

Efectos del entrenamiento y control fisiológico en el deporte y la salud



Paula Jany Melo Buitrago
Laura Elizabeth Castro Jiménez
Editoras



Efectos del entrenamiento y control fisiológico en el deporte y la salud



ESCUELA MILITAR DE CADETES

"General José María Córdova"

Colección Ciencias de la Salud

Esta colección está constituida por aquellas investigaciones que ayudan a definir las formas óptimas de entrenamiento físico y del deporte en el ámbito militar en concordancia con los últimos avances médicos y biotecnológicos. Algunos problemas en estas ciencias giran en torno a conceptos clave como medición, rendimiento y cultura física. El énfasis se puede poner en aspectos cuantitativos, cualitativos o ambos, según el objeto de estudio que se aborde, el método utilizado y los resultados que se espera obtener.

Efectos del entrenamiento y control fisiológico en el deporte y la salud

Paula Janyn Melo Buitrago
Laura Elizabeth Castro Jiménez

Editoras



Bogotá, D. C., 2020

Catalogación en la publicación - Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"

Efectos del entrenamiento y control fisiológico en el deporte y la salud / editores Paula Janyn Melo Buitrago y Laura Elizabeth Castro Jiménez. -- Bogotá: Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", 2020.

230 páginas: ilustraciones, gráficos y cuadros; 22 cm.

Incluye bibliografía al final de cada capítulo

ISBN: 978-958-52848-2-1

E-ISBN: 978-958-52848-1-4

(Colección Ciencias de la Salud – CCS ; Miles Doctus)

1. Entrenamiento atlético -- Evaluación -- Mediciones 2. Entrenamiento de balonmano -- Aspectos sociales 3. Músculos -- Mediciones 4. Medicina Deportiva -- Mediciones 5. Lesiones corporales -- Evaluación ii. Melo Buitrago, Paula Janyn, (editor (autor) iii. Castro Jiménez, Laura Elizabeth, (editor (autor (introducción) iv. Botero Rosas, Daniel, (prólogo) v. Acevedo Míndiola, Andrés Alonso, (autor) vi. Aparicio Gómez, Daniel Fernando, Coronel (RA) (autor) vii. Arévalo Contreras, Daniel Eduardo, (autor) viii. Argüello Gutiérrez, Yenny Paola, (autor) ix. Bustos Viviascas, Brian Johan, (autor) x. Cabrera Arismendy, Carlos Enrique, (autor) xi. Caiaffa Bermúdez, Ninosca Sofia, (autor) xii. Clavijo Gutiérrez, Nelson Orlando, (autor) xiii. Cubides Amézquita, Jenner Rodrigo, (autor) xiv. Espinosa Acero, Sebastián Felipe, (autor) xv. García Muñoz, Ana Isabel, (autor) xvi. García-Cardona, Diana María, (autor) xvii. Guerrero, Omar Danilo, (introducción) xviii. Godoy Gómez, Oscar David, (autor) xix. Hernández Camargo, Carlos Alberto, (autor) xx. Iguarán Kohen, Gilberth Enrique, (autor) xxi. Lozano Zapata, Rafael Enrique, (autor) xxii. Moreno, Laura Carolina, (autor) xxiii. Niño Méndez, Oscar Adolfo, (autor) xxiv. Ortiz Novoa, José Alexander, (autor) xxv. Pinzón Zamora, German Ignacio, (autor) xxvi. Quintero Rodríguez, Fabián, (autor) xxvii. Ramírez Galeano, Linda Paola, (autor) xxviii. Rangel Caballero, Luis Gabriel, (autor) xxix. Rodrigues Bezerra, Diogo, (autor) xxx. Rodríguez Acuña, Leidy Estefanía, (autor) xxxi. Rodríguez Mora, Jorge Leonardo, (autor) xxxii. Sabogal Romero, Daiver Steven, (autor) xxxiii. Sánchez Muñoz, Oscar Eduardo, (autor) xxxiv. Sanjuanelo Corredor, Danny Wilson, (autor) xxxv. Torres Mariño, Edilberto, (autor) xxxvi. Vásquez Sánchez, Diego Fernando, (autor) xxxvii. Vera Angarita, Samuel Antonio, Mayor (autor) xxxviii. Zapata Torres Diana Marcela, (autor) xxxix. Colombia. Ejército Nacional.

