

CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DEL CONTROL BIOMÉDICO Y DEPORTIVO EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES DE UN EQUIPO COLOMBIANO, PRETEMPORADA 2020-I: UN ESTUDIO TRANSVERSAL.

CHARACTERIZATION OF VARIABLES OF BIOMEDICAL AND SPORTS CONTROL IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS OF A COLOMBIAN TEAM, PRE-SEASON 2020-I: A CROSS-SECTIONAL STUDY.

TÍTULO CORTO: VARIABLES DEL CONTROL BIOMÉDICO Y DEPORTIVO EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES - PRETEMPORADA.

Autores: ¹Díaz S.M, ¹Saldarriaga J, ²Saldarriaga J.F, ³Méndez E.A

¹**Díaz S.M.** Residente Posgrado Medicina Aplicada a la Actividad Física y el Deporte. Grupo GRINMADE. Facultad de Medicina - Universidad de Antioquia. Teléfono: 0057-4-2196090.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1376-3459> E-mail: sandram.diaz@udea.edu.co

¹**Saldarriaga-Hernández J.** Residente Posgrado Medicina Aplicada a la Actividad Física y el Deporte. Grupo GRINMADE. Facultad de Medicina - Universidad de Antioquia.

Teléfono: 0057-4-2196090. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-0124-9070> E-mail: jonasaldarriaga@gmail.com

²**Saldarriaga J.F.** Profesor Posgrado Medicina Aplicada a la Actividad Física y el Deporte. Grupo GRINMADE. Facultad de Medicina - Universidad de Antioquia / Grupo de

Epidemiología. Facultad Nacional de Salud Pública - Universidad de Antioquia. Teléfono:
0057-4-2196853. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-4982-7047> E-mail:
jfernando.saldarriaga@udea.edu.co

³**Méndez E.A.** Departamento Médico - Deportivo Independiente Medellín (DIM).
Especialista en Medicina Aplicada a la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Medicina
- Universidad de Antioquia. Teléfono: 0057-4-4446789. **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8795-8833> E-mail: edgar.mendez@udea.edu.co

Correspondencia: Sandra Milena Díaz Cano. Facultad de Medicina, Universidad de
Antioquia, Medellín (Colombia). Carrera 51D, N° 62-29 Oficina 301, Edificio Manuel Uribe
Ángel. Dirección Postal: 050010. Teléfono: 0057-4-2196090. Fax: 0057-4-2630253. E-mail:
sandram.diaz@udea.edu.co

CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DEL CONTROL BIOMÉDICO Y DEPORTIVO EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES DE UN EQUIPO COLOMBIANO, PRETEMPORADA 2020-I: UN ESTUDIO TRANSVERSAL.

RESUMEN.

Objetivo: Caracterizar las variables del control biomédico y deportivo en un equipo de futbolistas profesionales (pretemporada 2020-I). **Métodos:** Estudio de corte transversal en 32 futbolistas. Las variables se agruparon en: 1) identificación; 2) antecedentes deportivos; 3) antropométricas; 4) monitoreo del entrenamiento; 5) fuerza; 6) GPS. Las mediciones se efectuaron según protocolo estandarizado. Se verificó la calidad de los datos. Según tipo de distribución se presentan medias y desviaciones estándar (DE) o medianas y rango intercuartil (RIQ). Se presentan las frecuencias relativas en variables cualitativas. En componentes claves se efectúan análisis según posición de juego. **Resultados:** La edad media fue $24,0 \pm 4,6$ con una mediana como profesional de 5,5 años. Las lesiones ligamentarias y musculares fueron los antecedentes más comunes con 31,5% y 22,9%, respectivamente; el 71,0% ocurrieron en competencia. Los arqueros y delanteros presentaron mayores porcentajes de masa adiposa. Defensas y volantes presentaron las mayores distancias recorridas con medianas de 64.560 y 64.386 metros, respectivamente. Los defensas y delanteros tuvieron las mayores frecuencias de sprint $>27\text{km/h}$. Los mayores desequilibrios de fuerza (Flexores/extensores rodilla), lo registran los arqueros (50% rodilla izquierda), seguidos de un 33,0% en los volantes (bilateral). Se evidenció alta heterogeneidad en los valores de creatín kinasa (CPK). **Conclusión:** La caracterización es un proceso fundamental

para optimizar los procesos de evaluación, clasificación, priorización y seguimiento, con miras a reducir el riesgo de lesiones y mejorar el desempeño.

Palabras clave: Medicina Deportiva, Fútbol, Antropometría, Creatina Quinasa, Fuerza Muscular, Sistemas de Información Geográfica.

CHARACTERIZATION OF VARIABLES OF BIOMEDICAL AND SPORTS CONTROL IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS OF A COLOMBIAN TEAM, PRE-SEASON 2020-I: A CROSS-SECTIONAL STUDY.

ABSTRACT.

Objective: To characterize the variables of biomedical and sports control in a team of professional soccer players (preseason 2020-I). **Methods:** Cross-sectional study in 32 soccer players. The variables were grouped into: 1) identification; 2) sports background; 3) anthropometric; 4) training monitoring; 5) strength; 6) GPS. Measurements were made according to standardized protocol. The quality of the data was verified. According to type of distribution, means and standard deviations (SD) or medians and interquartile range (IQR) are presented. Relative frequencies are presented in qualitative variables. In key components, analyzes are carried out according to playing position. **Results:** The mean age was 24.0 ± 4.6 with a median as a professional of 5.5 years. Ligament and muscle injuries were the most common antecedents with 31.5% and 22.9%, respectively; 71.0% occurred in competition. Goalkeepers and strikers had higher percentages of adipose mass. Defenders and midfielders presented the greatest distances covered with medians of 64,560 and 64,386 meters, respectively. Defenders and forwards had the highest sprint frequencies $> 27\text{km/h}$. The greatest strength imbalances (knee flexors / extensors) were recorded by archers (50% left knee), followed by 33.0% in midfielders (bilateral). High heterogeneity was evidenced in creatine kinase (CPK) values. **Conclusion:** Characterization is a fundamental process to optimize the evaluation, classification, prioritization and follow-up, with a view to reducing the risk of injury and improving performance.

Key words: Sports Medicine, Soccer, Anthropometry, Creatine Kinase, Muscle Strength, Geographic Information Systems.

INTRODUCCIÓN.

Caracterizar a los deportistas es una tarea fundamental. En el fútbol profesional se efectúa esta actividad, aunque no de forma estandarizada, dado que los departamentos médicos definen los criterios, periodicidad y las variables; de ahí, la heterogeneidad.

