

Ita. J. Sports Reh. Po.

Italian Journal of
Sports Rehabilitation and Posturology

1317

Time motion analysis nel calcio: individuazione del modello di prestazione metabolico e neuromuscolare di una squadra giovanile di calcio professionistica.

Autori:  Gavino Porcu ¹,  Andrea Licciardi ²,  Matteo Romanazzi ³,

 Andrea De Donatis⁴

¹ *Dottore in Scienze e Tecniche Avanzate dello Sport - Università degli Studi di Torino*

² *Preparatore Fisico – Torino Football Club – Torino*

³ *Docente di Chinesiologia Sportiva – SUISM - Università degli Studi di Torino*

⁴ *Preparatore Fisico – Alessandria Calcio - Alessandria*

Abstract

1318

Background: L'utilizzo della time motion analysis attraverso l'utilizzo dei GPS e della video match analysis ha permesso, nel corso del tempo, di delineare sempre più nel dettaglio il modello prestativo del calcio, delineando così i parametri di carico esterno durante le partite. **Obiettivo:** L'obiettivo di questo studio è stato quello di rappresentare un modello di prestazione di una squadra giovanile di calcio mediante l'utilizzo di dispositivi GPS a 10 HZ, la cui validità e affidabilità di rilevazione è stata dimostrata. **Materiali e metodi:** Alla sperimentazione hanno preso parte quindici calciatori adolescenti, divisi in tre gruppi così organizzati: difensori (D, n = 4), centrocampisti (C, n = 7) e attaccanti (A, n = 4). I soggetti facevano parte della stessa squadra, partecipanti al campionato Nazionale della categoria Giovanissimi, nell'annata calcistica 2016/2017. Ciascun giocatore ha indossato un dispositivo GPS consentendo l'analisi dei dati rilevati mediante il software LagalaColli. **Risultati:** La distanza totale, percorsa in media dalla squadra, è stata di $8138 \pm 367,9$ m ($4074,5 \pm 330,8$ m nel primo tempo; $4063,9 \pm 404,9$ m nel secondo tempo), con una spesa energetica media di $47,9$ KJ/Kg ($24,0 \pm 1,9$ KJ/Kg nel primo tempo; $23,9 \pm 2,6$ KJ/Kg). I C sono coloro che hanno percorso una maggiore distanza totale media ($8612,4 \pm 252,4$ m) rispetto a D ($7571,0 \pm 348,6$ m; $p=0,0003$) e A ($7571,0 \pm 348,6$ m; $p=0,0257$). La potenza metabolica media durante la partita è stata di $10,8 \pm 1,1$ W/Kg ($11,2 \pm 1,0$ W/Kg nel primo tempo; $10,3 \pm 1,1$ W/Kg nel secondo tempo). Il confronto tra ruoli relativo alla potenza metabolica ha mostrato l'esistenza di una differenza statisticamente significativa nel confronto tra D e C (rispettivamente $9,9 \pm 1,0$ W/Kg e $11,5 \pm 0,7$ W/Kg; $p=0,0005$) e in maniera minore anche tra C e A (rispettivamente $11,5 \pm 0,7$ W/Kg e $10,5 \pm 0,9$ W/Kg; $p=0,0362$). Non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra D e A ($p=0,2758$). **Conclusioni:** I risultati di questo studio hanno permesso di classificare la performance fisica di una squadra giovanile di calcio per cercare di creare un nuovo modello di prestazione analizzando il dispendio energetico, l'impegno neuromuscolare e applicando il modello della potenza metabolica non solo alle categorie di potenza ma anche alle varie fasi di gioco. Inoltre, si sono valutate le differenze prestative a seconda del ruolo tattico, oltre che le differenze di prestazione tra primo e secondo tempo. [Gavino Porcu, Andrea Licciardi, Matteo Romanazzi, Andrea De Donatis. Time motion analysis nel calcio: individuazione del modello di prestazione metabolico e neuromuscolare di una squadra giovanile di calcio professionistica. Ita. J. Sports Reh. Po.; 2019 ; 6 ; 3 ;1317 - 1347 ; ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19 - 55 ; CGI J OAJI : 0,101.]

Key Words: Potenza Metabolica, Modello di Prestazione, Accelerazione, Decelerazione, Giovanissimi, Calcio, Ruoli tattici.

Introduzione

L'utilizzo della time motion analysis attraverso l'utilizzo dei GPS e della video match analysis ha permesso, nel corso del tempo, di delineare sempre più nel dettaglio il modello prestativo del calcio, delineando così i parametri di carico esterno durante le partite (36).

Durante una partita di calcio, che ha una durata di 90 minuti (più eventuale recupero), il giocatore percorre una distanza totale, in media, pari a 9-12 km (39; 42). Da uno studio condotto da Castellano et al. 2011 (15), tuttavia, emerge come il tempo effettivo di gioco è solamente pari al 55% del tempo totale (52 minuti circa), con distanza effettiva percorsa (quando cioè la palla è in gioco) di 7,8 km, che rappresentano il 69% della distanza totale percorsa in partita. Questa attività di corsa è sviluppata a diverse intensità: la maggior parte del tempo viene percorso a medio-bassa intensità, più precisamente il 70% a <19 km/h, mentre il restante 30%, viene percorso ad alta intensità o sprintando, con velocità >19 km/h (30). Così come per gli adulti, anche il giovane calciatore percorre la maggior parte della distanza totale camminando e con corsa medio-blanda (75%), mentre sono meno frequenti, ma non meno decisive, le corse a velocità submassimali e massimali (25%) (19). Inoltre, risulta molto marcata la differenza di tempo di gioco e di caratteristiche fisiche tra gli adulti e le categorie giovanili, infatti la distanza totale percorsa da un calciatore under 15 è in media di 6204 ± 731 m (14).

Analizzando anche le differenze in base ai ruoli, emerge che, così come per gli adulti, i centrocampisti centrali sono coloro che percorrono maggiore distanza totale (2, 9, 21, 39), mentre i terzini e gli attaccanti sono quelli che percorrono più distanza sprintando (13).

La performance di gara è dipendente dal ruolo ricoperto in campo (12), e si è visto come ci siano delle differenze di prestazione tra primo e secondo tempo con un calo significativo del 3,8% in relazione alla distanza percorsa nel secondo tempo, e con un peggioramento delle attività svolte a media intensità durante il secondo tempo, che si aggira sul -12,8% (14).

Questo risultato è in linea con altri studi che mostrano tale calo della prestazione, sia per quanto riguarda il giovane atleta (37), sia per quanto riguarda gli adulti (1, 39, 45). A differenza però del giocatore adulto, dotato di una maggiore esperienza, sia dal punto di vista tattico che fisico, il giovane calciatore ha un calo prestativo nel secondo tempo, oltre che a causa della fatica fisiologica dell'organismo, anche per la sua inesperienza nel gestire le energie in prospettiva di giocare la partita per intero (13).

I ragazzi facenti parte delle categorie giovanili, under 15, trovandosi in fase adolescenziale, possono differire dal punto di vista fisico, a causa della diversa maturazione fisiologica (33), ma si è visto come i giocatori con un livello di maturazione più elevato, effettuano una migliore performance in partita per quanto riguarda la distanza totale e la distanza percorsa ad alta intensità, rispetto ai coetanei con un livello di maturazione inferiore (12).

L'obiettivo di questo studio è stato quello di rappresentare un modello di prestazione di una squadra giovanile di calcio mediante l'utilizzo di dispositivi GPS a 10 HZ, la cui validità e affidabilità di rilevazione è stata dimostrata (5, 28, 29).

La quantificazione delle richieste metaboliche e neuromuscolari (accelerazioni, decelerazioni, cambi di direzione), in accordo con lo studio di Licciardi et al. (18) ha voluto ricercare ed analizzare le differenze tra i diversi ruoli tattici e delineare le esigenze fisiologiche di questa singola squadra, sia nell'intera partita sia nei singoli tempi giocati.

1320

Materiali e metodi

Soggetti partecipanti

Alla sperimentazione hanno preso parte quindici calciatori adolescenti, divisi in tre gruppi così organizzati: difensori (D, n = 4), centrocampisti (C, n = 7) e attaccanti (A, n = 4). I soggetti facevano parte della stessa squadra, partecipanti al campionato Nazionale della categoria Giovanissimi, nell'annata calcistica 2016/2017.

Ciascun giocatore analizzato, al momento della rilevazione, aveva almeno quattro anni di esperienza calcistica alle spalle, con una frequenza di allenamenti di almeno tre sedute settimanali con un incontro agonistico nel fine settimana.

Le misure antropometriche dei giocatori sono state eseguite per nove volte durante la stagione calcistica (una volta al mese, nei mesi di agosto, settembre, ottobre, novembre, gennaio, febbraio, marzo, aprile e maggio). Essendo in una fase di crescita, i calciatori hanno mostrato un incremento di altezza e peso durante l'anno; per questo motivo si è scelto di calcolare la media relativa a tutte le rilevazioni condotte durante la stagione sportiva.

I dati sono riportati nella Tabella 1. I calciatori analizzati, nati tutti nell'anno solare 2002, avevano le seguenti caratteristiche fisiche:

ETA' (anni)	ALTEZZA (cm)	PESO (Kg)	BMI
14,5 ± 0,3	170,8 ± 5,9 (min 160,0 – max 184,5)	60,3 ± 6,1 (min 47,0 – max 72,8)	20,9 ± 1,6 (min 18,2 – max 25,3)

Tabella 1. Misurazioni antropometriche (valori espressi come Media ± DS).

