

REVIEW

Effects of endurance training on performance: a systematic review in female soccer players

Effetti dell'allenamento di resistenza sulle prestazioni: una revisione sistematica nelle giocatrici di calcio femminile

Mima STANKOVIĆ¹, Dušan ĐORĐEVIĆ¹, Ilma ČAPRIĆ², Omer ŠPIRTOVIĆ²,
Borko KATANIĆ^{1*}, Oliver RADENKOVIĆ², Adem PRELJEVIĆ², Igor JELAŠKA³

¹Faculty of Sport and Physical Education, University of Niš, Niš, Serbia; ²Faculty of Sport and Physical Education, State University of Novi Pazar, Novi Pazar, Serbia; ³Faculty of Kinesiology, University of Split, Split, Croatia

*Corresponding author: Borko Katanić, Faculty of Sport and Physical Education, University of Nis, Carnojevica 10/a, 18000 Niš, Serbia. E-mail: borkokatanic@gmail.com

SUMMARY

INTRODUCTION: As soccer is a sport with numerous changes in intensity that requires different physiological components, modern styles of play require extremely high endurance, especially in female soccer players. Hence, we have aimed to summarize the effects of different types of endurance training in female soccer players.

EVIDENCE ACQUISITION: Literature identification was conducted according to the PRISMA guidelines and in multiple databases (Google Scholar, PubMed, Scopus, Cochrane Library, ProQuest, EBSCOhost and Science Direct).

EVIDENCE SYNTHESIS: Based on the pre-defined inclusion criteria (year of publication (2003 to 1st April 2023), full-text study published in English, the experimental study that had included healthy and injury-free female soccer players as participant sample), database search has identified 112,371 potential studies. Lastly, a total of seven full-text studies were included, with a total of 196 female participants. A wide range of endurance assessment tests were realized, such as 12-min run test, Wingate test, YoYoIR1 and 30-15IFT, whereas endurance improvements were up to 25.2%.

CONCLUSIONS: Although multiple studies did not include control groups, the study findings suggest endurance improvements, regardless of competition level, training experience and participants' age. Hence, the study represents a good framework, however, future studies are necessary, in order to fully understand the results mechanisms.

(Cite this article as: Stanković M, Đorđević D, Čaprić I, Špirtović O, Katanić B, Radenković O, et al. Effects of endurance training on performance: a systematic review in female soccer players. Med Sport 2024;77:000.000. DOI: 10.23736/S0025-7826.24.04365-5)

KEY WORDS: Team sports; Athletic performance; Soccer.

RIASSUNTO

INTRODUZIONE: Poiché il calcio è uno sport con numerosi cambiamenti di intensità che richiedono diverse componenti fisiologiche, gli stili di gioco moderni richiedono una resistenza estremamente elevata, soprattutto nelle calciatrici. Ci proponiamo quindi di riassumere gli effetti di diversi tipi di allenamento di resistenza nelle giocatrici di calcio femminile.

ACQUISIZIONE DEI DATI: L'identificazione della letteratura è stata condotta secondo le linee guida PRISMA e utilizzando più banche dati (Google Scholar, PubMed, Scopus, Cochrane Library, ProQuest, EBSCOhost e Science Direct).

SINTESI DEI DATI: In base a criteri di inclusione predefiniti (anno di pubblicazione (dal 2003 al 1° aprile 2023), studio completo pubblicato in inglese, studio sperimentale che aveva incluso calciatrici sane e senza infortuni come campione di partecipanti), la ricerca ha permesso di identificare 112.371 potenziali studi. Sono stati inclusi in totale sette studi full-text, per un totale di 196 partecipanti di sesso femminile. È stata realizzata un'ampia gamma di test di valutazione della resistenza, come il test di corsa di 12 minuti, il test di Wingate, YoYoIR1 e 30-15IFT, e i miglioramenti della resistenza sono stati fino al 25,2%.

CONCLUSIONI: Sebbene diversi studi non abbiano incluso gruppi di controllo, i risultati dell'analisi suggeriscono miglioramenti nella resistenza, indipendentemente dal livello di competizione, dall'esperienza di allenamento e dall'età dei partecipanti. Pertanto, il nostro studio rappresenta un buon quadro di riferimento, anche se sono necessari studi futuri per comprendere appieno i meccanismi dei risultati.

PAROLE CHIAVE: Sport di squadra; Prestazione atletica; Calcio.

Introduction

In recent years, women's soccer has developed significantly in terms of quality and quantity, but in order to continue this progress, professionalism, good conditions and high quality of work are needed.¹ To date, however, there are not much relevant information about female athletes, especially in female soccer players.² Specific sports activities need long-term development in order to reach the elite levels.³ As soccer is a sport with numerous changes in intensity that requires different physiological components, modern styles of play require extremely high endurance of female soccer players.⁴

In order to successfully perform situational movements and exercises in competition, endurance training is much needed.⁵ Maximal oxygen uptake (VO_{2max}) is considered one of the main indicators for measuring an athlete's performance and cardiovascular adaptation to training load.⁶ Improving VO_{2max} leads to an improved performance, which increases the soccer player's covered distance, work intensity and the number of sprints.⁷ Therefore, improving fitness is a complex process, which requires improving the quality of aerobic, as well as the anaerobic endurance.⁸ It is necessary to apply the highest quality training that will prepare the soccer players in the best possible way for the upcoming games, especially during the preparatory period.⁹ To that end, sports performance must be optimally developed, aiming the adequate levels of aerobic and anaerobic endurance. Hence, in order to successfully realize this, a disparate number of different types of training depending on the sport is crucial.¹⁰

It is noteworthy to mention a previous systematic review and meta-analysis¹¹ that has confirmed endurance improvement in youth athletes. In addition, numerous studies in female soccer players have identified endurance improvements based on the players position,^{12, 13} as well as improvements with usage of supplementation (ES 0.32-0.34; ES 0.35-0.37, respectively).^{14, 15} Accordingly, the results are insufficient to draw conclusions about the actual effects of endurance, especially in female soccer players.

