



Programma di Dottorato in "Scienza del Movimento Umano e dello Sport" Università degli studi di Roma "Foro Italico" -
XXXVI ciclo

Settore Scientifico Disciplinare: MED/13 "Endocrinologia"

SPECIFICHE PROGETTO DI RICERCA:

"Ciclo mestruale e performance. Le fasi del ciclo mestruale: come possono influenzare la performance."

RELATIONSHIP BETWEEN MENSTRUAL CYCLE PHASES AND PERFORMANCE

PhD student: Marco Lista

Supervisor: Professor Paolo Giuseppe Maria Sgrò

*Un ringraziamento speciale al dipartimento **Performance & Analytics del Parma Calcio 1913**. Un dipartimento dinamico e all'avanguardia che si distingue per essere garanzia di eccellenza e dimostrare, oggi più che mai, grande interesse e apertura verso la ricerca e l'innovazione.*

*“Theory is when you know everything, but nothing works.
Practice is everything works, but no one knows why. In
our laboratory, theory and practice are combined: nothing
works, and no one knows why!”*

Albert Einstein

INDICE

General Introduction	5
CICLO MESTRUALE	6
CICLO MESTRUALE E PERFORMANCE	10
OBIETTIVI E SCHEMA DELLA TESI	15
Bibliografia	17
Menstrual cycle phase and elite female soccer during training: exercise load perception and external workloads monitoring	19
Bibliografia	36
Effect of menstrual cycle phases on physical performance in elite women soccer players.	40
Bibliografia	52
Work in Progress: Effect of menstrual cycle phases on physical performance in elite women soccer players. Pt. 2	62
Bibliografia	67
Conclusioni Generali E Spunti Futuri Di Ricerca	68
Bibliografia	70

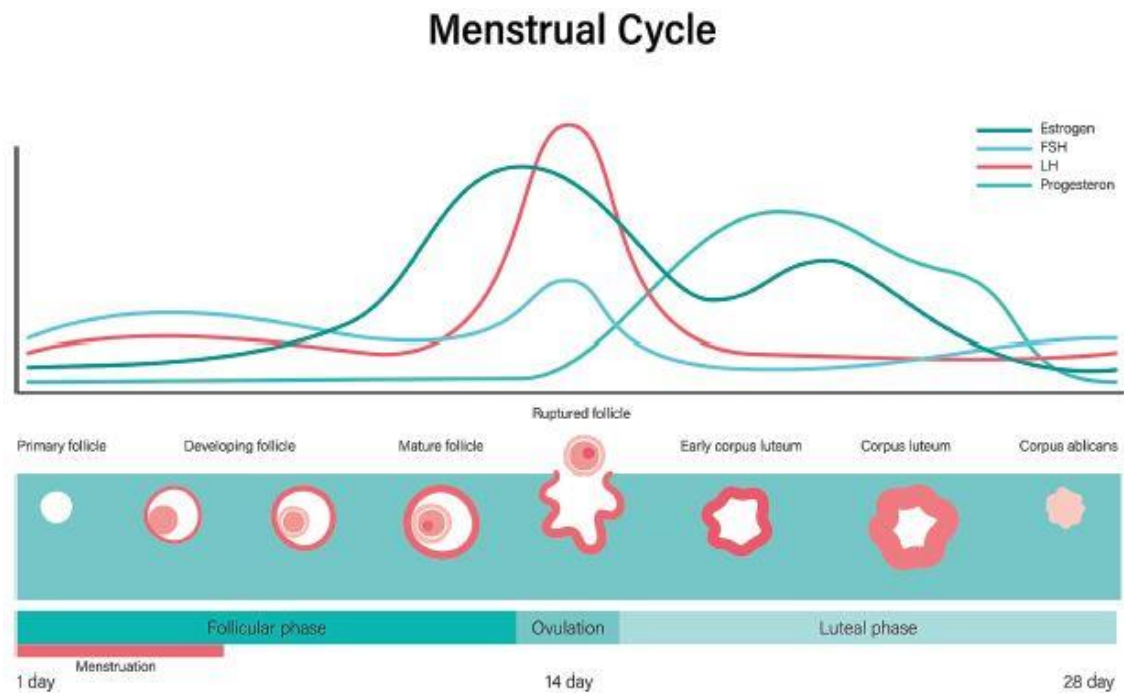
Introduzione Generale

Sin da quando il mondo dello sport ha aperto ufficialmente alla partecipazione delle atlete, il numero di queste ultime è via via aumentato nel corso degli anni. Con l'avvento del professionismo in diversi sport e il sempre maggiore interesse mediatico verso lo sport femminile, è cresciuto anche l'interesse degli addetti ai lavori. L'aumento delle capacità tecniche, tattiche e di performance sono solo alcuni dei temi che più stanno a cuore ai tecnici dei "neonati" sport femminili. A questo aumento di interesse ha fatto seguito l'aumento da parte del mondo della ricerca verso lo studio del modello di prestazione negli sport femminili. Al giorno d'oggi uno dei temi che riscuote maggiore interesse, per quanto riguarda lo sport femminile, tra i tecnici e i ricercatori, è sicuramente quello del ciclo mestruale ed i suoi effetti sulla performance. Dato il ridotto numero di studi condotti sulle atlete, a differenza di quanto avveniva in passato, oggi giorno ci si sta concentrando sempre di più sull'investigare i fenomeni fisiologici e ormonali che regolano o che influenzano gli output fisici negli sport femminili, in relazione al ciclo mestruale ed alle sue diverse fasi. Per fronteggiare questa carenza di informazioni ed ottimizzare la performance con delle linee guida specifiche, negli ultimi anni sono aumentanti via via sempre di più gli studi che indagano le complesse interazioni tra ciclo e performance. Diversi autori si sono interessati al fenomeno provando a studiarlo. Una premessa molto importante da fare in questa sede è che ad oggi non c'è grossa uniformità di risultati negli studi presenti in letteratura poiché i campioni presi in esame sono stati molto eterogeni e le metriche o le modalità di studio non sono state ancora del tutto standardizzate. Appare evidente che per studiare il fenomeno sia innanzitutto necessario conoscere almeno a grandi linee cosa succede all'interno dell'organismo di una donna nei 28/35 (intervallo di normalità) giorni di ciclo mestruale. È di importanza rilevante sapere cosa accade dal punto di vista neuroendocrino e come le fluttuazioni ormonali che accompagnano le varie fasi del ciclo possono far cambiare dal punto di vista fisiologico/funzionale la risposta di organi e sistemi quando sottoposti a stimoli allenanti.

CICLO MESTRUALE

Il sistema riproduttivo femminile, a differenza di quello maschile, presenta dei cambiamenti ciclici regolari che rappresentano una sorta di preparazione periodica alla gravidanza e alla fecondazione. Questa ciclicità di cambiamenti viene definita come ciclo mestruale. Ogni ciclo mestruale ha una durata media di circa 28 giorni, compare nella donna con la pubertà, tra i 10 ed i 16 anni approssimativamente, e svanisce con la menopausa, più o meno intorno ai 50 anni di età. Dal punto di vista fisico il ciclo mestruale è identificato con la comparsa della mestruazione. Il primo giorno di mestruazione, per convenzione, viene indicato come primo giorno di ciclo mestruale. L'ultimo giorno prima della successiva mestruazione viene indicato come ultimo giorno di ciclo. Il ciclo mestruale segue un'alternanza di fasi che sono regolate dagli ormoni prodotti dall'ipotalamo (GnRH), dall'ipofisi (LH e FSH) e dalle ovaie (principalmente Estrogeno e Progesterone). Come detto in precedenza, il ciclo mestruale può essere definito come una preparazione periodica alla gravidanza, questa preparazione avviene per mezzo della produzione di un'ovocita che è definita come ovulazione. L'ovulazione e quindi di conseguenza il ciclo mestruale e la sua alternanza di fasi sono regolati da una serie di fluttuazioni ormonali che hanno come scopo principale quello di preparare l'organismo per un'ipotetica gravidanza. Questa preparazione avviene attraverso un susseguirsi di fasi ben individuabili. Possiamo quindi identificare all'interno di un ciclo mestruale tre grandi fasi: la Fase Follicolare che include la mestruazione, la Fase Ovulatoria o Ovulazione e la Fase Luteale. [1]

Fasi del Ciclo Mestruale



Gault, M., & Smith, K. (2023). *The Menstrual Cycle: A Look Back on the Understanding and Its Impact on Athletic Performance*. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 27(5), 6-10.

1. Fase Follicolare

La primissima fase del ciclo mestruale è la fase follicolare. È identificata con il periodo che va dal primo al quattordicesimo giorno del ciclo mestruale, in cui il primo giorno è individuato con il primo giorno di sanguinamento o mestruazione. L'ormone che ricopre un ruolo predominante in questa prima fase è l'estrogeno. L'aumento dei livelli di questo ormone avviene attraverso la stimolazione dell'ormone follicolo stimolante (FSH) prodotto dall'ipofisi. L'estrogeno è un ormone steroideo responsabile della crescita e della regolazione del sistema riproduttivo femminile e dei caratteri sessuali secondari nella donna. Nella fase follicolare l'estrogeno, prodotto dalle cellule della granulosa del follicolo in via di sviluppo, è responsabile della maturazione del follicolo ed esercita un feedback negativo sulla produzione dell'ormone luteinizzante (LH) da parte dell'ipofisi. Una volta che i livelli di estrogeno avranno raggiunto un livello critico, man mano che ci si avvicina all'ovulazione, l'estrogeno inizia ad esercitare un feedback positivo sulla

produzione di LH, portando all'aumento di quest'ultimo. Questa serie di eventi di natura endocrina porta alla crescita ed alla maturazione del follicolo e dell'ovocita contenuto al suo interno che si prepara per la successiva fase: la fase ovulatoria o ovulazione.

2. Fase Ovulatoria o Ovulazione

L'ovulazione con annessa liberazione dell'ovocita si verifica sempre quattordici giorni prima della mestruazione; quindi, per un ciclo medio di circa 28 giorni l'ovulazione dovrebbe avvenire intorno al quattordicesimo giorno. In questa fase, come già accennato, gli alti livelli di estrogeno esercitano un feedback positivo sulla secrezione di ormone luteinizzante. Gli alti livelli di LH abbinati ad alti livelli di FSH fanno sì che ci sia la rottura del follicolo maturo con conseguente rilascio dell'ovocita. LH induce l'ovulazione, ed è il responsabile della produzione ovarica di Progesterone. Il progesterone è un ormone steroideo responsabile della preparazione dell'endometrio all'impianto uterino dell'ovulo fecondato e al mantenimento della gravidanza. Se un ovulo fecondato si impianta, il corpo luteo secreta progesterone dall'inizio della gravidanza fino allo sviluppo della placenta e assume il controllo della produzione di progesterone per il resto della gravidanza.

3. Fase Luteale

La fase successiva del ciclo mestruale è la fase luteale. Questa fase corrisponde al periodo tra l'ovulazione e l'inizio della successiva mestruazione. Durante questa fase a farla da padrone è il progesterone, i suoi livelli sono alti sotto influenza dello stimolo di LH. La sua funzione principale in questo periodo è quella di preparare il corpo luteo e l'endometrio al possibile impianto dell'ovulo fecondato. Al termine della fase luteale, il progesterone, grazie ad un meccanismo di feedback negativo sull'ipofisi, farà in modo che diminuiscano i livelli di FSH ed LH prima, e successivamente di Estrogeno e Progesterone stesso. Verso la fine della fase luteale, i livelli plasmatici di estrogeno e progesterone vengono prodotti prevalentemente dal corpo luteo. Se si verifica una gravidanza, un ovulo fecondato viene impiantato nell'endometrio e il corpo luteo persisterà e manterrà i livelli ormonali. Tuttavia, se non viene impiantato un ovulo

fecondato, il corpo luteo regredisce e i livelli sierici di estrogeno e progesterone diminuiscono rapidamente e si avrà la comparsa di una nuova mestruazione che darà inizio ad un successivo ciclo. [1,2,3]

Come abbiamo brevemente osservato nelle righe precedenti, senza entrare troppo nel dettaglio, il ciclo mestruale può essere suddiviso in fasi in base alle fluttuazioni ormonali ed alle trasformazioni fisiche/fisiologiche che ne conseguono. Queste trasformazioni sono prevalentemente a carico del sistema riproduttivo. La successione regolare ed organizzata di eventi che ne scaturiscono è necessaria a preparare l'organismo per un'eventuale gravidanza. Questa alternanza di fasi è finemente regolata attraverso interazioni molto complesse dal sistema endocrino. Le intercomunicazioni tra i diversi ormoni coinvolti ed i vari meccanismi di feedback positivo o negativo a più livelli all'interno dell'asse Ipotalamo-Ipofisi-Gonadi sono i veri protagonisti di questo ciclo biologico che sta alla base della vita stessa. Tralasciando solo momentaneamente quella che è la stretta relazione tra gli ormoni che agiscono direttamente a livello locale: Estrogeno e Progesterone, e la loro funzione di supporto alle attività relazionate con la sfera riproduttiva andremo ad analizzare nel dettaglio quelle che sono le funzioni di questi ormoni su altri organi e sistemi, per provare a fare chiarezza su come questi ultimi possono condizionare la performance nelle diverse fasi del ciclo mestruale. Diversi autori hanno provato ad analizzare il fenomeno provando a fornire informazioni di carattere teorico circa gli effetti di estrogeno e progesterone a supporto di questa tesi. Gli studi presenti ad oggi in letteratura hanno evidenziato che le oscillazioni cicliche delle concentrazioni di estrogeni e progesterone durante il ciclo mestruale hanno una moltitudine di effetti di diversa natura. Interagiscono direttamente o indirettamente con diversi sistemi fisiologici, condizionando appunto parametri di natura cardiovascolare, respiratoria, metabolica e neuromuscolare. L'influenza a carico di questi sistemi potrebbe, almeno dal punto di vista teorico, avere implicazioni anche per gli aspetti più strettamente collegati con la performance sportiva [4,5,6].

CICLO MESTRUALE E PERFORMANCE

Sembrerebbero esistere tutta una serie di interazioni attraverso le quali le fluttuazioni cicliche di estrogeno e progesterone durante tutto l'arco del ciclo mestruale potrebbero influenzare le prestazioni. Diversi sono gli studi che hanno evidenziato questi effetti. Gli estrogeni sembrerebbero avere un effetto anabolico sul muscolo scheletrico [7]. L'aumento degli estrogeni è stato dimostrato essere strettamente relazionato con l'aumento della capacità di recupero dopo esercizi svolti ad alta intensità questo grazie alla maggiore capacità anabolica dell'organismo indotta da questo ormone [8]. A supporto di questa tesi è possibile notare come durante la menopausa, in cui si osserva una diminuzione generale dei livelli di estrogeno, si abbia un tasso di sintesi proteica ridotto e un tasso di perdita di massa muscolare aumentato. Gli estrogeni sembrerebbero avere un ruolo fondamentale anche sul metabolismo cellulare favorendo un aumento dell'accumulo di riserve di glicogeno muscolare e di pari passo un aumento della capacità di ossidare i lipidi come substrato energetico [9,10]. L'estrogeno sembrerebbe essere anche responsabile dell'aumento della lassità legamentosa e della riduzione del tasso di formazione del collagene [7,11] esponendo le atlete ad un maggior rischio di infortuni legati a rottura legamentosa nella fase follicolare tardiva in cui si ha il picco di estrogeno. Per quanto riguarda il progesterone si ritiene che abbia effetti anti-estrogenici; quindi, funga da suo antagonista/regolatore naturale [12]. È stato ampiamente osservato come il progesterone contrasti gli effetti degli estrogeni in quanto sembrerebbe limitare la capacità di ossidazione dei grassi, sembrerebbe essere responsabile dell'aumento della temperatura basale ed inoltre, sembrerebbe contribuire all'aumento della frequenza cardiaca [13]. L'estrogeno e progesterone hanno rispettivamente effetto neuro-eccitatorio, il primo, e di inibizione dell'eccitabilità corticale, il secondo [14]. Questa loro attività può condizionare la produzione di forza agendo direttamente sulla frequenza di scarica del sistema nervoso e sulla capacità di reclutamento delle fibre muscolari. In linea teorica si potrebbe, quindi ipotizzare che la produzione di forza e potenza sarebbe maggiore nella tarda fase follicolare del ciclo mestruale in cui il progesterone rimane basso e l'estrogeno invece è vicino al suo picco. Al contrario la produzione di forza risulterebbe essere minore, invece, nella fase luteale in cui il progesterone è sensibilmente più alto. Come

accennato nelle righe precedenti il progesterone, nella fase luteale, sembrerebbe essere responsabile anche dell'aumento della temperatura corporea. Questo fenomeno, in linea teorica, potrebbe avere effetti positivi sulla performance, se si tratta di una prestazione di breve durata, oppure effetti negativi quando ci si trova di fronte a performance di lunga durata. L'innalzamento della temperatura corporea in prestazioni sportive di lunga durata sottopone l'organismo ad un ulteriore stress di natura termoregolatoria [15].

