

Control del entrenamiento con datos GPS y medidas subjetivas de fatiga y recuperación en futbolistas hondureños durante un periodo preparatorio para los Juegos Olímpicos de Tokio 2020/2021

Vasquez-Bonilla, Aldo A.; Urrutia, Sebastián; Bustamante, Ariel; Romero, Jorge Fabricio

Control del entrenamiento con datos GPS y medidas subjetivas de fatiga y recuperación en futbolistas hondureños durante un periodo preparatorio para los Juegos Olímpicos de Tokio 2020/2021

MHSalud, vol. 20, núm. 2, 2023

Universidad Nacional, Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237074466003>

DOI: <https://doi.org/10.15359/mhs.20-2.3>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

Control del entrenamiento con datos GPS y medidas subjetivas de fatiga y recuperación en futbolistas hondureños durante un periodo preparatorio para los Juegos Olímpicos de Tokio 2020/2021

Training Monitoring With GPS Data and Subjective Measures of Fatigue and Recovery in Honduran Soccer Players During a Preparatory Period for Tokyo 2020/2021 Olympic Games

Monitoramento do treinamento com dados GPS e medidas subjetivas de fadiga e recuperação dos jogadores de futebol hondurenhos durante um período preparatório para os Jogos Olímpicos de Tóquio 2020/2021

Aldo A. Vasquez-Bonilla
Universidad de Extremadura, España
alvasquezb@unex.es

DOI: <https://doi.org/10.15359/mhs.20-2.3>
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237074466003>

 <https://orcid.org/0000-0002-5319-086X>

Sebastián Urrutia
Federación Nacional de Fútbol Hondureña, Honduras
urrutia38@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9696-938X>

Ariel Bustamante
Federación Nacional de Fútbol Hondureña, Honduras
abustamentepf@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5252-4410>

Jorge Fabricio Romero
Federación Nacional de Fútbol Hondureña, Honduras
jorgeromeroofisio@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9872-2578>

Recepción: 13 Marzo 2022
Aprobación: 18 Noviembre 2022

RESUMEN:

Introducción: El control de cargas de entrenamiento es importante para optimizar el rendimiento. Por lo tanto, se deben documentar metodologías que mejoren la preparación de selecciones nacionales en eventos como los juegos olímpicos.

Objetivo: Determinar si los datos del GPS en combinación con medidas subjetivas de bienestar, fatiga y recuperación son apropiados para el control de las cargas durante un periodo preparatorio para los Juegos Olímpicos.

Metodología: Participaron 22 jugadores profesionales sub-23 durante 5 microciclos y 27 sesiones de entrenamiento. Se recopilaban datos de carga externa a través de un sistema global de posicionamiento (GPS): Distancia total (DT), zonas de rendimiento Z0 (0-15 km/h), Z1 (15.1-18 km/h), Z2 (18.1-24 km/h), Z3 (>24.1 km/h), velocidad máxima [Vmax (km/h)], aceleraciones (>2.5m/s²) y desaceleraciones (<2.5m/s²). También, se obtuvo la carga interna a través de medidas subjetivas de percepción del esfuerzo (RPE), calidad de la recuperación (TQR), predisposición para entrenar (RTT%) derivada de las variables de calidad del sueño, dolor muscular, niveles de energía, estado de ánimo, estrés, calidad de la alimentación y la salud. Luego se calculó la ratio subjetiva de fatiga-recuperación (F-R). Se aplicó un test ANOVA, análisis de componentes principales (ACP) y una regresión múltiple lineal.

Resultados: Las variables DT (p=0.00 TE=0.22), Z0 (p= 0.00 TE=0.08), Z2 (p=0.00 TE= 0.05), Vmax (p=0.00 TE=0.42), suma de aceleración y deceleración (p=0.00 TE=0.08) y valores relativos de la carga/min (p=0.00 TE=0.17) se identificaron como variables más sensibles al cambio de la carga entre microciclos. El RTT% y ratio subjetivo F-R mostraron un tamaño del efecto moderado (p=0.04 TE=0.06 y p=0.06 TE=0.06), pero fueron sensibles al cambio entre los microciclos. El ACP extrajo 15 variables GPS y 11 variables subjetivas que explicaron el 78% de la varianza de la carga de entrenamiento.

Conclusión: Utilizar datos GPS junto con medidas subjetivas implicadas en la fatiga-recuperación puede ser una buena estrategia para el control de la carga de entrenamiento en futbolistas.

PALABRAS CLAVE: Sistema global de posicionamiento, Carga de entrenamiento, Fatiga, Recuperación, Fútbol.

ABSTRACT:

Background: Training control is essential to optimize performance. Therefore, methodologies that improve the preparation of national teams in events such as the Olympic Games should be documented.

Purpose: To determine whether GPS data in combination with subjective measures of well-being, fatigue and recovery are appropriate for load monitoring during a preparatory period for the Olympic Games.

Methodology: Twenty-two under-23 professional players participated during 5 micro-cycles and 27 training sessions. External load data was collected via a global positioning system (GPS): Total distance (DT), performance zones Z0 (0-15 km/h), Z1 (15.1-18 km/h), Z2 (18.1-24 km/h), Z3 (>24.1 km/h), maximum speed (km/h), accelerations (>2.5m/s.) and decelerations (<2.5m/s.). Also, internal load was obtained through subjective measures of Rating Perceived Exertion (RPE), Total Quality Recovery (TQR), Readiness to Train (RTT%) obtained from the sleep quality, muscle pain, energy levels, mood, stress, food quality and health. The subjective rate of fatigue-recovery (F-R) was then calculated. An ANOVA test, Principal Component Analysis (PCA) and multiple linear regression were applied.

Results: the variables DT ($p=0.00$ ES=0.22), Z0 ($p=0.00$ TE=0.08), Z2 ($p=0.00$ ES=0.05), maximum speed ($p=0.00$ ES=0.42), sum of acceleration and deceleration ($p=0.00$ ES=0.08) and values relative to load/min ($p=0.00$ ES=0.17) were identified as variables more sensitive to load change between micro-cycles. RTT% and subjective rate F-R showed a moderate effect size ($p=0.04$ ES=0.06 and $p=0.06$ ES=0.06), but were sensitive to change between micro-cycles. PCA extracted 15 GPS variables and 11 subjective variables that explained 78% of the training load variance.

Conclusion: Using GPS data together with subjective measures involved in fatigue-recovery may be a good strategy to control training load in footballers.

KEYWORDS: Global Positioning System, Training load, Fatigue, Recovery, Football.

RESUMO:

Introdução: O monitoramento das cargas de treinamento é importante para otimizar o desempenho. Portanto, as metodologias devem ser documentadas para melhorar a preparação das equipes nacionais para eventos como os Jogos Olímpicos.

Objetivo: Determinar se os dados GPS em combinação com medidas subjetivas de bem-estar, fadiga e recuperação são apropriados para o monitoramento da carga durante um período preparatório para os Jogos Olímpicos.

Metodologia: 22 jogadores profissionais U-23 participaram durante 5 microciclos e 27 sessões de treinamento. Os dados de carga externa foram coletados através de um sistema de posicionamento global (GPS): distância total (DT), zonas de desempenho Z0 (0–15 km/h), Z1 (15,1–18 km/h), Z2 (18,1–24 km/h), Z3 (>24,1 km/h), velocidade máxima [Vmax (km/h)], acelerações (>2,5m/s²) e desacelerações (<2,5m/s²). Além disso, a carga interna foi obtida através de medidas subjetivas de percepção do esforço (RPE), qualidade de recuperação (TQR), predisposição para o treinamento (RTT%) derivada das variáveis de qualidade do sono, dor muscular, níveis de energia, humor, estresse, qualidade alimentar e saúde. Posteriormente a taxa subjetiva de fadiga-recuperação (F-R) foi calculada. Um teste ANOVA, análise de componentes principais (ACP) e regressão linear múltipla foram aplicados.

Resultados: As variáveis DT ($p=0,00$ TE=0,22), Z0 ($p=0,00$ TE=0,08), Z2 ($p=0,00$ TE=0,05), Vmax ($p=0,00$ TE=0,42), soma de aceleração e desaceleração ($p=0,00$ TE=0,08) e valores de carga relativa/min ($p=0,00$ TE=0,17) foram identificadas como as variáveis mais sensíveis à mudança de carga entre microciclos. RTT% e a relação F-R subjetiva mostraram tamanho de efeito moderado ($p=0,04$ TE=0,06 e $p=0,06$ TE=0,06 TE=0,06), mas foram sensíveis à mudança entre microciclos. O ACP extrai 15 variáveis GPS e 11 variáveis subjetivas que explicaram 78% da variância na carga de treinamento.

Conclusão: O uso de dados GPS junto com medidas subjetivas envolvidas na fadiga#recuperação pode ser uma boa estratégia para o monitoramento da carga de treinamento em jogadores de futebol.

PALAVRAS-CHAVE: sistema de posicionamento global, carga de treinamento, fadiga, recuperação, futebol.

