

Tesis Doctoral

Biomarcadores Musculares y Carga Externa en un Equipo Profesional de Fútbol

Universidad de Sevilla

Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología

Autor

Álvaro García-Romero Pérez

Directores

Dr. Francisco Javier Ordoñez

Dr. Ángel Oliva Pascual-Vaca

Dra. Elena Sonsoles Rodríguez López





Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología

TESIS DOCTORAL

Biomarcadores Musculares y Carga Externa en un Equipo Profesional de Fútbol

Autor

Álvaro García-Romero Pérez

Directores

Dr. Francisco Javier Ordoñez

Dr. Ángel Oliva Pascual-Vaca

Dra. Elena Sonsoles Rodríguez López

Sevilla 2021



Dra. D^a. Elena Sonsoles Rodríguez López, Profesora adscrita al Departamento de Fisioterapia de la Universidad Camilo José Cela, **Dr. D. Francisco Javier Ordóñez**, Catedrático adscrito al Departamento de Anatomía y Embriología Humanas de la Universidad de Cádiz, y el **Dr. D. Ángel Oliva Pascual-Vaca**, Profesor Titular adscrito al Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla,

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“BIOMARCADORES MUSCULARES Y CARGA EXTERNA EN UN EQUIPO PROFESIONAL DE FÚTBOL”**, realizado por **D. Álvaro García-Romero Pérez** bajo nuestra dirección y supervisión, cumple con todos los requisitos necesarios para su presentación y defensa para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Sevilla.

Y para que conste y surta los efectos oportunos, se expide el presente certificado en Sevilla, a 13 de octubre de 2021.

Fdo. Elena Sonsoles Rodríguez López

ORDOÑEZ MUÑOZ FRANCISCO JAVIER - 25594729F
Firmado digitalmente por
ORDOÑEZ MUÑOZ FRANCISCO
JAVIER - 25594729F
Fecha: 2021.10.14 13:08:32
+02'00'

Fdo. Francisco Javier Ordóñez

Fdo. Ángel Oliva Pascual-Vaca

Agradecimientos

Esta es la tercera vez que intento realizar mi Tesis Doctoral y si he aprendido algo es que para culminarla necesitas el apoyo, guía y dirección de tus tutores. Gracias al Dr. Francisco Javier Ordoñez Muñoz, al Dr. Ángel Oliva Pascual-Vaca y sobretodo a la Dra. Elena Sonsoles Rodríguez López, quien sin su positivismo y su capacidad de trabajo no hubiera podido terminar este capítulo de mi formación universitaria.

Debo estar muy agradecido a tres instituciones que me han apoyado y facilitado el poder elaborar esta Tesis Doctoral. Primero al Watford FC, que me ha permitido utilizar los datos del primer equipo para elaborar la Tesis Doctoral. Segundo, a la Universidad Camilo José Cela por el apoyo financiero y por confiar en todos y cada uno de los proyectos que he ido proponiendo junto con mis compañeros de Facultad. Y tercero, a la Universidad de Sevilla por facilitarme el poder realizar la Tesis Doctoral desde miles de kilómetros de distancia.

A mis dos grandes mentores profesionales; Felipe Herranz Pérez, quien me dió la primera oportunidad de trabajar en el deporte profesional y que sin él nunca hubiera podido desarrollar la ilusión por la que empecé a estudiar fisioterapia que era trabajar en el deporte, y Jesús Sanz Villorejo, que siempre me ha dado sabios consejos profesionales y personales y que sin él no hubiera conseguido llevar a término mis proyectos en la Universidad.

A mis compañeros del Watford FC, que me han apoyado en la obtención de los datos y que han estado a mi lado en estos años enseñándome cada día como trabajar en un entorno tan estresante como emocionante como es el fútbol.

A mis compañeros fisioterapeutas y sobre todo amigos, a los que con su capacidad de trabajo en equipo y el estilo que nos caracteriza, llevamos disfrutando del trabajo juntos todos estos años. Muchas gracias especialmente a Fernando Reyes Gil por la cantidad de horas al teléfono que nos pasamos juntos apoyándonos mutuamente y a Jesús Guodemar Pérez, Roberto Murias Lozano, Sergio Toba Domínguez y Daniel Reguera Corrales por todos vuestros consejos en el día a día.

A mis padres por su inculcarme su perseverancia en la vida y la capacidad de trabajo que han impregnado en mi desde pequeño y que espero seguir manteniendo durante mucho tiempo. Ellos me inculcaron una visión internacional del trabajo y nunca nos han puesto ninguna pega por estar lejos de ellos para desarrollarnos personal y profesionalmente.

A mi hermana, por ser mi coach personal. No es necesario hablar todos los días, pero sólo con saber que está ahí, me hace sentirme apoyado y valorado. Saber que puedes llamar a alguien, que te va a escuchar y dar sabios consejos me hace sentir muy afortunado de tenerla.

Y a las personas que más me apoyan y soportan en esta vida, que me dan confianza y ánimos, que me siguen en cada una de mis aventuras dando sentido a cada uno de los pasos que doy en mi vida. Les quito mucho tiempo para poder realizarme profesionalmente cada día, pero ellos son realmente el motor que me impulsa cada mañana. Gracias Fátima, Gonzalo y Nacho, os quiero.

Índice

Listado de abreviaturas y siglas	14
Listado de figuras	16
Listado de tablas	18
Resumen	21
Abstract	27

1 Introducción 33

1.1	El fútbol de élite	35
1.2	Control de la carga de entrenamiento y/o partido	37
1.3	Acción muscular del fútbol	39
1.4	Fatiga en el fútbol	41
1.5	Recuperación post entrenamiento y post partido	43
1.6	Marcadores bioquímicos relacionados con el fútbol	45
1.7	Creatinquinasa	47
1.8	Utilización de CK como medida de fatiga y de recuperación	57
1.9	Carga externa	61
1.10	Ratio de lesionados	63
1.11	Relación entre la carga externa y la CK	67

2 Justificación 71

3 Hipótesis 75

4 Objetivos 79

4.1 **Objetivo principal** 81

4.2 **Objetivos secundarios** 81

5 Metodología 83

5.1 **Diseño del estudio** 85

5.2 **Participantes** 87

5.2.1 Criterios de inclusión 87

5.2.2 Criterios de exclusión 87

5.2.3 Grupos de estudio 88

5.3 **Variables del estudio** 89

5.4 **Instrumentos de medición** 91

5.4.1 Densitometría 91

5.4.2 Cuestionario wellbeing 92

5.4.3 Muestra de sangre: creatinquinasa 94

5.4.4 GPS: entrenamiento 97

5.4.5 TRACAB©: partido 98

5.5 **Protocolo de obtención de datos** 99

5.6 **Aspectos ético legales** 101

5.7 **Análisis estadístico** 103

6	Resultados	105
6.1	Análisis de la muestra total	107
6.1.2	Análisis de la muestra por tipo de semana	109
6.1.3	Análisis de la muestra por posición de juego	116
6.1.4	Análisis de la muestra por grupos de minutos jugados	120
6.1.5	Análisis de la muestra por tipo de semana y por minutos	124
6.1.6	Análisis de la muestra por posición y por minutos de juego y por tipo de semana	127
6.1.7	Análisis de la muestra por raza	132
6.1.8	Análisis de la muestra por el hecho de jugar o no jugar	134
6.1.9	Análisis de la muestra por lugar del partido	136
6.1.10	Análisis de la muestra por resultado del partido	138
6.2	Correlaciones	143
6.2.1	Correlaciones de la muestra	143
7	Discusión	149

8 Conclusión 159

9 Bibliografía 165

Anexos 189

Anexo I	· Aprobación Comité de Ética de la Investigación	191
Anexo II	· Hoja de información del estudio y consentimiento informado	195
Anexo III	· Hoja de recogida de datos	201
Anexo IV	· Publicación: "Muscle Damage Biomarkers in Congestion Weeks in English Premier League Soccer Players: A Prospective Study for Two Consecutive Seasons"	205

Listado de abreviaturas y siglas

1. **ADP:** Adenosín difosfato
2. **ALT:** Alanina aminotransferasa
3. **AST:** Aspartato aminotransferasa
4. **ATP:** Adenosín trifosfato
5. **CK:** Creatinquinasa
6. **CK-BB:** Creatinquinasa tejido cerebral
7. **CK-MB:** Creatinquinasa tejido muscular cardiaco
8. **CK-MM:** Creatinquinasa tejido muscular esquelético
9. **cm:** Centímetros
10. **CMJ:** Countermovement Jump
11. **Cr:** Creatina
12. **CRT:** Transportador de Creatina
13. **DEXA:** Densitometría
14. **DS:** Desviación estándar
15. **FIFA:** Federación Internacional de Fútbol Asociación
16. **GPS:** Sistema de posición global
17. **Hz:** Herzios

18. **IC:** Intervalo de confianza
19. **IgG:** Inmunoglobulina G
20. **Kg:** Kilogramos
21. **Km:** Kilómetros
22. **Km/h:** Kilómetros por hora
23. **LDH:** Lactato Deshidrogenasa
24. **m:** metros
25. **mM:** micromoles
26. **MtCK:** CK mitocondrial
27. **m/s:** metros por segundo
28. **nM:** Nanomoles
29. **PCr:** Fosfocreatina
30. **RM:** Resistencia máxima
31. **RPE:** Ratio de esfuerzo percibido
32. **s:** segundos
33. **U/l:** Unidades por litro
34. **VO₂ Max:** Volumen Máximo de Oxígeno

Listado de figuras

Figura 1. Canalización de metabolitos: micro compartimentos de creatinquinasa, Figura científica en ResearchGate.

Figura 2. Frecuencia de CK en plasma en 128 jugadores profesionales de fútbol.

Figura 3. Gráfico de representación de niveles de CK sanguíneo en deportistas contra no deportistas por género.

Figura 4. Relación de partidos por semana. Ejemplo de enero de 2020.

Figura 5. Dispositivo de Densitometría Fan-beam®.

Figura 6. Cuestionario de wellbeing diario (Peso).

Figura 7. Cuestionario de wellbeing diario (Fatiga, Dolor Muscular, Calidad del Sueño, Horas de Sueño, Estrés).

Figura 8. Lanceta estéril de un solo uso. Roche Diagnostic®.

Figura 9. Capilar para Reflotron. Labortechnik. Selzer®.

Figura 10. Tira reactiva de CK para Reflotron®. Roche Diagnostic®.

Figura 11. Analizador de sangre Reflotron®.

Figura 12. Algoritmo de toma de muestra de sangre dependiente de si el jugador juega o no juega el partido.

Figura 13. Dispositivo GPS de la marca GPEXE®.

Figura 14. Protocolo de toma de datos.

Figura 15. Daño muscular a través del análisis de la CK en partidos de semana corta contra partidos de semana larga en jugadores de fútbol que han completado más de 60 minutos relacionados con su posición.

Figura 16. Análisis de los datos del cuestionario wellbeing en partidos de semana corta contra partidos de semana larga en jugadores de fútbol que han completado más de 60 minutos relacionados con su posición.

Figura 17. Análisis de los datos de carga externa en partidos de semana corta contra partidos de semana larga en jugadores de fútbol que han completado más de 60 minutos relacionados con su posición.

Figura 18. Correlación entre los datos de CK Postpartido y la distancia recorrida a alta intensidad.

Figura 19. Correlación entre los datos de CK Postpartido y la distancia total recorrida.

Listado de tablas

Tabla 1. Variables sociodemográficas de la muestra.

Tabla 2. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa según el tipo de semana incluido pretemporada.

Tabla 3. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa según el tipo de semana sin incluir la pretemporada.

Tabla 4. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa según posición de juego.

Tabla 5. Análisis comparativo de los valores de dolor muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa relacionado con los minutos de juego.

Tabla 6. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa entre partidos de semana corta y larga en jugadores de fútbol que han completado más o menos de 60 minutos.

Tabla 7. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa entre partidos de semana corta y larga en jugadores de fútbol que han completado más o menos de 60 minutos dependiendo de la posición de juego.

Tabla 8. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa según raza.

Tabla 9. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa según jugar o no jugar el partido.

Tabla 10. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa según el lugar del encuentro.

Tabla 11. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de wellbeing y datos de carga externa según resultado del partido.

Resumen

Introducción

El fútbol es el deporte con más jugadores tanto a nivel aficionado como profesional del mundo. En el deporte de alto nivel los requerimientos físicos y psíquicos son excepcionales. Se realizan todo tipo de monitorizaciones de los jugadores para valorar su capacidad de asimilación de las cargas y su estado de recuperación para poder realizar un entrenamiento o un partido. La necesidad de evaluar al jugador correctamente hace que se estudien diferentes marcadores objetivos y subjetivos que nos den un fiel reflejo del estado del jugador para competir al máximo nivel de su capacidad.

Objetivos

El objetivo principal de este estudio fue verificar la relación existente entre los parámetros de carga externa de un jugador con los marcadores de carga interna relacionados con el partido de fútbol durante dos temporadas. A su vez como objetivos secundarios, se propuso determinar si la densidad de partidos, es decir, más de un partido por semana, altera los valores de carga interna de un jugador relacionado con un partido. Se intentó especificar si la raza es un factor determinante a la hora de relacionar la carga externa y la interna en un partido. También se estudió la diferencia entre la carga externa e interna del jugador según la posición de juego. Para finalizar se intentó concretar el número basal de creatinquinasa (CK) que tiene un jugador de fútbol dependiendo de su posición y su raza.

Metodología

Se llevó a cabo un estudio epidemiológico observacional, descriptivo y transversal con veintinueve jugadores profesionales de fútbol de la liga inglesa del primer equipo del Watford FC. Se les realizaron diferentes mediciones antropométricas (edad $27,59 \pm 3,83$ años, peso corporal $80,16 \pm 7,45$ kg y altura $183,48 \pm 5,83$ cm) y se dividió el grupo por posición de juego. Se le realizaron tomas de sangre para evaluar la creatinquinasa antes y después de los partidos. A su vez los jugadores rellenaban un cuestionario de wellbeing previo a la toma de sangre. Se cuantificaba la cantidad de metros recorridos y los metros recorridos a diferentes intensidades en los partidos.

Resultados

Existe una relación significativa entre los marcadores de carga externa en metros recorridos totales y metros recorridos a alta intensidad con el marcador sanguíneo de creatinquinasa. A su vez se vio que cuando la densidad de partidos era mayor, los niveles de creatinquinasa muscular eran mayores, sobre todo en los jugadores que más metros a alta intensidad recorren, que son los centrocampistas.

Conclusión

Podemos afirmar que existe una relación directa entre los datos de carga externa y los de carga interna en jugadores profesionales de fútbol. En un partido, los valores de distancia total recorrida y los valores de alta intensidad están correlacionados con los valores de CK. Es por ello, que obtener los datos de CK de los jugadores puede servir de valor para determinar si el daño muscular está en línea con sus valores normales. En segundo lugar, se podría concluir que los niveles de CK previos al partido aumentaron significativamente en las semanas de mayor congestión, cuando los jugadores tenían menos de 4 días para recuperarse entre partidos consecutivos. En tercer lugar, respecto a la posición de juego, los centrocampistas exhibieron niveles de CK previos al partido significativamente más altos en semanas con más congestión de partidos.

Palabras clave: fútbol; creatinquinasa; daño muscular; fatiga; GPS; distancia a alta intensidad

Abstract

Introduction

Football is the sport with the most amateur and professional players in the world. In top-level sport, the physical and mental requirements are exceptional. All kinds of monitoring of the players are carried out to assess their capacity to assimilate the loads and their state of recovery to be able to carry out a training session or a game. The need to evaluate the player correctly means that different objective and subjective markers are studied to give us a true reflection of the player's readiness.

Objectives

The main objective of this study was to verify the relationship between the external load parameters of a player and the internal load markers related to the football game during two seasons. At the same time, as secondary objectives, it has been proposed to determine if the density of the games, when is more than one per week, alters the internal load values of a player related to a match. An attempt was made to specify whether race is a determining factor when relating external and internal load in a match. The difference between the external and internal load of the player according to the playing position was also studied. Finally, an attempt was made to determine the baseline of creatine kinase that a soccer player has depending on their position and race.

Methods

An observational, descriptive and cross-sectional epidemiological study was carried out with twenty-nine professional football players from the English Premier League of the Watford FC first team. Different anthropometric measurements were made, and the group was divided by playing position. Blood samples were taken to evaluate creatine kinase before and after the matches. Likewise, the players filled out a subjective wellbeing questionnaire prior to taking the blood sample. The number of total distance and the meters covered at different intensities in the matches were quantified.

Results

There is a significant relationship between the external load markers in total meters covered and meters covered at high intensity with the CK blood marker. In turn, it was seen that when the congestion of matches was higher, the muscle CK levels were higher, especially in the players who run more meters at high intensity, which are the midfielders.

Conclusion

We can affirm that there is a direct relationship between the external and internal load data in professional soccer players. In a match the values of total distance covered, and the values of high intensity are correlated with the CK values. That is why obtaining the CK data of the players can be of value to determine if the muscle damage is in line with their normal values. Secondly, it could be concluded that pre-match CK levels increased significantly in the congested weeks when players had less than 4 days to recover between consecutive matches. Third, regarding player position, midfielders presents significant higher CK pregame in the congested weeks.

Keywords: soccer; creatine kinase; muscle damage; fatigue; GPS; high speed running

Capítulo 1

Introducción



1.1

El fútbol de élite

Según la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA), el fútbol es el deporte más popular en la actualidad con cerca de 250 millones de practicantes en todo el mundo (1). La actividad normal de un jugador de fútbol durante una temporada suele consistir en entrenar, preparar para el partido, competir y recuperarse del partido, soliendo comprender ciclos semanales con un total de 38-40 semanas anuales (2). El número de partidos que un equipo profesional de fútbol suele jugar es alrededor de 60 al año, siendo la media de 5,5 partidos al mes (3), pudiendo llegar a más de 76 partidos en el caso de jugadores internacionales (4). En el fútbol de élite, se sabe que las demandas fisiológicas han variado bastante en los últimos años, incrementando enormemente la intensidad tanto en entrenamientos como en partidos (5,6). Las razones por las cuales estas demandas se han aumentado se deben al incremento de las demandas neuromusculares (por ejemplo, gran número de acciones a alta intensidad y aceleraciones/deceleraciones) y al corto periodo de recuperación entre partidos (7-9).

El ejercicio físico realizado durante la práctica de cualquier deporte, especialmente del fútbol, afecta al metabolismo humano y produce cambios a nivel bioquímico. Esto se refleja en los diferentes resultados en los análisis sanguíneos, que a lo largo de una temporada nos pueden indicar distintos grados de fatiga. Para poder llegar al éxito en este deporte, los jugadores deben poder entrenar y excepcionalmente competir a altas intensidades tanto físicas, como técnicas y psicológicas, resultando en un estrés muy importante para su propio cuerpo (2). Se considera de extrema importancia proveer a todos los miembros del grupo de trabajo de suficiente información sobre la respuesta del organismo ante estas demandas, para preparar el entrenamiento y la recuperación (10). La cantidad de variables

bioquímicas, de los diferentes tipos de entrenamiento y la variedad de reacciones fisiológicas, que realiza un deportista a la hora de realizar actividad física, explican porqué la medicina deportiva sigue buscando la mejor manera de monitorizar los efectos del entrenamiento (11).

Durante un partido de fútbol el jugador suele recorrer entre 9 y 14 Kilómetros (Km), de los cuales la mayoría son andando o corriendo suave. Dentro de esta distancia, se realizan actividades a alta intensidad, como esprints, saltos, golpes, entradas al balón, cambios de dirección, aceleraciones y deceleraciones, siendo éstas las acciones fundamentales en el desarrollo final del juego. Todas estas acciones son importantes a la hora de evaluar la carga muscular. Para entender el nivel de intensidad de un partido, se sabe que durante el mismo los jugadores llegan a unas medias del 85% de la frecuencia cardiaca máxima y unos picos hasta del 98% (12-15). Los niveles de lactato en un partido van de 2 a 14 nanomoles (nM) indicando la gran cantidad de carga anaeróbica del fútbol y una carga aeróbica correspondiente al 75% del VO_2 Max (Volumen Máximo de Oxígeno) (15). Esta alta demanda, hace que existan momentos de alta fatiga durante los partidos, sobretodo en la fase final de los mismos (16).

Aunque todo ejercicio físico supone una demanda fisiológica muy importante, se ha observado que no todos los deportes son iguales. En otros deportes de equipo, como el baloncesto, balonmano y voleibol que envuelve menos trabajo excéntrico y las distancias son menores y con menor intensidad, los valores de daño muscular y respuesta inflamatoria son menores que los de un jugador de fútbol. Aunque no es el que más, el fútbol es uno de los deportes que tras un partido generan más inflamación, daño muscular y cambios a nivel metabólico (17-19). Aunque es evidente el daño muscular en una actividad física como el fútbol, se sabe que, en cuanto a la capacidad aeróbica, no se puede comparar con deportes de resistencia tales como carreras de alta distancia, esquí de travesía, o ciclismo (20).

1.2

Control de la carga de entrenamiento y/o partido

En cuanto al control de la carga, se podría dividir en dos aspectos: la carga externa y la carga interna. La carga externa está asociada con el trabajo físico realizado durante una sesión de entrenamiento o de partido, mientras que la carga interna está relacionada con los valores bioquímicos (físicos y fisiológicos) y las respuestas al estrés bioquímico (21). Inicialmente los equipos de fútbol estaban limitados al uso de herramientas subjetivas para controlar la carga interna, tal como la ratio de esfuerzo percibido (RPE) de Borg (22).

Otra manera sencilla de realizar este control era multiplicar la duración en minutos del ejercicio por la RPE (23,24). En los últimos años, a estos métodos se han incorporado el uso de los sistemas de control cardíaco, los sistemas multi-cámaras, y los sistemas de localización por posición y el sistema de posición global (GPS) (21), por lo que se ha podido dividir y analizar individualmente tanto la carga externa como la interna.

1.3

Acción muscular del fútbol

En los deportes de equipo las acciones a alta intensidad son de gran importancia y se producen en número muy elevado de veces. Esas acciones requieren de grandes momentos de aceleración y deceleración que conllevan un gran esfuerzo muscular. Debido a ello el análisis de dichas acciones será un factor determinante a la hora de prevenir lesiones.

El análisis biomecánico de las aceleraciones/deceleraciones (cambios de dirección y de sentido,...) envuelven una gran cantidad de trabajo excéntrico, sobretodo para los isquiotibiales (25–27). Importantes impulsos excéntricos se producen durante la rápida transición entre la contracción excéntrica y la concéntrica. Estos impulsos también se producen cuando se realiza una patada al balón y los isquiotibiales tiene que frenar la fuerza de los flexores de cadera y extensores de rodilla. Por ejemplo, fases específicas de la carrera a sprint (como la última fase del swing) envuelve una combinación de los flexores de cadera y extensores de rodilla, que hacen que como en la patada, los isquiotibiales tengan que frenar esa fuerza, lo que explicaría porqué sufren tanto estos músculos en el sprint (28–30). La contracción excéntrica produce más tensiones por área seccional que las concéntricas (29), lo que puede resultar en un daño muscular estructural significativo (disrupción de las proteínas estructurales de las líneas Z, troponina y tropomiosina) (31) siendo un claro inductor del aumento de la creatinquinasa post ejercicio. Uniendo todo lo expuesto anteriormente, serán los músculos isquiotibiales los que más sufran, biomecánicamente hablando, en un partido de fútbol, siendo estos los que más dolor refieren los deportistas tras un protocolo de simulación de un partido de fútbol (32). Todas estas acciones intracelulares y extracelulares pueden causar tensión y lesiones que hacen que se produzca una bajada del rendimiento durante el entrenamiento y el partido,

incrementando también el riesgo de lesión ligamentaria en la rodilla (33,34).

Aunque no está del todo demostrado, cabría esperar que los jugadores de fútbol fueran más resistentes al daño muscular producido por el ejercicio comparado con gente no deportista. El músculo parece que se acostumbra rápidamente a repetidos periodos de daño producido por el ejercicio, por lo que el músculo se protegería de esos pequeños traumas (35). Esta citoprotección está relacionada con cambios en la expresión de los genes, aumento de los mecanismos de protección muscular y mejora de la remodelación del tejido muscular, incluyendo algunas veces una biogénesis mitocondrial (36).

1.4

Fatiga en el fútbol

La participación en un partido de fútbol va asociada a una fatiga aguda que se caracteriza por una bajada del rendimiento deportivo en las siguientes horas o días (30,37,38). La fatiga que se produce en un partido puede deberse a desequilibrios a nivel periféricos, a nivel central, a nivel bioquímico, déficits de fuerza por la contractibilidad muscular, cambios en el pH intracelular, déficits de glucógeno, cambios en la permeabilidad de la membrana celular muscular y alteraciones en los marcadores inflamatorios (16). La fatiga acumulada en el tiempo puede causar sobre-entrenamiento, lesión o síndrome de agotamiento (burn-out) por lo que su monitorización es muy importante, sobre todo en los deportistas de élite (39,40). Los marcadores de fatiga central (capacidad de contracción, sentido del humor, calidad de sueño...) suelen recuperarse antes que los periféricos (valores sanguíneos de destrucción muscular), por lo que se podría concluir que, aunque a las 48 horas la fatiga central se ha recuperado, es necesario esperar a las 72 horas para decir que el jugador está completamente recuperado, ya que en ese momento es cuando se cree que los marcadores periféricos habrán vuelto a la normalidad (16,38,41).

También se relaciona el estado emocional del jugador tras el partido con los datos de daño muscular, teniendo ambos una relación directamente proporcional, observándose en una escala visual del estado de ánimo (42). En la actualidad se acepta que un mayor nivel de estrés psicosocial es asociado a un mayor riesgo de lesiones musculoesqueléticas en futbolistas profesionales (43). De manera más detallada, recientemente se ha publicado la existencia de una correlación significativa entre el estado emocional del jugador (cuestionario BAM [Brief Assessment of Mood]) y los niveles plasmáticos de marcadores de daño muscular (CK) tras los partidos, lo que podría permitir el seguimiento de este último de manera más sencilla, económica y

menos invasiva (42). Y lo que sería aún más importante desde el punto de vista de su aplicabilidad: la monitorización de cambios de estrés emocional referidos por el propio futbolista podría ser utilizado para predecir sus lesiones (43) y gestionar con mayores garantías el trabajo de recuperación funcional durante la temporada (44). No se debe olvidar, que existen también otros factores asociados a la fatiga, como la prensa o las obligaciones con el marketing que pueden contribuir al estrés de los jugadores (45).

1.5

Recuperación post entrenamiento y post partido

Las demandas de alta intensidad que se producen en el fútbol hacen que se produzcan cambios a nivel muscular, endocrino y del sistema inmune, por lo que hay que entender que las estrategias de recuperación después de los partidos y los entrenamientos son esenciales para la preparación del siguiente partido (2). Se debe tener en cuenta que exponer a un jugador sin haber cumplido un proceso de recuperación incrementa la incidencia lesional (46–50). Esto podría explicar porqué la incidencia de lesiones es mayor en periodos de mucha carga competitiva, aunque las mediciones de carga externa no disminuyen (49). Alteraciones neuromusculares (como la falta de potencia muscular), deficiencias en el rendimiento específico, cambios en los marcadores sanguíneos o empeoramiento del estado psicológico suelen ser reportados tanto después del partido como en los días posteriores al mismo (41,51,52). De hecho, factores intrínsecos (edad, posición, raza) y extrínsecos (nivel de competición, importancia de partido, juego del oponente, ...) influyen en la carga tanto interna como externa que cada jugador va a desarrollar durante el tiempo de recuperación (53,54).

Tal y como se ha mencionado anteriormente diferentes autores, recomiendan que el periodo de recuperación mínimo tras un partido debe ser de al menos de dos días (30,41,55). Para determinar cuanto es el tiempo estimado de recuperación, se realizaron diferentes estudios concluyendo que las acciones específicas del fútbol/carrera parece ser que 48 horas son suficientes para recuperarse de las aceleraciones y deceleraciones, pero las acciones que conllevan distancias más largas necesitarían de más tiempo, como se ve en los test de sprint a 6 segundos (s) (16,56–58). Si no se llegara al menos a esas 48 horas de recuperación se producirá un descenso del rendimiento, que influirá tanto para un nuevo partido como para un entrenamiento

(19,59,60). De ahí la importancia del conocimiento del comportamiento individualizado de los marcadores periféricos relacionados con la carga de entrenamiento para saber la disponibilidad del jugador para una siguiente exigencia competitiva.

Un reciente metaanálisis ha concluido que los periodos de recuperación post-partido tendrían que prolongarse al menos 72h para permitir una completa normalización bioquímica, neuromuscular y perceptual en el propio futbolista (16). Los autores atribuyen sus diferencias respecto a estudios previos que recomendaban periodos de 48h, en que muchos de éstos se hacían sobre simulacros de partido y no partidos oficiales/reales 11x11. Por último, este metaanálisis también enfatiza la importancia de la individualización en la planificación de los periodos de recuperación en los equipos profesionales.

En diferentes estudios se relaciona la recuperación muscular con el valor de dolor muscular reportado por el jugador antes de la sesión de entrenamiento. Se sabe que, aunque los valores objetivos de recuperación muscular sean iguales que previos al estímulo, los valores subjetivos muchas veces siguen aumentado debido a la precaución del jugador (61).

Para poder mantener o mejorar los niveles de entrenamiento y de partido, los deportistas necesitan tiempo para poder recuperarse de los estímulos de entrenamiento y permitir la adaptación muscular (62). Una recuperación insuficiente después de un partido puede llevar a la fatiga (20) y puede predisponer a una deficiencia de minerales en los jugadores, tales como magnesio y hierro (11). También puede disminuir su respuesta inmunitaria, lo que le expondría a un mayor número de infecciones sobre todo de tipo respiratorio y/o de mayor severidad/duración (63).

1.6

Marcadores bioquímicos relacionados con el fútbol

Hay una necesidad de encontrar marcadores que describan las respuestas del organismo ante el ejercicio físico. En el entrenamiento se deberían medir tanto parámetros fisiológicos como biológicos para poder realizar una buena monitorización del deportista. También hay una continua búsqueda de los parámetros que se pueden usar no solo ocasionalmente (semanal, mensual, trimestral,...) sino a diario (11). Aunque el rendimiento después de un partido es altamente variable y depende de diferentes factores contextuales, tales como resultado, forma de juego, momento de la temporada, entre otros, se asume que la intensidad durante los partidos es máxima. Los perfiles de rendimiento deportivo y los marcadores bioquímicos después de un partido en un deporte de equipo se necesitan para tener una visión realista de la recuperación (7,46,50,52,64,65).

La recogida de datos sanguíneos es una prueba que normalmente se realiza en equipos de fútbol (20,66–69). Según autores, esas pruebas deberían ser realizadas por parte del equipo médico y, además, se pueden y deben tomar otras como las pruebas subjetivas de dolor muscular (16). Se sabe que en deportistas y sobre todo de alto nivel, los valores de referencia normales no se deben tomar en consideración, ya que marcadores lipídicos, del sistema inmune, del daño muscular u hormonales van a tener variaciones tanto durante la temporada como dependiendo del día del análisis (post partido, post recuperación,...) (70). Heistenberg y colaboradores no justifican la necesidad de realizar análisis sanguíneos rutinarios ya que será difícil encontrar marcadores que nos den una idea del estado de fatiga o sobre-entrenamiento de los jugadores. Dividen la información encontrada en las analíticas en tres posibles datos: agudos, crónicos y transicionales. Los cambios agudos se deben a un entrenamiento o partido y vuelven a la normalidad con el descanso, los crónicos son aquellos que

derivan de la individualidad del jugador y suelen ser recurrentes en el tiempo. Los transicionales son aquellos derivados del entrenamiento, pero en el caso del fútbol, como los entrenamientos no son tan extenuantes, no se llegarían a encontrar cambios sustanciales (71).

Teniendo en cuenta que después de una actividad física se produce un daño muscular, éste se asociará a una respuesta inflamatoria con una elevación de las citocinas y otros marcadores sanguíneos (19,30,55,72-74). Esto no solo es debido al daño muscular, sino que además es debido al estrés oxidativo que sigue a la actividad física (37,72,75,76). El estrés oxidativo y la inflamación están unidas por el daño muscular ya que el ejercicio aumenta la producción de radicales libres debido al gran aumento de consumo de oxígeno y la presencia de células fagocíticas activas en el lugar del daño muscular (38,50,74,77). La cantidad de la respuesta inflamatoria y de estrés oxidativo está relacionado con la cantidad del trabajo excéntrico y con las acciones a alta intensidad.

Por ello, existen una cantidad de marcadores bioquímicos, que se monitorizan a día de hoy en el deporte, que normalmente se incrementan después del ejercicio, tales como la CK, la Lactato deshidrogenasa (LDH) y la mioglobina (3,11,16,19,21,30,40,41,45,51,52,64,68,70,72,78-84), siendo alguna de ellas cruzada para evaluar su correlación con el valor del RPE (70,78,85). También se utilizan en otros estudios el cortisol y la testosterona como valores catabólicos y anabólicos respectivamente, más útiles para valorar el sobre-entrenamiento, sabiendo que un descenso de la ratio entre ambas está correlacionado con el cansancio, letargo, sentirse exhausto y descenso del rendimiento (19,30,40,50,52,70,83,84,86-89). Un incremento en estas variables puede indicar el índice de necrosis celular y tejido dañado, seguido de las lesiones tanto agudas como crónicas. Existen otros marcadores bioquímicos de daño y de recuperación muscular tales como creatinina, urea plasmática, Alanina aminotransferasa (ALT), Aspartato aminotransferasa (AST) y Alfa-glutamyltransferasa (11,16).

El biomarcador ideal debería ser aquel que evalúe solo la respuesta ante el ejercicio físico y que reaccione de una manera permanente y predecible. Se entiende que cada deporte va a tener su especificidad (11). Estudios previos indican que los jugadores de fútbol sufren de cambios significativos a nivel bioquímico y hematológico a mitad de la temporada debido a la carga de trabajo y también a la adaptación inducida por el entrenamiento (90).