GV711.5 .E34 2020
613.71 -- 23

Registro Catálogo SIBFuP 114659

Archivo descargable en formato MARC en: <https://tinyurl.com/esmic114659>



Título: Efectos del entrenamiento y control fisiológico en el deporte y la salud

Primera edición, 2020

Paula Janyn Melo Buitrago
Laura Elizabeth Castro Jiménez

Cubierta: fotografía de Paula Janyn Melo Buitrago

2020 Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"
Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación
Calle 80 N.º 38-00. Bogotá, D. C., Colombia
Teléfono: +57 (1) 3770850 ext. 1104
Correo electrónico: selloeditorial@esmic.edu.co

Libro electrónico publicado a través de la
plataforma Open Monograph Press.

Tiraje de 100 ejemplares

Impreso en Colombia - *Printed in Colombia*

Impreso por Multi Impresos S. A. S.

ISBN impreso 978-958-52848-2-1

ISBN digital 978-958-52848-1-4

<https://doi.org/10.21830/9789585284814>

El contenido de este libro corresponde exclusivamente al pensamiento de los autores y es de su absoluta responsabilidad. Las posturas y aseveraciones aquí presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representa la posición oficial ni institucional de la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova".



Los libros publicados por el Sello Editorial ESMIC son de acceso abierto bajo una licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.esr>



ESCUELA MILITAR DE CADETES
"General José María Córdova"

DIRECTIVOS

DIRECTOR ESCUELA MILITAR DE CADETES
Brigadier General **Arnulfo Traslaviña Sáchica**

SUBDIRECTOR ESCUELA MILITAR DE CADETES
Coronel **Javier Hernado Africano López**

VICERRECTOR ACADÉMICO ESCUELA MILITAR DE CADETES
Coronel **Milton Mauricio Lozada Andrade**



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE I + D + I
Teniente Coronel Carlos Andrés Díaz Irreño

COORDINADOR DEL SELLO EDITORIAL ESMIC
WILLIAM CASTAÑO MARULANDA

CORRECCIÓN DE ESTILO
WILLIAM CASTAÑO MARULANDA

ASESORA DE TRADUCCIÓN
GYPSY BONNY ESPAÑOL VEGA

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN
RUBÉN ALBERTO URRIAGO GUTIÉRREZ

Contenido

Prólogo / 11

PARTE I: LA EVALUACIÓN FISIOLÓGICA EN EL DEPORTE

Introducción / 15

Laura Elizabeth Castro Jiménez

Capítulo 1

Altura del salto vertical en jugadores de balonmano (contribución del componente muscular, elástico, coordinativo) / 19

Andrés Alonso Acevedo Mindiola, Brian Johan Bustos Viviescas, José Alexander Ortiz Novoa, Rafael Enrique Lozano Zapata, Nelson Orlando Clavijo Gutiérrez, Carlos Alberto Hernández Camargo y Leidy Estefanía Rodríguez Acuña

Capítulo 2

Influencia de la masa muscular de miembros superiores en sujetos físicamente activos / 33

Brian Johan Bustos Viviescas, Andrés Alonso Acevedo Mindiola, Carlos Alberto Hernández Camargo, Nelson Orlando Clavijo Gutiérrez, Rafael Enrique Lozano Zapata, José Alexander Ortiz Novoa y Leidy Estefanía Rodríguez Acuña

Capítulo 3

Concentración de lactato en voleibolistas profesionales universitarios / 45

Carlos Enrique Cabrera Arismendy, Diana María García-Cardona y Oscar Eduardo Sánchez Muñoz

Capítulo 4

Caracterización físico-funcional de jugadores de voleibol en la categoría menores (rama masculina) / 65