INTRODUCCIÓN

Recientemente, los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 se llevaron a cabo en 2021, debido a la situación de pandemia del COVID-19 que impidió que se celebraran en ese año. Para el torneo de fútbol, cada selección nacional tuvo un periodo aproximado de entre 4 y 6 semanas para la preparación. A diferencia de partidos amistosos y eliminatorios organizados por la FIFA, en los Juegos Olímpicos, las selecciones nacionales tienen más tiempo para su preparación física, técnica y táctica. Desde el punto de vista de la planificación del

entrenamiento es importante el control de la carga impuesta a partir de indicadores que ayuden a potenciar el rendimiento de los jugadores y las jugadoras durante el periodo preparatorio (Clemente et al., 2019).

En el contexto de entrenamiento deportivo, la evaluación de la carga de entrenamiento (Training Load [TL]), es definida como la variable de entrada que se manipula para provocar la respuesta de entrenamiento deseada y puede diferenciarse en cargas externas e internas (Impellizzeri et al., 2019). Según Gabbett et al. (2017), el ciclo de seguimiento mediante la TL se describe como (1) la carga de trabajo que realizó quien juega (es decir, carga externa), (2) la respuesta psicofisiológica de quien juega a la carga de trabajo (es decir, carga interna), (3) si quien juega está tolerando la carga de trabajo (es decir, percepción y fatiga) y finalmente (4) si quien juega tiene la preparación física o mentalmente para la exposición a otro estímulo de entrenamiento (es decir, disposición para entrenar/competir). Generalmente la continua exposición de picos agudos de TL puede llevar a una disminución del rendimiento y en peores situaciones a un sobre-entrenamiento, lesiones y enfermedad (Drew & Finch, 2016). Por esta razón, la TL debe ser controlada por profesionales de la ciencia y de la medicina del deporte que trabajan en los clubes deportivos.

Una de las tecnologías más utilizada en el fútbol moderno es el sistema de posicionamiento global (Global Positional System (GPS)), que se utiliza comúnmente para cuantificar el volumen y la intensidad del entrenamiento en este deporte (Owen et al., 2017). Habitualmente, el uso de estos equipos tecnológicos incluye monitorear cargas de trabajo externas (Clemente et al., 2019), identificar el riesgo de lesiones (De Beéck et al., 2019) y mejorar el rendimiento (Aughey, 2011; Borresen & Ian Lambert, 2009). Los datos del GPS han demostrado ser un medio válido y fiable (ICC=0.83-0.99) con error inferior al 1 % en comparación con distancias previamente registradas (Nikolaidis et al., 2018). El GPS mide parámetros de movimiento temporal representados por la distancia recorrida y el número de esfuerzos a diferentes velocidades de carrera (por ejemplo, hasta 24 km/h), así como períodos de aceleración y desaceleración (por ejemplo, hasta 2.5 m/s² o -2.5 m/s², respectivamente) con cambios de dirección realizados en pocos metros (Akenhead & Nassis, 2016). En los deportes de equipo, los datos en tiempo real obtenidos del GPS son considerados medidas ecológicas con aplicabilidad dentro del espacio de juego oficial (Cummins et al., 2013).

Asimismo, para las medidas de TL internas, tradicionalmente se ha aplicado la frecuencia cardíaca o la calificación del esfuerzo percibido (Rating Percived Exertion [RPE]) (Owen et al., 2016). La RPE es un marcador subjetivo que reflejan la carga de entrenamiento interna de la sesión, pero no es sensible a los cambios de dolor muscular, lesiones o procesos de recuperación (Jaspers et al., 2018). Recientemente se publicó un modelo de valoración del bienestar basado en cuestionarios autoinformados de la disposición para entrenar (Readiness to Train [RTT]) (Cullen et al., 2021) en los cuales se evaluó, en una escala ordinal del 1 al 5: dolor muscular, sueño, estado de ánimo, niveles de energía, estrés, dieta y salud. Estos formulan un algoritmo que parece ser sensible para identificar carga de trabajo y bienestar subjetivo. El RTT muestra variaciones en los macrociclos y bloques de trabajo (Mangan et al., 2019); contrariamente, el RTT se describió como una mala medida durante variaciones del día a día entre microciclos en quienes juegan fútbol gaélico (Cullen et al., 2021). El efecto de la TL sobre variaciones del RTT aún no se ha documentado en el fútbol y parece una propuesta interesante, porque los entrenamientos de fútbol y fútbol gaélico difieren en su estructura de contenidos, carga y actividades específicas de entrenamiento (Bolotin & Bakayev, 2017). Otra medida de interés en los últimos años en el fútbol es la escala de calidad total de la recuperación (TQR), que se suele utilizar como un método para monitorear la recuperación de futbolistas en periodos congestionados (Howle et al., 2019) y tiene una buena correlación con la creatina quinasa ($r=0.75$) de atletas, que es un biomarcador para evaluar el daño muscular (Osiecki et al., 2015). Basado en la bibliografía científica, podría ser ideal evaluar la TL mediante la combinación de datos GPS y marcadores subjetivos asociados a la recuperación, carga de entrenamiento y fatiga para conocer el efecto de la planificación de entrenamiento sobre futbolistas. A diferencia de otras formas del control de las cargas donde se incluyen medidas más específicas como la potencia de salto, fuerza, marcadores sanguíneos, frecuencia cardíaca y composición corporal (Coppalle et al., 2019; Vasquez-Bonilla et al., 2019), esta propuesta metodológica

podría comprenderse como medidas complementarias a la respuesta fisiológica al entrenamiento. Como no hay medida estándar de oro para valorar el rendimiento futbolístico, al integrar varias fuentes de datos subjetivos y GPS se facilita la toma de decisiones por parte del staff técnico.

Siguiendo el contexto, la planificación del entrenamiento de un periodo preparatorio para el torneo de fútbol de Juegos Olímpicos es diferente a la de los demás eventos de fútbol, porque permite una preparación de microciclos en bloques, que es una alternativa para la planificación en el fútbol (Romero-Caballero et al., 2021). La premisa general de la planificación o periodización en bloques es una alta concentración de cargas de trabajo especializadas para una estimulación de entrenamiento más pronunciada, y tiene una ventaja sobre la organización de la carga (acumulación, choque y mantenimiento), en comparación con los actuales microciclos estructurados y periodización táctica, debido a que no existen periodos congestionados de competencia (Mallo Sainz, 2011). Por lo tanto, con la intención de determinar si los datos GPS y medidas subjetivas de bienestar, fatiga y recuperación en conjunto son apropiados para el control de las cargas durante microciclos por bloques, este estudio plantea tres objetivos:

1. Identificar la asociación entre las variables de patrones de movimiento obtenidas del GPS y medidas subjetivas de bienestar, carga y recuperación y como se deben agrupar con un ACP durante un macrociclo de preparación para los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 en futbolistas hondureños.
2. Evaluar la variación y sensibilidad de los datos GPS y medidas autoinformadas de bienestar, carga y recuperaciones entre los microciclos en bloques para la preparación de los futbolistas en los Juegos Olímpicos de Tokio 2021.
3. Conocer el grado de influencia de las variables de patrones de movimiento GPS sobre las medidas subjetivas de bienestar, carga y recuperación durante un macrociclo de preparación para los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 en futbolistas hondureños.

METODOLOGÍA

Participantes

Participaron 22 futbolistas masculinos de la Selección Nacional de Honduras sub-23 (edad 22.5 ± 1.8 años, peso corporal 75.9 ± 9.9 kg, altura 1.79 ± 0.11 m, experiencia profesional 4.5 ± 3.8 años). La recolección y análisis de datos se realizó en apego al protocolo de investigación biomédica, basado en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013). Para garantizar la confidencialidad del equipo y del jugador, todos los datos de rendimiento se anonimizaron antes del análisis.

Diseño del estudio

Se utilizó una metodología de tipo cuantitativa con un diseño observacional e inferencial para examinar las cargas externas e internas. Todos los datos fueron obtenidos en las instalaciones del proyecto deportivo la casa de la H, ubicado en la ciudad de Siguatepeque, y abarcó desde el 31 de mayo al 02 de julio de 2021, donde los jugadores se evaluaron en todos los entrenamientos y partidos amistosos con dispositivos GPS portátiles. A cada jugador se le asignó el mismo número de dispositivo GPS antes de cada sesión, con esto se evitó un posible error entre los dispositivos. Todas las medidas subjetivas de bienestar, carga y recuperación fueron registradas a través de un cuestionario digital Google forms (<https://docs.google.com/forms/d/1gcQMCbSkg3a3PkELzGtF4WZ-uRCROx6f0W6zXu8LC6k/>). Inicialmente los jugadores contestaron todas las preguntas una semana previa para poder familiarizarse con las preguntas del cuestionario y evitar confusiones posteriores en las siguientes semanas de entrenamiento.