1.7

Creatinquinasa

La CK es uno de los marcadores más utilizados tanto a nivel investigador como a nivel clínico en el deporte (91), de hecho, la CK está considerada como un marcador de fatiga (38,64) y de daño en las fibras musculares (30,92–94). Existieron dudas inicialmente sobre la aplicación del análisis de las CK en los deportistas ya que algún estudio recalcó que no sería un marcador del daño muscular creíble (95). Además, los valores de CK medidos individualmente demostraban gran variabilidad y una distribución no Gaussiana (96). Pero todos estos estudios se realizaron con ejercicios cortos, que no plasmaba la realidad del deporte (97). A medida que se fueron realizando estudios en actividades más largas (como actividades deportivas reales), se empezaron a ver las relaciones entre la CK y el daño muscular (98). La actividad de la CK medida en biopsia muscular nos refiere que se comporta de diferente manera antes y después del ejercicio físico, sabiendo que los niveles en sangre cambian dependiendo de los protocolos de intensidad y el nivel de entrenamiento (99).

La CK es un fragmento de la cadena pesada de miosina y está relacionada con el daño muscular. Esto se debe a que estas moléculas son citoplasmáticas y no tienen la capacidad de atravesar la barrera de la membrana sarcoplásmica. Luego cuando aumentan su concentración en sangre se deduce que hay un daño en la membrana del músculo (99–101). De hecho, las células musculares cuando están exhaustas demuestran un descenso de la resistencia de la membrana ante el aumento de iones de calcio que provoca la activación de los canales de potasio. Otro posible mecanismo podría ser el daño del tejido local producido por la degeneración del sarcómero debido a la fragmentación del disco-Z, lo que sería un indicador de necrosis muscular (99).

La CK es una proteína dimérica globular que consiste en dos subunidades con una masa molecular de 43 KiloDalton. Tampona las concentraciones de Adenosín trifosfato (ATP) y el Adenosín difosfato (ADP) celular catalizando el cambio reversible de los fuertemente energéticos puentes de fosfato entre la fosfocreatina (PCr) y el ADP que se producen durante la contracción muscular (Figura 1).

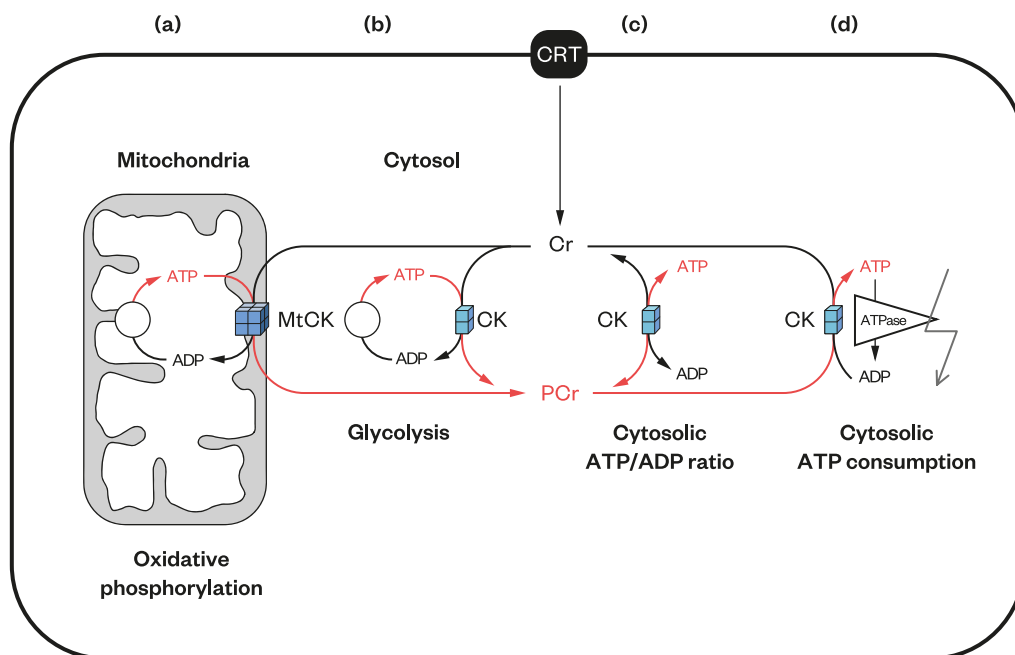


Figura 1. Canalización de metabolitos: microcompartimentos de creatinquinasa - Figura científica en ResearchGate. Sistema de la CK y la fosfocreatina. Diferentes isoenzimas de la CK se encuentran en diferentes compartimentos de la célula, CK mitocondrial (MtCK) (a) y citosólica (CK dimerica, (b)-(d)) y la forma soluble (c) o asociada a los diferentes grados de liberación de ATP ((a) y (b)) o las consumidas en el proceso (d). Una gran cantidad de PCr citosólico mayor de 30mM se genera por la CK utilizando el ATP de la fosforilación oxidativa como en el corazón (a) o como en la glucólisis muscular. PCr se usa entonces para tamponar de manera global (c) y local (d) los ratios de ATP/ADP. En células que están polarizadas y/o tienen muy alta o localizado consumo de ATP, estas isoenzimas de CK, junto con la fácilmente difusible PCr, también mantienen un tránsito de energía entre el ATP-proveedor o el ATP-consumidor ((a) y (d)). Los canales de metabolitos ocurren donde la CK está asociada con los transportadores del ATP-proveedor o el ATP-consumidor, bombas de paso, o enzimas ((a), (b) y (d)). La Creatina (Cr) es sintetizada solo en unos pocos tipos de células (riñón, hígado,...) y tiene que ser tomada del torrente sanguíneo por unos transportadores específicos (CRT) que son altamente específicos para células que contienen Cr. Fuente: https://www.researchgate.net/figure/The-creatine-kinase-CK-phosphocreatine-PCr-system-Isoenzymes-of-CK-blue-are-found_fig2_235926761.

Al menos existen cinco isoformas de la CK: tres isoenzimas en el citoplasma (CK tejido muscular esquelético (CK-MM), CK tejido muscular cardiaco (CK-MB), CK tejido cerebral (CK_BB)) y dos isoenzimas (no sarcoméricas y sarcoméricas) en la mitocondria. Estas proteínas octaméricas son conocidas como macro-CK por su gran tamaño molecular (102) desde la polimerización de las isoenzimas CK-MM y CK-BB con la Inmunoglobulina G (IgG) en tipo I y con la CK mitocondrial tipo II (103). La presencia de isoenzimas macro-CK tiene un valor pronóstico: macro-CK tipo I está presente en pacientes que desarrollan procesos cardiovasculares o autoinmunes. Mientras que macro-CK tipo II con isoenzimas encontradas en pacientes con proliferación maligna (104–106). Sabiendo el tipo de isoenzima CK aumentado nos dará una información específica sobre el tejido dañado. De hecho, CK-MM se encuentra en diferentes zonas de la fibra muscular donde el consumo de ATP es alto y eso nos indica que es un marcador de lesión muscular (107), CK-MB aumenta en caso de daño cardiaco (108) y CK-BB en caso de daño cerebral (109). Los niveles de CK mitocondrial aumentarán en caso de enfermedades mitocondriales (110).

La CK-MM es específica de la estructura miofibrilar línea-M localizada en el sarcómero, como una estructura compleja que contiene al menos 28 tipos de proteína diferentes. Los sarcómeros están rodeados al final por una delgada línea denominada línea-Z. Cada línea-Z se cruza con una línea-I más fina, que es compartida entre los sarcómeros juntos. En el centro del sarcómero está la oscura línea-A que divide a una zona menos densa que se llama zona-H. En el medio de la zonas-H existe otra línea estrecha de gran intensidad, la línea-M. Esta zona acumula el 5-10% del total de CK-MM: hay dos pares de grandes residuos de lisina, que son necesarios y suficientes para mediar el puente isoenzima-específica de CK dentro de la estructura línea-M el que probablemente depende del estado de energía del musculo dependiendo del pH (110). La zona de la línea-M, parece ser la única estructura miofibrilar que conecta por filamentos gruesos de miosina una con otra, dándoles estabilidad física a estos filamentos durante la contracción (108).

En sujetos sanos, los niveles de CK vienen principalmente del músculo esquelético, siendo casi todo del tipo CK-MM. Los niveles de CK depende de la edad, género, raza, masa muscular, actividad física y condiciones climáticas (54,111,112). Los hombres de raza negra normalmente tienen valores más altos de CK que los caucásicos, y aunque generalmente los hombres de raza negra suelen tener un peso y una densidad muscular más elevada, esto no se correlaciona con los niveles de CK, aunque otros estudios no relacionan diferencia entre los valores de CK y la raza. De

todas maneras, la actividad de la CK está relacionada con el peso y la actividad física, siendo los niveles en descanso mayores en deportistas que en gente sedentaria (67,99).

El ejercicio extremo daña la estructura celular a nivel del sarcolema y la línea Z, resultando en un aumento de las CK (113). Cuando el ejercicio es suave o moderado, el tejido muscular se ejercita sin cambios a nivel de la permeabilidad de la membrana, pero cuando el ejercicio es intenso se producen esos cambios a nivel de permeabilidad y las enzimas son enviadas al medio. Es ese punto en el cual hay un aumento en la permeabilidad de la membrana y las CK se dirigen al tejido intersticial, siendo recogidas por el sistema linfático y enviadas a la circulación sanguínea (99).

En cuanto al comportamiento de la CK en deportistas entrenados contra sedentarios, aunque los deportistas reporten mayor dolor muscular que los no deportistas esto no hace que el pico de concentración de niveles de CK sea mayor en los sujetos entrenados (99).

En la actualidad se acepta que existe una gran variabilidad y en los deportistas con niveles de CK normalmente bajos (low responders) tienen menor alteración que aquellos que tienen valores más altos (high responders) (99). Este hallazgo tendría su impronta no solo en la recuperación del deportista sino también en su salud. Aunque es la mioglobina y no la CK la que se asocia a daño renal en el contexto de un cuadro de rhabdmiolisis inducida por ejercicio, recientes estudios han encontrado mayores niveles plasmáticos de mioglobina en el grupo “high responder” CK (114).

Los futbolistas profesionales al practicar deporte diariamente tienen los valores de CK en reposo algo más elevado que la media, pudiendo ser debido a la mayor cantidad de masa muscular y al entrenamiento diario (50,92,99). Siendo esto cierto, las variaciones de CK que se producen en un jugador profesional de fútbol van a ser menores que en jugadores de menor nivel (38,76). En un estudio reciente sobre el análisis ritmo-métrico de los marcadores psicosociales en jugadores de fútbol no revela la presencia de ritmos circadianos en la actividad de la CK (115). También se encontró que los niveles basales de CK en jugadores de fútbol siguen una distribución no-Gaussiana, con una desviación a la izquierda, incluso cuando se eliminan los extremos (Figura 2) (98).

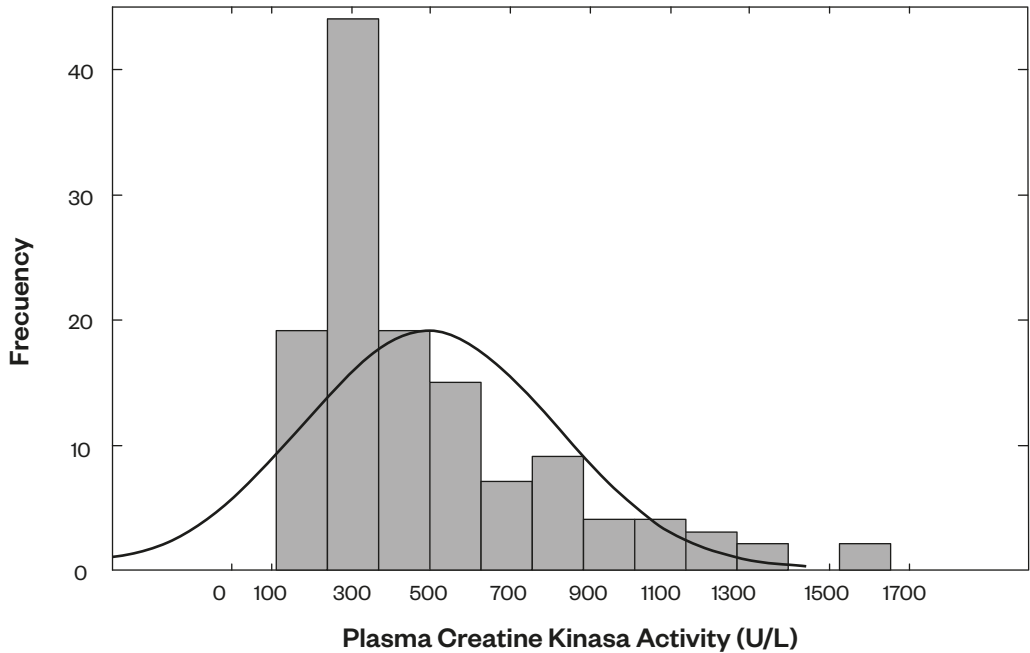


Figura 2.. Frecuencia de CK en plasma en 128 jugadores profesionales de fútbol. Fuente: Lazarim FL, Antunes-Neto JMF, da Silva FOC, Nunes LAS, Bassini-Cameron A, Cameron L-C, et al. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *J Sci Med Sport*. 2009;12(1):85–90.

Los niveles basales más bajos observados en futbolistas son entre 80 y 200 Unidades por litro (U/l) hasta los 300 U/l (52) y 310 U/l (116). En cuanto a los niveles superiores de concentración basal de CK en deportistas algunos de ellos pueden llegar hasta las 1400 U/l siendo de tres a seis veces mayores que las de un no deportista, y con diferencias importantes entre el tipo de deporte (Figura 3) (92).

En jugadores de fútbol, los niveles basales de CK han sido determinados por varios autores, siendo estos una media de 493 ± 315 U/l (67,92,98), tres veces más alta que la de un nadador después de una competición. Luego se podría concluir por lo visto en diferentes estudios que un valor entre 200 y 450 U/l sería un valor basal normal de un jugador de fútbol (84,117–121). Se sabe de la gran variabilidad interpersonal de las CK, luego su estudio e interpretación tienen que ser siempre individualizados (70,99). Estos niveles también se han definido en otros deportes como el fútbol australiano, siendo 3,3 veces más alto que en los nadadores (122).

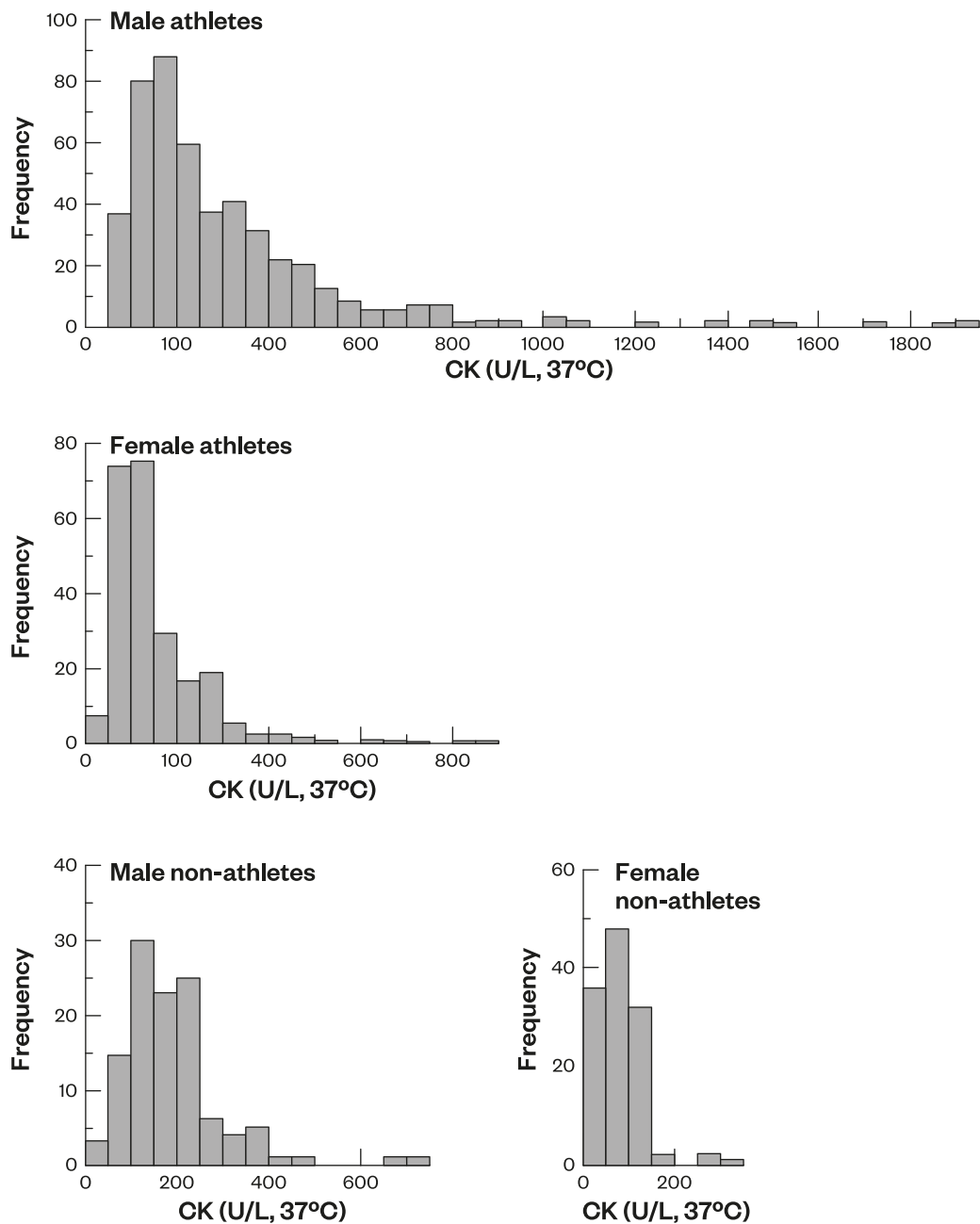


Figura 3. Gráfico de representación de niveles de CK sanguíneo en deportistas contra no deportistas por género. Fuente: Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. Br J Sports Med. 2007;41(10):674-8.

Considerando que estos valores basales se obtuvieron 96 horas después de un partido fútbol, probablemente los valores pre-partido de CK aumentados se deban a factores residuales del entrenamiento regular (118). El patrón de crecimiento de la CK es muy específico, incrementándose normalmente después de las 24-36 horas de un ejercicio intenso, lo cual hace que se pueda utilizar este valor para monitorizar la recuperación (3,41,42,51,61). En cuanto a los niveles superiores de valores normales de CK tras una actividad física, se cree que valores por encima de 975 U/l son valores que indican daño muscular de origen lesivo. Los jugadores con niveles por debajo de este límite superior parece que tienen una respuesta adaptativa al esfuerzo mejor que los otros, permitiéndoles jugar con menos posibilidad de sobrecarga o lesión muscular (65,98,123).

Una vez entendido los valores basales y los niveles superiores de CK en sangre se pueden utilizar como referencia para marcar un plan de entrenamiento de tal manera que, si los valores de CK son altos, aunque normales para un deportista, se puede seguir incrementando la carga de trabajo, de acuerdo con el principio de sobrecarga progresiva (124), buscando una rápida y mantenida adaptación al entrenamiento. Por otro lado, si el valor de la CK es muy elevado, incluso para un deportista, se debería disminuir la carga de trabajo para prevenir lesiones musculares severas o el desarrollo de una fatiga crónica o sobre-entrenamiento (124).

La CK ayuda con la síntesis de ATP en músculos y se incrementa después de un partido como resultado del daño muscular (30,82,125,126). Los modelos de estrés mecánico nos sugieren que los impulsos producidos durante las acciones musculares, con más relevancia las que se producen de manera excéntrica, llevan a las estructuras celulares y subcelulares a cambios que se pueden contabilizar a nivel bioquímico (16). Las aceleraciones y las deceleraciones son características del cambio rápido de contracciones concéntricas y excéntricas y los esprints, que necesitan de gran carga mecánica, son las acciones que más contribuyen a los mecanismos del daño muscular (8,9,16,41,51,52,127,128). También se cree que esa concentración es proporcional a la cantidad de daño muscular. Valores elevados de CK en sujetos no deportistas pueden ser indicativos de miopatía o rhabdomiólisis. Los valores altos de CK también se puede presentar en infartos de miocardio, y en daño cerebral (122). Las contusiones musculares también son un factor que pueden aumentar la concentración de CK en sangre (119). También es reconocido que el tipo de acción muscular, la intensidad y la duración del ejercicio, sumado al estado de entrenamiento (determinado por la vuelta al entrenamiento desde periodos lesionados) influye en los niveles de CK (94). El ejercicio físico a una intensidad por encima del 80% del $\dot{V}O_2$ Max, es el que más aumenta los niveles de CK, por lo que un deporte como el fútbol

que tiene gran número de acciones a esta intensidad será un deporte en el cual estos valores serán bastante elevados (129).

Algunos autores han propuesto que, a lo largo de la temporada, los marcadores de fatiga van reduciéndose. También podría indicar que los jugadores se adaptan con el entrenamiento (66,67,90,130,131), pudiendo ser debido a la activación miogénica de las células satélites que trabajan para reparar las fibras musculares (132). Otro factor explicativo de esta bajada durante la temporada podría ser el “efecto combate competitivo” de Nosaka, el cual a entrenamientos con las mismas cargas el efecto en el músculo cada vez será menor (133). Otros autores revelan que los niveles de daño muscular a lo largo de la temporada varían, siendo las medias más altas en los periodos de más densidad de partidos, por lo que sugiere bajar las cargas de entrenamiento durante estos momentos (40).

En cuanto a la causa del aumento de los niveles de CK tras una actividad física, se cree que el daño muscular inducido por el ejercicio aumenta la permeabilidad de la membrana celular muscular permitiendo que las enzimas musculares extracelulares e intracelulares pasen a través de esta fuga celular (84,99,113,134–136). Los aumentos de CK tras una carga excéntrica pueden deberse al daño en el sarcolema y en la banda Z que hacen que se incremente esa permeabilidad de la membrana permitiendo la salida de la CK al líquido intersticial (29,99,134,136). Existe algún tipo de relación indirecta entre los niveles de CK y el porcentaje de fibra muscular tipo II, siendo más sensibles al daño en una contracción excéntrica (94). Las CK se difunden en los vasos linfáticos, entonces sería posible que la reducción de la permeabilidad de las paredes de los vasos inducida por el tratamiento de inmersión en frío reduzca la salida de las CK del músculo (137).

Es conocido que ciertos individuos tienen más permeabilidad de membrana celular que otros, por lo que los valores de referencia de CK deben ser tomados de manera individual (54,111–113). Algunos grupos étnicos o individuos que tengan mayor cantidad de fibras musculares tipo II suelen tener concentraciones basales mayores (54,67).

Los valores de rendimiento deportivo bajan justo después de una sesión de entrenamiento mientras los valores de CK aumentan. Después de 2 horas determinados valores físicos pre-entrenamiento vuelven a la normalidad, pero los valores de CK continúan aumentando. Esto querría decir que, aunque los valores de rendimiento pueden volver a estar normales los sistemas de recuperación siguen trabajando en la sombra (51,125). El contacto físico hace que las concentraciones de

CK aumenten, corroborado por estudios realizados en jugadores de rugby. Sabiendo que el fútbol es un deporte que tiene mucho menos contacto que el rugby (119,138,139), luego se entiende que en el fútbol ese ascenso de valores de CK se deberá más a la acción muscular que a dichos contactos (51). Estas afirmaciones las confirman otros autores exponiendo que serán las actividades de gran carga excéntrica observadas en los partidos de fútbol las que hacen que aumenten los niveles de marcadores de daño muscular (30,79,128,140).

Diferentes autores concluyen que debido a la variabilidad interpersonal en los valores de CK no debería ser utilizada como un parámetro para valorar el proceso de recuperación (40,52,66), y de hacerlo se debería hacer un seguimiento de manera individual (40,68). También existe cierta conjetura en la relación entre la concentración de CK y las medidas de fatiga, fuerza y potencia (51,58,62,99). Aunque otros autores apuntan a que la CK debería ser considerada y analizada para valorar la carga interna de los jugadores de fútbol (41,51,71,134). En deportes de equipo, el nivel de juego, el nivel físico, la posición de juego, la cantidad de tiempo jugado, y la intensidad del partido puede contribuir a que haya diferentes variaciones en los valores de CK, aunque por ahora no están del todo estudiados (64,113). En cuanto a la posición de juego, se sabe que los centrocampistas realizan muchas más acciones a alta intensidad y más distancia total que los defensas y los delanteros (13,41,55,141). En cuanto a la relación entre la CK y el tiempo jugado, se pudo ver una pequeña correlación entre los niveles de CK y el tiempo acumulado de minutos jugados durante la temporada. Lo que si está corroborado por diferentes investigaciones es que los jugadores más activos, como los mediocampistas, que realizan muchas más acciones a alta intensidad que el resto, tienen niveles de CK mayores (30,40,41,50,51,66–68,70,80,129).

Un factor que se creía que podía influir en las concentraciones de CK en sangre era la temperatura exterior a la hora de jugar un partido de fútbol. En Qatar se hizo una investigación en la que los mismos jugadores jugaban partidos a diferentes temperaturas para evaluar las diferencias en diferentes factores, entre ellos el daño muscular. La conclusión de dicho estudio es que la temperatura exterior, que implicaba un aumento de la temperatura muscular y deshidratación, no afecta significativamente al aumento de CK tras un partido. Una gran limitación de este estudio es que el número de acciones a alta intensidad durante las tomas de alta temperatura fueron alrededor de un 25% menor que los de la temperatura control (142).

Con todo lo expuesto anteriormente, se debería tomar la CK como medida de referencia aguda de daño muscular y no como una medida crónica, siendo por tanto desaconsejada para monitorizar el esfuerzo muscular a largo plazo (45).

1.8

Utilización de CK como medida de fatiga y de recuperación

Aunque hay cierta controversia en cual es el marcador más útil para valorar la fatiga muscular (66), existen diferentes autores en la literatura que utilizan la CK como valor para medir la fatiga y también la recuperación muscular (30,61,92,117,130,143). Estudios realizados en jugadores de Champions League de Europa utilizan las CK y el RPE para valorar la fatiga pre-partido, diferenciando entre semanas con diferentes densidades de partidos, no siendo mayores los niveles en las semanas con más densidad de partidos (21,58). La cantidad de tiempo necesaria para que un jugador se recupere tras un partido es vital a la hora de establecer las sesiones de entrenamiento (85).

Diversos autores sugieren que el conocimiento de los valores basales de CK de cada jugador nos ayudará a la hora de reconocer si el futbolista está recuperado para el siguiente partido (16,85,122,144).

También es utilizada la CK para comparar el efecto de una recuperación activa basada en 8 minutos andando, 8 minutos trotando y 4 minutos de estiramiento dinámico comparado con una recuperación pasiva de electroestimulación y ejercicios aeróbicos en el agua, viendo que no había diferencia entre ambos (143).

Otros autores reportan mejoras significativas en los valores de CK después de que jugadores profesionales de rugby utilizaran el cicloergómetro como método activo contra los métodos pasivos (117).

También se utiliza la inmersión en agua fría como método de recuperación post ejercicio (61). Un estudio realizado en Túnez (137) utilizaba la inmersión en agua fría como medida de recuperación tras una actividad de ejercicio intermitente. Utilizaba

el valor de la CK como medida para evaluar la recuperación a las 72 horas de dicha actividad, unido a test musculares y test de dolor muscular. Llegan a la conclusión que dependiendo de la temperatura del agua y el número de inmersiones son capaces de atenuar la subida de las CK en el periodo de recuperación. Aunque el mecanismo no está claro del todo, los niveles bajos de CK pueden ser asociados con el efecto de la inmersión en agua y la permeabilidad de los vasos sanguíneos y linfáticos.

Se ha publicado una revisión sistemática (16) sobre la utilización de diferentes marcadores bioquímicos y fisiológicos como valores de recuperación tras un partido. Dentro de las pruebas más utilizados el Countermovement Jump (CMJ) (16,30,40,41,45,51,52,56,64,81,82,99,134), requiere de un tránsito efectivo entre la contracción excéntrica y la concéntrica, valorando entre otros los cambios en la altura del salto (145). También se utilizan test de máxima contracción voluntaria, test musculares, squat jumps y test lineales. Algunos autores revelan que la fatiga inducida por un partido altera el ángulo-torque de fuerza de los isquiotibiales, sobre todo al final de éste, siendo evidentes de alguna manera hasta las 72 horas. A su vez también se ve que la estabilidad de la rodilla decrece hasta las 48 horas postpartido. Estos cambios son particularmente importantes en test excéntricos (16,38,56). Se podría decir que las pruebas de saltos son más efectivos para valorar la fatiga que los esprines, ya que con los saltos impedimos las compensaciones que se realizan con los otros test (52,145).

Los valores varían muchos según deportes y también varían en los niveles de incremento de las CK. Se observó en esta misma revisión sistemática que (16) no tuvo en cuenta los datos de carga externa por deporte, luego las conclusiones no tienen una herramienta para correlacionar ese aumento en la CK. La mayoría de los estudios de dicha revisión comentan que a las 24 horas es el momento en el que más aumentan las CK y que a partir de ese momento van disminuyendo, llegando a la normalidad nunca antes de las 72 horas (16,38,41,42,51,52,56,80,82), siendo el 30% el porcentaje de bajada de CK diaria (113,146). El aumento en las CK puede alcanzar el 700% del valor basal (3). Estos valores van asociados a los datos subjetivos de dolor muscular, que siguen el mismo patrón (16,38), de hecho, una revisión sistemática reciente desvela que podrían ser los indicadores subjetivos los más apropiados para valorar el estrés asociado al entrenamiento y a la competición, siendo éstas más fáciles de utilizar, más baratas e igualmente sensibles (16,147). Concluyendo se podría decir que, sabiendo que los jugadores están recuperados a las 72 horas post partido, se deberían preparar la semana de entrenamiento teniendo en cuenta estos valores (41).

Pooley realizó las mediciones de jugadores de 16 años con unos valores basales pre-ejercicio con una media de 2,8 a 3,2 ng/mL, justo después del ejercicio de 7,4-7,5 y a las 48 horas de 5,5 a 3,2, concluyendo que hasta las 48 horas post-ejercicio el daño muscular no está recuperado y además sugiriendo que la inmersión en agua fría mejora significativamente los marcadores de daño muscular (61).

Aquino analizó el estado de la CK en todo un periodo competitivo, subrayando que había diferencias significativas en los valores basales de CK después de seis semanas de entrenamiento. Por eso concluye que un periodo de pretemporada consigue el objetivo de rebajar el daño muscular durante buena parte de la temporada (131).

Bok y Jukic (148) realizaron un estudio sobre los niveles de CK comparado con la carga externa durante la fase clasificatoria para el Mundial de 2014 y la primera fase de dicho Mundial, en el cual evaluaban los niveles de CK pre y postpartido, viendo que los jugadores con mayor capacidad aeróbica recuperaban mejor que los jugadores menos entrenados. A su vez, concluyen que la CK vuelve a su nivel pre-partido el segundo día después del partido debido probablemente a la utilización de estrategias de recuperación versátiles y efectivas.

1.9

Carga externa

Como se ha descrito previamente, en el fútbol predominan los periodos de trabajo intermitente con carreras de diferentes intensidades interrumpidos por saltos, regates, esprines, cabeceos, entradas y golpes. El análisis de las actividades de un jugador de fútbol durante 90 minutos nos hace saber que se cambia el patrón de actividad cada 4-5 segundos (15).

El análisis de las actividades del juego en fútbol se puede realizar de diferentes maneras. En la actualidad el sistema de posicionamiento global, los giroscopios, magnetómetros y acelerómetros se utilizan tanto para la investigación como para la práctica deportiva (41). Estos dispositivos nos proveen de una gran cantidad de información sobre la carga externa del jugador, tales como distancia total recorrida, tipos de movimiento, cantidad de choques o contactos físicos, número e intensidad de aceleraciones y deceleraciones desarrolladas por un jugador. Con estos datos, el entrenador y preparador físico del equipo preparará las tareas para mejorar el rendimiento del equipo, y el equipo médico las utilizará como manera preventiva para saber si el jugador se ha recuperado entre sesión y sesión o toma y toma (85). Poder correlacionar un dato del GPS que nos prediga el estado muscular de un deportista facilitaría mucho el trabajo del equipo médico/técnico en el fútbol, ya que el GPS al medirse todos los días y no ser invasiva podría servir de guía (30,64,84,85).

En diferentes estudios se describe la actividad física de los jugadores durante un partido, siendo en la Premier League Inglesa una media de 681 metros a alta intensidad (velocidades con valor entre 19,8 y 25,1 Kilómetros por hora (Km/h)) y de unos 248 metros a velocidades esprin > de 25,1 Km/h (141).

1.10

Ratio de lesionados

Según el Comité Olímpico Internacional, dos partidos de fútbol no deberían producirse si no hay un tiempo entre ambos de 96 horas, ya que con este tiempo se disminuiría el riesgo lesional del jugador. Aunque diferentes autores así lo corroboran, ciertas ligas y países hacen caso omiso de esta recomendación (16,149–151).

