



ASOCIACIÓN DE LAS CARGAS DE ENTRENAMIENTO FÍSICO Y LAS CONCENTRACIONES SÉRICAS DE CPK Y LDH EN FUTBOLISTAS PROFESIONALES DE SEGUNDA DIVISIÓN

ASSOCIATION OF PHYSICAL TRAINING LOADS AND SERUM CPK AND LDH CONCENTRATIONS IN PROFESSIONAL SECOND-DIVISION SOCCER PLAYERS

M C. MSc. Ernesto, Granda

Ernestogranda88@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2452-9366>

Prof. Dr. Pedro, Gamardo

Pefegaher@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-5298-7239>

Recibido: 20-12-2024

Aceptado: 19-02-2025

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo principal asociar las cargas de entrenamiento físico con las concentraciones séricas de la Creatinfosfoquinasa (CPK) y la Lactato Deshidrogenasa (LDH) en futbolistas profesionales de segunda división durante el periodo competitivo. El estudio se enmarcó en el paradigma cuantitativo, bajo un enfoque de investigación de campo, con un diseño pre-experimental de pretest-postest con un solo grupo, de corte longitudinal y nivel descriptivo. La población estuvo constituida por 31 sujetos, quedando una muestra de tipo no probabilística e intencional constituida por 17 sujetos, quienes cumplieron con los criterios de inclusión. Las concentraciones séricas de CPK y LDH, junto con mediciones antropométricas, fueron determinadas al inicio y al final del periodo competitivo. El análisis estadístico se realizó con el programa Jamovi 2.3.18, utilizando medidas descriptivas y la Prueba *t* de Student. El análisis estadístico demostró una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de LDH entre las mediciones pretest y postest ($p<0,001$), reflejando un aumento. Contrariamente, los valores de CPK no reportaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,203$). Además, se reportaron diferencias significativas en la composición corporal, específicamente en la masa grasa ($p<0,001$) y la masa muscular ($p=0,004$). En conclusión, las enzimas CPK y LDH son indicadores bioquímicos objetivos para evaluar el proceso del entrenamiento físico. Se recomienda incluir el control médico dentro de la planificación deportiva.

Revista Actividad Física y Ciencias Año 2026, vol. 18, N°1. Primer semestre enero / julio

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

Palabras clave: control médico, creatinfosfoquinasa, daño muscular, futbolistas, lactato deshidrogenasa.

Abstract

The main objective of this investigation was to associate physical training loads with the serum concentrations of Creatine Phosphokinase (CPK) and Lactate Dehydrogenase (LDH) in professional second-division soccer players during the competitive period. The study was framed within the quantitative paradigm, utilizing a field research approach with a pre-experimental, single-group pretest-posttest design. It was also longitudinal and descriptive in scope. The population consisted of 31 subjects, from which a non-probabilistic, intentional sample of 17 subjects who met the inclusion criteria was selected. Serum concentrations of CPK and LDH, along with anthropometric measurements, were determined at the beginning (pretest) and the end (posttest) of the competitive period. Statistical analysis was performed using the Jamovi 2.3.18 software, applying descriptive measures and the Student's *t*-test. Statistical analysis demonstrated a statistically significant difference in LDH levels between the pretest and posttest measurements ($p < 0.001$), reflecting a notable increase. Conversely, CPK values did not report statistically significant differences ($p = 0.203$). Furthermore, significant differences were reported in body composition, specifically in fat mass ($p < 0.001$) and muscle mass ($p = 0.004$). In conclusion, the enzymes CPK and LDH are objective biochemical indicators for evaluating the physical training process. It is recommended to include medical control within sports planning.

Keywords: medical control, creatine kinase, muscle damage, soccer players, lactate dehydrogenase

Introducción

El fútbol de alto rendimiento exige a los atletas someterse a cargas de entrenamiento que implican una alteración física y energética significativa. En el contexto venezolano, el fútbol profesional gana cada vez mayor trascendencia (Corvos, 2017), el rendimiento deportivo está íntimamente ligado al desarrollo y la monitorización constante de las capacidades físicas clave como; la velocidad, resistencia, flexibilidad, coordinación y fuerza.

Castro et al. (2021) plantea que esta alta demanda competitivas, no solo requiere el desarrollo de un somatotipo específico y la optimización de las capacidades físicas, sino que obliga a los equipos de élite a adoptar estrategias de control y monitoreo médico. En este ámbito buscan identificar los cambios morfológicos, bioquímicos y fisiológicos producidos por el entrenamiento para así mejorar la forma deportiva del jugador y garantizar su competitividad y salud. Sin duda, los autores señalan que las altas exigencias de la competición moderna requieren más que solo el desarrollo de un somatotipo específico y la optimización de las capacidades físicas en los atletas. Por esta razón, los equipos deportivos de élite se ven obligados a implementar estrategias rigurosas de control y monitoreo médico.

En el ámbito del control médico deportivo, la supervisión y el seguimiento exhaustivo de las cargas de entrenamiento, incluyendo el volumen total de trabajo, la intensidad del mismo y la densidad o frecuencia con la aplicación de dichas cargas, reviste una importancia fundamental. Esta vigilancia constante permite anticipar y prevenir la aparición de fatiga excesiva, el desarrollo del síndrome de sobreentrenamiento y la incidencia de lesiones osteomusculares, que pueden afectar significativamente el rendimiento y la salud del deportista.

Dentro de este contexto, el análisis bioquímico se presenta como una herramienta valiosa que ofrece una vía directa y objetiva para determinar las respuestas y adaptaciones orgánicas del cuerpo humano en respuesta al esfuerzo físico y al entrenamiento. Específicamente, la medición de enzimas séricas presentes en la sangre, tales como la Creatinfosfoquinasa (CPK) y el Lactato Deshidrogenasa (LDH), se han establecido y reconocido ampliamente como un indicador sensible y confiable del daño muscular que se produce como consecuencia del ejercicio, así como del estrés metabólico que es inducido por la práctica deportiva. Estas enzimas pueden proporcionar información valiosa sobre el estado de recuperación del deportista y la adaptación de su organismo a las demandas del entrenamiento.