Sebastián Felipe Espinosa Acero y Diogo Rodrigues Bezerra

Capítulo 5

Dermatoglifia y fútbol: una revisión sistemática / 75

Yenny Paola Argüello Gutiérrez, Laura Carolina Moreno, Laura Elizabeth Castro Jiménez y Paula Janyn Melo Buitrago

Capítulo 6

Estudio hermenéutico del entrenamiento Físico militar a nivel mundial / 89

Ana Isabel García Muñoz, Paula Janyn Melo Buitrago, Laura Elizabeth Castro Jiménez y Daniel Fernando Aparicio Gómez

PARTE II: EFECTOS DEL EJERCICIO

Introducción / 105

Paula Janyn Melo Buitrago

Capítulo 7

Efecto cardioprotector del ejercicio aeróbico en personas con riesgo de hipertensión arterial / 107

Daniel Eduardo Arévalo Contreras y Diogo Rodrigues Bezerra

Capítulo 8

Diferencias en el rendimiento anaeróbico después de ejercicios inter-
vállicos de alta intensidad / 123

Oscar Adolfo Niño Méndez, Linda Paola Ramírez Galeano, Diego Fernando Vásquez Sánchez, Jorge Leonardo Rodríguez Mora y German Ignacio Pinzón Zamora

Capítulo 9

Cambios físicos en estudiantes del programa de cultura física, deporte y recreación (2013-2016) / 137

Laura Elizabeth Castro Jiménez, Yenny Paola Argüello Gutiérrez, Oscar David Godoy Gómez y Daiver Steven Sabogal Romero

PARTE III: PROMOCIÓN DE LA SALUD Y PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD

Introducción / 159

Omar Danilo Guerrero

Capítulo 10

Capacidad aeróbica y composición corporal en indígenas adolescentes
Wayúu (Siapana, Guajira) / 163

Luis Gabriel Rangel Caballero y Gilberth Enrique Iguarán Kohen

Capítulo 11

Perfil antropométrico de escolares en una institución educativa rural
(Fusagasugá, Cundinamarca) / 177

*Diana Marcela Zapata Torres, Danny Wilson Sanjuanelo Corredor,
Edilberto Torres Mariño y Fabián Quintero Rodríguez*

Capítulo 12

Determinación del ángulo de fase por bioimpedancia
en deportistas de la Esmic / 201

*Jenner Rodrigo Cubides Amézquita, Ninosca Caiaffa Bermúdez y
Samael Antonio Vera Angarita*

Capítulo 13

Protocolo de vigilancia epidemiológica para la prevención de lesiones
derivadas del entrenamiento físico-militar / 217

*Yenny Paola Argüello Gutiérrez, Laura Elizabeth Castro Jiménez y
Paula Janyyn Melo Buitrago*

Esta página queda intencionalmente en blanco

Prólogo

Comprender que nuestros cuerpos envejecen no es tarea fácil. Menos aún lo es entender que realizar cualquier tipo de actividad física de forma metódica y ordenada es un elixir de vida para nuestros cuerpos y almas. Este libro nos introduce de modo magistral en un ambiente netamente académico y científico, donde se ofrecen pruebas de cómo el ejercicio prescrito por profesionales puede convertirse en el mejor medicamento para contrarrestar el envejecimiento y mejorar el rendimiento deportivo. La primera sección de esta obra aborda el sujeto desde su individualidad, llevando al lector a comprender los controles que se pueden hacer sobre las condiciones físicas que ha de tener un ser humano. En este sentido, los autores realizan aportes importantes en la manera de evaluar la resistencia, la fuerza, la velocidad y la flexibilidad. Estas cualidades deben ser estrictamente observadas para poder tener una idea clara del estado físico de un individuo, realizando de esta forma una prescripción adecuada y acorde con los objetivos trazados en el diagnóstico. La segunda sección se focaliza en las consecuencias benéficas que tiene el ejercicio. Estas consecuencias, generan un aumento de la masa muscular: un factor protector de la salud al mejorar la producción de hormonas como la irisina. Mejoras en la masa muscular redundan a su vez en una mejor locomoción y una mayor autonomía para la ejecución de los movimientos corporales necesarios en nuestro diario vivir. Finalmente, la tercera sección hace referencia a los efectos del ejercicio sobre poblaciones, mostrando esta intervención como un factor protector en enfermedades como diabetes, dislipidemias e hipertensión arterial. Actualmente, las políticas de salud de los gobiernos a nivel mundial se