Las lesiones en fútbol se producen con cierta frecuencia (4,152–154), siendo las probabilidades de lesionarse en una temporada del 65% al 91% (155) y en los miembros inferiores de un 90% (156). El partido incrementa el riesgo de sufrir una lesión desde que termina hasta las 72 horas posteriores (4). Se ha estudiado que el riesgo de daño tisular y de lesión que causa una mala preparación de la carga de entrenamiento o la falta de recuperación es muy alta en jugadores de fútbol (69). Generalmente la tasa de lesión es 10 veces mayor en partidos que en entrenamientos, siendo las lesiones de los isquiotibiales las que más han aumentado desde 2001 (4). De hecho, se cree que las causas de que el partido sea más lesional para los isquiotibiales que cualquier otro momento son (16):

1. La gran cantidad de bajada de picos de fuerza que los isquiotibiales sufren después de un partido y hasta las 72 horas.
2. La gran cantidad de pérdida de fuerza que sufre el isquiotibial comparado con el cuádriceps, sobretodo en los primeros momentos de dicha producción.
3. La gran cantidad de inestabilidades que se producen alrededor de la rodilla que hacen que los isquiotibiales tengan que estabilizarla.

4. La diversidad de ángulos de fuerza excéntrica que tienen que desarrollar los isquiotibiales comparada con el cuádriceps.
5. Los diferentes tiempos de recuperación de los gemelos comparados con los isquiotibiales y como afecta esto a la rodilla.
6. Las alteraciones de la cinemática y la cinética durante diferentes momentos (golpeo, cambio de dirección, sprint, salto, ...).

Se sabe que no solo todas estas actividades son peligrosas por sí mismas, sino que unidas a la congestión de un partido, hace que en las últimas fases de un partido sea el momento con más incidencia lesional (16,156,157), y el momento del partido donde la eficiencia motora es menor (158).

El departamento médico del equipo habitualmente reporta y valida cada lesión de acuerdo con el Consenso de la FIFA (159). El protocolo usado para registrar el tipo, la localización y la severidad de la lesión suele ser el enunciado por la FIFA.

Además de éste, el tiempo de recuperación ha sido individualmente registrado por cada jugador en entrenamiento y partidos. Las lesiones incluyen cualquier evento resultante en imposibilidad para entrenar completamente o jugar un partido (159).

La localización de las lesiones, las dividimos en 10 categorías, tales como, pie, tobillo, pantorrilla, rodilla, cadera/inglete, miembros superiores hombro / clavícula, lumbar / sacro / pelvis, cabeza / cara / cuello / cervical, abdomen y esternón / costilla / dorsal (4,78,156,160).

Las lesiones se pueden clasificar en siete categorías de acuerdo con el Consenso sobre el fútbol. Estas incluyen fracturas y lesiones por estrés en articulaciones (no óseas) y ligamentos, músculos y tendones, contusiones, laceraciones y lesiones de piel, lesiones del sistema nervioso central o periférico y otras lesiones. A su vez, las lesiones se pueden clasificar en traumáticas (aquellas que han sucedido en un momento agudo) y lesiones por sobreuso (aquellas que no han tenido un trauma) (4).

La severidad de cada lesión se definirá de acuerdo con el número de días entre el momento de la lesión y el día que el jugador vuelve a la participar de manera completa en un entrenamiento o un partido. Según esto, las lesiones se categorizarán

en lesiones mínimas (menores de tres días), suaves (4-7 días), moderadas (8-28 días) y severas (>28 días) (4,161). Además de esto, tendremos las lesiones recurrentes definidas como las lesiones que tiene el mismo tipo y localización que lesiones ya recuperadas y con participación completa en el equipo. Las lesiones recurrentes serán clasificadas igual de severas, menos severas o más severas que la lesión previa (161).

La ratio de lesión se calculará como el número de lesiones por cada 1000 horas de exposición (4).

Aunque algunos autores han utilizado la CK como marcador bioquímico para intentar relacionar la carga externa de entrenamiento y estos marcadores con la incidencia lesional y el rendimiento deportivo. Coppalle y colaboradores no encontró relación entre dicha carga de entrenamiento en pretemporada, la incidencia de lesiones, los marcadores de daño muscular y los marcadores de inflamación (78).

1.11

Relación entre la carga externa y la CK

Uno de los primeros estudios que valoraron el efecto que produce un partido de fútbol en la semana siguiente concluye que los jugadores no están recuperados para hacer una actividad anaeróbica hasta al menos tres días después del mismo, ya que su 1 Resistencia máxima (RM) no se habrá recuperado. Este descenso de la fuerza unido al dolor muscular tras partido, el aumento de las CK y la LDH nos indica que existen microtraumas a nivel muscular durante el partido, persistiendo hasta las 48 o 72 horas. El pico de las CK post partido se produce a las 48 horas del mismo, al igual que en un maratón (30).

Los movimientos que un jugador realiza durante un partido están ampliamente descritos. Como se explica en la introducción, la distancia total en un partido suele estar entre 9 y 14 kilómetros, siendo la mayoría de ellos, entre 5 y 6 kilómetros andando o corriendo a muy baja intensidad (13,14). En cuanto al tiempo, 80 minutos de un partido lo pasan andando o a carrera muy lenta y solo en 8 minutos realizan actividades de alta intensidad (38). Se suelen realizar alrededor de 300 aceleraciones o deceleraciones de diferentes intensidades por parte, siendo el 18% de la distancia total de un partido (162,163).

A pesar de la importancia de poder correlacionar marcadores de daño muscular (por ejemplo CK) con carga externa (por ejemplo GPS) a nivel de campo, este asunto ha recibido escasa atención en la literatura especializada.

Uno de los primeros estudios sobre la relación entre la carga externa y la CK, se realizó en jugadores semiprofesionales, correlacionaba el aumento de las CK con el número de sprint realizados en valores absolutos, y el porcentaje de ese aumento en las CK correlacionaba con el número tanto de espines como de acciones a alta intensidad, sin encontrar correlación con la distancia total recorrida (84).

Por ejemplo, un estudio en 15 jugadores profesionales de fútbol correlaciona en 4 partidos las velocidades por encima de 18 Km/h y el número de sprint por minuto con cambios en las CK a las 24 horas del partido. Aunque no encuentra correlación entre ningún valor de GPS y las CK a las 48 horas (64). Otro estudio analiza otros 15 jugadores de fútbol encontrando correlaciones significativas entre los cambios en CK y la distancia a menos de 21 km/h a las 24 y a las 48 horas del esfuerzo. A su vez, también encontraron correlaciones entre las CK y la distancia a mayor de 14 Km/h y aceleraciones mayores a 3 m/s² y deceleraciones mayores de 2 m/s² (82). De todas maneras, debido a las validaciones de dichos estudios, la escasa muestra del estudio, el número pequeño de partidos y el contexto del experimento se podrían poner en duda dichos resultados.

Se realizó un estudio con jugadores universitarios para correlacionar el GPS con las CK. Encontraron correlaciones significativas entre la media de la velocidad, la mecánica de carrera y algunas aceleraciones y deceleraciones, y las CK (85). Aunque este estudio es válido para empezar la muestra no es comparable a un equipo profesional de alto nivel, ya que las velocidades medias y las acciones a alta intensidad difieren mucho de las que se dan en la élite. Este estudio se realizó con una simulación de un partido, nunca comparable a un partido real ya que se eliminan diferentes connotaciones tanto de variabilidad como de subjetividad.

Varley y colaboradores avalan la hipótesis de que las CK aumentan inmediatamente tras el ejercicio y 40 horas después de la actividad, no encontrándose valores diferentes a los basales a las 64 horas post ejercicio. Los valores de CK se correlacionan con el número total de aceleraciones y deceleraciones en todas las tomas que se realizaron y también con el número de acciones y metros en velocidades de la zona 5 o sprint a las 40 horas de la actividad. En este estudio se intentó también correlacionar el CMJ con los valores de GPS y no se encontraron correlaciones significativas. Concluyendo que no es necesario realizar medidas invasivas ya que con el estudio de la carga es suficiente para determinar el estado de fatiga del jugador (164).

Contrariamente a lo expuesto anteriormente, otros estudios recientes revelan la correlación entre el CMJ y la CK como herramienta de evaluación de la pérdida de rendimiento tras un partido (7,30,41,51,81,82). Se examinaron 4 partidos de fútbol reportando una bajada en los valores de pico de potencia de CMJ tanto a las 24 horas como a las 48 horas unidas a un aumento de las CK con respecto a la línea basal del jugador. Estas respuestas se encontraron en todas las posiciones y en todos los ambientes competitivos. A su vez, también se evidenció que jugadores con el pico de fuerza mayor en miembros superiores tenían un ascenso menor en valores de CK (51).

Ascensao y colaboradores en 2008 ya encontraron la relación entre la carga externa de un partido y los niveles de marcadores bioquímicos. En cuanto a su

relación con las CK, observó una correlación significativa entre el número de esprines (velocidad zona 5) y el incremento en las CK. También estudio la relación ente las CK y el dolor muscular de aparición retardada viendo que estaban correlacionadas (38).

Malone y colaboradores en 2017 realizaron una investigación en un equipo profesional de fútbol para estudiar la correlación entre las CK, el CMJ y la carga externa. Se evidencia que lo jugadores con las CK más altas realizan más distancia total, distancias a alta intensidad, aceleraciones, deceleraciones, distancias explosivas y máximas velocidades, comparados con los que no tienen estos niveles aumentados. Los resultados se vieron corroborados con los datos de CMJ, que aquellos que tenían menos valores tenían los valores más bajos de carga externa. Este estudio no se realizó en la Liga Inglesa de Fútbol y el autor recomienda para futuras investigaciones hacer esta evaluación por liga de cada país. Concluye el autor que aquellos jugadores que tengan las CK elevadas deberían realizar un entrenamiento modificado que permita llegar a las intensidades necesarias, pero sin incrementar el volumen (41).

Un estudio realizado con jugadores italianos de fútbol profesionales pero jóvenes, demostró que a excepción de los sprint todos los valores de carga externa fueron menores en la segunda parte. Asimismo, los autores observaron que la altura máxima en CMJ fueron menores después del partido que antes. Los niveles de CK aumentaron nada más terminar el partido, a las 24 horas y empezó a bajar a las 48 horas, (81) corroborando lo estudiado anteriormente por otro autor (64).

En la misma línea, un estudio entre jugadores españoles de elite, pero jóvenes, valoró la relación existente entre las CK, el CMJ y los datos de carga externa. Se observó que los datos de CK subían durante las primeras 24 horas, bajando en la siguiente toma que era a las 48 horas. En cuanto al CMJ, se producía de manera inversa, la capacidad de ejecutar el salto era menor a las 24 horas que a las 48 horas. En este estudio también se encontró gran correlación entre esta alteración de los niveles basales y las acciones a alta intensidad, aceleraciones y deceleraciones (82).

Por último, un estudio realizado en jugadores suplentes de la liga inglesa de fútbol sub-21, subraya que la línea basal de CK en estos jugadores es de 334 ± 127 U/l, produciendo un aumento en estos valores 24 y 48 horas después del partido de 337 ± 102 U/l y 133 ± 86 U/l respectivamente. La distancia a alta intensidad total, la realizada por minuto, el número de esprines, el número de esprines por minuto, el número de deceleraciones y el número de aceleraciones demostraron una correlación con el aumento de CK 24 horas tras el partido, no encontrándose dicha correlación a las 48 horas post partido (51).

Capítulo 2

Justificación



Debido a todo lo descrito anteriormente, se debe realizar una clarificación del tiempo necesario de recuperación de los diferentes valores fisiológicos después de un partido de fútbol para garantizar la prevención de las lesiones, enfermedades y otros estados de sobreentrenamiento (16).

La actividad de la CK no está suficientemente estudiada en el fútbol en un periodo de tiempo largo, como una temporada, probablemente debido a que es una prueba invasiva, por lo que la correlación entre la carga externa y esta variable puede proveer de una alternativa para medir la fatiga muscular (164). Aunque existe información sobre los cambios longitudinales de la concentración de CK tras un ejercicio determinado, existe poca información sobre los cambios longitudinales a lo largo de una temporada o entre diferentes temporadas (122). De hecho, al revisar la literatura especializada se encontró un solo estudio de un equipo polaco profesional que evaluó los marcadores bioquímicos como valor de recuperación muscular durante una temporada entera (11). A su vez, Bok y Jukic realizaron una medición de la CK durante la fase preparatoria del Mundial y la primera manga con la idea de saber el tiempo de recuperación muscular entre partido y partido (148). Por consiguiente, futuros estudios en esta línea de trabajo estarían justificados atendiendo a criterios de originalidad y aplicabilidad.

Paralelamente, diferentes autores han encontrado una relación entre los marcadores bioquímicos y la carga externa a la que se somete al futbolista determinada mediante el uso de GPS (88,164). Sin embargo, durante los partidos oficiales los jugadores no llevan GPS por lo que tendría que recurrirse al sistema TRACAB, que hasta la fecha no ha recibido atención alguna. Consideramos que, para el staff técnico, conocer estos datos sería de gran interés para concretar con mayor precisión tiempos de recuperación post-esfuerzo para cada jugador.

Para realizar una buena evaluación de las CK se necesitan medirlas en dos momentos diferentes, uno cuando el deportista está recuperado, antes de un partido y otro cuando el deportista no lo está, véase, después de un partido (122).

Por último, existe un considerable número de estudios que utilizan protocolos de simulación de partidos realizados en condiciones de laboratorio para intentar replicar la realidad de las demandas que se producen en un partido de fútbol real. Aunque todas estas simulaciones siguen protocolos validados para replicar las cargas internas (frecuencia cardiaca, variabilidad cardiaca, RPE, ...) y las externas (carreras a diferentes velocidades), diferentes autores argumentan que las cargas neuromusculares no están asociadas a las reales de un partido. Estas críticas están basadas en diferentes observaciones: la unidireccionalidad de una cinta de correr, la imprevisibilidad de las aceleraciones y deceleraciones de un partido, y el reducido número de golpes, saltos y cambios de dirección de estas simulaciones (16,52). Por consiguiente, consideramos necesario realizar este tipo de estudios en el contexto de partidos oficiales, a pesar de su mayor complejidad logística.

Capítulo 3

Hipótesis



Existe una relación directamente proporcional entre los parámetros que reporta el dispositivo de medición de la cuantificación de la carga externa y el marcador de carga interna CK a lo largo de dos temporadas en un equipo profesional de fútbol.

Capítulo 4

Objetivos



4.1

Objetivo principal

Verificar la relación existente entre los parámetros de carga externa de un jugador con los marcadores de carga interna relacionados con el partido de fútbol durante dos temporadas.

4.2

Objetivos secundarios

1. Determinar si la densidad de partidos, es decir, más de un partido por semana, altera los valores de carga interna de un jugador relacionado con un partido.
2. Diferenciar la carga externa e interna del jugador según la posición de juego.
3. Especificar si la raza es un factor determinante a la hora de relacionar la carga externa y la interna en un jugador en un partido.
4. Concretar cuál es el número basal de CK que tiene un jugador de fútbol dependiendo de su posición y raza.

Capítulo 5

Metodología










5.1

Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio epidemiológico observacional, descriptivo y transversal. Veintinueve jugadores profesionales de fútbol de la liga inglesa del primer equipo del Watford FC participaron en el estudio. Los minutos totales de competición de cada jugador en toda la temporada fueron registrados, desde julio de 2018 hasta marzo de 2020, cuando se suspendió la liga debido a la pandemia COVID-19 (165).

Las temporadas normalmente se componen de 38 partidos de liga y varios partidos de copa, estos últimos dependiendo de las rondas que se ganen. Los partidos se juegan normalmente uno cada semana, excepto en momentos especiales de la temporada. En uno de ellos en los que hay más densidad de partidos se juegan dos o tres partidos en semana (41) o en otro momento en los cuales se realizan parones internacionales en los que los jugadores que no viajan con sus países no juegan partido oficial. Se tuvieron en cuenta para realizar diferentes grupos, según la densidad competitiva de la semana, siendo: [1] semanas largas que se juegan un partido a la semana y [2] semanas cortas que se juegan dos partidos a la semana (menos de 4 días entre partido y partido) (166).

Enero 2020

	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
01	30	31	1 	2	3	4 	5
02	6	7	8	9	10	11	12 
03	13	14	15	16	17	18 	19
04	20	21 	22	23 	24	25	26
05	27	28	29	30	31	1 	2
06	3	4	5	6	7	8	9



Semana Corta: Semanas en las que hay dos partidos en menos de 4 días



Semana Larga: Semanas en las que hay dos partidos en menos de 7 días

Figura 4. Relación de partidos por semana. Ejemplo de enero de 2020. Fuente: Elaboración propia.

El tiempo jugado y la posición de juego fueron factores diferenciales a la hora del desarrollo de este estudio. A su vez la *carga externa* de cada partido fue evaluada, anotando la distancia total recorrida y la suma de las distancias recorridas a alta intensidad (velocidades mayores de 25,1 Km/h y mayores de 19,8 Km/h (13,141,164,167-169). La *carga interna* se evaluó en este estudio con la medición de la CK y el cuestionario wellbeing (147,170-172).

5.2

Participantes

5.2.1 Criterios de inclusión

El criterio fundamental de inclusión requerido fue que los jugadores fuesen jugadores profesionales de fútbol.

5.2.2 Criterios de exclusión

En la muestra para la comprobación de los objetivos planteados en el estudio se excluyeron:

- Porteros.
- Jugadores lesionados en el momento de la toma.
- Jugadores que no admitieron ser valorados en el momento de la toma de la muestra.
- Jugadores que refirieron dolor muscular específico, aunque no fuese por contusión en el momento de la toma de la muestra.

- Jugadores que tomaran algún tipo de medicación.
- Los deportistas que sufrieron una lesión durante el partido, que estuviesen en situación preventiva (no jugar el partido), tuviesen una lesión muscular previa al partido o una conmoción clínicamente diagnosticado por el médico, se excluyeron de la toma de CK.

5.2.3 Grupos de estudio

Los jugadores de fútbol que participaron en el estudio fueron clasificados en diferentes grupos, en respuesta a los objetivos del estudio:

- a. Según raza: Blanca y negra (54).
- b. Según jugar o no jugar el partido.
- c. Según localización del encuentro: Casa o fuera de casa (175).
- d. Según resultado: Perdido, empatado y ganado (175).
- e. Según posición de juego: Defensas, centrocampistas y delanteros (30,66,80). Los porteros no participan en el estudio ya que su carga externa es mucho menor que los jugadores de campo.
- f. Según tipo de semana: Pretemporada, normal y corta (166,176).
- g. Según minutos de juego: Se realizaron dos divisiones:
 - a. Dividido en tres grupos:
 - i. menos de 30 minutos.
 - ii. entre 30 minutos y menos de 60 minutos.
 - iii. 60 minutos o más.
 - b. Dividido en 2 grupos:
 - i. menos de 60 minutos.
 - ii. 60 minutos o más.

5.3

Variables del estudio

Las variables de estudio se recogieron mediante el CRD (Cuestionario de Recogida de Datos) específico del estudio y mediante la medición de las variables físicas antropométricas y analíticas.

- *Variables sociodemográficas y medidas físicas:* Edad, Raza, Peso en Kg, % de grasa determinada y cantidad de masa magra con Densitometría.
- *Posición del jugador:* Defensa, centrocampista, delantero.
- *Tipo de semana (30,66,80):* Corta, larga, pretemporada.
- *Lugar del partido:* Casa, fuera.
- *Resultado del partido:* Ganar, empatar, perder.
- *Jugar o no jugar el partido.*
- *Tiempo jugado en grupos de minutos:*
 - Dividido en tres grupos:
 - menos de 30 minutos.
 - entre 30 minutos y menos de 60 minutos.
 - 60 minutos o más.

- Dividido en 2 grupos:
 - menos de 60 minutos.
 - 60 minutos o más.
- *GPS distancia total (m)*: Metros totales recorridos en el partido.
- *GPS alta intensidad (m)*: Suma de los metros realizados a velocidades mayores de 19 Km/h y a 25,1 Km/h.
- *Densidad alta intensidad (m/min) (51)*: Cociente entre la variable denominada GPS alta intensidad y los minutos jugados por partido.
- *Densidad de distancia total (m/min) (51)*: Cociente entre la variable denominada GPS distancia total y los minutos jugados por partido.
- *Valor de creatinquinasa. (CK) (U/l)*: obtenida mediante análisis sanguíneo.
- *Valores del cuestionario del wellbeing (147,170-172)*:
 - Fatiga: Siendo 1 (valor bajo) y 5 (valor alto).
 - Dolor Muscular: Siendo 1 (valor bajo) y 5 (valor alto).
 - Calidad del sueño: Siendo 1 (muy descansado) y 5 (insomnio).
 - Horas de sueño: En número de horas.
 - Estrés: Siendo 1 (nada estresado) y 5 (muy estresado).

5.4

Instrumentos de medición

5.4.1 Densitometría

La medición del porcentaje de masa grasa y de la cantidad de masa magra fueron evaluadas mediante una densitometría que realiza un escáner general del cuerpo humano. (QDR Explorer W, Hologic, MA, USA; fan-bean technology, software para Windows XP versión 12.6.1) (Figura 5). Para realizar la densitometría el jugador se coloca en decúbito supino en la camilla y se realiza la prueba en ayunas después de un día libre de entrenamiento. El dispositivo fue calibrado cada día como requiere el fabricante. Se realizó la densitometría ósea en diferentes momentos de la temporada (principio de pretemporada, final de pretemporada, antes de final de año y dos meses antes de finalizar la temporada). Todos los escáneres fueron analizados por la misma persona, siendo ésta un especialista en radiodiagnóstico para asegurar su consistencia.



Figura 5. Dispositivo de Densitometría Fan-beam. Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Finfo.blockimaging.com%2Fbid%2F65934%2Fpencil-vs-fan-beam-bone-densitometer-how-to-decide-which-one-is-right-for-you&psig=AOvVaWOGnttKI79MlcwA9Jdgsyug&ust=>.

5.4.2 Cuestionario wellbeing

Se tomaron las evaluaciones del bienestar (wellbeing) de los jugadores la mañana del día antes del partido y del día post partido. Esas preguntas son estado de fatiga, dolor muscular, calidad del sueño, horas de sueño y disponibilidad para entrenar. Dichas preguntas tienen un posible resultado en una escala de 5 puntos en la escala de Likert (valores de 1-5 con un punto de incremento, donde 1 significa muy buen estado y 5 significa muy malo), excepto para las horas de sueño que se cuantificarán el número de horas dormidas. Estas preguntas fueron tomadas en un iPad Air (Apple®, California, USA) localizado en el vestuario de los jugadores, utilizando el software Soccer System Pro, Barcelona, Spain© (Figura 6 y 7). Los jugadores estaban familiarizados con el cuestionario, y se realizó conforme a las recomendaciones previas (147,170–172).

The screenshot shows a digital questionnaire interface for 'GYM training'. At the top, there is a 'Weight (Peso)' input field. Below it, several rows of questions are displayed, each with a horizontal scale of colored buttons (1-5 or 0-10) representing different levels of response. The questions include: Fatigue (Fatiga), Muscle soreness (Dolor muscular), Sleep quality (Calidad del sueño), Sleep hours (Horas de sueño), Stress (Stress), and How do you feel for training/playing today? (Como te sientes para entrenar/jugar hoy?). A numeric keypad is overlaid on the screen, showing the number '0' entered. The keypad has buttons for digits 1-9, a backspace key, a decimal point, and 'OK' and 'Cancel' buttons. At the bottom of the questionnaire, there is a 'Remarks (Observaciones)' text area and 'Cancel' and 'Save' buttons.

Figura 6. Cuestionario de wellbeing diario (Peso).

This screenshot shows the same questionnaire interface as Figure 6, but with a different set of response options. The 'Weight (Peso)' field is empty. The scales for 'Fatigue (Fatiga)', 'Muscle soreness (Dolor muscular)', and 'Stress (Stress)' now range from 1 to 5. 'Sleep quality (Calidad del sueño)' ranges from 1 to 5. 'Sleep hours (Horas de sueño)' ranges from 1 to 10. 'How do you feel for training/playing today? (Como te sientes para entrenar/jugar hoy?)' ranges from 0 to 10. The 'Remarks (Observaciones)' field is empty. The 'Cancel' and 'Save' buttons are visible at the bottom.

Figura 7. Cuestionario de wellbeing diario (Fatiga, Dolor Muscular, Calidad del Sueño, Horas de Sueño, Estrés).

5.4.3 Muestra de sangre: creatinquinasa

Los valores de CK prepartido y pospartido fueron analizados a través de una toma de muestra de sangre. Los jugadores fueron informados de los riesgos y las molestias asociadas con la toma de la muestra sanguínea, dando su consentimiento por escrito de su participación.

El procedimiento para tomar la muestra de sangre capilar fue el siguiente, se desinfectó la piel con una solución alcohólica al 95%, y se pinchó al jugador con una lanceta (Accu-Check, Roche®) (Figura 8). Después de secar la piel, se extraen 32 Microlitros de sangre capilar. La sangre se guardó heparinizada en un tubo capilar (Capilette, Labortechnik, Selzer®) (Figura 9), e inmediatamente se extrajo con una pipeta en la tira reactiva (Reflotron Plus CK strips, Roche Diagnostics®) (Figura 10). Después dicha tira se colocó en un Boehringer Mannheim Reflotron Analyser® (Figura 11).

Los resultados de este método de prueba sanguínea han demostrado una gran correlación con la muestra venosa ($r=0,997$) con una fiabilidad intraensayo $<3\%$ de coeficiente de variación (177). Previamente a cada análisis, el Reflotron fue limpiado y pasado por los controles de calidad que recomienda el fabricante.



Figura 8. Lanceta estéril de un solo uso. Roche diagnostic®. Fuente: <https://www.danico.com.ar/producto/accu-chek-safe-t-pro-x-200-unidades/?v=5b61a1b298a0>.



Figura 9. Capilar para Reflotron. Labortechnik. Selzer®. Fuente: <https://www.msg-praxisbedarf.de/capiletten-fuer-reflotron-500-stueck>.



Figura 10. Tira reactiva de CK para Reflotron. Roche Diagnostic®. Fuente: <https://www.lagaay.com/products?viewType=grid&page=216>.



Figura 11. Analizador de sangre Reflotron. Fuente: <https://www.rapidcontrol.es/reflotron.php>.

Se realizaron dos tomas de sangre capilar por parte de un miembro de los servicios médicos del club. Se tomó una primera muestra de sangre capilar la mañana antes del día de partido a las 9 de la mañana sin haber desayunado el jugador con un estado óptimo de hidratación y sin haber hecho ninguna actividad física desde el entrenamiento del día anterior.

Se tomó una segunda muestra de sangre capilar a los jugadores a la mañana siguiente al partido siendo normalmente entre las 12 y las 18 horas postpartido, no realizando ninguna actividad física entre la toma de la muestra y el partido. Aunque se sabe que las 24 horas son el momento en el que las CK tienen su nivel más alto la toma de datos se realiza en ese momento para no interferir con el equipo en otro momento (51). La CK pospartido se tomó solo en aquellos jugadores que jugaron el partido y lo finalizaron sin ningún tipo de lesión (Figura 12).

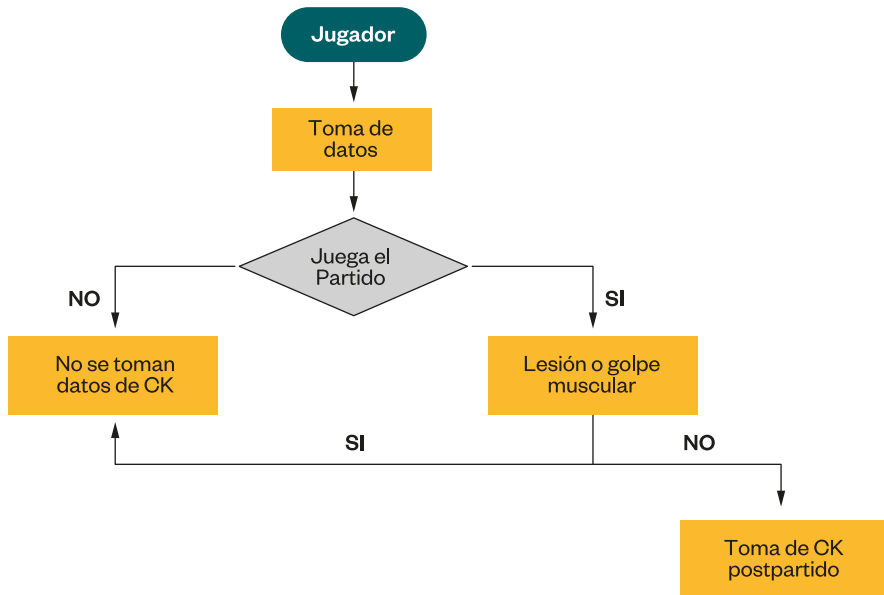


Figura 12. Algoritmo de toma de muestra de sangre dependiente de si el jugador juega o no juega el partido. Fuente: Elaboración Propia.

5.4.4 GPS: entrenamiento

La actividad física de cada jugador se midió en cada sesión de entrenamiento a través de la unidad portátil de GPS (GPEXE©) (Figura 13). Investigaciones han demostrado que este sistema es válido y replicable como marcador de los movimientos de un jugador (178,179). Estos dispositivos nos proveen de la posición, la velocidad y la distancia a 10 Herzios (Hz). Cada jugador viste un chaleco en el cual lleva incorporado el dispositivo en un bolsillo en la parte posterior, entre la escápula izquierda y la derecha. En el terreno de entrenamiento la antena GPS está expuesta en una zona clara para la recepción del satélite. Este tipo de sistema ha sido validado y replicable estimando las velocidades lineales, multidireccionales y todas las actividades relacionadas con el fútbol (180). Todos los dispositivos son activados media hora antes del entrenamiento y probados para que sean captados por los satélites. Una vez terminadas la sesión, los jugadores entregan los dispositivos a un técnico que descarga la información en un software de la compañía GPEXE©. Dicho software analiza los datos y el técnico corta cada parte de las sesiones de entrenamiento, eliminando la caminata al campo

y la vuelta de él. Todos los jugadores llevarán siempre el mismo dispositivo para evitar error inter-unidad. Las variables analizadas serán la zona 4 o velocidad por encima de 19,8 Km/h y la zona 5 o velocidad >25,1 Km/h. Estos dispositivos también nos darán la distancia total recorrida y las aceleraciones y deceleraciones del jugador.



Figura 13. Dispositivo GPS de la marca GPexe®. Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.gpexe.com%2F&psig=AOvVaw37H-0vQAR9osXzTL-sevmp&ust=1615619362843000&source=images&cd=vfe&ved=OCAMQjB1qFwoTCMDWysWZqu8CFQAAAAAdAAAAABAD>.

5.4.5 TRACAB®: partido

Cada jugador fue examinado por el sistema TRACAB® ((2018-19) TRACAB®, Chyroego Corporation, New York, USA and (2019-20) Second Spectrum®, Los Angeles, USA) que provee de los datos analizados en tiempo real. Este software te provee de los datos de velocidad a diferentes intensidades, siendo validos para este estudio las zonas 4 y 5 y la distancia total.

5.5

Protocolo de obtención de datos

Se recogieron los datos demográficos y de posición de los jugadores: (i) peso, (ii) raza y (iii) posición de juego el primer día en pretemporada. Se completó la recolección de datos con la realización de una densitometría ósea en diferentes momentos de la temporada (principio de pretemporada, final de pretemporada, antes de final de año y dos meses antes de finalizar la temporada). Con la densitometría se obtuvieron los datos de % de grasa y cantidad de masa magra.

Con respecto al día previo al partido, el jugador al llegar al vestuario se pesaba sin ropa todos los días y rellenaba el cuestionario wellbeing. Después de esto acuden al centro médico donde se les toma la muestra de sangre y después de desayunar realizan una sesión suave de entrenamiento. El día de partido, después del mismo se recogen los datos de carga externa para ser analizados. En cuanto a la toma postpartido, se realiza el día después del encuentro por la mañana en ayunas en las mismas condiciones que la toma prepartido (Figura 14).



Figura 14. Protocolo de toma de datos. Fuente: Elaboración propia.

5.6

Aspectos ético legales

Este estudio fue aprobado por el Comité de ética de la Universidad Camilo José Cela (BIOMUSC, 6 de mayo del 2020) (Anexo I). Todos los participantes fueron informados del estudio y dieron su consentimiento para la participación en dicha investigación. A su vez el club de fútbol fue informado de la finalidad de dicha investigación y fue aprobado por el mismo. Todos los datos fueron encriptados y anonimizados en línea con la nueva ley de Protección de Datos Europea (174).

Los fundamentos de la ética en investigación del informe de Belmont (Ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research, 1979) (181), los requerimientos éticos recogidos en la Declaración de Helsinki sobre Principios Éticos para las investigaciones médicas en seres humanos (2008)(173), las Directrices éticas internacionales para la investigación biomédica con seres humanos del Consejo de la Agencia Europea para las Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas (Ginebra, 2002) (182) y el Convenio para la protección de los derechos humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la biología y la medicina en la Unión Europea (Declaración de Oviedo, 1997) (183) fueron considerados para el desarrollo de dicha investigación.

Todos los datos personales que se recogieron a través de los cuestionarios o reuniones fueron tratados conforme a las leyes actuales de protección de datos, especialmente al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de éstos (184) y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales (LOPD) (185) y la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica (BOE 274, de 15 de noviembre) (186).

5.7

Análisis estadístico

El análisis de las diferentes variables de este estudio se realizó mediante el programa IBM SPSS Statistics v. 26.0. Todos los datos se proporcionaron como medias, desviación estándar, intervalos de confianza (IC) del 95% y cuando los datos lo requerían se proporcionan como porcentajes. Antes de realizar el análisis estadístico se tuvo presente las condiciones de aplicación del mismo; se utilizó la prueba de Kolmogorov Smirnov con corrección de Lilliefors para comprobar que la muestra cumplía criterios de normalidad.

Las diferencias entre los parámetros analizados se evaluaron mediante la prueba T, prueba U de Mann Whitney, ANOVA un factor o multivariante o Kruskal Wallis según correspondía. Además, las correlaciones bivariadas entre las variables se analizaron utilizando el coeficiente de Pearson. El criterio adoptado para categorizar la magnitud de la correlación (r) entre las diferentes medidas fue (187): $\leq 0,1$ trivial; $> 0,1-0,3$ baja; $> 0,3-0,5$ moderada; $> 0,5-0,7$ alta; $> 0,7-0,9$ muy alta; $> 0,9-1$ casi perfecta. Se estableció para una confianza del 95%, un nivel de significación $p < 0,05$.

