



Revista Actividad Física y Ciencias
Año 2023, vol. 15, N°1

METABOLISMO HEPÁTICO, RENAL Y MUSCULAR A NIVEL BASAL EN DEPORTISTAS UNIVERSITARIOS DE FÚTBOL Y VOLEIBOL

HEPATIC, RENAL AND MUSCULAR METABOLISM AT BASAL LEVEL IN UNIVERSITY SOCCER AND VOLLEYBALL ATHLETES

Lic. Dra. Diana María, García-Cardona

dmgarcia@uniquindio.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-6026-9093>

Lic. Dra. Patricia Landázuri

plandazu@uniquindio.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-6893-1405>

Profa. Dra. Olga Alicia, Nieto Cárdenas

[oanieto@uniquindio.edu.co](mailto: oanieto@uniquindio.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0002-0909-3528>

Lic. Dra. Diana Milena, Galvis Soto

dianagalvis@uniquindio.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-5270-1728>

Recibido: 04-07-2022

Aceptado: 20-09-2022

Resumen

El propósito del estudio fue establecer valores basales de parámetros bioquímicos a nivel hepático, renal y muscular en deportistas universitarios de fútbol y voleibol. Participaron 54 deportistas hombres, 33 futbolistas y 21 voleibolistas. Las muestras sanguíneas fueron tomadas en ayunas tras 48 horas de reposo. Las medidas antropométricas y la determinación del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) se realizaron acorde a los lineamientos internacionales; para el $VO_{2máx}$, fue empleado el test de Course Navette y para las variables bioquímicas se utilizaron kits comerciales. Se comprobaron los supuestos y se aplicó la prueba t de student para muestras independientes, teniendo en cuenta un nivel de significancia <0.05 . Los resultados a nivel antropométrico, de condición física y perfil lipídico ubican a ambos grupos de deportistas dentro de los rangos considerados como normales. La creatina quinasa (CK), catalasa (CAT), glutámico pirúvica transaminasa (GPT) y el porcentaje de hemólisis fueron mayores en futbolistas con respecto a los voleibolistas, la capacidad antioxidante total, el factor de necrosis tumoral alfa ($TNF\alpha$), la glutámico oxaloacético transaminasa (GOT) y la creatinina fueron mayores en los voleibolistas. Los datos muestran que, a pesar del constante entrenamiento, durante un reposo de 48 horas la función hepática, muscular y renal puede recuperarse.

Palabras claves: Biomarcadores, estrés oxidativo, lípidos, citoquinas

Abstract

The purpose of the study was to establish baseline values of biochemical parameters at the hepatic, renal and muscular levels in university football and volleyball athletes. 54 male athletes, 33 footballers and 21 volleyball players participated. Blood samples were taken on an empty stomach after 48 hours of rest. The anthropometric measurements and the determination of the maximum oxygen consumption (VO₂max) were carried out according to international guidelines; for VO₂max, the Course Navette test was used and for biochemical variables commercial kits were used. The assumptions were checked and the student's t-test was applied for independent samples, taking into account a significance level <0.05. The results at the anthropometric, physical condition and lipid profile level place both groups of athletes within the ranges considered normal. Creatine kinase (CK), catalase (CAT), glutamic pyruvic transaminase (GPT) and the percentage of hemolysis were higher in footballers compared to volleyball players, total antioxidant capacity, tumor necrosis factor alpha (TNF α), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT) and creatinine were higher in volleyball players. The data show that, despite constant training, during a 48-hour rest liver, muscle and kidney function can recover.

Keywords: Biomarkers, oxidative stress, lipids, cytokines.

Introducción

Los estudiantes que pertenecen a selecciones deportivas universitarias además de cumplir con sus currículos académicos deben de prepararse físicamente, para cumplir de manera satisfactoria con las diferentes competencias deportivas, lo cual les puede generar estrés, ansiedad y depresión (Demirel, 2016) y por lo tanto, afectar sus condiciones fisiológicas (Hamlin et al., 2019). Durante el desarrollo del entrenamiento, el organismo se somete a diferentes esfuerzos, esto conlleva a que la respuesta de adaptación de los diferentes sistemas varíe con la duración, la intensidad y la cronicidad con que se lleva a cabo el ejercicio físico y presupone una variación también en parámetros bioquímicos y fisiológicos (Lundgren et al., 2015; Sumi et al., 2021). Es decir, el ejercicio, cuando se realiza al máximo, es un proceso complejo que implica la activación sincronizada e integrada de múltiples tejidos y órganos a nivel celular y sistémico, especialmente en hígado, riñón y músculo (Hu et al., 2020; M. Suzuki, 2015).

La función renal en el ejercicio ha sido centro de múltiples estudios (López-Mata et al., 2012; Rojas-Valverde et al., 2019), ya que el riñón regula y estabiliza las pérdidas de agua y electrolitos que se producen durante la actividad física; además dentro de las funciones está mantener la tasa de filtración glomerular (TFG) dentro de los límites, incluso en situaciones de un gran descenso del flujo sanguíneo renal, como en el ejercicio intenso.

La investigación sobre la función renal durante el ejercicio en deportistas es menos común que en otras poblaciones de estudio y otros sistemas orgánicos, ya que la función renal no tiene un efecto directo sobre el rendimiento deportivo (M. Suzuki, 2015), sin embargo, el ejercicio cambia la concentración de una serie de metabolitos en el plasma (Schraner et al., 2020) mientras el flujo sanguíneo renal se reduce, lo cual, tiene un impacto negativo sobre la función renal (M.

Suzuki, 2015). Así que, el conocimiento de la relación entre el ejercicio y la función renal en deportistas es esencial.

Por su parte el hígado es uno de los órganos más importantes en el metabolismo del organismo humano, entre las funciones que tiene, se encuentran el almacenamiento y degradación de glucógeno, la degradación y síntesis de ácidos grasos, formación de lipoproteínas, colesterol y fosfolípidos; síntesis de proteínas plasmáticas, conversión por transaminación y desaminación de aminoácidos y formación de urea; entre otras (Titchenell et al., 2017); prácticamente todas estas vías están involucradas durante la realización del ejercicio (Zoorob et al., 2013). Al respecto existen diversos estudios que demuestran que la intervención con ejercicio físico mejora la función hepática en sujetos con alteraciones de este órgano (Duarte-Rojo et al., 2018), pero existen pocos en relación con la función hepática basal en atletas.