Características del periodo preparatorio (macrociclo)

Se recopilaban 425 datos del GPS y 175 datos de las medidas subjetivas de cuestionarios autoinformados de 27 sesiones de entrenamiento durante el periodo preparatorio compuesto por 3 grandes bloques (acumulación de carga, choque y mantenimiento) y 5 microciclos de trabajo: microciclo de preparación (M1), microciclo de carga concentrada (M2) y (M3), microciclo de transformación especial (M4) y microciclo de mantenimiento (M5) (Tabla 1). Los contenidos de trabajo se asociaron a un sistema de carga dividido en 3 rangos: carga alta, media y baja, se indica el porcentaje de cada contenido para cada microciclo según la planificación del preparador físico a cargo del plantel de fútbol (Tabla 1).

TABLA 1
Macro ciclo preparatorio para los juegos olímpicos de
Tokio 2021 en la Selección Nacional de Honduras sub-23

Macro ciclo	CARGA (preparación)	CHOQUE			MANTENIMIENTO
Juegos Olímpicos Sub-23	M1	M2	M3	M4	M5
<i>Contenidos</i>					
Juegos de espacio reducido y juegos posicionales	+	++	+++		
Juegos en espacio grande (ejem: juegos posicionales y partidos)	++		+++	++	
Gimnasio: Fuerza estructural	+++	+++	++	+	+
Gimnasio: Neuromuscular	++	++	+	+	+
Partido amistoso	++	+	+	+	+++
Entrenamiento técnico- táctico			++	+	+++
Técnica de carrera		+			++
Movimiento sincronizado	+	+	+	+	++
Intermitentes 15X15	+	+++	++		
6 minutos					
Potencia y velocidad			+++		
N.º sesiones	6	7	10	6	6
Carga de trabajo total obtenida por el preparador físico	3.5	4	4.5	2	3

+++ Carga alta, ++ Carga media, + Carga baja.

Instrumentos y mediciones

1. Sistema de posicionamiento global (GPS)

Los datos fueron registrados con el dispositivo Optimeye S5 (Catapult OptimEye S5, Catapult Innovations, Team Sport 5.0, Melbourne, Australia) que opera en una frecuencia de 2.4GHz para enviar datos en vivo y ser recibidos por el receptor GPS. Las unidades Catapult OptimEye S5 se activaron 15 minutos antes del comienzo de cada sesión y se colocaron en la parte superior de la espalda de cada jugador mediante un chaleco diseñado a medida (Catapult Vest; Ventou Garment Technology, Melbourne, Australia). La ubicación de la escápula ha demostrado tener una confiabilidad en la distancia recorrida total (% coeficiente de variación = 1.41; mínimo cambio detectable = 0.28) (Akyildiz et al., 2022), el dispositivo Catapult OptimEye S5 muestra una excelente confiabilidad con variaciones de CCI 0.77 (IC del 95 %: 0.62 a 0.89) (muy grande) a

1.0 (IC del 95 %: 0.99 a 1.0) (casi perfecto) (Nicolella et al., 2018). Después de cada recopilación de datos, estos mismos fueron descargados de los dispositivos Optimeye S5 a una computadora. Posteriormente fueron editados y analizados por medio del software Catapult Openfield (Openfield®, version 1.14, Catapult Sports, Melbourne, Australia). Solo los sujetos que completaron todo el partido o la sesión de entrenamiento se incluyeron en el proceso de análisis. Los datos de entrenamiento se editaron para incluir solo la duración activa durante las tareas de entrenamiento. El número medio de satélites y la dilución horizontal de la posición se registraron durante la recopilación de datos. Si los valores oscilaban entre <12 para el número de satélites o >1 para la dilución horizontal de la posición, se excluyeron los datos. Para el análisis de la carga de entreno los datos GPS se organizaron de la siguiente manera:

Volumen, intensidad y desgaste neuromuscular. Las variables que caracterizaron el volumen de entrenamiento fueron basadas en la distancia total recorrida en metros (DT) y las zonas de rendimiento específicas previamente establecidas (Murray et al., 2018; O'Connor et al., 2020): zona de caminar/trote suave= Z0 (0-15 km/h), zona de carrera de moderada velocidad= Z1 (15.1-18 km/h), zona de carrera a alta velocidad= Z2 (18.1-24 km/h) y zona de sprint= Z3 (>24.1 km/h) derivados de la DT obtenida de la sesión. Además, se determinó como zonas de alta intensidad los valores >15 km/h y la zona desde el 18 km/h en valores absolutos, todos estos parámetros fueron asociados al volumen de entrenamiento.

Las variables de intensidad fueron los desplazamientos en metros/minutos recorridos como el total distancia recorrida (DT) en m/min, la zona de alta intensidad >15 km/h (AI/min) y la carga total por minutos (carga/min). La carga total se conoce como Player Load, e indica una acumulación de datos recopilados de todos los ejes del acelerómetro (anteroposterior, mediolateral y craneocaudal) y previamente se ha demostrado que es confiable en deportes de equipo basados en colisiones (Boyd et al., 2011). Este modelo de volumen e intensidad fue propuesto por Owen et al., (2017) para el seguimiento de la carga en el fútbol profesional.

Finalmente se contabilizó la velocidad máxima [Vmax (Km/h)], el número de aceleraciones máxima ($>2.5\text{m/s}^2$), desaceleraciones máxima ($<2.5\text{m/s}^2$) y la combinación de aceleraciones y desaceleraciones máximas (SUMA A:D) como ejes causantes de desgaste neuromuscular, y, por lo tanto, consideradas como variables de carga neuro-muscular (Dalen et al., 2016) (material suplementario).

2. Medidas de bienestar subjetivo, carga y recuperación

Percepción del esfuerzo percibido (RPE). En este estudio, la RPE fue descrita mediante la escala Borg's CR-10 modificada de Foster, (1998a) traducida al español. Varios estudios han demostrado que el RPE puede usarse válidamente para evaluar la intensidad del ejercicio en un momento específico (Coutts et al., 2009). El RPE de la sesión de cada jugador se recopiló 30 minutos después de cada sesión de entrenamiento para garantizar que el esfuerzo percibido se refiriera a toda la sesión y no a la intensidad del ejercicio más reciente (Foster, 1998b).

Escala de calidad de la recuperación (TQR). La escala de recuperación cualitativa (TQR) (Kenttä & Hassmén, 1998) se utilizó como medida subjetiva para evaluar el cansancio sufrido por los jugadores. Los jugadores tenían que completar el TQR respondiendo a la pregunta "¿cómo te sientes recuperado?" en una escala de 0 a 10, con 0 en reposo y 10 en recuperación extremadamente buena. La escala TQR obtuvo un valor de α de Cronbach de 0.91 (Selmi et al., 2020) y tiene una sensibilidad del 60 % y especificidad del 75 % (Crowcroft et al., 2017).

La evaluación del bienestar subjetivo y disposición para entrenar [Readiness to Train (RTT)]. Los participantes completaron un cuestionario de bienestar subjetivo diario por la mañana, antes de cada entrenamiento durante todo el macrociclo. El cuestionario constaba de ocho preguntas específicas divididas en siete descriptores de bienestar clasificados en una escala ordinal de 1 a 5 y la duración del sueño que se calculó en horas (0 a 12 h). Los descriptores fueron los siguientes: (1) estado de ánimo (1= muy irritable, 5= excelente estado de ánimo); (2) calidad del sueño (1= no dormí nada, 5= dormí bien); (3) niveles de

energía (1= muy letárgico, 5= lleno de energía); (4) dolor muscular (1= muy dolorido, 5= nada dolorido); (5) utnrición de ayer (1= todas las comidas con alto contenido de azúcar / alimentos procesados, 5= sin azúcar agregada / alimentos procesados); (6) estrés (1= extremadamente estresado, 5= totalmente relajado); (7) salud (1= enfermo 5= muy saludable). La contribución de cada descriptor al valor total de RTT (%) dependía de su ponderación. El estado de ánimo, los niveles de energía, la preparación muscular, el estrés y la salud representaron cada uno hasta el 15 % de la puntuación total de RTT. La calidad del sueño y la dieta de ayer hasta un 10 % cada una, mientras que la duración del sueño fue de hasta el 5 % del RTT general. El valor máximo de RTT individual alcanzable fue del 100 %.

Cálculo de la fatiga subjetiva. Por el estatus de fatiga (%) se obtuvo de la diferencia de los valores de 5 medidas de bienestar, considerando el 100 % de bienestar como una calificación de 5 en todas las medidas: estado de ánimo, calidad del sueño, nivel de energía, dolor muscular y estrés (Thorpe et al., 2015). La fórmula utilizada se muestra a continuación:

$$\text{Fatiga\%} = (\sum 5 \text{ medida de bienestar (\%)} - 100 = \text{fatiga (\%)}).$$

Esta medida difiere del RTT% porque no considera la dieta y la salud dentro de las medidas de bienestar en futbolistas.