Al respecto, Pedlar et al. (2020) resalta la importancia del análisis bioquímico para obtener un perfil fisiológico detallado de los atletas, con el fin de prevenir el sobreentrenamiento y las lesiones. Para lograr esto, el análisis bioquímico se basa en dos enfoques principales: el perfilado y la monitorización de biomarcadores. La utilidad central de estos biomarcadores radica en su capacidad predictiva al ofrecer información sobre el equilibrio entre la carga de entrenamiento y la recuperación, permitiendo la detección temprana de una mala adaptación que podría conducir al sobreentrenamiento (OTS) o a una lesión. En conjunto, el análisis de CPK y LDH ayuda a los profesionales del deporte a ajustar las cargas de entrenamiento y los protocolos de recuperación, pasando de un enfoque genérico a uno individualizado para cada atleta.

No obstante, la literatura científica evidencia la necesidad de estudios que integren la monitorización de indicadores bioquímicos como CPK y LDH con la carga de entrenamiento físico específicamente durante el periodo competitivo. Esta fase presenta la máxima exigencia deportiva y al no contar con datos individuales de los futbolistas impide un ajuste óptimo de las cargas físicas.

Por consiguiente, el objetivo principal de esta investigación fue cuantificar y correlacionar las concentraciones séricas de CPK y LDH con las cargas físicas en futbolistas profesionales durante el periodo competitivo y determinar los cambios en la composición corporal. Los resultados de este estudio sirvieron para documentar al cuerpo técnico, lo cual permitió la individualización de los planes de entrenamiento y la prevención de lesiones. De esta manera, el trabajo constituyó un aporte a la planificación metodológica del alto rendimiento en el fútbol venezolano.

Fundamentación teórica

La siguiente fundamentación teórica ha sido seleccionada por su relevancia directa al objetivo de investigación, ya que abordan la monitorización bioquímica, la composición corporal y la periodización en futbolistas profesionales, permitiendo identificar la necesidad de un enfoque integrado durante la fase competitiva.

Características fisiológicas del Fútbol

El fútbol como el deporte con la mayor cantidad de aficionados y profesionales en el mundo, exige un nivel físico y psicológico excepcional en sus categorías de alto rendimiento. Es crucial evaluar constantemente a los jugadores mediante una variedad de marcadores objetivos y subjetivos. Este seguimiento detallado de su estado de asimilación de cargas y su recuperación es indispensable para tomar decisiones informadas sobre el entrenamiento y la participación en partidos, asegurando que el deportista esté en condiciones óptimas para competir.

De allí, es un deporte de equipo que, si bien tiene un componente predominantemente aeróbico (Castagna et al., 2010), durante un partido los jugadores recorren entre 10 y 13 km, con predominio de esfuerzos de baja intensidad (cerca del 90% del tiempo caminando o trotando), pero con más de 2 km de carrera de alta intensidad y al menos 500 metros de esprints de alta intensidad. Aunado a esto se complementan con acciones de alto gasto energético como; aceleraciones, cambios de dirección, saltos y disparos, que suelen estar presentes en los momentos claves del partido. Por lo tanto, demanda un desarrollo integral de la potencia, resistencia y la velocidad debido a la naturaleza intermitente de los esfuerzos de alta intensidad.

Esta exigencia física constante conlleva un fenómeno fisiológico complejo conocido como fatiga muscular. La fatiga es un proceso multifactorial, que involucra el agotamiento de sustratos energéticos (glucógeno), desequilibrios electrolíticos, estrés metabólico, alternación en la conducción nerviosa y la disminución del PH intramuscular (Finsterer, 2012), diversas teorías tratan de explicar los distintos mecanismos de aparición de la fatiga, en el caso específico del fútbol se entiende como una condición psicofisiológica que reduce el rendimiento tanto motor como cognitivo y a su vez aumenta la percepción de cansancio, trayendo como consecuencias una disminución de la distancia total recorrida, reducción del rendimiento técnico y mayor riesgo de lesiones.

En tal sentido, el control médico en la monitorización de la fatiga es fundamental para optimizar el rendimiento y minimizar riesgos de lesiones en los jugadores. Drayton et al. (2025), en su revisión sistemática plantean que se deben de incluir diversas estrategias y evaluaciones que van desde lo subjetivo como escalas de percepción del dolor, pruebas físicas como: salto con contramovimiento (CMJ), esprints, pruebas de fuerza isométrica y los marcadores bioquímicos del daño muscular (creatiquinasa, lactato deshidrogenasa) e inflamación (interleucina-6, proteína C-reactiva), para cuantificar el posible daño muscular producido por el ejercicio físico.

La investigación en este ámbito es fundamental para que el cuerpo técnico diseñe estrategias de entrenamiento individualizadas, optimizando la recuperación y previniendo el sobreentrenamiento. Dada esta complejidad, el cuerpo médico requiere de biomarcadores séricos que reflejen y cuantifiquen de manera precisa y objetiva la fatiga en futbolistas profesionales (Nédélec et al., 2012).

Para concluir las características propias del fútbol son de naturaleza intermitente y alta demanda energética, determinada por la alternancia de fases aeróbicas y anaeróbicas, lo cual impone una exigencia metabólica y estructural sostenida. Esta necesidad fisiológica es un factor desencadenante de la fatiga muscular multifactorial, la cual, si no se controla trae como consecuencia una reducción en el rendimiento deportivo y aumento de riesgo de lesión. En consecuencia, la monitorización de la carga post-ejercicio adquieren una importancia para la optimización del rendimiento deportivo. Por lo tanto, el cuerpo médico se basa en la necesidad de utilizar biomarcadores séricos como la Creatinfosfoquinasa y el Lactato Deshidrogenasa para cuantificar con precisión el proceso de daño y la adaptación celular en futbolistas profesionales

Biomarcadores sanguíneos

El control del entrenamiento de alto rendimiento requiere la identificación de diferentes biomarcadores que evalúen de forma permanente la respuesta fisiológica ante el esfuerzo físico, atendiendo a la especificidad de cada disciplina, en este caso del fútbol. Menciona, García (2021) que: “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” (p.46). En efecto, el autor citado nos indica que la carga de trabajo y la adaptación fisiológica derivada del entrenamiento son las causas de los cambios significativos a nivel bioquímico y hematológico que se observan en los futbolistas durante la mitad de la temporada.