Women's team sports, especially female soccer, have grown in popularity and are requiring the same attention as men's, but according to Pedersen, Aksdal and Stalsberg,¹⁶ there is a big difference in practice that places more emphasis on male athletes, especially in soccer

Introduzione

Negli ultimi anni il calcio femminile si è sviluppato notevolmente in termini di qualità e quantità, ma per continuare questo progresso sono necessarie professionalità, buone condizioni e elevata qualità del lavoro.¹ Ad oggi, tuttavia, non ci sono molte informazioni rilevanti relativamente alle atlete di sesso femminile, soprattutto alle giocatrici di calcio femminile.² Le attività sportive specifiche necessitano di uno sviluppo a lungo termine per raggiungere livelli d'élite.³ Poiché il calcio è uno sport con numerosi cambiamenti di intensità che richiede diverse componenti fisiologiche, gli stili di gioco moderni richiedono una resistenza estremamente elevata nelle calciatrici.⁴

Per eseguire con successo movimenti ed esercizi durante la competizione, è assolutamente necessario un allenamento di resistenza.⁵ Il massimo consumo di ossigeno (VO_{2max}) è considerato uno dei principali indicatori per misurare le prestazioni di un atleta e l'adattamento cardiovascolare al carico di allenamento.⁶ Il miglioramento del VO_{2max} porta ad un miglioramento delle prestazioni, che aumenta la distanza percorsa dal calciatore, l'intensità del lavoro e il numero di sprint.⁷ Pertanto, il miglioramento della forma fisica rappresenta un processo complesso, che richiede un aumento della qualità della resistenza aerobica, così come di quella anaerobica.⁸ È necessario intraprendere un allenamento di altissima qualità che preparerà al meglio i calciatori alle partite successive, in particolare durante il periodo preparatorio.⁹ A tal fine, la prestazione sportiva deve essere sviluppata in modo ottimale, puntando a livelli adeguati di resistenza aerobica e anaerobica. Pertanto, per raggiungere questo obiettivo con successo, è fondamentale una quantità eterogenea di diversi tipi di allenamento a seconda dello sport.¹⁰

Vale la pena menzionare una precedente revisione sistematica e meta-analisi¹¹ che ha confermato il miglioramento della resistenza negli atleti giovani. Inoltre, numerosi studi su calciatori hanno messo in evidenza miglioramenti nella resistenza in base alla posizione dei giocatori,^{12, 13} nonché miglioramenti in seguito all'uso di integratori (ES 0,32-0,34; ES 0,35-0,37, rispettivamente).^{14, 15} Di conseguenza, i risultati non sono sufficienti a trarre conclusioni sugli effetti reali della resistenza, soprattutto nelle calciatrici.

Gli sport di squadra femminili, in particolare il calcio femminile, sono cresciuti in popolarità e richiedono la stessa attenzione di quelli maschili, ma secondo Pedersen, Aksdal e Stalsberg,¹⁶ c'è una grande differenza nella pratica che pone maggiormente l'accento sugli atleti di sesso ma-

players. Therefore, the aim of the study is to summarize the effects of different types of endurance training in female soccer players.

Evidence acquisition

Eligibility criteria

Likewise, we have included articles published in pre-defined age range (2003 to 1st April 2023), full-text study published in English, experimental investigation using healthy and injury-free female soccer players as a participant sample. Furthermore, there were no exclusion criteria based on years of training, experience or rank (elite, sub elite, amateur, etc.). Articles were excluded if they were published before 2003, studies published in languages other than English, studies involving male participants, studies where full-text access was not provided and also studies that include supplement consumption during experimental program. Eligibility criteria were presented in the Table I. in regards to the PICOS model (participant, intervention, control, outcome and study design), and other similar systematic reviews.¹⁷

Literature search strategy

Database literature recognition was set for the studies published from 2003 until 1st April 2023. Further, the studies were also examined in multiple databases, such as Google Scholar, PubMed, Scopus, Cochrane Library, ProQuest, EBSCOhost and Science Direct. In order to discover related research that have dealt with endurance training in female soccer players, the following key words were used: (“endurance enhancement” OR “mechanical stress” OR “physical stress” OR “endurance stress” OR “preparatory phase”) AND (“soccer” OR “football”

scibile, soprattutto sui calciatori. Pertanto, questo studio si è prefissato l'obiettivo di riassumere gli effetti dei diversi tipi di allenamento di resistenza nelle calciatrici.

Acquisizione dei dati

Criteri di ammissibilità

Abbiamo incluso articoli pubblicati in un intervallo di tempo predefinito (dal 2003 al 1° aprile 2023), studi completi pubblicati in inglese, indagini sperimentali cui hanno partecipato calciatrici sane e senza infortuni. Non sono stati stabiliti criteri di esclusione sulla base degli anni di formazione, dell'esperienza o del grado (élite, subélite, dilettante, ecc.). Sono stati esclusi gli articoli pubblicati prima del 2003, gli studi pubblicati in lingue diverse dall'inglese, gli studi che avevano coinvolto partecipanti di sesso maschile, gli studi in cui non era fornito l'accesso al testo completo e anche gli studi in cui era stato consentito il consumo di integratori durante il programma sperimentale. I criteri di ammissibilità sono presentati nella Tabella I relativamente al modello PICOS (partecipante, intervento, controllo, risultato e disegno dello studio) e altre revisioni sistematiche simili.¹⁷

Strategia di ricerca bibliografica

È stato impostato nel database il riconoscimento della letteratura per gli studi pubblicati tra il 2003 e il 1° aprile 2023. Gli studi sono stati esaminati anche in più database, come Google Scholar, PubMed, Scopus, Cochrane Library, ProQuest, EBSCOhost e Science Direct. Al fine di identificare ricerche correlate che hanno affrontato l'allenamento di resistenza nelle calciatrici, sono state utilizzate le seguenti parole chiave: (“miglioramento della resistenza” O “stress meccanico” OR “stress fisico” OR “stress di resistenza” OR “fase preparatoria”) E (“calcio” OR “football” OR “calcio femminile”

TABLE I.—PICOS model of eligibility criteria.
TABELLA I.—Modello PICOS dei criteri di idoneità.