Como elemento central en el ejercicio de la medicina del deporte, aparece la necesidad de aplicar en la pretemporada criterios clínicos y científicos para conocer el estado previo, los factores de riesgo y el potencial de cada jugador. Con esta información se prioriza, planifica y orientan acciones al nivel individual y grupal (entrenamiento - competencia), con miras a evaluar la progresión y facilitar el rendimiento deportivo.

Esta investigación corresponde con la primera fase de un modelo estandarizado de evaluación y seguimiento de los deportistas (línea de base). Trabajaron articuladamente: el Departamento Médico del equipo, el Grupo de Medicina Aplicada a la Actividad física y el Deporte y Grupo de Epidemiología, pertenecientes la Universidad de Antioquia (UdeA). La definición de variables para la evaluación, clasificación y monitoreo se realizó considerando lineamientos internacionales FIFA-UEFA, criterios estadísticos y epidemiológicos para el reporte de evidencias válidas y reproducibles.

El interés por la mejora deportiva ha llevado a la realización de trabajos sobre las características, requisitos y evolución del juego, por ello, se analizan los factores determinantes del desempeño, generando modelos de evaluación que permiten depurar y analizar las variables, aplicar pruebas de laboratorio, test y tecnologías (1).

El alto rendimiento es el resultado de diversos factores: la condición genética, el entrenamiento y estado de salud del deportista. El control biomédico se orienta al análisis de estos factores, con el fin de determinar el perfil y posibilidades de cada jugador (2). La valoración funcional, consiste en la evaluación objetiva de las capacidades físicas de un individuo para realizar una tarea (3). Permite obtener información sobre:

- El perfil de respuesta funcional que caracteriza a una actividad física o deportiva. Brinda información sobre la participación de las distintas capacidades físicas en esa acción.
- Las diferencias en la respuesta fisiológica individual, condicionada por variables biológicas como la edad, sexo, peso; etc.
- El establecimiento de elementos objetivos de selección de talentos.

En la definición del estándar para el control biomédico el trabajo interdisciplinario es clave, facilitando la aplicación de herramientas diagnósticas, la definición de la forma física, el seguimiento deportivo y la predicción de desenlaces. Esto, posibilita modelos preventivos de condiciones como el sobre entrenamiento y las lesiones. A la par, se debe tener en cuenta que las demandas en el fútbol varían con la edad, el nivel de competición, la posición y el estilo de juego (4). Así, se requieren diferentes perfiles de condición física, táctica y técnica, de ahí, la importancia de caracterizar al deportista, optimizando procesos y evitando errores. La pregunta de investigación fue: ¿Cuál es el perfil biomédico y deportivo de los futbolistas profesionales de un equipo colombiano en la pretemporada 2020-I?

MÉTODOS.

Diseño: Estudio epidemiológico de corte transversal. El protocolo fue avalado por el Comité de Ética - Instituto de Investigaciones Médicas (Facultad de Medicina - UdeA); también, contó con la autorización de las Directivas del Equipo. Todos los participantes firmaron consentimiento informado. **Criterios de inclusión:** Futbolistas profesionales de sexo masculino, edad ≥ 18 años, firma del consentimiento informado y deportistas evaluados en la pretemporada. **Criterios de exclusión:** Futbolistas de las categorías inferiores, presencia de lesiones en la pretemporada 2020-I (rehabilitación). Deportistas que no hicieron parte de la pretemporada.

Unidad de análisis: Futbolistas profesionales del Deportivo Independiente Medellín (DIM) - pretemporada 2020-1. Se realizó en la totalidad de futbolistas de la plantilla profesional (N=32), por lo tanto, no se efectuó cálculo del tamaño muestral, ni muestreo.

Variabes: Agrupadas en 6 componentes: 1) Identificación. 2) Antecedentes deportivos. 3) Antropométricas. 4) Monitoreo entrenamiento. 5) Fuerza. 6) GPS. En total se contó con 72 variables para la caracterización y análisis. Las variables hacen parte del protocolo estandarizado para el control biomédico y deportivo, según modelo estandarizado. Corresponde con la línea de base de una estrategia de seguimiento epidemiológico de las lesiones deportivas (énfasis muscular).

Técnicas e instrumentos.

Antropometría: Las mediciones se adelantaron de acuerdo a lineamientos internacionales para garantizar la validez. El peso: Se midió antes del entrenamiento y con la menor cantidad

de ropa posible. Se empleó una báscula SECA (Ref: 874). La talla: Se valora sin calzado, garantizando los puntos de contacto y posición del cuerpo del sujeto. Se utilizó un tallímetro SECA (Ref: 213). Se calculó el Índice de masa corporal (IMC) por medio de la fórmula de Quetelet: $(\text{IMC} = \text{Peso kg} / \text{Talla mts}^2)$. Pliegues cutáneos (#8): subescapular, tríceps, bíceps, suprailíaco, supraespinal, abdominal, muslo frontal y pantorrilla. Se utilizó un adipómetro de policarbonato CESCORF. Perímetros (# 9): cabeza, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo máximo, tórax mesoesternal, cintura, cadera, muslo medio y pantorrilla usando cinta métrica antropométrica LUFKIN W606PM (2m). Diámetros (#6): biacromial, tórax transverso, tórax AP, biileocrestideo, humeral, femoral usando un antropómetro huesos cortos (18cm) y largos (60 cm) CESCORF. Los puntos de referencia y técnica para las mediciones fueron lo establecidos por la International Standards for Anthropometric Assessment (ISAK) (5). La determinación del estado nutricional se efectuó por 5 componentes: masa adiposa, masa muscular, masa residual, masa ósea y piel.

Variables de monitoreo por telemetría (GPS): Se obtuvieron la distancia total recorrida, aceleraciones, desaceleraciones, distancia en sprint 1 (24-27 km/h), distancia en sprint 2 (>27 km/h), y, metros recorridos x minuto. Se tomaron las mediciones durante el entrenamiento. El dispositivo se encendió al momento de iniciar la actividad y se detuvo al momento de salir del campo. Se utilizó un dispositivo GPS Catapult Vector S7 de 4 GHz.