Progetto di ricerca

La sperimentazione dei giocatori ha avuto la durata del campionato, iniziato a settembre 2016 e terminato a maggio 2017. Gli incontri erano costituiti da due tempi da 35 minuti, più eventuale recupero.

Durante l'arco della stagione sono stati analizzati diciannove calciatori, che hanno utilizzato un dispositivo GPS Qstarz 10 Hz (modello BT-Q1000Ex, International Co., Ltd., Taipei, Taiwan), con un peso di 450 grammi, che consente la rilevazione di molti parametri cinematici. Nello studio sono stati inclusi quindici calciatori, escludendo coloro che avevano solo una rilevazione relativa a un tempo di gioco (n=4). Sono stati presi in esame, ai fini dell'analisi statistica, solamente i dati relativi ai calciatori titolari, i dati relativi a coloro che completavano interamente il primo tempo e i dati relativi ai giocatori che completavano per intero il secondo tempo.

Tutti i calciatori subentrati non sono stati dotati di dispositivo GPS, quindi, i loro dati relativi a tali partite, non sono stati raccolti. Stesso discorso è stato sviluppato per i giocatori che non hanno completato per intero il primo o il secondo tempo. Per questo motivo, il numero delle rilevazioni relative al primo tempo (n=150) è risultato superiore rispetto a quelle relative al secondo tempo (n=88).

Alcuni giocatori (n=5), durante la stagione, hanno ricoperto ruoli diversi, a seconda delle esigenze tattiche; i dati sono stati analizzati tenendo conto di questo aspetto, raggruppando le partite svolte nei vari ruoli nei relativi gruppi di analisi.

Parametri analizzati

Si è scelto di analizzare per ogni giocatore l'impegno metabolico e neuromuscolare, e il tracciato cinematico. I dati sono stati organizzati secondo il seguente schema; se non diversamente specificato, i parametri analizzati sono dati di occorrenze (numero di eventi), quindi numeri espressi in totale o in percentuale:

- Potenza metabolica media della prestazione espressa in W/Kg; calcolato dal prodotto del costo energetico della corsa per la velocità di spostamento (20): $P_{met} = Cr \cdot s$

Dove P_{met} = Potenza metabolica; Cr = Costo energetico della corsa; s =velocità di spostamento.

L'equazione per calcolare la potenza metabolica proposta da Di Prampero (20), si basa sul precedente studio condotto da Minetti et al., (38), e implementato successivamente da Osgnach et al., (41), in cui si identifica il costo energetico della corsa in accelerazione, grazie alla seguente formula:

$$EC = (155.4 \cdot ES^5 - 30.4 \cdot ES^4 - 43.3 \cdot ES^3 + 46.3 \cdot ES^2 + 19.5 \cdot ES + 3.6) \cdot EM \cdot KT$$

Dove: EC = Costo Energetico della corsa accelerata sull'erba (in $J \cdot Kg^{-1} \cdot m^{-1}$); ES = Pendenza Equivalente [$ES = \tan(90 - \arctan(g/af))$]; dove g è acc di gravità e af acc in avanti]; EM = Massa Corporea equivalente [$EM = (af^2 / g^2 + 1) \cdot 0.5$]; KT = costante [$KT = 1.29$], è l'energia spesa per unità di distanza contro la resistenza dell'aria.

- Distanza percorsa al minuto; rappresenta la distanza percorsa dal calciatore suddivisa per i minuti di gioco, espressa in m/min (metri al minuto);

- Percentuale di accelerazioni >50% picco individuale di accelerazione; la valutazione delle accelerazioni svolte del calciatore, è stata fatta tenendo in considerazione la percentuale di accelerazione massima esprimibile dallo stesso calciatore, in relazione alla velocità di spostamento. Per comprendere meglio la valutazione relativa a questo parametro, è necessario far riferimento allo studio condotto da Di Prampero et al., (20), che aveva come obiettivo la valutazione del costo energetico e della potenza metabolica durante lo sprint, analizzando l'andamento della velocità e dell'accelerazione durante la prova. Come si può osservare nello studio di Prampero et al, (20) il picco massimo di accelerazione si ha nei primissimi metri dello sprint, e dopo 5 s questa risulta dimezzata; questo perché il soggetto, arrivati a questo punto dello sprint, ha già raggiunto velocità alte. Tale modello è stato riadattato e rielaborato da Colli et al, (17), che ha considerato le accelerazioni non come valore assoluto, ma come valore percentuale, in quanto se il soggetto si trova a velocità basse (sino a 8 km/h) può accelerare fino ai 7 m/s², ma se si trova a velocità alte (ad esempio a 22 km/h) avrà un margine di accelerazione di circa 2 m/s². Tuttavia quest'ultima accelerazione non può considerarsi di lieve intensità, in quanto il valore di intensità dell'accelerazione è dipendente dalla velocità di partenza a cui si esegue l'accelerazione.

Si sono quindi registrate le accelerazioni maggiori del 50% del picco individuale, tenendo conto del tempo trascorso sopra questa soglia.

- Percentuale di decelerazioni intense; in accordo con gli studi di Osgnach et al., (41) e Hoppe et al., (27), la soglia per identificare come intense le decelerazioni è stata impostata a un valore > -3 m/s². Come per il parametro precedente, il valore è espresso in percentuale, in quanto si tiene conto anche della velocità iniziale a cui avviene la decelerazione.

- Cambi di direzione al minuto > 30° (CdD/min >30°); si è scelto di impostare come valore minimo un angolo di 30° poiché il GPS potrebbe rilevare, in caso contrario, come cambio di direzione anche minimi spostamenti delle spalle (di pochi gradi), anche quando il calciatore esegue una corsa in linea.

- Dispendio energetico o Energetic Expenditure (EE); rappresenta la spesa energetica del calciatore in KJ per Kg di peso, KJ/Kg (20);

- Distanza Equivalente al minuto; rappresenta la distanza che l'atleta potrebbe percorrere se corresse a velocità costante sull'erba usando la spesa energetica totale della gara (41). Questo parametro è evidentemente differente da quello che identifica la distanza percorsa al minuto, in quanto quest'ultimo non tiene conto delle accelerazioni e decelerazioni (nel calcio è raro che si esegua un'attività a velocità costante per 1 minuto). Con questo nuovo parametro, la distanza al minuto percorsa in accelerazione viene trasformata in Distanza Equivalente, come se si stesse

quindi percorrendo a velocità costante. Espressa in m/min, è data dal rapporto tra dispendio energetico e costo energetico della corsa eseguita a velocità costante (41).

- Percentuale della distanza equivalente; rappresenta il differenziale, espresso in percentuale, tra la distanza equivalente e la distanza totale in un determinato periodo di tempo considerato (41).
- Percentuale di lavoro svolto sopra VAM durante la partita (% vel >VAM T. tot); rappresenta la percentuale di tempo in cui il calciatore esegue il lavoro sopra la soglia della VAM (impostata anche in questo caso a 16 Km/h) in riferimento al tempo totale della partita.
- Percentuale riguardante il sistema anaerobico; questo parametro rappresenta la percentuale di energia totale prodotta per via anaerobica, calcolata tramite il rapporto tra EE sopra una certa soglia metabolica (in questo studio impostata >20 W/Kg, in accordo con Di Prampero et al., (20) e l'EE totale dell'intera partita (41).
- Percentuale di lavoro svolto sopra VAM per un tempo maggiore o uguale a 3 secondi (% w > VAM t ≥ 3"); rappresenta la percentuale di lavoro svolto dal calciatore sopra la VAM (impostata a 16 Km/h) per un tempo uguale o maggiore a 3 secondi. Come riportato dallo studio condotto da Bangsbo et al., (8), il calciatore esegue attività ad alta intensità per un tempo, in media, che va da 1 a 4 secondi; si è scelto di impostare come soglia i 3 secondi in quanto ci aiuta a comprendere per quanto tempo il calciatore durante la partita esegue scatti ad alta intensità, in modo tale da riuscire a ricreare in allenamento delle esercitazioni a secco che ripropongano le richieste energetiche della partita;
- Distanza totale percorsa; espresso in metri (m); questo parametro fornisce i metri percorsi dal calciatore durante la partita;
- Tempo totale trascorso a velocità superiore della VAM (T vel > VAM); anche in questo caso la soglia della VAM è stata impostata a 16 Km/h. Il valore finale è espresso in secondi (s);
- Numero azioni intense; questo parametro rappresenta il numero delle azioni intense compiute dal calciatore al minuto. La soglia che identifica l'alta intensità è stata impostata a 20 W/Kg.
- Tempo di recupero passivo al minuto (T rec pass /min); rappresenta il tempo trascorso dal calciatore a una velocità a una potenza da 0 a 5 W/Kg; tale soglia è stata impostata partendo dagli studi condotti da Osgnach et al., (41) e Manzi et al., (35), che impostarono la soglia di bassa intensità da 0 a 10 W/Kg. In questo studio è stata impostata a 5 W/Kg per identificare un'intensità ancora inferiore rispetto agli studi appena citati. Per questo parametro e per i tre parametri successivi, relativi al tempo di recupero passivo, veniva considerato tale il tempo trascorso camminando (potenza < 5 W/Kg).

- Tempo di recupero passivo per un tempo compreso tra 20 e 40 secondi (rec pass 20s-40s); identifica il numero delle pause effettuate durante la partita comprese tra i 20 e i 40 secondi.
- Tempo di recupero passivo per un tempo compreso tra 41 e 60 secondi (rec pass 41s-60s); identifica il numero delle pause effettuate durante la partita comprese tra i 41 e i 60 secondi.
- Tempo di recupero passivo per un tempo maggiore di 60 secondi (rec pass >60s); identifica il numero delle pause effettuate durante la partita per un tempo maggiore ai 60 secondi.