Ratio subjetiva de fatiga-recuperación. La ratio subjetiva de fatiga-recuperación (F-R) es una nueva medida implementada en este estudio. Esta medida se obtiene de la diferencia de la escala TQR en porcentaje (1-10 equivale a 10 %-100 %) y la fatiga (%). La fórmula utilizada se muestra a continuación:

$$\text{Ratio subjetivo F-R} = \text{Fatiga (\%)} - \text{TQR (\%)}$$

En este estudio no nos interesó la dirección de la variable, es decir, si un jugador estaba más recuperado o menos fatigado, ya que los términos se superponen. Por lo tanto, se esperó que los valores fueran negativos debido a los pequeños valores de fatiga, lo cual indicaría que un valor más negativo es considerado un mejor F-R y un valor más positivo es considerado un peor F-R.

Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de las variables expresadas como media $\pm$ DE y coeficiente de variación (CV%), se identificó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-wilks, permitiendo aplicar pruebas paramétricas para cada variable. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza ANOVA de medidas repetidas en un factor para comparar las variables entre los microciclos. Cuando se detectó una diferencia global, se utilizó el análisis post hoc de Tukey b para identificar las diferencias significativas ($p < 0.05$) para todas las variables. Luego, se realizó un análisis de los componentes principales (ACP) para identificar el porcentaje de asociación entre variables. Una correlación $r < 0,7$ entre variables fue considerada para la extracción (Tabachnick & Fidell, 2007) y las variables con varianza= 0 fueron excluidas. Las 10 variables seleccionadas a través de los procesos anteriores fueron escaladas y centradas (Puntuación Z). Los valores de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO= 0.56-0.7) y la prueba de esfericidad de Bartlett ($p < 0.05$) confirmaron que el ACP fue adecuado. Los valores propios > 1 fueron considerados para la extracción de componentes principales (Kaiser, 1960). El umbral de 0.6 en cada carga del componente principal se retuvo para la interpretación, extrayendo la mayor carga factorial cuando se encontró una carga cruzada entre componentes (Kaiser, 1960). El tamaño del efecto también fue calculado usando un eta-cuadrado parcial (η^2_p) que considera la siguiente interpretación cualitativa: < 0.01 , trivial; > 0.01 , pequeño; > 0.06 , moderado; y > 0.14 , grande (Cohen, 1988). Finalmente, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal múltiple por pasos hacia adelante para explicar el grado de influencia de las variables GPS sobre las medidas subjetivas (RPE, RTQ, RTT, fatiga, ratio F-R). Con este método se elimina las variables que no se ajustaban al modelo, y las variables tomadas para este análisis fueron las significativas en p valor < 0.05 .

RESULTADOS

Las variables de las tablas son presentadas con los valores medios $\pm$ desviación estándar para cada uno de los microciclos de trabajo. En la Tabla 2 se observa una disminución de la duración del tiempo de entrenamiento en el microciclo de choque 3 en comparación con el microciclo 1 y 2 (rango $\Delta CV\% = 9-19\%$ respectivamente). También se observa diferencia entre los microciclos de acumulación de carga 1,2,3 con los dos microciclos de mantenimiento en las variables Z1 (15- 18 km/h): $\Delta CV\% = 5-20\%$, Z2 (18-24 km/h): $\Delta CV\% = 3-18\%$, DT >15 (km/h): $\Delta CV\% = 2-19\%$ y >18 (km/h): $\Delta CV\% = 2-3\%$. Asimismo, se observa un aumento en DT (m) y la Z0 (km/h) a partir del microciclo 3 en comparación con el microciclo 1 y 2 (DT: $\Delta CV\% = 3$ y 6% / Z0: $\Delta CV\% = 10$ y 16%). La variable de Z3 (>24 km/h) no obtuvo ningún cambio significativo.

En las variables de la Tabla 3, se observan cargas más altas en los primeros microciclos de carga en la Vmax (km/h) $\Delta CV\% = 2-7\%$, DT (m/min) $\Delta CV\% = 4-14\%$, carga/min $\Delta CV\% = 4-13\%$, AI/min $\Delta CV\% = 7-44\%$ y SUMA A:D (1-21 %). Además, las variables de carga /min y AI/min muestran un tamaño del efecto grande (ES: 0.17 y 0.17 respectivamente).

En las variables de la Tabla 4 se observó una mejor calidad del sueño entre el microciclo 1 y el microciclo 5 (rango de $\Delta CV\% = 12-13\%$). El dolor muscular y el estrés fue menor durante el microciclo de carga 1 vs. el microciclo de choque 1 y 2 (rango $\Delta CV\% = 1-14\%$ y rango $\Delta CV\% = 3-4\%$ respectivamente). En cuanto a la salud, se observa mejores resultados en el microciclo de choque 3 ($\Delta CV\% = 3\%$), y luego disminuye en los microciclos de mantenimiento 4 y 5 ($\Delta CV\% = 10\%$). El RTT% y la ratio subjetivo F-R mostraron mejores valores durante el microciclo de choque 3 vs. Los microciclos de mantenimiento ($\Delta CV\% = 5\%$; $\Delta CV\% = 26-40\%$). También destacamos el sueño, dolor muscular y la dieta como variables con un tamaño del efecto mayor en comparación con las otras medidas subjetivas.

En la Figura 1 se muestra el análisis ACP, donde se extrajeron 7 componentes principales que explican un total de 78 % de las diferencias. También se extrajeron 15 variables de los datos GPS y 11 variables de las medidas subjetivas. Las variables que mayor porcentaje (22 %) explican la diferencia entre jugadores son: Z0 (<15 km/h), DT (m) Vmax (km/h), deceleración (-2.5 m/s) y Z3 (>24 km/h); asimismo, con un 13 % se pueden explicar las diferencias utilizando el número de aceleraciones y deceleraciones en conjunto con la suma de las 2 medidas (suma A:D). Respecto a las medidas subjetivas, se obtuvieron la ratio subjetivo F-R, nivel de energía, fatiga, RTT%, TQR, sueño, dolor muscular y salud como las variables que explican en un 23 % las diferencias entre jugadores.

TABLA 2
Variación del volumen de entrenamiento por microciclos de preparación
para los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 en futbolistas hondureños

Variables	CARGA	CHOQUE		MANTENIMIENTO		Medidas estadísticas		
	Microciclo 1 a	Microciclo 2 b	Microciclo 3 c	Microciclo 4 d	Microciclo 5 e	P Valor	Pos hoc (Tukey)	Tamaño del efecto η^2p
Duración (min)	90 ± 20.5	96 ± 20.4	71.5 ± 20.7	73.9 ± 19.5	71.5 ± 13.9	0.00*	a > c, d, e / b > c, d, e	<u>0.214</u>
CV%	40%	38%	29%	26%	19%			
Distancia (m)	4416 ± 1654	4320 ± 1574	5083 ± 1597	4972 ± 1641	5158 ± 1704	0.00*	a < c, d, e / b < c, d, e	0.047
CV%	37%	36%	31%	33%	33%			
Z0 (0-15 km/h)	3557 ± 1671	3454 ± 1451	4321 ± 1332	4294 ± 1376	4517 ± 1437	0.00*	a < c, d, e / b < c, d, e	<u>0.083</u>
CV%	47%	42%	31%	32%	32%			
Z1 (15- 18 km/h)	424 ± 203	438 ± 194	402 ± 226	370 ± 235	321 ± 162	0.020*	a > e / b > d, e / c > e	0.036
CV%	48%	44%	56%	64%	51%			
Z2 (18-24 km/h)	394 ± 299	396 ± 287	312 ± 220	270 ± 206	275 ± 159	0.00*	a > c, d, e / b > c, d, e / c > d, e	0.046
CV%	76%	73%	71%	76%	58%			
Z3 (>24 km/h)	40 ± 59	30 ± 64	46 ± 61	36 ± 52	43 ± 44	0.21	-----	0.011
CV%	146%	213%	131%	141%	101%			
Distancia >15 (km/h)	859 ± 462	865 ± 401	762 ± 404	678 ± 369	641 ± 335	0.00*	a > d, e / b > d, e	0.046
CV%	54%	46%	53%	55%	52%			
Distancia >18 (km/h)	434 ± 309	426 ± 305	359 ± 247	307 ± 228	319 ± 192	0.00*	a > d / b > d	0.035
CV%	71%	72%	69%	74%	60%			

*Estadísticamente significativo p valor <0.05; CV%= Coeficiente de variación;
interpretación de η^2p = pequeño 0.01 – mediano 0.06 – grande 0.14.