Test de 1 repetición máxima (1-RM): Se realizó calentamiento en bicicleta durante 5 min, posteriormente ejercicios con Theraband 3 series de 8 repeticiones; luego, pasaron a la máquina de extensores de rodilla, seguidamente a la máquina de flexores de rodilla (Equipos marca SPORT-FITNESS). Los participantes realizaron movimientos concéntricos en

posición sentada, con ajustes de banco de 0° a 90° para flexión de rodilla y de 90° a 0° para extensión de rodilla (6). Se pidió a los participantes que permanecieran correctamente colocados en el banco agarrando las asas laterales y realizando movimientos lentos de las rodillas en todo su rango. Allí, realizaron 3 series de 2 repeticiones con carga entre 4 y 8 kg para indicar técnica de movimiento y luego se dispuso a realizar la prueba. Se inició con el 60% del peso corporal para músculos extensores y con 30% de peso corporal para flexores de rodilla.

Control bioquímico: según protocolo del departamento médico, se realizó la toma de muestras en las primeras horas de la mañana antes de iniciar entrenamiento, previa asepsia y antisepsia. Se tomó la muestra en zona central de la yema del dedo índice a través de una lanceta. Se captó la muestra de sangre a través de un tubo capilar. Dicha muestra se dispuso en una tirilla y fue procesada en un dispositivo de diagnóstico cuantitativo de los parámetros de química clínica (marca REFLOTRON PLUS).

Instrumentos de registro de la información.

Se consideraron la historia clínica del Departamento Médico. El formato estandarizado para el control biomédico y deportivo (elaborado por Staff). Plantilla en Excel - Microsoft Windows 10.0. La base de datos en formato SPSS (versión 23.0), compatibilizada con el formato estandarizado del registro de información.

Análisis estadístico.

Se evaluó la calidad de los datos. Se analizaron datos faltantes y valores extremos. Se empleó la función de identificación de datos atípicos, procediendo a su verificación y ajuste.

En variables cuantitativas se verificó el cumplimiento del supuesto de distribución normal, (prueba Shapiro-Wilk). En la exploración de datos se emplearon estadísticos de tendencia central, dispersión y posicionamiento. Las variables con distribución normal se presentan con la media y desviación estándar (DE). Variables no normales, serán describen por medio de la mediana y el rango intercuartílico (RIQ). En las variables cualitativas se emplean las frecuencias absolutas y relativas. Las estimaciones puntuales de medias y porcentajes para la caracterización de los futbolistas se acompañan del intervalo de confianza del 95% (IC95%). La creatín kinasa (CPK), se analizó el primer día de pretemporada (inicial), luego el día final (control - posterior a un partido – momento pico intensidad), por sus implicaciones para el control biomédico como referente de tolerancia y respuesta a la carga. El equilibrio de fuerza entre flexores y extensores de rodilla, se definió por medio de un cociente entre los valores del test; así, se asume como criterio óptimo una relación de fuerza de 1:2 (El punto de corte definido para desequilibrio fue: 0,6). Se presentan las proporciones de jugadores con desequilibrios en el patrón de fuerza por posición de juego. Se analizan los perfiles de actividad de los jugadores (monitoreo por GPS), según posición de juego. Para los análisis se empleó el programa SPSS Versión 23.0 (Licencia-Universidad de Antioquia).

RESULTADOS

Se efectuó la caracterización en 32 jugadores. Las variables demográficas y deportivas se presentan en la **tabla 1**. En esta población se encontró una edad promedio de $24,00 \pm 4,66$ años. Predominan los jugadores diestros 68,8%. El 50% de los futbolistas presentó una edad profesional entre los 2 y 9 años. Con relación a la posición de juego, en su mayoría fueron volantes y defensas 37,5% y 34,4%, respectivamente. Al considerar los antecedentes de lesiones el 31,5% corresponden a lesiones ligamentarias, en tanto que el 22,9% fueron musculares. 7 de cada 10 lesiones ocurrieron en competencia.

Características antropométricas

Son registradas en la **tabla 2**. Según posición de juego, la talla media fue mayor en los arqueros $185,67 \pm 0,89$. Las tallas fueron similares en volantes y delanteros. El IMC mayor se halló en arqueros $25,50 \pm 2,35$. En las demás posiciones de juego los valores del IMC fueron similares (clasificación normal). Con relación a la sumatoria de pliegues los valores más altos corresponden a los delanteros y arqueros $62,75 \pm 8,84$ y $60,25 \pm 19,01$, respectivamente. En concordancia, los porcentajes de masa grasa superiores fueron hallados en estos jugadores (valores del 21%). Arqueros y defensas presentaron los porcentajes de masa muscular mayor 52,27% y 51,00%, respectivamente.

Control bioquímico

Durante la pretemporada, se tomaron muestras para CPK (inicial y control). En la **figura 2** se presenta el comportamiento de la variable en los jugadores monitorizados. Se aprecian la

heterogeneidad y perfiles de CPK, con incrementos en algunos jugadores 5 veces superiores, en otros casos no se produjo un cambio sustancial. Cuando se realizó el análisis según posición de juego, se encontró que los defensas y los volantes presentaron un cambio mayor (incrementos 4 y 5 veces del valor basal), seguidos por los delanteros (datos no mostrados).

Fuerza flexores-extensores

Al evaluar los patrones de fuerza y la prevalencia de desequilibrio entre flexores y extensores de rodilla derecha, se encontró un mayor desequilibrio en volantes y arqueros 33% y 25%, respectivamente. En el desequilibrio en rodilla izquierda predominaron los arqueros con un 50%, seguidos por un tercio de los volantes. En promedio la quinta parte de los jugadores presentaron desequilibrio de fuerza en rodilla derecha o izquierda (**ver figura 1**).

GPS

La **tabla 3** muestra el resultado de las variables de monitoreo por GPS, según posición de juego. Los valores indican que los defensas y los volantes fueron los que mayor distancia recorrieron con medianas de 64.560 y 64.386 metros, respectivamente. Los delanteros fueron quienes lograron mayor cantidad de distancia en sprint 1 (24-27 km/h); en ellos, el 50% de los recorridos estuvo entre 286-429 metros, seguidos por los defensas con valores de 175-655 metros. Al analizar la distancia recorrida en sprint 2 (>27 km/h), fueron los defensas quienes alcanzaron los recorridos mayores; así, el 50% de los recorridos osciló entre 178-465 metros. Se precisa que los arqueros no lograron desarrollar velocidades en sprint 1 y 2, por lo tanto, no se registró en el dispositivo. En cuanto a las acciones de alta intensidad

(aceleraciones y desaceleraciones), nuevamente los defensas fueron quienes lograron obtener una mayor frecuencia de acciones en la pretemporada 4.352 y 691, seguidos de los delanteros con valores de 4.114 y 644.