In base a quanto esposto fino ad ora sembrerebbe che le fluttuazioni ormonali legate alle diverse fasi del ciclo mestruale, come riportato da diversi studi presenti in letteratura, potrebbero influenzare le prestazioni e i parametri di performance delle atlete [13,16]. Secondo alcuni autori, in linea generale, le prestazioni fisiche sembrerebbero essere ridotte durante la prima fase follicolare rispetto a tutte le altre fasi del ciclo mestruale [16] questo forse a causa della sintomatologia legata alla mestruazione. Le performance neuromuscolari di forza e le performance di tipo aerobico sembrerebbero essere compromesse durante la tarda fase luteale, mentre per quanto riguarda le prestazioni di tipo anaerobico sembrerebbero essere condizionate in negativo più frequentemente nella tarda fase follicolare. Le informazioni di carattere pratico a disposizione in letteratura circa l'influenza delle fasi del ciclo mestruale sui diversi tipi di performance, (aerobica, anaerobica e di forza) sono state ottenute tramite la valutazione di questi parametri per mezzo di test specifici [13,16]. Per valutare le performance di forza tendenzialmente sono stati utilizzati come indicatori i risultati ottenuti nei test di salto Counter Movement Jump (CMJ) oppure nei test di massima contrazione volontaria isometrica (MVIC) al dinamometro. Per la valutazione delle capacità anaerobiche, invece, sono stati utilizzati, il tempo dello sprint sui 30 metri, il tempo di sprint su 100 metri oppure test che avevano durata inferiore ai 3 minuti del tipo all-out. Per quanto riguarda invece la valutazione della capacità aerobica, dagli studi presenti in letteratura si può notare che tendenzialmente è stata usata la distanza percorsa in test di corsa di tipo intermittente. Dai risultati di questi studi sembrerebbe che per le performance di tipo anaerobico di durata inferiore ai 3 minuti non ci siano differenze tra le varie fasi del ciclo mestruale [13]. Per quanto riguarda le performance di forza invece, sembrerebbe che nella fase follicolare i livelli di forza risultino aumentati [17]. Per quel che concerne invece le performance di tipo aerobico, sembrerebbe che la fase follicolare sia la fase in cui questo tipo di prestazioni sarebbero

maggiormente condizionate in positivo [18]. Oltre agli aspettati legati direttamente alla performance dal punto di vista fisico, è stato evidenziato come le atlete percepiscano un declino di prestazione ed un aumento di fatica in alcune fasi del ciclo mestruale [13] soprattutto quando le concentrazioni ormonali sono basse. La concentrazione di estrogeni e progesterone può contribuire alla fatica in vari modi, ad esempio l'estrogeno aumenta la sensibilità insulinica mentre il progesterone aumenta l'insulinorestenza [18]. Per gli aspetti relazionati con il recupero invece sembrerebbe che l'estrogeno possieda proprietà antiossidanti che possono limitare il danno muscolare, ridurre lo stato infiammatorio e stimolare il recupero e la riparazione muscolare [6].

DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Provare a comprendere come le atlete siano condizionate dal ciclo mestruale nelle differenti fasi è di fondamentale importanza per gli addetti ai lavori. Sapere come i parametri fisici, le capacità di recupero e l'utilizzazione dei substrati energetici all'interno della gestione di un atleta possano essere condizionati dalle fluttuazioni ormonali annesse al ciclo mestruale potrebbe essere la chiave di volta per una migliore gestione di queste ultime. Appare evidente che abbiamo bisogno di fare chiarezza circa i fenomeni presenti in tutto l'arco del ciclo mestruale. Avere il quadro della situazione più o meno chiaro permetterebbe sicuramente di ottimizzare la performance, di preservare la salute psicologica e fisica delle atlete e di prevenire indesiderati infortuni. Il tema legato agli infortuni è di fondamentale importanza poiché, oltre a pregiudicare il rendimento/carriera della singola atleta condiziona anche gli obiettivi di squadra o del team di lavoro. Questo fenomeno porta con sé inevitabili ricadute di natura economica per le società che investono sempre di più nello sport femminile. Risulta quindi fondamentale tenere in considerazione tutte quelle che sono le interazioni tra ciclo mestruale e sfera sportiva. Il primo passo per provare a gestire al meglio tutte le interconnessioni che regolano questo delicato equilibrio di natura endocrino-sportiva-economica passa attraverso una buona struttura di monitoraggio. Il monitoraggio ad oggi molto in voga per quello che riguarda i parametri fisici deve essere esteso alla sfera mestruale. Questo è di fondamentale importanza per diversi motivi:

- Conoscere se c'è una certa regolarità nella comparsa della mestruazione e di conseguenza capire se ci sono delle alterazioni nell'alternanza di cicli successivi.
- Individuare eventuali irregolarità e se presenti indagare i fenomeni di natura endocrina e non che ne stanno alla base.
- Capire come in maniera individualizzata questa alternanza di fasi può condizionare parametri fisici, psicologici e sociali delle atlete.
- Capire come la sintomatologia, spesso presente, in alcune fasi può alterare la percezione dello sforzo, del recupero e altri parametri connessi con il weell being delle atlete.
- Provare ad educare le atlete per una migliore gestione delle strategie nutrizionali e di recupero più adatte al periodo che stanno vivendo.
- Preservare la salute delle atlete, spesso soggette a stress di varia natura.

Per tutti questi motivi il monitoraggio del ciclo mestruale negli sport femminili appare di importanza rilevante per una migliore gestione delle atlete a 360°. È comprensibile pensare che tutto questo processo non sia di semplice applicazione soprattutto in quei contesti in cui le risorse finanziarie ed umane non sono adeguate a fare un follow up di un fenomeno così complesso. La questione poi si complica ulteriormente in tutti quegli sport in cui la situazionalità del gioco e il calendario di competizioni molto ravvicinato non permette di individualizzare al massimo monitoraggio, strategie di allenamento e nutrizionali. Nonostante tutte queste difficoltà di natura logistico/pratica la vera sfida degli sport femminili è quella che prova ad implementare un monitoraggio di questo tipo. Anche nel mondo della ricerca spesso, soprattutto in passato, sono stati prevalentemente scelti soggetti di sesso maschile perché, anche se non in maniera del tutto chiara, si è sempre avuta la sensazione che il ciclo potesse in qualche modo alterare i risultati di alcune tipologie di studi. Diverse sono le conoscenze accumulate nel corso degli anni e si è capito che in maniera diretta o indiretta il ciclo mestruale condiziona gli output di performance. A questo proposito numerosi gruppi di ricerca si sono interessati al fenomeno e numerosi addetti ai lavori hanno iniziato a monitorare in maniera sistematica le loro atlete. Ad esempio, già nel corso del mondiale 2019 la nazionale femminile

statunitense di calcio ha messo in atto delle strategie di monitoraggio e individualizzazione della gestione degli allenamenti in base alle varie fasi del ciclo mestruale grazie al supporto del “*American Congress of Obstetricians and Gynecologists*” [11, 19]. Ad oggi, con l’affermarsi del movimento calcistico femminile e con l’aumentare dell’interesse da parte del pubblico, dei club e delle federazioni, alcune società che considerano questo topic di primaria importanza hanno iniziato a monitorare le loro atlete in maniera sistematica. Il Chelsea Football Club Women, ad esempio, monitora le atlete attraverso l’utilizzo di una App: “*Orreco’s FitrWoman*” [20].

Tutti questi sistemi di monitoraggio sono volti a rendere migliore la gestione delle atlete. Le atlete che hanno familiarità con la gestione del ciclo imparano a gestire in collaborazione con gli staff sanitari la loro alimentazione e riescono a mettere in pratica le migliori strategie di recupero nel tempo libero. Gli staff sono favoriti da questo tipo di informazioni perché possono adattare gli allenamenti alle necessità fisiologiche del momento mettendo in atto strategie di gara che tengano in conto le capacità di performance, almeno teoriche, delle atlete. Si possono pensare di pianificare allenamenti in base alle fasi del ciclo mestruale per prevenire il rischio di infortuni, come ad esempio allenamenti di forza orientati al controllo ed all’attivazione muscolare soprattutto in quelle fasi in cui a causa di un’aumentata lassità legamentosa le atlete sono più soggette a rischio di rotture [7,11].

Analizzando quanto esposto fino ad ora appare quindi di fondamentale importanza capire come il ciclo mestruale può condizionare la performance.

OBIETTIVI E SCHEMA DELLA TESI

Questa tesi mira ad ampliare le attuali conoscenze nel campo delle interazioni tra ciclo mestruale e performance. Comprendere queste interazioni potrebbe fornire strumenti teorico-pratici per una migliore gestione e ottimizzazione della performance, studiandone le potenzialità e i possibili limiti al fine di poter comprendere una sua reale applicazione in un contesto sportivo fornendo informazioni aggiuntive per una migliore gestione dei programmi di allenamento.

Questa tesi segue un unico grande filo conduttore che mira a rispondere a diversi quesiti:

- Che effetti può avere il ciclo mestruale sui parametri di performance?
- Che effetti può avere il ciclo mestruale sui parametri di performance misurati in un contesto reale?
- Come, conoscere questi effetti può aiutare nella gestione delle attività?

In una primissima parte, che possiamo definire esplorativa, è stato condotto uno studio che provava a mettere in evidenza le differenze tra uomo e donna quando sottoposti a diversi protocolli di forza. Questo primo studio, date le forti limitazioni imposte dal periodo di emergenza pandemica, non ci ha permesso di reclutare un gran numero di soggetti e benché non abbia evidenziato delle differenze statisticamente significative ha evidenziato delle tendenze in linea con quanto presente in letteratura. Il suddetto studio ha portato alla realizzazione di un abstract presentato ad un congresso internazionale e ad alla stesura di una tesi di laurea magistrale LM68 che affronta un tema collaterale essendosi concentrata solo sulla popolazione maschile. Le tendenze indicateci da questa primissima analisi hanno dato il via agli studi successivi.

Quindi, è stato condotto un primo studio pilota di tipo osservazionale in collaborazione con la prima squadra femminile della SS Lazio SPA militante nel massimo campionato nazionale di calcio, che ha portato alla stesura di un progetto di tesi magistrale LM68, da

cui poi è scaturito un abstract per un congresso internazionale ed infine un lavoro attualmente inviato e in fase di revisione. In questo primo studio ci si è concentrati sul monitoraggio del ciclo mestruale in relazione a 3 giorni specifici della settimana di allenamento. Gli allenamenti si ripetevano in maniera ciclica ed erano suddivisi per stimolo allenante. Così facendo si è provato ad evidenziare le differenze nei parametri di performance registrati in diverse fasi del ciclo mestruale in base allo stimolo indotto. Questo studio ha avuto una durata pari a 3 mesi e si è svolto nel corso del campionato di serie A femminile 2021/2022.

In una seconda fase grazie alla collaborazione e all'interesse manifestato dal Parma Calcio 1913 S.R.L. sono stati condotti altri due studi sulla prima squadra femminile militante nel massimo campionato nazionale di calcio. Un primo di tipo osservazionale, svoltosi sull'arco di un'intera stagione sportiva (2022/2023) in cui si è posto il focus sui parametri fisici espressi in condizioni di gara nelle diverse fasi del ciclo mestruale, ed un secondo studio svoltosi all'inizio della stagione sportiva (2023/2024) in cui è stato monitorato un intero ciclo mestruale, grazie all'ausilio di campioni di saliva, per provare ad osservare che relazione esiste tra il metodo di conta dei giorni, nell'individuazione della fase e le fluttuazioni ormonali effettive. Provare a capire se la conta dei giorni può essere un buon metodo di classificazione, e se le variazioni endocrine sono realmente collegate e in che misura con i parametri fisici registrati. Per quel che riguarda il primo studio, in due fasi di analisi preliminari sono stati realizzati un poster presentato al congresso mondiale sul calcio e un abstract presentato ad un congresso nazionale. Successivamente, il termine della raccolta dati e le ultime analisi hanno portato alla stesura di un lavoro in fase di ultima revisione prima dell'invio a rivista scientifica. Per quel che riguarda il secondo studio siamo nella fase di stesura ed analisi visto che la raccolta dati ci ha impegnati fino a poco tempo fa.

È importante precisare in questa sede che il monitoraggio e la raccolta dati in un contesto sportivo di alto livello, anche quando è parte integrante delle attività quotidiane, non sempre risulta essere di semplice applicazione, soprattutto quando ha a che fare con la raccolta di campioni biologici. Deve trovare il favore di tutti gli stakeholders e deve impattare il meno possibile con le attività quotidiane, senza arrecare perturbazioni di alcun tipo.

Bibliografia

1. Owen Jr, J. A. (1975). Physiology of the menstrual cycle. *The American journal of clinical nutrition*, 28(4), 333-338.
2. Thiyagarajan, D. K., Basit, H., & Jeanmonod, R. (2022). Physiology, menstrual cycle. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
3. Holesh JE, Bass AN, Lord M. Physiology, Ovulation. 2023 May 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. PMID: 28723025.
4. Constantini, N., & Hackney, A. C. (Eds.). (2013). *Endocrinology of physical activity and sport* (pp. 437-53). New York: Humana Press.
5. Hackney, A. C. (2017). Sex hormones, exercise and women. *Scientific and clinical aspects*. Cham, Switzerland: Springer.
6. Hackney, A. C., Kallman, A. L., & Ağgön, E. (2019). Female sex hormones and the recovery from exercise: Menstrual cycle phase affects responses. *Biomedical human kinetics*, 11(1), 87-89.
7. Lowe, D. A., Baltgalvis, K. A., & Greising, S. M. (2010). Mechanisms behind estrogens' beneficial effect on muscle strength in females. *Exercise and sport sciences reviews*, 38(2), 61.
8. Chidi-Ogbolu, N., & Baar, K. (2019). Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Frontiers in physiology*, 9, 1834.
9. Campbell, S. E., & Febbraio, M. A. (2001). Effects of ovarian hormones on exercise metabolism. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 4(6), 515-520.
10. Isacco, L., & Boisseau, N. (2016). Sex Hormones, Exercise and Women: Scientific and Clinical Aspects.
11. Oleka, C. T. (2020). Use of the menstrual cycle to enhance female sports performance and decrease sports-related injury. *Journal of pediatric and adolescent gynecology*, 33(2), 110-111.
12. Frankovich, R. J., & Lebrun, C. M. (2000). Menstrual cycle, contraception, and performance. *Clinics in sports medicine*, 19(2), 251-271.

13. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. *International journal of environmental research and public health*, *18*(4), 1667.
14. Smith, M. J., Adams, L. F., Schmidt, P. J., Rubinow, D. R., & Wassermann, E. M. (2002). Effects of ovarian hormones on human cortical excitability. *Annals of neurology*, *51*(5), 599-603.
15. de Jonge, X. A. J. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports medicine*, *33*, 833-851.
16. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., ... & Hicks, K. M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, *50*, 1813-1827.
17. Pallavi, L. C., SoUza, U. J. D., & Shivaprakash, G. (2017). Assessment of musculoskeletal strength and levels of fatigue during different phases of menstrual cycle in young adults. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, *11*(2), CC11.
18. Julian, R., Hecksteden, A., Fullagar, H. H., & Meyer, T. (2017). The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PloS one*, *12*(3), e0173951.
19. Kindelan, K. (2019). USWNT used innovative period tracking to help player performance at World Cup.
20. <https://www.chelseafc.com/en/news/article/a-pioneering-relationship--how-orreco-and-chelsea-fc-women-work->

Menstrual cycle phase and elite female soccer during training: exercise load perception and external workloads monitoring

Chiara Groff^a, Cristian Ieno^{a,b}, Ruggero Romagnoli^{a,c}, Marco Lista^c, Paolo Sgrò^d,
Francesca Pittaccio^a, Luigi Di Luigi^c, Luigi Fattorini^b

Authors affiliation:

^aSS Lazio Spa

^bUniversity of Rome La Sapienza, Physiology & Pharmacology

^cUniversity of Rome 'Foro Italico', Department of Movement, Human and Health Sciences

^dUniversity of Rome 'Foro Italico', Endocrinology Unit – Department of Movement, Human and Health Sciences

Submitted to: International Journal Of Strength And Conditioning

Abstract

Lo scopo del presente studio era quello di indagare l'impatto del ciclo mestruale sul carico esterno ed interno in un gruppo di calciatrici d'élite durante l'allenamento e di descrivere la relazione tra carico interno ed esterno di allenamento, in relazione al ciclo mestruale. 16 atlete d'élite militanti nella prima divisione calcistica italiana sono state monitorate per 12 settimane. Sono stati raccolti i principalmente, per il carico interno (RPE – Rate of Percieved Exertion), per il carico esterno (tempo totale, distanza totale, corsa ad alta velocità - HSR, numero di accelerazioni/decelerazioni) moltiplicando il valore di RPE espresso per i minuti di allenamento totali è stata ottenuta la session-RPE. Il ciclo mestruale è stato monitorato grazie all'ausilio di questionari quotidiani ed è stato suddiviso in quattro settimane: settimana mestruale, settimana pre-ovulazione, settimana post-ovulazione e settimana pre-ciclo. HSR e la distanza totale sono state trovate significativamente inferiori durante la settimana delle mestruazioni rispetto alla settimana post-ovulazione ($18.318,70 \pm 1.802,04$ m vs $20.358,41 \pm 1.639,27$ m, rispettivamente; $p=0,022$). È stata riscontrata una correlazione significativa nella settimana pre-ciclo tra

RPE e distanza totale ($r=.545$; $p=.029$), e tra session-RPE e distanza totale ($r=.514$; $p=.042$) e tra session RPE e tempo totale ($r=0,502$; $p=0,048$). Considerando l'intero ciclo mestruale, sono state trovate correlazioni deboli e moderate per RPE e session-RPE con tempo totale, distanza totale e HSR. Appare chiaro come sia necessario un adeguato monitoraggio del ciclo mestruale per una migliore interpretazione della risposta delle calciatrici durante l'allenamento settimanale nel calcio femminile d'élite, dato che durante la settimana delle mestruazioni le prestazioni di resistenza aerobica e anaerobica sembravano essere compromesse. I valori RPE e sessione-RPE non cambiano statisticamente con i cambiamenti delle variabili esterne e la loro relazione ha mostrato risultati poco chiari, evidenziando come sia necessaria una certa cautela nella loro nell'interpretazione e suggerendo il loro uso in abbinamento ad altri parametri, specialmente durante la prima fase follicolare.