TABLA 3
Variación de la intensidad y carga neuromuscular del entrenamiento por microciclos
de preparación para los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 en futbolistas hondureños

Variables	CARGA	CHOQUE		MANTENIMIENTO		Medidas estadísticas		
	Microciclo 1 a	Microciclo 2 b	Microciclo 3 c	Microciclo 4 d	Microciclo 5 e	p valor	Pos hoc (Tukey)	Tamaño del efecto η^2p
Vmax (km/h)	33.3 ± 3.9	34.1 ± 3.5	33.6 ± 4.3	31.4 ± 3.9	31.8 ± 2.2	0.00*	a < c, a > e / b > c, e / d < e	0.042
CV%	15%	14%	17%	16%	8%			
Distancia (m/min)	92.7 ± 21.8	84.1 ± 18.7	72.9 ± 20.2	71.9 ± 26.0	74.8 ± 27.1	0.00*	a > b, c, d, e / b > c, d, e	<u>0.116</u>
CV%	24%	22%	28%	36%	36%			
Carga/min	10.5 ± 2.5	10.0 ± 2.1	8.2 ± 2.3	7.8 ± 2.4	8.1 ± 2.7	0.00*	a > c, d, e / b > c, d, e	<u>0.174</u>
CV%	25%	21%	29%	31%	34%			
AI/min >15 (km/h)	24.2 ± 23.8	19.1 ± 11.8	10.7 ± 5.95	9.4 ± 5.0	9.5 ± 5.4	0.00*	a > c, d, e / b > c, d, e	<u>0.169</u>
CV%	98%	62%	55%	54%	57%			
SUMA A:D	51 ± 30	31 ± 20	45 ± 26	41 ± 20	43 ± 19	0.00*	a > b, c, d, e / b < c, d, e	0.085
CV%	58%	65%	59%	49%	44%			
Aceleración máxima	4.5 ± 0.4	3.9 ± 0.3	4.2 ± 0.6	4.2 ± 0.5	4.1 ± 0.3	0.00*	a > b / b < c, d, e / c > e / d > e	<u>0.067</u>
CV%	12%	11%	18%	15%	8%			
Deceleración máxima	-6.0 ± 0.6	-6.6 ± 1.1	-6.9 ± 1.0	-6.4 ± 0.9	-6.5 ± 0.6	0.00*	a > b, e / b < c, e / c < e	0.058
CV%	-15%	-28%	-25%	-23%	-13%			

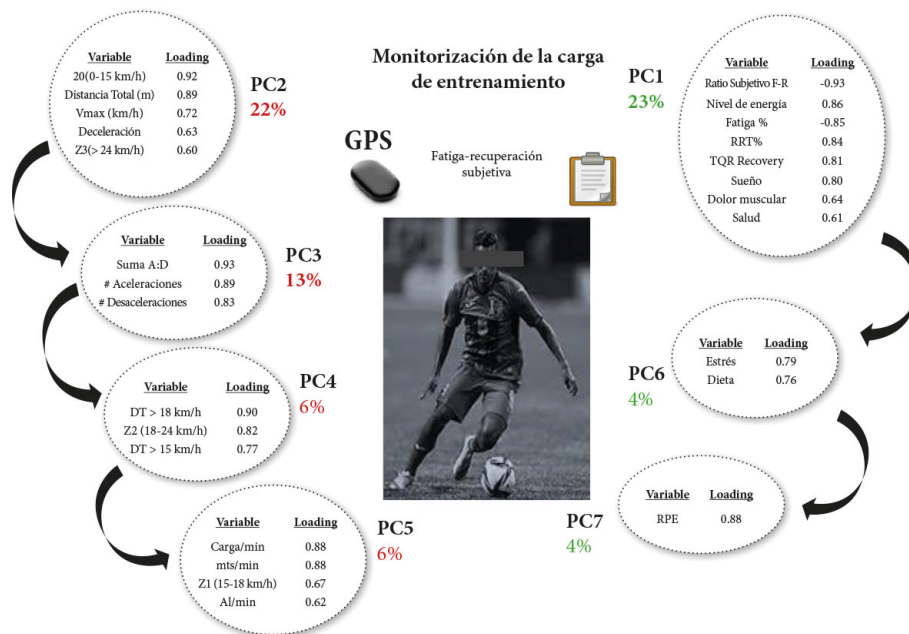
*Estadísticamente significativo p valor <0.05; CV%= Coeficiente de variación;
interpretación de η^2p = pequeño 0.01 – mediano 0.06 – grande 0.14.

TABLA 4

Variación de la carga subjetiva del esfuerzo, recuperación, fatiga, disposición para entrenar y fatiga por microciclos de preparación para los Juegos Olímpicos de Tokio 2021 en futbolistas hondureños

Variables Subjetivas	CARGA		CHOQUE		MANTENIMIENTO		Medidas estadísticas	
	Microciclo 1 a	Microciclo 2 b	Microciclo 3 c	Microciclo 4 d	Microciclo 5 e	P valor	Pos hoc (Tukey)	Tamaño del efecto η^2p
RPE	7.3 ± 2.6	6.6 ± 2.1	7.1 ± 2.1	5.5 ± 3.0	6.3 ± 1.1	0.59	-----	0.053
CV%	35%	32%	29%	54%	17%			
TQR	5.7 ± 1.5	6.2 ± 1.8	5.6 ± 1.8	5.4 ± 1.9	4.8 ± 1.7	0.65	-----	0.076
CV%	27%	29%	34%	35%	37%			
Motivación	4.8 ± 0.4	4.7 ± 0.4	4.8 ± 0.5	4.5 ± 0.5	4.7 ± 0.5	0.20	-----	0.059
CV%	8%	9%	11%	13%	11%			
Sueño	4.6 ± 0.6	4.8 ± 0.6	4.1 ± 0.9	3.7 ± 1.0	4.7 ± 0.8	0.04*	a> d / a< e	<u>0.122</u>
CV%	15%	15%	22%	26%	27%			
Nivel de energía	4.1 ± 0.4	4.3 ± 0.4	4.2 ± 0.7	3.5 ± 0.6	4.1 ± 0.7	0.02*	c> d / d< e	<u>0.132</u>
CV%	10%	11%	18%	17%	18%			
Dolor muscular	3.5 ± 0.8	4.3 ± 0.4	4.2 ± 0.8	4.5 ± 0.5	4.1 ± 0.7	0.07	a< b, c / b< d	<u>0.174</u>
CV%	25%	11%	20%	12%	18%			
Dieta	3.6 ± 0.7	3.7 ± 0.8	4.4 ± 0.8	3.5 ± 1	4.3 ± 0.7	0.96	a< c, e / b< c	<u>0.174</u>
CV%	21%	22%	18%	29%	16%			
Estrés	3.8 ± 0.7	4.1 ± 0.4	4.4 ± 0.6	4.2 ± 0.5	4.1 ± 0.3	0.02*	a< c / b< c	0.124
CV%	18%	11%	15%	12%	8%			
Salud	4.1 ± 0.4	4.1 ± 0.6	4.5 ± 0.5	4.1 ± 0.1	4.1 ± 0.7	0.33	a< c / c> e	0.096
CV%	9%	16%	12%	2%	22%			
RTT%	90 ± 8	91 ± 10	96 ± 12	87 ± 6	90 ± 12	0.04*	a> d / b< c / c> d, e	
CV%	9%	11%	13%	8%	14%			
Fatiga %	17 ± 8	15 ± 10	13 ± 11	19 ± 6	18 ± 11	0.34	-----	0.036
CV%	48%	64%	86%	32%	62%			
Ratio subjetivo F-R	-4.1 ± 2.1	-4.8 ± 2.4	-4.2 ± 2.7	-3.6 ± 2.5	-2.9 ± 2.6	0.06	b< d, e / c< d, e	0.064
CV%	52%	51%	65%	70%	91%			

*Estadísticamente significativo p valor <0.05; CV%= Coeficiente de variación; interpretación de η^2p = pequeño 0.01 – mediano 0.06 – grande 0.14.



Análisis de los componentes principales durante el macrociclo preparatorio para los juegos olímpicos de Tokio 2021

FIGURA 1

Análisis de los componentes principales de la carga de trabajo obtenida de los datos GPS (carga externa) y medidas subjetivas (carga interna) durante el macrociclo preparatorio para los Juegos Olímpicos de Tokio 2021.

TABLA 5
Influencia de datos obtenidas del GPS sobre las medidas subjetivas de fatiga y recuperación en futbolistas sub-23 de la Selección Nacional de Honduras

Variables Subjetivas	Variables GPS	Beta	Error estándar	p valor	p valor modelo	F	Tamaño del efecto η^2p	R	R ²	SEM
1. rpe	(constante)	11.939	2.297	.000	0.00*	4.44	0.260	0.51	26%	1.920
	-Vmax (km/h)	-.385	.136	.007*						
	-Z3 (> 24 km/h)	.012	.005	.014*						
	-Deceleración máxima	-.792	.464	.094						
	-Número de aceleraciones	.046	.021	.033*						
2. tqr	(Constante)	-1.295	2.218	.562	0.01*	3.58	0.223	0.47	22%	1.624
	-Vmax (km/h)	.306	.101	.004*						
	-Z0 (0-15 km/h)	-.001	.000	.022*						
	-Z2 (18-24 km/h)	-.002	.001	.013*						
	-Carga/min	.206	.092	.029*						
3. fatiga	(Constante)	28.306	7.967	.001	0.02*	4.13	0.137	0.37	14%	9.273
	-Vmax (km/h)	-.623	.318	.054						
	-Z2 (18-24 km/h)	.011	.004	.016*						
4. rtt%	(Constante)	88.984	1.506	.000	0.00*	3.73	0.047	0.33	11%	3.550
	-Vmax (km/h)	.115	.062	.064						
	-Z3 (> 24 km/h)	-.008	.004	.040*						
	-Suma A:D	.403	.133	.003*						
	Numero de aceleraciones	-.783	.267	.004*						
5. Ratio subjetivo F-R	Diferencia A:D	.374	.135	.006*						
	(Constante)	-3.996	.755	.000	0.039*	3.16	0.244	0.49	24%	2.113
	-Z2 (18-24 km/h)	.005	.002	.033*						
	-Número de aceleraciones	.084	.049	.099						
	-Número de deceleraciones	-.127	.050	.017*						

Estadísticamente significativo p valor <0.05 para el modelo de regresión lineal por pasos hacia adelante. interpretación de η^2p = pequeño 0.01 – mediano 0.06 – grande 0.14.