DISCUSIÓN.

El objetivo de este estudio fue realizar la caracterización de los futbolistas profesionales (DIM: pretemporada 2020-I). El modelo estandarizado incluyó variables: demográficas, antropométricas, biomecánicas (razón fuerza: flexores/extensores de rodilla, mediciones de carga interna (CPK) y carga externa (GPS); con el fin de obtener información del estado basal del equipo, previo a la temporada competitiva. Los resultados describen características relevantes que permiten orientar al departamento médico y cuerpo técnico (priorización e intervención). El proceso de mediciones e indicadores para el monitoreo de los futbolistas fue definido en la modalidad de staff. Fue prioridad la elección de un modelo acorde a lineamientos internacionales para la comparación de resultados.

La caracterización del estado nutricional del deportista es primordial. El tamaño, la estructura física y la composición corporal son factores que influyen en la condición física y desempeño (7). Entre los métodos de campo, la toma de medidas antropométricas sigue siendo la técnica más usada, económica y práctica (8). Se destaca su valor diagnóstico al inicio de temporada, así como la posibilidad de efectuar el monitoreo, permitiendo ajustar los planes nutricionales y la preparación física. Sutton y colaboradores (9), concluyeron que los porcentajes de masa magra y masa adiposa cuando no se incluyen los datos de los porteros, son variables útiles para diferenciar futbolistas profesionales de la población general. Además, mencionan la relevancia de determinar y controlar aspectos antropométricos como el peso a lo largo de la temporada; esto, debido a que un exceso tiene un efecto perjudicial sobre la locomoción general y acciones específicas del fútbol, como saltar para disputar la posesión de la pelota. En la presente investigación se encontró una media de IMC de $24,14 \pm 1,89 \text{ kg/mt}^2$. Al realizar los análisis nuestros resultados concuerdan con otras investigaciones (9–11) que

utilizaron técnicas de espesor de pliegues cutáneos e informaron diferencias significativas en la composición según posición de juego. La mayoría de ellas entre porteros y jugadores de campo. Los porteros fueron los jugadores más altos, pesados y con un mayor porcentaje de masa grasa (10,11), y, solo informaron diferencias antropométricas menores (no significativas) entre los jugadores de campo. Consistentemente, entre los jugadores de campo de nuestra investigación, los defensores constituyeron el grupo más alto y pesado. Igual que otros autores (9), en los volantes se identificaron valores más bajos en peso, talla y kg de masa magra; sin embargo, cuando se convirtieron los valores absolutos a valores relativos, las diferencias no son evidentes. Se destaca la importancia de considerar los valores relativos al comparar la composición corporal, dado que diferencias en los valores absolutos pueden ser causadas por diferencias en el tamaño del cuerpo, en lugar de la composición.

La CPK es uno de los marcadores séricos más usados en fútbol; fisiopatológicamente está asociada al daño muscular producto de actividades de alta intensidad como las aceleraciones y desaceleraciones, cambios de dirección y correr a alta velocidad generando alta carga excéntrica en los músculos, lo cual conlleva a micro lesiones y la liberación de CPK del citoplasma, por ello, se emplea como parámetro biomédico indicativo de sobrecarga, tanto en entrenamiento como en competencia (12). Si bien su correlación con daño muscular es clara, debe tenerse presente que existen individuos con aumentos desproporcionados de CPK (después de entrenamiento o competencia), algunos grupos étnicos poseen mayor permeabilidad de las membranas celulares, además, aquellos con mayor cantidad de fibras musculares tipo 2 tienden a tener mayor elevación de CPK (13), por ello, en la literatura científica no existe un consenso sobre los valores de referencia para determinar causalidad con sobrecarga muscular o riesgo de lesión (12,14,15). Al no tener valores de referencia para

establecer una carga excesiva o el aumento en el riesgo de lesión, se ha logrado demostrar que la CPK tiende a elevarse más con respecto a los niveles de pretemporada semanas antes de que ocurra una lesión; de ahí, la importancia del monitoreo individualizado de este parámetro para generar alertas. (16). Lo anterior lleva a entender que existe alta variabilidad de la respuesta de la CPK y que su comportamiento puede variar a lo largo de una temporada, orientando la forma de analizar la respuesta a la carga de un atleta. Esta heterogeneidad no fue ajena en el presente estudio, donde se encontraron grandes diferencias en la respuesta de la CPK (inicio de la temporada y control); mostrando elevaciones de hasta 5 veces el valor de referencia basal en una parte del plantel, en tanto que, en otros jugadores las variaciones fueron mínimas. Estos hallazgos son similares a los referidos por otros estudios, donde futbolistas de otros torneos presentan tanto en entrenamiento como en competencia diferencias sustanciales en la respuesta de la CPK (14,17). Este comportamiento ha sido reproducible en estudios del rentado colombiano (16). A la luz de los hallazgos es de gran utilidad hacer un control periódico semanal e individual de los deportistas, tomando como referencia los niveles basales (pretemporada), para lograr obtener un perfil de cada jugador y lograr evaluar la tasa de cambio en este parámetro, lo cual ayuda a gestionar de forma eficiente la carga del entrenamiento y competencia.

Otro componente clave de la caracterización fueron los patrones de desequilibrio en la fuerza de los músculos flexores y extensores de rodilla. La fuerza muscular puede ser evaluada a través de la dinamometría isocinética la cual es el estándar de oro (18). Sin embargo, el equipo tiene un alto costo y no permite la reproducción de actividades funcionales en la práctica clínica, lo que limita su accesibilidad (19). Una prueba de fuerza de campo comúnmente utilizada es la prueba de una repetición máxima (1-RM), la cual, es una medida

válida, confiable, económica y relativamente simple de obtener, permitiendo evaluar los cambios de fuerza muscular en situaciones que no son de laboratorio (6). Esta prueba, tiene el potencial de estimar la fuerza máxima producida por un músculo. En un estudio (19) se compararon y analizaron las medidas de la relación Isquiotibiales/Cuádriceps (H/Q) en adultos jóvenes obtenidos mediante dinamometría y la prueba de 1-RM. Aunque estas pruebas evalúan diferentes tipos de contracción muscular, los resultados de la relación H/Q obtenidos por dinamometría y 1-RM mostraron una alta correlación. ($r= 0,89$) sin diferencias significativas. Recientemente (20) en una revisión sistemática que incluyó 32 estudios de calidad metodológica excelente a moderada, concluyó que la prueba de 1-RM generalmente tiene una confiabilidad (test-retest) de buena a excelente; independientemente de la experiencia de entrenamiento, del número de sesiones de familiarización, la selección de ejercicios, la parte del cuerpo evaluada (superior VS inferior), el sexo y edad de los participantes; justificando así la aplicabilidad de esta prueba para la evaluación de la fuerza en entornos donde no se cuenta con máquinas isocinéticas, destacándose su aplicabilidad para definir protocolos de entrenamiento, prevenir lesiones o realizar rehabilitación. En esta investigación se encontró que el mayor porcentaje de desequilibrio lo registran los arqueros, la mitad de ellos en la rodilla izquierda, seguidos de un tercio de los volantes de manera bilateral.

