili sono stati osservati anche nei programmi di allenamento caratterizzati da elevata intensità e progressiva esposizione ai carichi, che hanno evidenziato incrementi delle capacità prestative legate alle azioni ad alta velocità (Art. 14).

Un aspetto particolarmente importante riguarda la necessità di sviluppare queste capacità in maniera integrata. Durante la partita le diverse componenti della prestazione non si manifestano mai in modo isolato, ma interagiscono continuamente tra loro. Per questo motivo le metodologie di allenamento più efficaci tendono a proporre situazioni che riproducano il più possibile le richieste reali del gioco, combinando aspetti fisici, tecnici e decisionali all'interno dello stesso esercizio.

L'obiettivo non è quindi massimizzare una singola capacità condizionale, ma costruire un profilo fisico equilibrato e funzionale alle esigenze della competizione. Nel calcio femminile, dove il livello prestativo continua a crescere rapidamente, la capacità di integrare in maniera efficace resistenza, forza e velocità rappresenta uno degli elementi chiave per il miglioramento della performance individuale e collettiva.

## **2.4 Periodizzazione e programmazione dell'allenamento**

La periodizzazione dell'allenamento ha lo scopo di organizzare nel tempo contenuti, carichi e recuperi, così da favorire il miglioramento della prestazione e ridurre il rischio di sovraccarico. Nel calcio questo processo è particolarmente complesso, perché la performance non dipende soltanto dalla condizione fisica, ma anche da aspetti tecnici, tattici e mentali che devono essere allenati insieme. Per questo motivo la programmazione non può limitarsi alla distribuzione del lavoro atletico, ma deve inserirsi dentro una gestione più ampia della squadra (Art. 18).

Nel periodo preparatorio l'obiettivo principale è costruire una base fisica adeguata ad affrontare la stagione. In questa fase il carico tende ad aumentare, ma deve essere gestito con attenzione, soprattutto quando il tempo disponibile è ridotto. In uno studio su calciatrici universitarie, quattro settimane di preparazione pre-campionato hanno prodotto miglioramenti nella funzione cardiovascolare e nella prestazione allo Yo-Yo test, ma anche una riduzione temporanea della prestazione nel salto verticale, probabilmente legata alla fatica accumulata (Art. 16). Questo mostra come un carico elevato possa essere utile, ma solo se accompagnato da un recupero sufficiente.

Durante la stagione competitiva, invece, il problema principale diventa mantenere la condizione fisica senza arrivare alla gara con un eccesso di fatica. Un'indagine evidenzia che, in una squadra professionistica, il carico percepito tendeva ad aumentare progressivamente fino a tre giorni prima della partita, per poi diminuire nei giorni immediatamente precedenti. Questa organizzazione permette di collocare gli stimoli più importanti nella parte centrale della settimana e di alleggerire il lavoro in prossimità della gara.

Un aspetto interessante riguarda la differenza tra titolari e non titolari. Nello studio considerato, i carichi di allenamento durante la settimana erano simili tra i due gruppi, mentre la vera differenza derivava dal minutaggio in partita: i titolari accumulavano un carico settimanale maggiore perché la gara rappresentava lo stimolo più impegnativo del microciclo (Art. 18). Questo dato è importante perché mostra come la programmazione debba considerare non solo ciò che viene svolto in allenamento, ma anche l'esposizione reale alla competizione.

Per i giocatori che partecipano poco alla gara, può essere necessario inserire lavori compensativi, così da evitare un progressivo calo della condizione fisica. Allo stesso tempo, questi lavori devono essere dosati correttamente, perché non sempre riescono a riprodurre il carico della partita in termini di intensità e coinvolgimento specifico. La programmazione settimanale deve quindi distinguere tra chi ha giocato molti minuti, chi ha giocato poco e chi non è stato impiegato.

La scelta dei mezzi di allenamento dipende anche dagli obiettivi della seduta. Le esercitazioni più specifiche, come le small-sided games, permettono di allenare insieme aspetti fisici, tecnici e decisionali, mantenendo un forte legame con il gioco (Art. 15). I lavori più analitici, invece, possono essere utili quando l'obiettivo è sviluppare una qualità precisa, come forza, velocità o capacità aerobica, ma devono essere integrati con esercitazioni che abbiano trasferibilità verso la partita.

La programmazione deve inoltre tenere conto della risposta individuale al carico. Anche quando due atleti svolgono la stessa seduta, la risposta interna può essere diversa in base al ruolo, al livello di allenamento, alla fatica accumulata e alla storia di infortuni. Per questo motivo, nella gestione moderna dell'allenamento, il carico esterno e quello interno devono essere letti insieme, evitando di considerare solo la quantità di lavoro svolto (Art. 11; Art. 18).

Nel calcio femminile, questi aspetti assumono un valore ancora maggiore per la crescita recente del movimento e per l'aumento dell'intensità competitiva. Una programmazione efficace deve permettere di sviluppare la condizione fisica, mantenerla durante la stagione e adattare il lavoro alle richieste reali della partita. In questo senso, la periodizzazione non va intesa come uno schema rigido, ma come un processo flessibile, costruito sulla gestione del carico, del recupero e delle caratteristiche delle singole atlete.

## **2.5 Specificità dell'allenamento nel calcio femminile**

La crescita del calcio femminile negli ultimi anni ha determinato un progressivo aumento dell'interesse scientifico nei confronti delle caratteristiche delle calciatrici e delle modalità più efficaci per organizzare l'allenamento. Per molto tempo la preparazione fisica femminile è stata sviluppata adattando modelli costruiti prevalentemente sul calcio maschile. Oggi, invece, emerge sempre più chiaramente la necessità di considerare le peculiarità della popolazione femminile, così da progettare interventi maggiormente efficaci e coerenti con le richieste della disciplina.

Questo non significa che esistano principi di allenamento differenti tra uomini e donne. I meccanismi che regolano l'adattamento all'esercizio rimangono sostanzialmente gli stessi. Tuttavia, le caratteristiche fisiologiche, neuromuscolari e antropometriche delle calciatrici possono influenzare il modo in cui il carico viene tollerato e le modalità con cui viene organizzata la preparazione (Art. 10).

Uno degli aspetti più rilevanti riguarda il controllo neuromuscolare. La letteratura ha evidenziato come le calciatrici possano presentare schemi motori differenti durante salti, atterraggi e cambi di direzione, elementi che assumono particolare importanza sia per la prestazione sia per la prevenzione degli infortuni (Art. 10). Per questo motivo, programmi che integrano esercizi di equilibrio, stabilità, forza e controllo del movimento trovano oggi ampio spazio nella programmazione dell'allenamento.

In questa direzione, gli interventi neuromuscolari hanno mostrato effetti positivi sulle capacità di sprint, sul cambio di direzione e sulla qualità del movimento nelle calciatrici. Un programma di allenamento neuromuscolare della durata di dieci settimane ha prodotto miglioramenti significativi nelle prestazioni di sprint e nelle capacità di cambio di direzione, confermando l'utilità di inserire regolarmente questo tipo di lavoro all'interno della preparazione settimanale (Art. 17).

Anche la prevenzione degli infortuni rappresenta un elemento centrale nella programmazione. Nel calcio femminile assume particolare rilevanza la tutela dell'articolazione del ginocchio, soprattutto nelle situazioni caratterizzate da decelerazioni, atterraggi e cambi di direzione ad alta intensità. Di conseguenza, l'allenamento dovrebbe includere esercitazioni orientate non soltanto allo sviluppo della prestazione, ma anche al miglioramento della qualità esecutiva dei movimenti e della capacità di controllo corporeo.

Dal punto di vista metodologico, assume particolare importanza la scelta di esercitazioni che consentano di sviluppare contemporaneamente componenti fisiche, tecniche e decisionali. In questo contesto, le small-sided games rappresentano uno strumento particolarmente efficace. Oltre a riprodurre situazioni vicine alla gara, permettono di stimolare la capacità aerobica e diverse componenti della prestazione specifica, mantenendo un elevato coinvolgimento tecnico e tattico (Art. 15).

La gestione del carico richiede inoltre particolare attenzione. Le differenze individuali tra atlete, il livello di esperienza, il minutaggio accumulato in gara e la fase della stagione possono influenzare significativamente la risposta all'allenamento. Per questo motivo, la programmazione dovrebbe mantenere un certo grado di flessibilità, adattando il lavoro alle caratteristiche delle singole giocatrici piuttosto che applicare in modo rigido lo stesso modello a tutto il gruppo.

Le evidenze disponibili mostrano inoltre come periodi di preparazione ben strutturati siano in grado di produrre miglioramenti significativi della condizione fisica nelle calciatrici. Tuttavia, l'aumento del carico deve essere progressivo e accompagnato da adeguati tempi di recupero, evitando accumuli eccessivi di fatica che potrebbero limitare l'espressione della performance o aumentare il rischio di infortunio (Art. 16).

Un altro aspetto da considerare riguarda la continua evoluzione del calcio femminile. L'intensità delle partite, il numero di azioni ad alta velocità e le richieste fisiche complessive risultano oggi superiori rispetto a quanto osservato in passato. Di conseguenza, anche la preparazione atletica deve evolvere, adottando metodologie sempre più specifiche e supportate da evidenze scientifiche.

In definitiva, la specificità dell'allenamento nel calcio femminile non risiede nell'applicazione di principi completamente differenti rispetto al calcio maschile, ma nella capacità di adattare gli strumenti della preparazione alle caratteristiche delle atlete e alle richieste della competizione. Una programmazione efficace deve integrare sviluppo della prestazione, prevenzione degli infortuni e gestione del carico, mantenendo sempre un forte collegamento con le esigenze reali del gioco.

# Capitolo 3

## VALUTAZIONE FUNZIONALE NEL CALCIO

### 3.1 Ruolo e finalità della valutazione funzionale

La valutazione funzionale rappresenta uno strumento fondamentale per comprendere lo stato di forma dell'atleta e orientare in modo più preciso il processo di allenamento. Nel calcio moderno, infatti, la preparazione fisica non può basarsi soltanto sull'osservazione pratica, ma richiede dati oggettivi che aiutino a interpretare le capacità dell'atleta, la risposta al carico e l'evoluzione della prestazione nel tempo.

Nel contesto calcistico, la valutazione permette di analizzare alcune componenti determinanti della performance, come la capacità aerobica, la tolleranza agli sforzi intermittenti, la velocità di recupero e la capacità di sostenere azioni ad alta intensità (Art. 10). Questi aspetti risultano particolarmente importanti in uno sport caratterizzato da continue variazioni di ritmo, alternanza tra fasi attive e recuperi incompleti, sprint, accelerazioni e decelerazioni ripetute (Art. 16).

La finalità principale della valutazione funzionale non è quindi quella di ottenere un semplice risultato numerico, ma di trasformare quel dato in un'informazione utile per la programmazione dell'allenamento. Attraverso test specifici, lo staff può individuare punti di forza e carenze individuali, controllare gli adattamenti prodotti dal lavoro svolto e modificare la proposta allenante in base alle esigenze reali delle atlete.

Nel calcio femminile questo approccio assume un valore ancora più rilevante, perché la crescita del movimento ha portato a un aumento delle richieste fisiche e a una maggiore necessità di strumenti di controllo della performance. La letteratura sottolinea infatti l'importanza di utilizzare valutazioni adatte alle caratteristiche delle calciatrici, evitando di trasferire in modo automatico modelli costruiti prevalentemente su popolazioni maschili (Art. 8; Art. 10).

Un altro aspetto importante riguarda il collegamento tra valutazione e monitoraggio. I test funzionali consentono di definire il profilo iniziale dell'atleta, mentre le successive rivalutazioni permettono di osservare se la condizione fisica migliora, rimane stabile o peggiora durante la stagione. In questo senso, la valutazione diventa parte integrante del processo di allenamento, non un momento isolato o puramente descrittivo.

La valutazione funzionale assume un ruolo centrale perché permette di analizzare la relazione tra i risultati ottenuti nei test da campo e le richieste della partita. In particolare, i test intermittenti come lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 e il Fitness Intermittent Test 45-15 vengono utilizzati per indagare la capacità delle giocatrici di sostenere sforzi ripetuti ad alta intensità e di recuperare tra una fase intensa e l'altra (Art. 2; Art. 6). Questa impostazione consente di collegare la valutazione di laboratorio o da campo con ciò che accade realmente durante la competizione.

La valutazione funzionale, quindi, non deve essere interpretata come una procedura separata dalla pratica sportiva, ma come uno strumento di supporto alle decisioni. Se correttamente inserita nella programmazione, permette di rendere l'allenamento più individualizzato, controllare gli effetti del carico e fornire indicazioni utili per migliorare la prestazione.

### **3.2 Test da campo per la valutazione della capacità aerobica**

La capacità aerobica riveste un ruolo enorme nel sostenere le richieste fisiche della gara e dell'allenamento, determinando così le prestazioni del calciatore. Sebbene le azioni decisive siano spesso associate a sprint, accelerazioni o cambi di direzione, la possibilità di ripetere questi gesti nel corso della partita dipende in larga misura dall'efficienza del sistema aerobico, che contribuisce ai processi di recupero tra gli sforzi e al mantenimento della prestazione nel tempo (Art. 10).

Per questo motivo, la valutazione della capacità aerobica occupa un ruolo centrale nella preparazione atletica. Conoscere il livello di efficienza aerobica di una giocatrice permette infatti di programmare con maggiore precisione i carichi di allenamento, monitorare gli adattamenti fisiologici e verificare l'efficacia del lavoro svolto durante la stagione.

Nel corso degli anni sono stati sviluppati numerosi strumenti per valutare questa componente. I test di laboratorio consentono generalmente di ottenere misurazioni molto accurate di parametri fisiologici come il consumo massimo di ossigeno, ma richiedono attrezzature specifiche, personale qualificato e condizioni difficilmente replicabili nella pratica quotidiana di una squadra. Per questo motivo, nel calcio si è progressivamente diffuso l'utilizzo dei test da campo, che permettono di raccogliere informazioni utili direttamente nel contesto sportivo.

Uno degli aspetti più importanti nella scelta di un test riguarda il principio di specificità. Un test risulta tanto più utile quanto più riesce a riprodurre le caratteristiche fisiologiche e motorie richieste dalla disciplina sportiva (Art. 8). Nel calcio, la prestazione non è caratterizzata da una corsa continua a intensità costante, ma da una successione di accelerazioni, rallentamenti, cambi di ritmo e brevi recuperi. Di conseguenza, i test tradizionali di resistenza continua forniscono informazioni solo parziali rispetto alle reali esigenze della competizione (Art. 11).

Per rispondere a questa necessità sono stati sviluppati test intermittenti che prevedono l'alternanza tra fasi di corsa e periodi di recupero. Questa tipologia di valutazione consente di stimare in modo più realistico la capacità dell'atleta di sostenere sforzi ripetuti ad alta intensità, caratteristica particolarmente rilevante nel calcio moderno (Art. 16). Inoltre, tali test mostrano una buona sensibilità nel rilevare gli adattamenti prodotti dall'allenamento e risultano facilmente applicabili anche a gruppi numerosi di giocatrici (Art. 15).

Un ulteriore vantaggio dei test da campo riguarda la loro praticità. La possibilità di eseguire le valutazioni direttamente sul terreno di gioco, utilizzando materiali limitati e procedure relativamente semplici, ne favorisce l'impiego durante l'intera stagione sportiva. Ciò permette allo staff tecnico di effettuare controlli periodici senza interferire in maniera significativa con la programmazione dell'allenamento.

La scelta del test più appropriato deve comunque tenere conto degli obiettivi della valutazione e delle caratteristiche della popolazione analizzata. Nel calcio femminile, ad esempio, è importante utilizzare strumenti in grado di riflettere le specifiche richieste della disciplina e di fornire indicazioni realmente utili per la gestione dell'allenamento. Per questo motivo, negli ultimi anni i test intermittenti hanno assunto un ruolo sempre più importante sia nella ricerca scientifica sia nella pratica applicata.

Tra i protocolli maggiormente utilizzati nel calcio rientrano lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 e il Fitness Intermittent Test 45-15, due strumenti che consentono di valutare la capacità di sostenere esercizi intermittenti progressivamente più impegnativi.

### **3.3 Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1**

Lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Yo-Yo IR1) è uno dei test da campo più utilizzati nel calcio per la valutazione della capacità di sostenere esercizi intermittenti ad alta intensità. La sua diffusione deriva dalla capacità di riprodurre, in maniera più specifica rispetto ai tradizionali test di resistenza continua, le richieste fisiologiche tipiche della partita.

Il test è stato sviluppato per valutare la capacità dell'atleta di eseguire ripetute azioni di corsa intervallate da brevi periodi di recupero, caratteristica particolarmente importante negli sport di squadra e nel calcio in particolare. Per questo motivo viene frequentemente utilizzato sia nell'ambito della ricerca scientifica sia nella pratica applicata per monitorare lo stato di forma e gli adattamenti indotti dall'allenamento (Art. 10; Art. 16).

La distanza totale percorsa rappresenta il principale indicatore ottenuto dal test e fornisce informazioni utili sulla capacità dell'atleta di tollerare e recuperare da sforzi intermittenti progressivamente più impegnativi. Grazie alla sua praticità e alla facilità di somministrazione, lo Yo-Yo IR1 è oggi considerato uno degli strumenti di riferimento per la valutazione funzionale nel calcio.

#### **3.3.1 Struttura e protocollo del test**

Lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 viene eseguito su un percorso lineare di 20 metri delimitato da appositi segnali. L'atleta deve percorrere ripetutamente la distanza di andata e ritorno seguendo una velocità imposta da segnali acustici preregistrati.