Por ello, el daño muscular posterior a partidos o sesiones prolongadas, se origina por factores tanto metabólicos como mecánicos. La cuantificación de este daño a través de enzimas y proteínas musculares en el suero se erige como un método objetivo para evaluar el estado funcional del deportista (Viru & Viru, 2001). Los biomarcadores sanguíneos son definidos como parámetros objetivos que reflejan el impacto del ejercicio sobre los tejidos y sus respuestas adaptativas (Rivera et al., 2021). Su correcta aplicación es fundamental en el fútbol profesional, ya que reflejan la capacidad de adaptación del músculo al entrenamiento (López Chicharro, 2019). Dada la complejidad del proceso de fatiga, se sugiere la valoración de múltiples marcadores séricos (creatina quinasa, lactato deshidrogenasa, mioglobina, la aldolasa, la mioglobina, la troponina, el aspartato aminotransferasa y la anhidrasa carbónica CAIII) para obtener una estimación más completa del estrés y daño muscular (Palacios et al., 2015).

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

La Creatinfosfoquinasa (CPK), también conocida como creatina quinasa (CPK), es el biomarcador sérico más utilizado para el control del entrenamiento y la cuantificación del microtraumatismo muscular (Brancaccio et al., 2007). La CPK es una proteína globular dimérica con diversas isoformas citoplasmáticas (CK-MM, CK-MB, CK-BB) y mitocondriales. Siendo una molécula esencialmente citoplasmática, no puede atravesar la barrera de la membrana sarcoplasmática intacta.

Por lo tanto, su detección y aumento en la concentración sérica es un indicador directo de daño en el sarcolema y de la permeabilidad de la membrana celular causada por contracciones intensas y repetidas (Brancaccio et al., 2007; García, 2021). Es fundamental tener en cuenta la variabilidad individual, ya que ciertos factores como la etnia (algunos grupos afroamericanos) o una mayor masa muscular se asocian con niveles basales de CPK naturalmente aumentados, sin que esto implique necesariamente patología (Brancaccio et al., 2006). PARAFRASEAR CITAS

La Lactato Deshidrogenasa (LDH) es una enzima que cataliza la conversión reversible de lactato a piruvato, ofrecen una imagen diferente de la de la CPK en cuanto a la adaptación metabólica al ejercicio, con diferentes perfiles en dependencia del deporte. Si bien un aumento en la actividad de la LDH total es un indicador inespecífico de daño celular, su estudio conjunto con la CPK ofrece una perspectiva más completa. Las isoenzimas de la LDH brindan información sobre la adaptación metabólica al ejercicio, complementando el cuadro que ofrece la CPK sobre el daño estructural.

Ambas enzimas se liberan al torrente sanguíneo desde las fibras del músculo esquelético al dañarse por las cargas físicas elevadas, lo que las convierte en marcadores sensibles del microtraumatismo muscular y la fatiga (Rivera et al., 2021). Por ello, el análisis de la cinética de la CPK y la LDH en conjunto proporciona información valiosa sobre el estado funcional del músculo y su adaptación bioquímica a la carga física impuesta.

Cineantropometría

La Cineantropometría se considera una ciencia que utiliza las medidas corporales para estudiar el tamaño, la forma, la composición y la maduración del cuerpo humano en función de la actividad física y el estado nutricional (Ross y Marfell-Jones, 1983). En razón al bajo costo operacional y a la relativa simplicidad de las evaluaciones, los métodos antropométricos son aplicables a grandes muestras y pueden proporcionar estimaciones poblacionales y datos para el análisis de cambios. Cabañas y Esparza (2009), plantea que para garantizar la validez y fiabilidad de las mediciones, se aplica el protocolo estandarizado y las normas de medición establecidas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK).

Según Kammerer et al. (2021) existen diversos métodos para estimar la composición corporal, clasificados en directos (como la disección de cadáveres), indirectos (densitometría ósea) y doblemente indirectos (derivados de ecuaciones predictivas). Dentro de este último grupo, la antropometría se destaca como la técnica más utilizada en el ámbito deportivo debido a su probada validez, confiabilidad y fiabilidad. Este método, mediante la aplicación de ecuaciones de referencia

(como las propuestas por Matiegka, 1921; Siri, 1961; o Carter, 1982), permite una cuantificación del porcentaje de masa grasa, masa ósea y masa muscular, variables fundamentales para la optimización del rendimiento deportivo. Sillero (2005) reseña que estos avances han permitido conocer las características específicas en las poblaciones atléticas.

Las mediciones se realizan a partir de la denominada posición de atención antropométrica o posición estándar. Desde esta posición se sitúan, con el lápiz dermatográfico una serie de puntos antropométricos. Una vez localizados los puntos, se toman las medidas que se anotan en la proforma. Sin embargo, las medidas antropométricas por sí solas pueden tener una utilidad limitada, la evaluación de la composición corporal es común en el fútbol profesional, donde exige niveles controlados de grasa corporal y masa muscular. En ese sentido, un exceso en el porcentaje de la grasa corporal total puede afectar negativamente el rendimiento deportivo, la movilidad, la relación potencia-peso y el gasto energético. Por ello, es esencial que los jugadores mantengan niveles adecuados de masa grasa. En caso de lesiones, donde el gasto energético disminuye por una menor carga de entrenamiento, se debe de controlar la composición corporal para minimizar cambios perjudiciales, como el aumento de grasa en relación con la masa magra.