Existe controversia frente a la utilidad de la medición y clasificación de los desequilibrios de fuerza en términos de su asociación con el desarrollo de lesiones. En un estudio (21) de cohorte con seguimiento de 4 años, realizado en una muestra de 614 jugadores de fútbol profesional, se indicó que no es compatible el uso de pruebas isocinéticas para determinar la relación entre la diferencia de fuerza y las lesiones de los isquiotibiales, argumentando que

el valor clínico de estas pruebas de fuerza por aislado es limitado. Otros investigadores (22), indican que se puede asumir que la fuerza muscular (evaluada isocinéticamente) y los desequilibrios juegan un papel clave en las lesiones musculares agudas, encontrando que la tasa de lesión muscular aumentó significativamente en sujetos con desequilibrios de fuerza no tratados, en comparación con los jugadores que no mostraron desequilibrio en la pretemporada (riesgo relativo: 4,66. IC95% 2,01-10,8). Otro aspecto que se discute es el punto de corte para definir la presencia o no de desequilibrio, la literatura indica que la aplicación de diferentes valores de corte para la razón H/Q afecta sustancialmente la sensibilidad y especificidad de la prueba utilizada como herramienta para la predicción de lesiones musculares (23). Por lo general, en estudios específicos en fútbol, se utilizan dos umbrales de la relación H/Q: 0,60 y 0,47 para los movimientos concéntricos de flexión-extensión de la rodilla. En nuestro estudio el punto de corte utilizado fue de 0,6. Según este punto de corte el 75% y 68,8% de los jugadores evaluados no presentaron desequilibrios en pierna derecha e izquierda, respectivamente. A luz de lo expuesto es un parte de tranquilidad y podría comportarse como buen pronóstico. Paralelamente, estas evidencias permiten priorizar e intervenir los futbolistas con valores alterados por parte del preparador físico y kinesiólogo.

En monitoreo por GPS brindó datos relevantes. Las distancias recorridas se analizaron con dos variables: la distancia total recorrida (absoluta) y la distancia recorrida en metros por minuto (relativa). Las distancias promedio recorridas fueron similares a las halladas por otros autores (24–27). Al comparar por posiciones de juego, en nuestro estudio los defensas fueron los que mayor distancia absoluta y relativa recorrieron, seguidos por volantes y delanteros. En los defensas de nuestro estudio las distancias relativas recorridas difieren con las

reportadas en otra investigación (42 m/min VS 66,7 m/min) durante las sesiones de entrenamiento y pretemporada (25).

Considerando las acciones de alta intensidad (aceleraciones/desaceleraciones y sprints) de forma similar a otros autores (25), los defensas logran mayor número de acciones en velocidad en sprint y aceleraciones/desaceleraciones. Sin embargo, el análisis de estas variables genera una dificultad en el momento de realizar comparaciones con otros autores, dado que los datos de estas variables del GPS son reportados de diferentes formas. Un metaanálisis reciente (28), concluyó que hay poca uniformidad en la presentación de resultados con las variables GPS que incluyen aceleraciones/desaceleraciones y sprints. Demostraron que las aceleraciones se expresaban en frecuencia (número de veces en alcanzar un incremento en la velocidad), metros acelerando y tiempo acelerando, lo mismo para las desaceleraciones; además, se encuentra que existen diferentes rangos para que el GPS marque estas acciones, de esta manera, el GPS se programa para que mida cambios desde 1 m/s^2 hasta 3 m/s^2 , lo cual altera la magnitud de la variable y las posibilidades de comparación. Situación similar ocurre en las variables de velocidad, en donde existen diferentes zonas de velocidad en las cuales no hay consenso para delimitar, por ejemplo, la zona de trote con la zona de correr a alta velocidad, esto sumado a que las unidades de medida usadas también se modifican entre estudios y equipos (km/h VS m/s). Las situaciones descritas exigen precaución al hacer comparaciones de los resultados.

En los arqueros hay evidencias limitadas sobre las variables del rendimiento y carga externa, más aún en pretemporada. En nuestro estudio la distancia recorrida y actividades de alta intensidad fueron menores que en otras posiciones de juego, y concuerda con lo descrito en la literatura (29), donde las acciones de los arqueros no representan grandes distancias o

sprints a alta velocidad, razón por la cual no se obtuvieron datos en sprint 1 y 2, además las aceleraciones/desaceleraciones fueron menores.

En cuanto a las limitaciones debe señalarse que es un estudio transversal con alcance descriptivo y no permite determinar la causalidad para la identificación de factores de riesgo. Además, se adelantó el estudio en una población pequeña, lo cual incrementa la imprecisión en las estimaciones y restringe los análisis por co-variables. El potencial de inferencia es limitado, pues sólo se trabajó con un equipo de futbol profesional (cautela generalizaciones).

Son fortalezas de la investigación efectuada que las evidencias corresponden con la primera fase de un modelo estandarizado de evaluación y seguimiento. Se trabajó en consenso entre el Departamento Médico y los Grupos de Investigación. Adicionalmente, la definición de variables para la evaluación, clasificación y monitoreo de se realizó considerando lineamientos internacionales FIFA-UEFA, criterios estadísticos y epidemiológicos (reporte estudios observacionales). El estudio se adelantó en el marco del convenio docencia-asistencia efectuado con la institución deportiva, que facilita las rotaciones, los procesos de formación y desarrollo investigativo de los Residentes en contextos reales.

Conclusión: La caracterización deportiva es un proceso fundamental. Se debe efectuar desde criterios basados en evidencia y la aplicación de principios de la medicina deportiva. Su potencial radica en optimizar los procesos de evaluación, clasificación y seguimiento, con miras a efectuar procesos de priorización, reducir el riesgo de lesiones y potenciar el rendimiento.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERES:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

FINANCIACIÓN:

Grupo GRINMADE, Universidad de Antioquia. Grupo de Epidemiología, Universidad de Antioquia.