PICO	Inclusion	Exclusion
Population	Female soccer players	Male soccer players, other sports participants, injured participants or participants returning from injuries
Intervention	Endurance training	Strength training, flexibility training, balance training, precision training
Control	-	-
Outcome	running tests, VO _{2max} , Vift, YoYoIR1, 30-15IFT	-
Study design	Randomised study, non-randomised study, pre-post study, treatment study	Case study, pilot study, systematic review, meta-analysis, rehabilitation, case reports, non-English studies

OR “female soccer” OR “female football,” “team sport,” OR “collective sport” OR “female team sport”). Furthermore, an analytical method was utilized to examine the data and all titles, abstracts and full-text research were assessed for possible study inclusion. Only studies that have satisfied the pre-defined inclusion criteria were considered relevant and included after a thorough identification procedure.

Study selection

All records were exported to Mendeley (Elsevier Inc., Amsterdam, The Netherlands). Two authors independently examined the study identification and selection, as well as the lists of references from prior studies and data extraction. Thereafter, each author was required to cross-examine the discovered studies, which were then either accepted for the analysis or excluded.

Data extraction and management

The essential information was retrieved from the studies using the Cochrane Consumer and Communication Review Group's after cross-examination and only if the data were satisfactory for the inclusion criteria. The primary study parameters were: age, sample size, experimental intervention program (type, length, frequency, and training duration), assessed outcomes and study findings. All data extraction procedures were conducted by two separate authors.

Study quality and bias risk assessment

Physiotherapy Evidence Database (PEDro Scale)¹⁸ was used to analyze the quality of the study and potential for bias risk assessment. This scale was created to identify studies that were likely to be internally valid and contain enough statistical data to support treatment judgments. It is a legitimate approach for summarizing scale item scores to generate the total score, which may be handled as an interval-level measure and submitted to parametric statistical analysis. The study quality and bias risk was carried out by two separate authors. In case of disagreement, a third reviewer analyzed and finalized the data. To establish relativity and bias risk, the reviewers' concordance was determined using k-statistics data (which was $k=0.91$).

OR “football femminile”, “sport di squadra” OR “sport di gruppo” OR “sport di squadra femminile”). Inoltre, è stato utilizzato un metodo analitico per esaminare i dati e tutti i titoli, gli abstract e gli studi con testo completo sono stati valutati per una possibile inclusione nell'analisi. Solo gli studi che hanno soddisfatto i criteri di inclusione predefiniti sono stati considerati rilevanti e inclusi dopo un'accurata procedura di identificazione.

Selezione degli studi

Tutti i record sono stati esportati a Mendeley (Elsevier Inc., Amsterdam, Paesi Bassi). Due autori hanno esaminato in modo indipendente il processo di identificazione e la selezione degli studi, nonché le referenze di studi precedenti e l'estrazione dei dati. Successivamente, a ciascun autore è stato richiesto di esaminare in modo incrociato gli studi identificati, successivamente accettati per l'analisi o esclusi.

Estrazione e gestione dei dati

Le informazioni essenziali sono state recuperate dagli studi utilizzando il Cochrane Consumer and Communication Review Group dopo un esame incrociato e solo se i dati soddisfacevano i criteri di inclusione. I parametri primari dello studio erano: età, dimensione del campione, programma di intervento sperimentale (tipo, durata, frequenza e durata dell'allenamento), risultati verificati e conclusioni dello studio. Tutte le procedure di estrazione dei dati sono state condotte da due autori separati.

Valutazione della qualità dello studio e del rischio di errore

Il database delle prove di fisioterapia (Scala PEDro)¹⁸ è stato utilizzato per analizzare la qualità dello studio e il potenziale di valutazione del rischio di errore. Questa scala è stata creata per identificare gli studi che erano verosimilmente validi internamente e contenevano dati statistici sufficienti per supportare i giudizi sul trattamento. Si tratta di un approccio legittimo per riassumere i punteggi degli elementi della scala al fine di generare il punteggio totale, che può essere gestito come una misura a livello di intervallo e sottoposto ad analisi statistica parametrica. La qualità dello studio e il rischio di bias sono stati effettuati da due autori distinti. In caso di disaccordo, un terzo revisore ha analizzato e finalizzato i dati. Per stabilire la relatività e il rischio di errore, la concordanza dei revisori è stata determinata utilizzando i dati delle statistiche k (che era $k=0,91$).

Evidence synthesis

Study quality

Based on the studies that have included in the systematic review, the total amount of points on the PEDro scale was awarded to each study and according to Maher *et al.*,¹⁹ an optimal score is 8-11. On the other hand, if the study has gained between 0-3 points, the study will be classified with poor quality, 4-5 points with fair quality, 6-8 points with good quality and 9-10 points with excellent quality.²⁰ Of all studies that have been included in the systematic review, only one study has presented poor quality, while rest of the studies have presented good quality. Table II presents PEDro scale results in total.²¹⁻²⁷

Selection and characteristics of studies

A database search yielded a total of 112,371. Before screening, a total of 1219 duplicates were removed, with 111,152 remaining studies to be screened. Based on pre-defined inclusion criteria, 110,534 studies were excluded, while rest of 618 were assessed for eligibility. Additional 611 studies were excluded based on in-deeper check, non-relevant outcomes, editorials and executive summaries. Lastly, a total of seven full-text studies were included in the systematic review (Figure 1). Since this is a systematic review, the Helsinki Declaration is not applicable.²⁰

Supplementary Digital Material 1 (Supplementary Table D) shows in greater detail the studies that met the set conditions and entered the systematic review.