Al termine di ogni prova di 40 metri complessivi, viene previsto un recupero attivo di 10 secondi durante il quale l'atleta percorre una distanza di 5 metri per lato prima di ritornare alla linea di partenza (Art. 16). Successivamente inizia una nuova ripetizione a una velocità leggermente superiore rispetto alla precedente.

L'intensità del test aumenta progressivamente fino a quando il soggetto non è più in grado di mantenere il ritmo richiesto. Il test viene interrotto nel momento in cui l'atleta non raggiunge per due volte consecutive la linea prevista entro il tempo stabilito dal segnale acustico.

Il risultato finale viene espresso come distanza totale percorsa, ottenuta sommando tutti i tratti completati prima dell'interruzione della prova. Tale valore costituisce l'indicatore utilizzato per la successiva interpretazione della prestazione e per il confronto tra valutazioni effettuate in momenti diversi della stagione (Art. 10).

La semplicità organizzativa, il ridotto materiale necessario e la possibilità di valutare contemporaneamente più atleti rappresentano alcuni dei principali vantaggi che hanno favorito la diffusione del test nel calcio e negli sport di squadra.

#### **3.3.2 Parametri fisiologici valutati**

Sebbene il risultato finale dello Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 venga espresso semplicemente come distanza totale percorsa, il test fornisce informazioni su diversi aspetti della prestazione fisiologica. La sua interpretazione non si limita quindi alla valutazione della resistenza generale, ma consente di analizzare la capacità dell'atleta di sostenere e recuperare da sforzi intermittenti progressivamente più intensi.

Uno dei principali parametri indirettamente valutati è la capacità aerobica. Numerosi studi hanno evidenziato una relazione significativa tra la prestazione ottenuta nello Yo-Yo IR1 e il consumo massimo di ossigeno ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ), rendendo il test uno strumento utile per stimare l'efficienza del sistema cardiovascolare e la capacità di utilizzare ossigeno durante esercizi prolungati (Articolo 10). Tuttavia, ridurre il significato del test alla sola valutazione aerobica sarebbe limitante.

La natura intermittente del protocollo richiede infatti un continuo alternarsi tra fasi di lavoro e recupero. Per questo motivo, il risultato ottenuto riflette anche l'efficienza dei meccanismi di recupero tra sforzi consecutivi, aspetto particolarmente rilevante nel calcio (Art. 2). Una giocatrice capace di recuperare rapidamente dopo un'azione intensa sarà potenzialmente in grado di mantenere livelli prestativi elevati per periodi più lunghi durante la gara.

Lo Yo-Yo IR1 risulta inoltre influenzato dalla capacità di tollerare elevate richieste metaboliche. Durante le fasi finali del test aumenta progressivamente il contributo anaerobico, con un maggiore coinvolgimento dei processi glicolitici e una crescente produzione di metaboliti associati alla fatica. La distanza percorsa rappresenta quindi il risultato dell'interazione tra efficienza aerobica, tolleranza allo sforzo e capacità di recupero (Art. 5).

Diversi autori hanno inoltre osservato come le variazioni delle prestazioni nello Yo-Yo siano sensibili agli adattamenti prodotti dall'allenamento. Incrementi della distanza percorsa sono stati associati a miglioramenti della funzionalità cardiovascolare, della capacità aerobica e dell'efficienza dei processi di recupero tra esercizi ad alta intensità (Art. 15; Art. 16). In particolare, il miglioramento della prestazione allo Yo-Yo IRTL-1 è stato accompagnato da modificazioni della frequenza cardiaca a riposo e della variabilità della frequenza cardiaca, indicatori compatibili con adattamenti favorevoli del sistema cardiovascolare.

Per queste caratteristiche, il test viene considerato una misura integrata della fitness intermittente, capace di fornire informazioni su più sistemi fisiologici contemporaneamente. Questa peculiarità ne rappresenta uno dei principali punti di forza e ne giustifica l'ampia diffusione nel calcio moderno.

### **3.3.3 Applicazioni nel calcio**

L'utilizzo di questo test nel calcio si è progressivamente diffuso grazie alla sua capacità di fornire informazioni strettamente collegate alle richieste della competizione. Le caratteristiche del protocollo, basato su accelerazioni, rallentamenti, cambi di direzione e brevi recuperi, risultano infatti più vicine alle dinamiche della partita rispetto ai tradizionali test di corsa continua (Art. 8; Art. 11).

Una delle principali applicazioni riguarda la valutazione dello stato di forma delle atlete durante i diversi momenti della stagione. La ripetizione periodica del test consente di monitorare l'evoluzione della capacità aerobica intermittente e verificare l'efficacia dei programmi di allenamento adottati. In questo modo lo staff tecnico può disporre di un indicatore oggettivo utile per orientare le scelte metodologiche e valutare la risposta individuale ai carichi proposti. Lo Yo-Yo IR1 viene frequentemente utilizzato anche durante il periodo pre-campionato, fase nella quale l'obiettivo è costruire una base fisiologica adeguata alle richieste della stagione agonistica. In questo contesto, il confronto tra test effettuati prima e dopo il periodo di preparazione permette di quantificare gli adattamenti ottenuti e verificare l'efficacia del lavoro svolto (Art. 16).

La letteratura mostra inoltre come i risultati ottenuti nello Yo-Yo siano associati alla capacità di sostenere elevati volumi di attività ad alta intensità durante la partita (Art. 10). Le atlete che ottengono prestazioni migliori tendono generalmente a tollerare con maggiore efficacia le richieste intermittenti della gara e a mantenere livelli di prestazione più stabili nel corso dei novanta minuti (Art. 8).

Un ulteriore ambito di applicazione riguarda la ricerca scientifica. Lo Yo-Yo IR1 viene frequentemente utilizzato per confrontare l'efficacia di differenti metodologie di allenamento. Ad esempio, programmi basati su small-sided games, allenamento intervallato ad alta intensità o protocolli di preparazione specifica vengono spesso valutati attraverso le variazioni della distanza percorsa nel test (Art. 15). In questo senso, lo Yo-Yo rappresenta uno strumento particolarmente utile per misurare gli adattamenti prodotti da differenti strategie di allenamento. Nel calcio femminile il test ha assunto una rilevanza crescente parallelamente allo sviluppo del livello competitivo. L'aumento dell'intensità di gioco osservato negli ultimi anni ha reso sempre più importante la capacità di ripetere azioni ad alta intensità e recuperare rapidamente tra uno sforzo e l'altro. Di conseguenza, la valutazione attraverso lo Yo-Yo IR1 è oggi ampiamente utilizzata sia nelle realtà professionistiche sia nei contesti di ricerca dedicati alle calciatrici (Art. 10; Art. 16).

Per queste ragioni, il test viene considerato uno degli strumenti più utili per collegare la valutazione funzionale alle reali richieste della prestazione calcistica, fornendo informazioni applicabili sia alla programmazione dell'allenamento sia al monitoraggio della condizione fisica dell'atleta.

### **3.4 Fitness Intermittent Test 45-15 (FIT 45-15)**

Accanto allo Yo-Yo Intermittent Recovery Test, un altro strumento frequentemente utilizzato nella valutazione funzionale dei calciatori è il Fitness Intermittent Test 45-15 (FIT 45-15). Questo protocollo nasce dall'esigenza di valutare la capacità di sostenere sforzi intermittenti ad elevata intensità attraverso una modalità di esecuzione maggiormente vicina alle richieste tipiche degli sport di squadra.

Il FIT 45-15 rappresenta uno dei test più utilizzati per questo scopo, poiché consente di valutare la tolleranza agli sforzi intermittenti e di ottenere informazioni utili per la prescrizione individualizzata dell'allenamento. La sua applicazione risulta particolarmente interessante nel calcio femminile, dove il monitoraggio delle capacità aerobiche e della capacità di recupero tra azioni ad alta intensità assume un ruolo centrale nella programmazione del lavoro (Art. 15).

Grazie alla sua struttura progressiva e alla forte componente intermittente, il test viene oggi impiegato sia in ambito professionistico sia nei contesti di ricerca scientifica per monitorare gli adattamenti indotti dall'allenamento e verificare l'evoluzione della condizione fisica durante la stagione sportiva (Art. 14; Art. 16).

### **3.4.1 Struttura e protocollo del test**

Il Fitness Intermittent Test 45-15 è un test incrementale da campo progettato per valutare la capacità di sostenere sforzi intermittenti progressivamente più intensi. La struttura del protocollo prevede l'alternanza di 45 secondi di corsa e 15 secondi di recupero passivo, mantenendo quindi un rapporto lavoro-recupero coerente con le richieste tipiche degli sport di squadra.

L'esecuzione avviene su una distanza prestabilita delimitata da coni, mentre la velocità di corsa viene regolata attraverso segnali acustici. Ad ogni livello la velocità aumenta progressivamente fino al raggiungimento dell'esaurimento volontario oppure fino al momento in cui l'atleta non riesce più a mantenere il ritmo imposto dal protocollo.

Rispetto ad altri test incrementali, il FIT 45-15 introduce una componente intermittente che permette di coinvolgere contemporaneamente aspetti aerobici, anaerobici e neuromuscolari. Questa caratteristica risulta particolarmente interessante nel calcio, dove l'alternanza continua tra fasi di elevata intensità e momenti di recupero rappresenta uno degli elementi distintivi della prestazione (Art. 4).

La velocità massima raggiunta al termine del protocollo costituisce il principale indice derivato dal test e può essere utilizzata come riferimento per la programmazione individualizzata dell'allenamento intermittente (Art. 18). Tale approccio permette di adattare con maggiore precisione i carichi di lavoro alle caratteristiche della singola atleta, favorendo una prescrizione più specifica degli stimoli allenanti (Art. 14).

### **3.4.2 Parametri fisiologici valutati**

Sebbene il principale risultato del FIT 45-15 sia rappresentato dalla velocità finale raggiunta, il test consente di ottenere informazioni su numerosi aspetti della funzionalità fisiologica dell'atleta.

Il parametro maggiormente coinvolto è la capacità aerobica, poiché il progressivo incremento dell'intensità richiede un contributo sempre più elevato del metabolismo ossidativo. Allo stesso tempo, la natura intermittente del protocollo permette di valutare indirettamente la capacità di recuperare tra sforzi successivi, aspetto particolarmente rilevante nel calcio moderno.

L'alternanza tra fasi di lavoro e recupero coinvolge inoltre i meccanismi anaerobici, soprattutto nelle fasi finali del test, quando la richiesta energetica aumenta sensibilmente. In queste condizioni diventa fondamentale la capacità dell'atleta di tollerare l'accumulo dei metaboliti prodotti durante l'esercizio intenso e di mantenere elevati livelli di prestazione nonostante l'insorgenza della fatica (Art. 5).

Dal punto di vista cardiovascolare, prestazioni superiori nel FIT 45-15 sono generalmente associate a una maggiore efficienza del trasporto e dell'utilizzo dell'ossigeno. Gli adattamenti osservati nei programmi di allenamento specifici per il calcio, come la riduzione della frequenza cardiaca a riposo e il miglioramento della capacità aerobica, rappresentano alcuni dei fattori che possono influenzare positivamente il risultato del test (Art. 16).

Anche la componente neuromuscolare contribuisce alla prestazione finale. Durante l'esecuzione vengono infatti richieste continue accelerazioni, decelerazioni e cambi di ritmo che richiedono un efficace controllo motorio e una buona capacità di produrre forza in condizioni di affaticamento. Gli adattamenti neuromuscolari possono quindi incidere indirettamente sulla capacità di sostenere le ultime fasi del protocollo (Art. 17).

Per queste ragioni il FIT 45-15 non rappresenta esclusivamente una misura della capacità aerobica, ma una valutazione più ampia dell'efficienza fisica necessaria per sostenere gli sforzi intermittenti tipici del calcio.

### **3.4.3 Applicazioni nel calcio**

Nel calcio, il test viene impiegato principalmente per monitorare la condizione fisica degli atleti e verificare gli adattamenti prodotti dai programmi di allenamento durante la stagione.

Una delle applicazioni più interessanti riguarda la personalizzazione dei carichi di lavoro. La velocità finale raggiunta permette infatti di definire intensità individualizzate per le esercitazioni intermittenti, evitando che atlete con caratteristiche differenti vengano sottoposte allo stesso stimolo allenante. Questo aspetto assume particolare importanza nel calcio femminile, dove possono essere presenti differenze significative tra giocatrici appartenenti allo stesso gruppo squadra.

Il test può essere utilizzato anche per monitorare l'efficacia dei programmi di allenamento. Gli studi che hanno analizzato gli adattamenti derivanti da periodi di preparazione intensificata hanno evidenziato miglioramenti della capacità aerobica e della tolleranza agli sforzi intermittenti in seguito a programmi specifici di allenamento (Art. 14; Art. 16). Analogamente, l'impiego di esercitazioni ad alta intensità e partite a ranghi ridotti ha mostrato effetti positivi sulle capacità fisiche direttamente correlate alla prestazione nei test intermittenti (Articolo 15). Nel contesto applicativo, il FIT 45-15 risulta particolarmente utile nelle fasi di preparazione precampionato, durante il monitoraggio in-season e nei momenti di rivalutazione successivi a specifici periodi di allenamento. La sua semplicità organizzativa e il ridotto numero di strumenti necessari ne facilitano l'utilizzo anche nei contesti dilettantistici e semiprofessionistici.

Un ulteriore vantaggio consiste nella possibilità di ottenere informazioni facilmente trasferibili alla pratica quotidiana. A differenza di alcune valutazioni di laboratorio, i risultati del FIT 45-15 possono essere immediatamente utilizzati per programmare esercitazioni intermittenti e sedute di condizionamento specifiche, favorendo una maggiore integrazione tra valutazione funzionale e pianificazione dell'allenamento (Art. 18).

### **3.5 Validità e affidabilità dei test intermittenti**

La validità e l'affidabilità rappresentano due aspetti chiave nella scelta di un test da campo. Un protocollo di valutazione, infatti, non deve essere soltanto pratico e facilmente applicabile, ma deve anche fornire dati riproducibili e realmente collegati alla capacità fisica che si intende misurare. Nel caso degli sport intermittenti, come il calcio, questo aspetto diventa ancora più importante, perché la prestazione non dipende esclusivamente dalla capacità aerobica generale, ma anche dalla possibilità di ripetere azioni intense e recuperare efficacemente tra uno sforzo e il successivo.

Per questo motivo, i test intermittenti sono stati sviluppati con l'obiettivo di superare alcuni limiti dei protocolli continui tradizionali. Le valutazioni di laboratorio, come i test incrementali su tapis roulant con analisi del consumo di ossigeno, rappresentano ancora un riferimento importante, ma risultano meno specifiche rispetto alla natura del calcio, che prevede cambi di ritmo, pause brevi e continue variazioni di intensità. In questo senso, il test Yo-Yo Intermittent Recovery Level 1 è stato proposto come strumento più vicino alle richieste reali degli sport di squadra, proprio perché valuta la capacità dell'atleta di sostenere esercizio intenso ripetuto con fasi di recupero attivo (Art. 20).

Dal punto di vista dell'affidabilità, uno degli elementi più rilevanti è la capacità del test di fornire risultati simili quando viene ripetuto in condizioni analoghe. La prestazione nel test Yo-Yo IR1 non ha mostrato differenze significative tra test e retest eseguiti a distanza di una settimana, con un coefficiente di variazione pari al 4,9% (Art. 20). Questo dato indica una buona riproducibilità del protocollo e permette di considerare eventuali variazioni più ampie come possibili cambiamenti reali della condizione fisica, e non semplicemente come errore di misurazione.

Oltre alla riproducibilità, un test deve dimostrare anche validità, cioè la capacità di misurare realmente ciò che intende valutare. Da questo punto di vista un'indagine mostra una correlazione significativa tra la prestazione nello Yo-Yo IR1 e la quantità di corsa ad alta intensità eseguita durante la partita (Art. 20). Questo aspetto è centrale, poiché la corsa ad alta intensità viene spesso considerata uno degli indicatori più rappresentativi della prestazione fisica nel calcio.

Un dato interessante riguarda il confronto con le misure di laboratorio. Nello studio di Krstrup e collaboratori, la prestazione nello Yo-Yo IR1 risultava correlata sia con il  $\text{VO}_2\text{max}$  sia con il tempo di esaurimento in un test incrementale su tapis roulant; tuttavia, né il  $\text{VO}_2\text{max}$  né il test incrementale mostravano una relazione altrettanto forte con la corsa ad alta intensità in partita. Questo suggerisce che lo Yo-Yo IR1 possa essere più sensibile rispetto ad alcuni parametri tradizionali nel descrivere la capacità specifica richiesta nel calcio (Art. 20).

Un ulteriore elemento a favore dell'utilizzo dei test intermittenti riguarda la loro sensibilità ai cambiamenti della condizione fisica. Alcune evidenze hanno osservato come i calciatori d'élite hanno migliorato la prestazione nello Yo-Yo IR1 del 25% durante la fase di preparazione stagionale, un incremento nettamente superiore all'errore tipico del test. Ciò significa che il protocollo è in grado di rilevare variazioni significative dello stato di forma e può quindi essere utilizzato nel monitoraggio longitudinale dell'atleta.

Dal punto di vista fisiologico, la validità dello Yo-Yo IR1 è sostenuta anche dalle risposte osservate durante l'esecuzione del test. La frequenza cardiaca raggiunge valori prossimi al massimo, mentre il metabolismo anaerobico viene progressivamente sollecitato nelle fasi finali, come dimostrato dall'aumento del lattato ematico e muscolare. Questo conferma che il test non valuta soltanto la capacità aerobica, ma anche la tolleranza allo sforzo intermittente e la capacità di mantenere prestazione in condizioni di fatica (Art. 20).