Por otro lado, en los individuos que realizan con frecuencia ejercicio vigoroso o una fase de sobrecarga, pueden inducir la liberación de enzimas musculares en el plasma (Santi et al., 2020). Específicamente en el músculo la creatina fosfato se convierte en creatina mediante la actividad de la creatina quinasa, la actividad de esta enzima se relaciona con la intensidad de la carga a la que está sometido el músculo (Al Fazazi et al., 2019); además, es determinante directo del nivel de daño tisular e indirecto de la sumatoria de cargas, de predominio anaeróbico, que ha realizado el deportista, en el último ciclo de trabajo (Hunkin et al., 2014); por lo tanto, se utiliza como un parámetro esencial, para evaluar algún incremento en el estrés muscular o la tolerancia individual al ejercicio físico (Ortiz et al, 2021), aunque Burt et al. (2020) demostraron que a pesar del aumento de creatina quinasa después de un partido de Hockey no hubo cambio en la función neuromuscular.

Dada la información anterior, se hace importante conocer los estados basales y establecer la intensidad de los cambios en las variables bioquímicas durante el ejercicio, para guiar la participación de los atletas en el entrenamiento y la competencia.

Además, debido a que los deportistas que hacen parte de las selecciones deportivas universitarias están sometidos a diferentes cargas durante sus ciclos de entrenamiento, y para conocer posteriormente la magnitud de los cambios, por lo tanto, el propósito de este estudio fue establecer valores basales de algunos parámetros bioquímicos a nivel hepático, renal y muscular en deportistas de las selecciones universitarias de fútbol y voleibol.

Materiales y Métodos

Método

Se realizó un estudio cuantitativo, el cual es un método de investigación que utiliza herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar y predecir fenómenos mediante datos numéricos. Así mismo, la investigación toma un carácter descriptivo, ya que se buscaba describir el estado actual de las variables identificadas (Hernández Sampieri, Fernández

y Baptista, 2014), finalmente la investigación fue de corte transversal porque las variables fueron medidas en un momento determinado.

Participantes

Estudiantes hombres integrantes de las selecciones deportivas universitarias de fútbol (n = 33) y voleibol (n = 21) del Quindío, Colombia; mayores de 18 años (edad promedio, futbolistas: 23±4 años, voleibolistas: 21±2 años), que voluntariamente firmaron el consentimiento informado. Los sujetos tenían experiencia en torneos nacionales, además realizaban sesiones de entrenamiento de 10 a 14 horas por semana como parte de su preparación para el zonal universitario. Al momento de la intervención los sujetos se encontraban en el periodo preparatorio, etapa general, mesociclo desarrollador, al final de un microciclo corriente, trabajando las sesiones con volúmenes medios e intensidades bajas.

Se excluyeron del estudio deportistas con enfermedad comprobada a través de su historia clínica, deportistas lesionados, y que llevaran menos de un año de entrenamiento en la disciplina deportiva. El proyecto fue avalado por el Comité de Bioética del Programa de Educación Física de la Universidad del Quindío (Acta No 1 – 5 febrero de 2018).

Procedimiento de la investigación

Las evaluaciones para la obtención de la información se realizaron en cinco sesiones, a saber:

- Sesión 1: se tomaron muestras sanguíneas para ambos grupos.
- Sesión 2: se realizó la evaluación antropométrica del grupo de fútbol. Realizado a las 8:00 horas.
- Sesión 3: se realizó la evaluación antropométrica del grupo de voleibol. Realizado a las 8:00 horas.
- Sesión 4: se aplicó la prueba de Course Navette al grupo de fútbol. Realizado a las 9:00 horas.
- Sesión 5: se aplicó la prueba de Course Navette al grupo de voleibol. Realizado a las 9:00 horas.

Recolección de los datos

Para la recolección de los datos, se consideraron las siguientes variables:

- *Bioquímicas*: colesterol total (CT), triglicéridos (TG), colesterol unido a las lipoproteínas de alta densidad (HDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL), lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), índice arterial (IA) creatina quinasa (CK), glutamato-piruvato transaminasa (GOT o AST), glutamato-piruvato transaminasa (GPT o ALT), creatinina, catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD), citoquinas interleuquina 6 (IL6) y factor de necrosis tumoral alfa (TNF α), capacidad antioxidante total (Cap antiox), porcentaje de hemólisis y tasa de filtración glomerular (TFG)

Metabolismo hepático, renal y muscular a nivel basal en deportistas universitarios de fútbol y voleibol.

- *Antropométricas:* masa, talla, índice de masa corporal (IMC), índice cintura cadera (ICC), porcentaje adiposo y porcentaje muscular
- *Condición física:* consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$).

Toma de muestra: La muestra sanguínea fue recolectada después de 48 horas sin ejercicio y doce horas de ayuno, por punción venosa en tubo seco, el suero se obtuvo por centrifugación a 1000 g por 15 minutos, a 4 °C, separado en microtubos de 1,5 mL y almacenado hasta su uso (dentro de 2 días).

Las mediciones bioquímicas se realizaron así: el CT y TG fueron cuantificados por métodos enzimáticos colorimétricos (Human®), HDL se valoró mediante separación selectiva inicial con ácido fosfotungstico/cloruro de magnesio (Human®), CK, GOT, GPT y creatinina fueron cuantificadas por métodos enzimáticos colorimétricos (Wiener Lab®), CAT, SOD fueron cuantificados por métodos enzimáticos colorimétricos (Invitrogen®), citoquinas IL6 y TNF α se determinaron mediante ELISA tipo sándwich, con lectura en el espectrofotómetro (Génesis 5) a 450 nm para ambas proteínas, siguiendo las instrucciones del fabricante (BioLegend®), la Cap antiox se cuantificó por el método TBARS y el porcentaje de hemólisis se cuantificó por espectrofotometría.

Las LDL, VLDL e IA fueron calculadas mediante las fórmulas descritas a continuación

$$LDL = CT - \left(HDL + \frac{TG}{5} \right)$$

$$VLDL = \frac{TG}{5}$$

$$IA = \frac{CT}{HDL}$$

La TFG fue medida mediante cuatro fórmulas: Cockcroft-Gault (CG), Cockcroft-Gault ajustado por superficie corporal (CG SC), CKP-EPI y MDRD 4.