En la Tabla 5 se pueden observar los diferentes modelos generados por la regresión lineal por pasos hacia adelante. Se identificaron, como variables potencialmente asociadas, la RPE: la Vmax (km/h), Z3 (>24 km/h) y número de aceleraciones con un porcentaje de predicción del 26 % (TE=0.26). Asimismo, las variables que influyen en la TQR son Vmax (km/h), Z0 (0-15 km/h), Z2 (18-24 km/h) y la carga/min con un porcentaje de predicción del 22 % (TE= 0.22). La fatiga se asoció a la Vmax (km/h) y Z2 (18-24 km/h) como variables predictoras en un 14 % (TE=0.14). La RTT% esta influenciada por variables de alta intensidad: Z3 (>24 km/h), Suma A:D, numero de aceleraciones y diferencia A:D con un porcentaje del 11 % (TE= 0.05). Finalmente, el ratio subjetivo de F-R se vio influenciado por las variables Z2 (18-24 km/h) y numero de aceleraciones y deceleraciones con un porcentaje de predicción del 24 % (TE=0.24).

DISCUSIÓN

Este estudio plantea un modelo para el control de la TL durante un periodo preparatorio para Juegos Olímpicos en futbolistas hondureños. Destacamos la utilización del sistema GPS como un indicador de carga externa en conjunto con medidas subjetivas relacionadas con la fatiga y recuperación como medidas de carga interna. El manejo de la TL se puede introducir de una forma holística a través de datos GPS y cuestionarios autoinformados, como lo hemos demostrado en este estudio. Asimismo, este modelo debe comprenderse como un método alternativo o complementario para la TL, que en ausencia de medidas fisiológicas puede contribuir a la toma de decisiones por parte del staff técnico.

Análisis de componentes de principales ACP y predicción de variables

El análisis de ACP que se utiliza para combinar datos en número reducido de variables y al mismo tiempo tener la colinealidad entre ellas, reveló que las variables se pueden asociar por carga externa obtenida de los datos del GPS, principalmente por el PC1 y PC3 que explicaron la mayor varianza de la carga de

entrenamiento. Similarmente, el estudio de Oliva-Lozano et al. (2021) mostró que la distancia de Z0, Z2, Vmax, número de aceleraciones y deceleraciones son variables que explican un tercio del perfil de carga externa, hasta la fecha solo el estudio de Oliva-Lozano et al. (2021) utiliza el ACP para explicar el perfil de carga externa con datos GPS. La distancia total y la Vmax, Z0, Z3 y el número de aceleraciones y deceleraciones son variables incluidas para diferenciar actividades de juegos en espacio reducido y actividades específicas en el fútbol (Rago et al., 2019). Asimismo, las variables reportadas más importantes que se asocian a la carga de entreno son las medidas subjetivas del sueño, dolor muscular, estado de salud y niveles de energía. Los cálculos de RTT, fatiga, TQR y ratio subjetivo F-R obtuvieron un buen porcentaje de explicación.

La respuesta subjetiva de los jugadores se asoció a diferentes variables de GPS con diferentes objetivos de valoración, por ejemplo, la TQR que es una variable de recuperación, se vio influenciado por la zona Z0, carga/min, Z2 y Vmax. En este contexto, la mayor parte de estudios no toman en cuenta la Z0, carga/min desde un punto de vista de recuperación, sino en la reducción de la Z3 y Z4 que son zonas de alta intensidad (Sparks et al., 2017), como hemos visto en este estudio, cada parámetro del GPS puede responder a un parámetro subjetivo, de aquí surge la propuesta para considerar diferentes variables en dependencia al objetivo que se busque dentro de la sesión. Aun así, se necesitan más estudios para confirmar esta propuesta y nuevos porcentajes de predicción y que paralelamente evalúen la planificación de los microciclos con los datos GPS junto con marcadores fisiológicos y biomecánicos.

Carga externa

Las variables de volumen basado en la duración y zonas de rendimiento específicas (ZR) fueron mayores durante los primeros microciclos, este hecho fue observado en la distancia total recorrida y la Z0 que es considerada de baja intensidad (Murray et al., 2018). Estudios como el de Wahl et al., (2014) han demostrado que el microciclo de cargas concentradas provocan un aumento de la velocidad a alta intensidad. Sin embargo, la mayor parte del tiempo los jugadores transitan en la zona Z0, debido a que adoptan una estrategia de ritmo subconsciente al reducir los esfuerzos a velocidades más bajas para permitir la capacidad de alcanzar altas velocidades cuando sea necesario a medida que avanza el juego o entrenamientos (Coumts et al., 2010).

En los dos últimos microciclos donde el objetivo fue mantener la intensidad y mejorar la puesta a punto de cada jugador (Tapering), se observó que la Z1 y Z2 fueron variables que disminuyeron reflejando la organización coherente del entrenamiento y la planificación. Pero en la zona de esprintar Z3 (>24 km/h) no obtuvo una buena sensibilidad para distinguir los diferentes microciclos. Esto puede ser debido a la falta de realización de actividades de Z3, ya que los últimos avances de estudios en el fútbol muestran cómo las actividades técnicas-tácticas, movimientos sincronizados y coordinativos no ejercen mayor relevancia sobre los sprint en línea recta (Hoppe et al., 2015; Marzouki et al., 2022), tal como se muestra en la planificación del macrociclo de este estudio. En este mismo contexto destacamos que no todos los jugadores alcanzan grandes cantidades de repeticiones en Z3, debido al estilo de juego y posición del jugador que influye en la velocidad mostrada en cada entrenamiento (Liu et al., 2021). Asimismo, las zonas >15 km/h y >18 km/h en valores absolutos parece ser buena estrategia de agrupación de los datos, debido a que reflejó diferencias claras entre los microciclos de carga concentradas y microciclos de mantenimiento, esto es respaldado por Abt & Lovell, (2009) donde propone el >15 km/h como el umbral de velocidad absoluto de alta intensidad. Sin embargo, esto puede ser subestimado para cada deportista, si no se individualizan las zonas de entrenamiento y umbrales de velocidad (Abt & Lovell, 2009).

Las variables de intensidad como la carga/min y AI/min han logrado una mejor sensibilidad para identificar cambios en la TL (ver Tabla 3) entre el M1 de preparación y M2 choque vs los microciclos de mantenimiento M4 y M5. Esto respalda la utilización de estas variables para identificar la carga externa referente a la intensidad (Owen et al., 2017) en comparación que solo utilizar la distancia o variables del volumen de entrenamiento. Sin embargo, estas variables no encontraron diferencia entre los microciclos M3

y los dos microciclos de mantenimiento M4 y M5, interpretamos que esta situación fue influenciada por la demanda física de las tareas de entrenamiento, donde hubo un aumento del número de sesiones, reducción de la distancia y minutos, lo cual es una buena estrategia de planificación para un microciclo de mantenimiento y reducción de la carga (Fortes et al., 2016). Esto también se confirma con el número de aceleraciones y deceleraciones que fueron variables más influyentes en la identificación del desgaste neuromuscular para cada etapa del macrociclo. Las aceleraciones y deceleraciones son variables que reflejan el desgaste muscular y que impulsan desproporcionadamente la fatiga neuromuscular (Dalen et al., 2016). Por esta razón, este estudio apoya la línea de investigación del uso de estas variables como indicadores potenciales de la carga externa con influencia directa sobre el daño muscular, que significativamente tiene un impacto en el rendimiento y el riesgo de lesiones (Harper et al., 2019). Por lo tanto, es de vital importancia interpretar estas variables para planificar las sesiones y actividades del entrenamiento.

Percepción de la carga, bienestar, fatiga y recuperación

Las variables subjetivas como el RPE y la TQR mostraron valores medios (REP: 4-7; TQR: 4-6), posiblemente estos valores fueron afectados por las cargas de recuperación dentro de los microciclos que no fueron mostrados en los resultados, tanto la RPE y la TQR son sensibles a la carga y recuperación (Selmi et al., 2020). En cuanto al bienestar, los jugadores mostraron que al final del macrociclo se observó un peor RTT% debido a que la salud disminuyó, una posible respuesta es que las cargas acumuladas pueden aumentar la fatiga y las lesiones (Bowen et al., 2017), además el dolor muscular puede estar presente durante el microciclo de mantenimiento, posiblemente es necesario más tiempo o realizar más sesiones de recuperación para generar un efecto positivo en el rendimiento (Silva et al., 2017). También, estos resultados nos indican que el periodo de mantenimiento no provocó un efecto de recuperación total (Le Meur et al., 2012) en el grupo; contrariamente, los jugadores mantuvieron un alto nivel de entrenamiento en respuesta a la carga, reflejado en los datos del GPS, donde no se observó diferencia desde el microciclo M3 de choque hasta el final de la planificación del macrociclo.