Nel calcio, quindi, l'utilizzo di test intermittenti trova giustificazione sia sul piano pratico sia su quello scientifico. Sono protocolli relativamente semplici da somministrare, richiedono poca strumentazione e permettono di valutare più atleti contemporaneamente. Allo stesso tempo, quando supportati da adeguate evidenze di validità e affidabilità, consentono di raccogliere informazioni utili per la programmazione dell'allenamento, il monitoraggio dello stato di forma e la verifica degli adattamenti nel corso della stagione.

Va comunque considerato che nessun test da campo può descrivere in modo completo la complessità della prestazione calcistica. Fattori tecnici, tattici, motivazionali e contestuali possono influenzare sia la prestazione in partita sia l'esito dei test. Per questo motivo, i risultati dello Yo-Yo IR1 e degli altri test intermittenti devono essere interpretati come parte di una valutazione più ampia, integrata con altri indicatori fisiologici, prestativi e di carico.

### **3.6 Analisi comparativa tra test intermittenti**

Pur avendo finalità simili, lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 e il FIT 45-15, sono due protocolli che si differenziano per struttura, modalità di esecuzione e tipologia di informazioni che possono fornire all'allenatore e al preparatore atletico.

Lo Yo-Yo IR1 si basa su ripetute corse a navetta di 20 metri intervallate da brevi recuperi attivi e nasce con l'obiettivo di valutare la capacità dell'atleta di sostenere e recuperare da sforzi intermittenti ad alta intensità. Come già discusso in precedenza, è stato evidenziato come la distanza percorsa nel test sia associata alla quantità di corsa ad alta intensità effettuata durante la gara, mostrando inoltre relazioni significative con il consumo massimo di ossigeno e con altri indicatori della prestazione fisica (Art. 20). Per questo motivo il test viene considerato uno degli strumenti più utilizzati per la valutazione della fitness intermittente specifica del calciatore.

Il FIT 45-15 presenta invece un'organizzazione diversa, caratterizzata da fasi di lavoro di 45 secondi alternate a 15 secondi di recupero. Il risultato finale non è rappresentato dalla distanza percorsa, ma dalla velocità massima raggiunta al termine del protocollo. Questo aspetto rende il test particolarmente interessante dal punto di vista applicativo, poiché la velocità ottenuta può essere utilizzata direttamente per impostare esercitazioni intermittenti individualizzate. Alcuni studi hanno riportato come i protocolli intermittenti basati sulla velocità finale raggiunta mostrino elevati livelli di affidabilità e possano rappresentare un valido supporto nella programmazione dell'allenamento delle calciatrici di alto livello (Art. 22).

Le differenze tra i due test emergono soprattutto nell'utilizzo pratico dei risultati. Lo Yo-Yo IR1 permette di ottenere informazioni strettamente legate alla capacità di sostenere azioni intense ripetute nel tempo, mentre il FIT 45-15 fornisce un parametro facilmente trasferibile alla pianificazione dell'allenamento. In entrambi i casi il contributo aerobico risulta determinante, ma la diversa organizzazione delle fasi di lavoro e recupero porta ad una sollecitazione non completamente sovrapponibile delle componenti metaboliche e neuromuscolari.

Un ulteriore elemento riguarda l'interpretazione dei dati ottenuti. Nel caso dello Yo-Yo IR1 l'attenzione è rivolta principalmente alla distanza totale percorsa e alla capacità di recupero intermittente dell'atleta. Nel FIT 45-15, invece, l'interesse si concentra soprattutto sulla velocità finale raggiunta, parametro che può essere utilizzato come riferimento per la definizione delle intensità di allenamento. I due protocolli, quindi, non forniscono la stessa informazione, ma permettono di osservare aspetti differenti della prestazione.

Per questo motivo possono essere considerati strumenti complementari più che alternativi. Lo Yo-Yo IR1 consente di valutare in modo efficace la tolleranza agli sforzi intermittenti tipici della gara, mentre il FIT 45-15 offre indicazioni particolarmente utili per la programmazione e l'individualizzazione del lavoro sul campo (Art. 22). L'utilizzo combinato dei due test permette pertanto di ottenere un quadro più completo delle capacità funzionali dell'atleta e delle sue potenziali applicazioni nel processo di allenamento (Art. 22).

## **Capitolo 4**

# **MONITORAGGIO DEL CARICO DI ALLENAMENTO E DI GARA**

### **4.1 Definizione di carico interno ed esterno**

Nel calcio moderno il controllo del carico di allenamento e di gara rappresenta uno degli aspetti principali per gestire la preparazione dell'atleta. Non basta più sapere quanto un giocatore si allena o quanti minuti disputa in partita, perché lo stesso lavoro può produrre risposte molto diverse in base al livello di condizione, al ruolo, allo stato di recupero e al momento della stagione. Per questo motivo, nella letteratura più recente viene fatta una distinzione tra carico esterno e carico interno, due componenti diverse ma strettamente collegate tra loro.

Il carico esterno indica il lavoro realmente svolto dall'atleta durante una seduta o una partita. Nel calcio può essere descritto attraverso variabili come distanza totale percorsa, distanze coperte a diverse velocità, numero di sprint, accelerazioni, decelerazioni, cambi di direzione e velocità massima raggiunta (Art. 11). Questi parametri permettono di quantificare in maniera oggettiva ciò che il giocatore esegue sul campo e sono diventati sempre più utilizzati grazie alla diffusione dei sistemi GPS e dei dispositivi di monitoraggio indossabili (Art. 10).

Il carico interno, invece, riguarda la risposta dell'organismo allo stimolo ricevuto. A parità di carico esterno, due atleti possono mostrare livelli differenti di fatica, stress cardiovascolare o percezione dello sforzo. Proprio per questo, accanto ai dati meccanici e locomotori, vengono spesso utilizzati indicatori come la frequenza cardiaca, il TRIMP, la percezione soggettiva dello sforzo e il carico percepito della seduta. Ad esempio, durante la preparazione pre-stagionale, il carico accumulato viene analizzato utilizzando sia misure interne, come TRIMP e training load, sia misure esterne, come distanza totale, sprint, accelerazioni e decelerazioni (Art. 16).

Questa distinzione è importante perché il carico esterno descrive “quanto” lavoro viene svolto, mentre il carico interno aiuta a capire “come” l'atleta reagisce a quel lavoro. Un giocatore può coprire una distanza elevata senza mostrare una risposta interna eccessiva, oppure può percepire come molto impegnativa una seduta apparentemente moderata, magari per effetto della fatica accumulata o di un recupero incompleto. In questo senso, l'interpretazione del carico richiede sempre una lettura integrata dei dati, evitando di considerare un singolo parametro come sufficiente per descrivere l'intero processo allenante.

Nel calcio questa integrazione assume un valore ancora maggiore per la natura intermittente della prestazione. La gara alterna fasi a bassa intensità ad azioni molto intense, come sprint, accelerazioni e cambi di direzione, che incidono in modo importante sia sul carico meccanico sia sulla risposta fisiologica dell'atleta (Art. 10). Di conseguenza, la gestione del carico non può limitarsi alla distanza totale percorsa, ma deve includere anche quelle variabili che descrivono meglio le fasi più intense e decisive del gioco.

Un esempio pratico riguarda la differenza tra giocatori titolari e non titolari. In alcune evidenze viene evidenziato come il carico settimanale percepito sia maggiore nei giocatori che disputano la partita, mentre le sedute compensative svolte dai non titolari non sempre riescono a riprodurre lo stesso livello di sollecitazione (Art. 18). Questo aspetto è particolarmente rilevante nella programmazione, perché una gestione non equilibrata può portare alcuni atleti ad accumulare fatica e altri, al contrario, a ricevere uno stimolo insufficiente rispetto alle richieste della competizione.

Il monitoraggio del carico interno ed esterno permette quindi di controllare meglio il rapporto tra allenamento, recupero e prestazione. L'obiettivo non è semplicemente raccogliere dati, ma utilizzarli per comprendere se lo stimolo proposto è coerente con le richieste della gara e con le condizioni individuali dell'atleta. In questa prospettiva, il monitoraggio diventa uno strumento di supporto alla programmazione, utile per adattare i carichi, prevenire situazioni di sovraccarico e rendere il lavoro sul campo più specifico e controllato (Art. 11; Art. 16).

## **4.2 Tecnologie per il monitoraggio della performance**

L'evoluzione tecnologica degli ultimi anni ha modificato profondamente le modalità con cui vengono monitorati allenamento e competizione nel calcio. Se in passato la valutazione della prestazione era basata prevalentemente sull'osservazione diretta dell'allenatore e su parametri descrittivi generali, oggi è possibile raccogliere una grande quantità di informazioni oggettive riguardanti sia il lavoro svolto dall'atleta sia le risposte fisiologiche associate allo sforzo (Art. 11).

L'utilizzo di strumenti di monitoraggio nasce dall'esigenza di comprendere con maggiore precisione le richieste della disciplina e di verificare se i carichi proposti durante l'allenamento siano coerenti con quelli richiesti dalla competizione (Art. 18). In questo modo il processo di programmazione può essere supportato da dati quantitativi che consentono di valutare l'efficacia degli stimoli allenanti e di seguire nel tempo l'evoluzione della condizione fisica dell'atleta (Art. 16).

Le tecnologie maggiormente utilizzate nel calcio possono essere suddivise in strumenti destinati al monitoraggio del carico esterno e strumenti rivolti alla valutazione del carico interno. Tra i primi rientrano i sistemi GPS, i local positioning systems (LPS), gli accelerometri triassiali, i giroscopi e i magnetometri integrati nei dispositivi indossabili. Questi strumenti permettono di quantificare variabili locomotorie e meccaniche come distanza percorsa, velocità di corsa, accelerazioni, decelerazioni e cambi di direzione (Art. 11).

Per quanto riguarda il carico interno, vengono frequentemente utilizzati il monitoraggio della frequenza cardiaca, la percezione soggettiva dello sforzo (RPE) e le metodologie derivate, come la session-RPE, che consentono di stimare il livello di stress fisiologico e percettivo associato all'attività svolta. L'integrazione tra queste informazioni permette di ottenere una visione più completa della risposta individuale all'allenamento, evidenziando eventuali differenze tra atleti sottoposti allo stesso stimolo esterno (Art. 16; Art. 18).

Parallelamente si sono sviluppati sistemi di analisi video e software dedicati alla match analysis, in grado di registrare e analizzare automaticamente numerose variabili tecniche, tattiche e fisiche (Art. 13). Attraverso queste tecnologie è possibile descrivere in maniera dettagliata il comportamento dei giocatori durante la gara, individuando pattern di movimento, richieste specifiche del ruolo e variazioni prestative legate al livello competitivo.

Nel calcio femminile tali strumenti hanno assunto un'importanza crescente negli ultimi anni. L'aumento della professionalizzazione e delle richieste fisiche della disciplina ha infatti reso necessario un monitoraggio sempre più accurato dei carichi di allenamento e di gara, con l'obiettivo di ottimizzare la prestazione e supportare i processi di prevenzione degli infortuni (Art. 8; Art. 10).

L'utilizzo delle tecnologie di monitoraggio non deve tuttavia essere interpretato come una semplice raccolta di dati. Il valore di queste informazioni dipende dalla capacità di integrarle all'interno del processo decisionale dell'allenatore e dello staff, trasformando i dati numerici in indicazioni utili per la programmazione dell'allenamento (Art. 16).

In questa prospettiva, il monitoraggio rappresenta uno strumento di supporto alla prestazione, finalizzato a migliorare la conoscenza delle richieste della disciplina e delle caratteristiche individuali delle atlete (Art. 11).

Tra le diverse tecnologie attualmente disponibili, i sistemi GPS rappresentano oggi uno degli strumenti più utilizzati nel calcio per la quantificazione del carico esterno e per l'analisi delle richieste locomotorie della prestazione.

### **4.3 Utilizzo dei sistemi GPS nella quantificazione della prestazione**

L'utilizzo dei sistemi GPS ha assunto un ruolo sempre più importante nel calcio, soprattutto per la possibilità di quantificare in modo oggettivo il carico esterno sostenuto dagli atleti durante allenamenti e partite. Questi dati permettono allo staff tecnico di descrivere con maggiore precisione ciò che accade sul campo, superando i limiti di una valutazione basata soltanto sull'osservazione diretta (Art. 23).

Nel calcio, dove la prestazione è caratterizzata da continue variazioni di intensità, l'uso del GPS consente di analizzare in maniera più dettagliata le richieste locomotorie della gara e dell'allenamento. Questo aspetto è particolarmente utile perché non tutte le sedute producono lo stesso tipo di carico e non tutti gli atleti rispondono allo stesso modo agli stimoli proposti. Il monitoraggio permette quindi di confrontare il lavoro svolto dai singoli giocatori, valutare la coerenza tra allenamento e competizione e gestire meglio la distribuzione dei carichi nel corso della stagione.

Nel calcio femminile, l'impiego di questi strumenti ha contribuito ad ampliare le conoscenze sulle richieste fisiche della partita, evidenziando l'importanza di parametri come la corsa ad alta intensità, la velocità massima e le azioni intermittenti ripetute (Art. 10). La progressiva crescita del livello competitivo rende infatti sempre più importante disporre di dati oggettivi per programmare l'allenamento in modo coerente con le richieste reali della gara (Art. 8; Art. 13).

I GPS non devono però essere considerati strumenti privi di limiti. La qualità del dato dipende da diversi fattori, tra cui la frequenza di campionamento, il numero e la posizione dei satelliti, il tipo di movimento analizzato e la variabile presa in considerazione. Per questo motivo, prima di utilizzare questi dati nella programmazione dell'allenamento, è necessario comprenderne il funzionamento e soprattutto conoscere il loro grado di validità e affidabilità (Art. 23).

#### **4.3.1 Principi di funzionamento**

Il GPS, acronimo di Global Positioning System, è un sistema di localizzazione satellitare che consente di determinare la posizione di un ricevitore attraverso i segnali inviati da satelliti in orbita attorno alla Terra. In ambito sportivo, il dispositivo viene solitamente indossato dall'atleta tramite una pettorina posizionata nella parte alta del dorso, in modo da permettere la raccolta dei dati durante l'attività sul campo.

Il funzionamento del sistema si basa sulla comunicazione tra il ricevitore GPS e i satelliti disponibili. Il dispositivo calcola la propria posizione confrontando il tempo impiegato dal segnale satellitare per raggiungere il ricevitore (Art. 23). Per ottenere una stima accurata della posizione sono necessari almeno quattro satelliti, ma la precisione della misurazione migliora quando il numero di satelliti disponibili è maggiore e la loro distribuzione nello spazio è più favorevole.

Una volta definita la posizione dell'atleta nel tempo, il sistema è in grado di ricavare diverse informazioni legate al movimento. Tra queste rientrano la distanza percorsa, la velocità istantanea, la velocità massima, il tempo trascorso in determinate zone di velocità, le accelerazioni e le decelerazioni. In molti dispositivi moderni la velocità viene stimata anche attraverso il principio del Doppler shift, cioè analizzando la variazione della frequenza del segnale satellitare in relazione al movimento del ricevitore (Art. 23).

Un elemento importante riguarda la frequenza di campionamento, cioè il numero di rilevazioni effettuate dal dispositivo in un secondo. I primi sistemi utilizzati nello sport lavoravano a 1 Hz, mentre successivamente sono stati introdotti dispositivi a 5 Hz, 10 Hz e 15 Hz. In generale, una frequenza di campionamento maggiore dovrebbe consentire una lettura più dettagliata del movimento, soprattutto negli sport di squadra, dove sono frequenti variazioni di velocità, cambi di direzione e azioni brevi ad alta intensità. Tuttavia, l'aumento della frequenza non garantisce automaticamente una maggiore accuratezza del dato, come dimostrato dal confronto tra dispositivi a 10 Hz e 15 Hz (Art. 23).

I dispositivi GPS più recenti integrano anche accelerometri triassiali, giroscopi e magnetometri. Gli accelerometri permettono di registrare le accelerazioni sui tre assi di movimento e vengono utilizzati per stimare variabili come player load, body load e impatti. Queste informazioni possono completare i dati satellitari, soprattutto perché non dipendono direttamente dalla ricezione del segnale GPS. In questo modo è possibile ottenere una descrizione più ampia del carico meccanico sostenuto dall'atleta, anche se l'interpretazione di questi parametri richiede cautela (Art. 23).

Dal punto di vista pratico, il principale vantaggio del GPS è la possibilità di monitorare contemporaneamente più atleti durante una seduta o una partita, ottenendo dati in tempi molto più rapidi rispetto ad altre metodiche, come l'analisi video tradizionale. Questo rende il sistema particolarmente utile nel contesto degli sport di squadra, dove lo staff deve controllare il lavoro svolto da un intero gruppo e non soltanto da un singolo atleta (Art. 11).

L'efficacia di questi strumenti dipende però anche dalle condizioni di utilizzo. La presenza di stadi, edifici, coperture, ostacoli ambientali o una cattiva distribuzione dei satelliti può ridurre la qualità del segnale e aumentare l'errore di misura. Per questo motivo, l'utilizzo dei GPS richiede procedure il più possibile standardizzate, come l'accensione anticipata del dispositivo prima della seduta, l'uso dello stesso dispositivo per lo stesso atleta e una lettura critica dei dati raccolti (Art. 23).