Valoración antropométrica: antes de realizar las valoraciones antropométricas se siguieron las indicaciones de la International Society for the Avancement in Kineanthropometric (ISAK) descritas por Marfell-Jones et al. (2006), se procedió al marcaje de los puntos anatómicos de referencia necesarios para la obtención de las medidas a estudiar, utilizando un lápiz dermatográfico. Los puntos anatómicos marcados se encontraron en las siguientes posiciones: acromial, radial, estiloideo, iliocrestal, ilioespinal, trocántereo, tibial, ángulo infraescapular y abdominal lateral. En todos los casos, las marcaciones fueron realizadas al lado derecho del sujeto. Las mediciones se tomaron partiendo de la posición antropométrica de referencia: masa, talla, talla sentada, pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pierna) y perímetros (brazo relajado, antebrazo, muslo 1 máximo, pierna, torácico, cefálico, cadera y cintura).

Consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}): la determinación del VO_{2max} se realizó a través del test de Course Navette (CN). La prueba de CN se realizó con base en la metodología descrita por otros autores (Léger et al., 1988; Mayorga-Vega et al., 2015). Brevemente, se solicitó a los participantes correr en ida y vuelta y en dirección recta, una distancia de 20 metros, la distancia a recorrer estuvo delimitada por dos conos en cada extremo. La velocidad inicial de carrera (primer minuto) fue de 8.5 km/h. Posterior al primer minuto, a través de una señal sonora, se incrementó la velocidad .5 km/h. Los cambios de velocidad fueron subsecuentes con intervalos de 1 minuto. La prueba CN finalizó cuando el participante se detuvo por que llegó a la fatiga o cuando el participante no logró llegar a la línea delimitada antes de la señal sonora. Se utilizó la ecuación propuesta por Paradisis et al. (2014) para determinar el $VO_{2máx}$.

Análisis de los datos

Para cada una de las variables analizadas se calculó la media y la desviación estándar (*DE*). Se comprobaron los supuestos de normalidad a través de Shapiro-Wilk, de homocedasticidad (Test de Leven) y de independencia. También se realizaron pruebas de comparación de medias, donde se identificaron las variables que se diferencian significativamente (p -valor $\leq .05$) en los dos grupos, utilizando como estadístico de prueba la T-Student para muestras independientes. El software GraphPad Prism versión 5.0 fue utilizado para el análisis estadístico y elaboración de gráficas.

Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en la presente investigación, al respecto la edad promedio de los futbolistas y voleibolistas fue de 23 ± 4 y 21 ± 2 años respectivamente. En la Tabla 1, se muestran las variables antropométricas de los sujetos de estudio en los dos deportes. En esta, se observa que las únicas variables con diferencia significativa fueron talla y masa, siendo estas mayores en los voleibolistas. Con respecto al porcentaje adiposo y muscular, se aprecia que, en promedio, los futbolistas presentaron valores más altos que los voleibolistas, aunque para ambas variables sin significancia estadística. Los dos grupos de deportistas presentaron IMC normal según el consenso de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) (Salas-Salvadó et al., 2007) y el ICC se encontró dentro del rango considerado de muy bajo riesgo cardiovascular ($<.95$) (Hernández et al, 2020). Finalmente, según la clasificación de Heyward (1998) el $VO_{2máx}$ se ubicó en el nivel superior ($>52,4$ ml/kg/min) en los voleibolistas y en excelente (46.5-52.4 ml/kg/min) en los futbolistas.

Tabla 1.
Variables antropométricas y condición física

VARIABLES	Fútbol, n = 33	Voleibol, n = 21	p	t	gl	95% de IC		Tamaño del efecto
						Inferior	Superior	
Masa (kg)	67.51 ± 6.64	73.6 ± 7.39	0.002	- 3.476	52	-9.935	-2.662	0.86
Talla (m)	1.73 ± 0.06	1.79 ± 0.06	0.001	- 3.702	52	-0.907	-0.026	1.00
ICC	0.85 ± 0.05	0.84 ± 0.05	0.966	0.073	52	-0.022	0.0238	1.00
IMC (kg/m²)	22.55 ± 2.05	23.14 ± 2.72	0.377	- 1.462	52	-2.583	0.405	0.25
% Adiposo	9.02 ± 1.54	8.64 ± 1.56	0.479	1.198	52	-0.294	1.167	0.24
% Muscular	46.97 ± 3.76	46.05 ± 3.83	0.482	1.050	52	-0.847	2.707	0.24
VO_{2máx} (ml/kg/min)	51.46 ± 2.2	52.86 ± 4.28	0.572	- 0.706	52	-1.472	0.705	0.41

Nota. Media ± DE. gl: grados de libertad. IC: intervalo de confianza. ICC: índice cintura-cadera. IMC: índice de masa muscular. VO_{2máx}: consumo máximo de oxígeno.

En la Tabla 2, se describen las variables bioquímicas. Con respecto al perfil lipídico según el Adult Treatment Panel III (National Institutes of Health, 2001), para ambos grupos las variables se encuentran dentro de los límites considerados como deseables, es decir, la concentración de CT por debajo de 200 mg/dl, las LDL menor de 100 mg/dl, las VLDL menores a 30 mg/dl, TG por debajo de 150 mg/dl y HDL, entre 40 – 60 mg/dl, e IA dentro del rango de riesgo mínimo (<3,5).

La CK, por su parte presentó concentraciones bajas, según los resultados de Hartmann y Mester (2000), realizado en deportistas.

La concentración en suero de las transaminasas GOT y GPT, se encontraron dentro de los valores de referencia (GOT hasta 38 U/L y GPT hasta 41 U/L) (Porter et al., 2020), además no se encontraron diferencias de estas por grupo.

La actividad enzimática de la CAT y la SOD y el porcentaje de hemólisis fueron mayores en futbolistas con respecto a los voleibolistas, caso contrario en ocurrió con Cap antiox, TNF α , e IL6, las cuales fueron mayores en los voleibolistas, sin embargo, en ambos casos sin significancia estadística.