La RTT% fue dependiente de la salud, el sueño y los niveles de energía subjetivos, a su vez se vio influenciada por cargas acumuladas, lesiones y malestar general proporcionado por los jugadores, siendo el detonante principal para que la fatiga se acumule al final del macrociclo y por esta razón la RTT% no puede ser una variable concluyente como herramienta de medición. Los trabajos de investigación con RTT se deben seguir perfeccionando en el ámbito de las ciencias deportivas. Asimismo, el ratio subjetivo F-R fue peor en el periodo de mantenimiento donde hubo una reducción del volumen de entrenamiento, todo indica que los valores perceptivos de recuperación y acumulación de fatiga fueron modificados al final del macrociclo. Es posible que el ratio subjetivo F-R se ve influenciado por una peor variabilidad interindividual de la recuperación (Racinais et al., 2012). Esta es la primera vez que se investigó esta variable.

Limitaciones

En el presente estudio se identificaron algunas limitaciones, referentes a la cuantificación de las cargas, primero no medimos las cargas acumuladas y ratio de carga aguda vs carga crónica; tampoco se individualizaron las zonas de rendimiento, que pueden ser más precisas que el uso de las zonas relativas limitados por sus diversos umbrales. Tampoco se obtuvieron los resultados del GPS por tiempos específicos como medios tiempos y diferentes actividades, además un análisis comparativo entre las posiciones puede brindar un mayor valor a esta investigación, esto podría ser incluido en futuros estudios.

CONCLUSIÓN

Las conclusiones responden a cada uno de los objetivos planteados en este estudio, a continuación se detalla cada una de ellas:

1. Una buena estrategia para el control de la carga de entrenamiento es utilizar datos GPS en conjunto con medidas subjetivas implicadas en el bienestar, recuperación y fatiga del futbolista. Variables como la Z0 (<15 km/h) Z3 (> 24km/h), DT, Vmax y el número de aceleraciones y deceleraciones se pueden agrupar para explicar la carga externa. De manera similar las medidas subjetivas como el ratio fatiga-recuperación, RTT% y TQR se pueden agrupar para explicar la carga interna del futbolista.

2. Se puede tomar como referencia el tiempo que dura las sesiones de entrenamiento, la carga/min, AI/min (>15 km/h) y la suma (A:D) como variables más sensibles para identificar cambios entre los diferentes microciclos. Asimismo, las medidas subjetivas como el sueño, niveles de energía, dolor muscular, estrés y salud general pueden influir en la fatiga y recuperación de los jugadores.

3. El grado de influencia de los datos GPS (carga externa) sobre las medidas subjetivas (carga interna) no fue establecido con claridad en este estudio, debido a que se obtuvieron porcentajes de predicción muy bajos. Sin embargo, se encontró que existen diferentes variables subjetivas que responden a diferentes volúmenes, intensidades y carga neuro-muscular obtenidas de los datos del GPS. Por lo tanto, se propone que los avances científicos en respuesta a la combinación de datos de carga externa y carga interna subjetiva sigan esta línea de investigación.

Aplicación practica

Proponemos las siguientes recomendaciones para interpretar el control de la TL utilizando datos del GPS y su influencia sobre medidas subjetivas:

El aumento de la Vmax (km/h), Z3(>24 km/h), deceleración máxima y la suma (A:D) repercutirán en un aumento del RPE, debido al alto coste metabólico que conlleva. Un estimado indirecto del posible RPE se puede realizar con la siguiente formula de estimación lineal: $RPE_{CR-10} = 11,939 - [0.38 * Vmax (km/h)] + [0.01 * Z3 (>24 km/h)] - [0.79 * Decc-max (<2.5m/s^2)] + [0.05 * Suma (A:D)] + 1.92$. La disminución de la Vmax(km/h) y la carga/min junto con el aumento de la distancia en Z0(0-15 km/h) y Z2(18-24 km/h) pueden influir positivamente en la recuperación (TQR). Un estimado indirecto del posible TQR se puede realizar con la siguiente formula de estimación lineal: $TQR = 1.295 + [0.31 * Vmax (km/h)] - [0.001 * Z0 (0-15 km/h)] - [0.002 * Z2 (18-24)] + [0.21 * carga/min] + 1.62$. El ratio subjetivo de fatiga-recuperación depende, en gran medida, de la distancia en Z2 (18-24 km/h), número de aceleraciones y deceleraciones. Por tanto, cuando se indique un valor más negativo, el futbolista tendrá un peor bienestar y esto puede afectar su rendimiento para competir o entrenar. Un estimado indirecto del ratio F-R se puede realizar con la siguiente formula de estimación lineal: $Ratio\ Subejtivo\ F-R = -3.996 + [0.005 * Z2 (18-24 km/h)] + [0.084 * Aceleraciones (>2.5m/s^2)] - [0.13 * deceleraciones (<2.5m/s^2)]$.

Agradecimientos

Agradecemos al staff técnico de la Federación Nacional de Fútbol Hondureña (FENAFUTH), por la participación y realización de la toma de datos.

Declaración de contribución

El autor 2 y 3 participaron en la conceptualización de la investigación, el autor 1 participó en el diseño metodológico, la curación de datos y la redacción del manuscrito. El autor 2, 3 y 4 en el análisis de información y revisión del manuscrito final. Todas las personas autoras participaron en la elaboración de este artículo.

REFERENCIAS

- Abt, G., & Lovell, R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *Https://Doi.Org/10.1080/02640410902998239*, 27(9), 893–898. <https://doi.org/10.1080/02640410902998239>
- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587–593. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2015-0331>
- Akyildiz, Z., Clemente, F. M., Şentürk, D., Gürol, B., Yildiz, M., Ocak, Y., & Günay, M. (2022). Investigation of the convergent validity and reliability of unit position differences of Catapult S5 GPS units in field conditions. *Https://Doi.Org/10.1177/17543371221100592*. <https://doi.org/10.1177/17543371221100592>
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS Technologies to Field Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295–310. <https://doi.org/10.1123/IJSP.6.3.295>
- Bolotin, A., & Bakayev, V. (2017). Pedagogical conditions necessary for effective speed-strength training of young football players (15-17 years old). *Journal of Human Sport and Exercise*, ISSN-e 1988-5202, Vol. 12, N. 2, 2017, Págs. 405-413, 12(2), 405–413. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6049886&info=resumen&idioma=ENG>
- Borresen, J., & Ian Lambert, M. (2012). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Medicine* 2009 39:9, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Bowen, L., Gross, A. S., Gimpel, M., & Li, F. X. (2017). Accumulated workloads and the acute:chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 452–459. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2015-095820>
- Boyd, L. J., Ball, K., & Aughey, R. J. (2011). The Reliability of MinimaxX Accelerometers for Measuring Physical Activity in Australian Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 311–321. <https://doi.org/10.1123/IJSP.6.3.311>
- Clemente, F. M., Rabbani, A., Conte, D., Castillo, D., Afonso, J., Clark, C. C. T., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). Training/Match External Load Ratios in Professional Soccer Players: A Full-Season Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol. 16, Page 3057, 16(17), 3057. <https://doi.org/10.3390/IJERPH16173057>
- Cohen J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioural Science (2nd Edition). In *Statistical Power Analysis for the Behavioural Science (2nd Edition)*.
- Coppalle, S., Rave, G., Ben Abderrahman, A., Ali, A., Salhi, I., Zouita, S., Zouita, A., Brughelli, M., Granacher, U., & Zouhal, H. (2019). Relationship of pre-season training load with in-season biochemical markers, injuries and performance in professional soccer players. *Frontiers in Physiology*, 10(APR), 409. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2019.00409/BIBTEX>
- Coutts, A. J., Quinn, J., Hocking, J., Castagna, C., & Rampinini, E. (2010). Match running performance in elite Australian Rules Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(5), 543–548. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.09.004>
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.08.005>