#### **4.3.2 Affidabilità e validità dei sistemi GPS**

Per poter utilizzare correttamente i dati GPS nella programmazione dell'allenamento è necessario considerare due aspetti fondamentali: la validità e l'affidabilità dello strumento. La validità indica la capacità del dispositivo di misurare realmente ciò che intende misurare, mentre l'affidabilità riguarda la capacità di fornire risultati stabili e riproducibili in misurazioni ripetute (Art. 23). Nel monitoraggio sportivo questi due aspetti sono centrali, perché i dati raccolti vengono spesso utilizzati per modificare carichi di lavoro, valutare lo stato dell'atleta e confrontare sedute o partite differenti.

La letteratura mostra che i GPS sono generalmente validi e affidabili nella misurazione della distanza totale percorsa durante attività tipiche degli sport di squadra. Questo dato risulta abbastanza stabile soprattutto quando si analizzano movimenti complessivi e circuiti che riproducono situazioni simili alla partita. Le difficoltà maggiori emergono invece quando si valutano azioni brevi, ad alta intensità, con accelerazioni, decelerazioni o cambi di direzione ravvicinati (Art. 23).

I dispositivi a 1 Hz e 5 Hz hanno mostrato limiti più evidenti nella misurazione della corsa ad alta intensità, della velocità e degli spostamenti brevi lineari o con cambi di direzione. Questi strumenti possono essere utili per descrivere la distanza totale, ma risultano meno precisi quando si analizzano le componenti più rapide e intermittenti della prestazione. Nel calcio questo aspetto è rilevante, perché molte azioni decisive avvengono proprio in spazi ridotti e con variazioni improvvise di velocità (Art. 10).

I dispositivi a 10 Hz sembrano attualmente rappresentare la soluzione più valida e affidabile per il monitoraggio negli sport di squadra. Secondo alcuni studi, i GPS a 10 Hz superano molte delle limitazioni osservate nei dispositivi a 1 Hz e 5 Hz, soprattutto nella misurazione di distanze brevi, movimenti ad alta velocità e circuiti che simulano le richieste degli sport intermittenti. Il passaggio ai 15 Hz, invece, non sembra offrire un vantaggio chiaro e in alcuni casi non migliora la qualità della misurazione rispetto ai dispositivi a 10 Hz.

Un altro aspetto importante riguarda la distinzione tra affidabilità intra-unità e inter-unità. L'affidabilità intra-unità indica la capacità dello stesso dispositivo di fornire misurazioni coerenti nel tempo, mentre l'affidabilità inter-unità riguarda la possibilità di confrontare dati raccolti da dispositivi diversi. In ambito pratico, l'affidabilità intra-unità risulta spesso migliore rispetto a quella inter-unità, motivo per cui viene considerata buona norma far indossare allo stesso atleta sempre lo stesso dispositivo quando si vogliono confrontare sedute o partite diverse (Art. 23).

Le accelerazioni e le decelerazioni rappresentano invece una delle aree più delicate. Sebbene siano variabili molto importanti per descrivere il carico meccanico nel calcio, la loro misurazione tramite GPS può presentare errori maggiori rispetto alla distanza totale o alla velocità. In una ricerca si evidenzia infatti che le accelerazioni e soprattutto le decelerazioni ad alta intensità devono essere interpretate con cautela, perché il margine di errore può aumentare quando i movimenti sono brevi, rapidi e caratterizzati da continue variazioni di direzione.

Anche i dati derivati dagli accelerometri integrati nei dispositivi GPS richiedono attenzione. Variabili come player load e body load possono offrire informazioni utili sul carico meccanico complessivo, ma non sempre presentano lo stesso livello di validità dei parametri più tradizionali (Art. 23). Gli accelerometri sembrano mostrare buoni livelli di affidabilità, ma la validità di alcune misure, soprattutto in condizioni controllate, appare meno solida. Per questo motivo tali parametri possono essere utilizzati come supporto, ma non dovrebbero essere interpretati isolatamente.

Nel contesto calcistico, il dato GPS deve quindi essere letto in modo critico e contestualizzato. La distanza totale percorsa è generalmente un parametro più stabile, mentre variabili come high speed running, very high speed running, accelerazioni e decelerazioni possono essere più sensibili all'errore di misura. Questo non significa che tali dati non siano utili, ma che devono essere interpretati considerando i limiti dello strumento e il tipo di dispositivo utilizzato (Art. 11).

Per questi motivi, l'impiego dei GPS nel calcio richiede una procedura metodologica coerente: utilizzare dispositivi con adeguata frequenza di campionamento, mantenere lo stesso dispositivo per lo stesso atleta quando possibile, controllare le condizioni di acquisizione del segnale e interpretare i dati insieme ad altre informazioni, come carico interno, percezione dello sforzo e contesto della seduta. Solo in questo modo il monitoraggio può diventare realmente utile per la gestione del carico e per la programmazione dell'allenamento (Art. 16; Art. 18).

## **4.4 Parametri di carico esterno nel calcio**

Nel calcio, il carico esterno viene descritto attraverso una serie di variabili che permettono di quantificare il lavoro svolto dall'atleta durante allenamenti e partite. Questi parametri riguardano principalmente gli spostamenti sul campo, le velocità raggiunte, le azioni ad alta intensità e le variazioni rapide di movimento. L'obiettivo non è soltanto sapere quanto un giocatore corre, ma comprendere in che modo quel lavoro viene distribuito e quali richieste fisiche caratterizzano realmente la prestazione (Art. 10; Art. 11).

Tra le variabili più utilizzate rientrano la distanza totale percorsa, la distanza coperta ad alta velocità, la distanza percorsa a velocità molto elevata, il numero di sprint, le accelerazioni e le decelerazioni. Ognuno di questi parametri fornisce informazioni differenti e, se interpretato singolarmente, rischia di descrivere solo una parte della prestazione (Art. 13). Per questo motivo, nella match analysis moderna si tende ad utilizzare una combinazione di indicatori, in modo da ottenere una lettura più completa del carico sostenuto dall'atleta.

Nel calcio femminile, lo studio di questi parametri ha assunto un'importanza crescente, perché l'aumento del livello competitivo ha portato ad una maggiore attenzione verso le richieste fisiche della gara. La letteratura evidenzia come le calciatrici siano chiamate a sostenere volumi importanti di corsa, alternando fasi a bassa intensità ad azioni brevi e intense, spesso decisive per lo sviluppo del gioco (Art. 8; Art. 10). Questo rende necessario analizzare non solo il volume complessivo del lavoro, ma anche la qualità e l'intensità delle azioni svolte.

Un aspetto da considerare riguarda la variabilità dei parametri in base al ruolo, al livello competitivo e al contesto della gara. Le richieste fisiche non sono infatti identiche per tutte le giocatrici: alcune posizioni richiedono maggiori volumi di corsa, altre un numero più elevato di accelerazioni, decelerazioni o azioni ad alta velocità (Art. 13). Per questo motivo, l'interpretazione del carico esterno deve sempre essere collegata al contesto tattico e al ruolo ricoperto in campo (Art. 10).

L'analisi dei parametri di carico esterno permette quindi di rendere più specifica la programmazione dell'allenamento, confrontando ciò che viene richiesto in partita con ciò che viene proposto nelle sedute. Questo passaggio è particolarmente importante perché allenare soltanto il volume totale di corsa non è sufficiente per riprodurre le richieste della competizione, soprattutto in uno sport intermittente come il calcio (Art. 11; Art. 16).

#### **4.4.1 Distanza totale**

La distanza totale rappresenta uno dei parametri più semplici e utilizzati per descrivere il carico esterno nel calcio. Essa indica il volume complessivo di metri percorsi da un'atleta durante una partita o una seduta di allenamento e fornisce una prima informazione sulla quantità generale di lavoro svolto. Proprio per la sua semplicità, è spesso uno dei primi dati considerati nell'analisi della prestazione.

La distanza totale percorsa durante una partita risulta generalmente elevata e conferma la necessità di possedere una buona base aerobica per sostenere l'intera durata della gara. Evidenze scientifiche riportano come le calciatrici di alto livello possano coprire circa 10 km durante una partita, anche se il valore può variare in base al ruolo, al livello competitivo e alle caratteristiche tattiche della squadra (Art. 10). Questo dato conferma l'importanza della componente aerobica, ma non deve essere interpretato come unico indicatore della prestazione. Il limite principale della distanza totale è infatti quello di non distinguere tra le diverse intensità di corsa. Due atlete possono percorrere la stessa distanza complessiva, ma con distribuzioni completamente diverse: una può accumulare molti metri a bassa intensità, mentre un'altra può svolgere un maggior numero di azioni ad alta velocità o cambi di ritmo. Per questo motivo, la distanza totale è utile per descrivere il volume complessivo del carico, ma deve essere integrata con altri parametri più specifici (Art. 11).

Dal punto di vista dell'allenamento, questo parametro può comunque fornire indicazioni importanti sulla gestione settimanale del lavoro. La distanza totale viene utilizzata insieme ad altre variabili GPS per monitorare il carico esterno durante il periodo di preparazione pre-stagionale, permettendo di osservare come cambiano le richieste fisiche nel corso delle sedute (Art. 16). In questo senso, la distanza totale può essere utile per controllare il volume del lavoro, soprattutto se confrontata con le risposte interne dell'atleta.

La distanza totale assume quindi valore soprattutto quando viene letta insieme ad altri indicatori. Da sola non permette di comprendere pienamente l'intensità della prestazione, ma rappresenta una base utile per interpretare il carico complessivo e per confrontare allenamenti, partite e periodi differenti della stagione.

#### **4.4.2 High speed running**

La high speed running rappresenta la quota di distanza percorsa al di sopra di una determinata soglia di velocità. Si tratta di un parametro particolarmente importante nel calcio, perché consente di descrivere meglio le fasi più intense della prestazione rispetto alla sola distanza totale. Le azioni ad alta velocità sono spesso collegate a momenti decisivi del gioco, come smarcamenti, recuperi difensivi, transizioni offensive e coperture in ampiezza.

Uno degli aspetti più delicati riguarda la definizione della soglia utilizzata per identificare la corsa ad alta velocità. In letteratura non esiste un valore unico e valido per tutti gli studi: alcune ricerche utilizzano soglie assolute, mentre altre propongono classificazioni differenti in base alla popolazione analizzata, al sesso, al livello competitivo o alle caratteristiche individuali degli atleti (Art. 10; Art. 21). Questa variabilità rende necessario interpretare i dati con attenzione, soprattutto quando si confrontano studi diversi.

Nel calcio femminile, la high speed running è uno dei parametri maggiormente utilizzati per descrivere le richieste fisiche della partita. Si evidenzia come una parte rilevante della prestazione delle calciatrici sia costituita da corsa ad alta intensità, pur rappresentando una percentuale inferiore rispetto alla distanza totale (Art. 10). Questo conferma che, anche se il volume complessivo di corsa è importante, la capacità di sostenere tratti ad alta velocità ha un ruolo centrale nella prestazione.

La high speed running può essere utile anche per valutare la specificità dell'allenamento. Se una seduta produce una quantità molto bassa di corsa ad alta velocità rispetto alla partita, può non essere sufficiente per preparare l'atleta alle richieste reali della competizione.

Al contrario, un'eccessiva esposizione a questo tipo di lavoro, soprattutto in periodi ravvicinati alla gara, può aumentare il carico complessivo e richiedere una gestione più attenta del recupero (Art. 16; Art. 18).

Dal punto di vista metodologico, è importante ricordare che la misurazione della high speed running può essere influenzata dal dispositivo utilizzato e dalle soglie impostate nel software di analisi. Le variabili ad alta intensità sono più sensibili all'errore rispetto alla distanza totale, soprattutto nei dispositivi con frequenze di campionamento più basse. Per questo motivo, il dato deve essere considerato utile, ma sempre interpretato insieme al contesto e alle caratteristiche dello strumento utilizzato.

#### **4.4.3 Very high speed running**

La very high speed running rappresenta una componente ancora più intensa del carico esterno e comprende le distanze percorse a velocità molto elevate. Rispetto alla high speed running, questo parametro identifica azioni meno frequenti ma potenzialmente molto rilevanti, perché associate a momenti di massima espressione della velocità, come sprint prolungati, attacchi alla profondità, ripiegamenti difensivi rapidi o transizioni in campo aperto.

Nel calcio, la distanza percorsa a velocità molto elevata è generalmente inferiore rispetto alla distanza totale e alla high speed running, ma il suo impatto sulla prestazione può essere importante. Le azioni svolte a velocità molto alta richiedono infatti una combinazione di capacità aerobica, potenza neuromuscolare, efficienza tecnica e capacità di recupero tra sforzi ripetuti. Nel calcio femminile, l'analisi di queste variabili è particolarmente utile per comprendere il livello di esposizione delle atlete agli stimoli più intensi della gara (Art. 10; Art. 13).

Anche in questo caso, uno dei problemi principali riguarda la scelta delle soglie di velocità. Gli studi non utilizzano sempre gli stessi limiti per definire la very high speed running e questo può rendere difficile il confronto diretto tra ricerche diverse. In alcune ricerche le richieste locomotorie vengono suddivise in zone di velocità, distinguendo tra fasce moderate, alte e molto alte, proprio per descrivere in modo più preciso il profilo di lavoro degli atleti. Questa impostazione mostra quanto sia importante specificare sempre le soglie utilizzate quando si interpretano i dati.

Dal punto di vista dell'allenamento, la very high speed running rappresenta un parametro utile per controllare l'esposizione dell'atleta agli stimoli di velocità elevata. Una quantità troppo bassa di lavoro a queste intensità può non preparare adeguatamente alle richieste della partita, mentre un aumento improvviso può rappresentare un fattore di rischio se non viene gestito in modo progressivo. Per questo motivo, il monitoraggio della very high speed running può aiutare lo staff a distribuire meglio gli stimoli più intensi nel corso della settimana (Art. 16; Art. 18).

La misurazione di questa variabile richiede però particolare cautela. L'affidabilità dei GPS può ridursi nelle azioni ad alta e altissima velocità, soprattutto quando si confrontano dispositivi diversi o quando si analizzano sprint brevi con cambi di direzione (Art. 23). Per questo motivo, la very high speed running deve essere considerata un parametro molto utile, ma non sempre stabile quanto la distanza totale. La sua interpretazione dovrebbe quindi basarsi su un monitoraggio ripetuto nel tempo e su procedure di raccolta dati il più possibile costanti.

#### **4.4.4 Accelerazioni e decelerazioni**

A differenza della distanza totale e delle distanze percorse a diverse velocità, queste due variabili permettono di analizzare le variazioni rapide del movimento, cioè la capacità dell'atleta di aumentare o ridurre la velocità in tempi brevi. Nel calcio, dove le azioni sono spesso brevi, intermittenti e legate a continui cambi di direzione, accelerazioni e decelerazioni assumono un ruolo particolarmente rilevante (Art. 10; Art. 11).

L'accelerazione indica l'aumento della velocità nel tempo e si verifica, ad esempio, nelle partenze, negli smarcamenti, negli inserimenti offensivi o nelle azioni di pressing. La decelerazione, invece, rappresenta la riduzione rapida della velocità ed è presente nelle frenate, nei cambi di direzione, negli arresti improvvisi e nelle situazioni difensive. Entrambe contribuiscono in modo importante al carico meccanico dell'atleta, anche quando non sono accompagnate da grandi distanze percorse ad alta velocità.

Questo aspetto è particolarmente importante perché molte esercitazioni calcistiche, soprattutto quelle svolte in spazi ridotti, possono generare un numero elevato di accelerazioni e decelerazioni pur senza produrre grandi volumi di high speed running. Di conseguenza, una seduta apparentemente poco intensa se valutata solo attraverso la distanza totale può risultare molto impegnativa dal punto di vista neuromuscolare e meccanico. Un'indagine evidenzia proprio come le diverse tipologie di esercitazioni possano produrre profili di carico differenti, con alcune attività più orientate alle accelerazioni e decelerazioni e altre più vicine alle richieste di corsa ad alta velocità della gara.

Nel calcio femminile, accelerazioni e decelerazioni sono particolarmente utili per comprendere la natura intermittente della prestazione. Le calciatrici devono infatti ripetere numerose azioni brevi ad alta intensità, spesso in condizioni di pressione tattica e con tempi di recupero ridotti. Per questo motivo, tali parametri possono contribuire a descrivere meglio il carico reale della partita rispetto alla sola distanza percorsa (Art. 10; Art. 13).

Dal punto di vista metodologico, accelerazioni e decelerazioni sono però tra le variabili più delicate da interpretare. La loro misurazione può presentare errori maggiori rispetto ad altri parametri GPS, soprattutto quando le azioni sono molto brevi, intense e caratterizzate da cambi di direzione (Art. 23). Inoltre, le differenze tra dispositivi possono rendere meno stabile il confronto tra atleti o tra sedute, motivo per cui è preferibile utilizzare sempre lo stesso dispositivo per lo stesso soggetto quando si vuole monitorare l'evoluzione del carico nel tempo. Nonostante questi limiti, accelerazioni e decelerazioni rappresentano indicatori molto utili nella programmazione dell'allenamento. Il loro monitoraggio consente di valutare il carico meccanico prodotto dalle esercitazioni, controllare la distribuzione degli stimoli neuromuscolari e comprendere meglio le richieste specifiche delle diverse sedute. Se integrate con distanza totale, high speed running e dati di carico interno, queste variabili permettono una lettura più completa del lavoro svolto dall'atleta (Art. 16; Art. 18).