Tabla 2.
Variables bioquímicas

VARIABLES	Fútbol, n = 33	Voleibol, n = 21	p	t	gl	95% de IC		Tamaño del efecto
						Inferior	Superior	
CT (mg/dL)	154.33 ± 28.20	163.52 ± 32.52	0.530	-1.089	52	-26.127	7.746	0.30
HDL (mg/dL)	49.87 ± 6.99	47.43 ± 7.53	0.231	1.218	52	-1.585	6.485	0.34
LDL (mg/dL)	83.81 ± 20.47	81.79 ± 21.56	0.943	0.343	52	-9.807	12.851	0.10
VLDL (mg/dL)	19.88 ± 5.09	17.72 ± 4.67	0.470	-0.729	52	-7.154	3.343	0.44
TG (mg/dL)	91.61 ± 21.54	100.14 ± 21.49	0.309	-1.028	52	-25.196	8.123	0.44
IA	2.58 ± 0.83	2.95 ± 0.97	0.317	-1.519	52	-0.874	0.120	0.41
CK (U/l)	45.57 ± 9.3	41.28 ± 10.8	0.066	0.492	52	-5.395	8.903	0.43
CAT (U/mL)	27.65 ± 3.46	24.59 ± 0.35	0.073	4.008	52	1.526	4.585	1.24
SOD (U/mL)	2.38 ± 0.53	2.31 ± 0.51	0.909	0.541	52	-0.183	0.318	0.13
Cap antiox (mmol/L)	7.87 ± 2.92	8.16 ± 1.42	0.629	-0.309	52	-1.759	1.289	0.13
GPT (U/L)	15.53 ± 5.0	15.03 ± 3.1	0.692	0.253	52	-2.225	2.865	0.12
GOT (U/L)	17.96 ± 6.4	18.96 ± 5.3	0.560	-0.735	52	-4.658	2.160	0.17
IL6 (pg/mL)	14.35 ± 2.36	14.65 ± 3.26	0.929	0.570	52	-1.455	2.609	0.11

Metabolismo hepático, renal y muscular a nivel basal en deportistas universitarios de fútbol y voleibol.

TNFα (pg/mL)	20.04 \pm 0.49	21.63 \pm 2.92	0.061	- 2.740	52	-2.688	-0.315	0.76
Hemólisis (%)	80.76 \pm 4.59	79.71 \pm 5.41	0.449	0.763	52	-1.709	3.807	0.21

Nota. Media \pm DE. gl: grados de libertad. IC: intervalo de confianza. CT: colesterol total. HDL: lipoproteína de alta densidad. LDL: lipoproteína de baja densidad. VLDL: lipoproteína de muy baja densidad TG: triglicéridos. IA: índice arterial. CK: creatina quinasa. CAT: catalasa. SOD: superóxido dismutasa. Cap antiox: capacidad antioxidante total. IL6: interleuquina 6. TNF α : factor de necrosis tumoral alfa.

En la Figura 1, se muestra la TFG, calculada con las cuatro ecuaciones mencionadas en la metodología. En ambos grupos se observa que la TFG basal es mayor con CG y menor con MNRD4, la TFG medida con la ecuación CG SC aporta en ambos grupos un valor intermedio el cual fue de 112.72 ml/min/1.73 m² y 101.84 ml/min/1.73 m² para futbolistas y voleibolistas respectivamente, sin diferencias significativas por grupo. La TFG fue normal (≥ 90 mL/min/ 1.73 m²) para todos los deportistas.

Con respecto a la creatinina (Figura 2), se observó diferencia estadísticamente significativa (P-valor=0.0017) por deporte, teniendo una concentración mayor (1.101 mg/dl) los voleibolistas. Comparando las dos variables TFG y creatinina se encontró que, los futbolistas presentaron valores de creatinina menor y tasa de filtración glomerular mayor, que los voleibolistas.

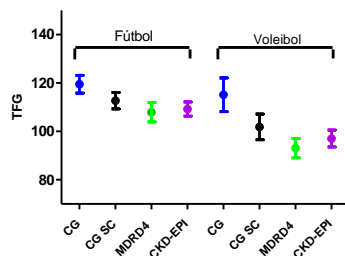


Figura 1. Tasa de filtración glomerular

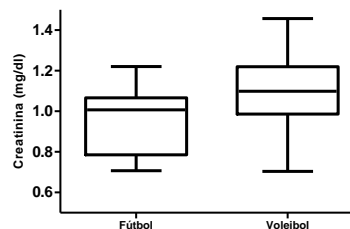


Figura 2. Concentración de creatinina

Discusión

En este trabajo se estudiaron algunos parámetros del metabolismo basal hepático, renal y muscular de los integrantes de selecciones deportivas universitarias.

Los deportistas universitarios, además de cumplir con sus obligaciones académicas, tienen que entrenar física, técnica y tácticamente para la competencia. El deporte competitivo de alto nivel exige a los atletas someterse a altas cargas de entrenamiento y evaluación constante de su rendimiento deportivo (Foster, Rodríguez-Marroyo & de Koning, 2017). Estas altas cargas de entrenamiento y de estrés competitivo producen cambios tanto en la estructura corporal como en

el metabolismo basal para adaptarse a las exigencias metabólicas del entrenamiento y la competencia.

Con respecto a las variables antropométricas en este trabajo se encontró que la talla media de los deportistas de voleibol fue de 1.79 m, mientras que la de fútbol fue de 1.73 m. En el ámbito internacional se encontraron estudios en deportistas que definen valores similares de talla, para futbolistas como el realizado por Gil & Verdoy (2011) en España, donde se aprecia promedios de 1.76 m en deportistas masculinos universitarios de fútbol y 1.75 m en jugadores profesionales de fútbol costarricenses (Rojas-Valverde et al., 2016), mientras que para voleibol en deportistas universitarios chilenos (Quiroga Maraboli et al., 2016) se encontraron valores similares, es decir, en promedio de 1.78 m, sin embargo en voleibolistas juveniles de Brasil se encontraron promedios de talla de 1.81 m (De Araujo et al., 2011); si bien nuestros resultados muestran valores bajos con respecto a los estudios de Gil & Verdoy (2011), Rojas-Valverde et al. (2016), y De Araujo et al. (2011); la talla de los voleibolistas y futbolistas universitarios del Quindío, fue superior a la descrita para jóvenes colombianos (19.5±1.86 años) no deportistas la cual fue de 167.1±8.59 cm (Chaparro et al., 2014).

Además, en la talla de los individuos se debe considerar entre otros el componente étnico y el desarrollo económico de cada país; así cabe resaltar que, según el último censo nacional realizado en Brasil, mostró que la mayoría de la población (50.7%), es de raza negra o mestiza; así mismo, Brasil es considerado una potencia suramericana y mundial en todos los deportes y en España se han demostrado avances en los procesos formativos de sus deportistas.

En el presente estudio también fueron evaluados el IMC y el ICC, los cuales en promedio se encontraron dentro de los rangos considerados como normales. Según el consenso de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) el rango para estar saludable o normal está entre 18.5 - 24.99 kg/m², por encima se está en sobrepeso y por debajo en peso insuficiente (Salas-Salvadó et al., 2007). Con respecto al ICC, los deportistas se clasificaron en el rango de muy bajo riesgo cardiovascular (0.78 hasta 0.91) (Hernández et al., 2020).