- Crowcroft, S., McCleave, E., Slattery, K., & Coutts, A. J. (2017). Assessing the Measurement Sensitivity and Diagnostic Characteristics of Athlete-Monitoring Tools in National Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-95. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0406>
- Cullen, B. D., McCarren, A. L., & Malone, S. (2021). Ecological validity of self-reported wellness measures to assess pre-training and pre-competition preparedness within elite Gaelic football. *Sport Sciences for Health*, 17(1), 163–172. <https://doi.org/10.1007/S11332-020-00667-X/TABLES/2>
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042. <https://doi.org/10.1007/S40279-013-0069-2/TABLES/3>
- Dalen, T., Jørgen, I., Gertjan, E., Havard, H. G., & Ulrik, W. (2016). Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(2), 351–359. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001063>
- De Beéck, T. O., Jaspers, A., Brink, M. S., Frencken, W., Staes, F., Davis, J. J., & Helsen, W. F. (2019). Predicting Future Perceived Wellness in Professional Soccer: The Role of Preceding Load and Wellness. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(8), 1074–1080. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0864>
- Drew, M. K., & Finch, C. F. (2016). The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Medicine*, 46(6), 861–883. <https://doi.org/10.1007/S40279-015-0459-8/TABLES/4>
- Fortes, L. de S., Vianna, J. M., Silva, D. M. dos S., de Gouvêa, M. A., & Cyrino, E. S. (2016). Effects of tapering on maximum aerobic power in indoor soccer players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 18(3), 341–352. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2016V18N3P341>
- Foster, C. (1998a). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>
- Foster, C. (1998b). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>
- Gabbett, T. J., Nassis, G. P., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D., Rodas, G., Myslinski, T., Howells, D., Beard, A., & Ryan, A. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *British Journal of Sports Medicine*, 51(20), 1451–1452. <https://doi.org/10.1136/BJSports-2016-097298>
- Harper, Damian J., Carling, C., & Kiely, J. (2019). High-Intensity Acceleration and Deceleration Demands in Elite Team Sports Competitive Match Play: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Sports Medicine*, 49(12), 1923–1947. <https://doi.org/10.1007/S40279-019-01170-1/FIGURES/6>
- Hoppe, M. W., Slomka, M., Baumgart, C., Weber, H., & Freiwald, J. (2015). Match running performance and success across a season in German Bundesliga soccer teams. *International Journal of Sports Medicine*, 36(7), 563–566. <https://doi.org/10.1055/S-0034-1398578/ID/R4296-0017>
- Howle, K., Waterson, A., & Duffield, R. (2019). Recovery profiles following single and multiple matches per week in professional football. *https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1601260*, 19(10), 1303–1311. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1601260>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2018-0935>
- Jaspers, A., Kuyvenhoven, J. P., Staes, F., Frencken, W. G. P., Helsen, W. F., & Brink, M. S. (2018). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(6), 579–585. <https://doi.org/10.1016/J.JSAMS.2017.10.005>
- Kaiser, H. F. (1960). The Application of Electronic Computers to Factor Analysis: <http://Dx.Doi.Org/10.1177/001316446002000116>, 20(1), 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>

- Kenttä, G., & Hassmén, P. (1998). Overtraining and Recovery. *Sports Medicine* 1998 26:1, 26(1), 1–16. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826010-00001>
- Le Meur, Y., Hausswirth, C., & Mujika, I. (2012). Tapering for competition: A review. *Science & Sports*, 27(2), 77–87. <https://doi.org/10.1016/J.SCISPO.2011.06.013>
- Liu, T., Yang, L., Chen, H., & García-de-Alcaraz, A. (2021). Impact of Possession and Player Position on Physical and Technical-Tactical Performance Indicators in the Chinese Football Super League. *Frontiers in Psychology*, 12, 4246. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2021.722200/XML/NLM>
- Mallo Sainz, J. (2011). Effect of block periodization on performance in competition in a soccer team during four consecutive seasons: A case study. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/24748668.2011.11868566*, 11(3), 476–485. <https://doi.org/10.1080/24748668.2011.11868566>
- Mangan, S., Ryan, M., Shovlin, A., McGahan, J., Malone, S., O'Neill, C., Burns, C., & Collins, K. (2019). Seasonal changes in gaelic football match-play running performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6), 1685–1691. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002269>
- Marzouki, H., Ouergui, I., Cherni, B., Ben Ayed, K., & Bouhlel, E. (2022). Effects of different sprint training programs with ball on explosive, high-intensity and endurance-intensive performances in male young soccer players: *Https://Doi.Org/10.1177/17479541211072225*. <https://doi.org/10.1177/17479541211072225>
- Murray, N. B., Gabbett, T. J., & Townshend, A. D. (2018). The Use of Relative Speed Zones in Australian Football: Are We Really Measuring What We Think We Are? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4), 442–451. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0148>
- Nicolella, D. P., Torres-Ronda, L., Saylor, K. J., & Schelling, X. (2018). Validity and reliability of an accelerometer-based player tracking device. *PloS One*, 13(2). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0191823>
- Nikolaidis, P. T., Clemente, F. M., van der Linden, C. M. I., Rosemann, T., & Knechtel, B. (2018). Validity and Reliability of 10-Hz Global Positioning System to Assess In-line Movement and Change of Direction. *Frontiers in Physiology*, 0, 228. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2018.00228>
- O'Connor, F., Thornton, H. R., Ritchie, D., Anderson, J., Bull, L., Rigby, A., Leonard, Z., Stern, S., & Bartlett, J. D. (2020). Greater Association of Relative Thresholds Than Absolute Thresholds With Noncontact Lower-Body Injury in Professional Australian Rules Footballers: Implications for Sprint Monitoring. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 204–212. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2019-0015>
- Oliva-Lozano, J. M., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Fortes, V., & Pino-Ortega, J. (2021). Impact of contextual variables on the representative external load profile of Spanish professional soccer match-play: A full season study. *European Journal of Sport Science*, 21(4), 497–506. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1751305>
- Osiecki, R., Rubio, T. B. G., Coelho, R. L., Novack, L. F., Conde, J. H. S., Alves, C. G., & Malfatti, C. R. M. (2015). The Total Quality Recovery Scale (TQR) as a proxy for determining athletes' recovery state after a professional soccer match. *Journal of Exercise Physiology Online*, 18(3), 27–33. <https://go.gale.com/ps/i.do?p=HRCA&sw=w&issn=10979751&cv=2.1&it=r&id=GALE%7CA419268282&sid=googleScholar&linkaccess=fulltext>
- Owen, A. L., Djaoui, L., Newton, M., Malone, S., & Mendes, B. (2017). A contemporary multi-modal mechanical approach to training monitoring in elite professional soccer. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/24733938.2017.1334958*, 1(3), 216–221. <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1334958>
- Owen, A. L., Dunlop, G., Rouissi, M., Haddad, M., Mendes, B., & Chamari, K. (2016). Analysis of positional training loads (ratings of perceived exertion) during various-sided games in European professional soccer players: *Http://Dx.Doi.Org/10.1177/1747954116644064*, 11(3), 374–381. <https://doi.org/10.1177/1747954116644064>
- Racinais, S., Mohr, M., Buchheit, M., Voss, S. C., Gaoua, N., Grantham, J., & Nybo, L. (2012). Individual responses to short-term heat acclimatisation as predictors of football performance in a hot, dry environment. *British Journal of Sports Medicine*, 46(11), 810–815. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2012-091227>
- Rago, V., Brito, J., Figueiredo, P., Costa, J., Barreira, D., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2019). Methods to collect and interpret external training load using microtechnology incorporating GPS in professional football: a systematic

review. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1686703>, 28(3), 437–458. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1686703>

- Romero-Caballero, A., Varela-Olalla, D., Collado-Lázaro, I., & Álvarez-Salvador, D. (2021). Technical staff structure, planning methods, methodological practices and load management in soccer (Estructura de los cuerpos técnicos, métodos de planificación, prácticas metodológicas y gestión de la carga en fútbol). *Undefined*, 43, 788–796. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V43I0.89044>
- Selmi, O., Ouergui, I., Castellano, J., Levitt, D., & Bouassida, A. (2020). Effect of an intensified training period on well-being indices, recovery and psychological aspects in professional soccer players. *European Review of Applied Psychology*, 70(6), 100603. <https://doi.org/10.1016/J.ERAP.2020.100603>
- Silva, J. R., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Castagna, C., Farooq, A., Girard, O., & Hader, K. (2017). Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* 48:3, 48(3), 539–583. <https://doi.org/10.1007/S40279-017-0798-8>
- Sparks, M., Coetzee, B., & Gabbett, T. J. (2017). Internal and External Match Loads of University-Level Soccer Players: A Comparison Between Methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1072–1077. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001560>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). Principal components and factor analysis, limitations. *Using Multivariate Statistics Vol. 5*, 481–498. <https://lcn.loc.gov/2017040173>
- Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2015). Monitoring Fatigue During the In-Season Competitive Phase in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 958–964. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2015-0004>
- Vasquez-Bonilla, A. A., Escobar del Cid, F. R., Vasquez, D. G., Timón, R., & Olcina, G. (2019). Influencia de variables antropométricas en la potencia de salto después de una sesión de recuperación activa en jóvenes futbolistas Hondureños. *Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*. <https://doi.org/10.24310/riccafd.2019.v8i1.5765>
- Wahl, P., Güldner, M., & Mester, J. (2014). Effects and Sustainability of a 13-Day High-Intensity Shock Microcycle in Soccer. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 259. <https://pmc/articles/PMC3990877/>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2013.281053>