Capítulo 6

Resultados



6.1

Análisis de la muestra total

Participaron un total de veintinueve jugadores profesionales de fútbol, todos ellos integrantes del equipo Watford Football Club, de la Premier League Inglesa. Se analizaron 55 partidos de liga y copa en total en las temporadas 2018-19 y 2019-20, hasta la suspensión de las ligas de fútbol profesional debido a la pandemia del COVID-19 en marzo de 2020 (165).

La muestra total presentó una edad media de $27,59 \pm 3,83$ años, un peso corporal de $80,16 \pm 7,45$ kg y altura de $183,48 \pm 5,83$ cm. Los jugadores eran no fumadores y no tenían historia de síndromes metabólicos o cardiovasculares. El resto de las variables sociodemográficas, así como los datos de la carga interna y externa de la muestra total se representan en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables sociodemográficas de la muestra total.

	n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
				inferior	superior	
MINUTOS JUGADOS	706	74,09	30,99	71,78	76,35	<0,001*
CK PREPARTIDO (U/l)	597	335,03	195,11	319,35	350,71	<0,001*
CK POSTPARTIDO (U/l)	307	660,89	343,97	622,26	699,52	<0,001*
PESO (Kg)	717	80,16	7,45	79,61	80,71	<0,001*
MASA MAGRA (Kg)	869	69,70	6,70	69,26	70,15	<0,001*
% GRASA DEXA	869	13,42	1,56	13,32	13,53	<0,001*
FATIGA [‡]	717	2,11	0,80	2,05	2,17	<0,001*
DOLOR MUSCULAR [‡]	717	2,14	0,77	2,08	2,19	<0,001*
CALIDAD DEL SUEÑO [‡]	717	2,20	0,79	2,14	2,26	<0,001*
HORAS DE SUEÑO	717	7,29	1,02	7,22	7,37	<0,001*
ESTRÉS [‡]	717	2,07	1,07	2,00	2,15	<0,001*
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	713	676,30	411,41	646,05	706,55	<0,001*
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	709	9,77	5,61	9,36	10,18	<0,001*
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	713	7.954,10	3.425,40	7.702,25	8.205,96	<0,001*
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	709	108,66	14,61	107,59	109,74	<0,001*

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

[†]p valor: análisis de la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors; [‡]Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); *p valor <0,05.

6.1.2 Análisis de la muestra por tipo de semana

A la hora de realizar el análisis por tipo de semana, se realizó de dos maneras diferentes, una incluyendo la pretemporada y otra sin incluirla.

En el análisis de los datos con la pretemporada incluida, Tabla 2, se observó que se jugaban más minutos en partidos de temporada que en pretemporada ($p < 0,001$). Los niveles de CK prepartido eran siempre mayores en pretemporada que en temporada, aunque los valores de CK postpartido eran similares en semanas cortas que largas, descartando los de pretemporada ya que los datos tomados eran insuficientes ($p < 0,001$). El peso y la masa magra eran iguales en las tres circunstancias, pero el porcentaje de grasa era mayor en pretemporada que en temporada. Todos los valores del wellbeing subjetivo eran peores en pretemporada que en temporada, pero entre las dos opciones de temporada, semana corta y semana larga los datos eran peores en partidos de semana corta que en partidos de semana larga ($p < 0,001$). El estrés es el único valor que es similar en los tres momentos analizados ($p = 0,195$). Lógicamente los valores de carga externa absolutos son menores en pretemporada que en temporada, ya que se jugaban muchos menos minutos por partido, pero los valores relativos también eran menores en pretemporada que en temporada.

Tabla 2. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Tipo de semana
MINUTOS JUGADOS	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
CK PREPARTIDO (U/l)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
CK POSTPARTIDO (U/l)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
PESO (Kg)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
MASA MAGRA (Kg)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
% GRASA DEXA	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
FATIGA ⁺	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
DOLOR MUSCULAR ⁺	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA

de wellbeing y datos de carga externa según el tipo de semana incluido pretemporada.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
248	77,92	31,47	73,98	81,85	<0,001*
388	76,44	30,50	73,39	79,48	
73	48,41	17,36	44,36	52,46	
215	329,83	199,58	303,00	356,66	<0,001*
322	313,04	176,55	293,69	332,40	
60	471,65	220,79	414,61	528,69	
133	663,25	375,62	598,82	727,68	0,794
170	658,76	319,44	610,39	707,12	
4	673,25	333,56	142,48	1204,02	
254	80,06	7,47	79,14	80,98	0,578
391	80,09	7,47	79,35	80,83	
70	80,92	7,36	79,17	82,68	
305	69,63	6,77	68,87	70,39	0,935
485	69,76	6,69	69,17	70,36	
79	69,60	6,56	68,13	71,07	
305	13,41	1,51	13,24	13,58	0,002*
485	13,33	1,53	13,19	13,46	
79	14,08	1,75	13,69	14,47	
255	2,12	0,83	2,02	2,22	<0,001*
392	2,00	0,73	1,93	2,07	
70	2,73	0,85	2,53	2,93	
255	2,15	0,81	2,05	2,25	<0,001*
392	2,03	0,70	1,96	2,10	
70	2,70	0,79	2,51	2,89	

Tabla 2. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Tipo de semana
CALIDAD DE SUEÑO [‡]	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
HORAS DE SUEÑO	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
ESTRÉS [‡]	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	CORTA
	NORMAL
	PRETEMPORADA

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

de wellbeing y datos de carga externa según el tipo de semana incluido pretemporada.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
255	2,16	0,75	2,07	2,26	<0,001*
392	2,15	0,79	2,07	2,22	
70	2,64	0,80	2,45	2,83	
255	7,28	1,02	7,15	7,40	<0,001*
392	7,39	0,99	7,29	7,49	
70	6,80	1,07	6,54	7,06	
255	2,15	1,11	2,01	2,28	0,195
392	2,01	1,04	1,91	2,11	
70	2,17	1,08	1,91	2,43	
248	716,43	350,86	672,55	760,31	<0,001*
392	724,39	436,75	681,02	767,76	
73	281,67	198,92	235,26	328,08	
248	10,1156	5,77961	9,3928	10,8385	<0,001*
388	10,3135	5,51850	9,7627	10,8643	
73	5,7110	3,59358	4,8725	6,5494	
248	8.544,52	3.431,35	8.115,36	8.973,68	<0,001*
392	8.154,28	3.323,48	7.824,26	8.484,30	
73	4.873,36	2.147,79	4.372,24	5.374,47	
248	110,8927	11,61309	109,4403	112,3452	0,004*
388	108,9138	13,79899	107,5365	110,2911	
73	99,8142	22,70520	94,5167	105,1117	

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de Kruskal Wallis; ^{*}Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); ^{*}p valor <0,05.

Se realizó un análisis excluyendo la pretemporada, para conocer realmente la diferencia entre jugar partidos en semanas cortas contra semanas largas con más periodo de recuperación. La Tabla 3 muestra que se encontraron diferencias significativas en valores de distancia total ($p=0,041$) y densidad de distancia total

Tabla 3. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Semana Corta / Multipartido		
	Media [DS]	95%IC	
		Inferior	Superior
CK PREPARTIDO (U/l)	329,83 [199,58]	303,00	356,66
CK POSTPARTIDO (U/l)	663,25 [375,62]	598,82	727,68
PESO (Kg)	80,06 [7,47]	79,14	80,98
MASA MAGRA (Kg)	69,63 [6,76]	68,87	70,39
% GRASA DEXA	13,41 [1,51]	13,24	13,58
FATIGA [‡]	2,12 [0,83]	2,02	2,22
DOLOR MUSCULAR [‡]	2,15 [0,81]	2,05	2,25
CALIDAD DEL SUEÑO [‡]	2,16 [0,75]	2,07	2,26
HORAS DE SUEÑO	7,28 [1,02]	7,15	7,40
ESTRÉS [‡]	2,15 [1,11]	2,01	2,28
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	716,43 [350,86]	672,55	760,31
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	10,12 [5,78]	9,39	10,84
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	8.544,52[3.431,3]	8.115,3	8.973,6
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	110,89 [11,61]	109,44	112,35

OK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

($p=0,038$), siendo mayores los valores en semanas cortas que en semanas normales. No se encontraron diferencias significativas en los valores de CK y en el resto de los valores tanto subjetivos como antropométricos ($p>0,05$).

de wellbeing y datos de carga externa según tipo de semana sin pretemporada (188).

Media [DS]	Semana Larga / Unipartido		p valor [†]
	Inferior	Superior	
313,04 [176,55]	293,69	332,40	0,636
658,76 [319,44]	610,39	707,12	0,539
80,09 [7,47]	79,35	80,83	0,991
69,76 [66,94]	69,17	70,36	0,755
13,33 [1,53]	13,19	13,46	0,373
2 [0,73]	1,93	2,07	0,073
2,03 [0,7]	1,96	2,10	0,067
2,15 [0,79]	2,07	2,22	0,574
7,39 [0,99]	7,29	7,49	0,207
2,01 [1,04]	1,91	2,11	0,125
724,39 [436,75]	681,02	767,76	0,451
10,31 [5,52]	9,76	10,86	0,607
8.154,2 [3.323,4]	7.824,2	8.484,3	0,041*
108,91 [13,8]	107,54	110,29	0,038*

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de U Mann Whitney; *Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo);

*p valor <0,05.

6.1.3 Análisis de la muestra por posición de juego

Se realizó un análisis de la muestra por posición de juego (Tabla 4) y se observó, que los defensas jugaban más minutos que los centrocampistas y estos más que los delanteros ($p < 0,001$). También se observó que, tanto en peso, como en masa magra,

Tabla 4. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Posición de juego
MINUTOS JUGADOS	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
CK PREPARTIDO (U/l)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
CK POSTPARTIDO (U/l)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
PESO (Kg)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
MASA MAGRA (Kg)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
% GRASA DEXA	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
FATIGA [‡]	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO

como en CK pre y post partido los delanteros tenían valores más altos que los defensas y estos que los centrocampistas ($p < 0,001$). Los valores eran similares para todos los grupos en fatiga, dolor muscular y calidad del sueño. Los centrocampistas tenían más estrés que el resto de los jugadores y los delanteros eran los que menos horas dormían. En cuanto a los valores de carga externa eran los centrocampistas los que más metros recorrían y a más intensidad, siendo los delanteros los que menos hacían ($p < 0,001$).

de wellbeing y datos de carga externa según posición de juego.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
279	80,89	27,67	77,63	84,15	
318	73,36	29,79	70,07	76,64	<0,001*
112	59,11	36,51	52,27	65,94	
252	351,03	196,18	326,69	375,37	
271	293,69	177,60	272,45	314,93	<0,001*
74	431,95	212,22	382,78	481,12	
126	721,52	387,31	653,24	789,81	
146	570,14	260,76	527,49	612,80	<0,001*
35	821,17	384,64	689,04	953,30	
294	82,00	6,17	81,29	82,70	
316	75,53	5,17	74,96	76,11	<0,001*
105	88,94	6,37	87,71	90,18	
355	70,96	5,32	70,40	71,51	
371	65,38	4,55	64,92	65,85	<0,001*
143	77,79	5,62	76,86	78,72	
355	13,29	1,42	13,14	13,44	
371	13,40	1,69	13,23	13,58	0,032*
143	13,81	1,47	13,57	14,06	
296	2,10	0,70	2,02	2,18	
316	2,10	0,89	2,00	2,20	0,424
105	2,18	0,81	2,02	2,34	

Tabla 4. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Posición de juego
DOLOR MUSCULAR [‡]	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
CALIDAD DE SUEÑO [‡]	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
HORAS DE SUEÑO	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
ESTRÉS [‡]	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	DEFENSA
	CENTROCAMPISTA
	DELANTERO

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

de wellbeing y datos de carga externa según posición de juego.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
296	2,13	0,74	2,05	2,22	0,937
316	2,15	0,83	2,05	2,24	
105	2,13	0,71	2,00	2,27	
296	2,23	0,70	2,15	2,31	0,732
316	2,18	0,85	2,08	2,27	
105	2,20	0,84	2,04	2,36	
296	7,39	0,92	7,28	7,49	0,016*
316	7,28	1,03	7,16	7,39	
105	7,09	1,20	6,85	7,32	
296	2,26	1,17	2,12	2,39	<0,001*
316	1,86	1,02	1,75	1,97	
105	2,20	0,76	2,05	2,35	
279	610,04	370,72	566,35	653,73	<0,001*
320	791,55	432,15	744,02	839,08	
114	514,92	355,57	448,94	580,90	
279	7,7715	5,01800	7,1801	8,3629	<0,001*
318	11,5512	5,64140	10,9288	12,1736	
112	9,6935	5,28513	8,7039	10,6831	
279	8.398,11	2.906,71	8.055,54	8.740,67	<0,001*
320	8.348,54	3.522,29	7.961,15	8.735,93	
114	5.760,27	3.512,55	5.108,50	6.412,04	
279	104,4886	12,10163	103,0624	105,9148	<0,001*
318	115,5572	14,51884	113,9553	117,1591	
112	99,5257	11,32228	97,4057	101,6457	

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de Kruskal Wallis; [‡]Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); *p valor <0,05.

6.1.4 Análisis de la muestra por grupos de minutos jugados

En cuanto al análisis por grupos de minutos jugados, se hicieron diferentes subdivisiones para reflejar mejor la idiosincrasia de los resultados. Primero se analizó la subdivisión en tres grupos, uno el que jugó menos de 30 minutos, otro el que jugó entre 30 y 60 minutos y un tercer grupo que son los que jugaron más de 60 minutos, véase Tabla 5.

Tabla 5. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Minutos
MINUTOS JUGADOS	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
CK PREPARTIDO (U/l)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
CK POSTPARTIDO (U/l)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
PESO (Kg)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
MASA MAGRA (Kg)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
% GRASA DEXA	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
FATIGA ⁺	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60

Los valores tanto de carga interna subjetivos como objetivos dependían de los minutos jugados. En cuanto a la densidad de metros recorridos a alta intensidad ($p < 0,001$), los jugadores que jugaron menos de 30 minutos ($n=99$; $14,55 \pm 9,77$) tienen mayor densidad que los que jugaron más de 60 minutos ($n=500$; $9,24 \pm 4,01$) y éstos más que los que jugaron entre 30 y 60 minutos ($n=110$; $7,89 \pm 4,44$). En cuanto a la densidad de metros totales por minuto de partido ($p < 0,001$) los jugadores que jugaron menos de 30 minutos ($n=99$; $116,12 \pm 19,69$) presentan mayor densidad que los que jugaron más de 60 minutos ($n=500$; $108,33 \pm 11,84$) y éstos más que los que jugaron entre 30 y 60 minutos ($n=110$; $103,51 \pm 17,84$).

de wellbeing y datos de carga externa relacionado con los minutos de juego.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
99	16,18	7,25	14,74	17,63	
110	43,05	7,65	41,60	44,49	<0,001*
500	92,36	11,32	91,36	93,35	
76	382,84	200,11	337,12	428,57	
87	400,85	239,87	349,72	451,97	<0,001*
340	304,02	176,19	285,23	322,82	
25	476,92	263,06	368,34	585,50	
24	517,75	272,25	402,79	632,71	0,001*
257	693,79	348,25	651,01	736,57	
76	80,97	9,07	78,90	83,04	
98	80,87	7,63	79,34	82,40	0,118
404	79,36	6,65	78,71	80,01	
99	70,33	73,71	68,86	71,80	
110	69,81	66,18	68,56	71,06	0,282
500	69,29	64,94	68,72	69,87	
99	13,29	1,61	12,96	13,61	
110	13,48	1,69	13,16	13,80	0,294
500	13,39	1,47	13,26	13,52	
76	1,89	0,76	1,72	2,07	
98	2,45	0,84	2,28	2,62	<0,001*
405	2,14	0,77	2,06	2,21	

Tabla 5. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Minutos
DOLOR MUSCULAR [‡]	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
CALIDAD DE SUEÑO [‡]	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
HORAS DE SUEÑO	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
ESTRÉS [‡]	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	MENOR DE 30
	DE 30 A 60
	MAS DE 60

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

de wellbeing y datos de carga externa relacionado con los minutos de juego.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
76	1,95	0,63	1,80	2,09	<0,001*
98	2,49	0,78	2,33	2,65	
405	2,17	0,76	2,09	2,24	
76	2,00	0,77	1,82	2,18	<0,001*
98	2,47	0,79	2,31	2,63	
405	2,28	0,75	2,21	2,36	
76	7,42	1,02	7,19	7,65	0,167
98	7,16	1,00	6,96	7,36	
405	7,23	1,01	7,13	7,33	
76	2,00	0,75	1,83	2,17	0,611
98	2,13	1,00	1,93	2,33	
405	2,09	1,12	1,98	2,20	
99	215,63	148,81	185,95	245,30	<0,001*
110	347,48	224,27	305,09	389,86	
500	843,49	361,10	811,76	875,21	
99	14,55	9,77	12,60	16,50	<0,001*
110	7,89	4,44	7,05	8,73	
500	9,24	4,01	8,89	9,59	
99	1823,02	780,67	1667,32	1978,72	<0,001*
110	4493,89	1263,93	4255,04	4732,74	
500	9965,90	1390,31	9843,74	10088,06	
99	116,12	19,69	112,19	120,04	<0,001*
110	103,51	17,84	100,13	106,88	
500	108,33	11,84	107,29	109,37	

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de Kruskal Wallis; *Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); *p valor <0,05.

6.1.5 Análisis de la muestra por tipo de semana y por minutos

Los resultados de la Tabla 6 muestran que los jugadores que completaron más de 60 minutos tienen los niveles de CK prepartido significativamente más elevado en partidos de semana corta comparado con los partidos de semana larga ($324,97 \pm 191,40$ vs. $279,90 \pm 158,3$; $p=0,029$) (Figura 15). Además, esos jugadores tenían

Tabla 6. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de fútbol que han completado más o menos de 60 minutos (188).

	> 60 MINUTOS JUGADOS						
	Semana Corta / Multipartido			Semana Larga / Unipartido			p valor [†]
	Media [DS]	95%IC		Media [DS]	95%IC		
Inferior		Superior	Inferior		Superior		
CK PREPARTIDO (U/l)	324,97 [191,4]	293,98	355,97	279,9 [158,39]	253,81	305,99	0,029*
CK POSTPARTIDO (U/l)	704,1 [380,84]	642,48	765,72	685,65 [320,96]	628,95	742,35	0,665
PESO (Kg)	79,51 [6,57]	78,39	80,63	79,29 [6,72]	78,36	80,21	0,761
MASA MAGRA (Kg)	69,26 [64,47]	68,32	70,21	69,42 [65,7]	68,65	70,18	0,804
% GRASA DEXA	13,4 [1,43]	13,19	13,61	13,33 [1,46]	13,16	13,50	0,612
FATIGA*	2,22 [0,8]	2,11	2,34	2,03 [0,69]	1,94	2,13	0,015*
DOLOR MUSCULAR*	2,24 [0,81]	2,13	2,36	2,08 [0,7]	1,99	2,18	0,076
CALIDAD DEL SUEÑO*	2,31 [0,71]	2,19	2,43	2,24 [0,77]	2,14	2,33	0,332
HORAS DE SUEÑO	7,19 [1,07]	7,04	7,35	7,3 [0,91]	7,17	7,43	0,282
ESTRÉS*	2,14 [1,08]	1,98	2,31	2,03 [1,13]	1,90	2,17	0,330
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	839,07 [283,06]	792,82	885,31	868,34 [399,44]	831,10	905,58	0,333
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	9,05 [3,07]	8,29	9,80	9,532 [4,49]	8,92	10,13	0,331
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	10.256,22 [1.328,31]	10.083,85	10.428,58	9.911,16 [1.245,2]	9.772,35	10.049,96	0,002*
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	109,97 [10,3]	108,17	111,77	107,5 [11,53]	106,05	108,952	0,036*

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

nivel de fatiga significativamente más elevados ($2,22 \pm 0,80$ vs. $2,03 \pm 0,69$; $p=0,015$) (Figura 16). También se observó que estos jugadores completaron más metros totales y con mayor densidad ($109,97 \pm 10,30$ vs. $107,50 \pm 11,53$; $p=0,036$) (Figura 17). En aquellos jugadores que habían jugado menos de 60 minutos, también se observó que la CK postpartido era mayor en los que jugaban el partido en semana larga comparado con los que lo hacían en la semana corta. ($556,65 \pm 291,10$ vs. $384,47 \pm 163,87$; $p=0,029$).

de wellbeing y datos de carga externa entre partidos de semana corta y larga en jugadores

< 60 MINUTOS JUGADOS

Media [DS]	95%IC		Media [DS]	95%IC		p valor [†]
	Inferior	Superior		Inferior	Superior	
372,51 [233,83]	309,87	435,15	357,74 [197,96]	308,89	406,58	0,713
384,47 [163,88]	260,040	508,902	556,66 [291,11]	465,96	647,35	0,029*
80,48 [8,49]	78,00	82,96	80,9 [8,78]	78,92	82,89	0,790
69,94 [7,01]	68,10	71,78	70,13 [7,14]	68,69	71,57	0,872
13,17 [1,41]	12,76	13,58	13,11 [1,68]	12,79	13,44	0,835
2,06 [0,89]	1,84	2,29	1,95 [0,73]	1,76	2,13	0,432
2,15 [0,8]	1,95	2,34	2,01 [0,58]	1,86	2,17	0,290
2,06 [0,7]	1,85	2,28	2,09 [0,77]	1,92	2,26	0,823
7,29 [0,92]	7,00	7,58	7,56 [1,06]	7,33	7,79	0,151
2,1 [0,95]	1,86	2,35	2,03 [0,79]	1,83	2,22	0,625
314,69 [231,08]	259,30	370,08	301,58 [202,11]	258,30	344,86	0,713
13,6 [9,86]	11,417	15,781	12,7244 [7,396]	11,019	14,429	0,534
2.937,24 [1.846,97]	2.480,11	3.394,37	2.936,72 [1.708,45]	2.579,54	3.293,90	0,999
113,91 [14,84]	109,431	118,387	113,2635 [18,5747]	109,765	116,762	0,823

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de U Mann Whitney; *Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); *p valor <0,05.

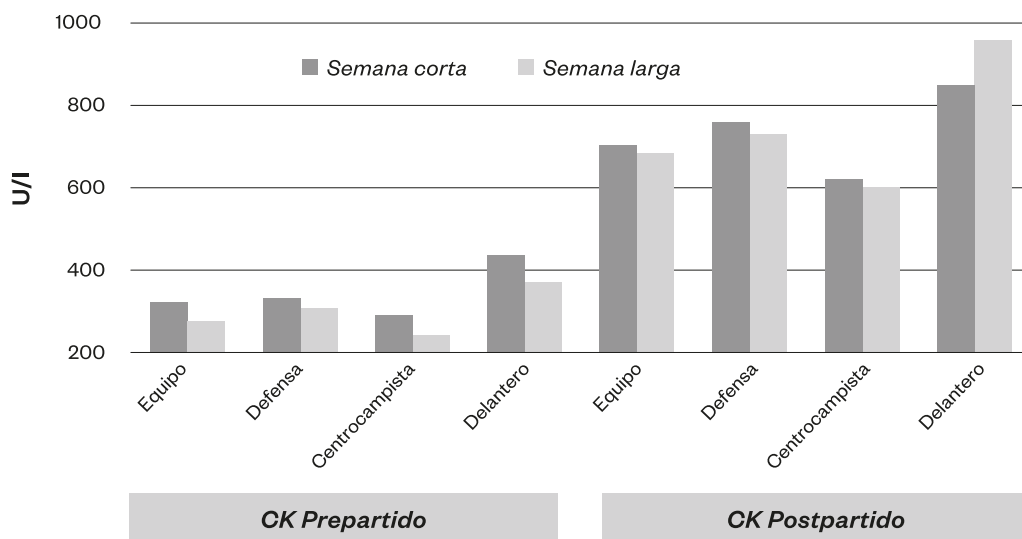


Figura 15. Daño muscular a través del análisis de la CK en partidos de semana corta contra partidos de semana larga en jugadores de fútbol que han completado más de 60 minutos relacionados con su posición.

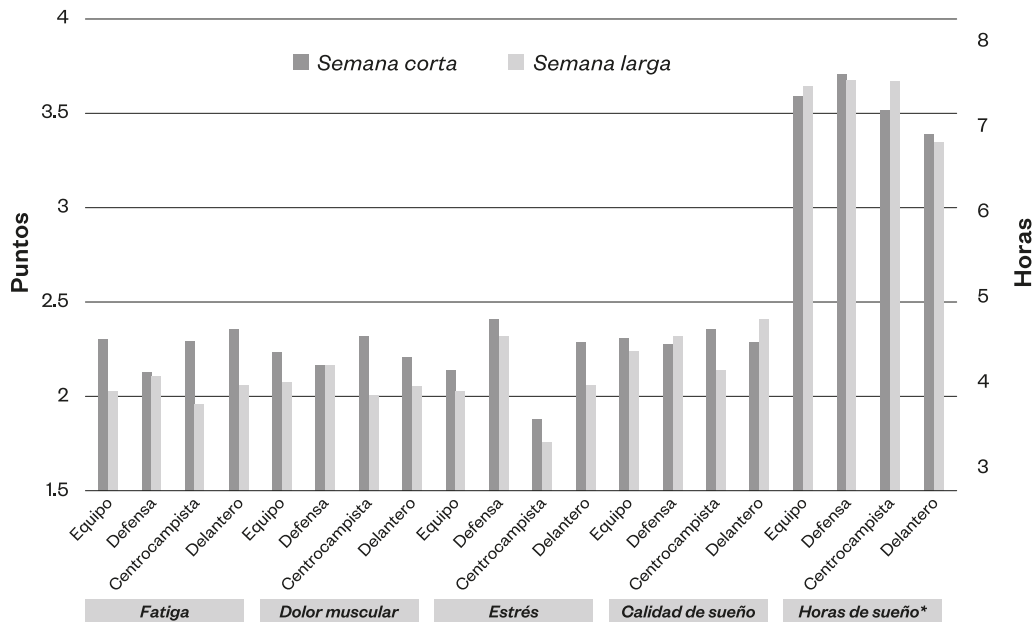


Figura 16. Análisis de los datos del Cuestionario wellbeing en partidos de semana corta contra partidos de semana larga en jugadores de fútbol que han completado más de 60 minutos relacionados con su posición. (*) Las horas de sueño se representan en el eje de la derecha.

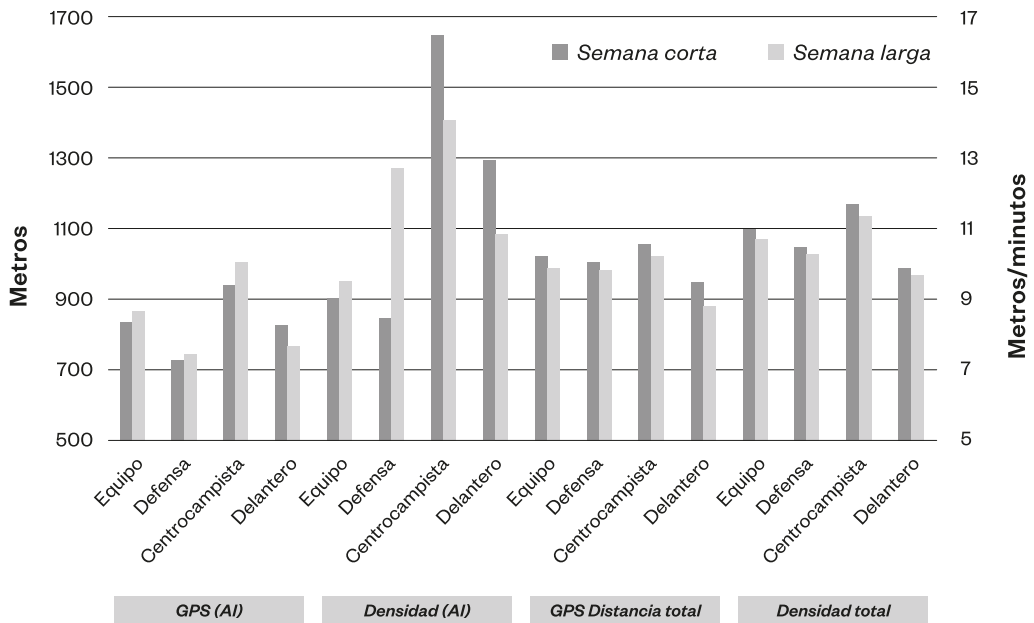


Figura 17. Análisis de los datos de carga externa de en partidos de semana corta contra partidos de semana larga en jugadores de fútbol que han completado más de 60 minutos relacionados con su posición. (1) Para representar los datos la distancia total y la densidad total han sido divididos entre 10. (*) Los datos de alta intensidad y los de distancia total han sido representados en el eje de la derecha. AI, alta intensidad.

6.1.6 Análisis de la muestra por posición y por minutos de juego y por tipo de semana

Relacionado con la posición de juego, nuestros resultados claramente muestran que los centrocampistas tenían valores de CK prepartido más elevados en semanas cortas que en semanas largas ($295,17 \pm 185,26$ vs. $240,58 \pm 134,97$; $p=0,045$) (Figura 11). De la misma manera, la fatiga ($2,29 \pm 0,25$ vs. $1,96 \pm 0,76$; $p=0,003$), el dolor muscular de los centrocampistas ($2,32 \pm 0,88$ vs. $2,01 \pm 0,74$; $p=0,006$) y la distancia total ($10.592,38 \pm 10.592,38$ vs. $10.233,59 \pm 1482,91$; $p=0,033$) en el partido eran también más altos en semana con más de un partido que en semana con un solo partido (Figura 12). Contrariamente, no se encontraron diferencias significativas entre los defensas ni entre los delanteros ($p>0,05$). Estos resultados se pueden observar en la Tabla 7 (188).

Tabla 7. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de fútbol que han completado más o menos de 60 minutos dependiendo de la posición de

		> 60 MINUTOS JUGADOS								
		Semana Corta / Multipartido			Semana Larga / Unipartido					
		Media [DS]	95%IC		p valor [†]	Media [DS]	95%IC		p valor [†]	p valor [*]
			Inferior	Superior			Inferior	Superior		
CK PREPARTIDO (U/l)	DEFENSA	337,21[199,13]	293,91	380,50		311,48[147,84]	275,62	347,34		0,369
	CENTROCAMPISTA	295,17[185,26]	254,23	336,10	0,004*	240,58[134,97]	206,46	274,70	0,027*	0,045*
	DELANTERO	438,27[143,76]	338,00	538,55		372,68[299,01]	272,41	472,96		0,364
CK POSTPARTIDO (U/l)	DEFENSA	758,57[441,35]	666,34	850,80		730,57[342,7]	647,29	813,85		0,658
	CENTROCAMPISTA	622,19[263,61]	529,96	714,42	0,005*	600,3[243,2]	515,71	684,90	0,046*	0,731
	DELANTERO	849,6[495,83]	637,27	1061,93		958,78[442,41]	734,96	1182,59		0,486
PESO (Kg)	DEFENSA	81,07[5,89]	79,74	82,40		81,12[5,76]	80,05	82,19		0,956
	CENTROCAMPISTA	76,5[5,13]	75,24	77,76	0,000*	75,93[4,99]	74,88	76,97	0,000*	0,469
	DELANTERO	88,13[6,72]	85,21	91,05		89,76[7,21]	87,10	92,41		0,657
MASA MAGRA (Kg)	DEFENSA	70,12[52,99]	69,04	71,20		70,52[53,17]	69,66	71,38		0,570
	CENTROCAMPISTA	65,91[44,29]	64,87	66,94	0,000*	65,86[43,45]	65,03	66,69	0,000*	0,951
	DELANTERO	78,97[58,2]	76,95	80,99		80,51[52,96]	78,77	82,24		0,258
% GRASA DEXA	DEFENSA	13,38[1,36]	13,07	13,69		13,04[1,4]	12,79	13,29		0,091*
	CENTROCAMPISTA	13,34[1,5]	13,04	13,64	0,538	13,42[1,47]	13,18	13,66	0,000*	0,691
	DELANTERO	13,71[1,42]	13,12	14,29		14,16[1,3]	13,65	14,66		0,253
FATIGA [§]	DEFENSA	2,13[0,616]	1,96	2,31		2,11[0,593]	1,97	2,26		0,888
	CENTROCAMPISTA	2,29[0,955]	2,13	2,46	0,332	1,96[0,765]	1,82	2,10	0,327	0,003*
	DELANTERO	2,36[0,745]	1,97	2,75		2,06[0,748]	1,71	2,41		0,264
DOLOR MUSCULAR [§]	DEFENSA	2,17[0,766]	2,00	2,35		2,17[0,642]	2,03	2,32		0,983
	CENTROCAMPISTA	2,32[0,888]	2,15	2,49	0,501	2,01[0,748]	1,87	2,15	0,284	0,006*
	DELANTERO	2,21[0,699]	1,82	2,61		2,06[0,748]	1,70	2,42		0,567

de wellbeing y datos de carga externa entre partidos de semana corta y larga en jugadores juego.