## **4.5 Analisi delle richieste fisiche della partita**

Comprendere quali siano le reali esigenze della gara consente di programmare l'allenamento in modo più specifico, di interpretare correttamente i dati raccolti durante il monitoraggio e di costruire esercitazioni coerenti con le richieste della competizione (Art. 11).

Nel calcio moderno, la prestazione non può essere descritta esclusivamente attraverso la distanza percorsa o il tempo di gioco. La partita è caratterizzata da una continua alternanza di azioni a diversa intensità, nelle quali momenti di recupero attivo si alternano a sprint, accelerazioni, decelerazioni, cambi di direzione e fasi di elevato coinvolgimento tecnico-tattico. Questa natura intermittente rende necessario analizzare contemporaneamente diverse variabili, in modo da ottenere una rappresentazione più completa delle richieste fisiche della gara (Art. 10).

L'introduzione dei sistemi GPS ha modificato profondamente il modo di studiare la prestazione. Questo approccio ha permesso di evidenziare come gran parte delle azioni determinanti nel calcio non dipendano soltanto dal volume di corsa, ma soprattutto dalla capacità di produrre e ripetere sforzi ad elevata intensità nel corso della gara (Art. 11; Art. 23).

Nel calcio femminile, l'aumento del livello competitivo osservato negli ultimi anni ha determinato una progressiva crescita delle richieste fisiche della partita. Le calciatrici sono chiamate a sostenere volumi elevati di corsa, ma soprattutto a gestire frequenti variazioni di intensità che richiedono una combinazione di capacità aerobiche, neuromuscolari e anaerobiche (Art. 8). In questo contesto, la semplice osservazione della distanza totale percorsa non risulta sufficiente per comprendere le reali richieste della gara.

Le richieste fisiche risultano inoltre influenzate da numerosi fattori. Il ruolo ricoperto in campo rappresenta uno degli elementi principali, poiché differenti posizioni comportano differenti profili di movimento. Anche il livello competitivo, il sistema di gioco adottato, il possesso o meno del pallone, l'andamento della partita e le caratteristiche dell'avversario possono modificare in maniera significativa il carico richiesto alle giocatrici (Art. 10; Art. 13).

Un ulteriore elemento da considerare riguarda la distribuzione del carico nel corso della gara. Le richieste fisiche non si mantengono costanti per tutti i novanta minuti, ma tendono a variare in funzione delle fasi di gioco, della fatica accumulata e delle esigenze tattiche del momento. Per questo motivo, l'analisi della prestazione non dovrebbe limitarsi ai valori medi finali, ma considerare anche come i diversi parametri si distribuiscono durante la partita (Art. 11).

La crescente disponibilità di dati ha inoltre evidenziato come le richieste della competizione possano differire da quelle osservate durante molte esercitazioni di allenamento. Questo aspetto assume particolare importanza nella programmazione, poiché consente di verificare se gli stimoli proposti durante la settimana siano realmente in grado di preparare l'atleta alle richieste della gara (Art. 18). L'analisi delle richieste fisiche della partita diventa quindi uno strumento utile non soltanto per descrivere la prestazione, ma anche per orientare le scelte metodologiche dell'allenatore e dello staff di preparazione fisica (Art. 16).

In questa prospettiva, la valutazione delle richieste fisiche della gara rappresenta il punto di incontro tra monitoraggio della prestazione e programmazione dell'allenamento. L'obiettivo non è soltanto raccogliere dati, ma utilizzare le informazioni ottenute per comprendere meglio le esigenze della competizione e costruire percorsi di allenamento sempre più specifici e individualizzati (Art. 23).

## **4.6 Relazione tra test di performance e carico di gara**

La relazione tra test di performance e carico di gara rappresenta un passaggio centrale nella valutazione funzionale applicata al calcio. I test da campo non hanno infatti solo lo scopo di misurare una capacità fisica in modo isolato, ma dovrebbero fornire informazioni utili per comprendere meglio ciò che l'atleta è in grado di esprimere durante la competizione (Art. 10; Art. 13).

I test di performance utilizzati nel calcio cercano quindi di riprodurre, almeno in parte, alcune caratteristiche della gara. Tra questi, i test intermittenti sono particolarmente rilevanti perché richiedono all'atleta di ripetere sforzi ad intensità crescente, spesso con brevi periodi di recupero, avvicinandosi maggiormente alla natura della prestazione calcistica rispetto ai test continui tradizionali. In questo senso, la scelta del test non è un aspetto secondario: un protocollo più vicino alle richieste del gioco può fornire informazioni più utili rispetto ad un test che valuta la capacità aerobica in modo generale ma poco specifico (Art. 1; Art. 20).

La letteratura ha evidenziato come le prestazioni nei test di endurance intermittente possano essere associate ad alcuni parametri della gara. Viene analizzata la relazione tra test da campo e prestazione in partita nei giovani calciatori, mostrando come alcune prove di resistenza siano collegate a variabili di match performance (Art. 2). In altre ricerche si approfondisce il rapporto tra test fisici e prestazione in calciatori professionisti, sottolineando l'importanza di utilizzare strumenti capaci di riflettere le richieste reali del gioco (Art. 3). Questi lavori confermano che la valutazione funzionale non deve essere vista come un momento separato dalla gara, ma come un supporto per interpretare la prestazione sul campo.

Uno studio riporta una relazione significativa tra la distanza percorsa nello Yo-Yo IR1 e la quantità di corsa ad alta intensità effettuata durante la gara. Questo aspetto è particolarmente interessante perché la prestazione nel test non sembra limitarsi alla semplice capacità aerobica generale, ma richiama la capacità dell'atleta di sostenere e recuperare da sforzi intensi ripetuti, una caratteristica molto vicina alle esigenze del calcio (Art. 20).

Il valore dello Yo-Yo IR1 sta proprio nel fatto che il risultato finale, espresso come distanza percorsa, può essere interpretato come un indicatore della capacità di tollerare l'intermittenza dello sforzo. Un'atleta con una prestazione migliore nel test potrebbe teoricamente avere maggiori possibilità di sostenere volumi più elevati di corsa intensa durante la partita, recuperare più rapidamente tra azioni successive e mantenere una maggiore efficienza nelle fasi finali della gara. Questo non significa che il test possa spiegare da solo la prestazione calcistica, ma che può fornire un'informazione utile su una componente fisica molto importante per il gioco (Art. 19).

Il FIT 45-15 si inserisce nella stessa logica, anche se con una funzione leggermente diversa. Mentre lo Yo-Yo IR1 fornisce soprattutto un'indicazione sulla capacità di recupero intermittente e sulla distanza totale raggiunta nel protocollo, il FIT 45-15 permette di ottenere una velocità finale utile per la programmazione dell'allenamento. Questo rende il test particolarmente interessante non solo per misurare la condizione fisica, ma anche per impostare intensità di lavoro più individualizzate.

Il possibile collegamento tra FIT 45-15 e carico di gara riguarda soprattutto la capacità dell'atleta di sostenere esercizi intermittenti a velocità elevate. Una velocità finale maggiore nel test può indicare una migliore capacità di mantenere intensità elevate durante sforzi ripetuti, caratteristica che nel calcio può riflettersi in una maggiore tolleranza alle fasi di gioco più intense. Tuttavia, rispetto allo Yo-Yo IR1, il rapporto diretto tra FIT 45-15 e parametri GPS di gara risulta meno documentato nella letteratura. Per questo motivo il test va interpretato soprattutto come indicatore funzionale utile alla programmazione e alla lettura della condizione atletica, evitando di attribuirgli automaticamente un significato diretto su tutte le variabili di gara (Art. 21).

Il confronto tra test e carico di gara deve inoltre tenere conto del tipo di variabile considerata. La distanza totale, ad esempio, può essere influenzata da numerosi fattori tattici e contestuali, come ruolo, sistema di gioco, possesso palla e andamento della partita (Art. 11). Per questo motivo non sempre un miglior risultato in un test intermittente corrisponde automaticamente ad una maggiore distanza complessiva percorsa in gara. Al contrario, parametri più legati all'intensità, come high speed running, very high speed running, sprint e accelerazioni, possono essere maggiormente collegati alle capacità fisiche valutate dai test, pur rimanendo influenzati dal contesto tecnico-tattico (Art. 10; Art. 13).

L'analisi della relazione tra test e carico di gara deve però essere interpretata con cautela. I test si svolgono in condizioni standardizzate, con protocolli definiti e richieste fisiche controllate. La partita, invece, è un contesto aperto, influenzato da scelte tattiche, comportamento dell'avversario, momenti del match e ruolo della giocatrice. Di conseguenza, il test può fornire informazioni sul potenziale fisico dell'atleta, ma non può prevedere in modo completo ciò che accadrà in gara. Questa distinzione è fondamentale per evitare una lettura troppo meccanica dei dati (Art. 3; Art. 11).

Anche la qualità della misurazione del carico di gara rappresenta un elemento da considerare. I dati GPS permettono di analizzare in modo oggettivo le richieste fisiche della partita, ma alcune variabili sono più stabili di altre. La distanza totale tende ad essere più affidabile, mentre le misure relative ad alta velocità, accelerazioni e decelerazioni possono essere più sensibili all'errore, soprattutto in presenza di azioni brevi e cambi di direzione. Per questo motivo, quando si mettono in relazione test di performance e dati di gara, è necessario considerare anche i limiti metodologici degli strumenti utilizzati (Art. 23).

La relazione tra test e carico di gara può essere utile anche nella programmazione dell'allenamento. Se un'atleta presenta valori ridotti nei test intermittenti e allo stesso tempo mostra difficoltà a sostenere elevati carichi ad alta intensità in partita, lo staff può orientare il lavoro verso lo sviluppo della capacità aerobica intermittente e della tolleranza agli sforzi ripetuti (Art. 3). Al contrario, un buon risultato nei test, se non accompagnato da adeguati valori di carico in gara, può indicare che altri fattori, come ruolo, compiti tattici o scelte tecniche, influenzano maggiormente la prestazione osservata (Art. 2; Art. 18).

Nel calcio femminile, questo tipo di analisi risulta particolarmente interessante perché la crescita del livello competitivo richiede strumenti sempre più precisi per valutare e monitorare la condizione delle atlete. I test da campo, se integrati con i dati GPS raccolti durante la partita, permettono di collegare la valutazione funzionale alla prestazione reale, offrendo allo staff indicazioni più concrete rispetto alla sola osservazione del risultato del test o del dato di gara isolato (Art. 1; Art. 8; Art. 10).

In sintesi, i test di performance e il carico di gara non devono essere interpretati come due elementi separati. I test forniscono informazioni sulle capacità fisiche dell'atleta in condizioni controllate, mentre il monitoraggio della partita consente di osservare come queste capacità si esprimono in un contesto reale e complesso. Il valore della valutazione nasce proprio dall'integrazione tra questi due livelli: da una parte il dato funzionale, dall'altra il comportamento prestativo osservato durante la competizione (Art. 20).

# Capitolo 5

## MATERIALI E METODI

### 5.1 Approccio sperimentale al problema

Questo studio ha utilizzato un disegno trasversale correlazionale per esaminare le relazioni tra fitness aerobica e richieste fisiche della partita e delle small-sided games (SSG) in calciatrici professioniste. Nello specifico, lo studio aveva l'obiettivo di determinare le associazioni tra i risultati dei test da campo e: (a) le richieste fisiche della partita e (b) le risposte di carico esterno e interno durante le SSG.

La raccolta dei dati è stata condotta durante la seconda metà della stagione competitiva.

La fitness aerobica è stata valutata utilizzando due test da campo validati e comunemente impiegati nel calcio: lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YYIR1) e il 45-15 Intermittent Fitness Test (45-15 FIT) (Art. 20; Art. 6). Prima dell'inizio dello studio, tutte le partecipanti hanno completato sessioni di familiarizzazione per ridurre al minimo gli effetti di apprendimento. Ogni test è stato eseguito due volte in ordine randomizzato. Le sessioni di test sono state programmate durante settimane senza competizioni, al fine di ridurre il possibile bias legato alla fatica. Tutte le procedure sono state ben tollerate e non sono stati riportati eventi avversi.

Gli outcome di fitness aerobica includevano il consumo massimo di ossigeno ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ), la frequenza cardiaca massima ( $\text{HR}_{\text{max}}$ ) e la velocità aerobica massima ( $\text{MAS}_{45-15}$ ) derivate dal 45-15 FIT, oltre alla distanza totale percorsa nel test YYIR1. Il  $\text{VO}_{2\text{max}}$  è stato misurato direttamente durante il 45-15 FIT utilizzando un sistema metabolico portatile (Cosmed K5, Cosmed, Roma, Italia), mentre il  $\text{VO}_{2\text{max}}$  derivato dal YYIR1 è stato stimato utilizzando l'equazione:  $\text{VO}_{2\text{max}} (\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = \text{distanza YYIR1 (m)} \times 0.0084 + 6.40$ .

Le partite sono state disputate su campo in erba naturale ( $100 \times 60$  m) e consistevano in due tempi da 45 minuti separati da un intervallo di 15 minuti, in conformità con le regole ufficiali di competizione. Le partite sono state programmate in orari di inizio simili (14:30 h) e in condizioni ambientali stabili ( $10-15^\circ\text{C}$ ;  $55 \pm 5\%$  di umidità relativa). Per ogni partita sono state monitorate almeno 8-10 giocatrici e l'analisi è stata condotta soltanto sulle giocatrici di movimento che avevano accumulato un tempo minimo di gioco di 45 min in almeno quattro delle sei partite incluse nello studio (Art. 24).

Le SSG sono state svolte in un formato standardizzato 5 vs 5 su campo in erba naturale ( $60 \times 50$  m;  $\sim 300 \text{ m}^2$  per giocatrice), con due porte da  $5 \times 2$  m. Cinque jolly esterni sono stati posizionati all'esterno del campo e sono stati inclusi due portieri. Alle giocatrici è stato consentito un numero illimitato di tocchi di palla ed è stato fornito un incoraggiamento continuo da parte dell'allenatore per massimizzare il carico esterno. Il protocollo delle SSG consisteva in quattro blocchi da 4 min, intervallati da periodi di recupero attivo di 3 min, durante i quali le giocatrici eseguivano corsa a bassa intensità autoregolata. Le sessioni di SSG sono state svolte sulla stessa superficie di gioco e in condizioni ambientali simili, e sono state programmate approssimativamente alla stessa ora del giorno delle partite ufficiali, al fine di ridurre al minimo gli effetti circadiani e contestuali.

Le richieste fisiche di partite e SSG sono state monitorate utilizzando dispositivi GPS a 50-Hz (K-GPS, Montelabbate, Pesaro, Italia). Le variabili di carico esterno includevano distanza totale (TD), distanza percorsa ad alta velocità (HSR;  $14.4\text{-}19.8\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), distanza percorsa a velocità molto elevata (VHSR;  $19.8\text{-}25.2\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), accelerazioni (ACC;  $\geq 3\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) e decelerazioni (DEC;  $\leq -3\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ). Il carico interno è stato valutato tramite frequenza cardiaca (HR) utilizzando un cardiofrequenzimetro (Polar H10, Electro Oy, Kempele, Finlandia) e concentrazione di lattato ematico ( $[\text{La}^+]$ ) raccolta sia durante le partite sia durante le sessioni di SSG. Tutte le procedure di test sono state eseguite in condizioni standardizzate, in conformità con la Dichiarazione di Helsinki, e approvate dal Comitato Etico dell'Università di XXX (codice protocollo: 2025/93; data di approvazione: 18 novembre 2025).

## 5.2 Soggetti

È stata condotta un'analisi di potenza a priori utilizzando il software G\*Power (versione 3.1.9.7; Heinrich Heine University, Düsseldorf, Germania) per stimare la dimensione campionaria richiesta. Considerata la limitata evidenza disponibile nelle giovani calciatrici adolescenti riguardo alle associazioni tra la prestazione nello Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YYIR1) e il carico esterno di gara, la stima della dimensione del campione è stata basata su dati provenienti da giovani calciatori maschi (Art. 2). È stato applicato un modello di correlazione bivariata, assumendo una dimensione dell'effetto attesa pari a  $r = 0.60$ , un livello di significatività  $\alpha = 0.05$  e una potenza statistica ( $1 - \beta$ ) pari a  $0.80$ . L'analisi ha indicato una dimensione campionaria minima richiesta di 13 partecipanti.

Quindici calciatrici élite (età:  $16.8 \pm 1.2$  anni; massa corporea:  $57.1 \pm 5.5\text{ kg}$ ; altezza:  $163.5 \pm 5.4\text{ cm}$ ) sono state reclutate da una squadra giovanile professionistica. Le giocatrici selezionate (6 difensori, 5 centrocampiste e 4 attaccanti) competevano in un campionato di livello nazionale al momento dell'indagine e possedevano almeno 4 anni di esperienza competitiva. Tutte le partecipanti erano libere da infortuni e malattie e svolgevano in media 7-8 ore di allenamento a settimana (4-5 volte a settimana), oltre a una partita competitiva. Sulla base degli attuali standard di classificazione, le giocatrici sono state categorizzate come Highly Trained/National Level (Tier 3) (Art. 25).

I criteri di inclusione erano: (1) possesso dell'idoneità medica per la partecipazione all'attività sportiva agonistica, (2) partecipazione regolare durante la precedente stagione competitiva e (3) disponibilità a prendere parte a tutte le sessioni sperimentali. I criteri di esclusione includevano qualsiasi infortunio muscolare o articolare, disturbo ortopedico o altra controindicazione medica nei 6 mesi precedenti lo studio.