Sobre la grasa corporal, en los estudiantes deportistas, se encontró cantidad y distribución normal, de acuerdo con los niveles grasos de deportistas de rendimiento, los cuales no deben sobrepasar el 10% en hombres según Malagón (2004), la cantidad normal de grasa corporal para el hombre debe ser del 15%, considerándose obesos los hombres que contienen más del 25%, en varones jóvenes no atletas la grasa corporal representa alrededor del 17% del peso corporal.

Específicamente para el caso de los futbolistas estos resultados son similares a los reportados (% adiposo: 10) en el estudio de Slimani et al. (2018) en futbolistas elite, y menores con respecto a los encontrados en futbolistas griegos (edad: 18-37 años, % adiposo: 14.69 a 16.69) evaluados por Leão et al. (2019). Para los voleibolistas, nuestros resultados arrojaron promedios de grasa corporal más bajos con respecto a los reportados en voleibolistas de élite griegos (edad promedio: 27.5 años, % adiposo: 15.32%) (Giannopoulos et al., 2017) y voleibolistas profesionales italianos (edad promedio: 27.53 años, % adiposo: 12.91%) (Campa et al., 2018).

En relación con el porcentaje muscular, los deportistas se ubicaron sobre el 46%, específicamente, el promedio de los futbolistas del presente estudio fue similar al reportado (% muscular: 46.18) por Gil & Vedoy (2011) en futbolistas universitarios españoles.

El $VO_{2m\acute{a}x}$ (es una medida de la capacidad aeróbica, se ha determinado como el estándar internacional de actividad física, y refleja la aptitud física de una persona con capacidad atlética) (Shete et al., 2014), los valores encontrados se ubicaron en el nivel superior para voleibol y excelente para fútbol. Al comparar el $VO_{2m\acute{a}x}$ de nuestros deportistas con futbolistas del campeonato Paranaense, en el estudio de Inácio, Ferreira y Itaru (2014), se muestran mayores valores promedio (56.7 ml/kg/min) con respecto a los encontrados en los deportistas uniguineanos.

Los valores anteriormente descritos muestran un mejoramiento de las condiciones tanto antropométricas como condicionales al ser comparadas con las publicadas por García-Cardona et al. (2017), en donde evaluaron antropometría y condición física de 14 selecciones deportivas representativas universitarias, encontrando mayor porcentaje graso y menor $VO_{2m\acute{a}x}$ tanto en los voleibolistas (% adiposo: 22.18 ± 1.8 , $VO_{2m\acute{a}x}$: 38.60 ± 8) como en los futbolistas (% adiposo: 25.64 ± 3.6 , $VO_{2m\acute{a}x}$: 37.21 ± 7.8); y menor porcentaje muscular (43.07 ± 4.4) en los futbolistas, con respecto a los reportados en el presente estudio.

Los deportistas de este estudio se ubicaron dentro de los rangos considerados como normales para las variables del perfil lipídico, específicamente con respecto al HDL, los cuales se encontraron en el rango normal (40 – 60 mg/dl). Existe abundante literatura que considera las HDL como un factor protector (Ponce et al., 2013) por su rol en el transporte reverso del colesterol, además se describe cómo el ejercicio aumenta esta lipoproteína, sin embargo, estudios como el de García-Cardona et al. (2015), en hombres jóvenes no deportistas, mostraron disminución en la concentración de HDL y sugirieron que en la población joven, se deben considerar otros factores que afectan el metabolismo de las HDL, como una inadecuada nutrición o un incremento del estrés, entre otros.

Entre los parámetros o marcadores bioquímicos importantes como indicadores de cambios o adaptaciones metabólicas realizadas durante el entrenamiento físico, se encuentran la CK, la creatinina, la TFG, las citoquinas y las enzimas transaminasas y antioxidantes, entre otras. La actividad de la CK sérica ha sido estudiada ampliamente y se considera un marcador de daño muscular (Santi et al., 2020), especialmente en el diagnóstico de enfermedades como infarto del miocardio, distrofia muscular, o enfermedad cerebral; pero hay controversia sobre si es indicativo de daño muscular durante la realización de ejercicio intenso (Baird et al., 2012).

Los resultados de este estudio respecto a la CK, la creatinina y las transaminasas muestran que los deportistas presentaron concentraciones basales normales de CK (< 65 U/l), comparadas con los valores de referencia (hasta 195 U/L) del inserto del kit comercial (Wiener Lab), resultados consistentes con el reposo muscular debido a que previo a la toma de la muestra los deportistas

estuvieron 48 horas sin hacer ejercicio; estos datos sugieren que el flujo de CK hacia el suero es una reacción normal del tejido frente al ejercicio, como lo han demostrado varios estudios según la revisión de Baird et al (2012).

CK cataliza la fosforilación reversible de creatina a fosfocreatina y de ADP a ATP; en el metabolismo muscular la fosfocreatina y la creatina se degradan hasta creatinina y ésta es eliminada a través de los riñones. En cierta forma la creatinina también es una medida de la actividad muscular y del metabolismo proteico, pues esta es influenciada por la masa corporal y la dieta (contenido de carne en la dieta) (Bacallao & Badell, 2015). La concentración de creatinina en este estudio presentó diferencias por deporte, siendo mayor los niveles en voleibolistas, los cuales a su vez presentaron mayor masa. En general los resultados presentados por los sujetos en ambos deportes son similares a los obtenidos por Banfi (2005) los cuales determinaron los valores de creatinina en 220 atletas de elite (1.2 mg/dl) y 100 hombres sedentarios (1.0 mg/dl).

La TFG, puede ser calculada utilizando diferentes ecuaciones, como se mencionaron en la metodología. En este estudio se encontró que la ecuación de Cockcroft-Gault ajustado por superficie corporal, no sobreestima ni subestima la TFG, resultados en concordancia con el estudio de Nieto y Serna (2017). La TFG medida con esta ecuación fue menor (112.72 y 101.84 ml/min/ 1.73 m²) para futbolistas y voleibolistas, comparadas con la tasa encontrada por Colombini et al. (2012) en ciclistas (134.7 ml/min con 24 horas de reposo), calculada con la ecuación de Cockcroft-Gault; similares hallazgos fueron descritos por Touchberry et al. (2004) en ciclistas, en quienes calcularon una TFG de 128.82 ± 29.28 ml/min/ 1.73 m² (en la primera semana de entrenamiento).