< 60 MINUTOS JUGADOS

Semana Corta / Multipartido				Semana Larga / Unipartido					
Media [DS]	95%IC		p valor [†]	Media [DS]	95%IC		p valor [†]	p valor [‡]	
	Inferior	Superior			Inferior	Superior			
347,73[209,03]	224,72	470,74		303,46[102,69]	190,31	416,61		0,601	
316,46[210]	233,18	399,74	0,020*	341,38[236,81]	276,05	406,71	0,218	0,642	
534,3[260,48]	405,29	663,31		418,82[149,97]	331,84	505,80		0,144	
456[167,04]	213,24	698,76		301,33[135,15]	58,57	544,09		0,369	
297,4[134,05]	164,43	430,37	0,114	464,63[264,1]	368,17	561,10	0,000*	0,046*	
548,5[66,74]	338,26	758,74		808,1[196,17]	675,13	941,07		0,041*	
83,01[6,42]	79,95	86,07		83,29[7,06]	80,34	86,24		0,897	
73,83[4,89]	71,48	76,18	0,000*	74,2[4,16]	72,36	76,04	0,000*	0,808	
89,19[5,41]	86,13	92,25		89,22[6,55]	87,02	91,43		0,986	
72,19[56,08]	69,65	74,74		71,26[58,72]	69,07	73,44		0,583	
64,87[42,97]	63,07	66,67	0,000*	64,72[42,89]	63,27	66,17	0,000*	0,894	
76,84[48,2]	74,46	79,22		76,54[48,88]	74,88	78,20		0,837	
13,1[1,48]	12,26	13,94		13,48[1,15]	12,75	14,20		0,091	
13,09[1,74]	12,49	13,68	0,830	13,13[2,14]	12,65	13,61	0,436	0,691	
13,38[0,47]	12,59	14,17		12,88[1,18]	12,33	13,43		0,253	
2,23[0,832]	1,80	2,66		1,71[0,469]	1,30	2,12		0,086	
1,91[0,971]	1,58	2,24	0,440	1,78[0,722]	1,52	2,03	0,015*	0,533	
2,15[0,801]	1,73	2,58		2,32[0,748]	2,01	2,63		0,532	
2[0,707]	1,64	2,36		1,71[0,469]	1,36	2,06		0,264	
2,14[0,941]	1,86	2,42	0,495	1,94[0,583]	1,73	2,16	0,029*	0,286	
2,31[0,63]	1,94	2,67		2,28[0,542]	2,02	2,54		0,903	

Tabla 7. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario de fútbol que han completado más o menos de 60 minutos dependiendo de la posición de

		> 60 MINUTOS JUGADOS								
		Semana Corta / Multipartido			Semana Larga / Unipartido					
		Media [DS]	95%IC		p valor [†]	Media [DS]	95%IC		p valor [†]	p valor [‡]
			Inferior	Superior			Inferior	Superior		
CALIDAD DEL SUEÑO [§]	DEFENSA	2,28[0,666]	2,10	2,45		2,32[0,686]	2,18	2,47		0,677
	CENTROCAMPISTA	2,36[0,816]	2,19	2,53	0,785	2,14[0,829]	2,00	2,28	0,118	0,047*
	DELANTERO	2,29[0,825]	1,89	2,68		2,41[0,87]	2,05	2,77		0,642
HORAS DE SUEÑO	DEFENSA	7,43[0,757]	7,21	7,66		7,36[0,81]	7,18	7,55		0,627
	CENTROCAMPISTA	7,05[1,24]	6,83	7,27	0,016*	7,35[0,933]	7,16	7,53	0,030*	0,045*
	DELANTERO	6,79[1,251]	6,28	7,29		6,71[1,213]	6,24	7,17		0,819
ESTRÉS [§]	DEFENSA	2,41[1,129]	2,15	2,66		2,32[1,221]	2,11	2,53		0,628
	CENTROCAMPISTA	1,88[1,052]	1,63	2,13	0,014*	1,76[1,04]	1,56	1,97	0,001*	0,477
	DELANTERO	2,29[0,726]	1,71	2,86		2,06[0,748]	1,54	2,58		0,565
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	DEFENSA	729,76[261,54]	655,17	804,36		743,78[372,68]	684,34	803,22		0,773
	CENTROCAMPISTA	941,65[280,86]	870,12	1013,18	0,000*	1006,62[397,68]	949,41	1063,83	0,000*	0,164
	DELANTERO	831,24[221,88]	692,12	970,36		768[316,79]	648,17	887,83		0,499
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	DEFENSA	8,51[6,11]	4,18	12,84		12,77[11,84]	9,05	16,48		0,143
	CENTROCAMPISTA	16,5[10,55]	13,44	19,56	0,013*	14,11[6,56]	11,64	16,58	0,239*	0,232
	DELANTERO	12,96[9,81]	8,91	17,01		10,88[4,37]	8,06	13,70		0,407
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	DEFENSA	10.102,58[974,54]	9.834,37	10.370,79		9.828,42[723,99]	9.614,71	10.042,14		0,117
	CENTROCAMPISTA	10.592,38[1.545,06]	10.335,18	10.849,57	0,000*	10.233,59[1.482,91]	10.027,88	10.439,30	0,000*	0,033*
	DELANTERO	9.519,08[1.146,78]	9.018,86	10.019,29		8.832,93[1.144,97]	8.402,07	9.263,80		0,042*
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	DEFENSA	105,22[6,86]	103,23	107,21		103,3[7,52]	101,72	104,89		0,140
	CENTROCAMPISTA	117,17[8,83]	115,26	119,08	0,000*	113,75[11,95]	112,23	115,28	0,000*	0,006
	DELANTERO	99,24[5,47]	95,53	102,95		97,11[7,35]	93,92	100,31		0,393

OK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

de wellbeing y datos de carga externa entre partidos de semana corta y larga en jugadores juego.

< 60 MINUTOS JUGADOS

Semana Corta / Multipartido				Semana Larga / Unipartido				
Media [DS]	95%IC		p valor [†]	Media [DS]	95%IC		p valor [†]	p valor [‡]
	Inferior	Superior			Inferior	Superior		
2,15[0,689]	1,75	2,56		1,86[0,363]	1,47	2,24		0,294
1,91[0,684]	1,60	2,22	0,397	1,97[0,878]	1,73	2,21	0,036*	0,750
2,23[0,725]	1,83	2,63		2,4[0,707]	2,11	2,69		0,500
7,31[0,751]	6,78	7,84		8,07[0,829]	7,56	8,58		0,042*
7,5[0,673]	7,09	7,91	0,234	7,72[1,003]	7,41	8,04	0,003*	0,395
6,92[1,32]	6,39	7,45		7,04[1,06]	6,66	7,42		0,723
1,92[1,038]	1,46	2,39		2[0,784]	1,55	2,45		0,813
2,05[1,046]	1,69	2,40	0,347	1,83[0,845]	1,55	2,11	0,090*	0,355
2,38[0,65]	1,92	2,85		2,32[0,627]	1,99	2,65		0,823
199,77[180,91]	91,06	308,47		277,11[174,58]	183,80	370,42		0,288
411,68[239,08]	334,81	488,54	0,003*	342,2[225,77]	280,18	404,23	0,214	0,167
245,52[191,49]	143,84	347,20		262,74[178,39]	191,94	333,54		0,784
7,6[2,71]	6,78	8,42		7,91[4,24]	7,26	8,56		0,562
10,48[2,96]	9,70	11,26	0,000*	11,25[4,29]	10,62	11,88	0,000*	0,132
8,67[2,17]	7,15	10,19		8,55[3,67]	7,24	9,87		0,910
2.686,68[1776,43]	1.780,47	3592,89		3.391,99[1.952,37]	2.614,11	4.169,88		0,245
3.574,72[2049,72]	2.933,93	4215,51	0,016*	3.069,79[1.723,82]	2.552,71	3.586,87	0,159	0,228
2.040,89[995,67]	1.193,20	2888,57		2.501,2[1.478,93]	1.910,95	3.091,45		0,380
105,22[6,86]	103,23	107,21		103,3[7,52]	101,72	104,89		0,140
117,17[8,83]	115,26	119,08	0,000*	113,75[11,95]	112,23	115,28	0,000*	0,006*
99,24[5,47]	95,53	102,95		97,11[7,35]	93,92	100,31		0,393

[†]p valor: Basado en ANOVA multivariante, test dependiente de los sujetos según la posición de juego; [‡]p valor: basado en ANOVA, comparación por parejas entre semana corta y semana larga; § Cuestionario Wellbeing, valores en la escala de Likert (valores 1-5: 1-muy buenos valores y 5-muy malos). *p valor <0,05.

6.1.7 Análisis de la muestra por raza

Al analizar las variables según la variable dicotómica raza, véase la Tabla 8, se observó que no había diferencias entre los minutos jugados entre ambos grupos. Los jugadores de raza negra tuvieron niveles de CK pre y postpartido significativamente más altos ($p < 0,001$), a pesar de que los datos tanto de metros totales como de

Tabla 8. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Raza
MINUTOS JUGADOS (min)	BLANCA
	NEGRA
CK PREPARTIDO (U/l)	BLANCA
	NEGRA
CK POSTPARTIDO (U/l)	BLANCA
	NEGRA
PESO (Kg)	BLANCA
	NEGRA
MASA MAGRA (Kg)	BLANCA
	NEGRA
% GRASA DEXA	BLANCA
	NEGRA
FATIGA [‡]	BLANCA
	NEGRA
DOLOR MUSCULAR [‡]	BLANCA
	NEGRA
CALIDAD DE SUEÑO [‡]	BLANCA
	NEGRA
HORAS DE SUEÑO	BLANCA
	NEGRA
ESTRÉS [‡]	BLANCA
	NEGRA
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	BLANCA
	NEGRA
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	BLANCA
	NEGRA
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	BLANCA
	NEGRA
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	BLANCA
	NEGRA

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

distancia a alta intensidad eran mayores en los de raza blanca que en los de raza negra. Los jugadores de raza blanca tenían menos peso y masa magra que los de raza negra ($p < 0,001$), pero tenían más porcentaje de grasa ($p < 0,001$). Tanto la fatiga como el dolor muscular es menor en jugadores de raza blanca que los de raza negra. En cuanto a los parámetros de sueño se observó que también era mejor en los jugadores de raza blanca que en los de raza negra ($p = 0,015$). El estrés reportado por los jugadores de raza blanca fue mayor que los de raza negra ($p = 0,013$).

de wellbeing y datos de carga externa según raza.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
363	76,24	28,49	73,30	79,18	0,322
346	71,79	33,32	68,27	75,31	
342	269,14	153,39	252,82	285,45	<0,001*
255	423,40	209,87	397,52	449,29	
178	580,06	323,60	532,19	627,92	<0,001*
129	772,43	341,21	712,99	831,88	
386	78,23	6,70	77,56	78,90	<0,001*
329	82,42	7,66	81,59	83,25	
449	67,58	5,97	67,02	68,13	<0,001*
420	71,97	6,70	71,33	72,61	
449	13,78	1,62	13,63	13,93	<0,001*
420	13,04	1,39	12,91	13,18	
386	2,03	0,80	1,95	2,11	0,002*
331	2,21	0,80	2,13	2,30	
386	2,07	0,78	1,99	2,15	0,012*
331	2,21	0,75	2,13	2,30	
386	2,13	0,75	2,06	2,21	0,015*
331	2,28	0,83	2,19	2,37	
386	7,48	0,85	7,39	7,56	<0,001*
331	7,08	1,15	6,95	7,20	
386	2,21	1,20	2,09	2,33	0,013*
331	1,92	0,88	1,82	2,01	
364	716,19	404,36	674,51	757,86	<0,001*
349	634,69	415,15	590,98	678,40	
363	9,88	5,44	9,32	10,44	0,155
349	9,66	5,79	9,04	10,27	
364	8.290,78	3.195,18	7.961,44	8.620,12	0,006*
349	7.602,95	3.621,43	7.221,69	7.984,22	
363	109,93	15,09	108,37	111,49	<0,001*
349	107,35	13,99	105,87	108,82	

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de U Mann Whitney; *Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); *p valor <0,05.

6.1.8 Análisis de la muestra por el hecho de jugar o no jugar

Se realizó un análisis sobre las diferentes variables entre los jugadores que jugaron y no jugaron el partido, véase Tabla 9, y se observó que los niveles de CK prepartido eran iguales entre ambos grupos ($p=0,382$). Aunque sí que había una

Tabla 9. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Jugar
CK PREPARTIDO (U/l)	SI
	NO
PESO (Kg)	SI
	NO
MASA MAGRA (Kg)	SI
	NO
% GRASA DEXA	SI
	NO
FATIGA [‡]	SI
	NO
DOLOR MUSCULAR [‡]	SI
	NO
CALIDAD DE SUEÑO [‡]	SI
	NO
HORAS DE SUEÑO	SI
	NO
ESTRÉS [‡]	SI
	NO

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

diferencia significativa en el peso entre los que jugaron y los que no jugaron ($p=0,020$), no se observaron diferencias ni en porcentaje de masa grasa ni magra. Aquellos jugadores que jugaron el partido tenían más fatiga ($p=0,001$) y dolor muscular ($p<0,001$) que aquellos que no jugaron. El nivel de estrés entre ambos grupos fue parejo ($p=0,451$), aunque durmieron más horas los que no jugaron la calidad del sueño fue peor.

de wellbeing y datos de carga externa según jugar o no jugar el partido.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
507	332,60	196,25	315,47	349,72	0,382
90	348,73	189,00	309,14	388,31	
581	79,86	7,21	79,27	80,45	0,020*
134	81,47	8,33	80,05	82,89	
713	69,53	6,65	69,04	70,01	0,052
156	70,51	6,90	69,42	71,60	
713	13,39	1,53	13,28	13,50	0,241
156	13,58	1,68	13,32	13,85	
582	2,16	0,79	2,09	2,22	0,001*
135	1,93	0,83	1,79	2,07	
582	2,19	0,76	2,13	2,25	<0,001*
135	1,91	0,78	1,78	2,04	
582	2,28	0,77	2,21	2,34	<0,001*
135	1,87	0,78	1,74	2,01	
582	7,25	1,02	7,17	7,33	0,009*
135	7,48	1,01	7,31	7,65	
582	2,08	1,06	1,99	2,17	0,451
135	2,04	1,13	1,85	2,24	

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de U Mann Whitney; *Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); *p valor <0,05.

6.1.9 Análisis de la muestra por lugar del partido

Los resultados de la Tabla 10 presentan las diferencias de la muestra según si se jugaba el partido en casa o fuera. En cuanto a los minutos jugados se jugaban más en casa que fuera, luego se hacían los cambios más tarde en casa ($p=0,026$). Los niveles

Tabla 10. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Lugar
MINUTOS JUGADOS (min)	CASA
	FUERA
CK PREPARTIDO (U/l)	CASA
	FUERA
CK POSTPARTIDO (U/l)	CASA
	FUERA
PESO (Kg)	CASA
	FUERA
MASA MAGRA (Kg)	CASA
	FUERA
% GRASA DEXA	CASA
	FUERA
FATIGA [‡]	CASA
	FUERA
DOLOR MUSCULAR [‡]	CASA
	FUERA
CALIDAD DE SUEÑO [‡]	CASA
	FUERA
HORAS DE SUEÑO	CASA
	FUERA
ESTRÉS [‡]	CASA
	FUERA
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	CASA
	FUERA
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	CASA
	FUERA
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	CASA
	FUERA
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	CASA
	FUERA

CK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

de CK eran los mismos tanto en partidos en casa como fuera de casa. Los valores antropométricos y los valores subjetivos no variaban dependiendo de la localización del partido. Aunque los valores absolutos de carga externa eran similares en ambos grupos de partidos la densidad de metros por minuto tanto totales ($p=0,003$) como de alta intensidad eran mayores en los partidos fuera ($p=0,049$).

de wellbeing y datos de carga externa según el lugar del encuentro.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
319	78,27	30,00	74,96	81,57	0,026*
338	73,44	31,40	70,08	76,80	
272	323,53	186,47	301,27	345,79	0,538
285	332,05	201,09	308,61	355,50	
171	685,94	355,83	632,22	739,65	0,479
132	628,08	328,05	571,59	684,56	
343	79,91	7,11	79,16	80,67	0,543
326	80,30	7,67	79,46	81,13	
398	69,63	6,53	68,99	70,27	0,987
413	69,78	6,83	69,12	70,44	
398	13,31	1,51	13,16	13,46	0,483
413	13,43	1,54	13,28	13,58	
344	2,10	0,78	2,02	2,19	0,935
327	2,07	0,80	1,98	2,15	
344	2,12	0,75	2,04	2,20	0,991
327	2,11	0,78	2,02	2,19	
344	2,20	0,75	2,12	2,28	0,979
327	2,17	0,83	2,08	2,26	
344	7,28	1,07	7,16	7,39	0,666
327	7,36	0,96	7,25	7,46	
344	2,08	1,17	1,97	2,20	1
327	2,06	1,07	1,95	2,18	
323	688,22	350,43	649,85	726,57	0,422
338	720,74	452,46	672,33	769,15	
319	9,50	4,56	9,00	10,00	0,049*
338	10,65	6,34	9,97	11,33	
323	8.335,42	3.249,44	7.979,71	8.691,13	0,304
338	8.039,37	3.449,33	7.670,32	8.408,43	
319	108,72	12,48	107,35	110,10	0,003*
338	110,83	13,13	109,43	112,24	

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de U Mann Whitney; *Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); *p valor <0,05.

6.1.10 Análisis de la muestra por resultado del partido

En el análisis dependiendo del resultado del partido (Tabla 11) se observó que no había diferencia en ninguno de los parámetros excepto en la calidad de sueño ($p=0,028$),

Tabla 11. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Resultado
MINUTOS JUGADOS	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
CK PREPARTIDO (U/l)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
CK POSTPARTIDO (U/l)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
PESO (Kg)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
MASA MAGRA (Kg)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
% GRASA DEXA	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
FATIGA [‡]	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO

siendo peor el día previo a ganar el partido y durmiendo menos horas. También se observó que se tenía mayor porcentaje de grasa cuando se ganaban los partidos. Es importante añadir que se corrían menos metros ($p=0,011$) y con menos intensidad ($p=0,013$) los partidos que se ganaban, que aquellos que se perdían o se empataban.

de wellbeing y datos de carga externa según resultado del partido.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
297	74,17	29,86	70,76	77,58	0,097
159	77,68	29,66	73,03	82,32	
248	70,98	32,62	66,90	75,06	
225	329,58	199,56	303,36	355,79	0,406
160	328,89	191,14	299,04	358,73	
206	347,47	194,15	320,80	374,14	
139	632,47	323,62	578,19	686,74	0,493
82	702,18	380,44	618,59	785,78	
85	672,48	337,87	599,61	745,36	
283	80,27	7,47	79,40	81,14	0,906
175	80,23	7,50	79,11	81,35	
239	79,96	7,42	79,01	80,90	
346	69,77	6,71	69,06	70,48	0,884
217	69,92	6,70	69,02	70,82	
286	69,53	6,72	68,75	70,32	
346	13,45	1,48	13,29	13,61	0,007*
217	13,16	1,57	12,95	13,37	
286	13,60	1,61	13,41	13,79	
284	2,11	0,80	2,02	2,21	0,136
175	2,02	0,76	1,91	2,14	
239	2,20	0,84	2,09	2,30	

Tabla 11. Análisis comparativo de los valores de daño muscular, antropométricos, cuestionario

	Resultado
DOLOR MUSCULAR[‡]	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
CALIDAD DE SUEÑO[‡]	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
HORAS DE SUEÑO	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
ESTRÉS[‡]	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
GPS ALTA INTENSIDAD (m)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
DENSIDAD ALTA INTENSIDAD (m/min)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
GPS DISTANCIA TOTAL (m)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO
DENSIDAD DISTANCIA TOTAL (m/min)	PERDIDO
	EMPATADO
	GANADO

OK, creatinquinasa; kg, kilogramos; GPS, Sistema de Posicionamiento Global; m, metros; min, minutos; DS, desviación estándar; IC, intervalo de confianza.

de wellbeing y datos de carga externa según resultado del partido.

n	Media	DS	95%IC		p valor [†]
			Inferior	Superior	
284	2,19	0,81	2,09	2,28	0,067
175	2,03	0,70	1,92	2,13	
239	2,19	0,78	2,09	2,29	
284	2,19	0,77	2,10	2,28	0,028*
175	2,09	0,78	1,98	2,21	
239	2,30	0,82	2,20	2,41	
284	7,34	0,97	7,22	7,45	0,018*
175	7,42	1,00	7,27	7,57	
239	7,14	1,08	7,00	7,28	
284	2,04	1,03	1,92	2,16	0,854
175	2,13	1,14	1,96	2,30	
239	2,05	1,05	1,92	2,19	
297	729,16	437,30	679,22	779,09	0,013*
159	662,29	320,19	612,14	712,44	
249	629,36	428,50	575,88	682,85	
297	10,14	4,63	9,61	10,67	0,012*
159	9,52	5,51	8,65	10,38	
248	9,57	6,67	8,74	10,41	
297	8.066,26	3.311,19	7.688,14	8.444,39	0,011*
159	8.497,86	3.228,89	7.992,10	9.003,62	
249	7.481,26	3.627,78	7.028,45	7.934,07	
297	109,46	13,30	107,94	110,98	0,320
159	110,46	11,28	108,69	112,23	
248	106,88	17,51	104,69	109,07	

[†]p valor: análisis de la intergrupo mediante la prueba de Kruskal Wallis; ^{*}Cuestionario Wellbeing, puntuado en los cinco puntos de la escala Likert (valores 1-5: 1- muy buen estado y 5 muy malo); ^{*}p valor <0,05.

6.2

Correlaciones

6.2.1 Correlaciones de la muestra

Los jugadores que *juegan más minutos* tienen la CK prepartido más baja ($n = 503$, $p < 0,001$; $r = -0,205$) pero la CK post partido es más alta ($n = 306$, $p < 0,001$; $r = 0,236$). Lógicamente, cuantos más minutos juegan más metros totales recorren ($n = 709$, $p < 0,001$; $r = 0,961$) y más metros a alta intensidad ($n = 709$, $p < 0,001$; $r = 0,621$). A su vez, a mayores minutos jugados, menor es la densidad en metros totales ($n = 709$, $p < 0,001$; $r = -0,153$) y en metros a alta intensidad ($n = 709$, $p < 0,001$; $r = -0,258$).

Los jugadores que tienen los niveles de CK prepartido más alta tienen los niveles de CK postpartido más alta ($n = 270$, $p < 0,001$; $r = 0,420$). Estos jugadores también tienen un peso mayor ($n = 502$, $p < 0,001$; $r = 0,183$), más cantidad de masa magra ($n = 597$, $p < 0,001$, $r = -0,223$) y menos porcentaje de grasa corporal ($n = 597$, $p < 0,001$, $r = 0,183$). Existe una correlación trivial entre los niveles de CK prepartido y el dolor muscular referido ($n = 503$, $p = 0,039$; $r = 0,092$). Los jugadores con CK prepartido más baja recorren más metros a alta intensidad ($n = 507$, $p = 0,003$, $r = -0,133$) y más metros totales ($n = 507$, $p < 0,001$, $r = -0,210$).

Los jugadores con nivel de CK postpartido más altos, además de tener la CK prepartido más alta también tienen las mismas correlaciones antropométricas que las prepartido, en peso ($n = 269$, $p < 0,001$, $r = 0,216$), porcentaje de grasa ($n = 307$, $p = 0,001$, $r = -0,192$) y masa magra ($n = 307$, $p < 0,001$, $r = 0,186$). Cuantos más metros a alta intensidad ($n = 307$, $p < 0,001$, $r = 0,195$) (Figura 18) y más metros totales recorridos ($n = 307$, $p < 0,001$, $r = 0,219$) (Figura 19) mayor es el nivel de CK postpartido.

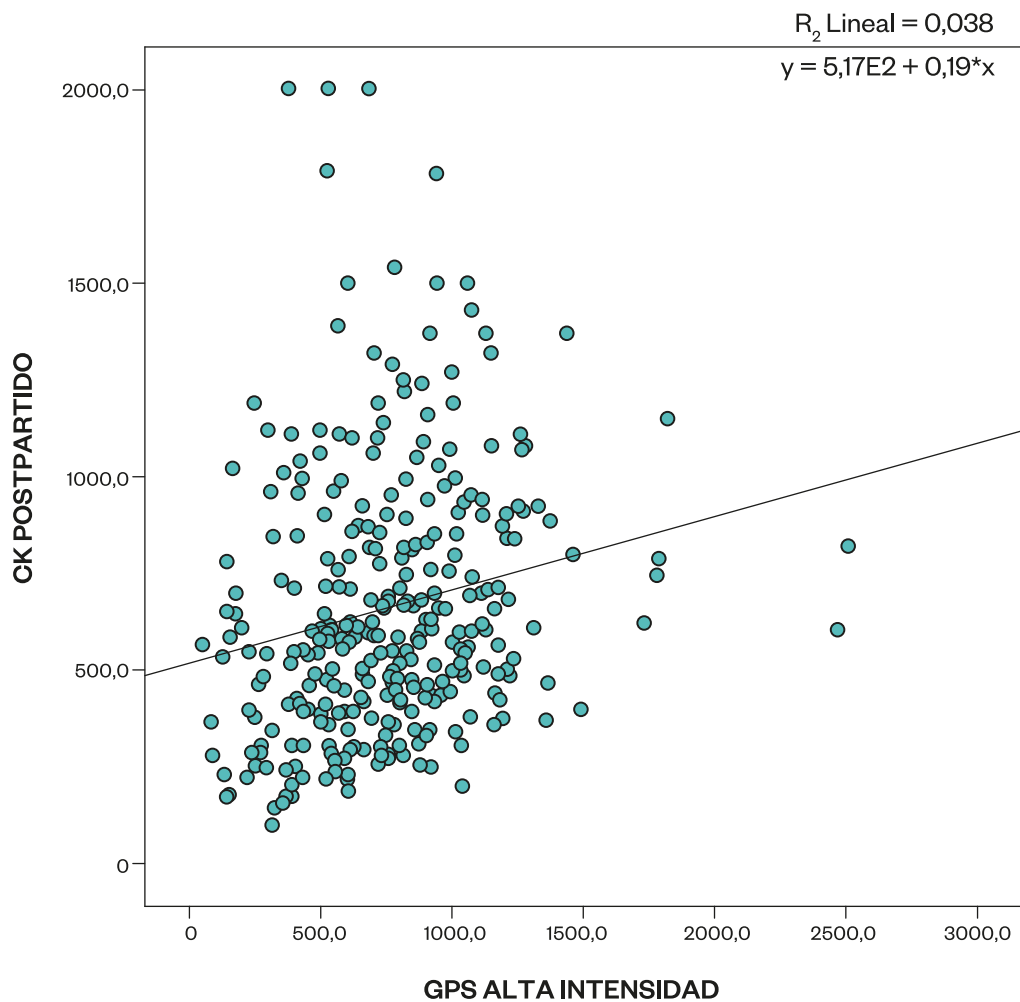


Figura 18. Correlación entre los datos de CK Postpartido y la distancia recorrida a alta intensidad.

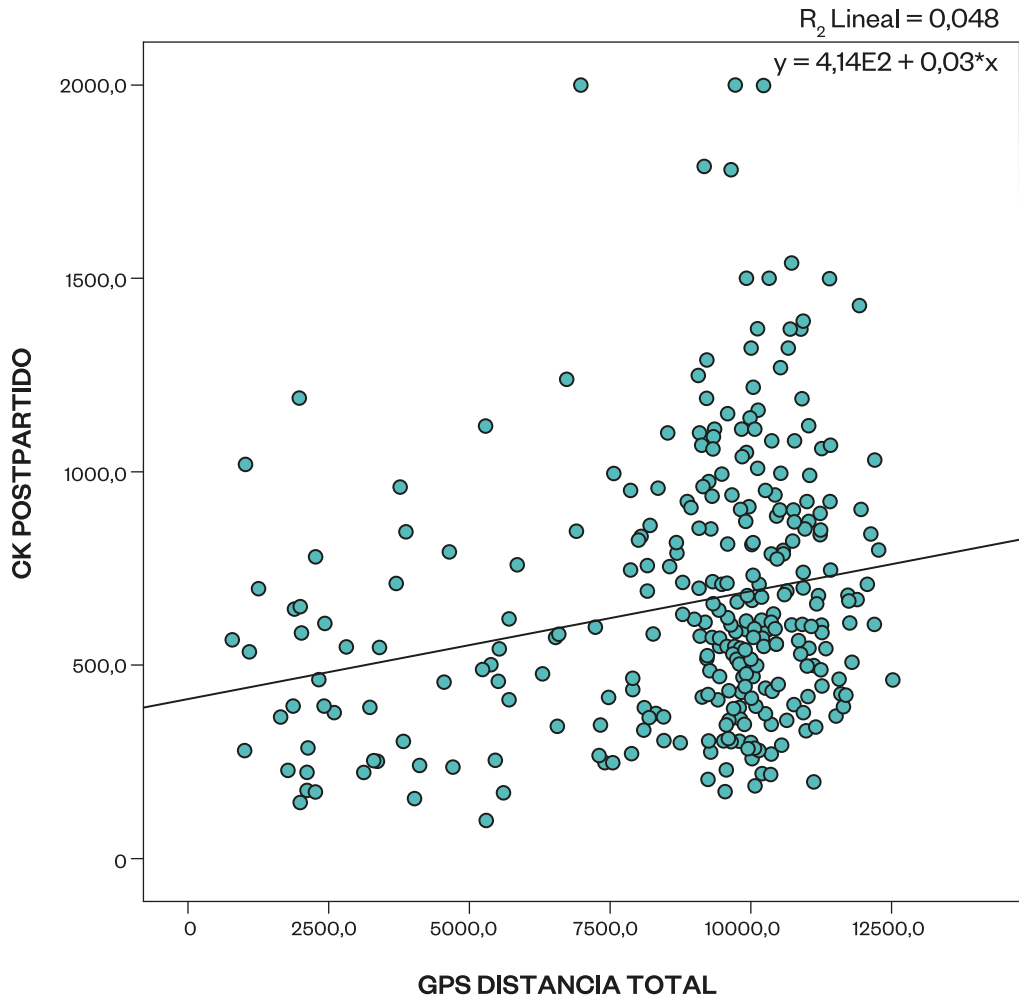


Figura 19. Correlación entre los datos de CK Postpartido y la distancia total recorrida.

En cuanto al *peso*, además de lo expuesto anteriormente de su correlación con CK pre y post partido, los jugadores con mayor peso referían peor calidad de sueño ($n = 715$, $p = 0,003$, $r = 0,111$) y menos horas de sueño ($n = 715$, $p = 0,001$, $r = -0,123$). En su relación con los datos del GPS del partido, los jugadores con mayor peso corrían menos metros a alta intensidad ($n = 581$, $p < 0,001$, $r = -0,249$), menos metros totales ($n = 581$, $p < 0,001$, $r = -0,144$) y menor densidad en metros a alta intensidad ($n = 578$, $p < 0,001$, $r = -0,238$) y densidad en metros totales recorridos por minuto ($n = 578$, $p < 0,001$, $r = -0,302$). El peso tiene una correlación casi perfecta con la cantidad de masa magra ($n = 715$, $p < 0,001$, $r = 0,975$).

Los jugadores que reportaron *niveles de fatiga* más altos también mencionaron tener el dolor muscular más alto ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = 0,803$), peor calidad de sueño ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = 0,653$), mayor estrés ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = 0,500$) y menos horas de sueño ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = -0,499$). A su vez, los jugadores con nivel subjetivo de fatiga más alto tuvieron peores resultados en densidad de metros a alta intensidad ($n = 579$, $p < 0,001$, $r = -0,149$), y en la densidad de metros totales recorridos por minuto ($n = 579$, $p < 0,001$, $r = -0,105$).

Los jugadores que reportaron un *dolor muscular* más alto también reportaron peor calidad de sueño ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = 0,616$) menos horas de sueño ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = -0,444$) y mayor nivel de estrés ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = 0,541$). Al igual que con los niveles de fatiga, los jugadores que refirieron mayor dolor muscular tuvieron valores más bajos en la densidad de metros a alta intensidad ($n = 579$, $p = 0,001$, $r = -0,143$) y en la densidad de metros totales recorridos ($n = 579$, $p = 0,007$, $r = -0,112$) en el partido.

Respecto al *sueño*, los jugadores que tenían peor calidad de sueño dormían menos horas ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = -0,622$), y tenían más alto el nivel de estrés ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = 0,419$). Cabe destacar que los jugadores con peor calidad de sueño tuvieron menor densidad tanto en los metros a alta intensidad ($n = 579$, $p < 0,001$, $r = -0,147$), como en los metros totales recorridos por minuto ($n = 579$, $p < 0,001$, $r = -0,157$). Los jugadores que dormían menos horas también referían mayor nivel de estrés ($n = 717$, $p < 0,001$, $r = -0,282$). También se observó que los jugadores que dormían más horas tenían valores más altos de densidad en metros a alta intensidad ($n = 579$, $p < 0,001$, $r = 0,166$) y en densidad metros totales recorridos ($n = 579$, $p < 0,001$, $r = 0,106$).

En relación con los datos de *carga externa*, se observó que los jugadores que corrieron más metros totales recorrían más metros a alta intensidad ($n = 713$, $p < 0,001$, $r = 0,711$). También se pudo correlacionar que a mayores metros a alta intensidad

recorridos mayor densidad de metros totales por minuto ($n = 709$, $p < 0,001$, $r = 0,238$) y metros a alta intensidad por minuto ($n = 709$, $p < 0,001$, $r = 0,411$). En cuanto a las correlaciones de los metros totales recorridos en un partido los jugadores que más metros recorrían tenían unos niveles de densidad de metros a alta intensidad más bajo ($n = 709$, $p < 0,001$, $r = -0,145$) y unos niveles densidad de metros totales recorridos más altos ($n = 709$, $p = 0,028$, $r = 0,082$).

Los jugadores que recorrían más metros a alta intensidad tenían niveles de grasa más bajo ($n = 713$, $p = 0,040$, $r = -0,077$) y de masa magra más altos ($n = 713$, $p < 0,001$, $r = -0,197$). Se observó lo mismo con los metros totales relacionado con el nivel de masa magra ($n = 713$, $p = 0,003$, $r = -0,111$). A su vez, los jugadores con nivel de masa magra más alta presentaban datos más bajos de densidad de metros a alta intensidad ($n = 709$, $p < 0,001$, $r = -0,189$) y de la densidad de metros totales ($n = 709$, $p < 0,001$, $r = -0,310$).