Prima dell'inizio del protocollo sperimentale, tutte le partecipanti hanno ricevuto una spiegazione dettagliata degli obiettivi e delle procedure dello studio e hanno fornito il proprio consenso informato scritto; nel caso di soggetti minorenni, è stato acquisito anche il consenso dei genitori.

## 5.3 Procedure

### 5.3.1 Monitoraggio del carico esterno.

Il carico esterno è stato monitorato durante 6 partite ufficiali e 6 sessioni di SSG utilizzando dispositivi GPS a 50-Hz (K-GPS, Montelabbate, Pesaro, Italia). La validità e l'affidabilità del dispositivo sono state precedentemente riportate per l'analisi negli sport di squadra (Art. 26). Le unità sono state indossate tra le scapole tramite una pettorina personalizzata (Art. 27) e attivate  $\geq 15$  min prima dell'attività per garantire l'acquisizione del segnale satellitare (Art. 28). Ogni giocatrice ha utilizzato lo stesso dispositivo per tutta la durata dello studio (Art. 29). I dati sono stati elaborati utilizzando il software K-Fitness.

Le variabili di carico esterno includevano distanza totale (TD), distanza percorsa ad alta velocità (HSR;  $14.4\text{--}19.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), distanza percorsa a velocità molto elevata (VHSR;  $19.8\text{--}25.2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ), accelerazioni ( $\geq 3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) e decelerazioni ( $\leq -3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) (Di Salvo et al., 2009; Osgnach et al., 2010).

### 5.3.2 Monitoraggio del carico interno.

La frequenza cardiaca (HR) è stata registrata a intervalli di 5 s utilizzando monitor Polar H10 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). La frequenza cardiaca di picco (HRpeak) è stata determinata per ogni partita e sessione di SSG. I dati HR sono stati sincronizzati con gli output GPS ed elaborati utilizzando il software Polar FlowSync.

Il tempo trascorso in cinque zone di frequenza cardiaca ( $<50\%$ ,  $50\text{--}70\%$ ,  $70\text{--}80\%$ ,  $80\text{--}90\%$  e  $90\text{--}100\%$  HRmax) è stato calcolato secondo Edwards (1993).

La concentrazione di lattato ematico ( $[\text{La}^+]$ ) è stata valutata 1 min dopo la fine di ogni partita e sessione di SSG, in conformità con procedure consolidate (Art. 30). Campioni di sangue capillare ( $5 \mu\text{L}$ ) sono stati prelevati dal polpastrello e analizzati utilizzando un analizzatore portatile di lattato (Lactate Pro 2; Arkray, Kyoto, Giappone). Prima del prelievo, il polpastrello è stato pulito con alcol e lasciato asciugare all'aria, seguendo le raccomandazioni del produttore.

### 5.3.3 Test di fitness aerobica.

Il 45-15 FIT e il YYIR1 sono stati condotti secondo protocolli consolidati (Art. 20; Art. 6). Il  $\text{VO}_{2\text{max}}$  durante il 45-15 FIT è stato misurato direttamente utilizzando un sistema metabolico portatile (Cosmed K5), mentre la prestazione nel YYIR1 è stata utilizzata per stimare il  $\text{VO}_{2\text{max}}$  mediante la formula:  $\text{VO}_{2\text{max}} (\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}) = \text{distanza YYIR1 (m)} \times 0.0084 + 6.40$ . La HRmax è stata definita come il valore più alto registrato durante il YYIR1. Il YYIR1 ha dimostrato validità nelle giovani calciatrici (Art. 31), mentre il 45-15 FIT ha mostrato elevata affidabilità in un campione pilota ( $\text{ICC} = 0.90$ ;  $\text{CV} = 4.44\%$ ).

Tutti i test sono stati eseguiti alla stessa ora del giorno, in condizioni ambientali stabili ( $12.6 \pm 2.8 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $50 \pm 5\%$  di umidità relativa), con istruzione alle partecipanti di mantenere dieta e idratazione abituali.

## 5.4 Analisi statistiche

Il coefficiente di correlazione intraclasse (ICC) medio a due vie random, con accordo assoluto e intervalli di confidenza (CI) al 95%, è stato utilizzato per indagare l'affidabilità relativa test-retest del test 45-15. I valori di ICC sono stati interpretati come segue: <0.5: scarsa; 0.5–0.75: moderata; 0.76–0.9: buona; >0.9: eccellente (Art. 32). Il coefficiente di variazione (CV) e l'errore standard di misurazione (SEM) sono stati calcolati come indicatori dell'affidabilità assoluta test-retest. I valori di CV sono stati interpretati come segue: <5%: eccellente; <10%: molto buona; <15%: accettabile; >15%: scarsa (Art. 33).

Per valutare la sensibilità del test 45-15, il più piccolo cambiamento rilevante (smallest worthwhile change, SWC) è stato calcolato come:  $0.2 \times \text{deviazione standard inter-soggetto del test}$  (Art. 34). Tuttavia, se il SEM fosse risultato maggiore dello SWC per diverse variabili, sarebbe stata utilizzata un'altra magnitudine (cioè 0.6) (Art. 35). Se il SEM risultava inferiore, maggiore o uguale allo SWC, il test veniva classificato rispettivamente come buono, marginale o soddisfacente (Art. 36). Il cambiamento minimo rilevabile al 95% CI (MDC 95%) è stato calcolato utilizzando la formula:  $\text{SEM} \times \sqrt{2} \times 1.96$  (Art. 37).

Il test di Kolmogorov-Smirnov ha evidenziato la distribuzione normale di tutte le variabili considerate. Pertanto, i dati sono presentati come media  $\pm$  deviazione standard [intervalli di confidenza al 95%]. I t-test appaiati sono stati utilizzati per determinare se le variabili del 45-15 differissero tra test e retest. Il d di Cohen è stato utilizzato come misura della dimensione dell'effetto ed è stato classificato come: 0–0.20: trascurabile; 0.21–0.60: piccolo; 0.61–1.20: moderato; 1.21–2.0: grande;  $\geq 2.0$ : molto grande (Art. 33).

Il coefficiente di correlazione di Pearson (r), insieme ai relativi intervalli di confidenza (CI) al 95%, è stato utilizzato per valutare la relazione tra i risultati dei test da campo di endurance e le richieste fisiche relative alla partita, così come tra i risultati dei test da campo di endurance e le risposte di carico esterno e interno durante le small-sided games (SSG).

La magnitudine delle correlazioni è stata valutata utilizzando i seguenti criteri: 0–0.09: trascurabile; 0.1–0.29: bassa; 0.3–0.49: moderata; 0.5–0.69: ampia; 0.7–0.89: molto ampia;  $\geq 0.9$ : quasi perfetta (Art. 33). La significatività statistica è stata definita come  $p < 0.05$  e tutte le analisi sono state eseguite utilizzando il software Jamovi (v. 2.6.45; The Jamovi Project, Australia).

# Capitolo 6

## RISULTATI

La Tabella 1 riporta le analisi di affidabilità test-retest e di sensibilità del test 45-15.

La maggior parte delle variabili del 45-15 ha presentato un'affidabilità relativa test-retest "eccellente" (cioè  $ICC > 0.9$ ), ad eccezione di [La]<sup>+</sup> e RPE ("buona" e "scarsa", rispettivamente). Allo stesso modo, la maggior parte delle variabili del 45-15 ha mostrato un'affidabilità assoluta test-retest "eccellente" (cioè  $CV\% < 5$ ), ad eccezione di [La]<sup>+</sup> e RPE ("accettabile" e "molto buona", rispettivamente).

La maggior parte delle variabili del 45-15 ha presentato una sensibilità "buona", poiché i valori di SEM erano inferiori a quelli di SWC0.6, sebbene soltanto la RPE abbia mostrato una sensibilità "marginale" (cioè  $SEM > SWC0.6$ ).

Inoltre, il MDC95% può essere utilizzato come soglia per determinare cambiamenti reali nelle variabili del 45-15 nel tempo.

Tabella 1. Affidabilità relativa e assoluta test-retest, sensibilità e cambiamento minimo rilevabile all'intervallo di confidenza del 95% del test 45-15 in calciatrici (n = 15).

| Test 45-15                   | Affidabilità test-retest |             |       |             |       | SWC0.2 | SWC0.6 | MDC95% |
|------------------------------|--------------------------|-------------|-------|-------------|-------|--------|--------|--------|
|                              | ICC [IC 95%]             | magnitudine | CV%   | magnitudine | SEM   |        |        |        |
| MAS 45-15 (km.h-1)           | 0.979 [0.922-0.993]**    | eccellente  | 0.61  | eccellente  | 0.13  | 0.18   | 0.53   | 0.35   |
| MAS (km.h-1)                 | 0.932 [0.801-0.977]**    | eccellente  | 1.63  | eccellente  | 0.27  | 0.20   | 0.61   | 0.74   |
| Distanza totale (m)          | 0.974 [0.923-0.991]**    | eccellente  | 1.98  | eccellente  | 56.61 | 70.2   | 210.7  | 156.46 |
| VO2peak (mL.kg-1.min-1)      | 0.975 [0.919-0.992]**    | eccellente  | 2.90  | eccellente  | 1.11  | 1.41   | 4.22   | 3.07   |
| HRpeak (b.min-1)             | 0.984 [0.948-0.995]**    | eccellente  | 0.45  | eccellente  | 0.82  | 1.30   | 3.89   | 2.27   |
| [La] <sup>+</sup> (mmol.l-1) | 0.791 [0.407-0.929]*     | buona       | 11.35 | accettabile | 1.22  | 0.53   | 1.60   | 3.36   |
| RPE (a.u.)                   | 0.426 [-0.581-0.802]     | scarsa      | 6.40  | molto buona | 0.49  | 0.13   | 0.39   | 1.36   |

Note: MAS: velocità aerobica massima; VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]<sup>+</sup>: concentrazione di lattato ematico; RPE: scala di percezione dello sforzo; ICC: coefficiente di correlazione intraclasse; CI: intervallo di confidenza; CV: coefficiente di variazione; SEM: errore standard di misurazione; SWC: smallest worthwhile change; MDC95%: cambiamento minimo rilevabile al 95% CI. \* =  $p < 0.01$ ; \*\* =  $p < 0.001$ .

La Tabella 2 presenta i confronti delle variabili del 45-15 tra test e retest.

Le variabili del 45-15 non differivano tra test e retest ( $p > 0.05$ , "piccolo"), ad eccezione della MAS 45-15 ( $p = 0.041$ , "piccolo").

Tabella 2. Statistiche descrittive e confronti (t-test appaiati) delle variabili del 45-15 tra test e retest in calciatrici (n = 15). I valori sono presentati come media  $\pm$  deviazione standard [intervalli di confidenza al 95%].

| Test 45-15              | Test  |      |             | Retest |      |             | t     | p-value | d-ES  | magnitudine |
|-------------------------|-------|------|-------------|--------|------|-------------|-------|---------|-------|-------------|
|                         | Media | DS   | IC 95%      | Media  | DS   | IC 95%      |       |         |       |             |
| MAS 45-15 (km.h-1)      | 15.7  | 0.9  | 15.2-16.2   | 15.8   | 0.9  | 15.3-16.3   | -2.26 | 0.041*  | -0.58 | piccolo     |
| MAS (km.h-1)            | 15.75 | 1.07 | 15.16-16.34 | 15.95  | 1.02 | 15.38-16.52 | -1.52 | 0.151   | -0.39 | piccolo     |
| Distanza totale (m)     | 2426  | 369  | 2222-2630   | 2464   | 342  | 2275-2653   | -1.33 | 0.204   | -0.34 | piccolo     |
| VO2peak (mL.kg-1.min-1) | 45.08 | 7.91 | 40.69-49.46 | 46.08  | 6.19 | 42.65-49.51 | -1.88 | 0.081   | -0.49 | piccolo     |
| HRpeak (b.min-1)        | 199   | 6    | 195-202     | 198    | 7    | 194-202     | 1.85  | 0.085   | 0.35  | piccolo     |
| [La]+ (mmol.l-1)        | 12.1  | 3.1  | 10.4-13.9   | 11.3   | 2.7  | 9.8-12.8    | 1.37  | 0.192   | 0.48  | piccolo     |
| RPE (a.u.)              | 8     | 1    | 7-8         | 8      | 1    | 7-8         | -1.32 | 0.207   | -0.34 | Piccolo     |

Note: MAS: velocità aerobica massima; VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]+: concentrazione di lattato ematico; RPE: scala di percezione dello sforzo; ES: dimensione dell'effetto. \* =  $p < 0.05$ .

La Tabella 3 mostra le variabili del YYIR1, delle partite e delle SSG.

Tabella 3. Variabili del YYIR1, delle partite e delle small-sided games in calciatrici (n = 15). I valori sono presentati come media  $\pm$  deviazione standard [intervalli di confidenza al 95%].

| Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1  | Media | DS   | IC 95%      |
|-------------------------------------------|-------|------|-------------|
| Distanza totale (m)                       | 1667  | 175  | 1570-1763   |
| VO2peak stimato (mL.kg-1.min-1)           | 50.40 | 1.47 | 49.59-51.21 |
| HRpeak (b.min-1)                          | 198   | 7    | 194-202     |
| [La]+ (mmol.l-1)                          | 9.5   | 1.1  | 8.9-10.1    |
| RPE (a.u.)                                | 8     | 1    | 8-9         |
| Partite                                   |       |      |             |
| Distanza totale (m)                       | 8015  | 1218 | 7341-8690   |
| Distanza 14.4-19.8 km/h (m)               | 646   | 183  | 545-747     |
| Distanza 19.8-25.5 km/h (m)               | 133   | 71   | 94-172      |
| Distanza in accelerazione $>3$ m.s-2 (m)  | 55    | 21   | 44-67       |
| Distanza in decelerazione $<-3$ m.s-2 (m) | 61    | 21   | 50-73       |
| [La]+ (mmol.l-1)                          | 7.6   | 1.4  | 6.9-8.4     |
| HRmax (b.min-1)                           | 192   | 6    | 188-195     |
| 0-50% HRmax (s)                           | 103   | 108  | 44-163      |
| 50-70% HRmax (s)                          | 2826  | 412  | 2598-3054   |
| 70-80% HRmax (s)                          | 1682  | 261  | 1537-1826   |
| 80-90% HRmax (s)                          | 631   | 253  | 491-771     |
| 90-95% HRmax (s)                          | 158   | 124  | 89-227      |
| Small-Sided Games                         |       |      |             |
| Distanza totale (m)                       | 2901  | 594  | 2572-3229   |
| Distanza 14.4-19.8 km/h (m)               | 528   | 208  | 413-643     |
| Distanza 19.8-25.5 km/h (m)               | 62    | 30   | 45-78       |
| Distanza in accelerazione $>3$ m.s-2 (m)  | 22    | 8    | 18-27       |
| Distanza in decelerazione $<-3$ m.s-2 (m) | 29    | 11   | 23-35       |
| [La]+ (mmol.l-1)                          | 6.2   | 1.0  | 5.7-6.8     |

| Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 | Media | DS  | IC 95%  |
|------------------------------------------|-------|-----|---------|
| HRmax (b.min-1)                          | 192   | 8   | 188-196 |
| 0-50% HRmax (s)                          | 33    | 42  | 10-56   |
| 50-70% HRmax (s)                         | 458   | 158 | 371-546 |
| 70-80% HRmax (s)                         | 466   | 136 | 391-541 |
| 80-90% HRmax (s)                         | 485   | 107 | 426-545 |
| 90-95% HRmax (s)                         | 57    | 41  | 34-80   |

Note: VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]+: concentrazione di lattato ematico; RPE: scala di percezione dello sforzo.

Le Tabelle 4-8 presentano le correlazioni tra i risultati dei test da campo di endurance (45-15 e YYIR1) e le variabili di carico esterno e interno delle partite e delle small-sided games (SSG) in calciatrici.

Tabella 4. Correlazioni tra le variabili del 45-15 e del YYIR1 in calciatrici (n = 15). I valori sono presentati come coefficiente r di Pearson [intervalli di confidenza al 95%].

|                                          |                                 | Test 45-15                   |                              |                              |                            |                            |
|------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                          |                                 | MAS (km.h-1)                 | Distanza totale (m)          | VO2peak (mL.kg-1.min-1)      | HRpeak (b.min-1)           | [La] (mmol.l-1)            |
| Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 | Distanza totale (m)             | 0.544*<br>[0.044 - 0.826]    | 0.475<br>[-0.050 - 0.794]    | 0.929**<br>[0.795 - 0.977]   | -0.205<br>[-0.649 - 0.343] | -0.184<br>[-0.637 - 0.362] |
|                                          | VO2peak stimato (mL.kg-1.min-1) | 0.544*<br>[0.044 - 0.826]    | 0.475<br>[-0.050 - 0.794]    | 0.929**<br>[0.795 - 0.977]   | -0.205<br>[-0.649 - 0.343] | -0.184<br>[-0.637 - 0.362] |
|                                          | HRpeak (b.min-1)                | -0.168<br>[-0.626 - 0.377]   | -0.305<br>[-0.707 - 0.246]   | 0.094<br>[-0.439 - 0.578]    | 0.180<br>[-0.366 - 0.634]  | -0.417<br>[-0.766 - 0.121] |
|                                          | [La] (mmol.l-1)                 | -0.526*<br>[-0.818 - -0.019] | -0.549*<br>[-0.829 - -0.052] | -0.252<br>[-0.677 - 0.298]   | -0.242<br>[-0.671 - 0.309] | 0.367<br>[-0.179 - 0.740]  |
|                                          | RPE (a.u.)                      | -0.481<br>[-0.797 - 0.041]   | -0.600*<br>[-0.851 - -0.127] | -0.520*<br>[-0.815 - -0.010] | 0.425<br>[-0.112 - 0.770]  | -0.056<br>[-0.553 - 0.469] |
|                                          |                                 |                              |                              |                              |                            |                            |

Note: MAS: velocità aerobica massima; VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]+: concentrazione di lattato ematico; RPE: scala di percezione dello sforzo. \* = p < 0.05; \*\* = p < 0.001.

