Physical demands, heart rate response and performance of talent football referees

Sollecitazioni fisiche, reazione della frequenza cardiaca e prestazione di talentuosi arbitri di calcio

Valentín E. FERNÁNDEZ-ELÍAS ¹, Maite GÓMEZ-LÓPEZ ²,
Ricardo de la VEGA ³, Vicente J. CLEMENTE-SUÁREZ ¹

¹Department of Sport Sciences, European University of Madrid, Madrid, Spain; ²Department of Physical Activity and Sport Sciences, Polytechnic University of Madrid, Madrid, Spain; ³Department of Physical Education, Sport, and Human Movement, Autonomous University of Madrid, Madrid, Spain

*Corresponding author: Valentín E. Fernández Elías, Faculty of Sport Sciences, Calle Tajo s/n, 28670 Villaviciosa de Odón, Madrid, Spain. E-mail: valentin.fernandez@universidadeuropea.es

SUMMARY

BACKGROUND: To explore the physical and physiological activity demands of talent football referees which belong to the Spanish Referees Technical Committee (CTA-RFFM) in order to understand the need of physical training and prescribe the most adequate exercise.

METHODS: Fourteen semi-professional referees (25.8±3.8 years old; 1.79±0.03 m; 74.4±2.3 kg) from 2nd B Division and 3rd Division of the Spanish Football League were monitored during 2 games (total of 28 games) by wearing a global positioning system (GPS) device and a heart rate monitor in order to assess workload and heart rate.

RESULTS: Total running distance was 8733.6±2238.0 m with no significant differences between first (4385.8±1122.7 m) and second match half (4347.9±1164.9 m). Further, distances covered at different intensity zones were similar between match halves. Average heart rate (HR_{avg}) among matches was 151.2±16.6 bpm. No differences were found among HR_{avg} between match halves (151.9±16.2 and 150.6±17.5 for the 1st and the 2nd half, respectively) and among the different intensity zones during the matches. Also, body load and the number of impacts registered were similar between match halves, with no differences among the intensity zones.

CONCLUSIONS: Data showed, talent referees' physical fitness should be aerobically trained adequately in order to accomplish performance demands during matches.

(Cite this article as: Fernández-Elías VE, Gómez-López M, de la Vega R, Clemente-Suárez VJ. Physical demands, heart rate response and performance of talent football referees. Med Sport 2017;70:_____. DOI: 10.23736/S0025-7826.17.03076-9)

KEY WORDS: Physical education and training - Workload - Athletic performance - Soccer.

RIASSUNTO

OBIETTIVO: Esplorare la richiesta di attività fisica e fisiologica di giovani e talentuosi arbitri di calcio che appartengono al Comitato Tecnico degli Arbitri Spagnoli (CTA-RFFM) per poter comprendere le necessità di allenamento fisico e prescrivere l'esercizio migliore.

METODI: Quattordici arbitri semi professionali (25.8±3.8 anni; 1.79±0.03 m; 74.4±2.3 kg) che appartengono alle categorie inferiori 2^a Divisione B e 3^a Divisione del Campionato spagnolo di calcio furono monitorati durante 2 partite (28 partite totali) utilizzando dispositivi GPS e di frequenza cardiaca per poter valutare il carico di lavoro sia fisico che cardiaco. **RISULTATI:** La distanza percorsa totale media è stata di 8733.6±2238.0 m senza una differenza sostanziale fra il primo (4385.8±1122.7 m) e il secondo tempo della partita (4347.9±1164.9 m). Inoltre, le distanze coperte nelle diverse zone di intensità erano simili fra primo e secondo tempo degli incontri. La frequenza cardiaca media nelle partite era di 151.2±16.6 battiti/min. Non sono state riscontrate differenze nella frequenza cardiaca media fra i due tempi delle partite (151.9±16.2 vs. 150.6±17.5 rispettivamente per primo e secondo tempo) né fra le diverse zone di intensità durante le stesse. Anche la carica corporale ed il numero di impatti registrati furono simili fra le metà delle partite, senza differenziarsi fra le zone di intensità.

CONCLUSIONI: I dati mostrano che gli arbitri giovani talentuosi necessitano di un allenamento aerobico corretto per poter soddisfare la domanda di rendimento fisico durante le partite.

PAROLE CHIAVE: Allenamento - Carico di lavoro fisico - Prestazione atletica - Calcio.

Football is one of the most common sports worldwide. For this reason, the physical performance of football players has often been analyzed in the scientific literature for decades, and attention has been placed upon on the physiological demands of professional football players during competitive matches.¹⁻⁷ In the other hand, football referees have the obligation of implementing the rules of the match and guaranteeing that players abide by its regulations. Fulfilling this responsibility means that referees must to keep up with play intensity and mobility requirements in order to maintain a good position to detect players' infringements.⁸ In this way, only a few researches have given importance to referees' performance and physical demands during competition,^{8,9} being poor researched the talent referees.¹⁰

Previous studies have shown that individual professional football referees cover between 7 and 13 km during a match.⁸ In the Italian Serie A and Serie B^{11,12} and the Danish Superliga¹³ referees have shown to cover ~11 km during official matches. In a 2009 study,¹⁴ referees in international matches covered ~10 km. Whereas, English football referees covered ~9 km in a study in 1993.¹⁵ Approximately 1 km of these distance is covered at high speed (>19.8 km/h).¹⁶ According to Reilly,¹⁷ referees work rate during matched seems to depend on the competitive component of the players involved. Regarding differences between match halves work rates, D'Ottavio and Castagna¹¹ found no differences between distance covered in the 1st and 2nd halves when they analyzed referees performance of Serie A, however they found a 4.1% decrement after analyzing the performance of referees from Serie A and Serie B together.¹¹ This fact was also observed by Catterall *et al.* in English referees.¹⁵ Hence, it seems that referees' performance may also depend on players' level performance.