Keywords: training load, internal training load, RPE, session RPE, high speed running

Abbreviations:

RPE = rate of perceived exertion

HSR = high speed running

MC = menstrual cycle

Introduzione

Il calcio femminile è cresciuto esponenzialmente negli ultimi anni. Anche il movimento del calcio femminile italiano è migliorato notevolmente tanto che, da luglio 2022, le squadre di Serie A, sono diventate professionistiche. Tuttavia, gli studi scientifici sulle calciatrici sono molto pochi rispetto a quelli condotti sul calcio maschile. Basta osservare che nel 2021 solo il 15% di tutta la letteratura relativa al calcio si è concentrata sulle calciatrici d'élite [1]. La necessità di ulteriori ricerche sul calcio femminile è essenziale dato il crescente interesse su questo argomento e ha l'obiettivo di aiutare gli addetti ai lavori a migliorare la performance, la salute e il benessere delle proprie calciatrici. Uno degli aspetti più importanti è sicuramente quello legato al monitoraggio del reale stato fisico durante tutte le fasi di una stagione calcistica. Come noto, infatti, per pianificare e gestire protocolli di allenamento e carichi di lavoro individualizzati efficaci, con

l'obiettivo di ottimizzare la performance degli atleti, ridurre il rischio di infortuni ed evitare overtraining non funzionali, risulta obbligatorio avere un feedback continuo tra la percezione dell'atleta e il monitoraggio dei parametri fisici [2]. Questo feedback è necessario per adattare i protocolli di allenamento periodicamente in modo continuo e individualizzato per ottenere migliori risposte adattive e per aumentare le prestazioni durante le partite [3,4]. Come riportato, il monitoraggio del carico di allenamento garantisce una buona dose di successo dei programmi di allenamento messi a punto. Quando, in allenamento, si verificano differenze tra carico di lavoro reale e carico programmato, gli allenatori dovrebbero apportare degli accorgimenti per ridurre il rischio di infortuni e migliorare le prestazioni dei giocatori [5]. Ad esempio, gestire la settimana di allenamento in maniera graduale prima di partite importanti può portare ad un aumento dei valori di carico di lavoro esterno durante la partita, tuttavia questi risultati devono essere interpretati con attenzione dato che anche altri fattori possono influenzare gli output fisici durante una partita [6]. La quantificazione del carico di lavoro utilizza gli stessi metodi di monitoraggio sia nel calcio maschile che in quello femminile, come i dati dei Global Positioning System (GPS), accelerometri, sensori di frequenza cardiaca e questionari di autovalutazione come il tasso di sforzo percepito (RPE). Mentre la frequenza cardiaca e l'RPE vengono utilizzati per stimare il carico interno di allenamento, gli altri strumenti consentono il monitoraggio del carico esterno mediante i seguenti parametri: distanza totale (totalDist), corsa ad alta velocità (HSR), numero di sprint, numero di accelerazioni (nAccel), numero di decelerazioni (nDecel) [2].

La letteratura presenta pochi studi e approcci molto diversi nella definizione delle soglie di velocità per valutare i parametri di carico esterno nel calcio femminile. Alcuni studi hanno utilizzato soglie di velocità utilizzate per il calcio maschile mentre altri stabiliscono soglie fisse o personalizzate basate sulla massima velocità aerobica (MAS) o sulla massima velocità di sprint (MSS) con l'obiettivo di comprendere meglio la risposta del singolo atleta all'allenamento. Le soglie fisse potrebbero sottostimare lo sforzo reale di un giocatore, ma nel calcio femminile, nessuno studio supporta una quantificazione migliore del carico esterno rispetto alle soglie di velocità personalizzate quando queste ultime vengono impostate tramite MAS o MSS [2]. La mancanza di studi e i diversi approcci utilizzati in questo campo fanno sì che non ci sia una definizione chiara e

uniforme di queste soglie; pertanto, un approccio misto che includa soglie fisse e personalizzate potrebbe essere appropriato, ma questo non è lo scopo di questo studio. Un altro parametro ampiamente utilizzato per valutare il carico allenante delle sessioni di allenamento nel calcio è l'utilizzo della session RPE (sRPE), ottenuto moltiplicando i valori di RPE per la durata dell'attività [2,7].

Sebbene vengano utilizzati gli stessi metodi di monitoraggio sia nel calcio maschile che in quello femminile, in letteratura sono riportate diverse incongruenze per le calciatrici. Mentre la ricerca sugli uomini evidenzia la presenza di una relazione positiva tra carico interno di allenamento e carico esterno [8-10], gli stessi risultati non sono stati ancora riscontrati per le calciatrici d'élite che, a questo proposito, mostrano una relazione poco chiara [2]. Alcuni studi hanno trovato una forte correlazione tra RPE e sRPE con alcuni parametri di carico esterno [11,12]. Mentre un altro ha riportato una relazione meno chiara tra carico interno e HSR, probabilmente a causa del ruolo del giocatore e dell'influenza di quest'ultimo su questa relazione [13].

Risultati così poco chiari probabilmente dipendono dalle differenze fisiche/fisiologiche tra uomini e donne. Durante una partita, le calciatrici percorrono una distanza totale più breve rispetto alla loro controparte maschile, inoltre non presentano la stessa capacità di sprint, non toccando certe velocità e passando molto più tempo a velocità inferiori. Nonostante ciò, le donne si affaticano prima e le prestazioni diminuiscono maggiormente nella seconda parte di gara rispetto alla loro controparte maschile [14]. Una ulteriore tesi a supporto di queste differenze di genere risiede nella presenza delle fisiologiche fluttuazioni ormonali che si verificano in diversi momenti nel ciclo mestruale (MC). Gli ormoni estrogeni e progesterone influenzano molti aspetti fisiologici che potrebbero avere un impatto sulle prestazioni delle calciatrici [15-17].

Per questo motivo, per le calciatrici, nell'arco di una intera stagione sportiva ci si aspettano molte più differenze in termini di performance rispetto alle prestazioni degli uomini. L'impatto del MC e le relazioni che può avere con i parametri di performance dovrebbero essere presi seriamente in considerazione quando si effettua il monitoraggio delle atlete. Una recente revisione sistematica sull'effetto delle fasi di MC sulle performance, ha riportato che quest'ultima potrebbe essere ridotta durante la prima fase

follicolare [16]. Gli studi condotti sull'impatto delle fasi di MC sulla prestazione calcistica sono ancora scarsi e poco chiari [18]. Alcuni studi non hanno riscontrato differenze significative negli output di performance tra le varie fasi di MC [19,20], mentre Julian e coll., [21] hanno riscontrato, durante le partite, valori più elevati di HSR nella fase luteale rispetto alla fase follicolare, con un ampio livello di variazione partita dipendente. In linea generale, l'impatto del MC sulla prestazione è stato studiato principalmente attraverso la somministrazione di test specifici per capacità aerobica, capacità di sprint e forza [19,20,22].

L'allenamento basato sulle fasi del MC è una metodica molto promettente per provare a migliorare le risposte adattative dell'allenamento, soprattutto per quelle categorie di atlete d'élite in cui ogni piccolo dettaglio può risultare fondamentale. Questa metodica si basa sulla pianificazione dell'allenamento tenendo in conto gli effetti metabolici di estrogeni e progesterone: effetto anabolico sul muscolo scheletrico, migliorare immagazzinamento di glicogeno muscolare e aumento dell'utilizzo dei grassi come substrato energetico per quanto riguarda gli estrogeni, effetti antiestrogenici invece per quanto riguarda il progesterone [15,16,18]. Secondo queste affermazioni, la fase follicolare dovrebbe essere un momento estremamente favorevole per gli adattamenti indotti dall'allenamento rispetto alla fase luteale. In linea teorica l'effetto benefico degli estrogeni dovrebbe essere maggiore durante la tarda fase follicolare e durante la fase ovulatoria, momento in cui anche i livelli di progesterone sono bassi [18]. Gli estrogeni potrebbero avere un effetto protettivo sul danno muscolare indotto dall'esercizio, e questo potrebbe essere un altro punto interessante per migliorare gli adattamenti di forza [16]. A sostegno di quest'ultima ipotesi, alcuni studi hanno riportato maggiori risposte all'allenamento di forza quando venivano eseguiti carichi di lavoro elevati durante la fase follicolare. Altri studi non hanno riportato tali differenze e in alcuni casi sono stati riportati livelli più elevati di dolore muscolare a insorgenza ritardata durante la prima fase follicolare [18].

Solo pochi studi hanno analizzato la relazione tra il carico interno di allenamento e MC e non hanno mostrato alcun effetto di MC sui parametri presi in esame [23,24], solo in uno studio è stato evidenziato un minore sforzo percepito durante la mestruazione [17].

Lo scopo di questo studio è stato quello di indagare l'impatto delle fasi di MC sui parametri di carico esterno ed interno in un gruppo di calciatrici d'élite. A questo proposito, la durata temporale dell'allenamento, totalDist, HSR, nAccel, nDecel, RPE e sRPE sono stati valutati e correlati alle diverse fasi di MC durante un periodo di 12 settimane nel corso di un campionato della prima divisione di calcio femminile italiano.

Metodi

16 calciatrici d'élite (età: $24,56 \pm 3,42$ anni; peso: $60,16 \pm 6,34$ kg; altezza: $167,31 \pm 6,99$ cm; VO_{2max} : $48,56 \pm 4,98$ mL·kg⁻¹·min⁻¹) della stessa squadra militante nella massima divisione di calcio italiana sono stati reclutati durante un periodo di tre mesi nella stagione 2021/2022. Le giocatrici che presentavano un MC irregolare, amenorrea, utilizzavano contraccettivi e i portieri sono stati esclusi dallo studio. Su un campione totale di 28 giocatrici, solo 16 hanno soddisfatto tutti i requisiti e sono state incluse nello studio. Hanno seguito lo stesso programma settimanale fatto da 5 sessioni di allenamento e 1 partita. Tutte le partecipanti sono state preventivamente informate sullo scopo dello studio e sui metodi di ricerca utilizzati. Hanno fornito il loro consenso scritto a partecipare allo studio in conformità con la Dichiarazione di Helsinki. Lo studio è stato approvato dal comitato scientifico di ateneo dell'Università di Roma "Foro Italico" (CAR 119/2022).

Nella batteria di test pre-campionato, le calciatrici hanno eseguito un test incrementale massimale su un tapis roulant (RunMed, Technogym, Italia) con una pendenza dell'1%, per valutare il profilo metabolico. I dati sugli scambi gassosi sono stati raccolti in maniera continua utilizzando un sistema automatizzato respiro per respiro (K5, Cosmed, Italia). Lo strumento di misura è stato calibrato prima di ogni prova e sono state apportate le necessarie modifiche ambientali. Il protocollo di test era composto da una fase di riposo della durata di 5 minuti, in cui le calciatrici rimanevano sedute senza muoversi per valutarne i parametri basali, una fase di riscaldamento della durata di 3 minuti, che consisteva in un ritmo di corsa di 8 km·h⁻¹, e una fase incrementale, dove la velocità del tapis roulant aumentava di 1 km·h⁻¹ ogni minuto. Il test incrementale è stato interrotto (i) volontariamente dal giocatore, (ii) se in due successivi incrementi di carico il rapporto VCO_2/VO_2 superava 1,0. Solo in quest'ultimo caso erano garantite le condizioni per una

corretta stima delle soglie ventilatorie. La soglia aerobica (VT1) è stata determinata utilizzando il criterio di un aumento dell'equivalente ventilatorio per l'ossigeno (VE/VO₂) senza aumento dell'equivalente ventilatorio per l'anidride carbonica (VE/VCO₂) e lo scostamento dalla linearità del VE, mentre la soglia anaerobica (VT2) è stata determinata utilizzando il criterio di un aumento sia di VE/VO₂ che di VE/VCO₂. Due osservatori indipendenti hanno rilevato VT1 e VT2 seguendo i criteri precedentemente descritti. Quando necessario, è stato incluso il parere di un terzo ricercatore. L'RPE è stato raccolto ogni minuto attraverso la scala Borg CR10 di Foster et al., [25]. Le soglie sono state utilizzate per definire il profilo fisiologico funzionale di ciascuna calciatrice e per pianificare i carichi di lavoro iniziali della stagione. Inoltre, per impostare la soglia HSR è stata utilizzata la velocità aerobica massima media (MAS) della squadra derivante dal test incrementale.

Il programma delle sessioni di allenamento ha seguito lo stesso ordine ogni settimana focalizzandosi su forza, potenza aerobica, capacità di sprint ripetuti (RSA), forza esplosiva e sessione pre-partita, rispettivamente nei giorni 1, 2, 3, 4 e 5 della settimana. Le sessioni prese in esame per lo studio sono state quelle relative ai giorni 2, 3 e 4, in cui il carico esterno di allenamento è stato monitorato per tutta la durata dell'allenamento tramite un dispositivo GPS personale (GPexe, Pro2, Udine, Italia) [26]. I giorni 1 e 5 sono stati esclusi dal monitoraggio GPS perché il giorno 1 era svolto solo in palestra, mentre il giorno 5 era una sessione tattica più breve che non comportava un vero sforzo fisico. Tutte le variabili riportate in questo studio si riferiscono alla somma dei dati dei giorni 2, 3 e 4. A questo proposito, se una delle calciatrici saltava una delle 3 sessioni prese in esame, i dati riferiti a quella settimana venivano scartati e la calciatrice escluso se non erano raccolti altri dati di MC completi.

Ogni sessione di allenamento comprendeva un riscaldamento ed esercizi tecnici e tattici inclusi nel processo di monitoraggio. Le sessioni di allenamento si svolgevano alle 9.30 del mattino ed avevano una durata rispettivamente dai 90 ai 120 minuti. Il tempo di ciascuna sessione è stato registrato come una variabile denominata "totalTime".

La sessione aerobica prevista consisteva in 3 blocchi di corsa di 4 minuti ciascuno, in cui le calciatrici dovevano correre a ritmo intermittente su diverse distanze entro un tempo

specifico. Successivamente, le calciatrici eseguivano 6 minuti di partite ad alta intensità di 6 contro 6 in un campo di piccole dimensioni, per 3 volte.

La sessione RSA prevedeva 4 serie da 6 sprint totali su diverse distanze e con diversi angoli di cambio di direzione. Tra ogni sprint venivano eseguiti 15 secondi di riposo e tra le serie il recupero prevedeva 2 minuti di lavoro attivo con palla. Dopo questo esercizio specifico, venivano eseguiti degli Small Sides Games (SSG): 3vs3, 4vs4 e 5vs5, con diverse dimensioni di campo, i quali avevano un focus tattico specifico. Le calciatrici venivano raggruppate in relazione al loro ruolo. Per concludere, si disputava una partita sui 75 metri di campo giocando 10 contro 10 per due tempi di 10-15 minuti.

La sessione di forza esplosiva prevedeva 30 minuti di esercizi specifici sul campo come: salti pliometrici, esercizi con un carico leggero o a corpo libero, sprint con e senza sovraccarico. Dopo questa prima fase si svolgeva una parte tattica su 75 metri di campo. Prima di tutte le sessioni di allenamento, le partecipanti ricevevano sul proprio telefono cellulare un collegamento a un questionario Google Form che veniva completato individualmente. Nel questionario le calciatrici specificano la presenza/assenza del MC, il giorno in cui aveva avuto inizio e l'eventuale presenza di sintomi mestruali. Con la stessa procedura, e per mezzo di un nuovo questionario, le giocatrici fornivano l'RPE entro 30 minuti dalla fine dell'allenamento mediante l'utilizzo della scala CR10 Borg [25]. I dati di RPE sono stati utilizzati per ottenere l'sRPE per valutare il carico di allenamento di ciascuna sessione. Tutti i dati dei questionari sono stati raccolti in un foglio Excel in forma anonima utilizzando un numero identificativo per ciascuna calciatrice.

Dal GPS sono state estratte le seguenti variabili: totalDist, HSR, nAccel (>2 m/s²) e nDecel (<-2 m/s²) [2,18]. Data la definizione poco chiara delle soglie di velocità in letteratura, la soglia HSR è stata fissata a 15 km·h⁻¹, che era la MAS media della squadra. È stata selezionata questa soglia perché idonea allo scopo dello studio, adatta al livello delle calciatrici prese in esame, era, inoltre, presente in letteratura ed era raccomandata dalla FIFA in un rapporto sulla Coppa del Mondo femminile [27].

L'individuazione delle fasi MC è stata effettuata attraverso una procedura di "counting days", seguendo la raccomandazione di Schmalenberger e coll. [28]. Il tracciamento di MC è stato effettuato dall'inizio della stagione, al fine di individuare le giocatrici con MC irregolare prima dell'inizio della raccolta dati così da poterle escludere. Solo quando una giocatrice segnalava due MC contigui, il primo veniva incluso nell'analisi. La maggior

parte delle calciatrici ha riportato i dati di un MC, mentre alcune di loro hanno riportato i valori medi di due o tre MC, dato che il periodo di raccolta dei dati è stato di 3 mesi. La procedura di conteggio dei giorni iniziava con il primo giorno di sanguinamento e terminava con il primo giorno di sanguinamento del MC successivo. Una volta selezionato uno specifico MC, la procedura di conteggio iniziava dal primo giorno di sanguinamento e durava per 7 giorni, periodo che è stato definito settimana mestruale (menstWeek). Le altre settimane sono state calcolate con un metodo di conteggio all'indietro a partire dal secondo MC. La settimana pre-ciclo (preCycle) è stata considerata come i 7 giorni precedenti il secondo MC; la settimana post-ovulazione (postOV) comprendeva i giorni compresi tra -14 e -7 dal secondo MC. Questo metodo di conteggio all'indietro è un metodo valido per scoprire il giorno dell'ovulazione, ovvero il giorno -14 dal secondo MC, ma non è stato eseguito alcun test di ovulazione utilizzando il metodo gold standard (test dell'LH o temperatura basale corporea). La settimana di pre-ovulazione (preOV) è stata calcolata come -7 giorni prima del giorno dell'ovulazione. Il periodo di 7 giorni è stato scelto per includere i giorni 2, 3 e 4 di allenamento in ciascuna settimana di MC selezionata, indipendentemente dal giorno della settimana in cui iniziava il conteggio.

Tutti i dati riportati sono stati espressi come media, \pm deviazione standard (SD). I dati sono stati elaborati utilizzando il pacchetto software statistico IBM SPSS Statistics (Versione 25.0. Armonk, NY: IBM Corp). Prima dell'analisi, è stato utilizzato il test di Shapiro-Wilk per verificare la normalità della distribuzione dei dati. È stata eseguita un'ANOVA per misure ripetute per identificare le differenze tra le settimane di MC per tutte le variabili prese in esame. La relazione tra RPE e sRPE con i parametri del carico di allenamento esterno è stata calcolata utilizzando i coefficienti di correlazione di Pearson (r). La forza delle correlazioni è stata stabilita come banale (<0,10), debole (0,10-0,29), moderata (0,30-0,49), forte (0,50 - 0,69), molto forte (0,70 - 0,89) e quasi perfetta (>0,90) 29. La significatività statistica è stata fissata a $p < 0,05$ per tutti i test.