Attraverso l'analisi dei dati rilevati durante le partite di campionato, è possibile delineare le richieste metaboliche e neuromuscolari di ogni singolo calciatore, così da avere un'idea chiara della prestazione di una determinata partita, e di come la squadra si comporta nel tempo.

Analisi statistica

Il sistema di rilevamento GPS è stato indossato da tutti i giocatori titolari, appena prima dell'inizio di ogni partita. I calciatori che sono subentrati a partita in corso non erano dotati di GPS, e in questo caso non sono stati rilevati dati in queste occasioni. Il GPS veniva indossato sotto la divisa di gara, grazie a una canottiera aderente dotata di taschino porta GPS, che si trovava posteriormente, tra le scapole, senza nessun impedimento per non offuscare il segnale. Inoltre il GPS veniva collocato in maniera tale da non arrecare fastidio al calciatore, così da non condizionare la prestazione durante la partita. Al termine di ogni partita, il rilevatore GPS veniva tolto ai giocatori che lo indossavano, e, successivamente, venivano collegati a un computer portatile in modo tale da scaricare i dati registrati dal dispositivo.

L'analisi dei dati ha avuto inizio una volta terminato il periodo di sperimentazione. I dati raccolti sono stati analizzati tramite il software LagalaColli 10.03 (Spinitalia SRL, Roma). Una volta processati i dati, il software ha esportato le rilevazioni su un foglio di lavoro Microsoft Excel ver. 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

Per ogni giocatore è stato creato un archivio con tutte le rilevazioni selezionate precedentemente; ed è stata inoltre calcolata la media di tutti i parametri presi in esame, con la relativa deviazione standard.

Tutte le medie e deviazioni standard calcolati sono state organizzate in un nuovo documento Excel, suddividendo i dati per ruoli tattici (D, C e A) e per frazioni di gioco (primo e secondo tempo); anche in questo caso sono stati calcolati media e deviazione standard delle suddivisioni appena citate.

I dati sono poi stati espressi come medie e deviazioni standard. Infatti, per valutare la presenza di differenze statisticamente significative tra le medie delle prestazioni dei giocatori che hanno ricoperto diversi ruoli tattici (D, C, A) è stata utilizzata l'ANOVA a una via.

Dove opportunamente è stato utilizzato il test post-hoc di Tukey per comparare le medie dei tre gruppi, prese a coppie.

Inoltre, per valutare le differenze di prestazione della squadra tra primo e secondo tempo è stato utilizzato il test t di Student per dati appaiati. Il livello di significatività statistica è stato impostato a $P < 0,05$. Tutti i calcoli per l'analisi statistica sono stati eseguiti con il software GraphPad Prism versione 7.00 (per Windows, GraphPad Software, La Jolla California USA, www.graphpad.com).

Risultati

Di seguito vengono riportati, sotto forma di tabelle, i dati relativi ai parametri di gara del primo tempo, del secondo tempo e dell'intera partita, precedentemente elencati.

Analisi della prestazione del primo tempo

1° T	Potenza Metabolica (W/kg)	Dispendio Energetico (kj/kg)	accelerazioni >50%max (%)	decelerazioni intense (%)
D	10,2 ± 0,8	22,2 ± 1,9	12,4 ± 1,5 %	12,7 ± 1,3%
C	11,9 ± 0,7	25,3 ± 1,4	12,6 ± 1,5%	13,7 ± 1,1%
A	11,0 ± 0,6	23,6 ± 1,3	11,8 ± 2,5%	11,3 ± 1,1%
M Sq	11,2 ± 1,0	24,0 ± 1,9	12,3 ± 1,8%	12,7 ± 1,5%

Tabella 2. Potenza metabolica, dispendio energetico, accelerazioni e decelerazioni intense e cambi di direzione al minuto durante il primo tempo.

1° T	Distanza totale (m)	Distanza al minuto (m/min)	Distanza al minuto EQ (m/min)	% Distanza EQ (%)
D	3759,8 ± 321,7	103,8 ± 8,1	133,0 ± 10,4	28,4 ± 0,3%
C	4285,0 ± 266,8	120,5 ± 8,1	154,2 ± 9,5	28,3 ± 2,0%
A	4021,0 ± 191,9	112,3 ± 6,2	143,1 ± 8,2	27,7 ± 3,7%
M Sq	4074,5 ± 330,8	113,9 ± 10,0	145,6 ± 12,6	28,2 ± 2,3%

Tabella 3. Distanza totale percorsa, distanza al minuto, distanza equivalente al minuto e percentuale della distanza equivalente durante il primo tempo.

1° T	%vel> vam T.tot (%)	% w>VAM t≥ 3" (%)	T vel> vam (s)	% anaerobica (%)
D	4,8 ± 1,0%	29,3 ± 2,9%	104,8 ± 23,4	37,5 ± 2,5%
C	6,4 ± 0,9%	30,6 ± 3,5%	135,7 ± 18,5	40,9 ± 3,0%
A	6,4 ± 1,5%	32,6 ± 3,6%	138,6 ± 32,4	39,7 ± 3,9%
M Sq	6,0 ± 1,3%	30,9 ± 3,4%	128,9 ± 27,2	39,7 ± 3,3%

Tabella 4. Percentuale di lavoro svolto sopra VAM durante la partita (% vel >VAM T tot), percentuale di lavoro svolto sopra VAM per un tempo maggiore o uguale a 3 secondi (% w > VAM t ≥ 3"), tempo totale trascorso a velocità superiore della VAM (T vel > VAM), Percentuale riguardante il sistema anaerobico (% anaer) durante il primo tempo.

1° T	N azioni intense (occorrenze)	T rec pass /min (s)	rec pass 20 - 40 s (occorrenze)	rec pass 41 - 60 s (occorrenze)
D	3,6 ± 0,5	18,2 ± 2,8	5,8 ± 1,2	2,9 ± 0,8
C	4,5 ± 0,3	13,2 ± 1,9	3,8 ± 1,0	1,8 ± 0,5
A	3,7 ± 0,4	15,0 ± 1,7	4,6 ± 1,3	2,3 ± 0,5
M Sq	4,1 ± 0,6	15,0 ± 2,9	4,5 ± 1,4	2,2 ± 0,7

Tabella 5. Azioni intense al minuto, tempo di recupero passivo al minuto, tempo di recupero passivo per un tempo compreso tra 20 e 40 secondi, tra 41 e 60 secondi e >60 secondi durante il primo tempo.

Analisi della prestazione del secondo tempo

2° T	Potenza metabolica (W/kg)	Dispendio energetico (kj/kg)	accelerazioni >50%max (%)	decelerazioni intense (%)
D	9,6 ± 1,1	22,4 ± 2,3	11,3 ± 1,9%	11,3 ± 1,3%
C	11,0 ± 0,6	25,7 ± 1,5	11,9 ± 1,4%	12,0 ± 1,1%
A	10,0 ± 1,2	22,9 ± 2,9	9,7 ± 2,8%	10,2 ± 1,9%
M Sq	10,3 ± 1,1	23,9 ± 2,6	11,1 ± 2,1%	11,3 ± 1,6%

Tabella 6. Potenza metabolica, dispendio energetico, accelerazioni e decelerazioni intense e cambi di direzione al minuto durante il secondo tempo.

2° T	Distanza totale (m)	Distanza al minuto (m/min)	Distanza al minuto EQ (m/min)	% Distanza EQ (%)
D	3811,2 ± 375,5	98,0 ± 10,6	125,0 ± 14,1	27,8 ± 0,6%
C	4327,4 ± 237,9	110,8 ± 5,4	142,7 ± 7,2	30,1 ± 5,6%
A	3947,6 ± 460,1	102,9 ± 11,9	129,7 ± 16,3	26,2 ± 2,7%
M Sq	4063,9 ± 404,9	104,7 ± 10,3	133,7 ± 14,1	28,3 ± 4,1%

Tabella 7. Distanza totale percorsa, distanza al minuto, distanza equivalente al minuto e percentuale della distanza equivalente durante il secondo tempo.

2° T	%vel> vam T.tot (%)	% w>VAM t≥ 3" (%)	T vel> vam (s)	% anaerobica (%)
D	5,0 ± 1,3%	32,6 ± 4,0%	115,7 ± 29,3	37,8 ± 3,1%
C	6,2 ± 1,2%	33,1 ± 3,7%	145,5 ± 28,6	40,9 ± 4,2%
A	5,3 ± 2,1%	32,8 ± 4,3%	122,7 ± 49,9	36,5 ± 6,6%
M Sq	5,6 ± 1,6%	32,9 ± 3,7%	130,0 ± 36,5	38,7 ± 4,9%

Tabella 8. Percentuale di lavoro svolto sopra VAM durante la partita (% vel >VAM T tot), percentuale di lavoro svolto sopra VAM per un tempo maggiore o uguale a 3 secondi (% w > VAM t ≥ 3"), tempo totale trascorso a velocità superiore della VAM (T vel > VAM), Percentuale riguardante il sistema anaerobico (% anaer) durante il secondo tempo.