Aspectos metodológicos

El presente estudio se enmarcó dentro del paradigma cuantitativo, el cual se orienta a la medición de variables y la verificación de hipótesis, lo que permitió determinar la asociación de las cargas de entrenamiento con los indicadores fisiológicos y bioquímicos en los futbolistas profesionales. En cuanto al tipo de estudio, se trató de una investigación de campo, dado que los datos se recolectaron directamente del entorno natural de los participantes (campo de entrenamiento y laboratorio médico).

El nivel de estudio fue descriptivo, pues se centró en caracterizar y establecer la asociación de las variables bajo las condiciones específicas del periodo competitivo. La investigación adoptó un corte longitudinal, ya que las variables fueron medidas en dos momentos distintos (pretest: inicio del periodo competitivo, y posttest: final del periodo competitivo), lo cual permitió observar los cambios a lo largo del tiempo.

Población y muestra

La población estuvo conformada por el total de los jugadores del equipo de fútbol profesional de la segunda división venezolana del estado Falcón, fue de un total de 31 futbolistas (ver tabla 1).

La muestra fue de tipo no probabilística e intencional, seleccionando a 17 jugadores que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos, principalmente la participación completa en las dos fases de la recolección de datos (pretest y posttest), el resto de los futbolistas, fueron

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

excluidos debido a que presentaron lesiones musculares o condiciones de reposo médico durante el periodo de la investigación.

Tabla 1

Distribución final de la muestra por posición de juego

Posición de juego	n
Portero	1
Defensa	4
Medio campo	9
Delanteros	3
	n= 17

Fuente: Elaborado por los autores

Validez y Confiabilidad

La validez y confiabilidad de las mediciones antropométricas están respaldadas por la utilización de instrumentos homologados y calibrados (SECA, Slim Guide) y por el seguimiento riguroso del protocolo ISAK (2005), reconocido internacionalmente. Las mediciones fueron realizadas por personal especialista ISAK I. En relación a las pruebas bioquímicas (CPK y LDH), la validez de las concentraciones séricas está asegurada por el uso de laboratorios clínicos certificados y el cumplimiento de los protocolos pre-analíticos (ayuno, reposo) que minimizan la influencia de variables extrínsecas.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

El artículo se fundamentó en la aplicación de una variedad de técnicas meticulosamente seleccionadas para obtener datos relevantes y significativos. Con el objetivo de facilitar la organización y la comprensión de la información recabada, estas técnicas se han agrupado en dos categorías principales y bien definidas. Es importante destacar que estas categorías de técnicas fueron implementadas de manera consistente durante el período competitivo de los sujetos que participaron en este estudio.

La primera de estas categorías corresponde a la Técnica Antropométrica, una metodología ampliamente utilizada en el campo de la investigación para evaluar la composición corporal y las características físicas de los individuos. En esencia, la Técnica Antropométrica se basa en la medición indirecta de una serie de parámetros corporales relevantes, los cuales proporcionan información valiosa sobre la estructura y las proporciones del cuerpo humano. Para una comprensión más profunda de los detalles específicos de esta técnica, incluyendo la identificación precisa de los parámetros medidos y la descripción detallada de los protocolos seguidos rigurosamente durante el proceso de medición (ver tabla 2), donde se presenta una descripción exhaustiva y completa de estos aspectos metodológicos.

La segunda categoría de técnicas empleadas en esta investigación se refiere a la Técnica Bioquímica, una herramienta esencial para el análisis de procesos biológicos y la evaluación de diversos marcadores bioquímicos en el organismo. Esta técnica involucra el Análisis de Laboratorio de muestras biológicas obtenidas de los sujetos de estudio. Estas muestras biológicas, cuidadosamente recolectadas y procesadas, fueron sometidas a una serie de análisis exhaustivos para determinar la concentración de diferentes compuestos bioquímicos de interés. La metodología detallada de esta técnica, que abarca los tipos específicos de análisis realizados, la identificación precisa de los reactivos utilizados en cada análisis y la descripción pormenorizada de los procedimientos de control de calidad implementados para garantizar la precisión y la fiabilidad de los resultados, se encuentra especificada en la tabla 3, donde se ofrece una visión completa y detallada de los procedimientos y protocolos seguidos en el laboratorio. A continuación, se presentan:

Tabla 2*Técnica Antropométrica (Medición Indirecta)*

VARIABLE	INSTRUMENTO	PROTOCOLO / ECUACION
Masa corporal	Báscula SECA	Sujetos en ayunas, sin calzado
Talla	Tallímetro marca SECA	Sujetos de pie con el plano de Frankfort.
Índice de masa corporal (IMC)	Cálculo Indirecto	Índice de Quetelet (1832) $IMC=MC/T (m^2)$
Pliegues cutáneos	Adipómetro modelo Slim Guide	Pliegues del lado derecho, registrados por triplicado (tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo frontal, pantorrilla medial)
Porcentaje de masa grasa	Cálculo Indirecto	Fórmula de Carter (1982): $PMG=0,1051 \times (\sum 6 \text{ pliegues cutáneos}) + 2,58$.
Porcentaje de masa ósea	Cálculo Indirecto	Rocha (1975): $PO=3,02 \times Ex2 \times B \times F \times 4000,712$
Masa residual	Cálculo Indirecto	Wurch (1974): $MR=PT \times 24, 1/100$
Masa muscular	Cálculo Indirecto	Matiegka (1921): $PM=PT-PG+PO+PR$ (donde PT =Peso Total; PG =Peso Grasa; PO =Peso Óseo; PR =Peso Residual).
Somatotipo	Cálculo Indirecto	Fórmulas de Carter y Heath (1990) (Endomorfia, Mesomorfia y Ectomorfia).