centran en la implementación de programas de actividad física que, de uno u otro modo, disminuyan el riesgo de padecer enfermedades no transmisibles, las cuales conlleven elevados costos para los sistemas de salud. Por todo lo anterior, recomiendo leer con detenimiento y una postura crítica todos los trabajos aquí reunidos. El lector interesado en estos temas podrá dar un uso adecuado a los hallazgos mostrados por los investigadores

Daniel Botero Rosas
M.D, MSc, PhD.

PARTE I

LA EVALUACIÓN FISIOLÓGICA
EN EL DEPORTE

Esta página queda intencionalmente en blanco

Introducción

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.00>

Laura Elizabeth Castro Jiménez¹

La evaluación fisiológica en el ámbito deportivo es un proceso que ha generado gran inquietud en los profesionales de las ciencias del movimiento, ya que es el punto de partida para realizar una aproximación sobre las características propias del individuo. Ello permite además realizar planes y programas de entrenamiento en busca de mejorar las condiciones de salud desde la actividad y el rendimiento físicos, mediante las actividades deportivas.

En la primera sección del libro se encontrarán algunas de las investigaciones que han surgido en este campo de indagación. Se incluyen allí cinco estudios de corte cuantitativo: todos tratan sobre deportes de conjunto. El último aborda la práctica de un deporte individual desde un enfoque de corte cualitativo.

En capítulo 1 un grupo de investigadores ha buscado describir la altura del salto vertical (sv) y la distinta contribución en este ejercicio del componente muscular (cm), el componente elástico (ce), y el componente coordinativo (cc). Los autores han procurado medir el índice elástico (ie) y la utilización de los brazos (ub) en el sv durante la actividad desarrollada por unos jugadores de balonmano, pertenecientes a la Selección de Norte de Santander, quienes participaron en el pre-clasificatorio de los Juegos Nacionales del año 2015, celebrados en Colombia. Tras realizar su análisis, consiguieron demostrar cómo en la ejecución del salto hay una escasa contribución del componente elástico que afecta el rendimiento del sv de los deportistas evaluados.

¹ FT. MSc, PhD. Docente Investigadora. Universidad Santo Tomás.

En el capítulo 2, otros investigadores se han propuesto establecer la influencia de la masa muscular de miembros superiores en la repetición máxima. Concluyeron que no existe relación significativa entre la masa muscular de miembros superiores y la repetición máxima en *press* banca plano, debido a la falta de experiencia deportiva en el trabajo con sobrecarga. De hecho, esto ocurre de acuerdo con la especialidad deportiva y la ganancia neta de masa muscular para generar un beneficio en sujetos físicamente activos.

Los autores del capítulo 3 han conseguido determinar la concentración de lactato después de la evaluación de consumo de oxígeno indirecto mediante el Test Legger-Lambert. Encontraron que deportistas con escasa preparación física presentan niveles bajos de consumo máximo de oxígeno, altos promedios de frecuencia cardiaca y poca concentración de lactato. Esto ha permitido resaltar la importancia de un proceso de evaluación preventivo para la detección de casos similares y trazar una meta clara para mejorar el rendimiento físico a partir del entrenamiento.

En el capítulo siguiente los investigadores efectuaron una evaluación con jugadores de voleibol de la categoría menores en rama masculina. El propósito de los autores fue describir los aspectos físicos y funcionales de los jugadores practicantes de este deporte. Hallaron como uno de los resultados más destacados el hecho de que la evaluación muestre perfiles distintos en el equipo, de acuerdo con la posición que sus integrantes desempeñen en el campo de juego.