Sintesi dei dati

Qualità dello studio

Sulla base degli studi inclusi nella revisione sistematica, a ciascuno studio è stato assegnato il totale dei punti sulla Scala PEDro; secondo Maher *et al.*¹⁹ un punteggio ottimale è compreso tra 8 e 11. Se invece lo studio ha ottenuto tra 0 e 3 punti, lo studio sarà classificato di scarsa qualità, tra 4 e 5 punti di qualità discreta, tra 6 e 8 punti di buona qualità e tra 9 e 10 punti di qualità eccellente.²⁰ Di tutti gli studi inclusi nella revisione sistematica, solo uno è stato giudicato di scarsa qualità, mentre il resto degli studi ha presentato una buona qualità. La Tabella II presenta i risultati totali della Scala PEDro.²¹⁻²⁷

Selezione e caratteristiche degli studi

La ricerca nel database ha prodotto un totale di 112.371 prodotti. Prima dello screening, sono stati rimossi in totale 1219 duplicati e sono rimasti 111.152 studi da sottoporre a screening. Sulla base di criteri di inclusione predefiniti, sono stati esclusi 110.534 studi, mentre per i restanti 618 è stata valutata l'ammissibilità. Ulteriori 611 studi sono stati esclusi sulla base di controlli più approfonditi, per risultati, editoriali e riassunti non rilevanti. Infine, nella revisione sistematica sono stati inclusi un totale di sette studi a testo completo (Figura 1). Trattandosi di una revisione sistematica, la Dichiarazione di Helsinki non è applicabile.²⁰

Il Materiale Digitale Supplementare 1 (Tabella Supplementare D) mostra più in dettaglio gli studi che hanno soddisfatto le condizioni stabilite e sono stati considerati nella revisione sistematica.

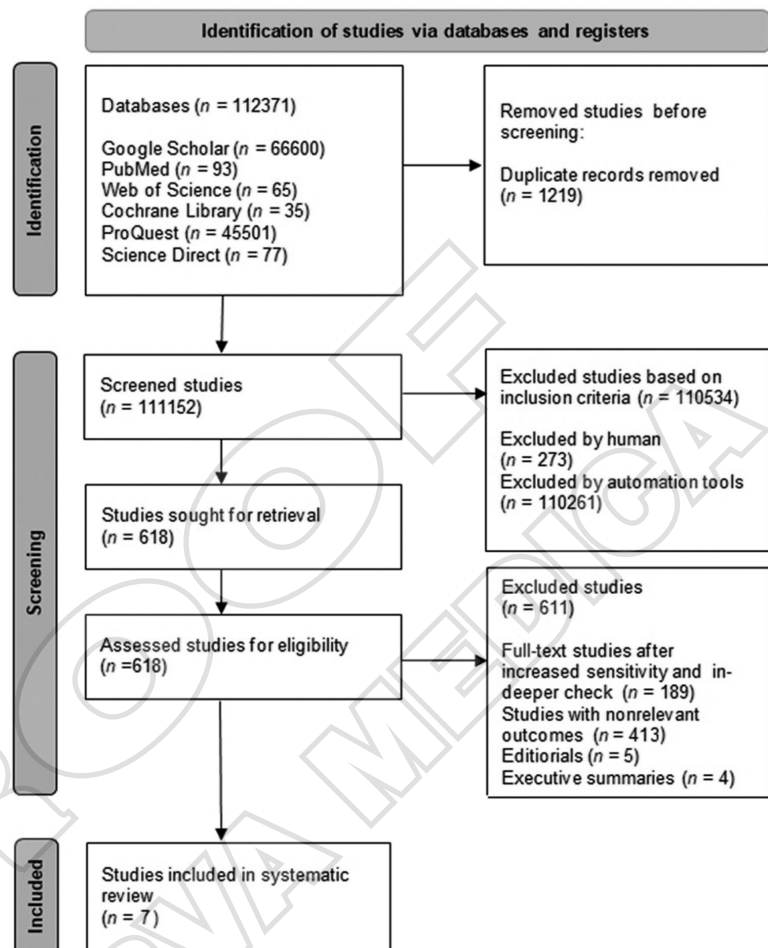
TABLE II.—PEDro Scale for cross-sectional studies.²¹⁻²⁷
TABELLA II.—Scala PEDro per studi trasversali.²¹⁻²⁷

Study	Criterion											Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Siegler <i>et al.</i> (2003) ²⁶	Y	N	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	7
Clark (2010) ²⁴	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	Y	7
Rowan <i>et al.</i> (2012) ²²	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	Y	7
Wright <i>et al.</i> (2016) ²¹	Y	N	Y	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	3
Arazi <i>et al.</i> (2017) ²³	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	8
Dolci <i>et al.</i> (2020) ²⁷	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	Y	7
Nayiroglu <i>et al.</i> (2022) ²⁵	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	Y	Y	Y	7

1: eligibility criteria were specified; 2: subjects were randomly allocated to groups; 3: allocation was concealed; 4: the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators; 5: there was blinding of all subjects; 6: there was blinding of all therapist who administered the therapy; 7: there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome; 8: measures at least one key outcome were obtained from more than 80% of the subjects initially allocated to the group (dropouts); 9: all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control conditions as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analyzed by "intention to treat"; 10: the results between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome; 11: the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome; Y: criterion is satisfied; N: criterion is not satisfied; Σ: total points awarded.

Figure 1.—Collecting adequate on the basis of pre-defined criteria (PRISMA flow chart).

Figura 1.—Raccolta adeguata sulla base di criteri predefiniti (diagramma di flusso PRISMA).