2° T	N azioni intense (occorrenze)	T rec pass /min (s)	rec pass 20 - 40 s (occorrenze)	rec pass 41 - 60 s (occorrenze)
D	3,2 ± 0,6	20,6 ± 3,2	5,7 ± 1,7	4,6 ± 1,0
C	4,0 ± 0,3	16,3 ± 1,3	5,4 ± 1,2	3,7 ± 0,8
A	3,1 ± 0,9	18,4 ± 3,9	4,5 ± 2,0	3,3 ± 0,9
M Sq	3,5 ± 0,7	18,2 ± 3,2	5,2 ± 1,6	3,9 ± 1,0

Tabella 9. Azioni intense al minuto, tempo di recupero passivo al minuto, tempo di recupero passivo per un tempo compreso tra 20 e 40 secondi, tra 41 e 60 secondi e >60 secondi durante il primo tempo.

Analisi dell'intera partita

T. T	Potenza metabolica (W/kg)	Dispendio Energetico (kj/kg)	accelerazioni >50%max (%)	decelerazioni intense (%)
D	9,9 ± 1,0	44,6 ± 2,1	11,9 ± 1,7%	12,0 ± 1,3%
C	11,5 ± 0,7	51,0 ± 1,5	12,3 ± 1,5%	12,9 ± 1,1%
A	10,5 ± 0,9	46,5 ± 2,1	10,8 ± 2,7%	10,8 ± 1,5%
M Sq	10,8 ± 1,1	47,9 ± 2,3	11,7 ± 2,0%	12,0 ± 1,6%

Tabella 10. Potenza metabolica, dispendio energetico, accelerazioni e decelerazioni intense e cambi di direzione al minuto durante tutta la partita.

T. T	Distanza totale (m)	Distanza al minuto (m/min)	Distanza al minuto EQ (m/min)	% Distanza EQ (%)
D	7571,0 ± 348,6	100,9 ± 9,4	129,0 ± 12,3	28,1 ± 0,5%
C	8612,4 ± 252,4	115,7 ± 6,8	148,5 ± 8,4	29,2 ± 3,8%
A	7968,6 ± 326,0	107,6 ± 9,1	136,4 ± 12,4	26,7 ± 3,2%
M Sq	8138,4 ± 367,9	109,3 ± 10,2	139,7 ± 13,4	28,3 ± 3,2%

Tabella 11. Distanza totale percorsa, distanza al minuto, distanza equivalente al minuto e percentuale della distanza equivalente durante tutta la partita.

T. T	%vel> vam T.tot (%)	% w>VAM t≥ 3" (%)	T vel> vam (s)	% anaerobica (%)
D	4,9 ± 1,2%	31,0 ± 3,5%	220,5 ± 26,4	37,7 ± 2,8%
C	6,3 ± 1,1%	31,9 ± 3,6%	281,2 ± 23,6	40,9 ± 3,6%
A	5,9 ± 1,8%	32,7 ± 4,0%	261,3 ± 41,2	38,1 ± 5,3%
M Sq	5,8 ± 1,5%	31,9 ± 3,6%	258,9 ± 31,9	39,2 ± 4,1%

Tabella 12. Percentuale di lavoro svolto sopra VAM durante la partita (% vel >VAM T tot), percentuale di lavoro svolto sopra VAM per un tempo maggiore o uguale a 3 secondi (% w > VAM t ≥ 3"), tempo totale trascorso a velocità superiore della VAM (T vel > VAM) percentuale riguardante il sistema anaerobico (% anaer) durante tutta la partita.

T. T	N azioni intense (occorrenze)	T rec pass /min (s)	rec pass 20 - 40 s (occorrenze)	rec pass 41 - 60 s (occorrenze)
D	3,4 ± 0,6	19,4 ± 3,0	11,5 ± 1,5	7,5 ± 0,9
C	4,3 ± 0,3	14,8 ± 1,6	9,2 ± 1,1	5,5 ± 0,7
A	3,4 ± 0,7	16,7 ± 2,8	9,1 ± 1,7	5,6 ± 0,7
M Sq	3,8 ± 0,7	16,6 ± 3,1	9,7 ± 1,5	6,1 ± 0,9

Tabella 13. Azioni intense al minuto, tempo di recupero passivo al minuto, tempo di recupero passivo per un tempo compreso tra 20 e 40 secondi, tra 41 e 60 secondi e >60 secondi durante tutta la partita.

Confronto tra ruoli tattici

Il confronto per quanto riguarda i ruoli tattici ricoperti in campo ha prodotto delle differenze statisticamente significative per la maggior parte dei parametri analizzati nel presente studio. Di seguito verranno esposti i risultati ottenuti tramite l'analisi statistica, con annessi i grafici relativi ai valori ottenuti dalle rilevazioni durante le partite di campionato.

Il confronto tra ruoli relativo alla potenza metabolica (grafico 1 e grafico 2) ha mostrato l'esistenza di una differenza statistica altamente significativa ($p=0,0006$); in particolar modo è stata riscontrata nel confronto tra D e C ($p=0,0005$) e in maniera minore anche tra C e A ($p=0,0362$). Non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra D e A ($p=0,2758$).

Per quanto riguarda il dispendio energetico, l'ANOVA ha mostrato l'esistenza di differenze statistiche altamente significative tra ruoli ($p=0,0003$); sono state riscontrate nel confronto tra D e C ($p=0,0003$) e in maniera minore tra C e A ($p=0,0116$). Anche in questo caso non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra D e A ($p=0,4119$).

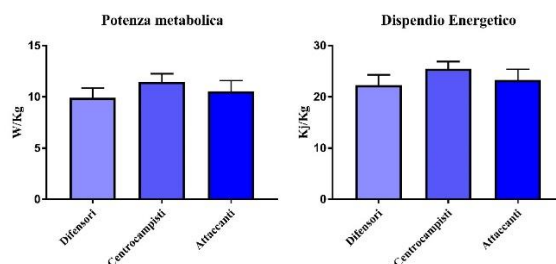


Grafico 1 e 2. Confronto tra ruoli per potenza metabolica e dispendio energetico.

1329

Il confronto tra ruoli tattici per quando riguarda le accelerazioni (grafico 3) non ha mostrato differenze statisticamente significative ($p=0,1954$); nello specifico non si sono osservate differenze statisticamente significative tra D e C ($p=0,8613$), tra D e A ($p=0,4812$) e tra C e A ($p=0,1728$).

Discorso diverso per le decelerazioni intense (grafico 4), dove sono state riscontrate differenze statisticamente significative ($p=0,0023$); in particolar modo sono state osservate tra C e A ($p=0,0016$), mentre non sono state osservate tra D e C ($p=0,2235$) e tra D e A ($p=0,1663$).

Nessuna differenza statisticamente significativa è stata riscontrata per i cambi di direzione (grafico 5) ($p=0,1299$); nello specifico non sono state riscontrate tra D e C ($p=0,5576$), tra D e A ($p=0,1101$) e tra C e A ($p=0,4352$).

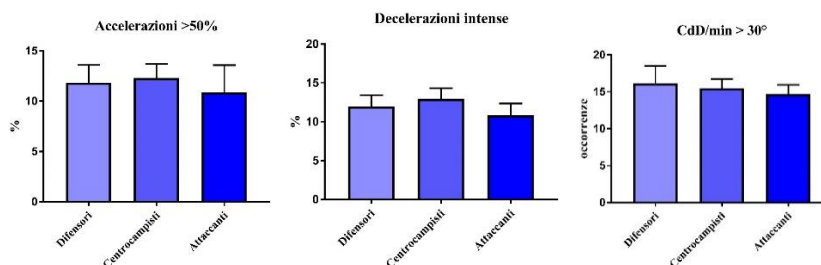


Grafico 3, 4 e 5. Confronto tra ruoli per accelerazioni, decelerazioni intense e cambi di direzione.

La distanza totale (grafico 6) percorsa durante la partita è risultata differente in maniera altamente significativa tra i vari ruoli tattici ($p=0,0004$); la differenza statisticamente significativa più elevata è risultata tra D e C ($p=0,0003$), seguita da quella tra C e A ($p=0,0257$), mentre nessuna differenza statisticamente significativa è stata riscontrata tra D e A ($p=0,2716$).

Per il parametro della distanza percorsa al minuto (grafico 7) sono state trovate delle differenze statistiche altamente significative ($p=0,0008$) tra i ruoli, ma solo tra D e C è stata riscontrata una differenza statisticamente significativa ($p=0,0006$), quando i gruppi sono stati confrontati a coppie. Non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra D e A ($p=0,1934$) e tra C e A ($p=0,0693$).

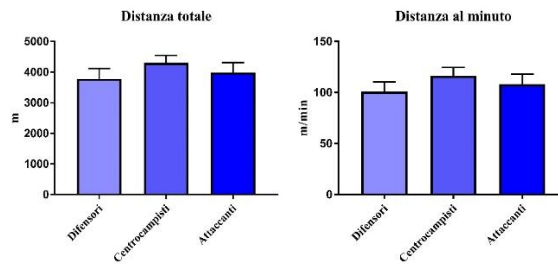


Grafico 6 e 7. Confronto tra ruoli per distanza totale e distanza al minuto.

1330

Se confrontati per il parametro della distanza equivalente al minuto, i diversi ruoli tattici mostrano delle differenze statistiche altamente significative ($p=0,0008$); la maggiore differenza statisticamente significativa è stata riscontrata tra D e C ($p=0,0005$), seguita da quella tra C e A ($p=0,0343$), mentre non è stata riscontrata tra D e A ($p=0,2881$).