Por último, se observó que los jugadores que se relacionaban la densidad en metros a alta intensidad con la de intensidad de metros totales ($n = 709$, $p < 0,001$, $r = 0,549$).

Capítulo 7

Discusión



7

Discusión

En cuanto al objetivo principal del estudio, determinar si existe una relación entre los parámetros de carga externa de un jugador profesional de fútbol con los marcadores de carga interna podemos decir que hay una relación con los metros recorridos a alta intensidad, con los metros totales, con la cantidad de masa magra y negativamente con la cantidad de masa grasa. Por ello es importante utilizar las variables de los metros de alta intensidad o de metros totales como una medida a evaluar a la hora tanto de preparar un entrenamiento como de planificar el posible tiempo de recuperación de un jugador tras un partido (41). Thorpe y colaboradores, con una muestra de jugadores semiprofesionales, coinciden también con nuestros resultados, y además añade la correlación del número de esprints con la cantidad de aumento porcentual en las CK, por lo que esta correlación no sólo sería con jugadores profesionales del más alto nivel (84).

Los resultados parecen divergir con los encontrados por Scotty y colaboradores (189), siendo quizás la diferencia en que los autores realizaron el análisis de CK a las 48 horas del partido y en nuestro estudio se realizó el día después. Teniendo en cuenta que el patrón de crecimiento de las CK en sangre tras la exposición a un partido tiene su momento más alto a las 24 horas, ya que es el momento en el que se produce el aumento en la permeabilidad de la membrana celular facilitando la salida al medio de la CK, y a partir de ese momento los valores disminuyen (3,41,42,51,61), podríamos decir que no es una divergencia absoluta.

Malone y colaboradores encontraron relaciones significativas entre diferentes parámetros de carga externa (distancia total, distancia a alta intensidad, aceleraciones, deceleraciones, distancias explosivas y velocidades máximas) y

los datos de CK postpartido viendo relaciones similares a las recogidas en nuestro estudio (41). Estas correlaciones coinciden en parte con las descritas por Varley (164), aunque éste último no recomienda las técnicas invasivas, ya que con la carga externa es suficiente para evaluar el estado de fatiga del jugador.

Russell y colaboradores en 2016 realizaron un estudio con jugadores del mismo nivel profesional que del presente estudio, encontrando correlaciones significativas entre los valores de CK a las 24 horas del partido y las acciones de alta intensidad y determinadas aceleraciones como las expuestas en nuestra investigación (51). Los datos de Russell coinciden con los expuestos por DaSilva en 2018, si bien es cierto que éstos últimos se realizaron con jugadores universitarios en vez de con profesionales (85) y con los expuestos en nuestros resultados. En la misma línea figura el trabajo de De Hoyos y colaboradores sobre la relación de las variables de alta intensidad de carga externa y las concentraciones de CK post partido (82).

El tener unos resultados parecidos a los expuestos en esta tesis y ser en ligas diferentes apoya más nuestra hipótesis de la congruencia entre los valores de carga externa, sobretodo los de alta intensidad y los de CK. La gran importancia que aporta a las diferentes investigaciones previas el presente trabajo es la longitud de nuestra investigación ya que se realizó durante dos temporadas consecutivas, luego unido a lo expuesto previamente se podría concluir que la relación entre la carga externa y la CK (y por ende la destrucción muscular) correlaciona significativamente. Con todo esto, se podría encontrar una clara consideración clínica y es que el aumento, fuera de los límites normales del propio jugador, en los niveles de CK post partido nos dará una información de sufrimiento muscular que habrá que prestar mucha atención a la hora de reincorporarle al entrenamiento.

En cuanto a la influencia de la densidad de los partidos en relación con los valores de carga interna, podemos decir que éste puede ser el primer estudio que compara el daño muscular en semanas cortas contra semanas largas en dos temporadas consecutivas en la Premier League inglesa. Nuestros resultados demostraron claramente que en aquellos jugadores que habían jugado previamente más de 60 minutos los niveles de CK previos al partido eran significativamente más altos en las semanas más congestionadas en comparación con las menos congestionadas. De manera similar, los marcadores de carga interna expresada como fatiga y dolor muscular también aumentaron significativamente. Como el biomarcador CK es un valor individual independiente, clínicamente esta diferencia sugiere que los cambios en CK antes del partido de cada jugador en una semana congestionada nos ayudarían a comprender la proximidad a la línea basal del mismo

cuando juega un partido único a la semana. Este valor de CK prepartido podría ser tomado como un factor importante, por los entrenadores y el departamento médico, a la hora de decidir la disponibilidad de jugadores para el próximo partido. Oliveira y colaboradores (21) muestran unos resultados similares a los expuestos en nuestro estudio, si bien es cierto que en su estudio expone las correlaciones entre la carga de la semana con los datos de CK y la manera en la que se podría modificar la carga de la semana debido a la cantidad de partidos haciendo que la CK no se altere.

Por el contrario, a pesar de que los niveles de CK postpartido son más altos en las semanas de varios partidos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas con respecto a las semanas de un solo partido. Este último hallazgo podría explicarse considerando que, en periodos de programación congestionada, los futbolistas redujeron el número de acciones de baja y media intensidad, pero mantuvieron acciones de mayor intensidad (166,190). Cabe destacar que aunque Carling y colaboradores (190) informaron que el riesgo de lesiones generalmente no se vio afectado durante un período prolongado de congestión de partidos (8 partidos oficiales consecutivos en 26 días), siempre que la rotación de equipos y las estrategias de recuperación después del partido se llevaran a cabo de manera adecuada, otras investigaciones durante 11 temporadas en la Liga de Campeones han demostrado que el riesgo de lesiones se ve afectado por semanas congestionadas (190).

Los resultados de nuestro estudio también muestran que no hay diferencia en la distancia total entre jugadores debido al partido en una semana de uno o varios partidos, lo que es similar a otras investigaciones previas (191); y los niveles de CK posteriores al juego fueron similares a los reportados por Bok y Jukic (2020) en jugadores de la selección croata (148). En ambos estudios, los niveles de CK después del partido se determinaron en la mañana del primer día después del partido es decir, menos de 24 horas después del partido. Existe cierta variabilidad a la hora del momento en el que las CK están más elevados, ya que según estudios previos pueden ser a las 24-36 h (81), 48 h (188) y 72 h (192) después del partido.

Este hecho podría explicar, al menos en parte, los niveles más altos de CK antes del partido en semanas congestionadas que se observaron en el estudio de cohorte actual cuando los períodos de recuperación entre partidos consecutivos eran menores de 4 días. Además, cabe señalar que todos los últimos estudios se realizaron en competición, por lo que se esperaba que se aplicaran estrategias de recuperación (188,192). Esta idea coincidirá con la de otros autores que concluyen que se necesitan más de cuatro días para la recuperación completa de los biomarcadores al nivel previo al juego (16).

Está ampliamente aceptado que existen diferencias específicas de posición en el rendimiento de los partidos de fútbol (8,13,168,193,194). Como se planteó en los objetivos, la posición del jugador también puede tener un impacto significativo en el daño muscular a pesar de que la mayoría de los autores anteriores no lo tienen en cuenta (21,81,148,189). A pesar de que en los centrocampistas tienen menos valores de CK que el resto de las posiciones, nuestros resultados demostraron que los centrocampistas tenían niveles de CK más altos antes del partido en las semanas cortas en comparación con los defensas y los delanteros. A este respecto, también se observó que los centrocampistas realizaron una significativamente mayor densidad en metros a alta intensidad que las demás posiciones. Similares resultados fueron previamente descritos por Souglis y colaboradores (2018) en un estudio prospectivo a corto plazo sobre futbolistas profesionales de la Primera División de Grecia (80) y por Malone en 2017 (41) con jugadores europeos de alto nivel, concluyendo ambos que el equipo técnico y médico debería tomar en consideración los datos de CK para ofrecer estrategias de recuperación o control de la carga en los días posteriores de cara a evitar lesiones en los días posteriores al partido.

Además, Bok y Jukic (2019) informaron que el daño muscular era mayor en los jugadores de la selección croata con mejor capacidad aeróbica porque podían ejercer una mayor cantidad de acciones de alta intensidad y contracciones excéntricas rápidas durante un partido de fútbol (148). Por las razones ya mencionadas, el análisis posicional podría ser de utilidad práctica para los entrenadores y profesionales con el fin de enfatizar la necesidad de protocolos de entrenamiento y recuperación individualizados.

En cuanto a los datos de CK postpartido los delanteros son los jugadores que tienen el nivel de CK más alto, contrariamente a lo expuesto por otros autores (41,80,189), probablemente debido a tener mayor cantidad de masa magra que el resto de los grupos. Según los datos de nuestra muestra, los resultados son contrarios a los expuestos en otros artículos en los cuales correlacionaban las diferentes variaciones de CK dependiendo de la posición de juego (66,189).

En los datos analizados en nuestra muestra se puede observar que los jugadores de raza negra tienen unos niveles de CK pre y postpartido mayores que los de raza blanca. En lo referente a los marcadores subjetivos de carga interna también los jugadores de raza negra tuvieron unos niveles significativamente más altos que los de raza blanca. Siendo esto no relevante cuando se estudian los metros recorridos y las intensidades en los partidos, es decir, que en nuestra muestra los jugadores de raza blanca corren más y a más intensidad, pero esto no hace que sus niveles de carga

interna sean mayores. Estos datos coinciden con lo expuestos por diferentes autores en la bibliografía estudiada, no habiendo una explicación del todo clara Brancaccio coincide con esta tesis en que probablemente la cantidad de masa muscular sea el factor determinante (54). Al existir una correlación directa entre tener mayor masa muscular y tener mayor número de CK y los jugadores de raza negra en nuestro estudio tuvieron mayor masa muscular, podremos sugerir que no está claro que sea por el hecho de la raza, sino que puede ser por la cantidad de masa muscular (67,99). Estos datos no pueden extrapolarse a otras muestras ya que en nuestro estudio sólo se tuvo acceso a los datos de un equipo de fútbol y de una liga determinada, pero podría ser una tendencia.

Si se quisiera determinar cual es el número basal de CK que tiene un jugador de fútbol dependiendo de su posición y raza, podríamos decir que en jugadores de fútbol de la Premier League inglesa el nivel basal de CK podría ser $335,93 \pm 195,11$ U/l. Este dato coincide con lo expuesto por diferentes autores en diferentes grupos de población de élite en el fútbol ($52,71,84$). Estos datos son menores que los expuestos por Lazarim, si bien es cierto que la población de estudio fueron jugadores de la Liga Brasileña de Fútbol y no se detalla los datos antropométricos de la muestra (98). En nuestra muestra la media basal de los jugadores de raza negra fue de $423,40 \pm 209,87$ U/l y los de raza blanca $269,14 \pm 153,39$ U/l, no habiéndose encontrado ningún autor que diferenciase dichos valores por la raza en futbolistas profesionales. En cuanto a los valores basales por posición de juego, en nuestro estudio los defensas tienen una media de $351,03 \pm 196,18$ U/l, los centrocampistas de $293,69 \pm 177,60$ U/l y los delanteros de $431,95 \pm 212,22$ U/l. Se debería tener en cuenta que tanto el peso como la masa magra en los diferentes grupos está en relación con los niveles de CK. Se podría concluir que aunque podamos utilizar ese valor de referencia, las concentraciones de CK en los jugadores de fútbol tienen una gran variabilidad interpersonal (40, 52, 66, 68) y es por ello que se recomienda conocer el estado basal de cada jugador para poder utilizar este biomarcador como elemento determinante a la hora de modificar la carga de entrenamiento o de partido.

A su vez, este estudio presenta ciertas limitaciones que cabrían reseñar. Lo primero sería que los datos corresponden a un solo equipo de fútbol, aunque sea de dos temporadas diferentes, por lo que es difícil extrapolarlo a la generalidad de los equipos de fútbol de la Premier League y por ende de otras ligas. Secundariamente, considerar el hecho de que la recolección de los datos en un equipo del más alto nivel es compleja, debido a los claros objetivos del equipo, no ha sido del todo ortodoxa ya que no se pudo ceñir a las 24 o 48 horas después del partido que se recomienda en la literatura científica. A su vez, la irrupción del virus COVID-19 en el mundo y sus

consecuencias en el fútbol hicieron que no fuera posible terminar la muestra de las dos temporadas completas, teniendo que terminarse a mitad de la segunda temporada.

En cuanto a las fortalezas en el desarrollo de la investigación se deben tener presente que los datos recogidos pertenecen al primer equipo de una plantilla de la Premier League inglesa, siendo normalmente muy difícil conseguir datos reales de equipos de primer nivel. A su vez, obtener información previa y posterior a un partido oficial y no sobre ejercicios simulados, aporta un valor clínico inmediato. La gran cantidad de información obtenida, ya que se recogieron datos durante dos temporadas completas, hace de este estudio un reflejo a largo plazo de la información aportada.

Como futura línea de investigación, el estudio de dichos valores de CK en relación con la carga externa y su relación con posición de juego y wellbeing debería realizarse en otros equipos de Premier League y en otras ligas para generalizar los datos.

Capítulo 8

Conclusión



8

Conclusión

Del análisis de nuestros resultados y su posterior discusión con otros autores podemos concluir:

1. Podemos afirmar que existe una relación directa entre los datos de carga externa y los de carga interna en jugadores profesionales de fútbol. En un partido los valores de distancia total recorrida y los valores de alta intensidad están correlacionados con los valores de CK. Es por ello, que obtener los datos de CK de los jugadores nos puede servir de valor para determinar si el daño muscular está en línea con sus valores normales. De no ser así deberemos tener en cuenta que este jugador está en estado de mayor sufrimiento muscular. Esto podría relacionarse con un mayor riesgo de lesión o con una bajada de rendimiento muscular en un partido.
2. Se podría concluir que los niveles de CK previos al partido aumentaron significativamente en las semanas de mayor congestión cuando los jugadores tenían menos de 4 días para recuperarse entre partidos consecutivos. Por el contrario, no se encontraron cambios significativos en los niveles de CK posteriores al juego, lo que sugiere que la rotación de jugadores y las estrategias de recuperación temprana fueron adecuadas tanto en las semanas de partidos únicos como en las de varios partidos.

3. Respecto a la posición de juego, los centrocampistas exhibieron niveles de CK previos al partido más altos en comparación con las semanas de menos congestión y en comparación con los delanteros y defensores.
4. En último lugar, la raza, la cantidad de masa muscular y la cantidad de masa magra son factores para tener en cuenta a la hora de determinar los valores basales de CK en un jugador de fútbol. Se podría concluir que este nivel basal podría rondar en valores alrededor de 335 U/l pero siempre con el conocimiento que es un valor individual que depende de múltiples factores.

Capítulo 9

Bibliografía



1. Federation International of Football Association (FIFA). FIFA Big Count 2006: 270 Million People Active in Football. FIFA Communications Division Information Services: Zurich, Switzerland. 2007.
2. Reilly T, Ekblom B. The use of recovery methods post-exercise. *Journal of sports sciences*. 2005;23(6):619–27.
3. Doeven SH, Brink MS, Kosse SJ, Lemmink KAPM. Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: a systematic review. *BMJ open sport & exercise medicine*. 2018;4(1):e000264.
4. Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, Andersen TE, Bahr R, Dvorak J, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2006;16(2):83–92.
5. Carling C. Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *Journal of sports sciences*. 2010;28(3):319–26.
6. Clemente FM, Couceiro MS, Martins FML, Ivanova MO, Mendes R. Activity profiles of soccer players during the 2010 world cup. *Journal of human kinetics*. 2013;38:201–11.
7. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. *Recovery in soccer*. *Sports medicine*. 2013;43(1):9–22.
8. Bush M, Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bradley PS. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Human movement science*. 2015;39:1–11.
9. Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bush M, Bradley PS. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine*. 2014;35(13):1095–100.

10. Fallon KE. The clinical utility of screening of biochemical parameters in elite athletes: analysis of 100 cases. *British journal of sports medicine*. 2008;42(5):334–7.
11. Nowakowska A, Kostrzewa-Nowak D, Buryta R, Nowak R. Blood Biomarkers of Recovery Efficiency in Soccer Players. *International journal of environmental research and public health*. 2019;16(18):3279.
12. Casamichana D, Castellano J, Castagna C. Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(3):837–43.
13. di Salvo V, Baron R, Tschan H, Montero FJC, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*. 2007;28(03):222–7.
14. Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Coutts AJ, Wisløff U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of science and medicine in sport*. 2009;12(1):227–33.
15. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*. 2003;21(7):519–28.
16. Silva JR, Rumpf MC, Hertzog M, Castagna C, Farooq A, Girard O, et al. Acute and residual soccer match-related fatigue: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 2018;48(3):539–83.
17. Chatzinikolaou A, Draganidis D, Avloniti A, Karipidis A, Jamurtas AZ, Skevaki CL, et al. The microcycle of inflammation and performance changes after a basketball match. *Journal of sports sciences*. 2014;32(9):870–82.
18. Chatzinikolaou A, Christoforidis C, Avloniti A, Draganidis D, Jamurtas AZ, Stampoulis T, et al. A microcycle of inflammation following a team handball game. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(7):1981–94.
19. Souglis A, Bogdanis GC, Giannopoulou I, Papadopoulos CH, Apostolidis N. Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. *Research in Sports Medicine*. 2015;23(1):59–72.

20. Filaire E, Lac G, Pequignot J-M. Biological, hormonal, and psychological parameters in professional soccer players throughout a competitive season. *Perceptual and Motor Skills*. 2003;97(3_suppl):1061-72.
21. Oliveira R, Brito J, Martins A, Mendes B, Calvete F, Carriço S, et al. In-season training load quantification of one-, two- and three-game week schedules in a top European professional soccer team. *Physiology & behaviour*. 2019;201:146-56.
22. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of rehabilitation medicine*. 1970;
23. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2001;15(1):109-15.
24. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in sports & exercise*. 2004;36(6):1042-7.
25. Draganidis D, Chatzinikolaou A, Avloniti A, Barbero-Álvarez JC, Mohr M, Malliou P, et al. Recovery kinetics of knee flexor and extensor strength after a football match. *PLoS One*. 2015;10(6):e0128072.
26. Hader K, Mendez-Villanueva A, Palazzi D, Ahmaidi S, Buchheit M. Metabolic power requirement of change of direction speed in young soccer players: not all is what it seems. *PloS one*. 2016;11(3):e0149839.
27. Hader K, Palazzi D, Buchheit M. Change of direction speed in soccer: How much braking is enough? *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*. 2015;47(1):67-74.
28. Guex K, Millet GP. Conceptual framework for strengthening exercises to prevent hamstring strains. *Sports medicine*. 2013;43(12):1207-15.
29. Armstrong RB, Ogilvie RW, Schwane JA. Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 1983;54(1):80-93.
30. Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Michailidis I, Douroudos I, et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2008;18(5):423-31.

31. Clarkson PM, Tremblay I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *Journal of Applied Physiology*. 1988;65(1):1–6.
32. Thompson D, Nicholas CW, Williams C. Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of sports sciences*. 1999;17(5):387–95.
33. Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and science in sports and exercise*. 1992;24(5):512–20.
34. Friden J, Sjöström M, Ekblom B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International journal of sports medicine*. 1983;4(03):170–6.
35. McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2003;13(2):88–97.
36. McBride TA, Gorin FA, Carlsen RC. Prolonged recovery and reduced adaptation in aged rat muscle following eccentric exercise. *Mechanisms of ageing and development*. 1995;83(3):185–200.
37. Andersson H, Karlsen A, Blomhoff R, Raastad T, Kadi F. Active recovery training does not affect the antioxidant response to soccer games in elite female players. *British journal of nutrition*. 2010;104(10):1492–9.
38. Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhães J. Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical biochemistry*. 2008;41(10–11):841–51.
39. Raedeke TD, Lunney K, Venables K. Understanding athlete burnout: Coach perspectives. *Journal of Sport Behaviour*. 2002;25(2).
40. 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. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2013;39(4):432–8.

41. Malone S, Mendes B, Hughes B, Roe M, Devenney S, Collins K, et al. Decrements in neuromuscular performance and increases in creatine kinase impact training outputs in elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(5):1342–51.
42. Shearer DA, Sparkes W, Northeast J, Cunningham DJ, Cook CJ, Kilduff LP. Measuring recovery: An adapted Brief Assessment of Mood (BAM+) compared to biochemical and power output alterations. *Journal of science and medicine in sport*. 2017;20(5):512–7.
43. Clement D, Ivarsson A, Traanaeus U, Johnson U, Stenling A. Investigating the influence of intraindividual changes in perceived stress symptoms on injury risk in soccer. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2018;28(4):1461–6.
44. Brink MS, Visscher C, Arends S, Zwerver J, Post WJ, Lemmink KAPM. Monitoring stress and recovery: new insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *British journal of sports medicine*. 2010;44(11):809–15.
45. Meister S, Faude O, Ammann T, Schnittker R, Meyer T. Indicators for high physical strain and overload in elite football players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2013;23(2):156–63.
46. Gabbett TJ, Hulin BT, Blanch P, Whiteley R. High training workloads alone do not cause sports injuries: how you get there is the real issue. *BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine*; 2016.
47. Gabbett TJ, Domrow N. Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. *Journal of sports sciences*. 2007;25(13):1507–19.
48. Gabbett TJ. The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med*. 2016;50(5):273–80.
49. Dupont G, Nédélec M, McCall A, McCormack D, Berthoin S, Wisløff U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(9):1752–8.
50. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer. *Sports medicine*. 2012;42(12):997–1015.

51. Russell M, Sparkes W, Northeast J, Cook CJ, Bracken RM, Kilduff LP. Relationships between match activities and peak power output and Creatine Kinase responses to professional reserve team soccer match-play. *Human movement science*. 2016;45:96–101.
52. Silva JR, Ascensão A, Marques F, Seabra A, Rebelo A, Magalhães J. Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *European journal of applied physiology*. 2013;113(9):2193–201.
53. Paul DJ, Bradley PS, Nassis GP. Factors affecting match running performance of elite soccer players: Shedding some light on the complexity. *International journal of sports physiology and performance*. 2015;10(4):516–9.
54. 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. *American journal of clinical pathology*. 1983;79(5):582–6.
55. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I, et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *European journal of applied physiology*. 2016;116(1):179–93.
56. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(6):1517–23.
57. Nédélec M, McCall A, Carling C, Le Gall F, Berthoin S, Dupont G. Physical performance and subjective ratings after a soccer-specific exercise simulation: comparison of natural grass versus artificial turf. *Journal of sports sciences*. 2013;31(5):529–36.
58. Owen A, Dunlop G, Rouissi M, Chtara M, Paul D, Zouhal H, et al. The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of sports sciences*. 2015;33(20):2100–5.
59. Ra S-G, Maeda S, Higashino R, Imai T, Miyakawa S. Metabolomics of salivary fatigue markers in soccer players after consecutive games. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2014;39(10):1120–6.

60. Rollo I, Impellizzeri FM, Zago M, Iaia FM. Effects of 1 versus 2 games a week on physical and subjective scores of subelite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2014;9(3):425–31.
61. Pooley S, Spendiff O, Allen M, Moir HJ. Comparative efficacy of active recovery and cold water immersion as post-match recovery interventions in elite youth soccer. *Journal of sports sciences*. 2019;1–9.
62. Peake J, Nosaka KK, Suzuki K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. 2005;
63. Fredericks S, Fitzgerald L, Shaw G, Holt DW. Changes in salivary immunoglobulin A (IgA) following match-play and training among English premiership footballers. *Med J Malaysia*. 2012;67(2):155.
64. Russell M, Northeast J, Atkinson G, Shearer DA, Sparkes W, Cook CJ, et al. Between-match variability of peak power output and creatine kinase responses to soccer match-play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(8):2079–85.
65. Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine*. 2014;44(2):139–47.
66. Nowakowska A, Kostrzewa-Nowak D, Buryta R, Nowak R. Blood Biomarkers of Recovery Efficiency in Soccer Players. *International journal of environmental research and public health*. 2019;16(18):3279.
67. Meyer T, Meister S. Routine blood parameters in elite soccer players. *International journal of sports medicine*. 2011;32(11):875–81.
68. Heisterberg MF, Fahrenkrug J, Krstrup P, Storskov A, Kjær M, Andersen JL. Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(5):1260–71.
69. Reinke S, Karhausen T, Doehner W, Taylor W, Hottenrott K, Duda GN, et al. The influence of recovery and training phases on body composition, peripheral vascular function and immune system of professional soccer players. *PLoS One*. 2009;4(3):e4910.

70. Huggins RA, Fortunati AR, Curtis RM, Looney DP, West CA, Lee EC, et al. Monitoring Blood Biomarkers and Training Load Throughout a Collegiate Soccer Season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(11):3065–77.
71. Heisterberg MF, Fahrenkrug J, Andersen JL. Multiple blood samples in elite soccer players. Is it worthwhile? *Journal of sports sciences*. 2014;32(13):1324–7.
72. Souglis AG, Papapanagiotou A, Bogdanis GC, Travlos AK, Apostolidis NG, Geladas ND. Comparison of inflammatory responses to a soccer match between elite male and female players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(5):1227–33.
73. Rebelo AN, Candeias JR, Fraga MM, Duarte JAR, Soares JMC, Magalhaes C, et al. The impact of soccer training on the immune system. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1998;38(3):258–61.
74. Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: a brief review: brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22(3):1015–24.
75. Papapanagiotou A, Gissis I, Papadopoulos C, Souglis A, Bogdanis GC, Giosos I, et al. Changes in Homocysteine and 8-iso-PGF2a Levels in Football and Hockey Players After a Match. *Research in Sports Medicine*. 2011;19(2):118–28.
76. Magalhães J, Rebelo A, Oliveira E, Silva JR, Marques F, Ascensão A. Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *European journal of applied physiology*. 2010;108(1):39.
77. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 2010;48(6):757–67.
78. Coppalle S, Rave G, Ben Abderrahman A, Ali A, Salhi I, Zouita S, et al. Relationship of Pre-season Training Load With In-Season Biochemical Markers, Injuries and Performance in Professional Soccer Players. *Frontiers in Physiology*. 2019;10:409.
79. Hughes JD, Denton K, Lloyd RS, Oliver JL, Croix MDS. The Impact of Soccer Match Play on the Muscle Damage Response in Youth Female Athletes. *International journal of sports medicine*. 2018;39(05):343–8.

80. Souglis A, Bogdanis GC, Chryssanthopoulos C, Apostolidis N, Geladas ND. Time course of oxidative stress, inflammation, and muscle damage markers for 5 days after a soccer match: effects of sex and playing position. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(7):2045–54.
81. Romagnoli M, Sanchis-Gomar F, Alis R, Risso-Ballester J, Bosio A, Graziani RL, et al. Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016;56(10):198–205.
82. de Hoyo M, Cohen DD, Sañudo B, Carrasco L, Álvarez-Mesa A, del Ojo JJ, et al. Influence of football match time–motion parameters on recovery time course of muscle damage and jump ability. *Journal of sports sciences*. 2016;34(14):1363–70.
83. Hackney AC, Machado M. Hormonal status, creatine kinase and soccer: a need for research. *Arquivos Brasileiros De Endocrinologia & Metabologia*. 2012;56(9):683–5.
84. Thorpe R, Sunderland C. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(10):2783–90.
85. da Silva, Cristiano D, Machado G, Fernandes AA, Teoldo I, Pimenta EM, Marins JCB, Garcia ES. Muscle Damage-Based Recovery Strategies Can Be Supported by Predictive Capacity of Specific Global Positioning System Accelerometry Parameters Immediately a Post-Soccer Match-Load. *Journal of strength and conditioning research*. 2018;
86. Banfi G, Dolci A. usefulness of a categorization of values. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2006;46:4.
87. Kraemer WJ, French DN, Paxton NJ, Hakkinen K, Volek JS, Sebastianelli WJ, et al. Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2004;18(1):121–8.
88. Handziski Z, Maleska V, Petrovska S, Nikolik S, Mickoska E, Dalip M, et al. The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competition half-season. *Bratislavské lekárske listy*. 2006;107(6/7):259.

89. Comstock RD, Currie DW, Pierpoint LA, Grubenhoff JA, Fields SK. An Evidence-Based Discussion of Heading the Ball and Concussions in High School Soccer. *JAMA Pediatrics*. 2015/07/15. 2015;
90. Anđelković M, Baralić I, Đorđević B, Stevuljević JK, Radivojević N, Dikić N, et al. Hematological and biochemical parameters in elite soccer players during a competitive half season. *Journal of medical biochemistry*. 2015;34(4):460–6.
91. Chevion S, Moran DS, Heled Y, Shani Y, Regev G, Abbou B, et al. Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2003;100(9):5119–23.
92. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British journal of sports medicine*. 2007;41(10):674–8.
93. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. *Advances in clinical chemistry*. 2012;56:2.
94. Magal M, Dumke CL, Urbiztondo ZG, Cavill MJ, Triplett NT, Quindry JC, et al. Relationship between serum creatine kinase activity following exercise-induced muscle damage and muscle fibre composition. *Journal of sports sciences*. 2010;28(3):257–66.
95. Malm C. Exercise-induced muscle damage and inflammation: fact or fiction? *Acta Physiologica Scandinavica*. 2001;171(3):233–9.
96. Clarkson PM, Ebbeling C. Investigation of serum creatine kinase variability after muscle-damaging exercise. *Clinical Science*. 1988;75(3):257–61.
97. Stone MH, Sands WA, Stone ME. The downfall of sports science in the United States. *Strength & Conditioning Journal*. 2004;26(2):72–5.
98. Lazarim FL, Antunes-Neto JMF, da Silva FOC, Nunes LAS, Bassini-Cameron A, Cameron L-C, et al. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009;12(1):85–90.
99. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*. 2007;81(1):209–30.

100. Willoughby DS, McFarlin B, Bois C. Interleukin-6 expression after repeated bouts of eccentric exercise. *International journal of sports medicine*. 2003;24(01):15–21.
101. Brown SJ, Child RB, Day SH, Donnelly AE. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *Journal of sports sciences*. 1997;15(2):215–22.
102. Takagi Y, Yasuhara T, Gomi K. Creatine kinase and its isozymes. *Rinsho byori The Japanese journal of clinical pathology*. 2001;52–61.
103. Gines R, MF CM, JA RG. Macro creatine kinase: illness marker. Practical guide for the management. In *Anales de medicina interna* (Madrid, Spain: 1984). 2006. p. 272–5.
104. Laureys M, Sion J-P, Slabbynck H, Steenssens L, Cobbaert C, Derde M-P, et al. Macromolecular creatine kinase type 1: a serum marker associated with disease. *Clinical chemistry*. 1991;37(3):430–4.
105. Stein W, Bohner J, Renn W, Maulbetsch R. Macro creatine kinase type 2: results of a prospective study in hospitalized patients. *Clinical chemistry*. 1985;31(12):1959–64.
106. Lee KN, Csako G, Bernhardt P, Elin RJ. Relevance of macro creatine kinase type 1 and type 2 isoenzymes to laboratory and clinical data. *Clinical chemistry*. 1994;40(7):1278–83.
107. Nigro G, Comi LI, Limongelli FM, Giugliano MAM, Politano L, Petretta V, et al. Prospective study of X-linked progressive muscular dystrophy in Campania. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electromyography and Clinical Neurophysiology*. 1983;6(4):253–62.
108. Borrayo-Sánchez G, Sosa-Jarero F, Borja-Terán B, Isordia-Salas I, Argüero-Sánchez R. Qualitative determination of markers for myocardial necrosis during pre-hospital admission for acute coronary syndrome. *Cirugia y cirujanos*. 2006;74(4):231–5.
109. Pfeiffer FE, Homburger HA, Yanagihara T. Creatine kinase BB isoenzyme in CSF in neurologic diseases: measurement by radioimmunoassay. *Archives of neurology*. 1983;40(3):169–72.

110. Stadhouders AM, Jap PH, Winkler H-P, Eppenberger HM, Wallimann T. Mitochondrial creatine kinase: a major constituent of pathological inclusions seen in mitochondrial myopathies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1994;91(11):5089–93.
111. Haralambie G. Neuromuscular irritability and serum creatine phosphate kinase in athletes in training. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie*. 1973;31(4):279–88.
112. Nicholson GA, Morgan G, Meerkin M, Strauss E, McLeod JG. The creatine kinase reference interval: An assessment of intra-and inter-individual Variation. *Journal of the neurological sciences*. 1985;71(2–3):225–31.
113. Noakes TD. Effect of exercise on serum enzyme activities in humans. *Sports Medicine*. 1987;4(4):245–67.
114. Del Coso J, Valero M, Salinero JJ, Lara B, Gallo-Salazar C, Areces F. Optimum polygenic profile to resist exertional rhabdomyolysis during a marathon. *PloS one*. 2017;12(3).
115. Yang Q, Wu K, Zhuang Y, Wu H, Lu L, Li W, et al. Association of total testosterone, free testosterone, bioavailable testosterone and sex hormone-binding globulin with hepatic steatosis and the ratio of aspartate aminotransferase to alanine aminotransferase. *Endocrine journal*. 2018;EJ18-0095.
116. Rampinini E, Bosio A, Ferraresi I, Petruolo A, Morelli A, Sassi A. Match-related fatigue in soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(11):2161–70.
117. Gill ND, Beaven CM, Cook C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British journal of sports medicine*. 2006;40(3):260–3.
118. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. Creatine kinase and endocrine responses of elite players pre, during, and post rugby league match play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(11):2908–19.
119. Takarada Y. Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. *British journal of sports medicine*. 2003;37(5):416–9.