Las últimas dos investigaciones cuentan con modelos metodológicamente distintos: uno de tipo cuantitativo (capítulo 5) a la luz de una revisión sistemática sobre el papel de la dermatoglia en el fútbol; el otro de corte cualitativo (capítulo 6) al recurrir a una perspectiva hermenéutica en el estudio del entrenamiento físico militar a nivel mundial. En ambos trabajos los investigadores han realizado una aproximación desde la literatura internacional acerca de dos temas novedosos en el deporte como lo es la dermatoglia (la cual es un marcador genético para reconocer la predisposición vinculada a las cualidades del movimiento) y el entrenamiento físico militar (el cual se ha mostrado más cerca del aspecto deportivo que la actividad física propiamente dicha, gracias a la progresión de las cargas y los tiempos).

Así pues, en esta primera sección el lector obtendrá una amplia perspectiva frente a lo que se está investigando en Colombia sobre la evaluación fisiológica con base en una serie de contribuciones para el desarrollo de esta área de conocimiento, lo que permitirá a otros investigadores examinar diversos casos específicos y seguir profundizando en el tema.

Esta página queda intencionalmente en blanco

Altura del salto vertical en jugadores de balonmano (contribución del componente muscular, elástico, coordinativo)¹

1

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.01>

*Andrés Alonso Acevedo-Mindiola², Brian Johan Bustos Viviescas³,
José Alexander Ortiz Novoa⁴, Rafael Enrique Lozano Zapata⁵,
Nelson Orlando Clavijo Gutiérrez⁶, Carlos Alberto Hernández Camargo⁷,
Leidy Estefanía Rodríguez Acuña⁸*

Resumen

Objetivo: describir la altura del salto vertical (SV) y la contribución del componente muscular (CM), elástico (CE) y coordinativo (CC), al igual que el índice elástico (IE) y utilización de los brazos en el SV (UB) de jugadores de balonmano (Selección

1 El texto del capítulo es el primer avance de una línea de investigación en desarrollo. La financiación de este trabajo ha sido propia.

2 Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad de Pamplona (Sede Villa del Rosario). Contacto: andres.acevedo@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0125-7265>

3 Docente de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Maestría en Actividad Física y Entrenamiento Deportivo - Universidad Montrer (en formación). Especialista en Métodos y Técnicas de Investigación - Fundación Universitaria Claretiana. Observatorio de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Contacto: bjbustos@jdc.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4720-9018>

4 Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad de Pamplona (Sede Villa del Rosario). Contacto: jose.novoa@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1707-3719>

5 Magíster en Educación Física mención en Fisiología del ejercicio. PhD. en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, docente de la Universidad de Pamplona (Sede Villa del Rosario). Contacto: rafaenloza@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6239-5883>

6 Magíster en Ciencias de la Actividad Física, PhD. en Educación, Rector de Institución Educativa La Garita. Contacto: nelsonclavijo@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1755-4830>

7 Esp. en Entrenamiento Deportivo - Universidad de Pamplona. Director de Rendimiento Deportivo del Cúcuta Deportivo S.A. Contacto: carloshernandezc@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7174-4806>

8 Estudiante de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad de Pamplona. Contacto: leidy.rodriguez3@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7684-112X>

Norte de Santander), participantes en el preclasificatorio a Juegos Nacionales del 2015 en Colombia. **Metodología:** este estudio descriptivo tuvo un enfoque cuantitativo con un diseño de campo y una muestra a conveniencia constituida por ocho deportistas que fueron evaluados en el salto desde media sentadilla (SJ), salto en contramovimiento con manos en la cintura (CMJ) y salto Abalakov (ABK). Luego se determinó, por medio de ecuaciones, el porcentaje de contribución del CM, CE, CC, IE y UB en el SV. Para la recolección de datos se utilizó: báscula Tanita BC-730, tallímetro de pared Seca 206, computador portátil con sistema operativo Windows 7, *software* Axon Jump Versión 4.02 y plataforma de contacto AXON JUMP. **Resultados:** los datos obtenidos fueron tabulados y analizados en el programa Microsoft Excel Office 2013, se observó en SJ 31,76+4,1 cm, en CMJ 34,51+5,07 cm y por último en ABK 41,41+5,46 cm. Se encontró una mayor contribución del componente muscular (76,7+3,82%) en comparación al CE (6,64+1,92%) y CC (16,66+4,37%). En cuanto a la UB (19,99+6,41%) en el salto vertical fue mayor que el IE (8,66+2,57%). **Conclusión:** en la ejecución del salto hay una escasa participación o contribución del componente elástico que afecta el rendimiento del salto vertical de los deportistas estudiados.