The monitoring of heart rate has been adopted as a means of indicating the referees' physiological strain during a match. Despite the irregular fluctuations in exercise intensity, the average heart rate (HR_{avg}) during a match can provide a reasonable estimate of the energy expended.^{2,17} The HR_{avg} of referees has shown an outstanding agreement between studies, within a range 162-165 bpm⁸ and 85-90% of HR_{max} .^{18,19} Furthermore, HR_{avg} between halves have not shown significant differences in previous studies, despite some have shown a decline in the work rate. This consistency in heart rate

Il calcio è uno dei più comuni sport in tutto il mondo. Per questo, da decenni la prestazione fisica dei giocatori di calcio è spesso analizzata dalla letteratura scientifica, con un particolare interesse per le sollecitazioni fisiche dei giocatori professionisti di tale disciplina durante le partite.¹⁻⁷ Dall'altro lato, gli arbitri hanno l'obbligo di applicare le regole del match e di garantire che i giocatori si attengano ad esse. Onorare questa responsabilità significa stare al passo con l'intensità del gioco e le esigenze di mobilità per mantenere una buona posizione che permetta all'arbitro di notare le infrazioni dei giocatori.⁸ Solo poche ricerche hanno dato importanza alla prestazione e alle sollecitazioni fisiche degli arbitri durante la competizione,^{8,9} essendo pochi gli arbitri di talento studiati.¹⁰

*Precedenti studi hanno mostrato che i singoli arbitri di calcio professionisti coprono dai 7 ai 13 km durante una partita.⁸ Nella Serie A e Serie B italiane^{11,12} e nella Superliga¹³ danese gli arbitri coprono ~11 km durante le competizioni ufficiali. In uno studio del 2009,¹⁴ è emerso che durante gli incontri internazionali la distanza coperta era di ~10 km. Invece, in uno studio del 1993¹⁵ gli arbitri inglesi di calcio coprivano ~9 km. Circa 1 km di questa distanza veniva percorsa ad alta velocità (>19.8 km/h).¹⁶ Secondo Reilly,¹⁷ il ritmo di lavoro degli arbitri durante i match sembra dipendere dalla componente competitiva dei giocatori coinvolti. Analizzando le differenze tra i ritmi di lavoro durante i due tempi, D'Ottavio e Castagna¹¹ non hanno riscontrato differenze tra la distanza coperta nel primo e nel secondo tempo quando hanno preso in esame la prestazione degli arbitri di Serie A, mentre hanno osservato un calo del 4,1% nell'analisi della prestazione dei professionisti di Serie A e Serie B messi insieme.¹¹ Ciò è stato notato anche da Catterall *et al.* negli arbitri inglesi.¹⁵ Quindi, sembra che la performance degli arbitri dipenda anche dal livello di prestazione dei giocatori.*

Il monitoraggio della frequenza cardiaca è stato adottato come mezzo per indicare lo sforzo fisiologico degli arbitri durante una partita. Nonostante le oscillazioni irregolari di intensità dell'esercizio, la frequenza cardiaca media (FC_{media}) durante un match può fornire una stima sensata dell'energia consumata.^{2,17} In termini di FC_{media} degli arbitri, gli studi si sono mostrati notevolmente in linea, con valori che hanno oscillato tra 162 e 165 bpm⁸ e rappresentanti l'85-90% della FC_{max} .^{18,19} Inoltre, la FC_{media} tra i due tempi non ha fatto registrare differenze significative negli studi precedenti, anche se alcuni hanno rilevato un calo nel ritmo di lavoro. Questa

throughout the game accompanied by a fall in work rate has been attributed to the cardiovascular drift that occurs with prolonged exercise.¹⁵ This physical strain has been shown to be smaller in lower division in a study that analyzed referees from the English Premier League and the Football League.²⁰ In consequence, referees' fitness level need has been established to match aerobic endurance requirements. Thus, scientific literature has proposed different training methods.^{6, 21}

According to Krustup and Bangsbo¹³ and Castagna and D'Ottavio²² the fitness level of referees clearly affects the distance they cover during a match. Obviously, besides the distance covered, the speed used to cover the distance is influenced by play rhythm and/or accumulated fatigue.^{23, 24} In this way, Krustup and Bangsbo¹³ reported that referees were further away from infringements in the second half than in the first, suggesting that the fall in work rate manifests as true fatigue. Most of the activity of referees is conducted at a low intensity, comprising walking and jogging (41.4 and 15.6%, respectively).⁸ However, low, moderate and high speed running and sprinting are also activity intensities performed by football referees, this changes performance intensity have implications in the body load (*i.e.* acceleration forces that the referees generate during the sport action), and number of impacts performed during football matches that would need to be consider in order to properly adequate referees training and fitness needs, as it has been reported in other sports such as rugby²⁵ or ice-hockey²⁶ and in the military training.²⁷ On the other hand, although the above exposed wide evidence supporting the importance of heart rate in referee performance, to our knowledge, there is no literature on its importance in the case of talent referees, as it exists on other sports.¹⁰ In this framework, it is essential to know their response levels in order to make appropriate training programs that increase their chances of reaching professional football level since during their formation the competition level of the players is much lower than professional football. In this line non-professional football training protocol are usually design less carefully, which is logical attending to economic and social issues, being strength training the main careless physical parameter, as observed in previous studies in amateur Spanish²⁸ and in Greek²⁹ level referees performing at similar levels.