The total number of participants was 196 female soccer players. The highest number of participants was 37²¹ and the lowest was 13.²² The participants age varied from 13-22 years. Endurance training programs lasted 5 weeks,²² 6 weeks,²³ 8 weeks,^{21, 24, 25} and 10 weeks,²⁶ whereas only one study lasted 13 days.²⁷ In addition, a wide range of endurance assessment tests were realized, such as 12min run test,²⁴ Wingate Test,²⁶ YoYoIR1,^{21, 22} and 30-15 Intermittent Fitness Test.^{23, 25, 27}

Mixed-intensity interval training programs (MI-ET) and endurance training (ET) have showed significantly higher average VO_{2max} values, where MI-ET results were higher (25.2%) compared to the ET group (16.6%) over the same time interval²⁴. In two experimental groups (Heart rate based and Speed based), both methods led to an improvement in aerobic and anaerobic fitness, but the differ-

Il numero totale dei partecipanti è stato di 196 giocatrici di calcio femminile. Il numero più alto di partecipanti è stato di 37²¹ e il più basso di 13.²² L'età delle partecipanti variava da 13 a 22 anni. I programmi di allenamento di resistenza sono durati 5 settimane,²² 6 settimane,²³ 8 settimane^{21, 24, 25} e 10 settimane,²⁶ mentre solo uno studio è durato 13 giorni.²⁷ È stata inoltre realizzata un'ampia gamma di test di valutazione della resistenza, come il test di corsa di 12 minuti,²⁴ il test di Wingate,²⁶ YoYoIR1^{21, 22} e 30-15 Fitness Test intermittente.^{23, 25, 27}

I programmi di allenamento a intervalli a intensità mista (MI-ET) e l'allenamento di resistenza (endurance training, ET) hanno mostrato valori VO_{2max} medi significativamente più alti, con i risultati MI-ET superiori (25,2%) rispetto al gruppo ET (16,6%) nello stesso intervallo di tempo.²⁴ In due gruppi sperimentali (basato sulla frequenza cardiaca e basato sulla velocità) entrambi i metodi hanno portato a un miglioramento del-

ence between VO_{2max} values were not statistically significant.²³ The effectiveness of 8-week endurance trainings (HIIT and SSG) led to significant differences in pre-post measurements (9.1% and 8.1%, respectively) in 30-15ITF test,²⁵ while performing HIIT with ET twice a week has resulted in VO_{2max} improvement (3.42% and 4.73%) in both linear and change of direction group.²¹ Dolci *et al.*²⁷ have applied 13 days of two types of HIIT programs, and proved that 10 HIITs with intensity over 90% are more effective than 4 HIITs in VO_{2max} values. Furthermore, soccer-specific endurance training reduced sprint time by 0.6%,²⁶ as well as the repeated sprint ability (RSA) by 6.5%.²¹

Discussion

Our study aim was to summarize the effects of different types of endurance training in female soccer players. The main study finding are seven studies that have presented various types of training, with different types of duration, intensity and frequency that have resulted in overall endurance enhancement in female soccer players.

High aerobic capacity is associated with the ability to perform a variety of forceful activities during the course of a 90-minute soccer game.⁸ Hence, the capacity to generate a huge and persistent workload for an extended period of time is matched with conditioning programs, endurance exercises and aerobic conditioning exercises.²⁸ The primary variables of the 30-15ITF are running speed (Vift) for the last completed stage of running, VO_{2max} and heart rate (peak).^{29, 30} Mixed-intensity interval training presented by Clark²⁴ has shown that this type of endurance training is a valid way to improve aerobic fitness values after 8 weeks ($P=0.015$), Rowan *et al.*²² have also presented similar improvements with short duration HIIT in 5 week period (62.13 ± 0.96 mL/kg/min and 52.71 ± 3.24 mL/kg/min, respectively). According to our study findings, Arazi *et al.*²³ have used Vift to assess VO_{2max} , and both of their experimental groups (heart rate-based and speed-based) have revealed significant improvements (53.6 ± 8.2 mL/kg/min and 59 ± 6.5 mL/kg/min, respectively). Further, Nayirogly *et al.*²⁵ SSG program have showed significant Vift improvements (from 15.2 ± 1.6 to 16.5 ± 1.5 km/h), based on a larger range of pitch size during the program itself, which is further

la prestazione fisica aerobica e anaerobica, ma la differenza tra i valori VO_{2max} non è risultata statisticamente significativa.²³ L'efficacia degli allenamenti di resistenza di 8 settimane (HIIT e SSG) ha determinato differenze significative nelle misurazioni pre-post (9,1% e 8,1%, rispettivamente) nel test 30-15ITF,²⁵ mentre l'esecuzione di HIIT con ET due volte a settimana ha portato a un miglioramento della VO_{2max} (3,42% e 4,73%) sia nel gruppo lineare che in quello con cambio di direzione.²¹ Dolci *et al.*²⁷ hanno applicato 13 giorni di due tipi di programmi HIIT e hanno dimostrato che 10 HIIT con intensità superiore al 90% sono più efficaci di 4 HIIT nei valori VO_{2max} . Inoltre, l'allenamento di resistenza specifico per il calcio ha ridotto il tempo di sprint del 0,6%,²⁶ così come la capacità di sprint ripetuti (RSA) del 6,5%.²¹

Discussione

Il nostro studio si proponeva di riassumere gli effetti dei diversi tipi di allenamento di resistenza nelle giocatrici di calcio femminile. Il risultato principale dello studio è rappresentato da sette studi che hanno presentato diversi tipi di allenamenti, di differente durata, intensità e frequenza che hanno portato a un miglioramento complessivo della resistenza nelle calciatrici.

Un'elevata capacità aerobica è associata alla capacità di eseguire una serie di attività forzate nel corso di una partita di calcio di 90 minuti.⁸ Pertanto, la capacità di generare un carico di lavoro enorme e persistente per un periodo di tempo prolungato viene abbinata a programmi di condizionamento, esercizi di resistenza ed esercizi di condizionamento aerobico.²⁸ Le variabili primarie del 30-15ITF sono la velocità di corsa (Vift) per l'ultima fase completata della corsa, VO_{2max} e frequenza cardiaca (picco).^{29, 30} L'allenamento intervallato di intensità mista proposto da Clark²⁴ ha dimostrato che questo tipo di allenamento di resistenza è un modo valido per migliorare i valori di capacità aerobica dopo 8 settimane ($P=0,015$); anche Rowan *et al.*²² hanno presentato miglioramenti simili con HIIT di breve durata per un periodo di 5 settimane ($62,13 \pm 0,96$ ml/kg/min e $52,71 \pm 3,24$ ml/kg/min, rispettivamente). Sulla base dei risultati del nostro studio, Arazi *et al.*²³ hanno utilizzato Vift per valutare il VO_{2max} ed entrambi i gruppi sperimentali (in base alla frequenza cardiaca e alla velocità) hanno mostrato miglioramenti significativi ($53,6 \pm 8,2$ ml/kg/min e $59 \pm 6,5$ ml/kg/min, rispettivamente). Inoltre, i programmi SSG descritti da Nayirogly *et al.*²⁵ hanno rivelato miglioramenti significativi di Vift (da $15,2 \pm 1,6$ a $16,5 \pm 1,5$ km/h), basati su una