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla 2, se visualiza la primera técnica Antropométrica (Medición Indirecta), donde se utilizó para la obtención de los datos de composición corporal (masa grasa, masa muscular, masa ósea, masa residual y somatotipo), los cuales se derivaron de las mediciones corporales directas.

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

- A. Observación y Medición Directa Estandarizada: Se empleó la técnica de medición directa de las variables antropométricas (masa corporal, talla y pliegues cutáneos) bajo protocolo establecido. Este proceso se ejecutó siguiendo las normas y lineamientos de la ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría), asegurando la estandarización y la minimización del error intra-observador.
- B. Cálculo por Ecuaciones Predictivas: La información primaria recogida (pliegues cutáneos y diámetros) fue procesada mediante la aplicación de ecuaciones predictivas (Carter, 1982; Matiegka, 1921) para la estimación indirecta de los diferentes compartimentos corporales.

Tabla 3

Evaluación de los indicadores bioquímicos

INDICADOR BIOQUÍMICO	UNIDADES	INSTRUMENTO
CPK	U/L	Analizador Bioquímico Clínico
LDH	U/L	Analizador Bioquímico Clínico

Fuente: Elaborado por los autores

La tabla 3 se visualiza la segunda técnica Bioquímica (Análisis de Laboratorio), la cual se utilizó para la obtención de los datos de biomarcadores séricos (CPK -LDH).

- A. Extracción de muestras sanguíneas estandarizada: Se empleó la técnica de venopunción (o flebotomía) para la obtención de las muestras de sangre en condiciones controladas (ayuno de 10 horas y reposo de 24 horas previas), minimizando el riesgo de alteración de los biomarcadores.
- B. Análisis enzimático clínico: Las muestras fueron procesadas mediante la técnica de análisis de laboratorio clínico (procesamiento automatizado o colorimétrico) para cuantificar las concentraciones séricas de las enzimas Creatinfosfoquinasa y Lactato Deshidrogenasa.

Procedimiento para la aplicación de las pruebas antropométricas

La evaluación se realizó en el departamento médico del equipo, siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK, 2005). Todos los instrumentos utilizados estaban debidamente calibrados, las muestras fueron registradas por triplicado, por personal certificado ISAK I. Para las Pruebas para el control bioquímico (CPK y LDH), las tomas sanguíneas se realizaron en el departamento médico del equipo. Para garantizar la validez de los resultados (pretest), los jugadores debían cumplir con las siguientes condiciones previas:

- 1) No realizar ningún tipo de actividad física intensa al menos 24 horas antes de la toma de sangre.
- 2) Mantener una correcta hidratación.
- 3) No haber ingerido bebidas alcohólicas o sustancias ilícitas.
- 4) Mantener una condición de ayuno de 10 horas.

Técnicas de Análisis de Datos

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el software estadístico Jamovi (versión 2.3.18). Se empleó la Estadística Descriptiva, utilizando medidas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar) para caracterizar tanto la muestra como las variables en los momentos pretest y postest.

En cuanto a la Estadística Inferencial, se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones pretest y postest de las variables bioquímicas y de composición corporal. El nivel de significancia establecido para este análisis fue de $p<0,05$

Limitantes de la investigación

Una de las limitaciones inherentes al presente estudio radica en la ausencia de la recolección de muestras duplicadas para la medición de los indicadores bioquímicos analizados. Específicamente, no se implementó la práctica de obtener y analizar dos muestras separadas para cada indicador bioquímico evaluado en los participantes del estudio. Esta omisión representa una debilidad metodológica, ya que la recolección de muestras duplicadas es una práctica ampliamente recomendada dentro de la investigación científica.

La implementación de esta técnica contribuye significativamente a mejorar la validez interna de los resultados obtenidos, permitiendo una mayor confianza en la precisión y fiabilidad de las mediciones realizadas. Al no emplear muestras duplicadas, se incrementa la posibilidad de que errores aleatorios o variaciones en el proceso de medición afecten los resultados, comprometiendo así la validez interna del estudio y la generalización de las conclusiones.

Resultados

Los resultados de esta investigación se presentan en dos secciones principales: primero, la caracterización descriptiva de las variables bioquímicas y antropométricas en las mediciones pretest y postest; y segundo, el análisis inferencial mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas, que permitió evaluar las diferencias estadísticamente significativas a lo largo del periodo competitivo.

Los resultados se presentan en función de los cambios experimentados en los biomarcadores séricos y la composición corporal entre el pretest y el postest del periodo competitivo. El análisis inferencial se realizó mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas. Los hallazgos más relevantes se resumen en la tabla 4 y tabla 5.

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

Tabla 4

Análisis descriptivo e inferencial de los biomarcadores séricos en futbolistas profesionales durante el periodo competitivo (pretest y postest)

Variable	Medición	Unidad	Media (\bar{x})	Desviación Estándar (DE)	Valor p (t de Student)
Creatinfosfoquinasa (CPK)	Pretest	U/L	25,98	2,68	0,203
	Postest	U/L	24,29	4,73	
Lactato Deshidrogenasa (LDH)	Pretest	U/L	65,71	16,99	< 0,001*
	Postest	U/L	207,03	49,25	

Fuente: Elaborado por los autores

Se observó en la tabla 4, un incremento de la media del LDH, de 65,7 U/L (Pretest) a 207,03 U/L (Postest). La CPK presentó una disminución de la media, de 25,98 U/L a 24.29 U/L.

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la concentración sérica de Lactato Deshidrogenasa (LDH) ($p<0,001$), con un aumento en el promedio postest, lo cual es un indicador de daño celular/muscular inducido por la carga de entrenamiento. Por el contrario, los niveles de Creatinfosfoquinasa (CPK) no reportaron un cambio significativo entre las mediciones ($p=0,203$).