Per quanto riguarda il parametro della percentuale di distanza equivalente (grafico 8 e grafico 9) non è stata riscontrata alcuna differenza statisticamente significativa tra i ruoli ($p=0,2495$); se confrontati a coppie, non sono state riscontrate differenze statistiche significative tra D e C ($p=0,7106$), tra D e A ($p=0,7117$) e tra C e A ($p=0,2214$).

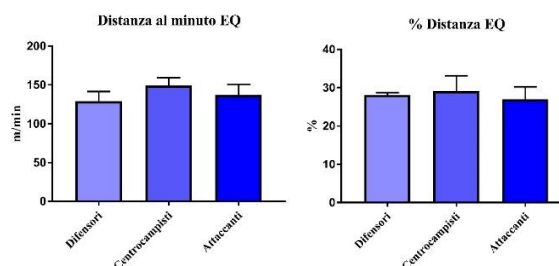


Grafico 8 e 9. Confronto tra ruoli per la distanza al minuto equivalente e la percentuale di distanza equivalente.

L'analisi statistica ha evidenziato delle differenze statisticamente significative per quanto riguarda il parametro del lavoro svolto a velocità sopra VAM (grafico 10) tra i ruoli ($p=0,0369$); in particolar modo è stata osservata una differenza statisticamente significativa tra D e C ($p=0,0308$), mentre non è stata trovata tra D e A ($p=0,1614$) e tra C e A ($p=0,7946$).

Il confronto tra ruoli per il lavoro svolto sopra VAM (grafico 11) per un tempo ≥ 3 secondi non ha evidenziato differenze statisticamente significative ($p=0,5692$); se presi a coppie, non sono state rilevate differenze statisticamente significative tra D e C ($p=0,8816$), tra D e A ($p=0,5449$) e tra C e A ($p=0,7712$).

Non sono state trovate differenze statisticamente significative per il parametro relativo al tempo trascorso a velocità sopra VAM (grafico 12) tra i ruoli ($p=0,0562$); tuttavia il test post-hoc di Tukey ha evidenziato una lieve differenza statisticamente significativa tra D e C ($p=0,0456$), mentre non ha evidenziato tali differenze tra D e A ($p=0,2469$) e tra C e A ($p=0,7386$).

La percentuale anaerobica (grafico 13) non è risultata essere differente dal punto di vista statistico tra i ruoli ($p=0,0867$); tali differenze non sono significative anche tra i gruppi, se presi a coppie (D-C $p=0,1138$; D-A $p=0,9394$; C-A $p=0,2043$).

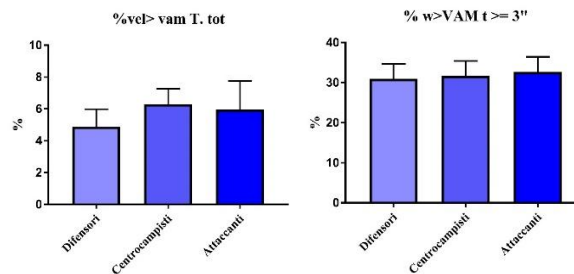


Grafico 10 e 11. Confronto tra ruoli per il lavoro svolto sopra VAM e per il lavoro svolto sopra VAM per un tempo $\geq 3''$.

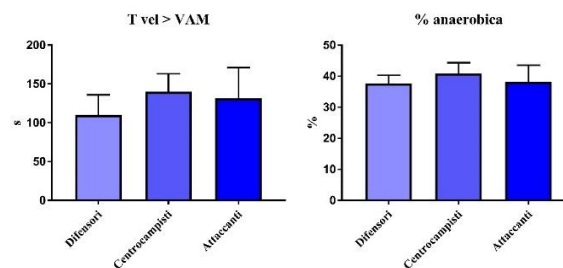


Grafico 12 e 13. Confronto tra ruoli per il tempo trascorso a velocità sopra VAM e per la percentuale anaerobica.

Il numero delle azioni intense al minuto (grafico 14) è risultato differente in maniera altamente significativa tra ruoli ($p=0,0004$); in particolar modo sono state evidenziate tra D e C ($p=0,0020$) e tra C e A ($p=0,0022$), mentre non sono state osservate differenze statisticamente significative tra D e A ($p=0,9891$).

Per quanto riguarda il tempo di recupero passivo (grafico 15) al minuto sono state riscontrate differenze statistiche altamente significative tra ruoli ($p=0,0007$); se presi a coppie, sono state riscontrate tali differenze solo tra D e C ($p=0,0004$), mentre non sono state osservate tra D e A ($p=0,0670$) e tra C e A ($p=0,1861$).

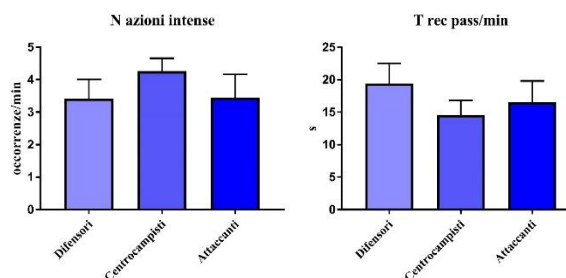


Grafico 14 e 15. Confronto tra ruoli per il numero di azioni intense e per il tempo di recupero passivo al minuto.

Il confronto tra ruoli per il parametro relativo al numero di recuperi passivi compresi tra 20 e 40 secondi (grafico 16) non ha evidenziato differenze statisticamente significative ($p=0,0806$); non sono state osservate tali differenze anche tra D e C ($p=0,0870$), tra D e A ($p=0,1558$) e tra C e A ($p=0,9888$).

Per quanto riguarda invece il numero di recuperi passivi tra 41 e 60 secondi (grafico 17), sono state riscontrate delle differenze statisticamente significative ($p=0,0414$); confrontati a coppie, sono state evidenziate differenze statisticamente significative solo tra D e C ($p=0,0419$), mentre non sono risultate tali tra D e A ($p=0,1094$) e tra C e A ($p=0,9565$).

Sono state riscontrate delle differenze statisticamente significative anche per quanto riguarda il numero dei tempi di recupero maggiori di 60 secondi (grafico 18) ($p=0,0156$); nello specifico sono state riscontrate tra i D e i C ($p=0,0116$), mentre non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra D e A ($p=0,2677$) e tra C e A ($p=0,3574$).

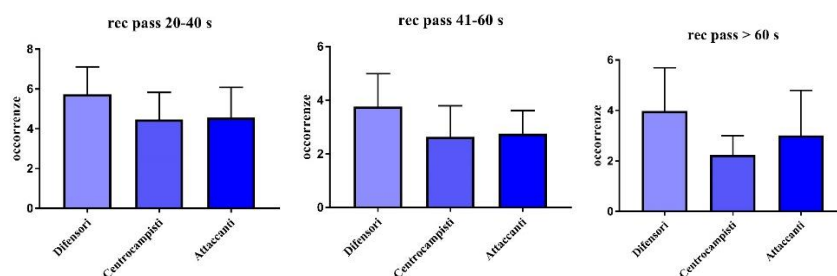


Grafico 16, 17, 18. Confronto tra ruoli per il recupero passivo tra 20 e 40", tra 41 e 60" e > 60".

Confronto tra primo e secondo tempo

Il confronto della prestazione della squadra tra primo e secondo tempo ha evidenziato delle differenze statisticamente significative per la maggior parte dei parametri analizzati nel presente studio. Di seguito verranno esposti i risultati ottenuti tramite l'analisi statistica, con annessi i grafici relativi ai valori ottenuti dalle rilevazioni durante le partite di campionato.

La potenza metabolica (grafico 18) espressa nel secondo tempo è risultata essere minore rispetto al primo, in maniera altamente significativa, per un valore di $p<0,0001$, con una differenza delle medie di $-0,8412$.

Per quanto riguarda invece il dispendio energetico (grafico 20), non è stata riscontrata una differenza statisticamente significativa tra primo e secondo tempo ($p=0,9730$), con una differenza delle medie di $0,01176$.

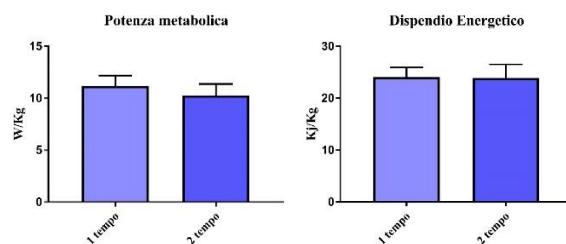


Grafico 19 e 20. Confronto tra primo e secondo tempo per potenza metabolica e dispendio energetico.

Sia per le accelerazioni (grafico 21) che per le decelerazioni intense (grafico 22), l'analisi statistica ha mostrato delle differenze statistiche altamente significative, rispettivamente per un valore di $p < 0,0001$ e di $p = 0,0001$, con una differenza delle medie rispettivamente di $-1,424$ e di $-1,447$. Il numero dei cambi di direzione (grafico 23) al minuto è risultato essere maggiore nel primo tempo rispetto al secondo, in maniera altamente significativa, per un valore di $p = 0,0002$, con una differenza delle medie di $-1,159$.

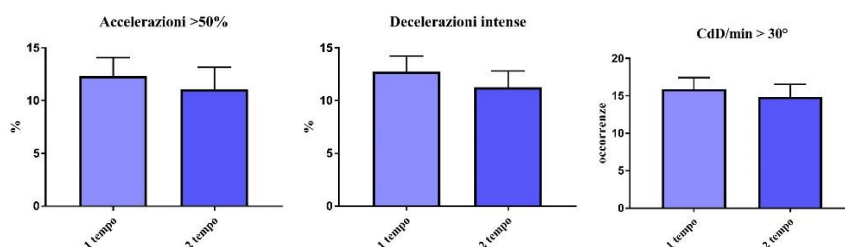


Grafico 21, 22 e 23. Confronto tra primo e secondo tempo per accelerazioni, decelerazioni intense e cambi di direzione.