Risultati

I risultati del presente studio sono mostrati nella Tabella 1. La variabile totalTime non presentava differenze statisticamente significative tra le settimane del MC ($F(3,45)=1.321, \eta^2=.081, p=0.279$). Una differenza significativa è stata trovata in totalDist ($F(3,45)=3.677, \eta^2=.197, p=0.019$) dove i valori di menstWeek ($18.318,70 \pm 1.802,04$ m) erano inferiori a quelli di postOV ($20.358,41 \pm 1.639,27$ m) ($p=0,022$). La stessa differenza significativa è stata riscontrata nell'HSR ($F(3,45)=3,760, \eta^2=0,200, p=0,017$) con valori inferiori in menstWeek ($5.126,68 \pm 996,67$ m) rispetto a postOV ($6.084,28 \pm 1.030,35$ m) ($p = 0,002$). Tutte le altre variabili nAccel ($F(3,45)=.928, \eta^2=.058, p=0.435$), nDecel ($F(3,45)=.972, \eta^2=.061, p=0.414$), RPE ($F(3,45)=1.882, \eta^2=.111, p=0.146$) e sRPE ($F(3,45)=1.512, \eta^2=.092, p=0.224$), non presentavano differenze tra le fasi MC.

La correlazione di RPE e sRPE con i valori esterni è stata eseguita in due modi diversi. Innanzitutto, la relazione è stata valutata senza differenziazione tra settimane MC e ha riportato una debole associazione positiva per RPE e totalDist ($r=.258; p=.039$), mentre sRPE ha mostrato un'associazione positiva moderata con totalDist ($r=.389; p=0,001$), una debole associazione positiva con HSR ($r=0,260; p=0,038$) e totalTime ($r=0,284; p=0,023$) come mostrato nella Tabella 2. Sono state trovate correlazioni banali e non significative per RPE e sRPE con le variabili nAccel e nDecel. Il secondo metodo ha valutato la relazione interna-esterna per ciascuna settimana di MC e sono emersi risultati diversi riportati nella Tabella 3. Solo il preciclo ha mostrato una correlazione positiva forte e significativa tra RPE e totalDist ($r=0,545; p=0,029$) e tra sRPE con totalDist ($r=.514; p=0,042$) e totalTime ($r=.502; p=0,048$).

Vale la pena notare che nonostante non ci fossero altre differenze significative, è emersa una tendenza per tutti i parametri di carico esterno di allenamento: ad eccezione di nAccel, totalTime e RPE, le altre variabili hanno raggiunto un picco in postOV, con valori più bassi in preOV e preCycle rispetto a postOV, ma maggiore di menstWeek. Tuttavia, non è stata riscontrata alcuna significatività statistica.

Tabella 1. Somma dei valori settimanali (Giorni 1, 2 e 3) espressi come media \pm DS di tutte le variabili osservate nelle diverse settimane di MC.

Variable	menstWeek	preOV	postOV	preCycle	p
totalTime (min)	308.36 \pm 27.84	303.06 \pm 28.39	316.13 \pm 17.29	303.06 \pm 19.60	0.279
totalDist (m)	18,318.70 \pm1,802.04*	19,531.32 \pm 2,153.13	20,358.41 \pm1,639.27*	19,196.58 \pm 2,180.04	0.019
HSR (m)	5,126.68 \pm996.67**	5,661.66 \pm 1,058.91	6,084.28 \pm1,030.35**	5,435.13 \pm 1,072.44	0.017
nAccel (n)	249.06 \pm 62.39	260.19 \pm 51.88	259.50 \pm 44.45	270.06 \pm 34.86	0.435
nDecel (n)	233.75 \pm 83.31	235.94 \pm 61.34	254.44 \pm 59.61	249.63 \pm 46.81	0.414
RPE (au)	12.28 \pm 3.20	13.59 \pm 2.25	13.69 \pm 3.57	14.16 \pm 3.53	0.146
sRPE (RPE·min)	1,270.25 \pm 369.15	1,375.13 \pm 213.02	1,455.56 \pm 396.91	1,452.06 \pm 393.63	0.224

* Differenza significativa tra menstWeek e postOV p=0,022

**Differenza significativa tra menstWeek e postOV p=0,002

Tabella 2. Coefficiente di correlazione di Pearson (r) per RPE e sRPE con variabili esterne del carico di allenamento

Variable	RPE		sRPE	
	r	p	r	p
totalTime (min)	.042	0.743	.284*	0.023
totalDist (m)	.258*	0.039	.389*	0.001
HSR (m)	.124	0.331	.260*	0.038
nAccel (n)	.093	0.467	.077	0.545
nDecel (n)	.010	0.939	-.053	0.675

*Correlazione significativa (p<0,05)

Tabella 3. Coefficiente di correlazione di Pearson (r) tra RPE e sRPE con variabili esterne del carico di allenamento nelle diverse settimane MC

Variable	RPE							
	menstWeek		preOV		postOV		preCycle	
	r	p	r	p	r	p	r	p
totalTime (min)	.096	0.723	-.392	0.133	.079	0.770	.264	0.323
totalDist (m)	.180	0.504	-.286	0.282	.303	0.253	.545*	0.029
HSR (m)	-.093	0.733	-.186	0.489	.267	0.318	.247	0.355
nAccel (n)	-.081	0.767	.155	0.566	.270	0.312	-.045	0.869
nDecel (n)	-.216	0.422	.170	0.529	.112	0.679	.001	0.997
	sRPE							
totalTime (min)	.374	0.154	.206	0.444	.283	0.289	.502*	0.048
totalDist (m)	.374	0.154	.112	0.679	.375	0.153	.514*	0.042
HSR (m)	-.005	0.985	.288	0.280	.385	0.141	.258	0.334
nAccel (n)	-.214	0.426	.475	0.063	.186	0.491	-.005	0.986
nDecel (n)	-.362	0.168	.391	0.134	-.001	0.997	-.079	0.770

*Correlazione significativa ($p < 0,05$)

Discussione

Per quanto ne sappiamo, non ci sono studi che si siano concentrati sul monitoraggio dei parametri di carico esterno ed interno di allenamento in relazione alle fasi di MC nel calcio femminile d'élite durante una stagione professionistica. I parametri di carico interno ed esterno sono attualmente monitorati per ottimizzare il lavoro durante l'allenamento, per migliorare lo stato fisico e psicologico dei giocatori prima delle partite. Lo scopo del presente studio è stato quindi quello di indagare l'effetto delle fasi di MC sui principali parametri di carico interno ed esterno durante la settimana di allenamento in un gruppo di calciatrici d'élite.

La raccolta dei dati è stata condotta durante sessioni specifiche di allenamento e non durante le partite, per evitare il potenziale impatto di fattori esterni legati con la partita e non controllabili che potrebbero avere un impatto sulle prestazioni delle calciatrici. Le partite sono influenzate da diversi fattori (livello dell'avversario, tipologia di superficie,

tipo di partita, aspetti psicologici e motivazionali) difficili da gestire. Pertanto, questo studio si è concentrato solo sulle giornate di allenamento, per standardizzare il processo di monitoraggio e concentrarsi sulla prestazione in relazione alle fasi di MC.

Come previsto, i risultati non hanno mostrato differenze significative nel tempo totale settimanale tra le fasi di MC, suggerendo che la quantità totale di minuti per ogni settimana di allenamento esaminata è stata mantenuta la stessa durante il periodo di monitoraggio. Pertanto, le variabili esterne ed interne del carico di allenamento non sono state influenzate dal TotalTime che è rimasto costante per tutte le settimane, ma le loro variazioni possono essere attribuite ad altri fattori, come MC.

Come riportato sopra, i valori di totalDist hanno mostrato essere significativamente più bassi durante menstWeek rispetto a postOV e questo risultato differisce da quello riportato da Julian e coll. [21], che non hanno riscontrato una differenza significativa tra la fase follicolare e la fase luteale durante le partite. Una possibile spiegazione può essere trovata nel diverso approccio di individuazione delle fasi di MC: gli autori hanno considerato l'intera fase follicolare e l'intera fase luteale, mentre il presente studio si è concentrato su settimane di osservazione più specifiche. Per supportare questa ipotesi i dati attuali sono stati analizzati anche raggruppati per poterli confrontare con la letteratura (menstWeek + preOV considerati come fase follicolare; postOV + preCycle considerati come fase luteale), ma non sono emerse differenze statisticamente significative. La differenza statistica riportata considerando settimane specifiche del MC e il risultato non statistico osservando l'intera fase follicolare e l'intera fase luteale, suggeriscono l'importanza di differenziare le fasi del MC in segmenti più specifici, dato che la fase follicolare e la fase luteale hanno una finestra di osservazione maggiore, con diversi livelli ormonali che potrebbero non essere rilevati. Un'altra spiegazione di questa discrepanza con Julian e coll. [21], è che il presente studio si è concentrato su più giorni di osservazione, che potrebbero descrivere meglio il possibile impatto cronico del MC sulla risposta delle calciatrici in allenamento, mentre gli autori hanno analizzato solo un giorno specifico, che descrive le risposte acute.

I valori HSR sono risultati statisticamente più bassi durante la menstWeek rispetto a postOV. Questo risultato è in parte coerente con i risultati di Julian e coll. [21], che hanno riscontrato valori più elevati nella fase luteale rispetto alla fase follicolare durante le partite, nonostante una grande variazione tra le partite che può essere dovuta a diversi

fattori d'influenza: il livello dell'avversario, la partita in casa/trasferta, il tipo di superficie, il tempo di gioco il giorno in cui si svolge la partita. Al contrario, l'allenamento può essere considerato come una condizione più standardizzata, in cui ogni sessione si svolge alla stessa ora, la superficie di allenamento rimane la stessa e il carico di lavoro settimanale è più stabile, poiché gestito dagli allenatori. Inoltre, durante l'allenamento gli aspetti psicologici e motivazionali non dovrebbero incidere sulle calciatrici, mentre durante una partita potrebbero avere un impatto enorme [30]. Un altro fattore importante che evidenzia una differenza tra allenamento e partita, e che potrebbe far propendere verso una maggiore rilevanza allo studio dell'allenamento, è la differenza tra i valori di carico esterno che si verifica in relazione al ruolo durante le partite. Al contrario, durante gli allenamenti, sono stati riscontrati valori simili di carico esterno per ruoli diversi [31].

TotalDist e HSR sono parametri che possono fornire informazioni rilevanti rispettivamente sulle prestazioni aerobiche e anaerobiche [32], e i loro valori più bassi registrati durante menstWeek suggeriscono che le prestazioni di resistenza aerobica e anaerobica durante l'allenamento potrebbero essere compromesse nella prima fase follicolare nel calcio femminile d'élite. Questi risultati sono in linea con una recente revisione sistematica che ha riportato una riduzione delle prestazioni nella prima fase follicolare [16]. Questi disturbi potrebbero essere dovuti ai bassi livelli di estrogeni e progesterone che non hanno alcun effetto sulla via metabolica, come accade, al contrario, quando i livelli di questi ormoni sono più alti. Pertanto, durante la settimana delle mestruazioni, l'efficienza della riserva di glicogeno e dell'utilizzo dei grassi come substrato energetico non al massimo del suo potenziale e può portare ad un calo delle prestazioni.

Non sono state riscontrate differenze significative tra le settimane del MC per le variabili nAccel e nDecel. Poiché queste variabili descrivono lo sforzo neuromuscolare [32], sembra che le fasi di MC non abbiano alcun impatto su questo aspetto. Questi risultati non erano attesi dato che uno studio affermava che queste variabili sembravano essere importanti per un monitoraggio completo del carico di allenamento nel calcio femminile [12]. Probabilmente il periodo più breve di indagine di quello studio non è stato sufficiente per individuare la reale capacità di monitoraggio di queste variabili. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche per comprendere fino a che punto nAccel e nDecel possano essere indicatori importanti per il monitoraggio del calcio femminile d'élite.

Da un punto di vista ormonale, i valori di carico di esterno di allenamento più elevati erano attesi in preOV quando il livello di progesterone (ormone associato alla risposta catabolica e noto per i suoi effetti anti-estrogeni) era ancora basso e quando il picco di estrogeni (noto per l'effetto anabolico sul muscolo scheletrico), si verificava [16]. Tuttavia, i valori di carico esterno di allenamento significativamente più elevati sono stati riportati durante postOV, dopo il picco degli estrogeni e quando il progesterone inizia ad aumentare. Ciò potrebbe essere spiegato dal possibile intervallo di tempo tra il cambiamento dei livelli ormonali e il loro effetto sulle prestazioni, dato che è stato riscontrato un ritardo di 4 giorni sui cambiamenti della lassità del ginocchio [15]. Un'altra possibile spiegazione potrebbe essere legata all'effetto di risparmio del progesterone sull'utilizzo del glicogeno e lo spostamento degli acidi grassi liberi che potrebbero contribuire a migliorare le prestazioni nella fase postOV [15].

Date le differenze statistiche riportate per due principali parametri di carico esterno di allenamento, si è verificato un cambiamento inaspettato e non significativo per i valori RPE e sRPE che erano simili durante tutte le settimane MC. Questi risultati hanno mostrato che in menstWeek, nonostante un minor carico esterno di allenamento, lo sforzo percepito era simile a quello delle altre settimane osservate e non inferiore come previsto. Una probabile giustificazione potrebbe essere data dall'effetto che i sintomi della mestruazione potrebbero avere sulle calciatrici e che potrebbero portare ad alterare la percezione dello sforzo, aumentandone i valori. Questa ipotesi è supportata da uno studio in cui sono stati registrati valori più elevati di percezione dello sforzo durante la menstWeek [17], che pone il focus su questi parametri, evidenziando come, nella pratica del calcio femminile d'élite, RPE e sRPE dovrebbero essere interpretati con cautela soprattutto quando le calciatrici sono in campo nella prima settimana di MC.

Le correlazioni di RPE e sRPE con il carico esterno di allenamento hanno mostrato risultati deboli e poco chiari. Nello specifico, considerando l'intero MC senza distinzione tra fasi specifiche, la relazione per RPE e sRPE ha riportato rispettivamente una correlazione debole e moderata con totalDist e una correlazione debole per sRPE con HSR e totalTime. Tuttavia, considerando le fasi MC proposte in questo studio, le uniche correlazioni forti e significative sono state trovate durante il preciclo per RPE con totalDist e per sRPE con valori totalDist e totalTime. Non è stata trovata alcuna relazione

significativa con i parametri nAccel e nDecel, nonostante uno studio precedente abbia descritto queste due variabili come buoni indicatori per un migliore monitoraggio del carico di allenamento nel calcio femminile d'élite [12]. Questa discrepanza potrebbe essere dovuta al periodo di monitoraggio più breve dello studio in cui sono state monitorate solo due settimane di lavoro. La mancanza di una correlazione significativa per queste variabili ha mostrato la necessità di ulteriori indagini, anche a causa dei valori preOV che riportavano una relazione moderata per nAccel con sRPE con una tendenza alla significatività ($p=.063$).

Questa relazione poco chiara tra RPE e parametri esterni del carico di allenamento era già stata discussa in letteratura per il calcio femminile [2], e i risultati attuali suggeriscono di utilizzare i valori RPE con cautela e sempre in abbinamento ad altri parametri (sia interni che esterni), soprattutto quando si monitorano le calciatrici d'élite calciatori durante l'allenamento e durante la prima fase follicolare.

Bisogna riconoscere alcune limitazioni. Il metodo di conteggio per individuare le fasi di MC è già stato utilizzato in letteratura [28], ma non può confermare se l'ovulazione avviene o meno, dato che le MC anovulatori sono comuni nelle atlete. Inoltre, non esistono dati ormonali che confermino l'influenza degli estrogeni/progesterone sui parametri del carico esterno ed interno di allenamento. In aggiunta, la nostra metodologia riduce notevolmente i fattori contestuali e non controllabili che possono influenzare la performance ma non può escluderli totalmente da una minima e possibile influenza su di essa. In conclusione, il periodo limitato di osservazione dello studio ha consentito di raccogliere pochi MC per ciascuna partecipante, mentre un periodo prolungato consentirebbe un'ampia raccolta di dati.

Conclusione

I risultati hanno mostrato valori più bassi di totalDist e HSR durante menstWeek, senza differenze per i valori RPE e sRPE, dimostrando che i cambiamenti nella percezione del carico di allenamento non sempre seguono i cambiamenti reali del carico esterno di allenamento e possono essere influenzati dal MC, soprattutto nella prima fase follicolare. Pertanto, RPE e sRPE devono essere interpretati con cautela se usati da soli, in particolare

durante la settimana menst, poiché potrebbero essere influenzati dai sintomi di MC e, a loro volta, modificare le prestazioni del carico di allenamento esterno.

La menstWeek potrebbe influenzare negativamente le prestazioni di resistenza aerobica e anaerobica durante l'allenamento, pertanto, quando si monitorano le calciatrici nella settimana di mestruazione, ci si potrebbero aspettare valori diversi e il carico di lavoro settimanale potrebbe essere adattato e individualizzato.

Raccomandazioni future

- Il monitoraggio del ciclo mestruale è fondamentale per comprendere meglio la risposta delle calciatrici durante un periodo di allenamento nel calcio femminile d'élite e dovrebbe essere suddiviso in fasi specifiche e più brevi dato che la divisione comune che utilizza la fase luteale e quella follicolare può portare a interpretazioni errate.
- Durante la settimana delle mestruazioni, le prestazioni di resistenza aerobica e anaerobica potrebbero essere influenzate negativamente.
- RPE e sRPE devono essere interpretati con cautela soprattutto durante la settimana delle mestruazioni dove non seguono i cambiamenti delle variabili esterne. Vanno quindi letti in relazione alla fase del ciclo mestruale e abbinati ad altre variabili.