Tabella 5. Correlazioni tra le variabili del 45-15 e delle partite in calciatrici (n = 15). I valori sono presentati come coefficiente r di Pearson [intervalli di confidenza al 95%].

|         |                             | Test 45-15                 |                           |                             |                            |                            |
|---------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|         |                             | MAS (km.h-1)               | Distanza totale (m)       | VO2peak (mL.kg-1.min-1)     | HRpeak (b.min-1)           | [La] (mmol.l-1)            |
| Partite | Distanza totale (m)         | 0.451<br>[-0.080 - 0.783]  | 0.511<br>[-0.002 - 0.811] | 0.217<br>[-0.333 - 0.656]   | -0.146<br>[-0.613 - 0.396] | -0.006<br>[-0.516 - 0.508] |
|         | Distanza 14.4-19.8 km/h (m) | 0.619**<br>[0.157 - 0.859] | 0.575*<br>[0.089 - 0.840] | 0.897***<br>[0.711 - 0.965] | -0.276<br>[-0.691 - 0.275] | -0.062<br>[-0.557 - 0.465] |
|         | Distanza 19.8-25.5 km/h (m) | 0.619**<br>[0.156 - 0.859] | 0.544*<br>[0.044 - 0.826] | 0.846***<br>[0.589 - 0.948] | -0.234<br>[-0.667 - 0.316] | -0.153<br>[-0.617 - 0.390] |
|         |                             |                            |                           |                             |                            |                            |

| Test 45-15                              |                              |                            |                               |                             |                            |
|-----------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|                                         | MAS (km.h-1)                 | Distanza totale (m)        | VO2peak (mL.kg-1.min-1)       | HRpeak (b.min-1)            | [La]+ (mmol.l-1)           |
| Distanza in accelerazione >3 m.s-2 (m)  | 0.562*<br>[0.069 - 0.834]    | 0.613*<br>[0.148 - 0.857]  | 0.626**<br>[0.167 - 0.862]    | -0.389<br>[-0.751 - 0.154]  | 0.058<br>[-0.468 - 0.554]  |
| Distanza in decelerazione <-3 m.s-2 (m) | 0.451<br>[-0.079 - 0.783]    | 0.524*<br>[0.016 - 0.817]  | 0.400<br>[-0.141 - 0.757]     | -0.597*<br>[-0.849 - 0.122] | 0.062<br>[-0.465 - 0.557]  |
| [La]+ (mmol.l-1)                        | -0.254<br>[-0.678 - 0.297]   | -0.336<br>[-0.724 - 0.213] | -0.245<br>[-0.673 - 0.305]    | 0.314<br>[-0.236 - 0.712]   | 0.097<br>[-0.437 - 0.580]  |
| HRmax (b.min-1)                         | 0.150<br>[-0.392 - 0.615]    | 0.135<br>[-0.405 - 0.605]  | 0.419<br>[-0.119 - 0.767]     | 0.152<br>[-0.391 - 0.616]   | -0.357<br>[-0.735 - 0.190] |
| 0-50% HRmax (s)                         | -0.476<br>[-0.795 - 0.048]   | -0.296<br>[-0.702 - 0.255] | -0.289<br>[-0.698 - 0.262]    | -0.056<br>[-0.552 - 0.470]  | -0.429<br>[-0.772 - 0.106] |
| 50-70% HRmax (s)                        | -0.537*<br>[-0.823 - -0.033] | -0.498<br>[-0.805 - 0.020] | -0.620**<br>[-0.859 - -0.158] | 0.136<br>[-0.404 - 0.606]   | 0.170<br>[-0.375 - 0.628]  |
| 70-80% HRmax (s)                        | 0.575*<br>[0.089 - 0.840]    | 0.516*<br>[0.005 - 0.813]  | -0.104<br>[-0.585 - 0.431]    | 0.081<br>[-0.450 - 0.569]   | 0.320<br>[-0.230 - 0.715]  |
| 80-90% HRmax (s)                        | 0.342<br>[-0.207 - 0.727]    | 0.306<br>[-0.224 - 0.708]  | 0.880***<br>[0.670 - 0.960]   | -0.228<br>[-0.663 - 0.322]  | -0.295<br>[-0.701 - 0.256] |
| 90-95% HRmax (s)                        | 0.286<br>[-0.265 - 0.696]    | 0.197<br>[-0.351 - 0.644]  | 0.729**<br>[0.346 - 0.904]    | -0.108<br>[-0.588 - 0.428]  | -0.263<br>[-0.683 - 0.288] |

Note: MAS: velocità aerobica massima; VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]±: concentrazione di lattato ematico. \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.001$ .

Tabella 6. Correlazioni tra le variabili del 45-15 e delle SSG in calciatrici (n = 15). I valori sono presentati come coefficiente r di Pearson [intervalli di confidenza al 95%].

| Test 45-15                              |                                |                              |                              |                            |                            |
|-----------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                         | MAS (km.h-1)                   | Distanza totale (m)          | VO2peak (mL.kg-1.min-1)      | HRpeak (b.min-1)           | [La]+ (mmol.l-1)           |
| Distanza totale (m)                     | 0.017<br>[-0.500 - 0.524]      | -0.025<br>[-0.531 - 0.494]   | -0.104<br>[-0.585 - 0.431]   | -0.151<br>[-0.615 - 0.392] | -0.066<br>[-0.560 - 0.462] |
| Distanza 14.4-19.8 km/h (m)             | 0.562*<br>[0.070 - 0.834]      | 0.543*<br>[0.043 - 0.826]    | 0.863***<br>[0.629 - 0.954]  | -0.366<br>[-0.740 - 0.180] | 0.007<br>[-0.507 - 0.517]  |
| Distanza 19.8-25.5 km/h (m)             | 0.455<br>[-0.074 - 0.785]      | 0.400<br>[-0.141 - 0.757]    | 0.679**<br>[0.256 - 0.884]   | -0.148<br>[-0.614 - 0.394] | -0.171<br>[-0.628 - 0.374] |
| Distanza in accelerazione >3 m.s-2 (m)  | 0.641*<br>[0.192 - 0.868]      | 0.610*<br>[0.143 - 0.855]    | 0.464<br>[-0.064 - 0.789]    | 0.113<br>[-0.424 - 0.591]  | -0.020<br>[-0.527 - 0.497] |
| Distanza in decelerazione <-3 m.s-2 (m) | 0.502<br>[-0.014 - 0.807]      | 0.400<br>[-0.141 - 0.757]    | 0.332<br>[-0.217 - 0.722]    | -0.031<br>[-0.535 - 0.489] | -0.010<br>[-0.520 - 0.505] |
| Small-Sided Games [La]+ (mmol.l-1)      | 0.384<br>[-0.160 - 0.749]      | 0.359<br>[-0.187 - 0.736]    | 0.845***<br>[0.586 - 0.947]  | -0.329<br>[-0.720 - 0.221] | -0.033<br>[-0.537 - 0.487] |
| HRmax (b.min-1)                         | 0.168<br>[-0.376 - 0.627]      | 0.117<br>[-0.421 - 0.593]    | -0.131<br>[-0.603 - 0.408]   | 0.381<br>[-0.163 - 0.748]  | -0.293<br>[-0.700 - 0.258] |
| 0-50% HRmax (s)                         | -0.482<br>[-0.797 - 0.041]     | -0.579*<br>[-0.842 - -0.095] | -0.267<br>[-0.686 - 0.284]   | 0.013<br>[-0.503 - 0.521]  | 0.275<br>[-0.276 - 0.690]  |
| 50-70% HRmax (s)                        | -0.655 **<br>[-0.874 - -0.215] | -0.596*<br>[-0.849 - -0.120] | -0.631*<br>[-0.864 - -0.175] | -0.112<br>[-0.590 - 0.425] | 0.307<br>[-0.243 - 0.708]  |
| 70-80% HRmax (s)                        | 0.516 *<br>[0.005 - 0.813]     | 0.427<br>[-0.110 - 0.770]    | -0.138<br>[-0.608 - 0.402]   | 0.562*<br>[0.070 - 0.834]  | -0.210<br>[-0.652 - 0.339] |
| 80-90% HRmax (s)                        | 0.364<br>[-0.182 - 0.739]      | 0.431<br>[-0.104 - 0.773]    | 0.849***<br>[0.595 - 0.949]  | -0.401<br>[-0.758 - 0.140] | -0.251<br>[-0.676 - 0.300] |
| 90-95% HRmax (s)                        | 0.361<br>[-0.185 - 0.737]      | 0.355<br>[-0.192 - 0.734]    | 0.948***<br>[0.847 - 0.983]  | -0.394<br>[-0.754 - 0.148] | -0.118<br>[-0.595 - 0.419] |

Note: MAS: velocità aerobica massima; VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]<sup>+</sup>: concentrazione di lattato ematico. \* = p < 0.05; \*\* = p < 0.01; \*\*\* = p < 0.001.

Tabella 7. Correlazioni tra le variabili del YYIR1 e delle partite in calciatrici (n = 15). I valori sono presentati come coefficiente r di Pearson [intervalli di confidenza al 95%].

|         |                                               | Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 |                                                              |                                  |                                           |                              |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
|         |                                               | Distanza totale<br>(m)                   | VO2peak stimato<br>(mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) | HRpeak<br>(b.min <sup>-1</sup> ) | [La] <sup>+</sup> (mmol.l <sup>-1</sup> ) | RPE (a.u.)                   |
| Partite | Distanza totale (m)                           | 0.262<br>[-0.289 - 0.683]                | 0.262<br>[-0.289 - 0.683]                                    | -0.087<br>[-0.574 - 0.455]       | -0.288<br>[-0.697 - 0.263]                | -0.373<br>[-0.743 - 0.172]   |
|         | Distanza 14.4-19.8<br>km/h (m)                | 0.947***<br>[0.845 - 0.983]              | 0.947***<br>[0.845 - 0.983]                                  | 0.085<br>[-0.446 - 0.573]        | -0.389<br>[-0.751 - 0.154]                | -0.543*<br>[-0.826 - -0.043] |
|         | Distanza 19.8-25.5<br>km/h (m)                | 0.935***<br>[0.812 - 0.979]              | 0.935***<br>[0.812 - 0.979]                                  | 0.007<br>[-0.507 - 0.518]        | -0.335<br>[-0.723 - 0.214]                | -0.589*<br>[-0.846 - -0.111] |
|         | Distanza in<br>accelerazione >3 m.s-2<br>(m)  | 0.678 ***<br>[0.255 - 0.884]             | 0.678**<br>[0.255 - 0.884]                                   | -0.106<br>[-0.586 - 0.430]       | -0.358<br>[-0.735 - 0.189]                | -0.633*<br>[-0.865 - -0.179] |
|         | Distanza in<br>decelerazione <-3 m.s-2<br>(m) | 0.453<br>[-0.077 - 0.783]                | 0.453<br>[-0.077 - 0.783]                                    | -0.232<br>[-0.665 - 0.318]       | -0.129<br>[-0.602 - 0.410]                | -0.634*<br>[-0.865 - -0.180] |
|         | [La] <sup>+</sup> (mmol.l <sup>-1</sup> )     | -0.304<br>[-0.706 - 0.247]               | -0.304<br>[-0.706 - 0.247]                                   | -0.254<br>[-0.678 - 0.297]       | 0.524*<br>[0.016 - 0.817]                 | 0.317<br>[-0.233 - 0.713]    |
|         | HRmax (b.min-1)                               | 0.458<br>[-0.071 - 0.786]                | 0.458<br>[-0.071 - 0.786]                                    | 0.454<br>[-0.076 - 0.784]        | -0.510<br>[-0.811 - 0.003]                | -0.411<br>[-0.763 - 0.128]   |
|         | 0-50% HRmax (s)                               | -0.306<br>[-0.708 - 0.244]               | -0.306<br>[-0.708 - 0.244]                                   | -0.115<br>[-0.592 - 0.422]       | 0.311<br>[-0.239 - 0.710]                 | 0.308<br>[-0.243 - 0.708]    |
|         | 50-70% HRmax (s)                              | -0.645**<br>[-0.870 - -0.198]            | -0.645**<br>[-0.870 - -0.198]                                | -0.060<br>[-0.555 - 0.467]       | 0.266<br>[-0.285 - 0.685]                 | 0.377<br>[-0.168 - 0.745]    |
|         | 70-80% HRmax (s)                              | -0.037<br>[-0.539 - 0.485]               | -0.037<br>[-0.539 - 0.485]                                   | -0.184<br>[-0.636 - 0.362]       | -0.096<br>[-0.580 - 0.438]                | -0.080<br>[-0.569 - 0.451]   |
|         | 80-90% HRmax (s)                              | 0.830***<br>[0.553 - 0.942]              | 0.830***<br>[0.553 - 0.942]                                  | 0.202<br>[-0.346 - 0.647]        | -0.340<br>[-0.726 - 0.208]                | -0.471<br>[-0.792 - 0.054]   |
|         | 90-95% HRmax (s)                              | 0.787***<br>[0.461 - 0.926]              | 0.787***<br>[0.461 - 0.926]                                  | 0.272<br>[-0.279 - 0.688]        | -0.255<br>[-0.678 - 0.296]                | -0.386<br>[-0.750 - 0.157]   |

Note: VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]<sup>+</sup>: concentrazione di lattato ematico; RPE: scala di percezione dello sforzo. \* = p < 0.05; \*\* = p < 0.01; \*\*\* = p < 0.001.

Tabella 8. Correlazioni tra le variabili del YYIR1 e delle SSG in calciatrici (n = 15). I valori sono presentati come coefficiente r di Pearson [intervalli di confidenza al 95%].

|                      |                                               | Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 |                                                              |                                  |                                           |                              |
|----------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
|                      |                                               | Distanza totale<br>(m)                   | VO2peak stimato<br>(mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) | HRpeak<br>(b.min <sup>-1</sup> ) | [La] <sup>+</sup> (mmol.l <sup>-1</sup> ) | RPE (a.u.)                   |
| Small-Sided<br>Games | Distanza totale (m)                           | -0.003<br>[-0.515 - 0.510]               | -0.003<br>[-0.515 - 0.510]                                   | 0.005<br>[-0.509 - 0.516]        | 0.087<br>[-0.445 - 0.574]                 | -0.005<br>[-0.516 - 0.509]   |
|                      | Distanza 14.4-19.8<br>km/h (m)                | 0.904***<br>[0.730 - 0.968]              | 0.904***<br>[0.730 - 0.968]                                  | -0.136<br>[-0.606 - 0.405]       | -0.184<br>[-0.636 - 0.363]                | -0.523*<br>[-0.817 - -0.015] |
|                      | Distanza 19.8-25.5<br>km/h (m)                | 0.749**<br>[0.385 - 0.912]               | 0.749**<br>[0.385 - 0.912]                                   | 0.023<br>[-0.495 - 0.529]        | -0.137<br>[-0.607 - 0.404]                | -0.418<br>[-0.766 - 0.120]   |
|                      | Distanza in<br>accelerazione >3 m.s-2<br>(m)  | 0.562*<br>[0.070 - 0.834]                | 0.562*<br>[0.070 - 0.834]                                    | -0.008<br>[-0.518 - 0.506]       | -0.278<br>[-0.692 - 0.273]                | -0.366<br>[-0.740 - 0.180]   |
|                      | Distanza in<br>decelerazione <-3 m.s-2<br>(m) | 0.378<br>[-0.167 - 0.746]                | 0.378<br>[-0.167 - 0.746]                                    | -0.274<br>[-0.689 - 0.278]       | 0.141<br>[-0.401 - 0.609]                 | -0.199<br>[-0.646 - 0.349]   |
|                      | [La] <sup>+</sup> (mmol.l <sup>-1</sup> )     | 0.855***<br>[0.610 - 0.951]              | 0.855***<br>[0.610 - 0.951]                                  | -0.021<br>[-0.527 - 0.497]       | -0.071<br>[-0.563 - 0.458]                | -0.372<br>[-0.743 - 0.174]   |
|                      |                                               |                                          |                                                              |                                  |                                           |                              |

| Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 |                                |                                    |                            |                               |                            |
|------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|                                          | Distanza totale<br>(m)         | VO2peak stimato<br>(mL.kg-1.min-1) | HRpeak<br>(b.min-1)        | [La]+ (mmol.l-1)              | RPE (a.u.)                 |
| HRmax (b.min-1)                          | 0.039<br>[-0.483 - 0.540]      | 0.039<br>[-0.483 - 0.540]          | 0.338<br>[-0.211 - 0.725]  | -0.489<br>[-0.801 - 0.031]    | -0.257<br>[-0.679 - 0.294] |
| 0-50% HRmax (s)                          | -0.445<br>[-0.780 - 0.087]     | -0.445<br>[-0.780 - 0.087]         | -0.124<br>[-0.599 - 0.414] | 0.645**<br>[0.199 - 0.870]    | 0.397<br>[-0.145 - 0.756]  |
| 50-70% HRmax (s)                         | -0.812***<br>[-0.935 - -0.513] | -0.812***<br>[-0.935 - -0.513]     | -0.138<br>[-0.607 - 0.403] | 0.722**<br>[0.333 - 0.901]    | 0.559*<br>[0.066 - 0.833]  |
| 70-80% HRmax (s)                         | 0.140<br>[-0.401 - 0.609]      | 0.140<br>[-0.401 - 0.609]          | 0.157<br>[-0.386 - 0.619]  | -0.750**<br>[-0.912 - -0.385] | -0.232<br>[-0.665 - 0.318] |
| 80-90% HRmax (s)                         | 0.852***<br>[0.602 - 0.950]    | 0.852***<br>[0.602 - 0.950]        | 0.022<br>[-0.496 - 0.529]  | -0.287<br>[-0.697 - 0.264]    | -0.508<br>[-0.810 - 0.005] |
| 90-95% HRmax (s)                         | 0.900***<br>[0.720 - 0.967]    | 0.900***<br>[0.720 - 0.967]        | 0.081<br>[-0.450 - 0.570]  | -0.219<br>[-0.657 - 0.331]    | -0.468<br>[-0.790 - 0.059] |

Note: VO2peak: consumo di ossigeno di picco; HRpeak: frequenza cardiaca di picco; [La]+: concentrazione di lattato ematico; RPE: scala di percezione dello sforzo. \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.001$ .