La differenza relativa alla distanza percorsa (grafico 24) tra primo e secondo tempo non è risultata statisticamente significativa, per un valore di $p = 0,7211$, con una differenza delle medie di $19,74$.

Per quanto riguarda invece la distanza percorsa al minuto (grafico 25), è risultata essere minore nel secondo tempo rispetto al primo in maniera altamente significativa ($p < 0,0001$), con una differenza delle medie di $-8,188$.

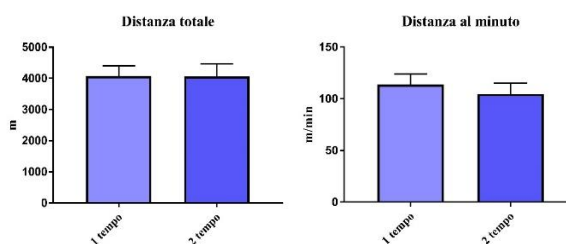


Grafico 24 e 25. Confronto tra primo e secondo tempo per distanza totale e distanza totale al minuto.

La distanza al minuto equivalente (grafico 26) è stata differente tra primo e secondo tempo in

maniera altamente significativa ($p < 0,0001$), con una differenza delle medie di $-10,98$; per quanto riguarda invece la percentuale di distanza equivalente (grafico 27), non è stata riscontrata una differenza statisticamente significativa tra primo e secondo tempo ($p = 0,8872$), con una differenza delle medie di $-0,1471$.

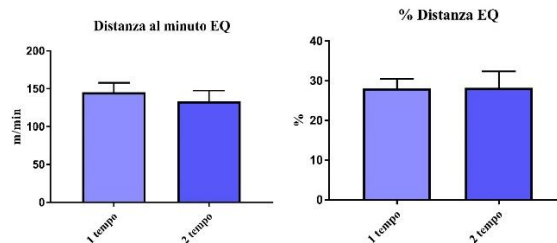


Grafico 26 e 27. Confronto tra primo e secondo tempo per distanza al minuto equivalente e percentuale di distanza equivalente.

Il lavoro svolto a una velocità sopra VAM (grafico 28) non ha mostrato una differenza statisticamente significativa tra primo e secondo tempo ($p = 0,0922$), con una differenza delle medie di $-0,4294$.

Per quanto riguarda il parametro relativo al lavoro svolto sopra VAM per un tempo ≥ 3 secondi (grafico 29), tra primo e secondo tempo è stata riscontrata una differenza statistica molto significativa, per un valore di $p = 0,0118$ e con una differenza delle medie $1,606$.

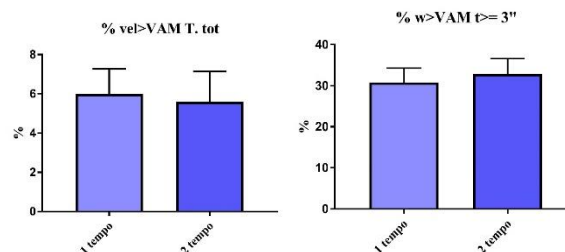


Grafico 28 e 29. Confronto tra primo e secondo tempo per il lavoro svolto sopra VAM e per il lavoro svolto sopra VAM per un tempo ≥ 3 ".

Non è stata trovata una differenza statisticamente significativa per il parametro relativo al tempo trascorso a velocità sopra VAM (grafico 30) ($p = 0,9137$), con una differenza delle medie di $0,6059$.

Per quanto riguarda invece la percentuale anaerobica (grafico 31), è risultata essere maggiore nel primo tempo rispetto al secondo, in maniera statisticamente significativa, per un valore di $p = 0,0493$, con una differenza delle medie di $-1,3$.

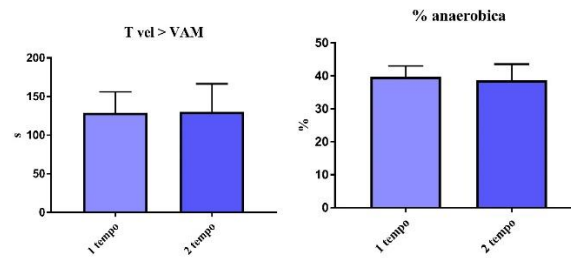


Grafico 30 e 31. Confronto tra primo e secondo tempo per il tempo trascorso a velocità sopra VAM e per la percentuale anaerobica.

Il numero di azioni intense (grafico 32) è risultato maggiore nel primo tempo rispetto al secondo in maniera altamente significativa ($p < 0,0001$), con una differenza delle medie di $-0,5412$.

Per quanto riguarda il tempo di recupero passivo al minuto (grafico 33) è stata riscontrata una differenza statistica altamente significativa tra primo e secondo tempo, per un valore di $p < 0,0001$ e con una differenza delle medie di $2,929$.

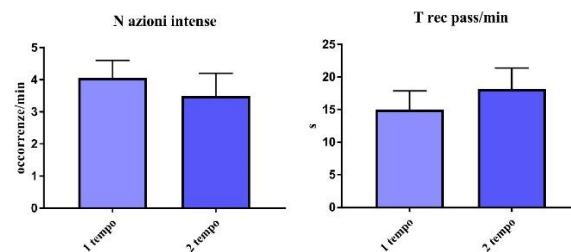


Grafico 32 e 33. Confronto tra primo e secondo tempo per il numero di azioni intense e per il tempo di recupero passivo al minuto.

Il numero delle occorrenze per il recupero passivo compreso tra 20 e 40 secondi (grafico 34) tra primo e secondo tempo non è risultato essere diverso in maniera statisticamente significativo ($p = 0,1394$), con una differenza delle medie di $0,6294$.

Per quanto riguarda invece il numero delle occorrenze del tempo di recupero passivo tra primo e secondo tempo compreso tra 41 e 60 secondi (grafico 35) e per lo stesso parametro ma per un tempo > 60 secondi (grafico 36), è stata trovata per entrambe una differenza statistica altamente significativa; rispettivamente il valore di significatività è stato di $p < 0,0001$ e di $p = 0,0037$, con una differenza delle medie rispettivamente di $1,582$ e di $1,035$.

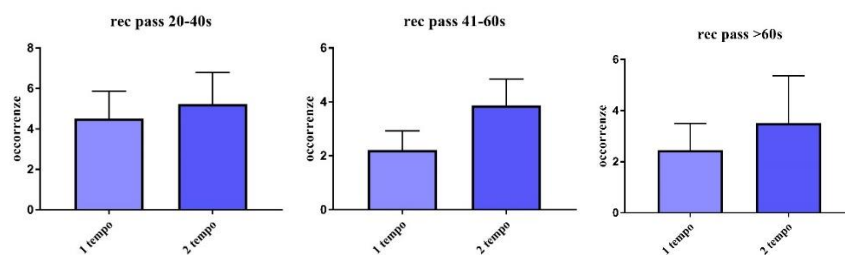


Grafico 34, 35 e 36. Confronto tra primo e secondo tempo per il recupero passivo tra 20 e 40", tra 41 e 60" e > 60 ".

Discussione

L'obiettivo del presente studio è stato quello di identificare, attraverso l'utilizzo di un sistema GPS con software annesso, il modello di prestazione metabolico e neuromuscolare di una squadra di calcio Under 15, durante un'intera stagione calcistica.

La distanza media percorsa durante tutta la partita dall'intera squadra in questo studio è stata di $8138,4 \pm 367,9$ m; questo risultato è in linea con i risultati ottenuti in altri studi (4, 13,37). Se invece confrontati con i risultati di altri studi (3, 14, 19) i calciatori hanno coperto una distanza totale (in media circa 2 km in più).

1336

I risultati ottenuti per quanto riguarda il parametro della distanza al minuto percorsa durante la partita è stata di $109,3 \pm 10,2$ m, che risulta essere leggermente inferiore rispetto a quella che si può osservare invece nello studio condotto da Harley et al., (26). Questo parametro tuttavia, come già accennato nei paragrafi precedenti, non ci informa sul reale impegno neuromuscolare del calciatore; come detto infatti il calcio è uno sport costituito da continue accelerazioni e decelerazioni, da tener conto per valutare al meglio il dispendio energetico del giocatore. Per questo motivo è opportuno analizzare anche il parametro relativo alla distanza equivalente al minuto, che trasforma la distanza percorsa al minuto a diverse velocità, in distanza percorsa come se il calciatore corresse a velocità costante (41). Da questo si può comprendere che se diversi giocatori hanno coperto la stessa distanza totale, l'utilizzo della distanza equivalente permette di individuare una diversa spesa metabolica, consentendo in tal modo di individuare la vera spesa energetica complessiva a prescindere della distanza effettiva coperta (41).

Osservando il dato relativo alla percentuale di distanza equivalente possiamo quindi notare come la spesa energetica del calciatore in media durante tutta la partita sia maggiore del $28,3 \pm 3,2\%$, dovuto al costo notevole delle accelerazioni; è evidente dunque che se il calciatore sviluppa più accelerazioni intense, si otterrà una percentuale di distanza equivalente più alta (17).

Il calcolo del dispendio energetico (EE) durante le partite di calcio analizzate è stato, senza fare distinzione di ruolo, mediamente di $47,9 \pm 2,3$ Kj/Kg per Kg di peso corporeo; quindi un calciatore del peso di 60 Kg (peso medio riferito al campione del presente studio) avrà avuto una spesa energetica di circa 2890 kjoule (calcolato attraverso il rapporto di EE per il peso corporeo medio della squadra).