AGRADECIMIENTOS:

A los futbolistas del equipo profesional. A las Directivas y Departamento Médico del Deportivo Independiente Medellín. Al Posgrado Medicina Aplicada a la Actividad física y el Deporte (Grupo GRINMADE); Universidad de Antioquia. Al Grupo de Epidemiología - Facultad Nacional de Salud Pública; Universidad de Antioquia.

TABLAS Y FIGURAS.

Tabla 1. Caracterización demográfica y deportiva de los futbolistas profesionales en la pretemporada 2021-I; DIM - Medellín, Colombia (N= 32).

Variables	^a X ± DE ^b Me [RIC] ^c Número (%)
Edad (años)	24,00 ± 4,66
Tiempo profesional (años)	5,50 [2,00-9,75]
Posición de juego:	
Arquero	4 (12,5)
Defensa	11 (34,4)
Volante	12 (37,5)
Delantero	5 (15,6)
Pierna dominante:	
Derecha	22 (68,8)
Izquierda	10 (31,2)
Antecedente lesión:	
Muscular	8 (22,9)
Tendinosa	6 (17,1)
Ligamentaria	11 (31,5)
Meniscal	6 (17,1)
Otra	4 (11,4)
Ocurrencia lesión:	
Entrenamiento	11 (29,0)
Competencia	24 (71,0)

^a Media y desviación estándar.

^b Mediana y rango intercuartil [Q1-Q3].

^c Número y porcentaje.

Abreviaturas. DIM: Deportivo Independiente Medellín.

Tabla 2. Descripción antropométrica de los futbolistas profesionales, según posición de juego en la pretemporada 2021-I; DIM - Medellín, Colombia (N= 32).

Variable	Posición de Juego			
	Arquero	Defensa	Volante	Delantero
Peso (kg)	87,90 ± 8,85	79,37 ± 8,44	73,60 ± 6,43	77,27 ± 6,94
Talla (cm)	185,67 ± 0,89	181,18 ± 6,18	176,69 ± 6,56	177,66 ± 2,98
IMC (kg/mt²)	25,50 ± 2,35	24,15 ± 1,78	23,58 ± 1,92	24,42 ± 1,56
Sumatoria pliegues (mm)	60,25 ± 19,01	51,36 ± 13,52	53,67 ± 14,94	62,75 ± 8,84
Masa adiposa:				
(%)	21,12	18,78	20,16	21,02
(Kg)	18,57 ± 3,60	15,72 ± 2,47	14,82 ± 2,35	16,20 ± 1,06
Masa muscular:				
(%)	52,27	51,00	50,88	50,12
(Kg)	46,05 ± 5,88	40,48 ± 4,86	37,46 ± 4,00	38,75 ± 4,07
Masa residual:				
(%)	10,42	12,31	12,20	12,10
(Kg)	9,10 ± 2,23	9,76 ± 1,07	8,98 ± 1,02	9,32 ± 0,98
Masa ósea:				
(%)	10,95	11,49	11,26	11,50
(Kg)	9,57 ± 0,53	9,11 ± 0,99	8,28 ± 1,05	8,85 ± 1,13
Masa piel:				
(%)	5,25	5,41	5,50	5,27
(Kg)	4,57 ± 0,20	4,27 ± 0,25	4,04 ± 0,21	4,05 ± 0,23

Datos presentados en: Media y desviación estándar (X ± DE).

Abreviaturas. DIM: Deportivo Independiente Medellín. Kg: Kilogramos. Cm: Centímetros. Kg/mt²: Kilogramos sobre metro cuadrado. Pliegues cutáneos (#8): subescapular, tríceps, bíceps, supraileaco, supraespinal, abdominal, muslo frontal y pantorrilla. Mm: Milímetros. %: Porcentaje.

Tabla 3. Comportamiento de las variables del monitoreo por GPS en los futbolistas profesionales durante la pretemporada 2021-I; DIM - Medellín, Colombia (N= 32).

Variable	Posición de Juego			
	Arquero	Defensa	Volante	Delantero
Distancia total recorrida (m)	20.998 [19.829 - 22.867]	64.560 [60.633 - 70.979]	64.386 [60.710 - 69.047]	62.938 [61.139 - 64.197]
Metros x minuto (MxM)	21,9 [21,0 - 23,7]	42,1 [39,7 - 45,5]	41,2 [39,7 - 44,2]	40,9 [40,2 - 43,3]
Sprint 24 - 27 km/h (m)	-	333 [175 - 655]	241 [154 - 371]	358 [286 - 429]
Sprint >27 km/h (m)	-	256 [178 - 465]	182 [79 - 221]	244 [161 - 296]
Aceleraciones 3m (#)	1.211 [1.055 - 1.427]	4.352 [3.701 - 4.801]	4.047 [3.670 - 4.342]	4.114 [3.927 - 4.325]
Desaceleraciones 3m (#)	244 [236 - 270]	691 [608 - 810]	619 [426 - 712]	644 [594 - 670]

Datos presentados en: Mediana y rango intercuartil [Q1-Q3].

Abreviaturas: DIM: Deportivo Independiente Medellín. Mt: Metros. MxM: Metros por minuto. Km/h: Kilómetros por hora. #: Frecuencia absoluta.