Therefore, the purpose of this study was to

uniformità della frequenza cardiaca durante la competizione, accompagnata da una riduzione del ritmo di lavoro, è stata attribuita alla deriva cardiovascolare che si verifica con un esercizio fisico prolungato.¹⁵ In uno studio che ha analizzato gli arbitri della Premier League e della Football League inglesi, questo sforzo fisico si è dimostrato minore in una divisione di categoria inferiore.²⁰ Di conseguenza, è stato stabilito che il livello di forma fisica deve combaciare con le esigenze di resistenza aerobica. Per questo, la letteratura scientifica ha proposto diversi metodi di allenamento.^{6, 21}

Secondo Krustup e Bangsbo¹³ e Castagna e D'Ottavio,²² il livello di forma fisica degli arbitri influisce chiaramente sulla distanza che coprono durante un match. Ovviamente, oltre alla distanza coperta, la velocità impiegata per coprire tale distanza è influenzata dal ritmo di gioco e/o dall'affaticamento accumulato.^{23, 24} In questo modo, Krustup e Bangsbo¹³ hanno osservato che gli arbitri erano più distanti dalle infrazioni nel secondo tempo che nel primo, suggerendo che il calo nel ritmo di lavoro si manifesta come un vero affaticamento. La maggior parte dell'attività degli arbitri viene condotta a una bassa intensità, tra cui camminata e jogging (rispettivamente 41,4% e 15,6%).⁸ Tuttavia, corsa e sprint a bassa, moderata e alta velocità sono altre intensità a cui gli arbitri di calcio eseguono le loro attività e tali cambiamenti nell'intensità della performance hanno implicazioni sul carico fisico (cioè le forze di accelerazione che gli arbitri generano durante l'azione sportiva) e sul numero di contatti durante le partite, che andrebbero considerati per adeguare appropriatamente l'allenamento degli arbitri alle necessità fisiche, come notato in altri sport come rugby,²⁵ hockey su ghiaccio²⁶ e addestramento militare.²⁷ Dall'altro lato, anche se le ampie evidenze illustrate sopra sostengono l'importanza della frequenza cardiaca nella prestazione degli arbitri, a quanto sappiamo non vi sono opere in letteratura dedicate all'importanza di questo elemento nel caso degli arbitri talentuosi, come accade per altri sport.¹⁰ In questo contesto, è essenziale conoscere i loro livelli di risposta per strutturare programmi di formazione adeguati che aumentino le loro possibilità di raggiungere il livello dei professionisti del calcio, poiché durante la formazione il livello di competizione dei giocatori è molto inferiore rispetto a quanto accade nelle partite dei calciatori professionisti. Su questa linea, i protocolli di addestramento nel calcio dilettantistico sono solitamente concepiti in maniera meno attenta, una cosa logica se ci si deve occupare di questioni economi-

analyze physical, mechanical, and physiological parameters of football talent referees in terms of physical strain distance covered, speed, sprints, impacts, body load and heart rate, and to analyze the differences in these responses between the first and the second half during football matches in semi-professional Spanish 2nd Division B and 3rd Division. The hypothesis of the present research was that global positioning satellite (GPS) will confirm previous studies data and further, will report a high mechanical stress. In consequence, data will justify the implementation of strength training in referees' fitness programs allowing referees to perform adequately into an elite environment. Also, data will aim to improve the referee's talent detection and preparation to reach the elite football referees level.

Materials and methods

Fourteen referees (all men) from 2nd División B and 3rd Division of the Spanish Football League volunteered to participate in the study. All of them are participating into the Talent Referees Develop Program (Referees Technical Committee CTA-RFFM-RFEF). This program selects the referees of greater talent of Madrid, and we counted on the participation of all the group. Their mean age, height, body weight and Body Mass Index (BMI) were 25.8 ± 3.8 years old; 1.79 ± 0.03 m; 74.4 ± 2.3 kg. All participants had between 4 and 9 years of experience on officiating football matches. Referees dressed up with the official uniform (T-shirt, short pants, and cleats) besides they wore the experimental instruments during the matches. Prior to participation, the experimental procedures were explained to all the participants, who gave their voluntary written informed consent in accordance with the Declaration of Helsinki. The present study emerged out in a collaboration with the Royal Madrid Football Federation (RFFM) and the Royal Spanish Football Federation (RFEF).

Procedures

Referees movement patterns (mechanical and physical) and physiological demands were analyzed during 2 different games for each referee (total of 28 games) during the 2015-16 season. Before starting each match, the referees have a 30-minute warmup consisting of 10 min-

che e sociali. Come osservato in precedenti studi su arbitri amatoriali spagnoli²⁸ e greci²⁹ con prestazioni di livello simile, l'allenamento di forza è il principale parametro fisico impreciso.

Quindi, lo scopo del presente studio era analizzare i parametri fisici, meccanici e fisiologici di talentuosi arbitri di calcio in termini di sforzo fisico, distanza coperta, velocità, sprint, contatti, carico fisico e frequenza cardiaca e studiare le differenze in queste risposte tra il primo e il secondo tempo delle partite di calcio nell'ambito della seconda divisione B e terza divisione spagnole semi-professionistiche. L'ipotesi della presente ricerca era che il sistema di posizionamento globale (GPS) avrebbe confermato i dati dei precedenti studi e avrebbe segnalato un elevato stress meccanico. Di conseguenza, i dati avrebbero giustificato l'implementazione dell'allenamento di forza nei programmi di fitness degli arbitri, permettendo loro di avere una prestazione adeguata a un ambiente di élite. Inoltre, i dati miravano a migliorare la scoperta del talento degli arbitri e la loro preparazione per raggiungere il livello di quelli di élite nel calcio.

Materiali e metodi

Quattordici arbitri (tutti uomini) della seconda e terza divisione del campionato di calcio spagnolo hanno scelto volontariamente di partecipare allo studio. Tutti facevano parte del Programma di sviluppo di arbitri talentuosi (Comitato tecnico arbitri CTA-RFFM-RFEF). Il programma seleziona gli arbitri di maggior talento di Madrid e abbiamo potuto contare sulla partecipazione di tutto il gruppo. L'età, l'altezza, il peso e l'indice di massa corporea (IMC) medi erano $25,8 \pm 3,8$ anni; $1,79 \pm 0,03$ m e $74,4 \pm 2,3$ kg. Ogni partecipante aveva dai quattro ai nove anni di esperienza nella direzione delle partite di calcio. Durante i match, gli arbitri indossavano la divisa ufficiale (maglietta, pantaloncini e scarpini da calcio) e gli strumenti dell'esperimento. Prima della partecipazione, tutti i soggetti hanno ricevuto una spiegazione delle procedure sperimentali, a cui hanno fornito il loro volontario consenso informato in forma scritta in conformità con la Dichiarazione di Helsinki. Il presente studio è frutto di una collaborazione con la Reale Federazione di Calcio di Madrid (RFFM) e la Reale Federazione di Calcio Spagnola (RFEF).