Tabla 5

Análisis Descriptivo e Inferencial de la Composición Corporal en Futbolistas Profesionales durante el Periodo Competitivo (Pretest y Postest)

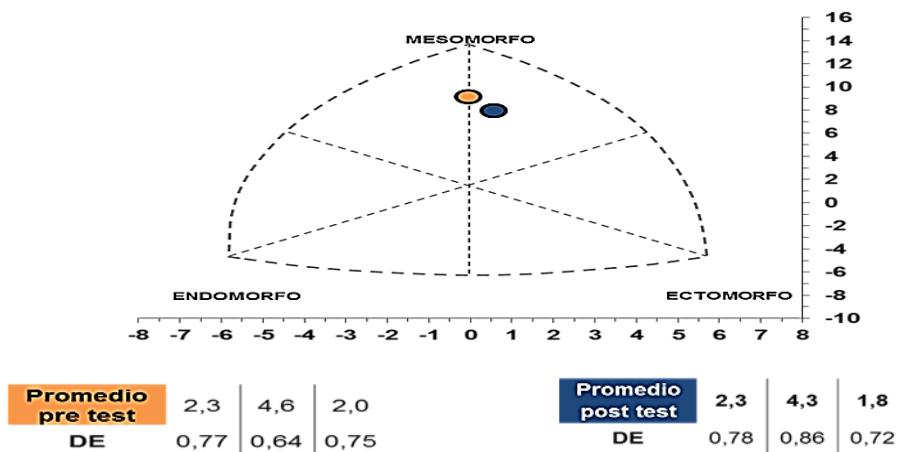
Variable	Medición	Unidad	Media (\bar{x})	Desviación Estándar (DE)	Valor p (t de Student)
Masa Grasa	Pretest	kg	6,03	1,92	< 0,001*
	Postest	kg	4,66	1,84	
Masa Muscular	Pretest	kg	47,65	3,46	0,004*
	Postest	kg	48,52	3,73	
Masa Ósea	Pretest	kg	8,82	0,65	0,721
	Postest	kg	8,84	0,69	
Masa Residual	Pretest	kg	10,75	0,91	0,815
	Postest	kg	10,78	0,93	

Fuente: Elaborado por los autores

En cuanto a la composición corporal, presento una disminución de la media de la masa grasa de 6,03kg a 4,66 kg y un aumento en la media del porcentaje de masa muscular de 47,62 kg a 48,52kg durante el periodo competitivo. Se registraron diferencias estadísticamente significativas en la masa grasa ($p<0,001$) y la masa muscular ($p=0,004$). Esta modificación se tradujo en una disminución de 1,37 kg de masa grasa y un incremento de 0,87 kg en la masa muscular, indicando una adaptación positiva al entrenamiento.

Figura 1

Somatocarta de los Futbolistas Profesionales durante el Periodo Competitivo (Pretest y Posttest)



El análisis del somatotipo, representado en la figura 1, reveló que la muestra mantuvo el perfil morfológico esperado para futbolistas profesionales a pesar de la carga competitiva, este desplazamiento se produce principalmente como resultado de la disminución estadísticamente significativo de la masa grasa y el consecuente aumento de la masa muscular. Pese a este cambio, el somatotipo predominante de la muestra se mantuvo consistentemente en la categoría de mesomorfo balanceado.

Discusión de los resultados

Esta sección tiene como propósito interpretar los hallazgos estadísticos presentados en los resultados, contrastándolos con la evidencia científica previa para establecer la contribución de la presente investigación. Analizando la respuesta de los biomarcadores séricos y la composición corporal ante la carga acumulada del periodo competitivo.

Los resultados demostraron una adaptación morfológica positiva de los futbolistas a las 133 sesiones de entrenamiento, evidenciada por la disminución estadísticamente significativa de la masa grasa ($p<0,001$) y el aumento significativo de la masa muscular ($p=0,004$) (ver Tabla 5).

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

Esta transformación es favorable, ya que una menor masa grasa y una mayor masa muscular se asocian con un mejor rendimiento físico en el fútbol, permitiendo a los atletas recorrer mayores distancias en sprint durante la competición (Radzimiński et al., 2020).

La composición corporal y el somatotipo son parámetros influyentes en el rendimiento deportivo (Carter y Heath, 1990). La muestra mantuvo un perfil mesomorfo balanceado (ver Figura 1), lo que coincide con el somatotipo predominante reportado en futbolistas profesionales, caracterizado por un componente muscular superior al graso (Moya, et al., 2022; Hernández et al., 2016). La disminución de la masa grasa permitió el desplazamiento somatotípico dentro de la categoría, lo cual subraya la efectividad del programa de entrenamiento para optimizar la condición física de los jugadores.

En respuesta de los biomarcadores durante el periodo competitivo, los hallazgos sobre los revelaron una respuesta diferencial a la carga de entrenamiento; el Lactato Deshidrogenasa (LDH) presentó un aumento estadísticamente significativo del pretest al postest ($p<0,001$), triplicando sus valores promedio (de 65,71 U/L a 207,03 U/L). Este incremento es un indicador directo del daño celular y/o muscular acumulado a lo largo del periodo competitivo (Rivera-Cisneros et al., 2021; Nédélec et al., 2012). Este resultado es congruente con la literatura que reporta aumentos en la LDH tras partidos oficiales o simulados, alcanzando su valor máximo en las 13-24 horas posteriores al esfuerzo (Khaitin et al., 2021). Sin embargo, para García et al. (2021) mostró valores máximos de la enzima de 1061,93 U/L, siendo estos superiores a los reportados en este estudio.

Aunque el aumento fue estadísticamente significativo, los valores finales (207,03 U/L) se mantuvieron dentro de los límites de referencia reportados para futbolistas profesionales, sugiriendo que, si bien hubo daño, este no alcanzó niveles de sobreentrenamiento o lesión severa (Mougios, 2007; Nowakowska et al., 2019; Khaitin et al., 2021).