confirmed elsewhere for improving aerobic capacity.³¹ Based on the fact that Miller *et al.*³² have revealed significant differences in VO_{2max} between August and December, we can assume that all three mentioned studies were realized off-season. Hence, the given results were evident. Furthermore, since the similar responses to the training methods were given regarding aerobic performance, there were differences in training intervals, where short training interval allowed volume and intensity manipulation, whereas long training interval stimulates only the work of the anaerobic system and neuromuscular load.³³ In addition, these training methods stimulates favorable musculoskeletal and cardiorespiratory responses, increasing the players' aerobic capacity and fitness.³⁴⁻³⁶ As previously revealed,³⁷ HIIT method is beneficial for producing positive locomotor responses, whereas approximately improvements are between 7-11%.^{8, 38} It is also noteworthy to mention that during high intensity performance, the females run less compared to the same age males,³⁹ but at the same time, the physiological demands, such as maximal heart rate (HRmax) and VO_{2max} , are similar in both genders.⁴⁰

Speed is supposed to occur in close proximity to vital occasions in soccer match, which means that high-intensity running performance should be characterized as a crucial factor in soccer.⁴¹ What is more, the team's selection, monitoring and physical conditioning are reflected by the importance of speed abilities.⁴² Our study have revealed that mixed-method HIIT,²¹ along with SSG and running-based HIIT,²⁵ are beneficial for gaining sprinting speed and endurance, especially during pre-season, since both of the mentioned studies have had realized their programs then. In order to understand the possible mechanism for the obtained results, authors believe that there are three strong rationales. First, Ingebrigtsen *et al.*⁴³ have revealed small and moderate correlations (with significant association) between sprint speed at 20m and 35m and YoYoIR1, while on the other hand, Mujika *et al.*⁴⁴ revealed non-significant correlations. Therefore, we can only agree with the fact that both sprinting performances and endurance tests must be frequently monitored on a submaximal level.^{43, 45} Secondly, Dolci *et al.*²⁷ believes that gaining high endurance level in first three weeks of preparation can be beneficial, based on a shorter and a bit intense approach, which

gamma più ampia di dimensioni del campo durante il programma stesso, ulteriormente confermato altrove per il miglioramento della capacità aerobica.³¹ Avendo Miller et al.³² rilevato differenze significative nella VO_{2max} tra i mesi di agosto e dicembre, possiamo supporre che tutti e tre gli studi citati siano stati realizzati fuori stagione. Pertanto i risultati ottenuti erano evidenti. Inoltre, poiché sono state fornite risposte simili ai metodi di allenamento per quanto riguarda le prestazioni aerobiche, ci sono state differenze negli intervalli di allenamento; un breve intervallo di allenamento permetteva la gestione di volume e intensità, mentre un lungo intervallo di allenamento stimola solo il lavoro del sistema anaerobico e il carico neuromuscolare.³³ Inoltre, questi metodi di allenamento stimolano risposte muscoloscheletriche e cardiorespiratorie favorevoli, aumentando la capacità aerobica e la forma fisica dei giocatori.³⁴⁻³⁶ Come rivelato in precedenza,³⁷ il metodo HIIT è utile per produrre risposte locomotorie positive, mentre i miglioramenti approssimativi sono compresi tra il 7% e l'11%.^{8, 38} Vale anche la pena menzionare che durante le prestazioni ad alta intensità, le donne corrono meno rispetto ai coetanei di sesso maschile³⁹ della stessa età, ma allo stesso tempo, le esigenze fisiologiche, come la frequenza cardiaca massima (FCmax) e la VO_{2max} sono simili in entrambi i sessi.⁴⁰

Si suppone che la velocità si manifesti in occasione di momenti cruciali durante una partita di calcio, il che significa che le prestazioni di corsa ad alta intensità dovrebbero essere considerate un fattore critico nel calcio.⁴¹ Inoltre, la selezione, il monitoraggio e la condizione fisica della squadra si riflettono nell'importanza delle capacità di velocità.⁴² Il nostro studio ha rivelato che il metodo misto HIIT,²¹ insieme a SSG e HIIT²⁵ basato sulla corsa, è utile per acquisire velocità e resistenza negli sprint, soprattutto durante la pre-stagione, poiché entrambi gli studi menzionati hanno già messo in atto i propri programmi in quel momento. Per comprendere il possibile meccanismo alla base dei risultati ottenuti, gli autori ritengono che esistano tre motivazioni principali. Innanzitutto, Ingebrigtsen et al.⁴³ hanno rivelato correlazioni piccole e moderate (con associazione significativa) tra la velocità dello sprint a 20 e 35 metri e YoYoIR1, mentre d'altra parte, Mujika et al.⁴⁴ hanno evidenziato correlazioni non significative. Pertanto, possiamo solo concordare con il fatto che sia le prestazioni di sprint che i test di resistenza a livello submassimale debbano essere monitorati frequentemente.^{43, 45} In secondo luogo, Dolci et al.²⁷ ritengono che acquisire un elevato livello di resistenza nelle prime tre settimane di preparazione possa essere vantaggioso, basandosi su un approccio più

will resulting faster endurance and speed improvement. Furthermore, there should be taking into consideration that women tolerate muscular stress to a greater extent, and the fact that they are less sensitive to mitochondrial biogenesis induced by HIIT, than men.⁴⁶ Thirdly, some authors believes⁴⁷ that gender endurance difference exists based on the menstrual cycle phase that women's have, but this statement is not in fully confirmed based on the result disparity.⁴⁸

Due to the smaller number of female soccer players than male players, it might be challenging to recruit participants for studies and it is not always viable to include a control group. In order to determine which endurance training techniques are most effective in improving performance in female soccer players, we advise future research to compare the benefits of endurance training with a control group. Furthermore, changes in the menstrual cycle are thought to have a little effect on the study's findings, but as they have been reported to occasionally affect aerobic and anaerobic performance,⁴⁹ they cannot be fully ruled out as a confounding factor in this investigation. Thus, the impact of this factor should therefore be separately reported and investigated.