Procedura

I pattern di movimento (meccanici e fisici) e le sollecitazioni fisiologiche degli arbitri sono stati

utes of continuous running and joint mobility, 5 minutes of running with different types of displacement, and 5 minutes of stretching. All matches were played in stadiums with official dimensions and similar characteristics (100×70 m). Participants wore a GPS device (SPI Elite, GPSports Systems, Canberra, Australia) inserted in a purpose-built backpack that recorded speed and distance. Also, they wore a HR transmitter belt (Polar Electro, Kempele, Finland) to incorporate the HR data. Referees' accelerations were also recorded using a triaxial built-in accelerometer with an operational sampling rate of 100 Hz. The GPS system was switched on before starting the match, switched off at the end of the first half, again switched on before the beginning of the second half, and switched off immediately at the end of the match. Data stored included velocity, distance, body load, HR, and number and intensity of impacts. After collection, data were downloaded into a personal computer where further analysis was carried out with Team AMS software (v. 1.2; GPSports Systems).

Football matches were held during the same competition season and in the center area of Spain, thus physiological differences because of geographical locations were discarded. However, time-of-day schedule was either in the morning or in the evening, thus circadian rhythm interactions could be present.³⁰ Also, weather issues could be present.

Analyses of referees' movement during the match were categorized as follows, based on previous studies analyzing football performance.^{31, 32} Standing (Z1: 0-0.4 km/h); walking (Z2: 0.5-3.0 km/h); jogging (Z3: 3.1-8.0 km/h); medium-intensity running (Z4: 8.1-13.0 km/h); high-intensity running (Z5: 13.1-18.0 km/h); and sprinting (Z6: running speed higher than 18.0 km km/h). The impact data of the referees were gathered from accelerometer data, expressed as g force. Minimum impact intensity was 5×g. We analyzed the number of impact higher than 5×g. Computation of soldier body load during exercise also involved use of the above-mentioned acceleration zone forces. All the data analyses were performed with a specific software package (Team AMS software v. R1.2011.6, GPSports). Recorded HR during matches were grouped into 6 HR zones based on each subject known maximum HR (HR_{max}).^{25, 27} HR zones were as follows: Z1: 0-59.9% HR_{max} ; Z2: 60-69.9% HR_{max} ; Z3: 70-79.9% HR_{max} ; Z4: 80-89.9% HR_{max} ; Z5: 90-94.9% HR_{max} ; and

analizzati nell'ambito di due partite per ciascun professionista (per un totale di 28 partite) durante la stagione 2015-2016. Prima dell'inizio dei match, gli arbitri si riscaldavano per 30 minuti, con dieci minuti di corsa continua e mobilità articolare, cinque minuti di corsa con diversi tipi di spostamento e cinque minuti di stretching. Tutte le partite sono state giocate in stadi con dimensioni ufficiali e caratteristiche analoghe (100×70 m). I partecipanti indossavano un dispositivo GPS (SPI Elite, GPSports Systems, Canberra, Australia) che registrava velocità e distanza inserito in uno zaino appositamente costruito. Inoltre, portavano un trasmettitore di HR da cintura (Polar Electro, Kempele, Finlandia) per registrare i dati sulla HR. Sono state annotate anche le accelerazioni degli arbitri tramite un accelerometro triassiale incorporato con un tasso di campionamento di 100 Hz. Il sistema GPS è stato acceso prima dell'inizio della competizione, spento alla fine del primo tempo, acceso di nuovo prima dell'inizio del secondo tempo e rispento subito dopo la fine della partita. I dati raccolti includevano velocità, distanza, carico fisico, HR e numero e intensità dei contatti. Dopo la raccolta, i dati sono stati scaricati su un personal computer dove è stata condotta un'ulteriore analisi con il software Team AMS (v. 1.2; GPSports Systems).

Le partite di calcio hanno avuto luogo durante la stessa stagione di campionato e nell'area centrale della Spagna, quindi le differenze fisiologiche a causa delle posizioni geografiche sono state scartate. Tuttavia, le competizioni si sono svolte di mattina o di sera, quindi potrebbero essersi verificate interazioni dei ritmi circadiani.³⁰ Inoltre, potrebbero essere state presenti questioni legate al meteo.

Le analisi del movimento degli arbitri durante il match sono state classificate come segue sulla base di precedenti studi che hanno analizzato le prestazioni nel calcio:^{31, 32} posizione eretta con assenza di movimento (Z1: 0-0,4 km/h); camminata (Z2: 0,5-3,0 km/h); jogging (Z3: 3,1-8,0 km/h); corsa a media intensità (Z4: 8,1-13,0 km/h); corsa ad alta intensità (Z5: 13,1-18,0 km/h) ed esecuzione di sprint (Z6: velocità di corsa superiore a 18,0 km/h). I dati sui contatti degli arbitri sono stati dedotti da quelli dell'accelerometro, espressi come forza g. La minima intensità di contatto corrispondeva a 5×g. Abbiamo analizzato il numero di contatti superiori a 5×g. Il calcolo del carico fisico durante l'esercizio ha previsto anche l'uso delle forze delle zone di accelerazione sopra citate. Tutte le analisi dei dati sono state condotte con uno specifico pacchetto software (software Team AMS v. R1.2011.6, GP-

Z6: >95% HR_{max} . The HR_{max} was estimated using the formula proposed by Tanaka *et al.*³³

Statistical analysis

Results are presented as mean and standard deviation. Shapiro-Wilks test revealed that data were normally distributed. A paired t-test was used to compare mean values. Data variability between halves for distance covered and HR_{avg} was calculated using the coefficient of variation (CV).³⁴ The data were analyzed with the statistical package SPSS v. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results

Distance covered and running speed

The total distance covered by the referees during football matches was 8733.6 ± 2238.0 m, with no significant differences between match halves (4385.8 ± 1122.7 vs. 4347.9 ± 1164.9 m for 1st and 2nd half, respectively; CV $6.6 \pm 8.3\%$). Figure 1 illustrates the distance covered at different speeds, ranging from standing (Z1) to sprinting (Z6). No significant differences were noticed among distances covered at the different intensity zones between the 1st and the 2nd half of

Figure 1.—Running distance covered at different speeds during football match. Data are expressed as mean $\pm$ SD. Z1 (standing: 0-0.4 km/h); Z2 (walking: 0.5-3.0 km/h); Z3 (jogging: 3.1-8.0 km/h); Z4 (medium-intensity running: 8.1-13.0 km/h); Z5 (high-intensity running: 13.1-18.0 km/h); and Z6 (sprinting: running speed higher than 18.0 km/h).