Contrariamente a la LDH, los niveles de CPK no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,203$). Este hallazgo difiere de estudios que esperan aumentos de hasta diez veces superiores a los valores basales en futbolistas debido a los microtraumatismos musculares (Rivas, 2007; Calderón Montero, 2010). Los valores de la CPK podría deberse a que la monitorización se realizó en un momento de estabilidad del plan de entrenamiento, lo cual evitó un aumento agudo de la enzima, cuyos niveles se ven afectados por factores como la intensidad, duración de la sesión, estado de hidratación o temperatura extrema (Finsterer, 2012), o una adaptación crónica al tipo de daño excéntrico inherente al deporte, lo que minimiza los niveles de CPK a lo largo de un periodo competitivo establecido (Pedlar et al., 2020).

Sin embargo, la ausencia de un aumento significativo en la CPK permite inferir que el plan de entrenamiento aplicado, no generó un impacto muscular lesivo o un estado de sobreentrenamiento que comprometiera la salud de los jugadores, ya que valores superiores a 300 U/L se han considerado riesgo de lesión (Rodrigues et al., 2010).

La asociación entre los resultados indica que el programa de entrenamiento durante el periodo competitivo fue objetivo al promover una mejora en la composición corporal (reducción de masa

grasa y aumento de masa muscular), manteniendo los niveles de CPK en valores inferiores, pero a costa de un estrés acumulativo significativo en la LDH. Por tal razón se subraya la importancia de un monitoreo medico continuo para evitar el sobreentrenamiento y justifica la necesidad de utilizar protocolos de recuperación y cargas individualizadas (Djaoui et al., 2017).

Conclusiones

Las conclusiones de esta investigación se derivan del análisis inferencial realizado, contrastando las mediciones pretest y postest de la composición y de los biomarcadores séricos en futbolistas profesionales de segunda división durante el periodo competitivo.

En cuanto a la composición corporal y la adaptación física; se concluye que el plan de entrenamiento fue efectivo para optimizar el perfil morfológico de los futbolistas, generando una adaptación física positiva reflejada en la reducción estadísticamente significativa de la masa grasa ($p<0,001$) y el aumento significativo de la masa muscular ($p=0,004$). Este cambio consolidó el somatotipo de la muestra en la categoría de Mesomorfo Balanceado, el cual es el patrón morfológico ideal para el rendimiento en el fútbol profesional.

Por otro lado, la Creatinfosfoquinasa (CPK) y el daño muscular, se concluye que las cargas de entrenamiento aplicadas a lo largo del periodo competitivo no generaron un nivel de microtraumatismo muscular lesivo en la muestra, ya que los niveles séricos de Creatinfosfoquinasa (CPK) no reportaron diferencias estadísticamente significativas entre el inicio y el final de la medición ($p=0,203$). Este hallazgo sugiere que el programa de entrenamiento, sumado a los protocolos de recuperación implementados, fue efectivo para mantener la integridad muscular y evitar el sobreentrenamiento agudo.

En relación al Lactato Deshidrogenasa (LDH), se concluye que la carga acumulada del periodo competitivo indujo un estrés metabólico y un daño celular/muscular prolongado y significativo, evidenciado cambios estadísticamente significativos en los niveles de Lactato Deshidrogenasa (LDH) ($p<0,001$). La LDH demostró ser un marcador sensible y objetivo al volumen de la carga y esfuerzo constante, lo cual exige una atención particular en la monitorización de la fatiga crónica.

Es importante que, a partir de los hallazgos de esta investigación, particularmente la disociación entre la respuesta significativa del LDH y la estabilidad del CPK frente a la carga competitiva se desprenda la necesidad de avanzar hacia estudios de mayor complejidad analítica y predictiva.

Para finalizar la correcta asociación integrada de las cargas del entrenamiento físico, las concentraciones séricas de CPK y LDH con la composición corporal reveló un patrón de adaptación positiva y controlada del estrés metabólico. El programa de entrenamiento permitió

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

una adaptación morfológica esperada y en mantener la CPK estable, indicando la ausencia de un daño muscular lesivo. Sin embargo, el aumento significativo de la LDH demuestra que la carga generó un estrés metabólico acumulativo sustancial. Por lo tanto, se confirma la utilidad del monitoreo bioquímico (CPK y LDH) y antropométrico para la individualización de la carga y el manejo de la fatiga en los futbolistas profesionales.

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda:

- Aumentar el tamaño de la muestra de estudio e incluir la comparación entre diferentes clubes de fútbol profesional para generalizar los hallazgos.
- Integrar las mediciones de CPK y LDH con variables de carga externa e interna (como la frecuencia cardíaca y la distancia recorrida entre otros) para establecer umbrales específicos de riesgo metabólico en el contexto del fútbol venezolano.
- El control médico debe de ser incluido en la planificación del entrenamiento. Los datos ayudarán al personal médico y técnico, a excluir a jugadores con riesgo de sufrir lesiones musculares, a su vez establecer protocolos de recuperación individual, posterior a cada sesión de entrenamiento.

Referencias

- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., & Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40(2), 96–97. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.020719>
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81-82(1), 209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>
- Cabañas, E., & Esparza, F. (2009). *Compendio de cineantropometría*. CTO Editorial. España ISBN 9788492523726
- Calderón Montero, F. J. (2010). Fisiopatología del sobre-entrenamiento. En *IV Congreso Internacional Universitario Sobre Las Ciencias De La Salud Y El Deporte. Ponencias, Compilaciones y Poster*.
- Carter, J. E. L. (Ed.). (1982). Physical structure of Olympic athletes Part I: The Montreal Olympic Games Anthropological Project. S. Karger AG.
- Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F. M., Weston, M., & Barbero, J. (2010). Relationship between endurance field tests and match performance in young soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 2988–2993.
- Castro, L. E., Cardona Rueda, S. E., Contreras Cuesta, M. Á., Delgado Riaño, N. A., Molina Murcia, P. S., Galves Pardo, Á. Y., Argüello Gutierrez, Y. P., & Melo Buitrago, P. J.