Bibliografia

1. Kirkendall DT, Krstrup P. Studying professional and recreational female footballers: A bibliometric exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2022;32(S1):12-26. doi:10.1111/sms.14019
2. Costa JA, Rago V, Brito P, et al. Training in women soccer players: A systematic review on training load monitoring. *Front Psychol*. 2022;13. doi:10.3389/fpsyg.2022.943857
3. Mujika I, Halson S, Burke LM, Balagué G, Farrow D. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(5):538-561. doi:10.1123/ijsp.2018-0093
4. Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiol Behav*. 2017;181:86-94. doi:10.1016/j.physbeh.2017.09.004
5. Ravé G, Granacher U, Boullosa D, Hackney AC, Zouhal H. How to Use Global Positioning Systems (GPS) Data to Monitor Training Load in the “Real World” of Elite Soccer. *Front Physiol*. 2020;11. doi:10.3389/fphys.2020.00944
6. Fessi MS, Zarrouk N, Di Salvo V, Filetti C, Barker AR, Moalla W. Effects of tapering on physical match activities in professional soccer players. *J Sports Sci*. 2016;34(24):2189-2194. doi:10.1080/02640414.2016.1171891
7. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(6):1042-1047. doi:10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F
8. Marynowicz J, Lango M, Horna D, Kikut K, Andrzejewski M. Predicting ratings of perceived exertion in youth soccer using decision tree models. *Biol Sport*. 2022;39(2):245-252. doi:10.5114/BIOLSPORT.2022.103723
9. Marynowicz J, Kikut K, Lango M, Horna D, Andrzejewski M. *Relationship Between the Session-RPE and External Measures of Training Load in Youth Soccer Training.*; 2020. www.nsc.com

10. McLaren SJ, Macpherson TW, Coutts AJ, Hurst C, Spears IR, Weston M. The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2018;48(3):641-658. doi:10.1007/s40279-017-0830-z
11. Askow AT, Lobato AL, Arndts DJ, et al. Session rating of perceived exertion (Srpe) load and training impulse are strongly correlated to gps-derived measures of external load in ncaa division i women's soccer athletes. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2021;6(4). doi:10.3390/jfmk6040090
12. Douchet T, Humbertclaude A, Cometti C, Paizis C, Babault N. Quantifying accelerations and decelerations in elite women soccer players during regular in-season training as an index of training load. *Sports*. 2021;9(8). doi:10.3390/sports9080109
13. Ishida A, Kyle Travis S, Draper G, White JB, Stone MH. Player Position Affects Relationship Between Internal and External Training Loads During Division I Collegiate Female Soccer Season. *J Strength Cond Res*. 2022;36(2):513-517. doi:10.1519/JSC.0000000000004188
14. Pedersen AV, Aksdal IM, Stalsberg R. Scaling demands of soccer according to anthropometric and physiological sex differences: A fairer comparison of men's and women's soccer. *Front Psychol*. 2019;10(APR). doi:10.3389/fpsyg.2019.00762
15. Constantini NW, Dubnov G, Lebrun CM. The menstrual cycle and sport performance. *Clin Sports Med*. 2005;24(2). doi:10.1016/j.csm.2005.01.003
16. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 2020;50(10):1813-1827. doi:10.1007/s40279-020-01319-3
17. Gamberale F, Wahlberg I, Gamberale F, Wahlberg L. *Female Work Capacity during the Menstrual Cycle Physiological and Psychological Reactions*. Vol 1.; 1975.
18. Randell RK, Clifford T, Drust B, et al. Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports Medicine*. 2021;51(7):1377-1399. doi:10.1007/s40279-021-01458-1

19. Tounsi M, Jaafaraafar H, Aloui A, Souissi N. Soccer-related performance in eumenorrhic Tunisian high-level soccer players: Effects of menstrual cycle phase and moment of day. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2018;58(4):497-502. doi:10.23736/S0022-4707.17.06958-4
20. Julian R, Hecksteden A, Fullagar HHK, Meyer T. The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PLoS One*. 2017;12(3). doi:10.1371/journal.pone.0173951
21. Julian R, Skorski S, Hecksteden A, et al. Menstrual cycle phase and elite female soccer match-play: influence on various physical performance outputs. *Science and Medicine in Football*. 2021;5(2):97-104. doi:10.1080/24733938.2020.1802057
22. Dos Santos A Ndrade M, Mascarin NC, Foster R, De Jármy Di Bella ZI, Vancini RL, Barbosa De Lira CA. Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2017;57(6):859-864. doi:10.23736/S0022-4707.16.06290-3
23. Cristina-Souza G, Santos-Mariano AC, Souza-Rodrigues CC, et al. Menstrual cycle alters training strain, monotony, and technical training length in young. *J Sports Sci*. 2019;37(16):1824-1830. doi:10.1080/02640414.2019.1597826
24. Arenas-Pareja M de los Á, López-Sierra P, Ibáñez SJ, García-Rubio J. Influence of Menstrual Cycle on Internal and External Load in Professional Women Basketball Players. *Healthcare*. 2023;11(6):822. doi:10.3390/healthcare11060822
25. FOSTER C, FLORHAUG JA, FRANKLIN J, et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. *J Strength Cond Res*. 2001;15(1):109-115. doi:10.1519/00124278-200102000-00019
26. Komino P, Le Mat Y, Zadro I, Osgnach C, Morin JB. *Sprint Acceleration Force-Velocity Profile with GPS and 1080 Sprint*.
27. *PHYSICAL ANALYSIS OF THE FIFA WOMEN'S WORLD CUP FRANCE 2019™*.

28. Schmalenberger KM, Tauseef HA, Barone JC, et al. How to study the menstrual cycle: Practical tools and recommendations. *Psychoneuroendocrinology*. 2021;123. doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104895
29. Hopkins WG. *Measures of Reliability in Sports Medicine and Science*. Vol 30.; 2000.
30. Slimani M, Baker JS, Cheour F, Taylor L, Bragazzi NL. Steroid hormones and psychological responses to soccer matches: Insights from a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(10). doi:10.1371/journal.pone.0186100
31. Romero-Moraleda B, Nedergaard NJ, Morencos E, Casamichana D, Ramirez-Campillo R, Vanrenterghem J. External and internal loads during the competitive season in professional female soccer players according to their playing position: differences between training and competition. *Research in Sports Medicine*. 2021;29(5):449-461. doi:10.1080/15438627.2021.1895781
32. Pino-Ortega J, Rojas-Valverde D, Gómez-Carmona CD, Rico-González M. Training design, performance analysis and talent identification—a systematic review about the most relevant variables through the principal component analysis in soccer, basketball and rugby. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):1-18. doi:10.3390/ijerph18052642

Effect of menstrual cycle phases on physical performance in elite women soccer players.

M. Lista^{1,2}, M. Mandorino^{1,2}, M. Lacombe^{2,3}, V. Persichetti², F. Pogliacomi⁴, F. Greco¹, L. Di Luigi¹, P. Sgrò¹

1. Department of Movement, Human and Health Sciences, University of Rome “Foro Italico”, Piazza L. de Bosis 6, 00135 Rome, Italy

2. Performance and Analytics Department, Parma Calcio 1913, 43121 Parma, Italy

3. French Institute of Sport (INSEP), Research Department, Laboratory Sport, Expertise and 11 Performance (EA 7370)

4. Department of Surgery, Orthopaedic Clinic, Parma University Hospital, via Gramsci 14, 43100 Parma, Italy

Abstract

Le fluttuazioni ormonali e i sintomi correlati alle diverse fasi del ciclo mestruale possono influenzare le prestazioni delle calciatrici professioniste. Lo scopo di questo studio è stato quello di indagare l'effetto delle diverse fasi del ciclo mestruale sui parametri fisici, sul carico interno nelle calciatrici durante le partite ufficiali. Venticinque calciatrici (età: $23,6 \pm 4,1$ anni) sono state reclutate e raggruppate secondo le fasi del ciclo mestruale. I parametri di carico esterno sono stati raccolti utilizzando il sistema GPS. Per analizzare i parametri raccolti è stata eseguita un'analisi statistica del tipo “within-subject linear mixed model” per analizzare “mean differences”. La distanza totale (TD/min) al minuto, la distanza percorsa superiore a 13 km/h (HS13/min) e il valore più alto di RPE sono stati riportati nella fase luteale (LP) ($p < 0,05$). L'accelerazione massima superiore a $2,5 \text{ m/s}^2$ (ACC/min) è stata riscontrata nella fase mestruale (MP) ($p < 0,05$). Il valore di stress più elevato è stato riscontrato nella fase di ovulazione (OP) ($p < 0,05$). Il valore di fatica più basso è stato riscontrato nella fase follicolare (FP) ($p < 0,05$). Questi risultati evidenziano l'importanza degli ormoni steroidei sessuali femminili sulla prestazione e sul rendimento fisico (distanza percorsa, percezione dello sforzo e well being) nelle calciatrici. Per le variazioni dell'RPE si può ipotizzare che siano legate alla maggiore distanza percorsa nella fase luteale e ai livelli di progesterone ed estrogeni tipici di questa fase. Inoltre, la variazione dell'ACC/min nella fase mestruale e la variazione della fatica e dello stress nelle fasi follicolare e ovulatoria potrebbero dipendere dalla fluttuazione ormonale e dai

sintomi del MC. La fase luteale è associata a livelli più elevati di progesterone ed estrogeni generalmente associati a un “effetto performance”.

Keywords: hormones, team sports, women health, match load

Introduzione

Negli ultimi anni, il movimento calcistico femminile è cresciuto in tutto il mondo portando ad un aumento nella partecipazione del calcio femminile e ad un’evoluzione esponenziale di questo sport [1]. In Italia questa evoluzione si è tradotta nella professionalizzazione delle giocatrici. Dal 1° luglio 2022, infatti, le calciatrici della Prima Divisione (Serie A Tim) sono riconosciute come atlete professioniste del calcio. L’introduzione di questo status ha incoraggiato l’evoluzione dell’allenamento, delle performance e dell’organizzazione attorno al movimento calcistico femminile. Studi precedenti hanno analizzato la richiesta fisica delle partite di calcio femminile utilizzando la tecnologia Global Position System (GPS) [2,3], ma il modo in cui il ciclo mestruale (MC) può influenzare la domanda fisica durante la partita è ancora sconosciuto.

L’impatto del MC sulle prestazioni è attualmente uno dei temi critici negli sport femminili [4,5]. Ad oggi diversi studi hanno cercato di indagare questo fenomeno, ma i risultati non sono ancora chiari [4,5]. MC è un ciclo biologico, comunemente suddiviso in tre fasi principali: Fase Follicolare (FP), Fase Ovulatoria (OP) e Fase Luteinica (LP). Tutte le fasi comportano grandi fluttuazioni ormonali. Le fluttuazioni ormonali e i sintomi correlati alle diverse fasi di MC, come riportato in studi precedenti, sembrano influenzare le prestazioni e i parametri di rendimento relativi al carico interno ed esterno [4,5]. La prestazione fisica sembra essere ridotta durante la prima fase follicolare rispetto a tutte le altre fasi di MC [4]. La forza e la capacità aerobica sembrano essere compromesse durante la tarda fase luteale, mentre le prestazioni anaerobiche sembrano essere ridotte più frequentemente nella tarda fase follicolare. In diversi studi la prestazione aerobica, la prestazione anaerobica e la prestazione di forza sono state valutate utilizzando test specifici. Il salto con contromovimento o le massime contrazioni volontarie isometriche sono state tipicamente implementate come indicatori di forza e potenza; Il tempo di sprint sui 30 m, il tempo di sprint sui 100 m o i risultati derivati da test della durata di 3 minuti o meno venivano generalmente utilizzati per valutare le prestazioni anaerobiche; la

distanza di corsa nel test di fitness intermittenti è stata utilizzata come misura della capacità aerobica e di resistenza [5]. Ad esempio, Julian et al. Hanno fatto presente come l'altezza del salto delle calciatrici durante un salto con contromovimento è stata implementata come indicatore della potenza degli arti inferiori, il tempo di sprint di 30 m è stato utilizzato come parametro della capacità di sprint, la distanza di corsa nel test di fitness intermittente Yo-Yo è stata utilizzata come una misura della capacità di resistenza specifica del calcio [6]. Nelle calciatrici, durante la fase follicolare è stato rivelato un rapporto di forza di torsione di picco tra muscoli posteriori della coscia e quadricipiti più basso [7]. Julian et al. [6] hanno dimostrato che le prestazioni nel test di resistenza intermittente Yo-Yo erano ridotte durante la fase luteale, suggerendo una compromissione delle prestazioni di resistenza in questa fase. Ad oggi, solo pochi studi hanno studiato gli effetti delle fasi di MC sulle prestazioni fisiche delle calciatrici d'élite durante le partite [8]. Gli autori hanno dimostrato che la distanza di corsa ad alta intensità percorsa al minuto era significativamente maggiore durante la fase luteale, ma non sono state riscontrate differenze significative per le altre variabili prese in esame tra le fasi di MC [8]. Le atlete credono che le loro prestazioni siano influenzate dalle fasi MC. A questo proposito, riguardo alla percezione della capacità di performance, la fase follicolare precoce e la fase luteale tardiva sembrano essere le fasi in cui le atlete percepiscono un calo delle proprie prestazioni [5]. Nello studio di De Martin Tropain V. Et al. la qualità percepita del sonno e la prontezza fisica all'allenamento erano tutte significativamente influenzate dalla fase MC. La qualità percepita del sonno era significativamente ridotta nella fase luteale media rispetto alla fase follicolare tardiva, la prontezza fisica all'allenamento era significativamente inferiore nella fase di ovulazione e nella fase luteale media rispetto alla fase follicolare precoce. D'altro canto, la prontezza mentale all'allenamento non ha mostrato una differenza significativa tra le fasi del ciclo mestruale [9]. A causa delle scarse informazioni sull'influenza del MC nel calcio e sul potenziale effetto delle fluttuazioni ormonali sulle prestazioni, si potrebbe presumere che ciò possa portare a cambiamenti nei parametri delle prestazioni fisiche, nello sforzo percepito, nel well-being e nello stato di recupero delle calciatrici. Pertanto, gli obiettivi di questo studio sono stati quelli di indagare:

- (1) l'impatto delle fasi MC sui parametri di carico esterno durante le partite,
- (2) l'impatto delle fasi MC sullo sforzo percepito (carico interno),
- (3) l'impatto delle fasi MC fasi sullo stato di recupero e sul benessere.

METODI

- **Disegno dello studio**

È stato condotto uno studio osservazionale. Sono state valutate ventisei gare nell'arco di dieci mesi della Serie A Tim, per tutta la stagione agonistica 2022/2023 (agosto 2022 – maggio 2023). I parametri di prestazione fisica per la quantificazione del carico esterno sono stati raccolti utilizzando dispositivi GPS (WIMU PRO™ di RealTrack System SL, Almeria, Spagna).

- **Partecipanti**

Venticinque calciatrici d'élite (età: $23,6 \pm 4,1$ anni; altezza: $1,67 \pm 0,05$ m; massa corporea: $62,4 \pm 4,6$ kg) sono state coinvolte nel presente studio. Le calciatrici sono state raggruppate in base alle fasi di MC. Sono state identificate quattro diverse fasi: fase mestruale (giorni 1-7), fase follicolare (giorni 8-12), fase ovulatoria (giorni 13-15) e fase luteale (giorni 16-28) [10]. I criteri di inclusione consistevano in:

- (1) avere un ciclo regolare di durata fisiologica (28 -35 giorni),
- (2) non usare contraccettivi,
- (3) avere cicli ovulatori,
- (4) aver giocato un minimo di 45 minuti durante la partita.

Le calciatrici sono state pienamente informate di tutte le procedure e hanno fornito il loro consenso informato scritto per partecipare. Il presente studio è stato condotto in conformità con la Dichiarazione di Helsinki e approvato dal comitato di ricerca di ateneo dell'Università di Roma “Foro Italico” (Codice identificativo: CAR 119/2022).

- **Monitoraggio dei parametri fisici**

Tutte le calciatrici coinvolte in questo studio indossavano una pettorina da allenamento imbottita sotto la maglietta dove era posizionato il dispositivo GPS. Ogni sensore aveva un identificatore univoco ed era collegato a una calciatrice per un'intera stagione per limitare potenziali problemi dovuti all'affidabilità tra le unità. I dati sono stati estratti, gestiti e analizzati dal software SPRO™ v. 964 (RealTrack Systems S.L., Almería, Spagna). Sono state selezionate le calciatrici che hanno giocato per almeno 45 minuti e i dati GPS sono stati normalizzati in base alla durata del gioco. I parametri fisici della partita sono stati quantificati utilizzando il dispositivo GPS Wimu Pro a 10 Hz. Le attività delle calciatrici sono state suddivise in cinque zone di intensità basate sull'analisi fisica della Coppa del Mondo femminile FIFA di Francia 2019 effettuata dalla Fédération Internationale de Football Association (FIFA). Zona 1 (0-7 km/h), Zona 2 (7-13 km/h), Zona 3 (13-19 km/h), Zona 4 e (19-23 km/h), Zona 5 (>23 km/h) (HS23) (L'analisi fisica della Francia 2019 mostra un aumento di velocità e intensità, s.d.). Le zone di velocità sono state definite secondo la raccomandazione della FIFA e seguendo le recenti linee guida definite da Park et al. [11]. Sono state registrate distanza totale (TD), distanza percorsa sopra 13 km/h (HS13), distanza percorsa sopra 19 km/h (HS19), distanza percorsa sopra 23 km/h (HS23), accelerazioni superiori a $2,5 \text{ m/s}^2$ (ACC) e decelerazioni inferiori a $-2,5 \text{ m/s}^2$ (DEC). Tutti i dati sono stati poi analizzati rispetto al tempo di gioco (al minuto).

- **Monitoraggio del carico interno, dello stato di recupero e del well-being**

Al termine di ogni partita è stata registrata la valutazione soggettiva dello sforzo percepito (RPE) per la quantificazione del carico interno. L'RPE (scala CR-10) [12] è stato raccolto tra 15 e 30 minuti [13] dopo ogni partita mediante interviste individuali e private. Le atlete dovevano rispondere alla seguente domanda: “Quanto è stata dura la partita?” Lo scopo di una risposta individuale e privata è stato quello di evitare che le calciatrici fossero condizionate ed esprimessero lo stesso valore delle compagne. Le informazioni riguardo la fase di MC, riguardo alla qualità del recupero (TQR), riguardo la qualità del sonno, riguardo lo stress, riguardo la fatica e il dolore muscolare sono state registrate adottando

un questionario quotidiano da compilare al mattino direttamente via smartphone (SurveyHeart LLP). Per le fasi MC le calciatrici indicavano la data di inizio dell'ultima mestruazione e il giorno di MC. Cominciavano a contare i giorni dal primo giorno delle mestruazioni. Nello specifico, la qualità del recupero, la qualità del sonno, lo stress, la fatica e il dolore muscolare sono stati registrati al mattino utilizzando la scala Hooper [14]. Ogni risposta è stata valutata su una scala Likert a sette punti, con risposte che andavano da “molto, molto buono = 1” a “molto, molto cattivo = 7” per il sonno, e da “molto, molto basso = 1” a “molto, molto alto = 7” per fatica, stress e dolore muscolare. La scala TQR CR-10 è stata utilizzato per valutare la qualità del recupero.