Conclusions

Based on the included studies, the findings suggest endurance improvements, regardless of competition level, training experience and participants' age. Additionally, long-term and short-term studies are required to assess and contrast the impact of both training programs on endurance performance. But further research is needed in elite, young, adolescent, female soccer players and this study can be a good framework for future ones, especially with additional control groups.

Endurance training is widely applied in sports, as it can improve cardiovascular capacities in various conditions. This study should be interpreted as a great practical framework for improving physical performance variables and achieving optimal results. To summarize, these findings would be beneficial to coaches and sports scientists, who should apply specially designed endurance training for each player in particular and into the micro cycle as an effective method for enhancing their performance.

breve e piuttosto intenso, che si tradurrà in un più rapido miglioramento della resistenza e della velocità. Inoltre, andrebbe tenuto in considerazione il fatto che le donne tollerano maggiormente lo stress muscolare e che sono meno sensibili alla biogenesi mitocondriale indotta dall'HIIT rispetto agli uomini.^{46, 47} In terzo luogo, alcuni autori ritengono⁴⁷ che la differenza di genere nella resistenza sia correlata alla fase del ciclo mestruale delle donne, ma questa affermazione non è pienamente confermata a causa della disparità nei risultati.⁴⁸

A causa del numero inferiore di calciatrici rispetto ai giocatori di sesso maschile, potrebbe essere difficile reclutare partecipanti per gli studi e non è sempre fattibile includere un gruppo di controllo. Al fine di determinare quali tecniche di allenamento di resistenza siano più efficaci nel migliorare le prestazioni delle calciatrici, suggeriamo che nelle future ricerche si confrontino i benefici dell'allenamento di resistenza con un gruppo di controllo. Inoltre, si ritiene che i cambiamenti nel ciclo mestruale abbiano un effetto limitato sui risultati dello studio, ma poiché è stato segnalato che occasionalmente influenzano le prestazioni aerobiche e anaerobiche,⁴⁹ non possono essere completamente esclusi come fattore di confusione in questa indagine. Pertanto, l'impatto di questo fattore dovrebbe essere segnalato e studiato separatamente.

Conclusioni

Sulla base degli studi inclusi i risultati suggeriscono miglioramenti nella resistenza, indipendentemente dal livello di competizione, dall'esperienza di allenamento e dall'età dei partecipanti. Inoltre, sono necessari studi a lungo e a breve termine per valutare e confrontare l'impatto di entrambi i programmi di allenamento sulle prestazioni di resistenza. Sono necessarie ulteriori ricerche sulle giocatrici di calcio d'élite, giovani, adolescenti e donne e questo studio può essere un buon punto di riferimento per ricerche future, in particolare con ulteriori gruppi di controllo.

L'allenamento di resistenza è ampiamente applicato nello sport, poiché può migliorare le capacità cardiovascolari in svariate condizioni. Questo studio dovrebbe essere interpretato come un ottimo quadro pratico per migliorare le variabili delle prestazioni fisiche e ottenere risultati ottimali. In sintesi, questi risultati potrebbero essere utili per gli allenatori e gli scienziati dello sport, che dovrebbero applicare un allenamento di resistenza appositamente progettato per ciascun giocatore in particolare e nel microciclo come metodo efficace per migliorare le proprie prestazioni.