120. Hoffman Jayr, Maresh Cm, Newton Ru, Rubin Mr, French Dn, Volek Js, et al. Performance, biochemical, and endocrine changes during a competitive football game. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002;34(11):1845–53.
121. Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS, Martin GJ, Howard RL, Ratamess NA, et al. Recovery from a national collegiate athletic association division I football game: muscle damage and hormonal status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(1):2–10.
122. Inman LAG, Rennie MJ, Watsford ML, Gibbs NJ, Green J, Spurrs RW. Reference values for the creatine kinase response to professional Australian football match-play. *Journal of science and medicine in sport*. 2018;21(8):852–7.
123. Taylor K, Chapman D, Cronin J, Newton MJ, Gill N. Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *J Aust Strength Cond*. 2012;20(1):12–23.
124. Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. Physiology of sport and exercise. Vol. 524. *Human kinetics Champaign, IL*; 1994.
125. Johnston MJ, Cook CJ, Drake D, Costley L, Johnston JP, Kilduff LP. The neuromuscular, biochemical, and endocrine responses to a single-session vs. double-session training day in elite athletes. *Journal of strength and conditioning research*. 2016;30(11):3098–106.
126. Powers SK, Howley ET. Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance. McGraw-Hill New York, NY; 2007.
127. Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*. 2001;537(2):333–45.
128. Young WB, Hepner J, Robbins DW. Movement demands in Australian rules football as indicators of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(2):492–6.
129. Callegari GA, Novaes JS, Neto GR, Dias I, Garrido ND, Dani C. Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after different resistance and aerobic exercise protocols. *Journal of human kinetics*. 2017;58(1):65–72.

130. Alaphilippe A, Mandigout S, Ratel S, Bonis J, Courteix D, Duclos M. Longitudinal follow-up of biochemical markers of fatigue throughout a sporting season in young elite rugby players. *The Journal of strength & conditioning research*. 2012;26(12):3376–84.
131. LQT Aquino R, Cruz Goncalves LG, Palucci Vieira LH, Oliveira LP, Alves GF, Santiago P, et al. Periodization training focused on technical-tactical ability in young soccer players positively affects biochemical markers and game performance. *Journal of strength and conditioning research*. 2016;30(10):2723–32.
132. Tiidus PM. Skeletal muscle damage and repair. *Human Kinetics*; 2008.
133. Nosaka K, Sakamoto K, Newton M, Sacco P. The repeated bout effect of reduced-load eccentric exercise on elbow flexor muscle damage. *European journal of applied physiology*. 2001;85(1-2):34–40.
134. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 2010;48(6):757–67.
135. Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of applied physiology*. 2016;122(3):559–70.
136. Raastad T, Owe SG, Paulsen G, Enns D, Overgaard K, Cramer R, et al. Changes in calpain activity, muscle structure, and function after eccentric exercise. 2010;
137. Bouzid MA, Ghattassi K, Daab W, Zarzissi S, Bouchiba M, Masmoudi L, et al. Faster physical performance recovery with cold water immersion is not related to lower muscle damage level in professional soccer players. *Journal of thermal biology*. 2018;78:184–91.
138. Jones MR, West DJ, Harrington BJ, Cook CJ, Bracken RM, Shearer DA, et al. Match play performance characteristics that predict post-match creatine kinase responses in professional rugby union players. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*. 2014;6(1):38.
139. Baird MF, Graham SM, Baker JS, Bickerstaff GF. Creatine-kinase-and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of nutrition and metabolism*. 2012;2012.

140. Nosaka K, Newton M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002;34(1):63–9.
141. Bradley PS, Carling C, Diaz AG, Hood P, Barnes C, Ade J, et al. Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human movement science*. 2013;32(4):808–21.
142. Nybo L, Girard O, Mohr M, Knez W, Voss S, Racinais S. Markers of muscle damage and performance recovery after exercise in the heat. *Med Sci Sports Exercise*. 2013;45(5):860–8.
143. Tessitore A, Meeusen R, Cortis C, Capranica L. Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007;21(3):745–50.
144. Hecksteden A, Pitsch W, Julian R, Pfeiffer M, Kellmann M, Ferrauti A, et al. A new method to individualize monitoring of muscle recovery in athletes. *International journal of sports physiology and performance*. 2017;12(9):1137–42.
145. Gathercole RJ, Sporer BC, Stellingwerff T, Sleivert GG. Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(9):2522–31.
146. Apple FS, Rogers MA, Sherman WM, Ivy JL. Comparison of serum creatine kinase and creatine kinase MB activities post marathon race versus post myocardial infarction. *Clinica chimica acta*. 1984;138(1):111–8.
147. Saw AE, Main LC, Gatin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2016;50(5):281–91.
148. Bok D, Jukić I. Muscle Damage During a Soccer World Cup Preparatory and Competition Period. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2019;1(aop):1–7.
149. Soligard T, Schwelnus M, Alonso J-M, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much?(Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med*. 2016;50(17):1030–41.

150. Schwellnus M, Soligard T, Alonso J-M, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much?(Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med.* 2016;50(17):1043–52.
151. Brito J. On adhering to Olympic guidelines on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med.* 2017;51(13):1046.
152. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American journal of sports medicine.* 2011;39(6):1226–32.
153. Noya Salces J, Gómez-Carmona PM, Gracia-Marco L, Moliner-Urdiales D, Sillero-Quintana M. Epidemiology of injuries in First Division Spanish football. *Journal of sports sciences.* 2014;32(13):1263–70.
154. Dvorak J, Junge A. Football injuries and physical symptoms. *The American journal of sports medicine.* 2000;28(5_suppl):3–9.
155. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011;45(7):553–8.
156. Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med.* 2001;35(1):43–7.
157. Ekstrand J, Waldén M, Hägglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med.* 2016;50(12):731–7.
158. Barrett S, Midgley A, Reeves M, Joel T, Franklin E, Heyworth R, et al. The within-match patterns of locomotor efficiency during professional soccer match play: Implications for injury risk? *Journal of science and medicine in sport.* 2016;19(10):810–5.
159. FIFA. Nutrition for football: The FIFA/F-MARC consensus conference. *J Sports Sci.* 2006;24.
160. Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med.* 2002;36(6):436–41.

161. Clarsen B, Myklebust G, Bahr R. Development and validation of a new method for the registration of overuse injuries in sports injury epidemiology: the Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) overuse injury questionnaire. *Br J Sports Med.* 2013;47(8):495–502.
162. Akenhead R, Harley JA, Tweddle SP. Examining the external training load of an English Premier League football team with special reference to acceleration. *Journal of strength and conditioning research.* 2016;30(9):2424–32.
163. Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, Di Prampero PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(1):170–8.
164. Varley I, Lewin R, Needham R, Thorpe RT, Burbeary R. Association between match activity variables, measures of fatigue and neuromuscular performance capacity following elite competitive soccer matches. *Journal of human kinetics.* 2017;60(1):93–9.
165. Tovar J. Soccer, World War II and coronavirus: A comparative analysis of how the sport shut down. *Soccer & Society.* 2021;22(1–2):66–74.
166. Lago-Peñas C, Rey E, Lago-Ballesteros J, Casáis L, Domínguez E. The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2011;25(8):2111–7.
167. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Monitoring fatigue during the in-season competitive phase in elite soccer players. *International journal of sports physiology and performance.* 2015;10(8):958–64.
168. Varley MC, di Salvo V, Modonutti M, Gregson W, Mendez-Villanueva A. The influence of successive matches on match-running performance during an under-23 international soccer tournament: The necessity of individual analysis. *Journal of Sports Sciences.* 2018;36(5):585–91.
169. di Salvo V, Pigozzi F, González-Haro C, Laughlin MS, de Witt JK. Match performance comparison in top English soccer leagues. *International journal of sports medicine.* 2013;34(06):526–32.

170. McLean BD, Coutts AJ, Kelly V, McGuigan MR, Cormack SJ. Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *International journal of sports physiology and performance*. 2010;5(3):367–83.
171. Gastin PB, Meyer D, Robinson D. Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(9):2518–26.
172. Nobari H, Alves AR, Haghghi H, Clemente FM, Carlos-Vivas J, Pérez-Gómez J, et al. Association between Training Load and Well-Being Measures in Young Soccer Players during a Season. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(9):4451.
173. Williams JR. The Declaration of Helsinki and public health. *Bulletin of the World Health Organization*. 2008;86:650–2.
174. Regulation GDP. Regulation EU 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016. Official Journal of the European Union Available at: http://ec.europa.eu/justice/data-protection/reform/files/regulation_oj_en.pdf (accessed 20 September 2017). 2016;
175. Fothergill M, Wolfson S, Neave N. Testosterone and cortisol responses in male soccer players: The effect of home and away venues. *Physiology & behavior*. 2017;177:215–20.
176. Dellal A, Lago-Peñas C, Rey E, Chamari K, Orhant E. The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *British journal of sports medicine*. 2015;49(6):390–4.
177. Knoblauch MA, O'Connor DP, Clarke MSF. Capillary and venous samples of total creatine kinase are similar after eccentric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(12):3471–5.
178. Castellano J, Casamichana D, Campos-Vázquez MA, Langarika-Rocafort A. Interchangeability of two tracking systems to register physical demands in football: multiple camera video versus GPS technology. *Arch med deporte*. 2019;157–65.
179. Terziotti P, Sim M, Polglaze T. A comparison of displacement and energetic variables between three team sport GPS devices. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2018;18(5):823–34.

180. Jennings D, Cormack S, Coutts AJ, Boyd L, Aughey RJ. The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *International journal of sports physiology and performance*. 2010;5(3):328–41.
181. Biomedical UStatesNC for the P of HS of, Research B. The Belmont report: ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research. Vol. 2. The Commission; 1978.
182. Stepke FL. Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) Ginebra. 2002;
183. Consejo de Europa. Convenio de Asturias de Bioética. Convenio para la protección de los Derechos Humanos y la dignidad del ser humano con respecto a las aplicaciones de la Biología y la Medicina. Convenio sobre los Derechos Humanos y la Biomedicina-Oviedo. 1997;4.
184. Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales ya la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos).
185. Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales. Ley 3/2018 de 5 de diciembre. Boletín Oficial del Estado, nº 294, (6-12-2018).
186. García Ortega C, Cozar Murillo V, Almenara Barrios J. La Autonomía del Paciente y los Derechos en Materia de Información y Documentación Clínica en el contexto de la Ley 41/2002. *Rev Esp Salud Pública*. 2004;78:469-79.
187. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *LWW*; 2009.
188. García-Romero-Pérez Á, Ordonez FJ, Reyes-Gil F, Rodríguez-López ES, Oliva-Pascual-Vaca Á. Muscle Damage Biomarkers in Congestion Weeks in English Premier League Soccer Players: A Prospective Study for Two Consecutive Seasons. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(15):7960.

189. Scott A, Malone JJ, Morgans R, Burgess D, Gregson W, Morton JP, et al. The relationship between physical match performance and 48-h post-game creatine kinase concentrations in English Premier League soccer players. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2016;11(6):846–52.
190. Carling C, McCall A, le Gall F, Dupont G. The impact of short periods of match congestion on injury risk and patterns in an elite football club. *Br J Sports Med*. 2016;50(12):764–8.
191. Bengtsson H, Ekstrand J, Häggglund M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med*. 2013;47(12):743–7.
192. Julian R, Page RM, Harper LD. The effect of fixture congestion on performance during professional male soccer match-play: a systematic critical review with meta-analysis. *Sports Medicine*. 2021;51(2):255–73.
193. Djaoui L, Garcia JD-C, Hautier C, Dellal A. Kinetic post-match fatigue in professional and youth soccer players during the competitive period. *Asian journal of sports medicine*. 2016;7(1).
194. 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. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2014;39(4):432–8.
195. Jones RN, Greig M, Mawéné Y, Barrow J, Page RM. The influence of short-term fixture congestion on position specific match running performance and external loading patterns in English professional soccer. *Journal of sports sciences*. 2019;37(12):1338–46.

Anexos



Anexo I

Aprobación Comité de
Ética de la Investigación

Dr. Francisco López Muñoz, Presidente del Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Camilo José Cela (CEI-UCJC),

HACE CONSTAR:

Que revisada la documentación de subsanación solicitada a la investigadora principal, Elena Sonsoles Rodríguez, del proyecto de investigación, *Relación de los biomarcadores musculares sanguíneos con los diferentes momentos de la temporada en un equipo profesional de fútbol*, en el informe de fecha 05 de mayo de 2020,

Las responsables del proyecto han realizado y subsanado todos los puntos indicados por el CEI-UCJC.

Que se acordó, por unanimidad, al considerar correctos y adecuados los aspectos éticos, metodológicos y legales del estudio, la APROBACIÓN del mismo por el CEI-UCJC.

Y para que conste, se expide el presente certificado en Madrid, a 6 de mayo de 2020.

**Francisco
López
Muñoz** Firmado
digitalmente por
Francisco López
Muñoz
Fecha: 2020.05.06
11:10:11 +02'00'

Fdo. Dr. Francisco López Muñoz
Presidente del CEI-UCJC

Anexo II

Hoja de información del estudio
y consentimiento informado

HOJA DE INFORMACIÓN A LOS PARTICIPANTES (HIP)

Por la presente hoja informativa, se le invita a participar en un estudio de investigación denominado “Relación de la carga externa con marcadores bioquímicos en el fútbol”. Le rogamos lea detenidamente esta información y consulte cualquier duda que pueda tener antes de firmar el consentimiento informado. La participación en este estudio es voluntaria y la decisión de participar o no, no afectará a su asistencia médica. Tómese su tiempo antes de decidir sobre su participación y consulte con su familia u otras personas si lo desea.

El Investigador responsable del Proyecto es D. Álvaro García-Romero Pérez. Si en cualquier momento tuviera cualquier duda puede ponerse en contacto con el responsable a través del correo electrónico: agromero@ucjc.edu

La investigación consiste en evaluar los datos del entrenamiento del deportista extraídos del GPS y de los datos sanguíneos tomados antes y después de cada partido. Esta investigación durará un año. Usted solo tendrá que exponerse a la extracción de una pequeña cantidad de sangre antes y después de cada partido. La extracción de esa muestra de sangre se realiza con un pinchazo en la yema del dedo. Este pinchazo produce dolor que desaparecerá paulatinamente. En cuanto a los riesgos que puede sufrir son mínimos (pequeña infección del dedo,...). No existen beneficios por la toma de la muestra, pero de la realización de la investigación puede haber beneficios indirectos tales como conocer si el estado condicional antes de un partido puede resultar determinante a la hora del rendimiento durante el mismo. Una vez analizada la muestra, las muestras sobrantes se destruirán y no volverán a ser utilizada.

La participación en dicho estudio es voluntaria y tiene derecho a retirarse de él en cualquier momento, sin perjuicio ninguno y sin que afecte su tratamiento médico. Para ello debe ponerse en contacto con el investigador principal al correo electrónico agromero@ucjc.edu La participación en este proyecto no supondrá ningún coste para usted en ningún momento.

El participante/Usted renuncia a cualquier derecho de naturaleza económica sobre los resultados o potenciales beneficios que puedan derivarse de manera directa o indirecta que se lleven a cabo con la muestra donada.

El Investigador Principal del estudio se compromete a que el tratamiento, la comunicación, y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 3/2018, de Protección de Datos y garantía de derechos digitales (también conocida como LOPDGDD. El responsable del Tratamiento de los datos (UCJC), en cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de éstos, en adelante RGPD, le informa que, si participa en este estudio, sus datos clínicos serán tratados por el equipo investigador

para extraer conclusiones del Proyecto. También podrán acceder a los datos las autoridades sanitarias y los miembros del comité ético si lo considerasen necesario. No será posible identificarle a usted a través de las comunicaciones que pudiera generar este estudio. Usted es el responsable de la veracidad y corrección de los datos que nos entrega y tiene la facultad de ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación del tratamiento, portabilidad y de oposición de sus datos de acuerdo con lo dispuesto en la normativa en materia de protección de datos.

Este proyecto ha sido aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Camilo José Cela (CEI-UCJC), conforme establece la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación biomédica. Asimismo, ha sido diseñado y se realizará de acuerdo con las recomendaciones éticas establecidas en la Declaración de Helsinki de 1964 (última actualización octubre 2013, Fortaleza (Brasil)), y en el Convenio de Oviedo del Consejo de Europa de 1997, ratificado en 1999.

Para ejercerlos, deberá dirigirse por escrito al Investigador responsable en la siguiente dirección de correo electrónico agromero@ucjc.edu, en cualquier caso deberá adjuntar una fotocopia de su documento nacional de identidad o equivalente.

En caso de no estar de acuerdo con el tratamiento realizado por nuestra Entidad o considerar vulnerados sus derechos, tiene derecho a presentar una reclamación ante la Agencia Española de Protección de datos (www.agpd.es).

Confidencialidad:

Será necesario que el investigador principal acceda a la historia clínica del participante obteniendo la información de lesiones posteriores y datos antropométricos. Los datos personales van a utilizarse de manera codificada otorgando un código a cada sujeto pudiendo ser identificado al asociar el código a los datos de carácter personal.

En el caso de aparecer algún disconfort en la zona de la extracción puede ponerse en contacto con el investigador principal en el teléfono +34605244771, en cualquier momento. Si usted lo solicita tiene derecho a ser informado sobre los resultados del estudio.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo..... he recibido de D. Álvaro García-Romero Pérez información clara y a mi plena satisfacción sobre el estudio “Relación de la carga externa con marcadores bioquímicos en el fútbol” en el que voluntariamente quiero participar.

La investigación consiste en evaluar los datos del entrenamiento del deportista extraídos del GPS y con los datos sanguíneos tomados antes y después de cada partido. Esta investigación durará un año.

El objetivo principal de la investigación consiste en determinar la relación existente entre los parámetros de carga externa de un jugador (GPS) con los marcadores de carga interna (CK) relacionados con el partido de fútbol.

Declaro que:

- He leído la Hoja de Información al Participante sobre el estudio citado.
- Se me ha entregado una copia de la Hoja de Información al Participante y una copia de este Consentimiento Informado, fechado y firmado.
- He tenido el tiempo y la oportunidad para realizar preguntas y plantear las dudas que poseía. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción.
- Accedo a que el equipo vuelva a contactar con posterioridad para continuar con este estudio.
- Accedo a que el equipo investigador consulte los datos de mi historia clínica que sean de interés para el estudio.
- Se me ha asegurado que se mantendrá la confidencialidad de mis datos.
- El consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón y sin que tenga ningún efecto sobre mi tratamiento médico futuro.

En consecuencia, doy mi consentimiento para la participación en el estudio propuesto:

Doy mi consentimiento para la anonimización de mis muestras.

Firmo por duplicado (resto), quedándome con una copia.

Fecha: Firma del participante/paciente

Fecha: Firma del Investigador o la persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento

Anexo III

Hoja de recogida de datos

Today



Weight	Weight yesterday	Fatigue	Muscle soreness	Sleep quality	Sleep hours	Stress	Readiness	RPE today	RPE yesterday	CK Pregame	CK Postgame	Dexa %
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
92.4	92.3	2	2	2	7	1	7	3	4	0	0	15.19
93.2	93.6	2	2	2	8	1	6	2	2	0	0	14.26
85.5	85.5	2	2	2	7	1	7		1	0	0	13.46
90		2	2	2	9	2	5			0	0	14.53
										0	0	14.45
	86.3									0	0	13.49
76.45	76.6	2	3	2	7	2	8	3		0	410	14.81
88.3	88.3	1	2	1	9	2	10	2	1	194	0	13.16
80.2	79.44	2	2	2	7	2	7	3	2	48.6	0	14.46
71	72	2	3	2	8	2	10	3	1	377	813	13.27
78.5	78.5	3	3	3	5	5				0	0	11.66
87.85	87.5	1	1	1	7	1	8			0	0	11.30
71.7		1	3	1	9	5	7			0	0	16.44
82.5	81.99	2	3	5	6	1	7		2	292	0	12.73
77	77	3	2	3	6	3	5	2	2	0	0	12.95
70	70.6	1	2	1	8	1	9		2	140	266	13.75
64.95	65.5	2	1	2	7	1	9		2	299	0	11.96
77.6		2	2	2	9	2	9	3	1	272	0	11.19
78.9		3	2	2	6	2	7	3	1	0	0	
85.3	85.3	2	3	2	8	1	6		1	0	0	14.83
75	75.2	2	2	2	7	3	8		3	487	0	14.22

Anexo IV

Publicación: "Muscle Damage Biomarkers in Congestion Weeks in English Premier League Soccer Players: A Prospective Study for Two Consecutive Seasons"



Article

Muscle Damage Biomarkers in Congestion Weeks in English Premier League Soccer Players: A Prospective Study for Two Consecutive Seasons

Álvaro García-Romero-Pérez ^{1,2,3}, Francisco Javier Ordóñez ⁴ , Fernando Reyes-Gil ²,
Elena Sonsoles Rodríguez-López ^{2,5,*} and Ángel Oliva-Pascual-Vaca ^{3,5}

¹ Injury Prevention and Rehabilitation Department, Watford FC, Watford WD18 0ER, UK; agromero@ucjc.edu

² Physiotherapy Department, Camilo José Cela University, 28692 Madrid, Spain; freyes@ucjc.edu

³ Physiotherapy Department, Universidad de Sevilla, 41004 Sevilla, Spain; angeloliva@us.es

⁴ School of Sports Medicine, University of Cádiz, 11003 Cádiz, Spain; franciscojavier.ordonez@uca.es

⁵ Escuela de Osteopatía de Madrid, 28002 Madrid, Spain

* Correspondence: esrodriguez@ucjc.edu



Citation: García-Romero-Pérez, Á.; Ordóñez, F.J.; Reyes-Gil, F.; Rodríguez-López, E.S.; Oliva-Pascual-Vaca, Á. Muscle Damage Biomarkers in Congestion Weeks in English Premier League Soccer Players: A Prospective Study for Two Consecutive Seasons. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 7960. <https://doi.org/10.3390/ijerph18157960>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou

Received: 4 June 2021

Accepted: 21 July 2021

Published: 28 July 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The current study was conducted to compare muscle damage biomarkers in single- vs. multi-match weeks in elite soccer players for two consecutive seasons. A secondary objective was to analyze the influence of playing position and exposure time on muscle damage in single- vs. multi-match weeks. This is a prospective cohort study performed in a professional elite soccer club in the English Premier League during the 2018–2019 and 2019–2020 seasons up until the lockdown due to the COVID-19 pandemic. Data were collected in the Medical Department Room of an English Premier League Club before and after the soccer game from a total of 29 elite soccer players (mean \pm S.D.; age = 27.59 \pm 3.83 years; height = 1.83 \pm 0.05 m; body mass = 80.16 \pm 7.45 kg) who were enrolled in the club during both seasons. The main outcome measurements were creatine kinase (CK), weight, lean mass, % fat DEXA, high speed running, total distance, density of total distance and high-speed running and wellbeing questionnaires. Significance was set at $p < 0.05$. Players who completed more than 60 min in the previous game had significantly increased pregame CK levels and fatigue in multi-match weeks. Midfielders had both significantly increased pregame CK and muscle soreness in multi-match weeks. Midfielders and players with an exposure time of at least 60 min showed higher pregame CK values that should play a key role for deciding substitutions.

Keywords: soccer; creatine kinase; muscle damage; fatigue; GPS; high speed running

1. Introduction

Professional sport has been affected by the COVID-19 pandemic [1,2]. Since lockdown, top soccer leagues in Europe have faced a congested schedule with multiple matches per week and short recovery periods in order to complete the most recent season. Some evidence has started to show that the congested weeks after the COVID-19 lockdown increased the number of injuries, with the injury rate per game being 0.84 after lockdown, compared to 0.27 prior to the COVID-19 pandemic [2].

This extraordinary situation may have several consequences in clinical practice, provided that insufficient recovery may reduce athletic performance and increase the risk of sport-related injuries [2,3]. In fact, it is widely accepted that kinetic models predict higher overall injury burden for successful teams competing in both national and European club competitions [4]. It is important to take into account that even a recovery period of 72 h post-match may not be long enough to completely restore the homeostatic balance in soccer players [5,6].

In a more detailed way, creatine kinase (CK) levels have been used to monitor muscle damage in elite soccer players [7–10] and other sports [11,12]. A recent systematic review

pointed out that a real match format induced greater levels of CK compared to simulation protocols [5]. Most studies conducted in real-world scenarios were single-match experiments [13] or short-term prospective studies [7,14–16]. Much less information is available on long-term prospective studies in top soccer leagues [16]. To the best of our knowledge, no study has compared muscle damage in single- and multi-match weeks during the entire season in an elite professional soccer environment. In addition, the potential effects of playing different positions have not traditionally been accounted for by previous authors [7,17], despite the fact that there are different position-specific physical demands in professional football [18].

The current prospective cohort study was conducted to compare muscle damage in single- vs. multi-match weeks in Premier League soccer players for two seasons in a row. A secondary objective was to analyze the influence of playing position on muscle damage in congested versus standard schedules.

2. Materials and Methods

2.1. Design

This is a prospective cohort study performed in a professional elite soccer club in the English Premier League during the 2018–2019 and 2019–2020 seasons up until the lockdown due to the COVID-19 pandemic. The current study was approved by the Ethics Committee of Camilo José Cela University (Madrid, Spain) and adhered to the tenets of the Declaration of Helsinki [19]. All participants gave their consent to participate after having been informed of the study's objectives and procedures. All data were anonymous and confidential in line with new European data protection laws [20].

2.2. Study Participants

Data were collected from 29 elite soccer players (mean \pm S.D.; age = 27.6 ± 3.8 years; height = 1.83 ± 0.05 m; body mass = 80.16 ± 7.45 kg) who were enrolled in the club during both seasons. Goalkeepers were excluded due to their specific role in the team. The positional breakdown assigned to the players was: defender, midfielder, and striker [13,21,22]. As exclusion criteria, samples of blood were not taken from the player if they had any injury or had any muscle knock during the game prior to the test. In multigame weeks, data of the player were not included if the player had not played the previous game.

2.3. Procedures

Data were related to 38 matches in the 2018–2019 season and 29 matches in the 2019–2020 season. Since fixtures were not distributed homogeneously during the whole season, weeks were considered as multi-match weeks or single-match weeks when the time between matches was shorter or longer than 4 days (96 h), respectively [23]. So, for the games that had less than 4 days between them, samples were taken pre- and post-match, and these samples were designated as being from a multi-match week. Otherwise, for those games that had more than 4 days between them, the samples were designated as being from a single-match week, and the samples were taken with the same procedure.

Match performance data were collected across both seasons by the English Premier League—with TRACAB (Chyroego Corporation, New York, NY, USA) in 2018–2019 and Second Spectrum (Los Angeles, CA, USA) in 2019–2020 installed at the stadiums of the home team. The data supplied provided different information about total distance and different velocities of the players during the game. Kick off time was from 12:30 to 19:00 depending on the fixture and television broadcasting. To develop the player's activity profiles, movements were coded into the following categories and speed thresholds: standing ($0\text{--}0.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), walking ($0.2\text{--}2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), jogging ($2\text{--}4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), running ($4\text{--}5.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), high-speed running ($5.5\text{--}7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) and sprinting ($>7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), as in previous investigations [24,25]. The density of total distance and high-speed running, dividing total distance and high speed running meters by the number of minutes played, was also calculated.

The primary outcome measure was muscle damage through CK analysis. Blood test samples were collected in two moments. Pre-game and post-game CK were taken the days prior to and after the game, between 09:00 and 10:00 without having breakfast, when the players arrived at the training ground facilities. The samples were collected in a standing position by the same member of the club staff, using a sterile lancet (Roche, Mannheim, Germany) in combination with a spring-loaded AccuChek lancet device (Roche, Mannheim, Germany). A 30 μ L capillary blood sample was placed on the measurement strip and analyzed by Reflotron Plus (Reflotron Systems, Roche, Mannheim, Germany) system according to the manufacturer's recommendations. Capillary blood was analyzed using this method and displayed an intraassay reliability of <3% coefficient of variation [26]. Pre-game training consists of a very light session with some warming up drills and mobility exercises.

Wellbeing questionnaires were collected everyday through a software program (Soccer System Pro, Barcelona, Spain) on an iPad Air (Apple, Cupertino, CA, USA) located in the changing room of the players. Players were familiarized with this questionnaire, which was distributed according to previous recommendations [27–29] and comprised different questions such as fatigue, muscle soreness, sleep quality and stress scored on a five-point Likert scale (values 1–5 with 1 point of increment, where 1 means very good ratings and 5 very bad). The number of sleep hours was also collected. Although these scores were collected every day, for this analysis, only data related to the day prior to the game were considered.

Body fat and lean mass percentages were evaluated by means of dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) using a total body scanner (QDR Explorer W, Hologic, MA, USA; fan-beam technology, software for Windows XP version 12.6.1) according to the manufacturer's procedure. All the scanning and analyses were performed by the same specialist to ensure consistency.

2.4. Statistical Analysis

All statistical tests were performed using the package IBM SPSS Statistics v. 26.0 (SPSS Science, Chicago, IL, USA). A descriptive study was carried out to analyze the data. Continuous variables were presented as mean values and standard deviation (SD) along with 95% confidence intervals (CI). When appropriate, data were provided as percentages. The Shapiro–Wilk test was used to identify normal distribution of the data. The Mann–Whitney U test was used to analyze differences between multi-match weeks and single-match weeks. One-way ANOVA or multivariate data analysis was used to test the profile of the values, depending on the playing position, in the congested weeks and non-congested weeks. Analysis was performed at the 95% confidence level. Significance was set at $p < 0.05$.

3. Results

Out of the 55 analyzed matches, 22 were considered to belong to multi-match weeks and 33 to single-match weeks. In addition, CK pre-match multi-match data involved a mean of 9.77 players per match, while single-match data involved a mean of 9.75 players per match.

Table 1 shows a comparative assessment of muscle damage, wellbeing, body composition and match performance data in single- vs. multi-match weeks in professional soccer players playing in the English Premier League. In general terms, significant differences were found for GPS total distance and density total distance, with multigame weeks showing higher values than single-match weeks. No other significant differences were found for CK values or any other variable.

Players who completed more than 60 min in the previous game had significantly increased pregame CK levels in multi-match compared to single-match weeks (324.97 ± 191.40 vs. 279.90 ± 158.3 ; $p = 0.029$) (Figure 1). In addition, these players also had significantly higher levels of fatigue (2.22 ± 0.80 vs. 2.03 ± 0.69 ; $p = 0.015$) (Figure 2) and density total distance (109.97 ± 10.30 vs. 107.50 ± 11.53 ; $p = 0.036$) (Figure 3) in multi-match vs. single-match weeks. The most striking finding among players who playing less than 60 min

was a postgame CK that was significantly increased in multi-match vs. single-match weeks (556.65 ± 291.10 vs. 384.47 ± 163.87 ; $p = 0.029$). No more significant changes were found in this group. These results are listed in Table 2.

Table 1. Comparative assessment of muscle damage, wellbeing, body composition and match performance data in multi-match vs. single-match weeks in professional soccer players playing in the English Premier League.

	Multi-Match Week			Single-Match Week			p^{\dagger}
	Mean [SD]	Lower	Upper	Mean [SD]	Lower	Upper	
CK PREGAME (U/L)	329.83 [199.58]	303.00	356.66	313.04 [176.55]	293.69	332.40	0.636
CK POSTGAME (U/L)	663.25 [375.62]	598.82	727.68	658.76 [319.44]	610.39	707.12	0.539
WEIGHT (kg)	80.06 [7.47]	79.14	80.98	80.09 [7.47]	79.35	80.83	0.991
LEAN MASS (kg)	69.63 [67.76]	68.87	70.39	69.76 [66.94]	69.17	70.36	0.755
% FAT DEXA	13.41 [1.51]	13.24	13.58	13.33 [1.53]	13.19	13.46	0.373
FATIGUE ‡	2.12 [0.83]	2.02	2.22	2 [0.73]	1.93	2.07	0.073
MUSCLE SORENESS ‡	2.15 [0.81]	2.05	2.25	2.03 [0.7]	1.96	2.10	0.067
STRESS ‡	2.15 [1.11]	2.01	2.28	2.01 [1.04]	1.91	2.11	0.125
SLEEP QUALITY ‡	2.16 [0.75]	2.07	2.26	2.15 [0.79]	2.07	2.22	0.574
SLEEP HOURS	7.28 [1.02]	7.15	7.40	7.39 [0.99]	7.29	7.49	0.207
GPS (HSR) (m)	716.43 [350.86]	672.55	760.31	724.39 [436.75]	681.02	767.76	0.451
DENSITY HSR (m/min)	10.12 [5.78]	9.39	10.84	10.31 [5.52]	9.76	10.86	0.607
GPS TOTAL DISTANCE (m)	8544.52 [3431.35]	8115.36	8973.68	8154.28 [3323.48]	7824.26	8484.30	0.041 *
DTD (m/min)	110.89 [11.61]	109.44	112.35	108.91 [13.8]	107.54	110.29	0.038 *

CK, creatine kinase; kg, kilograms; GPS, global positioning system; HSR, high-speed running; DTD, density total distance; m, meters; min, minutes; SD, standard deviation; CI, confidence interval. p^{\dagger} value: based on U Mann–Whitney test; ‡ Wellbeing questionnaire, scored on a five-point Likert scale (values 1–5: 1—very good and 5—very bad); * p value < 0.05.

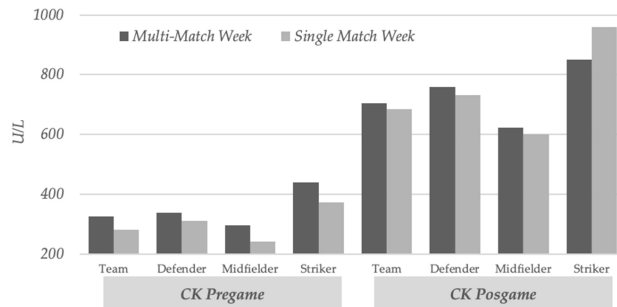


Figure 1. Muscle damage through creatine kinase analysis in multi-match vs. single-match weeks in soccer players that completed more than 60 min in the game and according to player position.