- **Analisi statistica**

È stata eseguita un'analisi statistica del tipo “within-subject linear mixed model” per analizzare “mean differences” per tutti i parametri raccolti con i rispettivi intervalli di confidenza del 95% in relazione alle quattro fasi di MC. Il ruolo delle calciatrici è stato inserito nel modello come covariata. L'identità delle calciatrici è stata inserita nel modello come effetto casuale per considerare le misurazioni ripetute. Quando sono state riscontrate differenze significative, è stata utilizzata the least significant difference per confronti multipli, come suggerito in studi precedenti [15]. Anche l'Effect Size (ES) è stato calcolato a partire dalle differenze di media e dalla deviazione standard raggruppata. Un ES di 0,2, 0,5 e 0,8 è stato interpretato rispettivamente come piccolo, moderato e grande. Tutte le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il pacchetto software statistico SPSS v.25 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) con il livello di significatività impostato su $p < 0,05$.

Risultati

Sono stati utilizzati box plot e grafici a barre per mostrare le differenze dei parametri di carico esterno (**Figura 1**) e di carico interno, qualità del recupero e well being (**Figura 2**) in base alle fasi di MC. Per quanto riguarda parametro di performance fisica, TD/min (ES = 0,63) e HS13/min (ES = 0,52) sono stati più alti nella fase luteale ($p < 0,05$), mentre il numero di ACC/min è stato maggiore nella fase mestruale ($p < 0,05$); ES = 0,44) (**Tabella**

1). L'RPE ha riportato valori più alti nella fase luteale ($p < 0,05$; $ES = 0,61$). I valori di stress più alti sono stati riscontrati nella fase ovulatoria ($p < 0,05$; $ES = 1,19$), mentre i valori di fatica più bassi sono stati riscontrati nella fase follicolare ($p < 0,05$; $ES = 0,51$) (**Tabella 1**). HS19/min, HS23/min, decelerazione superiore a $2,5 \text{ m/s}^2$, TQR, sonno e dolore muscolare non hanno mostrato differenze significative tra le fasi MC ($p > 0,05$) (**Tabella 1**).

Discussione

Gli obiettivi di questo studio erano di indagare:

- (1) l'impatto delle fasi MC sui parametri di prestazione fisica durante le partite,
- (2) l'impatto delle fasi MC sullo sforzo percepito durante le partite (RPE),
- (3) l'impatto delle fasi MC sulla qualità del e del well being.

1. TD/min ($ES = 0,63$) e HS13/min ($ES = 0,52$) presentavano valori più alti nella fase luteale ($p < 0,05$);

il numero di ACC/min è stato maggiore nella fase mestruale ($p < 0,05$; $ES = 0,44$).

2. L'RPE ha riportato valori più alti nella fase luteale ($p < 0,05$; $ES = 0,61$).

3. Lo stress ha riportato valori più alti nella fase ovulatoria ($p < 0,05$; $ES = 1,19$);

La fatica ha riportato valori più bassi nella fase follicolare ($p < 0,05$; $ES = 0,51$).

Abbiamo osservato un aumento dell'attività di corsa (TD/min) durante la fase luteale con una maggiore percezione dello sforzo post-partita (RPE). Nello specifico, i risultati hanno mostrato che la distanza totale al minuto (TD/min) e la distanza coperta sopra 13 km/h al minuto (HS13/min) erano significativamente più alte nella fase luteale. Invece, il numero di accelerazioni sopra $2,5 \text{ m/s}^2$ al minuto (ACC/min) è stata massima durante la fase mestruale. La distanza percorsa sopra 19 km/h al minuto (HS19/min), la distanza percorsa superiore a 23 km/h al minuto (HS23/min), la decelerazione superiore a $2,5 \text{ m/s}^2$ al minuto (DEC/min) non hanno mostrato differenze significative tra le fasi MC. Per quanto riguarda il carico interno, la qualità del recupero e i parametri di well being abbiamo osservato che: (1) RPE ha riportato valori più alti nella fase luteale, (2) lo stress ha riportato valori più alti nella fase ovulatoria, (3) la fatica ha riportato valori più bassi nella

fase follicolare. TQR, sonno e dolore muscolare non hanno mostrato differenze significative tra le fasi MC.

Parametri di performance

I valori della distanza totale al minuto (TD/min) hanno mostrato valori significativamente più alti durante la fase luteale rispetto alla fase mestruale (ES = 0,59) e rispetto alla fase follicolare (ES = 0,89). Uno studio precedente [8] non ha riscontrato una differenza significativa tra la Fase Follicolare e la Fase Luteale durante le partite e ciò potrebbe dipendere dal diverso modo di considerare le fasi del ciclo mestruale. Infatti, Julian e colleghi hanno analizzato solo due grandi fasi (fase follicolare e fase luteale) del MC, mentre nel presente studio sono state considerate quattro fasi della MC. Durante la fase luteale, gli estrogeni rimangono elevati ed è possibile che ciò possa influenzare la performance sia di intensità massimale che sotto massimale [16].

La distanza percorsa a una velocità superiore a 13 km/h al minuto (HS13/min) e l'attività delle calciatrici in Zona 3 hanno mostrato valori più alti e significativi durante la fase luteale, come riportato da Julian et al. [8] anche se è stata presa in considerazione una soglia diversa per questi due parametri anaerobici. A sostegno di questi risultati, HS19/min, sebbene mostrasse solo una chiara tendenza alla significatività, sembrava essere più elevato durante la fase luteinica rispetto alla fase follicolare ($p = 0,057$) e alla fase di ovulazione ($p = 0,063$).

Come per la distanza totale al minuto (TD/min), possiamo ipotizzare che questi risultati siano strettamente correlati ai livelli elevati di estrogeni ed è possibile che questo fenomeno possa influenzare l'intensità massimale e sotto massimale della prestazione fisica [16]. Come riportato in studi precedenti, la distanza percorsa a una velocità superiore a 13 km/h è altamente correlata con la prestazione nello Yo-Yo intermittent test, comunemente utilizzato per valutare il livello di capacità aerobica di calciatori e calciatrici [17]. Pertanto, potremmo aspettarci una migliore prestazione nello Yo-Yo test durante la fase luteale. Questa speculazione non è in accordo con i risultati riportati da Julian et al., [6] che hanno evidenziato una ridotta prestazione nello Yo-Yo test durante la fase luteale. Altri studi precedenti hanno dimostrato che le atlete avevano prestazioni migliori nell'esercizio aerobico nella fase follicolare rispetto a quella luteale [6,18,19].

La prestazione in questi studi era però valutata mediante utilizzo di test di resistenza e VO₂ sub massimale. La discrepanza tra i risultati degli studi potrebbe dipendere dalle diverse modalità adottate per dividere le zona di intensità dell'attività dell'atleta e le fasi del ciclo mestruale considerate.

La distanza percorsa a una velocità superiore a 19 km/h al minuto (HS19/min) e la distanza percorsa a una velocità superiore a 23 km/h al minuto (HS23/min) non hanno mostrato differenze significative tra le fasi MC.

Infatti, studi precedenti hanno indicato che le fasi del ciclo mestruale non influiscono sugli esercizi di durata inferiore a 3 minuti [18,5]. Poiché tutte queste azioni ad alta intensità durano solitamente meno di 3 secondi [17], i nostri risultati confermano che le fluttuazioni ormonali non influenzano l'attività ad alta intensità nel gioco.

La distanza percorsa a una velocità superiore a 19 km/h al minuto (HS19/min) e la distanza percorsa a una velocità superiore a 23 km/h al minuto (HS23/min) non hanno mostrato differenze significative tra le fasi MC. Come riportato da Krustup et al. durante una partita di calcio femminile le atlete hanno un cambio di attività in media ogni 4 s. Il numero di corse ad alta intensità eseguite durante il gioco è compreso tra 72 e 159 con una durata media di 2,3 secondi [17]. Studi precedenti hanno indicato che le fasi del ciclo mestruale non influiscono sugli esercizi di durata inferiore a 3 minuti [18,5]. Poiché le attività dei giocatori sopra i 19 km/h e sopra i 23 km/h hanno una durata breve, più meno di 3 secondi, i risultati del presente studio sono in accordo con lo studio precedente. In questo tipo di attività, le fluttuazioni ormonali potrebbero non influenzare gli output di performance.

Il numero di accelerazioni superiori a 2,5 m/s² al minuto (ACC/min) ha mostrato il valore più alto durante la fase mestruale rispetto alle fasi di ovulazione (ES = 0,44). Il numero di decelerazioni superiori a 2,5 m/s² al minuto (DEC/min) non ha mostrato differenze significative tra le fasi MC. Studi precedenti hanno indicato che un gran numero di accelerazioni è correlato a una grande capacità di esprimere attività ripetute di forza/velocità, suggerendo che MC non influenza esercizi di durata inferiore ai 3 minuti [18,5]. Tuttavia, un altro studio ha riportato un aumento della forza muscolare durante la

fase follicolare [20]. L'accelerazione nello sport è il tasso di variazione della velocità o la velocità con cui un atleta può aumentare la velocità del movimento [21].

Le accelerazioni e le decelerazioni nel calcio richiedono tassi significativamente elevati di sviluppo della forza (in particolare azioni muscolari eccentriche) accompagnati da attivazioni neurali rapide e altamente coordinate [22]. Accelerazione e decelerazione sono comunemente utilizzate nel calcio come indice di forza indiretto. Studi precedenti hanno riportato che le accelerazioni e le decelerazioni non dipendono solo dalla forza muscolare, poiché in questo processo sono coinvolti altri fattori come il tempo di applicazione della forza e la coordinazione muscolare e tecnica [22]. D'altra parte, i risultati del presente studio suggeriscono che il numero di accelerazioni è massimo nella fase mestruale, in parziale accordo con gli studi che indicano la fase follicolare come la fase migliore per la produzione di forza [4,5]. Questa parziale discrepanza potrebbe dipendere da informazioni auto-risportate sul ciclo mestruale e da un non perfetto allineamento della secrezione ormonale tra ciclo teorico e ciclo reale durante i giorni. Un livello elevato di estrogeni durante la prima metà del ciclo mestruale (fase mestruale + fase follicolare) potrebbe migliorare le prestazioni di forza, come riportato da Pallavi et al. [20].

Parametri di carico interno, recupero e Well Being

RPE ha riportato valori più elevati nella fase luteale ($p < 0,05$) rispetto alla fase mestruale (ES 0,61). Il valore di RPE più alto riportato nella fase luteale è correlato al valore più alto della distanza totale al minuto e alla distanza percorsa superiore a 13 km/h al minuto registrati nella fase luteale. D'altra parte, il valore più alto di RPE durante la fase luteale tardiva potrebbe essere correlato ai sintomi premestruali che colpiscono principalmente le atlete. Hooper et al. hanno dimostrato che nelle donne sedentarie l'RPE aveva un aumento significativamente maggiore nella fase follicolare precoce rispetto alle donne nelle fasi follicolare tardiva e luteinica [23]. Prado et al. in una recente review sistematica e metanalisi hanno dimostrato che l'RPE non è influenzato dal ciclo mestruale durante l'esercizio aerobico [24]. Il calcio è uno sport intermittente ad alta intensità che richiede capacità diverse in base all'intermittenza della partita e l'RPE è collegato a queste capacità durante la partita. Inoltre, i risultati di questo studio hanno mostrato valori di fatica più

bassi nella fase follicolare rispetto alla fase mestruale ($ES = 0,51$). Come riportato in studi precedenti, le atlete spesso riferiscono un calo delle prestazioni a causa dell'affaticamento durante le fasi del ciclo mestruale quando la concentrazione ormonale è bassa [5,18]. Il decadimento prestazionale percepito nella fase follicolare iniziale (la nostra fase mestruale) e nella fase luteinica tardiva coincide con la comparsa dei sintomi mestruali; le ragioni a cui veniva attribuito questo calo percepito delle prestazioni erano affaticamento, letargia, dolore mestruale e altri sintomi mestruali [25]. D'altra parte, la concentrazione di estrogeni e progesterone può contribuire all'affaticamento in vari modi: gli estrogeni aumentano la sensibilità all'insulina, mentre il progesterone aumenta la resistenza all'insulina [5,18].

Il valore di stress più elevato è stato invece riscontrato nella fase ovulatoria rispetto alla fase follicolare ($ES=0,48$). Il questionario Hooper è stato utilizzato per rilevare segni di pre-affaticamento e stress [26] prima delle partite. Questi risultati sembrano suggerire che i cambiamenti ormonali in questa fase possano influenzare il livello di stress nelle calciatrici. Durante la fase ovulatoria i picchi di estrogeni iniziano a diminuire e il progesterone inizia ad aumentare. L'aumento della temperatura basale e la lassità legamentosa tipici di questa fase aumentano il rischio di lesioni. Tutti questi fattori possono influenzare direttamente o indirettamente lo stato di stress delle atlete. Secondo altri studi, gli estrogeni e il progesterone non determinano stati d'animo positivi o negativi nelle atlete ma possono attenuare o amplificare lo stato emotivo a seconda di altri fattori [27]. Livelli alti o bassi di ormone dello stress sono collegati a livelli di stress sia alti che bassi [27]. Morgan e Plaff hanno suggerito che un livello più elevato di estrogeni produce un'eccitazione più generale ("effetto estrogeno "arousal-up") attraverso l'effetto che ha sul fattore di rilascio della corticotropina, che può essere espresso come un aumento dello stato di attivazione/eccitazione in un contesto potenzialmente stressante [28]. I nostri dati sono stati registrati prima della partita, la situazione più stressante per una calciatrice. Possiamo ipotizzare che il picco di estrogeni durante la fase iniziale dell'ovulazione possa amplificare la risposta allo stress delle atlete. Per TQR, fatica, sonno e dolore muscolare non abbiamo riscontrato differenze statisticamente significative tra le fasi. Abbiamo ipotizzato che l'effetto del tapering praticato sul processo di avvicinamento alle partite regolasse il valore delle altre voci indipendentemente dalla fase del ciclo mestruale. Baker e Lee hanno riferito di disturbi del sonno durante il ciclo mestruale. De Martin Tropain et

al. hanno dimostrato che la qualità del sonno era significativamente ridotta nella fase luteale media rispetto alla fase follicolare tardiva. Secondo Baker & Lee i disturbi auto-riferiti aumentavano durante le fasi premenstruali (fase luteale tardiva) e mestruali (fase mestruale), in particolare nelle donne con sintomi premenstruali o crampi mestruali dolorosi. Hanno giustificato questa alterazione probabilmente con un effetto del progesterone e dei suoi metaboliti [29,30,9]. I risultati del nostro studio non hanno mostrato differenze statisticamente significative tra le fasi mestruali nella qualità del sonno. Abbiamo ipotizzato che questa discrepanza dipenda dalle strategie di recupero adottate dalle atlete per migliorare la loro igiene del sonno. Strategie di tapering, recupero e nutrizione combinate con l'adattamento cronico consentono una migliore gestione di questa possibile alterazione.

Conclusioni

I risultati del presente studio hanno dimostrato che nelle calciatrici professioniste gli estrogeni e il progesterone potrebbero influenzare i parametri soggettivi e oggettivi delle prestazioni durante le partite. Di conseguenza il monitoraggio del ciclo mestruale diventa di fondamentale importanza per capire i meccanismi che lo regolano, come quest'ultimo agisce, e come gestire in maniera individualizzato ogni singola atleta in funzione delle partite di campionato.

Lo studio presenta diverse limitazioni: in primo luogo, in questo studio il ciclo mestruale è stato suddiviso in fasi grazie alle informazioni auto-riferite dalle giocatrici e utilizzando i metodi di conteggio dei giorni. Abbiamo analizzato i risultati in base alle nostre conoscenze teoriche e riferendoci ad una secrezione ormonale ideale nell'arco dei giorni. Senza campioni biologici e analisi ormonali, le informazioni sulle fasi sono solo una speculazione teorica e necessitano di ulteriori e dettagliate analisi.