Figura 1. — Distanza percorsa a diverse velocità durante una partita di calcio. I dati sono espressi come media $\pm$ DS. Z1 (posizione eretta con assenza di movimento: 0-0,4 km/h); Z2 (camminata: 0,5-3,0 km/h); Z3 (jogging: 3,1-8,0 km/h); Z4 (corsa a media intensità: 8,1-13,0 km/h); Z5 (corsa ad alta intensità: 13,1-18,0 km/h) e Z6 (esecuzione di sprint: velocità di corsa superiore a 18,0 km/h).

Sports). L'HR registrata durante le partite è stata raggruppata in sei zone sulla base della frequenza cardiaca massima nota di ogni soggetto (FC_{max}).^{25, 27} Le zone erano le seguenti: Z1: 0-59,9% FC_{max} ; Z2: 60-69,9% FC_{max} ; Z3: 70-79,9% FC_{max} ; Z4: 80-89,9% FC_{max} ; Z5: 90-94,9% FC_{max} e Z6: >95% FC_{max} . L' FC_{max} è stata stimata utilizzando la formula proposta da Tanaka *et al.*³³

Analisi statistica

I risultati sono presentati come media e deviazione standard. Il test di Shapiro-Wilks ha rivelato che i dati erano normalmente distribuiti. Per confrontare i valori medi è stato utilizzato un test t per dati appaiati. La variabilità dei dati tra i due tempi per la distanza coperta e la FC_{media} è stata calcolata tramite il coefficiente di variazione (CV).³⁴ I dati sono stati analizzati con il pacchetto statistico SPSS v. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Risultati

Distanza coperta e velocità di corsa

La distanza totale coperta dagli arbitri durante le partite di calcio è stata di $8733,6 \pm 2238,0$ m, senza alcuna differenza significativa tra i due tempi del match (rispettivamente $4385,8 \pm 1122,7$ nel primo tempo vs. $4347,9 \pm 1164,9$ m nel secondo; CV $6,6 \pm 8,3\%$). La Figura 1 illustra la distanza coperta a diverse velocità, dalla posizione eretta con assenza di movimento (Z1) all'esecuzione di sprint (Z6). Non sono state notate differenze significative tra le distanze coperte alle diverse zone di intensità tra il primo e il secondo tempo delle partite. Infine, anche il numero di sessioni di sprint registrate era simile tra i due tempi del match (rispettivamente $6,9 \pm 5,6$ sessioni nel primo tempo vs. $7,1 \pm 5,7$ nel secondo).

Frequenza cardiaca durante l'esercizio

FC_{media} , FC_{max} e FC_{min} sono risultate simili tra i due tempi durante le partite di calcio (Tabella I). Inoltre, anche la percentuale di metri coperti alle diverse intensità si è rivelata simile (Tabella I). Pertanto, durante gli incontri calcistici lo stress fisiologico era affine tra i due tempi. Il CV della frequenza cardiaca tra i tempi era di $2,4 \pm 2,5\%$.

Prestazione meccanica

I dati meccanici sono mostrati nella Tabella II. La velocità massima raggiunta dagli arbitri du-

TABLE I.—Referees' physiological strain parameters during football match.

TABELLA I. — *Parametri di sforzo fisiologico degli arbitri durante una partita di calcio.*

Parameters	First half	Second half
HR _{avg} , bpm	151.9±16.2	150.6±17.5
HR _{max} , bpm	185.6± 11.3	184.8±8.5
HR _{min} , bpm	97.7±26.2	103.1±24.7
% Time in HR Z1	11.5±22.3	9.5±19.6
% Time in HR Z2	14.6±14.2	16.6±16.1
% Time in HR Z3	32.2±16.6	32.5±13.8
% Time in HR Z4	33.7±20.9	34.2±21.7
% Time in HR Z5	6.6±11.2	6.2±8.6
% Time in HR Z6	1.3±4.0	0.7±1.6

Data are presented as mean±SD.

HR_{avg}: average heart rate; HR_{max}: maximum heart rate; HR_{min}: minimum heart rate; HR Z: heart rate zone intensity; Z1: 0-59.9% HR_{max}; Z2: 60-69.9% HR_{max}; Z3: 70-79.9% HR_{max}; Z4: 80-89.9% HR_{max}; Z5: 90-94.9% HR_{max}; Z6: >95% HR_{max}.

the matches. Finally, the number of sprint bouts registered was also similar between match halves (6.9±5.6 *vs.* 7.1±5.7 bouts for the 1st and the 2nd half, respectively).

Exercise heart rate

HR_{avg}, HR_{max}, and HR_{min} heart rates were similar between halves during the football matches (Table I). Also, the percentage of meters covered at the different intensities (Z1 to Z6) was similar (Table I). Thus, physiological stress was similar between halves during the football matches. Heart rate CV between halves was 2.4±2.5%.

Mechanical performance

Mechanical data is shown in Table II. Maximum speed reached by referees during the matches was 26.0±2.6 and 26.5±3.2 km/h for the 1st and the 2nd half, respectively. Besides, total body load and total body impacts were similar during match halves. Further, body load and impact at different intensity zones were not significantly different.