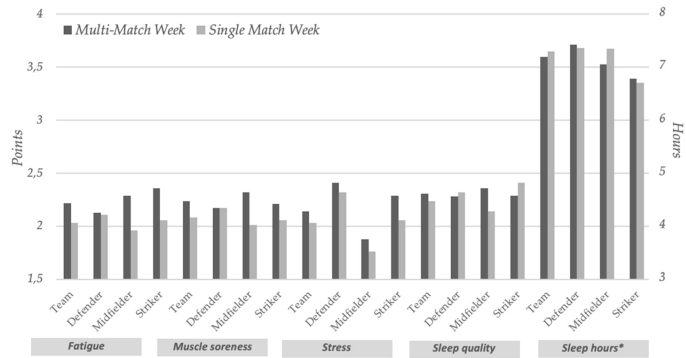


Figure 2. Wellbeing questionnaire data in multi-match vs. single-match weeks in soccer players that completed more than 60 min in the game and according to player position. (*) The sleep hours are represented on the right axis.

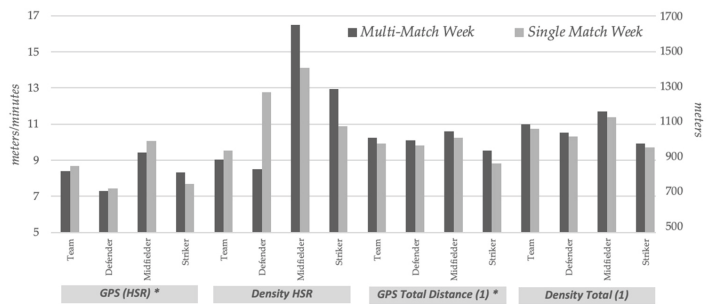


Figure 3. Match performance data in multi-match vs. single-match weeks in soccer players that completed more than 60 min in the game and according to player position. (1) For data representation, GPS total distance mean and density total mean were divided by 10. (*) GPS and GPS total distance are represented on the right axis.

Regarding player position, our results clearly demonstrate that midfielders had pregame CK values that were significantly increased in multi-match weeks when compared to single-match weeks (295.16 ± 185.26 vs. 240.58 ± 134.97 ; $p = 0.045$). Similarly, midfielders’ muscle soreness (2.36 ± 0.81 vs. 2.14 ± 0.82 ; $p = 0.047$) and total distance ($10,592.38 \pm 10,592.38$ vs. $10,233.59 \pm 1482.91$; $p = 0.033$) were also significantly higher in multi-match vs. single-match weeks. Conversely, no significant changes were found in defenders and strikers. These results are summarized in Table 3.

Table 2. Comparative assessment of muscle damage, wellbeing, body composition and match performance data in multi-match vs. single-match weeks in soccer players that completed more than 60 min in the game vs. those who played less.

	>60 MINUTES PLAYED					<60 MINUTES PLAYED						
	Multi-Match Week		Single-Match Week		95% CI	Multi-Match Week		Single-Match Week		95% CI		
	Mean [SD]	Lower	Upper	Mean [SD]	Upper	Lower	Mean [SD]	Upper	Mean [SD]	Lower	Upper	<i>p</i> [†]
CK PREGAME (U/L)	324.97 [191.4]	293.98	355.97	279.9 [158.39]	305.99	253.81	372.51 [233.83]	435.15	357.74 [197.96]	308.89	406.58	0.713
CK POSTGAME (U/L)	704.1 [380.84]	642.48	765.72	685.65 [320.96]	742.35	628.95	384.47 [163.88]	508.902	556.66 [291.11]	465.96	647.35	0.029*
WEIGHT (kg)	79.51 [6.57]	78.39	80.63	79.29 [6.72]	80.21	78.36	80.48 [8.49]	82.96	80.9 [8.78]	78.92	82.89	0.790
LEAN MASS (kg)	69.26 [64.47]	68.32	70.21	69.42 [65.7]	70.18	68.65	69.94 [7.01]	71.78	70.13 [7.14]	68.69	71.57	0.872
%FAT DEXA	13.4 [1.43]	13.19	13.61	13.33 [1.46]	13.50	13.16	13.17 [1.41]	13.58	13.11 [1.68]	12.79	13.44	0.835
FATIGUE §	2.22 [0.8]	2.11	2.34	2.03 [0.69]	2.13	1.94	2.06 [0.89]	2.29	1.95 [0.73]	1.76	2.13	0.432
MUSCLE SORENESS §	2.24 [0.81]	2.13	2.36	2.08 [0.7]	2.18	1.99	2.15 [0.8]	2.34	2.01 [0.58]	1.86	2.17	0.290
STRESS §	2.14 [1.08]	1.98	2.31	2.03 [1.13]	2.17	1.90	2.1 [0.95]	2.35	2.03 [0.79]	1.83	2.22	0.625
SLEEP QUALITY §	2.31 [0.71]	2.19	2.43	2.24 [0.77]	2.33	2.14	2.06 [0.7]	2.28	2.09 [0.77]	1.92	2.26	0.823
SLEEP HOURS	7.19 [1.07]	7.04	7.35	7.3 [0.91]	7.43	7.17	7.29 [0.92]	7.58	7.56 [1.06]	7.33	7.79	0.151
GPS (HSR) (m)	839.07 [283.06]	792.82	885.31	868.34 [399.44]	905.58	831.10	314.69 [231.08]	259.30	301.58 [202.11]	258.30	344.86	0.713
DENSITY HSR (m/min)	9.05 [3.07]	8.29	9.80	9.53 [4.49]	10.13	8.92	13.6 [9.86]	11.417	12.72 [7.39]	11.019	14.42	0.534
GPS TOTAL DISTANCE (m)	10,256.22 [1328.31]	10,083.85	10,428.58	9911.16 [1245.2]	10,049.96	9772.35	2937.24 [1846.97]	2480.11	2936.72 [1708.45]	2579.54	3293.90	0.999
DTD (m/min)	109.97 [10.3]	108.17	111.77	107.5 [11.53]	108.952	106.05	113.91 [14.84]	109.431	113.26 [18.57]	109.76	116.76	0.823

CK, creatine kinase; kg, kilograms; GPS, global positioning system; HSR, high-speed running; DTD, density total distance; m, meters; min, minutes; SD, standard deviation; CI, confidence interval. *p*[†] value: based on ANOVA, pairwise comparisons between multi-match weeks and single-match weeks; § wellbeing questionnaire, scored on a five-point Likert scale (values 1–5; 1—very good and 5—very bad); * *p* value < 0.05.

Table 3. Comparative assessment of muscle damage, wellbeing, body composition and match performance data in multi-match vs. single-match weeks according to player position.

	>60 MINUTES PLAYED										<60 MINUTES PLAYED										
	Multi-Match Week					Single-Match Week					Multi-Match Week					Single-Match Week					
	Mean [SD]	Lower	Upper	p †	95% CI	Mean [SD]	Lower	Upper	p †	95% CI	Mean [SD]	Lower	Upper	p †	95% CI	Mean [SD]	Lower	Upper	p †	95% CI	
CK PRCGAME (U/L)	Defender	337.21 [199.13]	293.91	380.50	0.369	347.73 [209.03]	275.62	347.34	0.045 *	311.48 [147.84]	240.58	336.10	0.027 *	303.46 [102.69]	190.31	416.61	0.601				
	Midfielder	295.17 [185.26]	254.23	336.10	0.004 *	316.46 [134.97]	206.46	274.70	0.027 *	240.58 [134.97]	134.97	336.10	0.027 *	341.38 [236.81]	276.05	406.71	0.218	0.642			
	Striker	435.27 [145.76]	338.00	538.55	0.364	372.68 [299.61]	272.41	472.96	0.364	372.68 [299.61]	272.41	472.96	0.364	418.82 [149.97]	331.84	505.80	0.144				
CK POSTGAME (U/L)	Defender	758.57 [441.35]	666.34	850.80	0.005 *	730.57 [342.71]	647.29	813.85	0.658	456 [167.04]	213.24	698.76	0.114	301.33 [135.15]	58.57	544.09	0.369				
	Midfielder	622.19 [366.61]	529.96	714.42	0.005 *	600.3 [366.61]	515.71	684.90	0.046 *	297.4 [148.5]	164.43	430.37	0.114	464.63 [208.1]	368.17	561.10	0.046 *	0.046 *			
	Striker	848.83 [495.83]	637.27	1061.93	0.486	558.72 [442.41]	734.96	1182.59	0.486	548.3 [66.73]	338.26	758.74	0.486	468.1 [196.17]	675.13	941.07	0.041 *	0.041 *			
WEIGHT (kg)	Defender	81.07 [7.6]	79.74	82.40	<0.001 *	81.12 [7.6]	80.05	82.19	0.956	83.01 [7.6]	79.95	86.07	<0.001 *	83.29 [7.6]	80.34	86.24	0.897				
	Midfielder	75.24 [5.13]	75.24	77.76	<0.001 *	75.99 [4.99]	74.88	76.97	0.469	74.83 [4.89]	71.48	76.18	<0.001 *	74.06 [4.16]	72.36	76.04	0.808				
	Striker	88.13 [6.72]	85.21	91.05	0.657	89.76 [7.21]	87.10	92.41	0.657	89.19 [5.41]	86.13	92.25	0.657	89.22 [6.55]	87.02	91.43	0.986				
LEAN MASS (kg)	Defender	70.12 [52.99]	69.04	71.20	0.570	70.52 [53.17]	69.66	71.38	0.570	72.19 [56.08]	69.65	74.74	<0.001 *	71.26 [58.72]	69.07	73.44	0.583				
	Midfielder	65.91 [44.29]	64.87	66.94	<0.001 *	65.86 [43.45]	65.03	66.69	<0.001 *	64.87 [42.97]	63.07	66.67	<0.001 *	64.72 [42.89]	63.27	66.17	<0.001 *	0.894			
	Striker	78.97 [58.2]	76.95	80.99	0.258	80.51 [52.96]	78.77	82.24	0.258	76.84 [48.2]	74.46	79.22	0.258	76.54 [48.88]	74.88	78.20	0.837				
%FAT DEXA	Defender	13.38 [1.36]	13.07	13.69	0.091 *	13.04 [1.4]	12.79	13.29	0.091 *	13.1 [1.48]	12.26	13.94	0.830	13.15 [1.15]	12.75	14.20	0.091				
	Midfielder	13.34 [1.5]	13.04	13.64	0.538	13.42 [1.47]	13.18	13.66	<0.001 *	13.09 [1.74]	12.49	13.68	0.830	13.13 [2.14]	12.65	13.61	0.436	0.691			
	Striker	13.1 [1.42]	13.12	14.29	0.253	13.36 [1.3]	13.65	14.66	0.253	13.38 [0.47]	12.59	14.17	0.253	12.88 [1.18]	12.33	13.43	0.253				
FATIGUE \$	Defender	2.13 [0.61]	1.96	2.31	0.888	2.11 [0.59]	1.97	2.26	0.888	2.23 [0.83]	1.80	2.66	0.440	1.71 [0.46]	1.30	2.12	0.086				
	Midfielder	2.13 [0.85]	2.13	2.46	0.332 *	2.06 [0.76]	1.82	2.10	0.327	2.06 [0.97]	1.58	2.24	0.440	1.75 [0.72]	1.52	2.03	0.533				
	Striker	2.26 [0.74]	1.97	2.75	0.264	2.06 [0.74]	1.71	2.41	0.264	2.15 [0.80]	1.73	2.58	0.264	2.32 [0.74]	2.01	2.63	0.532				
MUSCLE SORENESS \$	Defender	2.17 [0.76]	2.00	2.35	0.983	2.17 [0.64]	2.03	2.32	0.983	2 [0.70]	1.64	2.36	0.495	1.71 [0.46]	1.36	2.06	0.264				
	Midfielder	2.32 [0.88]	2.15	2.49	0.501 *	2.01 [0.74]	1.87	2.15	0.284	2.14 [0.94]	1.86	2.42	0.495	1.94 [0.58]	1.73	2.16	0.029 *	0.286			
	Striker	2.21 [0.69]	1.82	2.61	0.567	2.06 [0.74]	1.70	2.42	0.567	2.31 [0.63]	1.94	2.67	0.567	2.28 [0.54]	2.02	2.54	0.903				

Table 3. Cont.

	>60 MINUTES PLAYED						<60 MINUTES PLAYED						
	Multi-Match Week			Single-Match Week			Multi-Match Week			Single-Match Week			
	Mean [SD]	Lower	Upper	p †	Mean [SD]	Lower	Upper	p †	Mean [SD]	Lower	Upper	p †	
STRESS §	Defender	2.41	2.15	2.66	0.628	1.92	1.46	2.39	0.347	2.0 [0.78]	1.55	2.45	0.813
	Midfielder	1.88	1.63	2.13	0.014 *	1.76	1.56	1.97	0.001 *	1.83 [0.84]	1.55	2.11	0.090 *
	Striker	2.29	1.71	2.86	0.565	2.06 [0.74]	1.54	2.58	0.565	2.32 [0.62]	1.99	2.65	0.823
SLEEP QUALITY §	Defender	2.28	2.10	2.45	0.677	2.32	2.18	2.47	0.677	2.15 [0.68]	1.75	2.56	0.294
	Midfielder	2.36	2.19	2.53	0.785 *	2.14 [0.81]	2.00	2.28	0.118	1.91 [0.68]	1.60	2.22	0.397
	Striker	2.29	1.89	2.68	0.082	2.41 [0.87]	2.05	2.77	0.642	2.23 [0.72]	1.83	2.63	0.036 *
SLEEP HOURS	Defender	7.43 [0.56]	7.21	7.66	0.016 *	7.36 [0.68]	7.18	7.55	0.627	7.31 [0.75]	6.78	7.84	0.042 *
	Midfielder	7.05 [0.51]	6.83	7.27	0.016 *	7.35 [0.55]	7.16	7.53	0.045 *	7.09 [0.67]	7.09	7.91	0.234
	Striker	6.79 [1.25]	6.28	7.29	0.082	6.71 [1.21]	6.24	7.17	0.819	6.92 [1.32]	6.39	7.45	0.723
GPS (HSR) (m)	Defender	729.76 [261.54]	655.17	804.36	0.773	743.78 [372.68]	684.34	803.22	0.773	199.77 [180.91]	91.06	308.47	0.288
	Midfielder	941.65 [280.86]	870.12	1013.18	<0.001 *	1006.62 [397.68]	949.41	1063.83	<0.001 *	411.68 [239.08]	334.81	488.54	0.003 *
	Striker	831.24 [221.88]	692.12	970.36	0.499	768 [316.79]	648.17	887.83	0.499	245.52 [191.49]	143.84	347.20	0.784
DENSITY HSR (m/min)	Defender	8.51 [6.11]	4.18	12.84	0.013 *	12.77 [11.84]	9.05	16.48	0.143	7.6 [2.71]	6.78	8.42	0.562
	Midfielder	16.5 [10.58]	13.44	19.56	0.013 *	14.11 [6.56]	11.64	16.58	0.239 *	10.48 [2.96]	9.70	11.26	<0.001 *
	Striker	19.81 [9.81]	8.91	17.01	0.407	14.37 [4.37]	8.06	13.70	0.407	12.17 [2.17]	7.15	10.19	0.910
GPS TOTAL DISTANCE (m)	Defender	10,102.58 [19,454.8]	9834.37	10,370.79	<0.001 *	9828.42 [1723.99]	9614.71	10,042.14	0.117	2686.68 [676.45]	1780.47	3592.89	0.245
	Midfielder	11,545.06 [15,651.06]	10,335.18	10,849.57	<0.001 *	11,482.91 [14,820.91]	10,027.88	10,439.30	<0.001 *	2933.93 [2049.72]	4215.51	4515.51	0.016 *
	Striker	9519.08 [11,446.78]	9018.86	10,019.29	0.042 *	8832.93 [11,446.78]	8402.07	9263.80	0.042 *	2040.89 [995.67]	1195.20	2888.57	0.380
DTD (m/min)	Defender	105.22 [6.86]	103.23	107.21	0.140	103.3 [7.52]	101.72	104.89	0.140	105.22 [6.86]	103.23	107.21	0.140
	Midfielder	117.17 [8.83]	115.26	119.08	<0.001 *	113.75 [11.95]	112.23	115.28	<0.001 *	117.17 [8.83]	115.26	119.08	<0.001 *
	Striker	99.24 [5.47]	95.53	102.95	0.393	97.11 [7.35]	93.92	100.31	0.393	99.24 [5.47]	95.53	102.95	0.393

CK, creatine kinase; kg, kilograms; GPS, global positioning system; HSR, high-speed running; DTD, density total distance; m, meters; min, minutes; SD, standard deviation. p † value: based on ANOVA multivariate, test results of within-subject effects according to position; † p value: based on ANOVA, pairwise comparisons between multi-match weeks and single-match weeks; § wellbeing questionnaire, scored on a five-point Likert scale (values 1–5: 1—very good ratings and 5—very bad)); * p value < 0.05.

4. Discussion

To the best of our knowledge, this was the first study that compared muscle damage in single- vs. multi-match weeks for two consecutive seasons in English Premier League soccer players.

Our results clearly demonstrate that pre-game levels of CK were significantly higher in congested compared to non-congested weeks when players played more than 60 min. Similarly, internal training load expressed as fatigue and muscle soreness were also significantly increased. As the biomarker is an individual independent value, clinically this difference suggests that changes in pre-game CK levels intra-individually in a congested week would help us to understand how close the player is to the baseline of a single-match week. This pre-game CK level could be taken as an important factor by the coaches and the medical department when deciding the availability of players for the next game. Conversely, in spite of post-game CK levels being higher in multi-match weeks, differences were not statistically significant with respect to single-match weeks. The latter finding could be explained considering that in periods of congested scheduling, soccer players reduced the number of low and medium intensity actions they participated in, but maintained the number of higher intensity actions [30]. In addition, Carling et al. (2012) [17] reported that injury risk was generally unaffected during a prolonged period of fixture congestion (8 consecutive official matches in 26 days), provided that squad rotation and post-match recovery strategies were conducted in an appropriate way. Other investigations have shown that injury risk is affected by congested weeks, including in an 11-year follow up Champions League injury study [31].

Our study also shows that there is no difference in total distance between players due to playing in a single- or multi-match week, which is similar to other previous research [32], and postgame CK levels were similar to those reported by Bok and Jukic (2020) in Croatian national-team players. In both studies, post-game CK levels were determined in the morning of the first day after the match, less than 24 h post-match. Higher CK values have been reported in previous studies at 24–36 h [33], 48 h [34] and 72 h [35] post-match in professional soccer players. This fact could explain, at least in part, the higher pre-game CK levels in congested weeks observed in the current cohort study when recovery periods between consecutive matches were <4 days. In addition, it should be pointed out that all latter studies were conducted in competitive environments, meaning that recovery strategies were expected to be applied [34,35]. This idea will match with other authors that conclude that more than four days is needed for the complete recovery of the biomarkers to the pregame level [5].

It is widely accepted that there are position-specific differences in soccer players' match performance [16,36,37]. As was hypothesized, player position may also have a significant impact on muscle damage, in spite of most previous authors not accounting for it [7,17,33,38]. The current results also demonstrate that midfielders had higher pregame CK levels when compared to defenders and forwards. In this respect, it was also found that midfielders performed a significantly increased density of high-intensity work. Similar results were previously reported by Souglis et al. (2018) in a short-term prospective study on professional soccer players from Greece's major league. In addition, Bok and Jukic (2019) recently reported that muscle damage was higher in Croatian national-team players with better aerobic capacity because they could exert a greater number of high-intensity bouts and rapid eccentric contractions during a soccer match. For the reasons already mentioned, positional analysis could be of practical use to coaches and practitioners in order to emphasize the necessity of individualized training and recovery protocols.

Recent studies have emphasized that professional soccer matches can be carried out safely during the COVID-19 pandemic [39]. It was shown that in the Bundesliga, German football's first division, players were more likely to have injuries after lockdown than before. According to our results, player substitution and rotation strategies, as other studies have shown [3], with special emphasis on midfielders, should be strongly encouraged in periods of fixture congestion. Therefore, the five-substitute rule, a temporary amendment

to the Laws of the Game approved by the International Football Association Board (IFAB) for the end of the most recent season, facilitates the decisions about substitutions in order to improve performance and diminish the probability of injury [40].

The strengths of the current prospective cohort study include that it was conducted in a professional soccer club in the English Premier League for two consecutive seasons. In contrast to previous cross-sectional studies [6] or short-term prospective studies, we have assessed a total of 22 multi-match and 33 single-match weeks. Secondly, considering the fact that CK responses in soccer players are individualized (Silva et al. 2014), it is noteworthy to point out that it involved the same players for both seasons, although it reduced the sample size because new players were not included in data from the second season. Thirdly, checking postgame CK levels early in the morning of the following match day, rather than in a strict 24 h cycle post-match, saved time in the design and applied individualized training loads and recovery protocols according to their own figures.

Study Limitations

The present study had some limitations that should be also addressed. Firstly, data from a single club were assessed, meaning that the current results may have limited application. Secondly, considering the fact that collecting data during official top-level competitions is a complex institutional mission within a particular ecological environment, we could not repeat postgame CK levels in a strict 24- or 48-h cycle after the end of the match, as shown in previous studies on this topic [33,34].

Thirdly, it is well-known in the related literature that CK values are individualized and highly dependent on multiple factors as lean mass [41], race [42], the level of the athlete [43] and position. Standardized CK levels cannot be a value reference [9,10], but an individualized profile of CK levels at the same time of the week (day prior to the game) could be a good internal load reference for exploring how the muscle is returning to normal individualized levels.

5. Conclusions

It was concluded that pregame CK levels were significantly increased in multi-match weeks when players had less than 4 days of recovery between consecutive matches. Conversely, no significant changes were found in postgame CK levels, suggesting that player rotation and early recovery strategies were adequate in both single- and multi-match weeks. Regarding playing position, midfielders exhibited higher pregame CK levels when compared to forwards and defenders. Similar results were reported in soccer players who played more than 60 min in the previous game. Accordingly, individualized training loads and recovery protocols are strongly encouraged. Furthermore, prospective cohort studies, involving a larger sample of clubs from elite soccer leagues, are necessary to confirm the current findings.

Author Contributions: Conceptualization, Á.G.-R.-P., E.S.R.-L. and F.R.-G.; methodology, Á.G.-R.-P., F.J.O., E.S.R.-L. and Á.O.-P.-V.; software, Á.G.-R.-P.; validation, Á.G.-R.-P., E.S.R.-L. and F.R.-G.; formal analysis, Á.G.-R.-P. and E.S.R.-L.; investigation, Á.G.-R.-P. and F.R.-G.; resources, Á.G.-R.-P.; data curation, Á.G.-R.-P., F.J.O., E.S.R.-L. and Á.O.-P.-V.; writing—original draft preparation, Á.G.-R.-P., F.J.O., E.S.R.-L. and Á.O.-P.-V.; writing—review and editing, Á.G.-R.-P., F.J.O., F.R.-G., E.S.R.-L. and Á.O.-P.-V.; visualization, Á.G.-R.-P.; supervision, Á.G.-R.-P. and E.S.R.-L.; project administration, Á.G.-R.-P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This study has not received financial support.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of Camilo José Cela University (BIOMUSC, 06/05/2020).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Acknowledgments: We thank all the Medical Department at Watford FC, specially Chris Mogeckwu and all the Physiotherapy Department at Camilo José Cela University. Both helped us get the sample and with the kindly support for this research. The results of the study are presented clearly, honestly, and without fabrication, falsification, or inappropriate data manipulation, and statement that results of the present study do not constitute endorsement by IJERPH.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Carmody, S.; Murray, A.; Borodina, M.; Gouttebauge, V.; Massey, A. When can professional sport recommence safely during the COVID-19 pandemic? Risk assessment and factors to consider. *Br. J. Sports Med.* **2020**, *54*, 946–948. [\[CrossRef\]](#)
2. Seshadri, D.R.; Thom, M.L.; Harlow, E.R.; Drummond, C.K.; Voos, J.E. Case Report: Return to Sport Following the COVID-19 Lock-down and Its Impact on Injury Rates in the German Soccer League. *Front. Sports Act. Living* **2021**, *18*, 604226. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Dellal, A.; Lago-Peñas, C.; Rey, E.; Chamari, K.; Orhant, E. The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *Br. J. Sports Med.* **2015**, *49*, 390–394. [\[CrossRef\]](#)
4. Fuller, C.W. Modeling the impact of players' workload on the injury-burden of English Premier League football clubs. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2018**, *28*, 1715–1721. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
5. Silva, J.R.; Rumpf, M.C.; Hertzog, M.; Castagna, C.; Farooq, A.; Girard, O.; Hader, K. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med.* **2018**, *48*, 539–583. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
6. Chou, T.Y.; Nosaka, K.; Chen, T.C. Muscle Damage and Performance after Single and Multiple Simulated Matches in University Elite Female Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 4134. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
7. Bok, D.; Jukić, I. Muscle Damage During a Soccer World Cup Preparatory and Competition Period. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2019**, *2*, 1–7. [\[CrossRef\]](#)
8. Hacker, S.; Reichel, T.; Hecksteden, A.; Weyh, C.; Gebhardt, K.; Pfeiffer, M.; Ferrauti, A.; Kellmann, M.; Meyer, T.; Krüger, K. Recovery-Stress Response of Blood-Based Biomarkers. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 5776. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
9. Brancaccio, P.; Maffulli, N.; Limongelli, F.M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br. Med. Bull.* **2007**, *81*, 209–230. [\[CrossRef\]](#)
10. Huggins, R.A.; Fortunati, A.R.; Curtis, R.M.; Looney, D.P.; West, C.A.; Lee, E.C.; Fragala, M.S.; Hall, M.L.; Casa, D.J. Monitoring Blood Biomarkers and Training Load Throughout a Collegiate Soccer Season. *J. Strength Cond. Res.* **2019**, *33*, 3065–3077. [\[CrossRef\]](#)
11. Qu, C.; Wu, Z.; Xu, M.; Qin, F.; Dong, Y.; Wang, Z.; Zhao, J. Cryotherapy Models and Timing-Sequence Recovery of Exercise-Induced Muscle Damage in Middle- and Long-Distance Runners. *J. Athl. Train.* **2020**, *55*, 329–335. [\[CrossRef\]](#)
12. Reichel, T.; Bošlau, T.K.; Palmowski, J.; Eder, K.; Ringseis, R.; Mooren, F.C.; Walscheid, R.; Bothur, E.; Samel, S.; Frech, T.; et al. Reliability and suitability of physiological exercise response and recovery markers. *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 11924. [\[CrossRef\]](#)
13. Souglis, A.; Bogdanis, G.C.; Chryssanthopoulos, C.; Apostolidis, N.; Geladas, N.D. Time Course of Oxidative Stress, Inflammation, and Muscle Damage Markers for 5 Days After a Soccer Match: Effects of Sex and Playing Position. *J. Strength Cond. Res.* **2018**, *32*, 2045–2054. [\[CrossRef\]](#)
14. Dupont, G.; Nedelec, M.; McCall, A.; McCormack, D.; Berthoin, S.; Wisløff, U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am. J. Sports Med.* **2010**, *38*, 1752–1758. [\[CrossRef\]](#)
15. Mohr, M.; Draganidis, D.; Chatzinikolaou, A.; Barbero-Álvarez, J.C.; Castagna, C.; Douroudos, I.; Avloniti, A.; Margeli, A.; Papassotiropoulos, I.; Flouris, A.D.; et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2016**, *116*, 179–193. [\[CrossRef\]](#)
16. Silva, J.R.; Rebelo, A.; Marques, F.; Pereira, L.; Seabra, A.; Ascensão, A.; Magalhães, J. Biochemical impact of soccer: An analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **2013**, *39*, 432–438. [\[CrossRef\]](#)
17. Carling, C.; McCall, A.; Le Gall, F.; Dupont, G. The impact of short periods of match congestion on injury risk and patterns in an elite football club. *Br. J. Sports Med.* **2016**, *50*, 764–768. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
18. Barrera, J.; Sarmiento, H.; Clemente, F.M.; Field, A.; Figueiredo, A.J. The Effect of Contextual Variables on Match Performance across Different Playing Positions in Professional Portuguese Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 5175. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
19. Williams, J.R. The Declaration of Helsinki and public health. *Bull. World Health Organ.* **2008**, *86*, 650–652. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
20. Regulation GDP. Regulation EU 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016. Off J Eur. Union. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679> (accessed on 20 September 2019).
21. Ispirlidis, I.; Fatouros, I.G.; Jamurtas, A.Z.; Nikolaidis, M.G.; Nikolaidis, I.; Douroudos, I.; Margonis, K.; Chatzinikolaou, A.; Kalistratos, E.; Katrabasas, I.; et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin. J. Sport Med.* **2008**, *18*, 423–431. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Nowakowska, A.; Kostrzewa-Nowak, D.; Buryta, R.; Nowak, R. Blood Biomarkers of Recovery Efficiency in Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 3279. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Lago-Peñas, C.; Rey, E.; Lago-Ballesteros, J.; Casáis, L.; Domínguez, E. The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 2111–2117. [\[CrossRef\]](#)

24. Di Salvo, V.; Gregson, W.; Atkinson, G.; Tordorff, P.; Drust, B. High intensity activity in Premier League soccer. *Int. J. Sport Med.* **2009**, *30*, 205–212. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Gregson, W.; Drust, B.; Atkinson, G.; Salvo, V.D. Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *Int. J. Sports Med.* **2010**, *31*, 237–242. [[CrossRef](#)]
26. Howatson, G.; Goodall, S.; Van Someren, K.A. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2009**, *105*, 615. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. McLean, B.D.; Coutts, A.J.; Kelly, V.; McGuigan, M.R.; Cormack, S.J. Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2010**, *5*, 367–383. [[CrossRef](#)]
28. Gastin, P.B.; Meyer, D.; Robinson, D. Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. *J. Strength Cond Res.* **2013**, *27*, 2518–2526. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Nobari, H.; Alves, A.R.; Haghighi, H.; Clemente, F.M.; Carlos-Vivas, J.; Pérez-Gómez, J.; Ardigò, L.P. Association between Training Load and Well-Being Measures in Young Soccer Players during a Season. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 4451. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Folgado, H.; Duarte, R.; Marques, P.; Sampaio, J. The effects of congested fixtures period on tactical and physical performance in elite football. *J. Sports Sci.* **2015**, *33*, 1238–1247. [[CrossRef](#)]
31. Bengtsson, H.; Ekstrand, J.; Hägglund, M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br. J. Sports Med.* **2013**, *47*, 743–747. [[CrossRef](#)]
32. Julian, R.; Page, R.M.; Harper, L.D. The Effect of Fixture Congestion on Performance During Professional Male Soccer Match-Play: A Systematic Critical Review with Meta-Analysis. *Sports Med.* **2021**, *51*, 255–273. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Romagnoli, M.; Sanchis-Gomar, F.; Alis, R.; Risso-Ballester, J.; Bosio, A.; Graziani, R.L.; Rampinini, E. Changes in muscle damage, inflammation, and fatigue-related parameters in young elite soccer players after a match. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2016**, *56*, 1198–1205.
34. Scott, A.; Malone, J.J.; Morgans, R.; Burgess, D.; Gregson, W.; Morton, J.P.; Brust, D. The relationship between physical match performance and 48-h post-game creatine kinase concentrations in English Premier League soccer players. *Int. J. Sports Sci. Coach.* **2016**, *11*, 846–852. [[CrossRef](#)]
35. Djaoui, L.; Garcia, J.D.-C.; Hautier, C.; Dellal, A. Kinetic post-match fatigue in professional and youth soccer players during the competitive period. *Asian J. Sports Med.* **2016**, *7*, e28267. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Varley, M.C.; Di Salvo, V.; Modonutti, M.; Gregson, W.; Mendez-Villanueva, A. The influence of successive matches on match-running performance during an under-23 international soccer tournament: The necessity of individual analysis. *J. Sports Sci.* **2018**, *36*, 585–591. [[CrossRef](#)]
37. Jones, R.N.; Greig, M.; Mawéné, Y.; Barrow, J.; Page, R.M. The influence of short-term fixture congestion on position specific match running performance and external loading patterns in English professional soccer. *J. Sports Sci.* **2019**, *37*, 1338–1346. [[CrossRef](#)]
38. Oliveira, R.; Brito, J.; Martins, A.; Mendes, B.; Calvete, F.; Carriço, S.; Ferraz, R.; Marques, M.C. In-season training load quantification of one-, two- and three-game week schedules in a top European professional soccer team. *Physiol. Behav.* **2019**, *201*, 146–156. [[CrossRef](#)]
39. Meyer, T.; Mack, D.; Donde, K.; Harzer, O.; Krutsch, W.; Rössler, A.; Kimpel, J.; von Laer, D.; Gärtner, B.C. Successful return to professional men's football (soccer) competition after the COVID-19 shutdown: A cohort study in the German Bundesliga. *Br. J. Sports Med.* **2021**, *55*, 62–66. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Mota, G.R.; dos Santos, I.A.; Arriel, R.A.; Marocolo, M. Is It High Time to Increase Elite Soccer Substitutions Permanently? *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 7008. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
41. Haralambie, G. Neuromuscular irritability and serum creatine phosphate kinase in athletes in training. *Int. Z. Angew. Physiol.* **1973**, *31*, 279–288. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Wong, E.T.; Cobb, C.; Umehara, M.K.; Wolff, G.A.; Haywood, L.J.; Greenberg, T.; Shaw, S.T., Jr. Heterogeneity of serum creatine kinase activity among racial and gender groups of the population. *Am. J. Clin. Pathol.* **1983**, *79*, 582–586. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
43. Nicholson, G.A.; Morgan, G.; Meerkin, M.; Strauss, E.; McLeod, J.G. The creatine kinase reference interval. An assessment of intra- and inter-individual variation. *J. Neurol. Sci.* **1985**, *71*, 225–231. [[CrossRef](#)]



U **fisio**terapia
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA | UNIVERSIDAD DE SEVILLA