Bibliografia

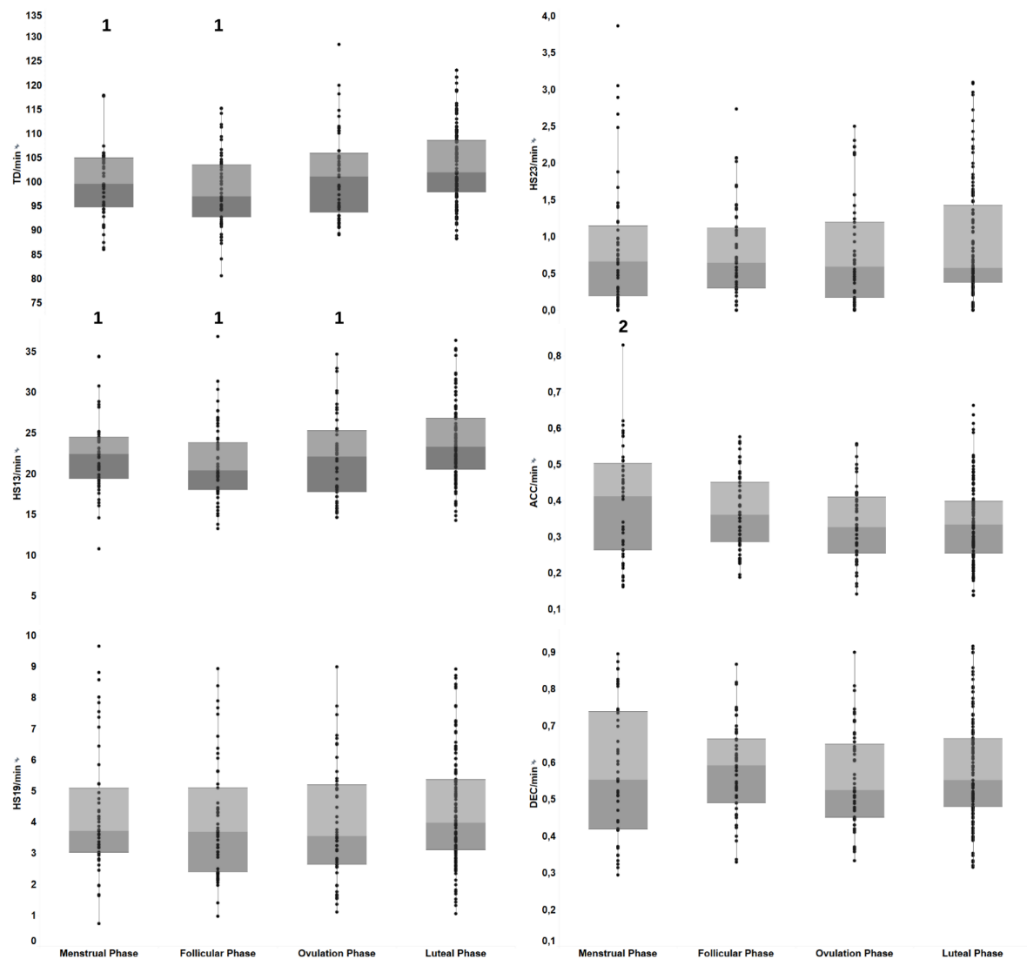
1. <https://www.fifa.com/tournaments/womens/womensworldcup/france2019/news/physical-analysis-of-france-2019-shows-increase-in-speed-and-intensity>
2. Datson, N., Drust, B., Weston, M., Jarman, I. H., Lisboa, P. J., & Gregson, W. (2017). Match physical performance of elite female soccer players during international competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(9), 2379-2387
3. Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: an update. *Sports medicine*, 44, 1225-1240..
4. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., ... & Hicks, K. M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrhic women: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50, 1813-1827.
5. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1667.
6. Julian, R., Hecksteden, A., Fullagar, H. H., & Meyer, T. (2017). The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PloS one*, 12(3), e0173951.
7. Mascarin, N. C., de Lira, C. A. B., Vancini, R. L., de Castro Pochini, A., da Silva, A. C., & dos Santos Andrade, M. (2017). Strength training using elastic bands: Improvement of muscle power and throwing performance in young female handball players. *Journal of sport rehabilitation*, 26(3), 245-252.
8. Julian, R., Skorski, S., Hecksteden, A., Pfeifer, C., Bradley, P. S., Schulze, E., & Meyer, T. (2021). Menstrual cycle phase and elite female soccer match-play: influence on various physical performance outputs. *Science and Medicine in Football*, 5(2), 97-104.
9. Topranin, V. D. M., Engseth, T. P., Hrozanova, M., Taylor, M., Sandbakk, Ø., & Noordhof, D. A. (2023). The influence of menstrual-cycle phase on measures of

- recovery status in endurance athletes: the female endurance athlete project. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18(11), 1296-1303.
10. Bingzheng, Z., Xinzhuo, Z., Zhuo, J., Xing, Y., Bin, L., & Lunhao, B. (2023). The effects of sex hormones during the menstrual cycle on knee kinematics. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11.
 11. Park, L. A., Scott, D., & Lovell, R. (2019). Velocity zone classification in elite women's football: where do we draw the lines?. *Science and Medicine in Football*, 3(1), 21-28.
 12. Foster, C. (2001). Florhaug J a, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin L a, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-15.
 13. Christen, J., Foster, C., Porcari, J. P., & Mikat, R. P. (2016). Temporal robustness of the session rating of perceived exertion. *International journal of sports physiology and performance*, 11(8), 1088-1093.
 14. Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes: recommendations. *Sports medicine*, 20, 321-327.
 15. Thorpe, R. T. (2016). Tracking morning fatigue status across in-season t... *ijspp*, 2015, 0490.
 16. Isacco, L., & Boisseau, N. (2023). Sex hormones and substrate metabolism during endurance exercise. In *Sex hormones, exercise and women: Scientific and clinical aspects* (pp. 25-54). Cham: Springer International Publishing.
 17. Krstrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H. E. L. G. A., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1242-1248.
 18. Vaiksaar, S., Jürimäe, J., Mäestu, J., Purge, P., Kalytka, S., Shakhlina, L., & Jürimäe, T. (2011). No effect of menstrual cycle phase and oral contraceptive use on endurance performance in rowers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(6), 1571-1578.
 19. Graja, A., Kacem, M., Hammouda, O., Borji, R., Bouzid, M. A., Souissi, N., & Rebai, H. (2022). Physical, biochemical, and neuromuscular responses to repeated sprint exercise in eumenorrhic female handball players: effect of

- menstrual cycle phases. *Journal of strength and conditioning research*, 36(8), 2268-2276.
20. Pallavi, L. C., SoUza, U. J. D., & Shivaprakash, G. (2017). Assessment of musculoskeletal strength and levels of fatigue during different phases of menstrual cycle in young adults. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(2), CC11.
21. Acceleration vs. Maximum Speed. (2017, gennaio 6).
<https://www.nasca.com/education/articles/kinetic-select/acceleration-vs.-maximum-speed/>
22. Douchet, T., Humbertclaude, A., Cometti, C., Paizis, C., & Babault, N. (2021). Quantifying accelerations and decelerations in elite women soccer players during regular in-season training as an index of training load. *Sports*, 9(8), 109.
23. Hooper, A. E. C., Bryan, A. D., & Eaton, M. (2011). Menstrual cycle effects on perceived exertion and pain during exercise among sedentary women. *Journal of Women's Health*, 20(3), 439-446.
24. Prado, R. C. R., Hackney, A. C., Silveira, R., Kilpatrick, M. W., Takito, M. Y., & Asano, R. Y. Effect of Menstrual Cycle Phase on Perceived Exertion During Aerobic Exercise in Eumenorrhic Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of Women's & Pelvic Health Physical Therapy*, 10-1097.
25. Findlay, R. J., Macrae, E. H., Whyte, I. Y., Easton, C., & Forrest, L. J. (2020). How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: experiences and perceptions of elite female rugby players. *British journal of sports medicine*, 54(18), 1108-1113.
26. Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes: recommendations. *Sports medicine*, 20, 321-327.
27. Davydov, D. M., Shapiro, D., Goldstein, I. B., & Chicz-DeMet, A. (2005). Moods in everyday situations: effects of menstrual cycle, work, and stress hormones. *Journal of Psychosomatic Research*, 58(4), 343-349.
28. Morgan, M. A., & Pfaff, D. W. (2002). Estrogen's effects on activity, anxiety, and fear in two mouse strains. *Behavioural brain research*, 132(1), 85-93.
29. Baker, F. C., & Lee, K. A. (2022). Menstrual cycle effects on sleep. *Sleep Medicine Clinics*, 17(2), 283-294.

30. Hackney, A. C., Kallman, A. L., & Åggön, E. (2019). Female sex hormones and the recovery from exercise: Menstrual cycle phase affects responses. *Biomedical human kinetics, 11*(1), 87-89.

Figura 1. Box plots for external load data in relation to Menstrual Cycle Phases.



1 denotes sig. difference vs. LUTEAL PHASE.

2 denotes sig. difference vs. OVULATION PHASE.

3 denotes sig. difference vs. FOLLICULAR PHASE.

TD/min = total distance per minute

HS13/min = distance covered above 13 km/h per minutes

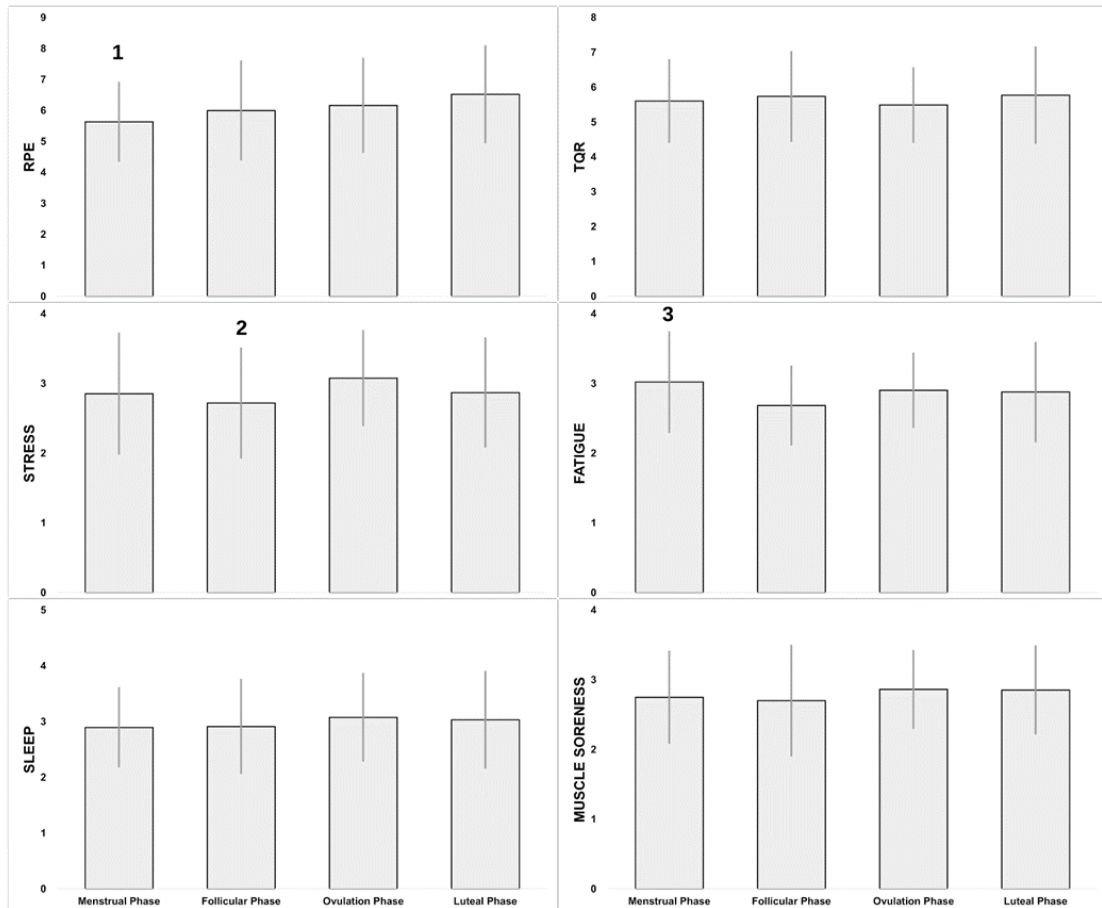
HS19/min = distance covered above 19 km/h per minutes

HS23/min = distance covered above 23 km/h per minutes

ACC/min = number of accelerations > 2,5 m/s² registered per minutes

DEC/min = number of decelerations < -2,5 m/s² registered per minutes

Figura 2. Bar charts for internal load, recovery, and well-being measurements in relation to Menstrual Cycle Phases



1 denotes sig. difference vs. LUTEAL PHASE.

2 denotes sig. difference vs. OVULATION PHASE.

3 denotes sig. difference vs. FOLLICULAR PHASE.

RPE=Rate of Perceived Exertion.

TQR=Total Quality Recovery

STRESS

FATIGUE

SLEEP

MUSCLE SORENESS

Tabella 1. Pairwise comparisons of external load parameters, internal load, recovery, and well-being measurements for the Menstrual phases.

Variables	Comparison	Mean Difference (95% CI)	P	Effect size	
TD/min	Menstrual phase vs. Follicular phase	1.85 [-1.23 to 4.96]	0.239		
	Menstrual phase vs. Ovulation phase	-1.07 [-4.26 to 2.11]	0.508		
	Menstrual phase vs. Luteal phase	-2.87 [-5.59 to -0.15]	0.039	0.59	
	Follicular phase vs. Ovulation phase	-2.93 [-5.98 to 0.12]	0.060		
	Follicular phase vs. Luteal phase	-4.73 [-7.28 to -2.17]	0.001	0.89	
	Ovulation phase vs. Luteal phase	-1.80 [-4.44 to 0.84]	0.181		
	HS13/min	Menstrual phase vs. Follicular phase	0.94 [-0.87 to 2.76]	0.308	
		Menstrual phase vs. Ovulation phase	0.35 [-1.53 to 2.23]	0.714	
		Menstrual phase vs. Luteal phase	-1.67 [-3.27 to -0.08]	0.040	0.32
		Follicular phase vs. Ovulation phase	-0.59 [-2.39 to 1.20]	0.516	
		Follicular phase vs. Luteal phase	-2.62 [-4.12 to -1.12]	0.001	0.52
		Ovulation phase vs. Luteal phase	-2.02 [-3.59 to -0.46]	0.011	0.39
HS19/min		Menstrual phase vs. Follicular phase	0.21 [-0.44 to 0.86]	0.527	
		Menstrual phase vs. Ovulation phase	0.15 [-0.51 to 0.82]	0.651	
		Menstrual phase vs. Luteal phase	-0.37 [-0.94 to 0.19]	0.198	
		Follicular phase vs. Ovulation phase	-0.05 [-0.69 to 0.59]	0.867	
		Follicular phase vs. Luteal phase	-0.58 [-1.12 to 0.11]	0.057	

	Ovulation phase			
	vs.	-0.52 [-1.08 to 0.029]	0.063	
	Luteal phase			
HS23/min	Menstrual phase			
	vs.	0.07[-0.20 to 0.35]	0.583	
	Follicular phase			
	Menstrual phase			
	vs.	0.03 [-0.25 to 0.31]	0.842	
	Ovulation phase			
	Menstrual phase			
	vs.	-0.12 [-0.36 to 0.12]	0.330	
	Luteal phase			
	Follicular phase			
	vs.	-0.05 [-0.32 to 0.22]	0.728	
	Ovulation phase			
	Follicular phase			
	vs.	-0.19 [-0.42 to 0.03]	0.090	
	Luteal phase			
	Ovulation phase			
	vs.	-0.15 [-0.38 to 0.08]	0.217	
	Luteal phase			
ACC/min	Menstrual phase			
	vs.	0.02 [-0.2 to 0.06]	0.292	
	Follicular phase			
	Menstrual phase			
	vs.	0.05 [0.01 to 0.09]	0.022	0.44
	Ovulation phase			
	Menstrual phase			
	vs.	0.04 [0.01 to 0.07]	0.052	
	Luteal phase			
	Follicular phase			
	vs.	0.03 [-0.01 to 0.07]	0.183	
	Ovulation phase			
	Follicular phase			
	vs.	0.01 [-0.02 to 0.05]	0.427	
	Luteal phase			
	Ovulation phase			
	vs.	-0.01 [-0.05 to 0.02]	0.440	
	Luteal phase			
DEC/min	Menstrual phase			
	vs.	-0.01 [-0.06 to 0.05]	0.810	
	Follicular phase			
	Menstrual phase			
	vs.	0.01 [-0.04 to 0.07]	0.597	
	Ovulation phase			
	Menstrual phase			
	vs.	-0.01 [-0.06 to 0.03]	0.551	
	Luteal phase			
	Follicular phase			
	vs.	0.02 [-0.03 to 0.07]	0.426	
	Ovulation phase			
	Follicular phase			
	vs.	-0.01 [-0.05 to 0.04]	0.731	
	Luteal phase			
	Ovulation phase			
	vs.	-0.03 [-0.07 to 0.01]	0.211	
	Luteal phase			

RPE	Menstrual phase			
	vs.	-0.35 [-0.93 to 0.22]	0.230	
	Follicular phase			
	Menstrual phase			
	vs.	-0.47 [-1.06 to 0.12]	0.120	
	Ovulation phase			
	Menstrual phase			
	vs.	-0.74 [-1.25 to -0.23]	0.004	0.61
	Luteal phase			
	Follicular phase			
	vs.	-0.11 [-0.68 to 0.45]	0.687	
	Ovulation phase			
Follicular phase				
vs.	-0.39 [-0.86 to 0.08]	0.108		
Luteal phase				
Ovulation phase				
vs.	-0.27 [-0.76 to 0.21]	0.272		
Luteal phase				
TQR	Menstrual phase			
	vs.	-0.14 [-0.84 to 0.35]	0.571	
	Follicular phase			
	Menstrual phase			
	vs.	0.08 [-0.42 to 0.59]	0.737	
	Ovulation phase			
	Menstrual phase			
	vs.	-0.22 [-0.66 to 0.21]	0.308	
	Luteal phase			
	Follicular phase			
	vs.	0.23 [-0.25 to 0.71]	0.355	
	Ovulation phase			
Follicular phase				
vs.	-0.08 [-0.49 to 0.32]	0.690		
Luteal phase				
Ovulation phase				
vs.	-0.31 [-0.73 to 0.11]	0.147		
Luteal phase				
STRESS	Menstrual phase			
	vs.	0.13 [-0.17 to 0.43]	0.390	
	Follicular phase			
	Menstrual phase			
	vs.	-0.22 [-0.54 to 0.08]	0.152	
	Ovulation phase			
	Menstrual phase			
	vs.	-0.02 [-0.29 to 0.24]	0.858	
	Luteal phase			
	Follicular phase			
	vs.	-0.36 [-0.66 to -0.06]	0.018	0.48
	Ovulation phase			
Follicular phase				
vs.	-0.16 [-0.41 to 0.09]	0.217		
Luteal phase				
Ovulation phase				
vs.	0.20 [-0.06 to 0.46]	0.123		
Luteal phase				
FATIGUE	Menstrual phase			
	vs.	0.33 [0.08 to 0.59]	0.010	0.51
	Follicular phase			

	Menstrual phase		
	vs.	0.12 [-0.14 to 0.38]	0.373
	Ovulation phase		
	Menstrual phase		
	vs.		
	Luteal phase	0.14 [-0.08 to 0.37]	0.208
	Follicular phase		
	vs.	-0.21 [-0.47 to 0.03]	0.091
	Ovulation phase		
	Follicular phase		
	vs.	-0.19 [-0.40 to 0.02]	0.073
	Luteal phase		
	Ovulation phase		
	vs.	0.02 [-0.19 to 0.24]	0.825
	Luteal phase		
SLEEP	Menstrual phase		
	vs.	-0.02 [-0.34 to 0.30]	0.922
	Follicular phase		
	Menstrual phase		
	vs.	-0.18 [-0.51 to 0.15]	0.281
	Ovulation phase		
	Menstrual phase		
	vs.	-0.13 [-0.41 to 0.15]	0.349
	Luteal phase		
	Follicular phase		
	vs.	-0.17 [-0.48 to 0.15]	0.304
	Ovulation phase		
	Follicular phase		
	vs.	-0.12 [-0.38 to 0.15]	0.380
	Luteal phase		
	Ovulation phase		
	vs.	0.05 [-0.22 to 0.32]	0.736
	Luteal phase		
MUSCLE SORENESS	Menstrual phase		
	vs.	0.05 [-0.21 to 0.30]	0.722
	Follicular phase		
	Menstrual phase		
	vs.	-0.12 [-0.38 to 0.15]	0.386
	Ovulation phase		
	Menstrual phase		
	vs.	-0.11 [-0.33 to 0.11]	0.328
	Luteal phase		
	Follicular phase		
	vs.	-0.16 [-0.41 to 0.09]	0.205
	Ovulation phase		
	Follicular phase		
	vs.	-0.16 [-0.37 to 0.05]	0.141
	Luteal phase		
	Ovulation phase		
	vs.	0.01 [-0.21 to 0.22]	0.968
	Luteal phase		

Work in Progress: Effect of menstrual cycle phases on physical performance in elite women soccer players. Pt. 2

Introduzione

Sulla base dei risultati degli studi precedenti e sulla base delle informazioni presenti in letteratura siamo giunti alla conclusione che le fluttuazioni ormonali presenti nelle diverse fasi del ciclo mestruale possono influenzare le prestazioni delle atlete, in particolare delle calciatrici. I cambiamenti ciclici di estrogeni e progesterone hanno importanti implicazioni sul modo in cui le calciatrici rispondono all'esercizio sia durante l'allenamento che durante le partite. I parametri legati con il carico interno, i parametri legati con il carico esterno, il recupero e il well-being sembrano in qualche modo essere influenzati da questi cambiamenti nel corso dell'alternanza di fasi del ciclo.