La letteratura scientifica, nel valutare le accelerazioni durante la partita, si è soffermata alla definizione di soglie ben definite di questo parametro (1, 20); come spiegato però in precedenza, sarebbe più opportuno valutare le accelerazioni non come valore assoluto, ma piuttosto come valore percentuale rispetto al massimo esprimibile a una determinata velocità, poiché il valore

dell'intensità dell'accelerazione è dipendente dalla velocità a cui viene sviluppata un'accelerazione (17). In questo studio si è potuto notare quindi come le accelerazioni >50% del picco individuale sono state del $11,7 \pm 2,0\%$ per l'intera squadra durante tutta la partita; si può quindi notare come la maggior parte delle accelerazioni, durante le partite analizzate, siano state svolte a un'intensità moderata; tuttavia è importante conoscere il valore relativo a questo parametro, poiché può rappresentare un indice fondamentale delle azioni decisive durante la partita (23, 24).

Un parametro che va di pari passo con le accelerazioni, è quello relativo alle decelerazioni; anche in questo caso non si è espresso il dato finale come valore assoluto, ma bensì come valore percentuale, tenendo conto quindi della velocità di partenza a cui si è svolta la decelerazione. Il carico neuromuscolare delle decelerazioni è fondamentale, insieme alle accelerazioni, per eseguire cambi di velocità, frenate, cambi di senso e direzione, rappresentando per la muscolatura del calciatore una significativa applicazione di forza concentrica (accelerazioni) ed eccentrica (decelerazioni) (19). In questo studio è emerso che la squadra ha eseguito, in media, durante la partita, il $12,0 \pm 1,6\%$ di decelerazioni intense, mentre tutte le rimanenti hanno avuto un'intensità moderata.

I due parametri di carico neuromuscolare discussi precedentemente, sono fondamentali come detto anche per l'esecuzione ottimale dei CdD; in questo studio sono stati valutati i CdD $>30^\circ$, senza far riferimento all'intensità a cui essi sono stati eseguiti. I risultati mostrano che il giovane calciatore esegue in media circa 15 CdD al minuto con un'angolazione maggiore di 30° , per un totale quindi di circa 1050 durante tutta la partita. Numerosi autori sostengono che l'abilità ad eseguire CdD è un prerequisito fondamentale della prestazione nello sport moderno (25, 44), così come sia importante allo stesso modo sviluppare tale abilità attraverso l'allenamento (11). Il gioco del calcio è una disciplina sportiva con un impegno metabolico aerobico-anaerobico alternato (6); il metabolismo prevalente durante la partita è quello aerobico (6, 7), tuttavia le azioni decisive sono eseguite grazie all'apporto del metabolismo anaerobico (46). In questo studio i risultati mostrano come i calciatori, durante tutta la partita, producano energia per il $39,2 \pm 4,1\%$ attraverso il sistema anaerobico; il che mostra come detto precedentemente che la maggior parte dell'energia prodotta durante la partita avviene per via aerobica. Il risultato ottenuto in questo studio per tale parametro, se confrontato con lo studio da Osgnach et al., (41), risulta avere un valore percentuale decisamente più alto (rispetto al 25% ottenuto dallo studio precedentemente citato); bisogna altresì considerare, nonostante la formula matematica per il calcolo della percentuale anaerobica dello studio condotto da Osgnach (41) sia in accordo con questo, il campione differente preso in esame, sia per quanto riguarda l'età (adulti), sia per

quanto riguarda il livello agonistico (calciatori d'élite di Serie A), e in antitesi rispetto ad un altro studio che sottostimava la spesa energetica con il metodo della potenza (10).

Il giovane calciatore, durante tutta la partita, esegue per $258,9 \pm 31,9$ s, in media, un lavoro sopra la sua VAM (impostata a 16 km/h in accordo con Osgnach (41) in percentuale questo dato rappresenta il $5,8 \pm 1,5\%$, in riferimento al tempo totale della partita. Quindi la squadra analizzata in questo studio passa circa 4 min e 30 s in totale a una velocità superiore rispetto alla VAM precedentemente impostata al valore di riferimento sopra descritta.

Sempre per quanto riguarda il lavoro svolto sopra VAM, possiamo notare come il $31,9 \pm 3,6\%$ di questo parametro abbia avuto una durata maggiore o uguale a 3 s. Questo dato sta a significare che circa un terzo delle attività svolte dal calciatore viene svolto ad alta intensità, per una durata che supera i 3 secondi.

Le azioni svolte ad alta intensità sono fondamentali nel gioco del calcio, risultando determinanti delle volte ai fini del risultato (46); in questo studio il numero di azioni intense al minuto (svolte sopra la soglia di 20 W, in accordo con lo studio di Osgnach et al., (41) è stato di $3,8 \pm 0,7$. Questo dato, se rapportato al totale dei minuti di gioco della partita di tale categoria (70 min circa), mostra come durante la competizione il giovane calciatore esegue circa 260 azioni con una potenza superiore ai 20 W. Questo risultato è tendenzialmente in linea con quello dello studio di Mohr et al., (40), in cui si identificò un numero di azioni brevi e intense uguale a 250, sebbene l'età e il livello della squadra di quest'ultimo studio fossero ben diverse da questo.

Un altro parametro importante analizzato in questo studio è quello relativo al tempo di recupero passivo al minuto, inteso come il tempo trascorso a una potenza < 5 W. Durante la partita, queste situazioni, denominate "di recupero" in quanto svolte a bassissima intensità, possono verificarsi per diversi motivi, come per la distanza dell'azione da alcuni giocatori dovuta al ruolo tattico ricoperto in campo oppure a causa delle interruzioni del gioco che si verificano durante la partita (calci di punizione, calci d'angolo, calci di rigore, infortuni, sostituzioni). Tuttavia è importante conoscere questo parametro, in quanto parte integrante del modello prestativo del calciatore. Dai risultati di questo studio emerge che in media la squadra trascorre camminando $16,6 \pm 3,1$ s al minuto. Se raffrontati alla totalità della partita, possiamo ricavare il dato su 70 min, ottenendo che durante la partita, la squadra in media trascorre 19 min a un'intensità inferiore ai 5 W.

Quest'ultimo parametro può essere preso in considerazione però anche da un altro punto di vista, ovvero valutando il numero (occorrenze) delle azioni svolte a potenza < 5 W, con durate da 20-40 s, 41-60 e > 60 s; i risultati di questo studio hanno mostrato rispettivamente che il numero di tali occorrenze è stato di $9,7 \pm 1,5$, $6,1 \pm 0,9$ e $5,9 \pm 1,4$. Come si può notare il numero

delle attività svolte a bassissima intensità di durata compresa tra 20 e 40 s è circa il doppio rispetto agli altri due parametri presi in considerazione.

Oltre che delineare il modello di prestazione metabolico e neuromuscolare riferito alla squadra, si è voluto effettuare anche un confronto prestativo dividendo la squadra in tre gruppi, a seconda del ruolo tattico; è ampiamente dimostrato infatti, dalla letteratura scientifica, che tali richieste variano a seconda del ruolo ricoperto in campo (9, 15, 34, 39, 40, 42).

Nel presente studio, si è potuto notare come i centrocampisti siano coloro che percorrono una maggiore distanza totale e distanza equivalente, di come abbiano una potenza media e una spesa energetica maggiore, compiano più accelerazioni e decelerazioni intense così come i cambi di direzione, e siano coloro che trascorrono più tempo a intensità superiore della VAM, rispetto ad A e D. Gli A sono invece coloro che svolgono azioni a intensità superiore della VAM per più di 3 s, rispetto a C e D, seppur l'analisi statistica non abbia evidenziato delle differenze statisticamente significative per questo parametro. Per quanto riguarda invece tutti i parametri relativi al tempo di recupero passivo, coloro che passano maggior tempo a un'intensità < 5 W e che svolgono più azioni a questa intensità sono i D, seguiti in ordine da A e C, con l'unico parametro che non ha evidenziato una differenza statisticamente significativa sia quello relativo al tempo di recupero passivo tra 20 e 40 secondi. Un aspetto interessante emerso dal confronto statistico tra le prestazioni per ruolo, è che per i D e gli A, sebbene abbiano delle rilevazioni numeriche differenti, non si siano osservate delle differenze statisticamente significative per tutti i parametri valutati in questo studio.

Per quanto riguarda il confronto della prestazione tra primo e secondo tempo, anche in questo caso la letteratura scientifica sottolinea come nel secondo tempo ci sia un calo dei parametri metabolici e neuromuscolari, dovuti alla fatica accumulata durante il primo tempo (14, 40, 43, 37, 45).

Il confronto tra le due frazioni di gioco, in questo studio, ha evidenziato come nel secondo tempo siano calati, in maniera statisticamente significativa, i valori relativi alla potenza metabolica, alle accelerazioni e decelerazioni intense, ai cambi di direzione, alla distanza al minuto e alla distanza al minuto equivalente, alla percentuale anaerobica e al numero delle azioni intense. Per quanto riguarda invece la distanza totale, i calciatori reclutati nel presente studio hanno percorso più metri nel secondo tempo rispetto al primo, seppur non si sia evidenziata una differenza statisticamente significativa; questo risultato è in disaccordo con i risultati ottenuti dagli articoli studiati come referenze per questo studio (14, 39, 40). Durante il secondo tempo si è osservato inoltre un aumento significativo dei parametri relativi al tempo di recupero passivo, eccezion fatta per quello relativo al tempo di recupero passivo tra 20 e 40 secondi; questo potrebbe

essere dettato dall'accumularsi della fatica, ma anche da situazioni tecnico-tattiche che rallentano l'intensità del gioco.