Discussion

The aim of the present study was to analyze physical, mechanical, and physiological parameters and to analyze the differences in these responses between the first and the second half of football talent referees during official matches in semi-professional Spanish 2nd Division B and 3rd Division. Data obtained from GPS and

TABLE II.—Referees' maximum sprinting speed and mechanical stress parameters during football match.

TABELLA II. — *Velocità massima di sprint e parametri di stress meccanico degli arbitri durante una partita di calcio.*

Parameters	First half	Second half
Maximum speed, km/h	26.0±2.6	26.5±3.2
Total body load, au	62,042.8±69,287.7	68,752.5±86,348.6
Body load Z1, au	12,740.8±10,977.2	14,274.7±13,254.4
Body load Z2, au	17,342.6±19,052.7	18,361.8±22,538.7
Body load Z3, au	28,713.9±37,149.3	32,212.2±47,162.2
Body load Z4, au	2669.3±5124.5	3443.7±10,047.1
Body load Z5, au	459.9±1960.7	419.7±1336.8
Body load Z6, au	116.3±347.6	40.5±214.3
Total impacts, N.	605.9±422.6	660.4±449.5
Impacts Z1, N.	197.7±107.9	203.5±84.7
Impacts Z2, N.	133.5±80.4	144.9±80.3
Impacts Z3, N.	154.6±118.9	176.8±141.6
Impacts Z4, N.	91.9±115.3	107.0±150.4
Impacts Z5, N.	25.0±38.7	25.5±42.9
Impacts Z6, N.	3.1±12.7	2.8±8.5

Data are presented as mean±SD.

Z1: standing, 0-0.4 km/h; Z2: walking, 0.5-3.0 km/h; Z3: jogging, 3.1-8.0 km/h; Z4: medium-intensity running, 8.1-13.0 km/h; Z5: high-intensity running, 13.1-18.0 km/h; Z6: sprinting, running speed >18.0 km/h.

rante le partite è stata rispettivamente di 26,0±2,6 e 26,5±3,2 km/h per il primo e il secondo tempo. Inoltre, il carico fisico totale e i contatti fisici totali sono risultati simili durante i due tempi dei match. A ciò va aggiunto che il carico fisico e i contatti alle diverse zone di intensità non hanno differito significativamente.

Discussione

Lo scopo del presente studio era di analizzare i parametri fisici, meccanici e fisiologici e le differenze in tali risposte da parte di talentuosi arbitri di calcio tra il primo e il secondo tempo di partite ufficiali nell'ambito della seconda divisione B e terza divisione semiprofessionistiche spagnole. I dati ottenuti dai dispositivi GPS e da quelli per la misurazione dell'HR confermano i risultati dei precedenti studi,^{11, 15} secondo cui a bassi livelli di agonismo, l'attività e lo sforzo fisiologico degli arbitri si trovano al margine inferiore del range di attività.⁸ Inoltre, l'analisi del carico fisico e dei contatti ha fatto emergere informazioni sullo stress meccanico fornendo dati molto utili sulla frenata e sui cambiamenti di direzione, che evidenziano la necessità di implementare un alle-

HR devices confirms findings in previous studies^{11, 15} that in low competitions levels, referees' activity and physiological strain are at the low edge of the activity range.⁸ Furthermore, body load and impacts analysis showed mechanical stress information that provided very useful information on braking and changes of direction that evidences the need of implementing strength training on referees' fitness programs.

The mean distance covered by referees in the present study was 8.7 ± 2.2 km, which is within the range of 7 to 13 km shown in previously studies.⁸ Nevertheless, the mean 8.7 km covered during matches by the referees in this study are near to the low edge of the range distances, which is in accordance with data reported in previous studies.^{11, 15} As in these previous researches, the referees monitored in our study belonged to a lower competition level (*i.e.* semiprofessional Spanish football). Regarding match halves differences, our data shows similar outcomes between 1st and 2nd half. This fact is accordance with previous studies performed in high levels competition referees,^{9, 12-14, 18, 23} but disagrees with data from studies with similar levels referees.^{11, 15, 35, 36} A possible explanation of this circumstance is the implementation and improvement of referees' aerobic physical training programs as a consequence of scientific researches and its considerations.^{6, 37} Distance covered at different speed zones reported in our data is in accordance with previous studies,^{2, 4, 11-13} with ~60% of the distance covered by walking and jogging and ~40% covered at speeds higher than 13 km/h, with a mean maximum sprint velocity of 26.5 ± 3.2 km/h reported in this study (Table II). And with no significant differences in speed zones between halves, as shown in previous studies with similar distances covered between halves, despite some reported higher total distances covered during matches.

Referees physical strain reported in our study by HR analysis showed a HR_{avg} in accordance with the distance covered during matches. Also, the percentage of time spent at different intensities is similar to speed zones (Figure 1). In this way, our data is in accordance with the literature.^{11-13, 15} However, referees in our study reported a HR_{avg} ~10 bpm lower than previous researches.^{9, 13, 15} This difference may lie on the lower competition level,⁸ but HR_{avg} in this study is similar to that shown by international-elite referees.¹⁴ Thus, the improvements of referees training programs in the last decade, and their implementation in referees from lower level

namiento di forza nei programmi di fitness degli arbitri.

La distanza media coperta dagli arbitri nel presente studio è stata di $8,7 \pm 2,2$ km e si trova all'interno del range che oscilla tra i 7 e i 13 km emerso negli studi precedenti.⁸ Ciò nonostante, gli 8,7 km medi coperti durante le partite dagli arbitri in questo studio sono vicini al margine inferiore del range delle distanze, elemento in linea con i dati riportati in studi precedenti.^{11, 15} Come avvenuto in tali ricerche precedenti, gli arbitri monitorati nello studio operavano nell'ambito di un livello agonistico basso (cioè, il calcio semi-professionistico spagnolo). Per quanto riguarda le differenze tra i tempi del match, i nostri dati mostrano risultati simili tra il primo e il secondo tempo. Ciò risulta in linea con gli studi precedenti condotti su arbitri che dirigevano partite di alto livello,^{9, 12-14, 18, 23} ma si discosta dai dati di studi con arbitri di livello simile.^{11, 15, 35, 36} Una possibile spiegazione risiede nell'implementazione e nel miglioramento dell'allenamento fisico aerobico degli arbitri in conseguenza di ricerche scientifiche e delle loro considerazioni.^{6, 37} I nostri dati relativi alla distanza coperta a diverse zone di velocità risultano in linea con le ricerche precedenti,^{2, 4, 11-13} con ~60% della distanza coperta camminando e ~40% coperta a velocità superiori a 13 km/h, con una velocità massima di sprint media di $26,5 \pm 3,2$ km/h (Tabella II). Come mostrato in studi precedenti con distanze simili coperte tra i due tempi, non sono state riscontrate differenze significative nelle zone di velocità tra i due tempi, nonostante alcune ricerche abbiano segnalato la copertura di distanze totali maggiori durante le partite.