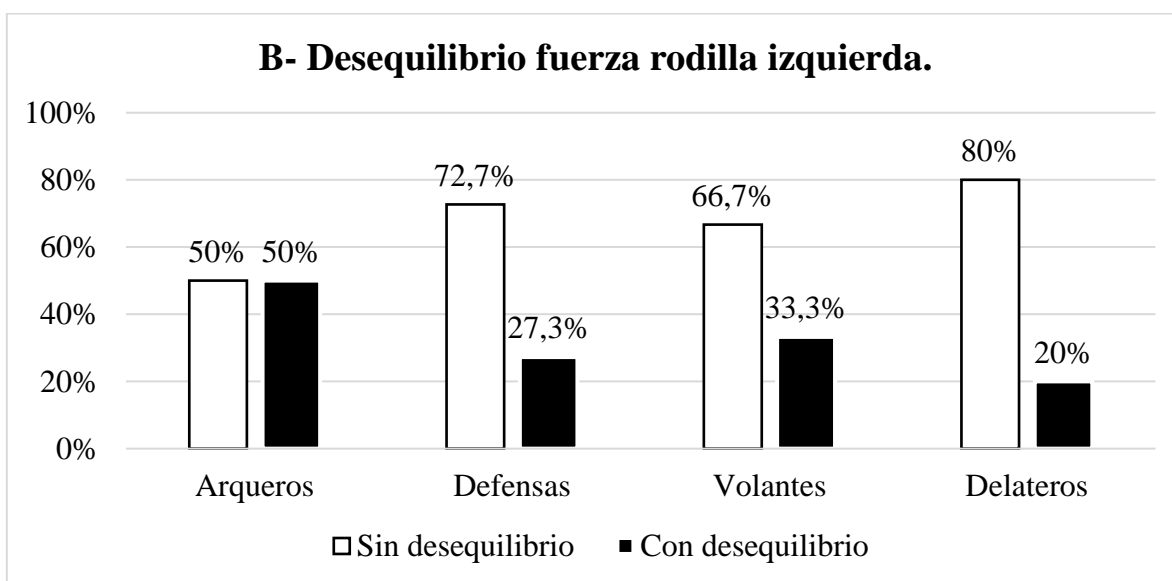
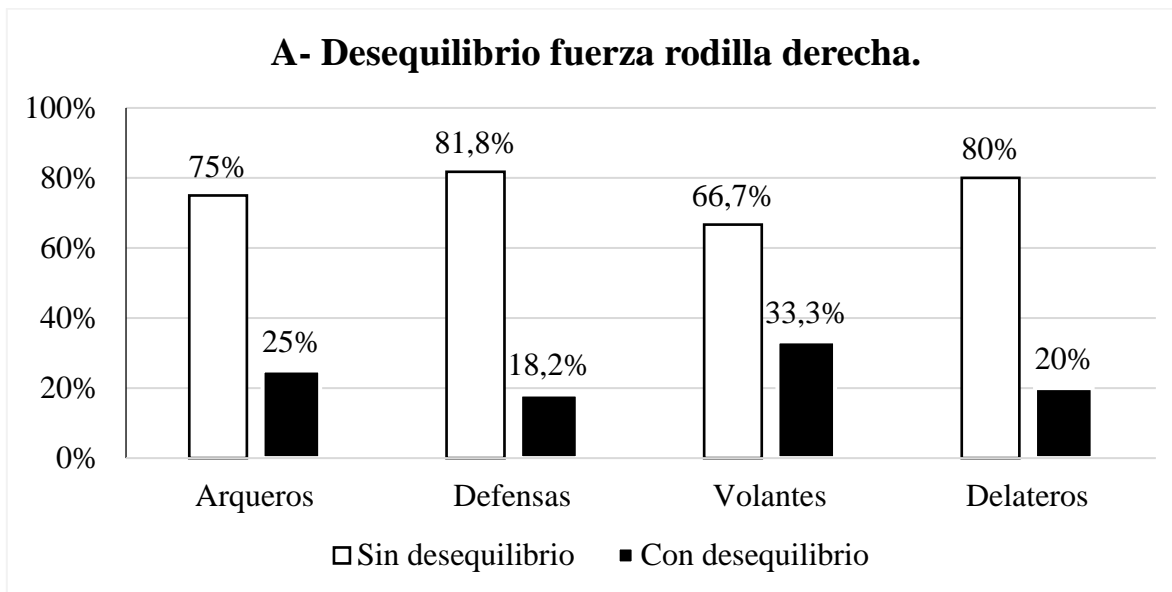


Figura 1. Proporción de futbolistas con desequilibrio de fuerza (flexores / extensores de rodilla). A= Derecha. B: Izquierda. Pretemporada 2021-I; DIM - Medellín, Colombia (N= 32).