Conclusioni

Concludendo questo studio, che ha identificato il modello di prestazione di una squadra professionistica Under 15, analizzando le differenze di prestazione tra ruoli tattici e tra primo e secondo tempo, si vuole sottolineare l'importanza di conoscere il modello prestativo metabolico e neuromuscolare della squadra, per avere un'idea chiara delle esigenze del giovane calciatore durante la partita e per orientare al meglio il lavoro durante le sedute di allenamento. L'obiettivo da perseguire, quindi, è quello di elaborare delle esercitazioni a secco e con la palla che riprendano le richieste energetiche della partita, per preparare al meglio la squadra dal punto di vista fisico. L'allenamento, come si è potuto notare, riveste quindi un ruolo fondamentale; proprio per questo motivo, è importante che anche le sedute di allenamento siano analizzate e studiate con il medesimo procedimento utilizzato in partita, adoperando cioè il sistema di rilevamento GPS anche durante la settimana che prepara la squadra alla partita.

1340

Ita. J. Sports Reh. Po.
Italian Journal of
Sports Rehabilitation and Posturology

Bibliografia

1. Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 556-561.
2. Arrones, L. S., Torreno, N., Requena, B., De Villarreal, E. S., Casamichana, D., Carlos, J., & Barbero-Alvarez, D. M. I. (2014). Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Dec; 55(12):1417-22.
3. Arruda, A. F., Carling, C., Zanetti, V., Aoki, M. S., Coutts, A. J., & Moreira, A. (2015). Effects of a very congested match schedule on body-load impacts, accelerations, and running measures in youth soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 10(2), 248-252.
4. Atan, S. A., Foskett, A., & Ali, A. (2016). Motion analysis of match play in New Zealand U13 to U15 age-group soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(9), 2416-2423.
5. Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International journal of sports physiology and performance*, 6(3), 295-310.
6. Bangsbo, J. (2014). Physiological demands of football. *Sports Science Exchange*, 27(125), 1-6.
7. Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665-674.
8. Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsoe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian journal of sport sciences= Journal canadien des sciences du sport*, 16(2), 110-116.
9. Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 63-67.
10. Brown, D. M., Dwyer, D. B., Robertson, S. J., & Gastin, P. B. (2016). Metabolic power method: Underestimation of energy expenditure in field-sport movements using a global positioning system tracking system. *International journal of sports physiology and performance*, 11(8), 1067-1073.
11. Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. *Sports medicine*, 38(12), 1045-1063.
12. Buchheit, M., Manouvrier, C., Cassirame, J., & Morin, J. B. (2015). Monitoring locomotor load in soccer: is metabolic power, powerful?. *International journal of sports medicine*, 36(14), 1149-1155.

13. Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Match running performance and fitness in youth soccer. *International journal of sports medicine*, 31(11), 818-825.
14. Castagna, C., Impellizzeri, F., Cecchini, E., Rampinini, E., & Alvarez, J. C. B. (2009). Effects of intermittent-endurance fitness on match performance in young male soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1954-1959.
15. Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A., & Alvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International journal of sports medicine*, 32(06), 415-421.
16. Castellano, J., Casamichana, D., Calleja-González, J., San Román, J., & Ostojic, S. M. (2011). Reliability and accuracy of 10 Hz GPS devices for short-distance exercise. *Journal of sports science & medicine*, 10(1), 233-234.
17. Colli, R. (2014). Biotecnologie per la determinazione della potenza metabolica e suoi derivati nell'ambito della prestazione calcistica e del suo allenamento. *Tesi di Dottorato discussa presso Dipartimento di scienze cliniche applicate e biotecnologiche, Università degli studi de L'Aquila, A.A. 2013-2014.*
18. Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of science and Medicine in Sport*, 13(1), 133-135.
19. D'Ottavio, S., Ponzetti, F., Briotti, G., & Tozzo, N. (2011). Dall'analisi delle gare all'elaborazione di un percorso di allenamento per giocatori U15. *Scienza & Sport*, 10:32-36,201-209.
20. Di Prampero, P. E., Fusi, S., Sepulcri, L., Morin, J. B., Belli, A., & Antonutto, G. (2005). Sprint running: a new energetic approach. *Journal of experimental Biology*, 208(14), 2809-2816.
21. Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. C., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*, 28(03), 222-227.
22. Duffield, R., Reid, M., Baker, J., & Spratford, W. (2010). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 523-525.
23. Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Hawkins, R. D., Strudwick, A. J., & Gregson, W. (2014). Systematic bias between running speed and metabolic power data in elite soccer players: influence of drill type. *International journal of sports medicine*, 35(06), 489-493.

24. Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A. J., Atkinson, G., & Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *International journal of sports medicine*, 34(11), 963-968.
25. Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *Journal of strength and conditioning research*, 21(2), 438-445.
26. Harley, J. A., Barnes, C. A., Portas, M., Lovell, R., Barrett, S., Paul, D., & Weston, M. (2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. *Journal of sports sciences*, 28(13), 1391-1397.
27. Hoppe, M. W., Baumgart, C., Slomka, M., Polglaze, T., & Freiwald, J. (2017). Variability of Metabolic Power Data in Elite Soccer Players During Pre-Season Matches. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 233-245.
28. Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L., & Aughey, R. J. (2010). The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 328-341.
29. Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J., & Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1649-1655.
30. Lago, C., Casais, L., Dominguez, E., & Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 103-109.
31. Larsson, P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Medicine*, 33(15), 1093-1101.
32. Licciardi A. and Lupo C. (2018). Analisi della prestazione di una squadra giovanile professionista di calcio mediante l'utilizzo di GPS. *Ita. J. Sports Reh. Po.* (2019), 6, 1, 1091-1111.
33. Malina, R. M., Cumming, S. P., Kontos, A. P., Eisenmann, J. C., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13–15 years. *Journal of sports sciences*, 23(5), 515-522.
34. Mallo, J., Mena, E., Nevado, F., And Paredes, V. (2015). Physical demands of topclass soccer friendly matches in relation to playing position using Global Positioning System technology. *Journal of Human Kinetics*. 29, pp. 179-188.

35. Manzi, V., Impellizzeri, F., & Castagna, C. (2014). Aerobic fitness ecological validity in elite soccer players: a metabolic power approach. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 914-919.
36. Marra, E. (2010). Match Analysis cinematica nel calcio giovanile: affinità e differenze nelle categorie Giovanissimi, Allievi, Juniores relative al sistema di gioco 3-5-2. *Tesi di laurea discussa presso Facoltà di Medicina e Chirurgia, Corso di laurea in Scienze Motorie, Università degli studi di Roma "Tor Vergata", A.A. 2009-2010.*
37. Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., & Bourdon, P. C. (2013). Match play intensity distribution in youth soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 34(02), 101-110.
38. Minetti, A. E., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D., & Ferretti, G. (2002). Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *Journal of applied physiology*, 93(3), 1039-1046.
39. Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519-528.
40. Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of sports sciences*, 23(6), 593-599.
41. Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(1), 170-178.
42. Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International journal of sports medicine*, 28(03), 228-235.
43. Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., ... & Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *Journal of sports sciences*, 28(2), 171-182.
44. Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of sports sciences*, 18(9), 695-702.
45. Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Love, T. D., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2016). Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(10), 2839-2844.

46. Stølen T, et al. (2005). Physiology of Soccer: An Update. *Sports Medicine*. 35(6). 503-509.



Italian Journal of Sports Rehabilitation and Posturology

1345

Info Scientific article	
Citation	
	<p>Gavino Porcu, Andrea Licciardi, Matteo Romanazzi, Andrea De Donatis .</p> <p>Time motion analysis nel calcio: individuazione del modello di prestazione metabolico e neuromuscolare di una squadra giovanile di calcio professionistica.</p> <p><i>Ita. J. Sports Reh. Po.; 2019 ; 6 ; 3 ;1317 - 1347 ; ISSN 2385-1988 [online] IBSN 007-111-19 - 55 ; CGI J OAJI : 0,101.]</i></p>
Corresponding Author	
	<p>Dr. Gavino Porcu</p> <p>SUISM Centro Servizi, Università degli Studi di Torino ; Torino - Italia</p> <p>Email: gavporcu@hotmail.it</p>
Declaration of interest	
	<p>Gli autori dichiarano di non avere relazioni finanziarie, di consulenza e personali con altre persone o organizzazioni che potrebbero influenzare il lavoro dell'autore/i.</p>
Author's Contributions	
	<p>Tutti gli autori hanno avuto un ruolo significativo in questo progetto. Tutti gli autori sono stati coinvolti nella stesura critica e scientifica del manoscritto ed hanno approvato, prima della pubblicazione la versione finale.</p>
Info Journal	
	<p>Publication Start Year : 2014 Country of Publication: Italy Title Abbreviation: Ita. J. Sports Reh. Po. Language : Italian/ English Publication Type(s) : No Periodical Open Access Journal : Free ISSN : 2385-1988 [Online] IBSN : 007-111-19-55 ISI Impact Factor: CGIJ OAJI :0,101 Index/website : Open Academic Journals Index , www.oaji.net/ Google Scholar – Google Citations www.facebook.com/Ita.J.Sports.Reh.Po Info: journalsportsrehabilitation@gmail.com</p>