Si bien las medidas en los tres estudios nos son exactamente comparables por la utilización de diferentes ecuaciones y tiempo de reposo de los atletas, si dan una estimación de la TFG en estado basal o de reposo para atletas entrenados e indica que estos tienen una TFG similar a individuos no entrenados (90 a 120 mL/min/1.73 m²) (Según la National Kidney Foundation).

Con respecto a las transaminasas, la literatura ha indicado que estas pueden estar elevadas en diversas patologías hepáticas, como hepatitis no alcohólica, cirrosis, hepatitis infecciosas, medicamentos o consumo de anabolizantes (Oh et al., 2017). Pero su elevación o disminución puede estar relacionado con el ejercicio intenso (Pettersson et al., 2007). No obstante, el presente trabajo muestra que las transaminasas GOT y GPT, en ambos grupos estaban dentro de los rangos de referencia (Porter et al., 2020), posiblemente por las condiciones de reposo que tenían los atletas al momento de tomar la muestra, es decir, 48 horas sin ejercicio.

Con respecto a las enzimas antioxidantes evaluadas en este estudio, la SOD presentó resultados similares a los encontrados a nivel basal por Assunção Oliveira et al (2017) en corredores amateur, en donde estos atletas presentaban valores de 2.6 U/L, pero difieren a nivel de CAT, ya que nuestros valores son menores tanto en el grupo de fútbol como en el de voleibol (27,65 y 24.59 U/ml respectivamente) con respecto a estos corredores (72.8 U/ml). La literatura

muestra que el sistema antioxidante es modulado por varios factores, entre los que se encuentra el ejercicio físico (Galle, Martella & Bresciani, 2018), que al parecer permite una mejora en el sistema de defensa antioxidante y una disminución de niveles de biomarcadores de estrés oxidativo (Jackson et al., 2016).

El nivel de citoquinas basales también fue evaluado en los dos grupos de deportistas; las citoquinas son una familia diversa de moléculas de señalización intercelular que regulan la inflamación y las respuestas inmunes; la literatura ha acumulado abundante evidencia de que el ejercicio induce estrés oxidativo en inflamación (K. Suzuki, 2018). Según Pussieldi et al (2018), el ejercicio agudo intenso puede ser inductor de daño muscular produciendo liberación de citoquinas junto a otros factores tisulares locales relacionados con el fenómeno inflamatorio. La familia de las citoquinas es diversa, así como su función, pudiendo ejercer un efecto facilitador (proinflamatorias) o inhibidor (antiinflamatorias) de la inflamación, y también un papel facilitador para la producción de daño muscular (Allen et al., 2015). En nuestros sujetos de estudio, los niveles basales de las citoquinas IL-6 y TNF α fueron bajos, lo que pudiera ser debido a los efectos inhibidores de otras citoquinas de corta vida media y además estos bajos niveles de estas dos citoquinas contribuirían a prevenir una gran activación de la inflamación sistémica (Pussieldi et al., 2018).

Según Domínguez (2013), la hemólisis es un factor intrínseco a la práctica deportiva, si bien, no es específica de ninguna modalidad deportiva, ni constante, pudiendo verse influenciada, sobre todo, por la carga de entrenamiento y, también, por una posible adaptación beneficiosa que hiciese a los eritrocitos menos susceptibles a romperse. Parece que la vida media de los glóbulos rojos de los deportistas es menor, lo que resulta beneficioso para el rendimiento.

Conclusiones

En este trabajo se describieron niveles basales para algunos parámetros bioquímicos de función muscular, hepática y renal de selecciones deportivas universitarias de fútbol y voleibol, con el objetivo de contribuir a establecer líneas base que sean puntos de partida para diseñar y aplicar intervenciones que permitan el mejoramiento continuo del rendimiento deportivo sin afectar la salud del deportista y la competencia equitativa y legal. La Investigación encontró que las variables estudiadas (CK, creatinina, TFG, transaminasas) estuvieron dentro de los rangos normales para deportistas del rango de edad estudiado, mientras las citoquinas (IL-6 y TNF α) estuvieron bajas, estos últimos resultados, abren nuevos frentes de investigación que demuestren los mecanismos por los cuales el ejercicio considerado generador de estrés oxidativo reduce marcadores inflamatorios como las IL6 y el TNF α .

Finalmente, el estudio reconoce algunas limitaciones, tales como el número de deportistas involucrados, además que no se tuviera un grupo control de no deportista.

Agradecimientos

A los deportistas que participaron en el estudio, a sus entrenadores y al equipo de trabajo de GIFAS y GECAVYME.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

Financiación: Este proyecto fue financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, convocatoria 727 de 2015.

Referencias

- Al Fazazi, S.; Stajer, V.; Drid, P.; Maksimovic, N.; Milosevic, Z.; Ostojic, S. (2019). 24-hour dynamics for serum biomarkers of creatine metabolism after an acute session of exhaustive resistance exercise in active men. *Science and Sports*, 34(3), 181–185. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.12.001>
- Allen, J.; Sun, Y.; Woods, J. (2015). Exercise and the regulation of inflammatory responses. *Prog Mol Biol Transl Sci*, 135, 337–354. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.07.003>
- Assunção Oliveira, R.; Reno Sierra, A.; Benetti, M.; Ghorayeb, N.; Sierra, C.; Peduti Dal Molin Kiss, M.; Cury-Boaventura, M. (2017). Impact of hot environment on fluid and electrolyte imbalance, renal damage, hemolysis, and immune activation postmarathon. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017(9824192), 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/9824192>
- Bacallao, R.; Badell, A. (2015). La creatinina como indicador del tejido muscular esquelético y el estado nutricional. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 25(1), 4–23.
- Baird, M.; Graham, S.; Baker, J.; Bickerstaff, G. (2012). Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2012(960363), 1-13. <https://doi.org/10.1155/2012/960363>
- Banfi, G. (2005). Serum creatinine values in elite athletes competing in 8 different sports: Comparison with sedentary people. *Clinical Chemistry*, 52(2), 330–331. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2005.060111>
- Burt, D.; Hayman, O.; Forsyth, J.; Doma, K.; Twist, C. (2020). Monitoring indices of exercise-induced muscle damage and recovery in male field hockey: Is it time to retire creatine kinase? *Science and Sports*, 35(6), 402–404. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.02.009>
- Campa, F.; Piras, A.; Raffi, M.; Toselli, S. (2018). Functional movement patterns and body composition of high-level volleyball, soccer and rugby players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(7), 740–745. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0087>
- Colombini, A.; Corsetti, R.; Graziani, R.; Lombardi, G.; Lanteri, P.; Banfi, G. (2012). Evaluation of creatinine, cystatin C and eGFR by different equations in professional cyclists during the Giro