# Capitolo 7

## DISCUSSIONE

Il presente studio aveva l'obiettivo di esaminare le relazioni tra la fitness aerobica, valutata attraverso il 45–15 Intermittent Fitness Test (45–15 FIT) e lo Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YYIR1), e sia le richieste fisiche relative alla partita sia le risposte nelle small-sided games (SSG) in giovani calciatrici élite. I principali risultati sono stati: (i) forti associazioni tra la prestazione nel YYIR1 e le attività di gara ad alta intensità; (ii) relazioni significative tra le variabili del 45–15 FIT e le metriche di carico esterno sia della partita sia delle SSG; e (iii) associazioni limitate e non costanti tra fitness aerobica e risposte di carico interno.

Un risultato chiave di questo studio è stato rappresentato dalle correlazioni molto ampie osservate tra la prestazione nel YYIR1 e la corsa ad alta velocità e a velocità molto elevata durante le partite. Questi risultati supportano evidenze precedenti che indicano come il YYIR1 sia un valido indicatore della capacità di corsa intermittente ad alta intensità e sia fortemente correlato alla prestazione in partita. Le giocatrici con una migliore prestazione nel YYIR1 possiedono probabilmente qualità aerobiche e anaerobiche superiori, che consentono loro di sostenere sforzi ripetuti ad alta intensità e di recuperare in modo più efficiente tra le diverse azioni. Questo aspetto è particolarmente rilevante nel calcio femminile, dove le azioni intermittenti ad alta velocità rappresentano determinanti critiche della prestazione.

Allo stesso modo, il 45–15 FIT ha mostrato associazioni significative con diverse variabili di carico esterno della partita, tra cui high-speed running, very high-speed running e accelerazioni. In particolare, il  $\text{VO}_2\text{peak}$  derivato dal 45–15 FIT ha dimostrato correlazioni molto ampie con le metriche di corsa ad alta intensità, suggerendo che questo test possa essere particolarmente sensibile nel rilevare le qualità fisiologiche alla base della prestazione in partita. Questi risultati ampliano la letteratura precedente, confermando la validità ecologica del 45–15 FIT nelle giovani calciatrici élite.

Nel contesto delle SSG, sono state osservate correlazioni da moderate ad ampie tra la fitness aerobica, in particolare gli outcome del 45–15 FIT, e variabili di carico esterno come high-speed running e accelerazioni. Questo indica che le giocatrici con una maggiore fitness aerobica sono in grado di raggiungere carichi esterni superiori anche in formati di gioco vincolati. Tuttavia, la forza di queste relazioni è risultata generalmente inferiore rispetto a quella osservata nella partita, probabilmente a causa dei vincoli tattici e spaziali propri delle SSG, che possono limitare l'espressione delle capacità massimali di corsa.

È interessante osservare che le relazioni tra fitness aerobica e variabili di carico interno, ad esempio le risposte della frequenza cardiaca e la concentrazione di lattato ematico, sono risultate non costanti sia nelle partite sia nelle SSG. Questo può essere spiegato dalla natura multifattoriale del carico interno, che è influenzato non solo dal livello di fitness, ma anche da fattori contestuali come le strategie di pacing, i ruoli tattici e lo stress psicologico. Di conseguenza, le misure di carico interno possono rappresentare indicatori meno sensibili della fitness aerobica in contesti ecologici rispetto alle metriche di carico esterno.

Da un punto di vista pratico, questi risultati evidenziano l'importanza di includere sia il YYIR1 sia il 45–15 FIT nella valutazione della fitness aerobica nelle calciatrici. Mentre il YYIR1 sembra essere fortemente correlato alla prestazione ad alta intensità in partita, il 45–15 FIT fornisce informazioni complementari, in particolare riguardo alle risposte fisiologiche e alla prestazione nelle SSG. Allenatori e professionisti possono quindi utilizzare questi test in modo intercambiabile o in combinazione, al fine di individualizzare meglio la prescrizione dell'allenamento.

Inoltre, le associazioni osservate tra fitness aerobica e variabili di carico esterno suggeriscono che il miglioramento della capacità aerobica possa aumentare la capacità delle giocatrici di eseguire azioni ad alta intensità sia durante le partite sia durante l'allenamento. Questo presenta implicazioni dirette per i programmi di condizionamento, sottolineando la necessità di interventi mirati di allenamento aerobico e di interval training ad alta intensità.

Nonostante i punti di forza di questo studio, tra cui l'utilizzo di tecnologia GPS ad alta frequenza e l'integrazione di dati relativi a partite e SSG, devono essere riconosciuti alcuni limiti. In primo luogo, la dimensione relativamente ridotta del campione, sebbene giustificata dall'analisi di potenza e dalla natura élite del gruppo, può limitare la generalizzabilità dei risultati. In secondo luogo, il disegno trasversale non consente di stabilire inferenze causali. Le ricerche future dovrebbero adottare disegni longitudinali o basati su interventi, al fine di comprendere meglio in che modo i cambiamenti della fitness aerobica si traducano in miglioramenti della prestazione in partita. Inoltre, l'inclusione dell'analisi per ruolo e di variabili tattiche potrebbe fornire ulteriori informazioni sulle relazioni osservate.

In conclusione, la fitness aerobica, valutata sia attraverso il YYIR1 sia attraverso il 45–15 FIT, è significativamente associata alle richieste di carico esterno ad alta intensità durante le partite e, in misura minore, durante le SSG nelle giovani calciatrici élite. Questi risultati rafforzano la rilevanza della fitness aerobica nella prestazione calcistica e supportano l'utilizzo dei test da campo come strumenti pratici per monitorare e ottimizzare la condizione fisica delle giocatrici.

# BIBLIOGRAFIA

1. Beato M, Datson N, Anderson L, Brownlee T, Coates A, Hulton A. Rationale and Practical Recommendations for Testing Protocols in Female Soccer: A Narrative Review. *J Strength Cond Res.* 2023 Sep 1;37(9):1912-1922. doi: 10.1519/JSC.0000000000004509. Epub 2023 May 15. PMID: 37184978.
2. Castagna C, Manzi V, Impellizzeri F, Weston M, Barbero Alvarez JC. Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010 Dec;24(12):3227-33. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e72709. PMID: 21068683.
3. Redkva PE, Paes MR, Fernandez R, da-Silva SG. Correlation between Match Performance and Field Tests in Professional Soccer Players. *J Hum Kinet.* 2018 Jun 13;62:213-219. doi: 10.1515/hukin-2017-0171. PMID: 29922392; PMCID: PMC6006532.
4. Martínez-Lagunas V, Hartmann U. Validity of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 for direct measurement or indirect estimation of maximal oxygen uptake in female soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014 Sep;9(5):825-31. doi: 10.1123/ijsp.2013-0313. Epub 2014 Jan 15. PMID: 24436355.
5. Michailidis, Yiannis. "The relationship between aerobic capacity, anthropometric characteristics, and performance in the Yo-Yo Intermittent Recovery Test among elite young football players: Differences between playing positions." *Applied Sciences* 14.8 (2024): 3413.
6. Castagna, Carlo, et al. "Validity and reliability of the 45-15 test for aerobic fitness in young soccer players." *International journal of sports physiology and performance* 9.3 (2014): 525-531.
7. Bandyopadhyay, K. (2026). Introduction: soccer, women and society. *Soccer & Society*, 27(2–3), 195–206. <https://doi.org/10.1080/14660970.2025.2603767>
8. Nassis GP, Brito J, Tomás R, Heiner-Møller K, Harder P, Kryger KO, Krstrup P. Elite women's football: Evolution and challenges for the years ahead. *Scand J Med Sci Sports.* 2022 Apr;32 Suppl 1:7-11. doi: 10.1111/sms.14094. Epub 2021 Dec 9. PMID: 34882847.
9. Williams, Jean. *Women's Football, Europe and Professionalization*. Vol. 2011. UEFA Research Report, 1971.

10. Datson, N., Hulton, A., Andersson, H. *et al.* Fisiologia applicata del calcio femminile: un aggiornamento. *Sports Med* **44** , 1225–1240 (2014). <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0199-1>
11. Giménez, J. V., et al. "Predictive modelling of the physical demands during training and competition in professional soccer players." *Journal of Science and Medicine in Sport* 23.6 (2020): 603-608.
12. Pedersen, A. V., Aksdal, I. M., & Stalsberg, R. (2019). Scaling demands of soccer according to anthropometric and physiological sex differences: A fairer comparison of men's and women's soccer. *Frontiers in psychology*, *10*, 453820.
13. Bradley, P. S., Dellal, A., Mohr, M., Castellano, J., & Wilkie, A. (2014). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Human movement science*, *33*, 159-171.
14. Hostrup M, Bangsbo J. Performance Adaptations to Intensified Training in Top-Level Football. *Sports Med.* 2023 Mar;53(3):577-594. doi: 10.1007/s40279-022-01791-z. Epub 2022 Nov 16. PMID: 36380164; PMCID: PMC9667002.
15. Wen X, Song F, Yang L, Xu Q. Small-Sided Soccer Games Promote Greater Adaptations on Vertical Jump and Change-of-Direction Deficit and Similar Adaptations in Aerobic Capacity than High-Intensity Interval Training in Females. *J Sports Sci Med.* 2024 Jun 1;23(2):445-454. doi: 10.52082/jssm.2024.445. PMID: 38841638; PMCID: PMC11149063.
16. Perrotta AS, Day BD, Correa CJ, Scott AJ, Ramos J, Gnatiuk EA, Warburton DER. Physiological, anthropometric and athletic performance adaptations from completing a 1-month pre-season period. A two-year longitudinal study in female collegiate soccer players. *Front Sports Act Living.* 2024 Mar 11;6:1353129. doi: 10.3389/fspor.2024.1353129. PMID: 38529410; PMCID: PMC10961417.
17. Roso-Moliner A, Mainer-Pardos E, Cartón-Llorente A, Nobari H, Pettersen SA and Lozano D (2023) Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. *Front. Physiol.* 14:1171636. doi: 10.3389/fphys.2023.1171636
18. Los Arcos, A., Mendez-Villanueva, A., & Martínez-Santos, R. (2017). In-season training periodization of professional soccer players. *Biology of Sport*, *34*(2), 149-155. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.64588>

19. Deprez, D., Fransen, J., Lenoir, M., Philippaerts, R., and Vaeyens, R. (2015). The Yo-Yo intermittent recovery test level 1 is reliable in young high-level soccer players. *Biology of Sport*, 32(1), pp.65-70. <https://doi.org/10.5604/20831862.1127284>
20. Krustup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, Pedersen PK, Bangsbo J. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Apr;35(4):697-705. doi: 10.1249/01.MSS.0000058441.94520.32. PMID: 12673156.
21. Clemente, F., Oliveira, R., Akyildiz, Z., Yildiz, M., Sagioglu, İ., & Silva, A. F. (2023). Locomotor demands of 30-15 Intermittent Fitness Test, Yo-Yo Intermittent Recovery Test, and VAMEVAL test and comparisons with regular locomotor demands in training sessions and matches: a study conducted in youth male soccer players. *Human Movement*, 24(1), 67-75.
22. Čović N, Jelešković E, Alić H, Rađo I, Kafedžić E, Sporiš G, McMaster DT, Milanović Z. Reliability, Validity and Usefulness of 30-15 Intermittent Fitness Test in Female Soccer Players. *Front Physiol.* 2016 Nov 17;7:510. doi: 10.3389/fphys.2016.00510. PMID: 27909408; PMCID: PMC5112263.
23. Scott, Macfarlane T.U.1,2; Scott, Tannath J.2,3; Kelly, Vincent G.1,2. The Validity and Reliability of Global Positioning Systems in Team Sport: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30(5):p 1470-1490, May 2016. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000001221
24. Keiner M, Warneke K, Skratek J, Kadlubowski B, Beinert K, Wittke A, Wirth K. Specificity in Change of Direction Training: Impact on Performance Across Different Tests. *J Strength Cond Res.* 2025 Jun 10;39(9):945-951. doi: 10.1519/JSC.0000000000005171. PMID: 40489411.
25. Smith, E. S., McKay, A. K., Ackerman, K. E., Harris, R., Elliott-Sale, K. J., Stellingwerff, T., & Burke, L. M. (2022). Methodology review: a protocol to audit the representation of female athletes in sports science and sports medicine research. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 32(2), 114-127.
26. Vantieghem-Nicolas, L., Morin, JB, Cotte, T., Sangnier, S., & Rossi, J. (2023). Validità e affidabilità concorrente del profilo forza-velocità dello sprint valutato con la tecnologia indossabile K-AI. *Sensors* , 23 (19), 8189.

27. Riboli, A., Coratella, G., Rampichini, S., Cé, E., & Esposito, F. (2020). Area per player in small-sided games to replicate the external load and estimated physiological match demands in elite soccer players. *PloS one*, 15(9), e0229194.
28. Gaudino, P. (2014). MONITORING TRAINING IN ELITE SOCCER: A NEW APPROACH BASED ON GPS DERIVED ESTIMATED METABOLIC POWER DATA.
29. Beato, M., Coratella, G., Stiff, A., & Iacono, A. D. (2018). The validity and between-unit variability of GNSS units (STATSports Apex 10 and 18 Hz) for measuring distance and peak speed in team sports. *Frontiers in physiology*, 9, 1288.
30. Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International journal of sports medicine*, 28(12), 1018-1024.
31. Martínez-Lagunas, V., & Hartmann, U. (2014). Validity of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 for direct measurement or indirect estimation of maximal oxygen uptake in female soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 9(5), 825-831.
32. Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*, 15(2), 155-163.
33. Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-12.
34. Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine*, 26(4), 217-238.
35. Hopkins, W. G. (2004). *How to interpret changes in an athletic performance test. Sportsci.* 8, 1–7.
36. Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2009). Test validation in sport physiology: lessons learned from clinimetrics. *International journal of sports physiology and performance*, 4(2), 269-277.
37. Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231-240.

# RINGRAZIAMENTI

## Ringraziamenti

Desidero innanzitutto ringraziare il Professor Marco Panasci e la Professoressa Emanuela Luisa Faelli per avermi accompagnato in questo percorso, per la disponibilità dimostrata e per il supporto fornito durante la realizzazione di questa tesi. Grazie per aver contribuito ad arricchire il mio bagaglio di conoscenze e per avermi guidato in una fase importante del mio percorso universitario.

Questa laurea rappresenta per me un traguardo significativo, la conclusione di un capitolo importante della mia vita e, allo stesso tempo, l'inizio di un nuovo percorso. Arrivare fin qui non sarebbe stato possibile senza le persone che, in modi diversi, mi sono state accanto.

Il grazie più grande va ai miei genitori. Grazie per l'amore, il supporto e la fiducia che mi avete sempre dimostrato. Grazie per esserci stati in ogni momento, per avermi supportato nelle scelte, nelle difficoltà e nei periodi più impegnativi. Tutto ciò che fate per me, spesso anche in silenzio, ha avuto e continua ad avere un valore enorme. Se oggi raggiungo questo traguardo, una parte fondamentale è sicuramente vostra.

Un ringraziamento speciale va al mio gruppo di amici, FFG. Amici di sempre, con cui sono cresciuto e con cui ho condiviso momenti, esperienze e difficoltà. Grazie per il sostegno, per le risate, per la presenza costante e per quel legame che, nonostante il tempo e i cambiamenti, continua a rimanere forte.

Grazie anche al gruppo Auau, compagni di viaggio in questo percorso universitario. Con voi ho condiviso esami, giornate di studio, momenti di ansia, ma anche tante risate e soddisfazioni. Avete reso questi anni più leggeri, più belli e sicuramente più importanti.

Un pensiero va anche a tutti i miei compagni di università, con cui ho vissuto questa esperienza dall'inizio alla fine. In questi anni si è creato un gruppo unico, capace di condividere non solo lezioni ed esami, ma anche momenti di vita, confronto e crescita.

Ringrazio inoltre tutte le persone che, ognuna a proprio modo, mi hanno aiutato in questo percorso di studi e che ancora oggi contribuiscono alla mia crescita personale e professionale. Ogni consiglio, ogni confronto e ogni esperienza mi hanno permesso di migliorarmi e di ampliare il mio bagaglio di conoscenze.

Concludo questo percorso con gratitudine, consapevole di ciò che mi ha dato e delle persone che ne hanno fatto parte.

Grazie di cuore a tutti.

Lorenzo