Come abbiamo già abbondantemente osservato nelle pagine precedenti gli estrogeni svolgono un ruolo importante nel promuovere l'immagazzinamento di energia. Questo può essere utile nel fornire le risorse energetiche necessarie all'organismo, soprattutto durante i periodi di maggiore richiesta di energia. Gli estrogeni sono associati ad una maggiore capacità di ipertrofia muscolare. Questo è importante per gli atleti impegnati in esercizi ad alta intensità, poiché la capacità ipertrofica e la capacità di riparare il tessuto muscolare in seguito a microlesioni indotte dall'allenamento contribuiscono in egual misura sia ad un incremento delle performance sia ad un incremento del recupero. [1]. Un recupero adeguato è fondamentale affinché gli atleti possano ottenere prestazioni costanti e ridurre al minimo il rischio di sovrallenamento o infortuni. Inoltre, gli estrogeni svolgono un ruolo di importanza rilevante sia nella regolazione della pressione sanguigna e che nella regolazione del metabolismo dei grassi. La sua azione è correlata con la diminuzione della pressione sanguigna [2] ed è associato ad una maggiore capacità del corpo di mobilitare i grassi utilizzati nei sistemi ossidativi durante l'esercizio aerobico [3].

Il progesterone, rispetto all'estrogeno, ha un effetto opposto su più processi fisiologici legati all'allenamento e alla prestazione. Il progesterone è associato ad una minore capacità di ossidazione dei grassi, ad un aumento della temperatura basale e ad una maggiore tendenza del cuore a produrre una frequenza cardiaca più rapida. Queste, sono

tutte condizioni che potrebbero compromettere o ridurre le prestazioni cardiovascolari e metaboliche nel corso di un esercizio prolungato [4,5].

Partendo da queste conclusioni di carattere teorico pratico ci siamo chiesti come poter affinare le nostre analisi. In questo contesto si cala e si configura il terzo studio di questo progetto di dottorato. Per analizzare gli effetti delle fasi del ciclo mestruale sui parametri fisici di performance, sui parametri relativi al carico interno al well being ed al recupero si è deciso di provare a mettere insieme le analisi condotte nei due studi precedenti.

METODI

- **Disegno dello studio**

È stato condotto uno studio di tipo osservazionale. È stato valutato il periodo corrispondente a due cicli mestruali per tutte le atlete coinvolte nello studio. I parametri di prestazione fisica per la quantificazione del carico esterno sono stati raccolti utilizzando dispositivi GPS (WIMU PRO™ di RealTrack System SL, Almeria, Spagna). I Parametri ormonali sono stati mediante raccolta di campioni di saliva.

- **Partecipanti**

Venticinque calciatrici d'élite (età: $23,6 \pm 4,1$ anni; altezza: $1,67 \pm 0,05$ m; massa corporea: $62,4 \pm 4,6$ kg) sono state coinvolte nel presente studio. Le calciatrici sono state raggruppate in base alle fasi di MC utilizzando il sistema del “counting days” Sono state identificate quattro diverse fasi: fase mestruale (giorni 1-7), fase follicolare (giorni 8-12), fase ovulatoria (giorni 13-15) e fase luteale (giorni 16-28) [6]. I criteri di inclusione consistevano in:

- (1) avere un ciclo regolare di durata fisiologica (28 -35 giorni),
- (2) non usare contraccettivi,
- (3) avere cicli ovulatori.
- (4) essere presente a tutti gli allenamenti condotti nel periodo in esame.

Le calciatrici sono state pienamente informate di tutte le procedure e hanno fornito il loro consenso informato scritto per partecipare. Il presente studio è stato condotto in

conformità con la Dichiarazione di Helsinki e approvato dal comitato di ricerca di ateneo dell'Università di Roma "Foro Italico" (Codice identificativo: CAR 119/2022).

- **Monitoraggio parametri ormonali**

Per il monitoraggio dei parametri ormonali le calciatrici fornivano dei campioni di saliva ogni cinque giorni partendo dal primo giorno di mestruazione. La raccolta dei campioni di saliva si interrompeva il primo giorno del successivo ciclo mestruale. I campioni di saliva sono stati raccolti grazie all'ausilio di Kit specifici per la raccolta di saliva (Saliva Exosome Collection and Preservation Device, Norgen Biotek Corporation, Thorold, ON, Canada). Ad ogni atleta era assegnato un Kit identificabile tramite un codice univoco applicato ad un'etichetta che indicava anche la data del prelievo. Tutti i campioni di saliva forniti erano raccolti ogni mattina prima dell'allenamento, tra le 8:00 e le 9:00. Le calciatrici erano supervisionate durante la raccolta ed erano istruite per non alterare la qualità del campione. Dieci minuti prima della raccolta effettuavano un risciacquo della cavità orale con dell'acqua. Dopo questo intervallo di attesa iniziava la raccolta vera e propria. All'interno della confezione del kit erano presenti un imbuto di raccolta, una provetta di raccolta e un tappo a vite. Le atlete grazie all'ausilio dell'imbuto, posizionato all'estremità aperta della provetta, raccoglievano circa 2 ml di saliva dopodiché rimuovevano l'imbuto e tappavano la provetta avvitando il tappo. A questo punto lo sperimentatore recuperava la provetta verificandone la chiusura ed iniziava a capovolgerla in maniera alternata e continuativa per permettere alla saliva di cambiare colore mescolandosi con il solvente presente all'interno. Terminata questa operazione i campioni erano pronti per essere conservati. È stato scelto questo tipo di kit per la praticità di raccolta e conservazione, non essendo vincolato alla catena del freddo. Grazie alla presenza di un additivo secco all'interno della provetta i campioni raccolti possono essere conservati a temperatura ambiente per due anni, prima di essere processati ed analizzati. I campioni di saliva, alla fine del periodo di raccolta, sono stati processati ed analizzati con metodo ELISA utilizzando Kit customizzati per la saliva (R&D Systems, Inc. Minneapolis, Minnesota, USA). L'utilizzo della metodica ELISA ci ha permesso di costruire delle curve individuali dei livelli di estrogeno libero presente nella saliva di ciascuna atleta.

- **Monitoraggio dei parametri fisici**

Per il monitoraggio dei parametri fisici tutte le calciatrici coinvolte in questo studio indossavano una pettorina da allenamento imbottita sotto la maglietta dove era posizionato il dispositivo GPS. Ogni sensore aveva un identificatore univoco ed era collegato a una calciatrice per un'intera stagione per limitare potenziali problemi dovuti all'affidabilità tra le unità. I dati sono stati estratti, gestiti e analizzati dal software SPRO™ v. 964 (RealTrack Systems S.L., Almería, Spagna). I dati GPS sono stati normalizzati in base ai minuti di allenamento. I parametri fisici sono stati quantificati utilizzando il dispositivo GPS Wimu Pro a 10 Hz. Le attività delle calciatrici sono state suddivise in cinque zone di intensità basate sull'analisi fisica della Coppa del Mondo femminile FIFA di Francia 2019 effettuata dalla Fédération Internationale de Football Association (FIFA). Zona 1 (0-7 km/h), Zona 2 (7-13 km/h), Zona 3 (13-19 km/h), Zona 4 e (19-23 km/h), Zona 5 (>23 km/h) (HS23) (L'analisi fisica della Francia 2019 mostra un aumento di velocità e intensità, s.d.). Le zone di velocità sono state definite secondo la raccomandazione della FIFA e seguendo le recenti linee guida definite da Park et al. [7]. Sono state registrate distanza totale (TD), distanza percorsa sopra 13 km/h (HS13), distanza percorsa sopra 19 km/h (HS19), distanza percorsa sopra 23 km/h (HS23), accelerazioni superiori a $2,5 \text{ m/s}^2$ (ACC) e decelerazioni inferiori a $-2,5 \text{ m/s}^2$ (DEC). Tutti i dati sono stati poi analizzati rispetto al tempo di gioco (al minuto).

- **Monitoraggio del carico interno, dello stato di recupero e del well-being**

Al termine di ogni allenamento/partita è stata registrata la valutazione soggettiva dello sforzo percepito (RPE) per la quantificazione del carico interno. L'RPE (scala CR-10) [8] è stato raccolto tra 15 e 30 minuti [9] dopo ogni partita mediante interviste individuali e private. Le atlete dovevano rispondere alla seguente domanda: "Quanto è stata dura la partita?" Lo scopo di una risposta individuale e privata è stato quello di evitare che le calciatrici fossero condizionate ed esprimessero lo stesso valore delle compagne. Le informazioni riguardo la fase di MC, riguardo alla qualità del recupero (TQR), riguardo la qualità del sonno, riguardo lo stress, riguardo la fatica e il dolore muscolare sono state registrate adottando un questionario quotidiano da compilare al mattino direttamente via

smartphone (SurveyHeart LLP). Per le fasi MC le calciatrici indicavano la data di inizio dell'ultima mestruazione e il giorno di MC. Cominciavano a contare i giorni dal primo giorno delle mestruazioni. Nello specifico, la qualità del recupero, la qualità del sonno, lo stress, la fatica e il dolore muscolare sono stati registrati al mattino utilizzando la scala Hooper [14]. Ogni risposta è stata valutata su una scala Likert a sette punti, con risposte che andavano da “molto, molto buono = 1” a “molto, molto cattivo = 7” per il sonno, e da “molto, molto basso = 1” a “molto, molto alto = 7” per fatica, stress e dolore muscolare. La scala TQR CR-10 è stata utilizzato per valutare la qualità del recupero.

Risultati e Conclusioni Preliminari

Anche se non siamo ancora in possesso di risultati definitivi che ci permettano di spiegare in maniera dettagliata ed esaustiva l'intima relazione tra le fluttuazioni ormonali e i parametri raccolti per il monitoraggio dello stato di fitness delle atlete abbiamo notato come l'individualizzazione del monitoraggio sia fondamentale. I dati di concentrazione dell'estrogeno libero presente nella saliva delle atlete ci forniscono delle informazioni circa l'andamento della sua concentrazione. Questa metodica di analisi presenta sicuramente dei limiti poiché non fornisce un'informazione precisa sulla reale concentrazione di estrogeno presente nel torrente circolatorio, inoltre ci indica un'istantanea del momento del prelievo e non il quadro generale della fase nella quale ci troviamo. Dal punto di vista teorico grazie alle analisi effettuate negli studi precedenti sappiamo che il ciclo mestruale, e la sua alternanza di fasi può influenzare la performance direttamente o indirettamente. Quanto questa influenza però sia legata solo alle concentrazioni ormonali rimane ancora non del tutto chiara. L'obiettivo di questo studio sarà sicuramente quello di chiarirne alcuni aspetti, quando saremo in possesso di tutti i risultati. Quello che però appare evidente è che un approccio individualizzato è di fondamentale importanza poiché gli effetti del ciclo non sono gli stessi su tutte le atlete ed anche dal punto di vista ormonale la magnitudine delle variazioni non sempre segue un andamento standardizzato. Il range di variazione individuale, diversi tra cicli diversi potrebbero rappresentar la chiave di lettura migliore per giustificare l'influenza del ciclo mestruale sulla performance.

Bibliografia

1. Chidi-Ogbolu, N., & Baar, K. (2019). Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Frontiers in physiology*, 9, 421933.
2. Ashraf, M. S., & Vongpatanasin, W. (2006). Estrogen and hypertension. *Current hypertension reports*, 8(5), 368-376.
3. D'eon, T., & Braun, B. (2002). The roles of estrogen and progesterone in regulating carbohydrate and fat utilization at rest and during exercise. *Journal of women's health & gender-based medicine*, 11(3), 225-237.
4. Constantini NW, Dubnov G, Lebrun CM. The menstrual cycle and sport performance. *Clin Sports Med*. 2005;24(2).
5. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1667.
6. Bingzheng, Z., Xinzhuo, Z., Zhuo, J., Xing, Y., Bin, L., & Lunhao, B. (2023). The effects of sex hormones during the menstrual cycle on knee kinematics. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11.
7. Park, L. A., Scott, D., & Lovell, R. (2019). Velocity zone classification in elite women's football: where do we draw the lines?. *Science and Medicine in Football*, 3(1), 21-28.
8. Foster, C. (2001). Florhaug J a, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin L a, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-15.
9. Christen, J., Foster, C., Porcari, J. P., & Mikat, R. P. (2016). Temporal robustness of the session rating of perceived exertion. *International journal of sports physiology and performance*, 11(8), 1088-1093.
10. Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes: recommendations. *Sports medicine*, 20, 321-327.

Conclusioni Generali E Spunti Futuri Di Ricerca

Dai risultati degli studi precedenti e dalle informazioni presenti in letteratura nasce l'esigenza di approfondire ulteriormente il discorso legato al ciclo mestruale e alla performance. Come abbiamo ampiamente evidenziato, ci sono diverse tesi a supporto degli effetti del ciclo mestruale su quest'ultima. In particolare, degli effetti indotti dalle variazioni di estrogeni e progesterone nel corso del ciclo mestruale. Gli estrogeni sembrerebbero avere un effetto anabolico [1] e il loro aumento è stato dimostrato essere relazionata con l'aumento della capacità di recupero grazie alla funzione anabolica indotta da questo ormone [2]. Gli estrogeni sembrerebbero avere un ruolo fondamentale anche sul metabolismo cellulare favorendo un aumento dell'accumulo di riserve di glicogeno muscolare e di pari passo un aumento della capacità di ossidare i grassi [3,4]. Per quanto riguarda il progesterone invece sono noti i suoi effetti anti-estrogenici [5]. Oltre a questi, tanti altri sono gli effetti che esercita il ciclo mestruale, tramite le fluttuazioni ormonali che lo accompagnano, in maniera diretta o indiretta su diversi organi e sistemi. Quando si analizza la letteratura spesso ci si trova di fronte a studi che riportano risultati contrastanti o incongruenti. Questo perché ad oggi non esiste un sistema "standardizzato" per classificare le varie fasi del ciclo mestruale. Vengono usati sistemi di classificazioni che tendono ad appiattare le differenze endocrine che si presentano in alcuni momenti specifici. Bisogna cercare di individuare una metodica non invasiva per provare a costruire dei profili ormonali individualizzati che permettano di sapere con certezza in quale fase del ciclo mestruale ci si trova. Da questa esigenza nasce l'idea di abbinare al monitoraggio dati la raccolta di campioni biologici con cadenze regolari provando a seguire la curva teorica delle variazioni ormonali. In uno degli studi del presente progetto di ricerca abbiamo abbinato al conteggio dei giorni la raccolta di campioni di saliva. Questo per provare a costruire dei profili ormonali per un'identificazione migliore della fase presa in esame. Dalle primissime analisi portate a termine emerge l'esigenza di individualizzare il monitoraggio. L'individualizzazione appare oggi l'unica via per una comprensione ottimale dei meccanismi di natura endocrina che regolano la risposta dell'organismo nelle diverse fasi del ciclo mestruale. Il monitoraggio eseguito grazie all'ausilio di campioni di saliva presenta però dei limiti in quanto non fornisce valori reali rispetto alla concentrazione degli ormoni presi in esame ma ne misura solo la componente

libera. L'ideale a questo proposito sarebbe la possibilità di raccogliere dei campioni di sangue con cadenza regolare ma non sempre questo è di facile applicazione soprattutto in un contesto sportivo di alto livello. Ci auspichiamo per il futuro che si riesca ad analizzare con il rigore che merita il fenomeno. Monitorare il ciclo delle atlete e conoscere cosa succede all'interno del loro corpo nelle diverse fasi è di fondamentale importanza per ottimizzare la performance, per pianificare e gestire al meglio i periodi di allenamento intenso, per prevenire lesioni e per preservare la salute psicofisica delle atlete. Queste ultime spesso sono sottoposte a grossi stress allenanti, nutrizionali ed emotivi che inducono in maniera diretta o indiretta alterazioni a carico del delicato equilibrio neuroendocrino che governa tutta la sfera riproduttiva.

Bibliografia

1. Lowe, D. A., Baltgalvis, K. A., & Greising, S. M. (2010). Mechanisms behind estrogens' beneficial effect on muscle strength in females. *Exercise and sport sciences reviews*, 38(2), 61.
2. Chidi-Ogbolu, N., & Baar, K. (2019). Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Frontiers in physiology*, 9, 1834.
3. Campbell, S. E., & Febbraio, M. A. (2001). Effects of ovarian hormones on exercise metabolism. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 4(6), 515-520.
4. Isacco, L., & Boisseau, N. (2016). Sex Hormones, Exercise and Women: Scientific and Clinical Aspects.
5. Frankovich, R. J., & Lebrun, C. M. (2000). Menstrual cycle, contraception, and performance. *Clinics in sports medicine*, 19(2), 251-271.