Metabolismo hepático, renal y muscular a nivel basal en deportistas universitarios de fútbol y voleibol.

d'Italia 3-weeks stage race. *Scand J Clin Lab Invest*, 72(2):114–120.
<https://doi.org/10.3109/00365513.2011.642305>

- De Araujo, B.; De Araujo, S.; Toledo, I.; Moreira, P.; Ferreira De Miranda, H.; Knakfuss, M. (2011). Antropometria e somatotipo: fatores determinantes na seleção de atletas no voleibol brasileiro. *Rev Bras Ciênc Esporte*, 33(3), 733–746.
- Drew, B., & Matthews, J. (2018). The Prevalence of Depressive and Anxiety Symptoms in Student-Athletes and the Relationship with Resilience and Help-Seeking Behavior. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 1–32. doi:10.1123/jcsp.2017-0043
- Domínguez, R. (2013). Hemólisis en el deporte: una revisión bibliográfica. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 27(1), 1–8.
- Duarte-Rojo, A.; Ruiz-Margáin, A.; Montaña-Loza, A.; Macias-Rodriguez, R.; Ferrando, A.; Kim, R. (2018). Exercise and Physical Activity for Patients With End-Stage Liver Disease: Improving Functional Status and Sarcopenia While on the Transplant Waiting List. *Liver Transplantation* 24(1), 122–139. <https://doi.org/10.1002/lt.24958>
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & de Koning, J. J. (2017). Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2–2–S2–8. doi:10.1123/ijsp.2016-0388
- Galle, F. A., Martella, D., & Bresciani, G. (2018). Modulación antioxidante y antiinflamatoria del ejercicio físico durante el envejecimiento. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*.53(5), 279-284doi: 10.1016/j.regg.2018.03.003
- García-Cardona, D.M.; Nieto, O.A.; Landázuri, P. (2015). Efecto del ejercicio sobre las subpoblaciones HDL, la enzima lecitina-colesterol acil-transferasa y la proteína transportadora de ésters de colesterol en estudiantes de Medicina. *Revista Colombiana de Cardiología*, 22(6), 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2015.04.007>
- García-Cardona, D.; Sánchez-Muñoz, O.; Cabrera-Arismendy, C.; Restrepo-Cortés, B. (2017). Perfil lipídico, antropométrico y condición física de estudiantes deportistas universitarios. *Universidad y Salud*, 19(2), 267. <https://doi.org/10.22267/rus.171902.89>
- Giannopoulos, N.; Vagenas, G.; Noutsos, K.; Barzouka, K.; Bergeles, N. (2017). Somatotype, level of competition, and performance in attack in elite male volleyball. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 131–140. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0082>
- Gil, J.; Verdoy, P. (2011). Caracterización de deportistas universitarios de fútbol y baloncesto: antropometría y composición corporal. *E-Balonmano.Com: Revista de Ciencias Del Deporte*, 7(1), 39–51.
- Hamlin, M.; Wilkes, D.; Elliot, C.; Lizamore, C.; Kathiravel, Y. (2019). Monitoring training loads and perceived stress in young elite university athletes. *Frontiers in Physiology*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00034>

- Hernández, J.; Moncada, O.; Domínguez, E.; Díaz, A.; Yuri, D.; Martínez, I. (2019). Valor de corte del índice cintura/cadera como predictor independiente de disglucemias. *Revista Cubana de Endocrinología*, 30(3), e212.
- Hu, C.; Hoene, M.; Plomgaard, P.; Hansen, J.; Zhao, X.; Li, J.; Wang, X.; Clemmesen, J.; Secher, N.; Häring, H.; Lehmann, R.; Guowang, X.; Weigert, C. (2020). Muscle-liver substrate fluxes in exercising humans and potential effects on hepatic metabolism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 105(4), 1196–1209. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgz266>
- Hunkin, S.; Fahrner, B.; Gastin, P. (2014). Creatine kinase and its relationship with match performance in elite Australian Rules football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(3), 332–336. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.05.005>
- Inácio, A.; Ferreira, A.; Itaru, E. (2014). Comparative analysis between maximum oxygen uptake and anthropometric profile in soccer players and referees. *Arch. med. deporte*; 31(161): 165-169.
- Jackson, M.J.; Vasilaki, A.; Mcardle, A. (2016). Cellular mechanisms underlying oxidative stress in human exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.023>
- Leão, C.; Camões, M.L.; Clemente, F. M.; Nikolaidis, P. T.; Lima, R.; Bezerra, P.; Rosemann, T.; Knechtle, B. (2019). Anthropometric profile of soccer players as a determinant of position specificity and methodological issues of body composition estimation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(13), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph16132386>
- Léger, L.; Mercier, D.; Gadoury, C.; Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6, 93–101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Malagon, C. (2004). *Manual de antropometría*. Kinesis.
- Marfell-Jones, M.; Olds, T.; Stewart, A.; Carter, L. (2006). *International Standards for Anthropometric Assessment*. ISAK.
- Mayorga-Vega, D.; Aguilar-Soto, P.; Viciano, J. (2015). Criterion-Related Validity of the 20-M Shuttle Run Test for Estimating Cardiorespiratory Fitness: A Meta-Analysis. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14, 536–547.
- Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *J Sports Med*, 41, 674–678. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.034041>
- Nieto Cárdenas, O.; Serna Florez, J. (2017). Filtración glomerular en una comunidad universitaria en Armenia – Colombia. *Revista Colombiana de Nefrología Publicación*, 4(2), 159–167. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22265/acnef.4.2.277>
- Oh, R.; Husted, T.; Ali, S.; Pantsari, M. (2017). Mildly elevated liver transaminase levels: Causes and evaluation. *American Family Physician*, 96(11), 709–715. <https://www.aafp.org/afp/2017/1201/p709.pdf>
- Ortiz V, Nieves V, Laulhé S, Rivero M. (2021). Biomarcadores de actividad física y el deporte. *Salud Mil*, 40(2):e402. <https://doi.org/10.35954/SM2021.40.2.5.e402>
-