References/Bibliografija

- 1) Valenti M, Scelles N, Morrow S. Women's football studies: an integrative review. *Sport Bus Manag* 2018;8:511-28.
- 2) Datson N, Weston M, Drust B, Gregson W, Lolli L. High-intensity endurance capacity assessment as a tool for talent identification in elite youth female soccer. *J Sports Sci* 2020;38:1313-9.
- 3) Stanković M, Đorđević D, Aleksić A. The relationship between jump performance, speed and cod speed in elite female soccer players. *Facta Univ Ser Phys Educ Sport* 2022;20:47-59.
- 4) Balyi I, Way R, Higgins C. *Long-Term Athlete Development*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2013.
- 5) Abdelkrim N, Castagna C, Jabri I, Battikh T, El Fazaaz S, El Ati J. Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *J Strength Cond Res* 2010;24:2330-42.
- 6) Granero-Gallegos A, González-Quílez A, Plews D, Carrasco-Poyatos M. HRV-Based training for improving VO_{2max} in endurance athletes. A systematic review with meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:7999.
- 7) Karakuş M, Marangoz İ. The Relationship of the Running Distances of the Teams Participated in the Fifa Women World Cup with the Age and Estimated Oxygen Consumption Capacities. *Int J Appl Exerc Physiol* 2020;9:116-23.
- 8) Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1925-31.
- 9) Mara JK, Thompson KG, Pumpa KL, Ball NB. Periodization and physical performance in elite female soccer players. *Int J Sport Physiol Perform* 2015;10:664-9.
- 10) Stanković M, Gušić M, Nikolić S, et al. 30–15 Intermittent Fitness Test: A Systematic Review of Studies, Examining the VO_{2max} Estimation and Training Programming. *Appl Sci* 2021;11:11792.
- 11) Engel FA, Ackermann A, Chtourou H, Sperlich B. High-intensity interval training performed by young athletes: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol* 2018;9:1012.
- 12) Booyens MJ, Gradidge PJ-L, Constantinou D. Anthropometric and motor characteristics of South African national level female soccer players. *J Hum Kinet* 2019;66:121-9.
- 13) Mohr M, Krstrup P, Andersson H, Kirkendall D, Bangsbo J. Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res* 2008;22:341-9.
- 14) Ramírez-Campillo R, González-Jurado JA, Martínez C, Nakamura FY, Peñailillo L, Meylan CMP, et al. Effects of plyometric training and creatine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *J Sci Med Sport* 2016;19:682-7.
- 15) Rosas F, Ramírez-Campillo R, Martínez C, Caniquero A, Cañas-Jamet R, McCrudden E, et al. Effects of plyometric training and beta-alanine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *J Hum Kinet* 2017;58:99-109.
- 16) 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;10:762.
- 17) Čaprić I, Stanković M, Manić M, Preljević A, Špirtović O, Đorđević D, et al. Effects of plyometric training on agility in male soccer players—a systematic review. *J Mens Health* 2022;18:147.
- 18) de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother* 2009;55:129-33.
- 19) Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther* 2003;83:713-21.
- 20) Bruttini FL, Bonetti A, Dragoni S, Gianfelici A. 2022 ethical principles in sports medicine research and motor sciences update. *Med Sport* 2022;75:385-90.
- 21) Wright MD, Hurst C, Taylor JM. Contrasting effects of a mixed-methods high-intensity interval training intervention in girl football players. *J Sports Sci* 2016;34:1808-15.
- 22) Rowan AE, Kueffner TE, Stavrianeas S. Short duration high-intensity interval training improves aerobic conditioning of female college soccer players. *Int J Exerc Sci* 2012;5:6.
- 23) Arazi H, Keihaniyan A, Eatemady-Boroujeni A, Oftade A, Takhsa S, Asadi A, et al. Effects of heart rate vs. speed-based high intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity of female soccer players. *Sports* 2017;5:57.
- 24) Clark JE. The use of an 8-week mixed-intensity interval endurance-training program improves the aerobic fitness of female soccer players. *J Strength Cond Res* 2010;24:1773-81.
- 25) Nayiroğlu S, Yılmaz AK, Silva AF, Silva R, Nobari H, Clemente FM. Effects of small-sided games and running-based high-intensity interval training on body composition and physical fitness in under-19 female soccer players. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2022;14:1-10.
- 26) Siegler J, Gaskill S, Ruby B. Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *J Strength Cond Res* 2003;17:379-87.
- 27) Dolci F, Kilding AE, Spiteri T, et al. High-intensity Interval Training Shock Microcycle Improves Running Performance but not Economy in Female Soccer Players. *Int J Sports Med* 2021;42:740-8.
- 28) Hoff J, Helgerud J. Endurance and strength training for soccer players. *Sport Med* 2004;34:165-80.
- 29) Buchheit M, Rabbani A. The 30–15 intermittent fitness test versus the yo-yo intermittent recovery test level 1: relationship and sensitivity to training. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;9:522-4.
- 30) Buchheit M. Performance and physiological responses to repeated-sprint and jump sequences. *Eur J Appl Physiol* 2010;110:1007-18.
- 31) Mara JK, Thompson KG, Pumpa KL. Physical and physiological characteristics of various-sided games in elite women's soccer. *Int J Sports Physiol Perform* 2016;11:953-8.
- 32) Miller TA, Aguilera RT, Congleton JJ. Seasonal Changes in O_{2max} Among Division 1A Collegiate Women Soccer Players. *J Strength Cond Res* J NSCA 2007;21:48-51.
- 33) Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sport Med* 2013;43:313-38.
- 34) Edge J, Bishop D, Goodman C, Dawson B. Effects of high-and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1975.
- 35) Helgerud J, Høydal K, Wang E, Trine Karlsen, Pål Berg, Marius Bjerkaas, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO_{2max} more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39:665-71.
- 36) Perry CGR, Heigenhauser GJF, Bonnen A, Spriet LL. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008;33:1112-23.
- 37) Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia FM, et al. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med* 2006;27:483-92.
- 38) Sperlich B, De Marées M, Koehler K, Linville J, Holmberg H-C, Mester J. Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *J Strength Cond Res* 2011;25:1271-8.
- 39) Krstrup P, Mohr M, Ellingsgaard H, Bangsbo J. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1242.
- 40) Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer. *Sport Med* 2005;35:501-36.
- 41) Faude O, Koch T, Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci* 2012;30:625-31.
- 42) Haugen TA, Tønnessen E, Hisdal J, Seiler S. The role and development of sprinting speed in soccer. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;9:432-41.
- 43) Ingebrigtsen J, Brochmann M, Castagna C, Bradley PS, Ade J, Krstrup P, et al. Relationships between field performance tests in high-level soccer players. *J Strength Cond Res* 2014;28:942-9.
- 44) Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *J Sports Sci* 2009;27:107-14.
- 45) Billaut F, Bishop D. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sport Med* 2009;39:257-78.
- 46) Scalzo RL, Peltonen GL, Binns SE, Shankaran M, Giordano GR, Hartley DA, et al. Greater muscle protein synthesis and mitochondrial biogenesis in males compared with females during sprint interval training. *FASEB J* 2014;28:2705-14.
- 47) Rael B, Alfaro-Magallanes VM, Romero-Parra N, Castro EA, Cupeiro R, Janse de Jonge XAK, et al. Menstrual cycle

phases influence on cardiorespiratory response to exercise in endurance-trained females. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:860.

48) Carmichael MA, Thomson RL, Moran LJ, Wycherley TP. The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. *Int J En-*

viron Res Public Health 2021;18:1667.
49) Oosthuysen T, Bosch AN. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism. *Sport Med* 2010;40:207-27.

Conflicts of interest

The authors certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

Authors' contributions

All authors read and approved the final version of the manuscript.

History

Manuscript accepted: March 1, 2024. - Manuscript received: October 18, 2023.

Supplementary data

For supplementary materials, please see the HTML version of this article at www.minervamedica.it

PROOF
MINERVA MEDICA