Lo sforzo fisico degli arbitri osservato nel nostro studio tramite l'analisi dell'HR ha mostrato una FC_{media} conforme alla distanza coperta durante gli incontri. Inoltre, la percentuale di tempo spesso a diverse intensità è risultata simile alle zone di velocità (Figura 1). In questo modo, i nostri dati sono in linea con quelli riportati in letteratura.^{11-13, 15} Tuttavia, gli arbitri che abbiamo studiato avevano una FC_{media} minore di ~10 bpm rispetto alle ricerche precedenti.^{9, 13, 15} Tale differenza potrebbe risiedere nel minor livello di agonismo,⁸ ma la FC_{media} risultava simile a quella degli arbitri di élite internazionali.¹⁴ Quindi, i miglioramenti nei programmi di allenamento degli arbitri nell'ultimo decennio e la loro implementazione in arbitri che dirigono competizioni di minor livello potrebbero spiegare tale riduzione della FC_{media} rispetto agli studi precedenti.

Per ciò che riguarda il carico fisico e i contatti riferiti durante le partite, a quanto sappia-

competitions may explain this HR_{avg} decrease compared to previous studies.

In reference to body load and impact reported during matches, to our knowledge, our study throws a novel insight in football referees mechanical demands, that must be considered to improve referees' fitness programs, implementing strength training according to the needs reported. The maximum sprint speed registered of ~26.5 km/h, means that referees have the need of explosive strength training. In addition, total body load and divided by intensity zones, and further, the number of impacts reported (Table II) by referees in our study suggest that, besides aerobic training, strength must be relevant in order to referees accomplish the physiological and mechanical demands during matches. Body load and impacts monitored in this study had a threshold of 5xg, which means that, according to the data reported, it is important to perform an adequate resistance training in order to maintain the fitness need to maintain performance in terms of physical strength. Thus, referees will improve their ability to avoid fatigue and to maintain a proper cognitive-perception in order to guarantee a correct compliance with the regulation. The continuous accelerations and decelerations increase fatigue of neuromuscular systems. A correct strength training would prevent this and the referee's performance during the match would be better.

Conclusions

Interest in determining the characteristics that referees must have to participate in elite sport is without doubt growing. Taking into account that experience is developed by a complex interaction of factors (physiological, technical, tactical, psychological), we presented empirical great value physiological characteristics that must comply talent football referees. Talent football referees presented a predominant aerobically intensity and a body load that suggest the combination of aerobic and resistance training to improve their fitness levels and performance in matches. Also, no significant differences between cardiovascular, speed, body load and number of impacts between the half of the match were found. The data obtained in the present research allow us to have a standardized index to the previous literature in professional football referees to improve the referees' talent recruitment. New talent recruitment strat-

mo il nostro studio fornisce una nuova visione delle sollecitazioni meccaniche degli arbitri di calcio, da considerare per migliorare i programmi di fitness di tali professionisti implementando l'allenamento di forza sulla base delle esigenze riportate. La velocità massima di sprint registrata di ~26,5 km/h indica che gli arbitri necessitano di un allenamento di forza esplosivo. Inoltre, il carico fisico totale diviso per le zone di intensità e il numero di contatti riferiti (Tabella II) dagli arbitri nel nostro studio suggeriscono che, oltre all'allenamento aerobico, è importante anche quello di forza perché tali professionisti soddisfino le sollecitazioni fisiologiche e meccaniche durante le partite. Il carico fisico e i contatti monitorati nel presente studio avevano un valore soglia di 5xg; ciò significa che, in base ai dati riportati, è importante eseguire un adeguato allenamento di resistenza per avere la forma fisica necessaria per mantenere la prestazione in termini di forza fisica. Così, gli arbitri miglioreranno la loro capacità di evitare l'affaticamento e mantenere un'appropriata percezione cognitiva per garantire una corretta adesione al regolamento. Le continue accelerazioni e decelerazioni aumentano l'affaticamento dei sistemi neuromuscolari. Un giusto allenamento di forza proverebbe ciò e migliorerebbe la prestazione degli arbitri durante le partite.

Conclusioni

L'interesse nel determinare le caratteristiche che gli arbitri devono possedere per partecipare a sport di élite sta sicuramente crescendo. Considerando che l'esperienza si sviluppa a partire da una complessa interazione di fattori (fisiologici, tecnici, tattici e psicologici), abbiamo presentato caratteristiche fisiologiche dal grande valore empirico che devono essere rispettate dai talentuosi arbitri di calcio. Tali professionisti mostravano un'intensità aerobica predominante e un carico fisico che suggerivano la combinazione di allenamento aerobico e di resistenza per migliorare i loro livelli di forma fisica e la prestazione durante le partite. Inoltre, non sono state riscontrate differenze significative tra i fattori cardiovascolari, la velocità, il carico fisico e il numero di contatti tra i due tempi del match. I dati ottenuti nella presente ricerca ci permettono di disporre di un indice standardizzato della letteratura precedente sugli arbitri di calcio professionisti per migliorare il reclutamento di talenti in questo ambito. Le strategie per il reclutamento di nuovi talenti dovrebbero rimodernare i programmi di allenamento

egies, ought to update the training programs focusing on referee's explosive strength needs. In this way, referees' associations could use the reported data discriminant marks in the recruitment and training process until they join the professional status.

focalizzandosi sulle necessità di forza esplosiva degli arbitri. Così, le associazioni degli arbitri potrebbero usare i dati riportati come discriminanti nel processo di reclutamento e formazione finché tali soggetti non raggiungono lo status professionale.