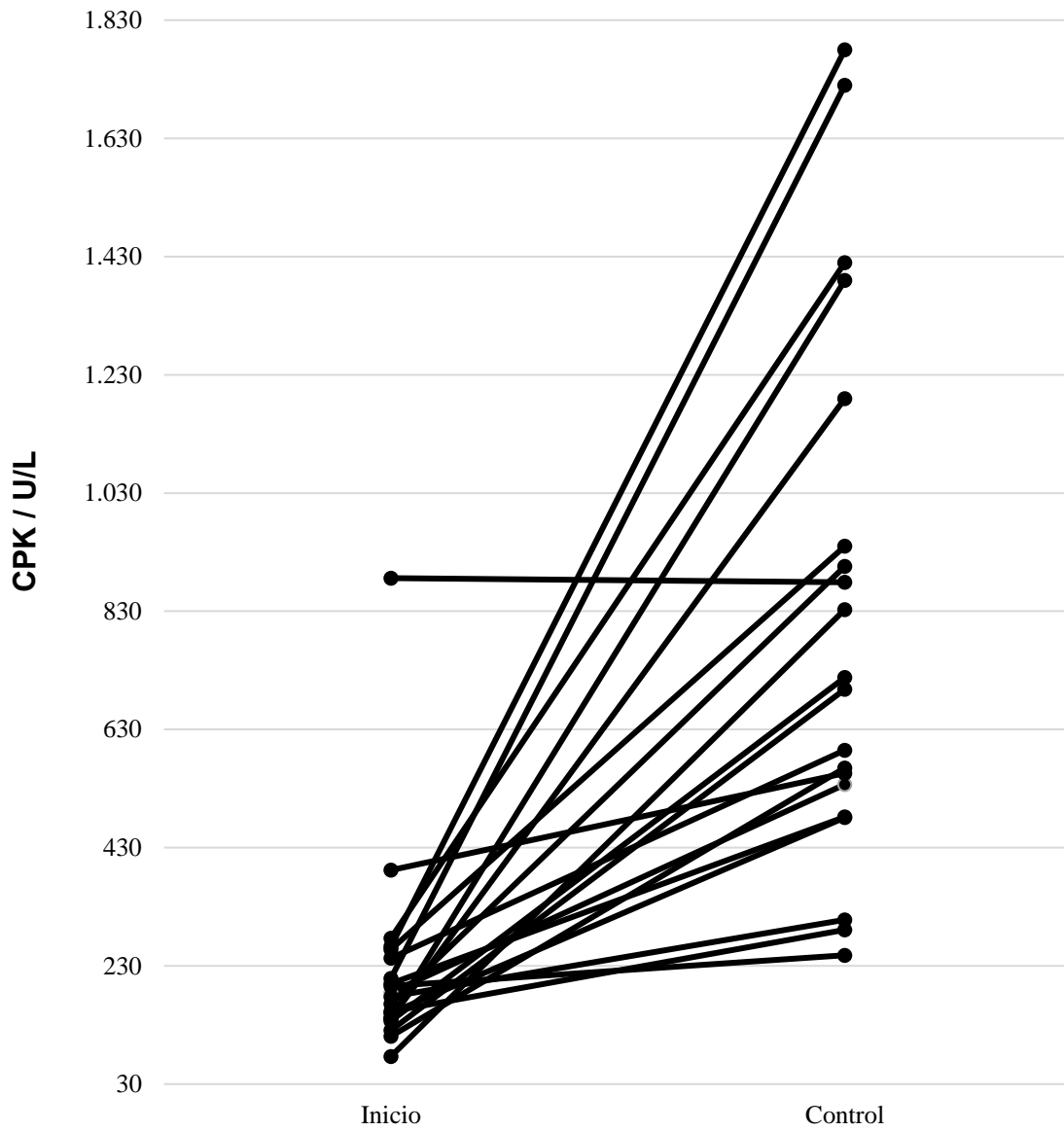


Figura 2. Comportamiento de los valores de creatin kinasa (CPK) en los futbolistas durante la pretemporada 2021-I. Valores: inicial y control; DIM - Medellín, Colombia (N= 20).

BIBLIOGRAFÍA.

1. García Manso JM. Hacia un nuevo enfoque teórico del entrenamiento deportivo. *infoco.es*. 1997;2(2):3–14.
2. Viru, A. A., & Viru M. Biochemical monitoring of sport training. *Human Kinetics*. 2001.
3. Rodríguez FA. Bases metodológicas de la valoración funcional. *Ergometria*. Valoración del deportista: Aspectos biomédicos y funcionales. Monogr FEMEDE. 1999;(6):229–71.
4. Carbonell A, Aparicio V, Delgado M. Valoración de la condición física en futbolistas de categoría cadete. / Assessment of the cadet footballers' physical condition. *Rev Kronos*. 2009;
5. International Society for Advancement of Kinanthropometry. International Conference (9th : 2004 : Thessalonikē G, Marfell-Jones M, Stewart A, Olds T. Kinanthropometry IX : proceedings of the 9th International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Vol. c. 2006. 156 p.
6. Seo D Il, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson SL, et al. Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *J Sport Sci Med*. 2012;11(2):221–5.
7. Nikolaidis PT, Ruano MAG, de Oliveira NC, Portes LA, Freiwald J, Leprêtre PM, et al. Who runs the fastest? Anthropometric and physiological correlates of 20 m sprint performance in male soccer players. *Res Sport Med*. 2016;24(4):341–51.

8. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sport Med.* 2012;42(3):227–49.
9. Sutton L, Scott M, Wallace J, Reilly T. Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci.* 2009;
10. Matković BR, Mišigoj-Duraković M, Matković B, Janković S, Ružić L, Leko G, et al. Morphological differences of elite croatian soccer players according to the team position. *Coll Antropol.* 2003;27(SUPPL. 1):167–74.
11. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Physical Fitness, Injuries, and Team Performance in Soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(2):278–85.
12. Meyer T, Meister S. Routine blood parameters in elite soccer players. *Int J Sports Med.* 2011;32(11):875–81.
13. Wong ET, Cobb C, Umehara MK, Wolff GA, Haywood LJ, Greenberg T, et al. Heterogeneity of serum creatine kinase activity among racial and gender groups of the population. *Am J Clin Pathol.* 1983;79(5):582–6.
14. Lazarim FL, Antunes-Neto JMF, da Silva FOC, Nunes LAS, Bassini-Cameron A, Cameron LC, et al. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *J Sci Med Sport.* 2009;12(1):85–90.
15. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport

- medicine. *Br Med Bull.* 2007;81–82(1):209–30.
16. Osorio JJ, Méndez EA, Aguirre-Acevedo D, Osorio-Ciro J, Calderón JC, Gallo-Villegas JA. Creatine phosphokinase and urea as biochemical markers of muscle injuries in professional football players. *Asian J Sports Med.* 2018;9(4).
 17. Silva JR, Rebelo A, Marques F, Pereira L, Seabra A, Ascensão A, et al. Biochemical impact of soccer: An analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(4):432–8.
 18. Abernethy P, Wilson G, Logan P. Strength and Power Assessment: Issues, Controversies and Challenges. *Sport Med.* 1995;19(6):401–17.
 19. Sabino GS, Felício DC, Guimarães CQ, Da Graça Azevedo Abreu BJ, De Brito Vieira WH. Validity analysis of one-repetition maximum strength test for determining the hamstrings-to-quadriceps ratio. *Motriz Rev Educ Fis.* 2016;22(3):133–7.
 20. Grgic J, Lazinica B, Schoenfeld BJ, Pedisic Z. Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sport Med - Open.* 2020;6(1).
 21. Van Dyk N, Bahr R, Burnett AF, Whiteley R, Bakken A, Mosler A, et al. A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: A prospective cohort study of 413 professional football players. *Br J Sports Med.* 2017;51(23):1695–702.
 22. Lehance C, Binet J, Bury T, Croisier JL. Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scand J Med Sci Sport.*

2009;19(2):243–51.

23. Grygorowicz M, Michałowska M, Walczak T, Owen A, Grabski JK, Pyda A, et al. Discussion about different cut-off values of conventional hamstring-to-quadriceps ratio used in hamstring injury prediction among professional male football players. *PLoS One*. 2017;12(12):1–17.
24. Hartmann U, Mester J. Training and overtraining markers in selected sport events. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(1):209–15.
25. Casamichana D, Castellano J, Deporte C. de fútbol : ¿ se entrena igual que se compete ? Is Training Carried out the Same as Competition ? 2011;6:121–7.
26. Scott BR, Lockie RG, Knight TJ, Clark AC, De Jonge XAKJ. A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013;8(2):195–202.
27. Clemente FM, Owen A, Serra-Olivares J, Nikolaidis PT, Van Der Linden CMI, Mendes B. Characterization of the Weekly External Load Profile of Professional Soccer Teams from Portugal and the Netherlands. *J Hum Kinet*. 2019;66(1):155–64.
28. Miguel M, Oliveira R, Loureiro N, García-Rubio J, Ibáñez SJ. Load measures in training/match monitoring in soccer: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):1–26.
29. Kubayi A, Larkin P. Match performance profile of goalkeepers during the 2019 COPA America soccer championship. *Med dello Sport*. 2020;73(3):453–60.