- (2021). Perfil dermatoglífico y somatotipo en atletas universitarios. *Educación Física y Ciencia*, 23(1), e167. <https://doi.org/10.24215/23142561e167>
- Ceballos-Gurrola, O., Bernal-Reyes, F., Jardón-Rosas, M., Enríquez-Reyna, M. C., Durazo-Quiroz, J., & Ramírez-Siqueiros, M. G. (2021). Composición corporal y rendimiento físico de jugadores de fútbol soccer universitario por posición de juego. *Retos*, 39, 52–57. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.75075>
- Corvos, C. (2015). Estimación antropométrica de la composición y forma corporal de indígenas Pemones practicantes de fútbol. *Atrio. Plataforma de Realidades Literarias en el Deporte*, 2(2), 12–17.
- Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K., & Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology & Behavior*, 181, 86–94.
- Drayton, A. M., Hamad, M. J., & Spyrou, K. (2025). The time course of postmatch physical impairments in professional soccer: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000005252>
- Ferrán, A. (1994). Medicina del deporte. Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Universitat de Barcelona.
- Finsterer, J. (2012). Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13(1), 218.
- García, Á. (2021). Biomarcadores musculares y carga externa en un equipo profesional de fútbol [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. Repositorio de la Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/items/4d11aac5-6350-40b8-9e67-3a1782e5be61>
- Hernández, S., Jorquera, C., & Almagià, A. (2021). Composición corporal y proporcionalidad en futbolistas chilenos. Diferencias entre categorías juveniles y campeones profesionales. *International Journal of Morphology*, 39(1), 252–259.
- Hernández, V., López, R., Cruz, R., & Avalos, R. (2016). Composición corporal en futbolistas juveniles profesionales, perfil antropométrico por posición en terreno de juego. *Revista De Ciencias De La Salud*, 3(9), 6–13.
- Hollmann, W. (1990). Libro olímpico de la medicina deportiva. Doyma.
- Kammerer, M., Ceballos, F., Mayor, R., Hoyos, G., & Gómez, S. (2021). Evaluación de la exactitud de distintas fórmulas de predicción de la composición corporal, comparadas con la absorciometría de energía dual de rayos X, en futbolistas de equipos profesionales colombianos. *Nutrición Hospitalaria*, 38(2), 290–297. <https://doi.org/10.3305/nh.2021.38.2.12644>
- Khaitin, V., Bezuglov, E., Lazarev, A., Matveev, S., Ivanova, O., Maffulli, N., & Achkasov, E. (2021). Markers of muscle damage and strength performance in professional football

Asociación de las cargas de entrenamiento físico y las concentraciones séricas de CPK Y LDH en futbolistas profesionales de segunda división

- (soccer) players during the competitive period. *Annals of Translational Medicine*, 9(2), 113.
- López Chicharro, J. (2019). *Fisiología del ejercicio: Exercise Physiology & Training*. *Exercise Physiology & Training*.
- Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 674–678.
- Moya, H., Molina, A., Berral, A. J., Rojano, D., & Berral-de-la-Rosa, F. J. (2022). Migración del somatotipo en jugadores de fútbol profesional en las últimas décadas. *International Journal of Morphology*, 40(2), 327–333.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer: Part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(12), 997–1015.
- Nowakowska, A., Kostrzewska, D., Buryta, R., & Nowak, R. (2019). Blood biomarkers of recovery efficiency in soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3279.
- Palacios, G., Pedrero, R., Palacios, N., Maroto, B., & Aznar, S. (2015). Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutrición Hospitalaria*, 31(Suppl 3), 237–244.
- Pedlar, C., Newell, J., & Lewis, N. (2020). Blood biomarker analysis for the high-performance athlete. *Sports Science Exchange*, 29(204), 1–5.
- Radzimiński, Ł., Szwarc, A., Padrón-Cabo, A., & Jastrzębski, Z. (2020). Correlations between body composition, aerobic capacity, speed and distance covered among professional soccer players during official matches. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(2), 257–262.
- Rivas, O. (2007). La creatinquinasa y urea sérica pre y pos competición, como indicadores del daño muscular y el gasto proteico respectivamente, en un grupo de jugadores de fútbol de la primera división de Costa Rica [Tesis de maestría]. Universidad Nacional, Sistema de Estudios de Posgrado, Facultad Ciencias de la Salud, Maestría en Salud Integral y Movimiento Humano.
- Rivera, A., Sánchez, J., Reinoso, V., Fritzler, W., Martínez, K. & Vargas, G. (2021). Niveles plasmáticos de creatinfosfoquinasa y deshidrogenasa láctica en jugadores profesionales de fútbol. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 68(1), 4–10.
- Ross, W. D., & Marfell-Jones, M. J. (1983). Kinanthropometry, terminology and landmarks. En J. E. L. Carter (Ed.), *Kinanthropometry and exercise physiology in sports* (pp. 7–23). Human Kinetics.
- Sillero, M. (2005). Teoría de kineantropometría. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF), Universidad Politécnica de Madrid.
- Viru, A., & Viru, M. (2001). *Ánalisis y control del rendimiento deportivo*. Paidotribo.

Los autores

M C. MSc. Ernesto José Granda

Licenciatura en educación Física, recreación y entrenamiento deportivo (UNEFM- Venezuela).

Médico Cirujano (UNEFM- Venezuela). Magister en Fisiología del Ejercicio (UPEL – IPC Venezuela). Cursante de la especialidad en medicina física y rehabilitación (UCV - Venezuela).

Prof. Dr. Pedro Felipe, Gamardo Hernández

Profesor en Educación Física Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela. Master en metodología del entrenamiento para la alta competencia (ISCF Manuel Fajardo. CUBA)

Doctor en Ciencias de la Actividad Física, mención; Fisiología (Universidad de León-España) Magister en fisiología del ejercicio (UPEL- IPC). Analista de datos (UCV).