References/Bibliografia

- 1) Andersen JL, Klitgaard H, Bangsbo J, Saltin B. Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of soccer players: effects of strength-training. *Acta Physiol Scand* 1994;150:21-6.
- 2) Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 1994;12 Spec No:S5-12.
- 3) Bangsbo J, Lindquist F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *Int J Sports Med* 1992;13:125-32.
- 4) Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci* 1991;16:110-6.
- 5) Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci* 2000;18:669-83.
- 6) Weston M, Helsen W, MacMahon C, Kirkendall D. The impact of specific high-intensity training sessions on football referees' fitness levels. *Am J Sports Med* 2004;32:54S-61S.
- 7) Volpi P. Epidemiology and risk factors in soccer. *Medicina dello Sport* 2008;61:111-9.
- 8) Reilly T, Gregson W. Special populations: the referee and assistant referee. *J Sports Sci* 2006;24:795-801.
- 9) Helsen W, Bultynck JB. Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sports Sci* 2004;22:179-89.
- 10) Ollis S, Macpherson A, Collins D. Expertise and talent development in rugby refereeing: an ethnographic enquiry. *J Sports Sci* 2006;24:309-22.
- 11) D'Ottavio S, Castagna C. Analysis of match activities in elite soccer referees during actual match play. *J Strength Cond Res* 2001;15:167-71.
- 12) D'Ottavio S, Castagna C. Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:27-32.
- 13) Krstrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci* 2001;19:881-91.
- 14) Krstrup P, Helsen W, Randers MB, Christensen JF, MacDonald C, Rebelo AN, et al. Activity profile and physical demands of football referees and assistant referees in international games. *J Sports Sci* 2009;27:1167-76.
- 15) Catterall C, Reilly T, Atkinson G, Coldwells A. Analysis of the work rates and heart rates of association football referees. *Br J Sports Med* 1993;27:193-6.
- 16) Weston M, Castagna C, Impellizzeri FM, Bizzini M, Williams AM, Gregson W. Science and medicine applied to soccer refereeing: an update. *Sports Med* 2012;42:615-31.
- 17) Reilly T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci* 1997;15:257-63.
- 18) Mallo J, Navarro E, Garcia Aranda JM, Helsen W. Physical demands of top-class soccer assistant refereeing during high-standard matches. *Int J Sports Med* 2009;30:331-6.
- 19) Weston M, Drust B, Atkinson G, Gregson W. Variability of soccer referees' match performances. *Int J Sports Med* 2011;32:190-4.
- 20) Weston M, Helsen W, Bird S, Nevill A, Castagna C. The effect of match standard on objective and subjective demands on elite soccer players. *Journal of Sports Sciences* 2005;23:189.
- 21) Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1925-31.
- 22) Castagna C, D'Ottavio S. Effect of maximal aerobic power on match performance in elite soccer referees. *J Strength Cond Res* 2001;15:420-5.
- 23) Mallo J, Navarro E, Aranda JM, Helsen WF. Activity profile of top-class association football referees in relation to fitness-test performance and match standard. *J Sports Sci* 2009;27:9-17.
- 24) Mallo J, Navarro E, Garcia-Aranda JM, Gilis B, Helsen W. Analysis of the kinematical demands imposed on top-class assistant referees during competitive soccer matches. *J Strength Cond Res* 2008;22:235-42.
- 25) Cunniffe B, Proctor W, Baker JS, Davies B. An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using Global Positioning System tracking software. *J Strength Cond Res* 2009;23:1195-203.
- 26) Stanula A, Rocznik R. Game intensity analysis of elite adolescent ice hockey players. *J Hum Kinet* 2014;44:211-21.
- 27) Clemente-Suarez VJ, Robles-Perez JJ. Mechanical, physical, and physiological analysis of symmetrical and asymmetrical combat. *J Strength Cond Res* 2013;27:2420-6.
- 28) Ruiz Caballero JA, Brito Ojeda E, Garcia-Aranda JM, Mallo J, Helsen W, Sarmiento S, et al. Echocardiographic study of structure and functional cardiac profile of football referees. *J Sports Med Phys Fitness* 2011;51:633-8.
- 29) Rontoyannis GP, Stalikas A, Sarros G, Vlastaris A. Medical, morphological and functional aspects of Greek football referees. *J Sports Med Phys Fitness* 1998;38:208-14.
- 30) Chtourou H, Hammouda O, Souissi H, Chamari K, Chaouachi A, Souissi N. Diurnal variations in physical performances related to football in young soccer players. *Asian J Sports Med* 2012;3:139-44.
- 31) Castagna C, D'Ottavio S, Abt G. Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res* 2003;17:775-80.
- 32) Del Coso J, Munoz-Fernandez VE, Munoz G, Fernandez-Elias VE, Ortega JF, Hamouti N, et al. Effects of a caffeine-containing energy drink on simulated soccer performance. *PLoS One* 2012;7:e31380.
- 33) Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6.
- 34) William Vincent JW. Statistics in Kinesiology. Human Kinetics; 2012. p. 392.
- 35) Castagna C, Abt G, D'Ottavio S. The relationship between selected blood lactate thresholds and match performance in elite soccer referees. *J Strength Cond Res* 2002;16:623-7.
- 36) Castagna C, Abt G, D'Ottavio S. Relation between fitness tests and match performance in elite Italian soccer referees. *J Strength Cond Res* 2002;16:231-5.
- 37) Bartha C, Petridis L, Hamar P, Puhl S, Castagna C. Fitness test results of Hungarian and international-level soccer referees and assistants. *J Strength Cond Res* 2009;23:121-6.

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

Manuscript accepted: November 28, 2017. - Manuscript received: February 6, 2017.