- Paradisis, G.P.; Zacharogiannis, E.; Mandila, D.; Smirtiotou, A.; Argeitaki, P.; Cooke, C.B. (2014). Multi-Stage 20-m Shuttle Run Fitness Test , Maximal Oxygen Uptake and Velocity at Maximal Oxygen Uptake. *Journal of Human Kinetics*, 41, 81–87. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0035>
- Pettersson, J.; Hindorf, U.; Persson, P.; Bengtsson, T.; Malmqvist, U.; Werkström, V.; Ekelund, M. (2007). Muscular exercise can cause highly pathological liver function tests in healthy men. *Br J Clin Pharmacol*, 65(2), 253–259. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2007.03001.x>
- Ponce, Y.; Ponce, A.; Rodríguez, A.; Universitario, H.; Hernández, C.; Santa, R.; Clara, V. (2013). *Las lipoproteínas de alta densidad: protectoras vasculares contra la aterosclerosis*. 5(4), 366–378.
- Porter, R.; Kaplan, J.; Lynn, R.; Reddy, M. (2020). *El Manual Meck* (20th ed.). Panamericana.
- Pussieldi, G.; Veneroso, C.; De Paz, J.; Teixeira, M. (2018). Respuesta inflamatoria y antiinflamatoria tras el esfuerzo agudo en natación. *Rev.Int.Med.Cienc.Act.Fís.Deporte*, 18(71), 413–421. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2018.71.001>
- Quiroga Maraboli, P.; Bustamante Garrido, A.; Avendaño Hernández, C.; Cáceres Guerra, S.; Urrea González, S. (2016). Aumento de altura en salto en jugadores universitarios de voleibol. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 126(4), 64–71. [https://doi.org/doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2016/4\).126.07](https://doi.org/doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/4).126.07)
- Rojas-Valverde, D.; Gutiérrez-Vargas, R.; Sánchez-Ureña, B.; Gutiérrez Vargas, J.; Hernández-Castro, A.; Salas-Cabrera, J. (2016). Estado del balance neuromuscular y masa magra de extremidades inferiores de jugadores profesionales de fútbol de la primera división de Costa Rica. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 125(3), 63–70. [https://doi.org/doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2016/3\).125.05](https://doi.org/doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/3).125.05)
- Rojas-Valverde, D.; Sánchez-Ureña, B.; Pino-Ortega, J.; Gómez-Carmona, C.; Gutiérrez-Vargas, R.; Timón, R.; Olcina, G. (2019). External workload indicators of muscle and kidney mechanical injury in endurance trail running. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203909>
- Salas-Salvadó, J.; Rubio, M.; Moreno.; Grupo Colaborativo SEEDO. (2007). Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin*, 128(5), 184–196.
- Santi, M.C.; Galán, B.S.M.; Terrazas, S.I.M.; De Carvalho, F.G.; Vieira, T.S.; Silveira, G.C.; Deminice, R.; De Freitas, E.C. (2020). Effect of creatine supplementation on muscle damage markers and physical performance in volleyball athletes. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15(45), 377–385. <https://doi.org/10.12800/ccd.v15i45.1515>
- Schranner, D.; Kastenmüller, G.; Schönfelder, M.; Römisch-Margl, W.; Wackerhage, H. (2020). Metabolite concentration changes in humans after a bout of exercise: a systematic review of exercise metabolomics studies. *Sports Medicine - Open*, 6(11), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-0238-4>
- Shete, A.; Bute, S.; Deshmukh, P. (2014). A study of VO2max and body fat percentage in female athletes. *J Clin Diagnostic Res*, 8(12), 10–12. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/10896.5329>

- Slimani, M.; Znazen, H.; Hammami, A.; Bragazzi, N. L. (2018). Comparison of body fat percentage of male soccer players of different competitive levels, playing positions and age groups: A meta-analysis. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 857–866. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07941-5>
- Sumi, D.; Yamaguchi, K.; Goto, K. (2021). Impact of three consecutive days of endurance training under hypoxia on muscle damage and inflammatory responses. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3(April), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.663095>
- Suzuki, K. (2018). Cytokine Response to exercise and its modulation. *Antioxidants*, 7(17), 1–7. <https://doi.org/10.3390/antiox7010017>
- Suzuki, M. (2015). Physical exercise and renal function. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 4(1), 17–29. <https://doi.org/10.7600/jpfsm.4.17>
- Titchenell, P.; Lazar, M.; Birnbaum, M. (2017). Unraveling the regulation of hepatic metabolism by insulin. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 28(7), 497–505. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2017.03.003>
- Touchberry, C.; Ernsting, M.; Haff, G.; Kilgore, J. (2004). Training alterations in elite cyclists may cause transient changes in glomerular filtration rate. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3(1), 28–36.
- Villanego, F., Naranjo, J., Vigara, L. A., Cazorla, J. M., Montero, M. E., García, T., ... Mazuecos, A. (2020). Impacto del ejercicio físico en pacientes con enfermedad renal crónica: revisión sistemática y metaanálisis. *Nefrología*. doi:10.1016/j.nefro.2020.01.002
- Zoorob, R.; Parrish, M.; O'hara, H.; Kalliny, M. (2013). Sports nutrition needs before, during, and after exercise. *Primary Care - Clinics in Office Practice*, 40(2), 475–486. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2013.02.013>

Las autoras

Lic. Dra. Diana María García-Cardona

Doctora y Magister en Ciencias Biomédicas. Especialista en Bioética. Licenciada en Biología. Profesora del Programa de Educación Física, Recreación y Deportes. Investigadora de los grupos de investigación en Bioquímica de Enfermedades Cardiovasculares y en Fisiología de la Actividad Física y la Salud. Universidad del Quindío. Colombia.

Lic. Dra. Patricia Landázuri.

Doctora en Ciencias Biológicas. Magister en Bioquímica. Licenciada en Biología y Química. Profesora del Programa de Medicina. Directora e investigadora del Grupo de Investigación en Bioquímica de Enfermedades Cardiovasculares y Metabólicas. Universidad del Quindío. Colombia.

Profa. Dra. Olga Alicia Nieto Cárdenas.

Metabolismo hepático, renal y muscular a nivel basal en deportistas universitarios de fútbol y voleibol.

Doctora en Ciencias Biomédicas. Magister en Salud Pública. Especialista en Gestión Ambiental. Médica. Profesora del Programa de Medicina. Investigadora del Grupo de Investigación en Salud Pública. Universidad del Quindío. Colombia.

Lic. Dra. Diana Milena Galvis Soto.

Doctora y Magister en Estadística. Licenciada en Matemáticas. Profesora del Programa de Biología. Investigadora del Grupo de Investigación y Asesoría en Estadística. Universidad del Quindío. Colombia.