Palabras clave: balonmano; deporte; fuerza muscular; rendimiento atlético; salto vertical.

Introducción

En la actualidad el deporte de élite es cada vez más exigente y competitivo, pues demanda del deportista alta preparación física con el propósito de que se encuentre en la mejor forma (Barraza, Yáñez, Tuesta, Núñez, Zamora & Rosales, 2015). Esto sucede con el balonmano, que exige a sus atletas mucha preparación para alcanzar un óptimo nivel de rendimiento en la competencia. Esta disciplina se caracteriza por ser un deporte acíclico, puesto que implica gran desarrollo de la resistencia aeróbica, así mismo, se evidencia una gran predominancia del metabolismo anaeróbico aláctico (Barraza *et al.*, 2015) debido a los diferentes movimientos realizados durante el juego, donde intervienen las capacidades de fuerza, potencia, velocidad, resistencia y flexibilidad (Jiménez, 2015), indispensables para ejecutar con eficacia los fundamentos técnicos individuales como lanzamientos, saltos y cambios de dirección, fundamentales en este deporte (Marques, Van Den Tillaar, Vescovi & González-Badillo, 2007; Aguilar-Martínez, Chiroso, Martín, Chiroso, & Cuadrado-Reyes, 2012).

Con referencia a lo anterior, tener una alta potencia muscular es fundamental en la mayoría de las disciplinas deportivas (Quiroga, Bustamante, Avendaño, Cáceres & Urrea, 2016), dado que es un factor importante en el rendimiento de los jugadores dentro del campo de juego (Barraza *et al.*, 2015). En el caso del balonmano, esta capacidad está determinada por su ejercicio más representativo: “el salto”, en donde el atleta que practica y compite debe entrenar este movimiento para tener un óptimo desempeño y para mejorar su potencia, la cual está determinada por la altura del salto (Quiroga *et al.*, 2016). Dentro de los diferentes patrones de movimientos que intervienen en este deporte, el salto es una habilidad motriz fundamental, ya que algunos gestos técnicos como el lanzamiento en suspensión o el pase en suspensión, entre otras jugadas individuales o colectivas, implican la ejecución de un salto en diferentes situaciones de competición, tanto en acciones de ataque como en defensa (Garrido, González, Expósito, Sirvent & García, 2012).

Los saltos verticales pueden usarse como una evaluación primordial del deportista para estudiar su capacidad generadora de fuerza explosiva y fuerza elástica en extremidades inferiores (Pääsuke, Erelaine & Gapeyevs, 2013), pues son estas las cualidades físicas que se ven implicadas durante el salto vertical (Mariño, Becerra & Bugallo, 2012). Además, el salto es un gesto que constituye un indicador de la capacidad de generar potencia en un movimiento explosivo (Serrato, 2008). En la fuerza elástica predomina la contribución del componente elástico que actúa por efecto del estiramiento previo, lo que sirve para almacenar cierta cantidad de energía elástica que puede ser utilizada en la fase concéntrica (Serrato, 2008), por lo cual es menor la capacidad contráctil y los mecanismos nerviosos de reclutamiento (Mariño, Becerra & Bugallo, 2012). También, por ser un gesto complejo, se requiere del aporte del componente contráctil y coordinativo (Serrato, 2008).

En consecuencia, es fundamental y necesario realizar la evaluación de la altura del salto vertical por medio de diferentes tipos de pruebas, con el fin de mejorar los niveles de fuerza explosiva y fuerza elástica (Serrato, 2008), así como de identificar futuros talentos deportivos que se encuen-

tren dentro de las características establecidos en la literatura científica (Bosco, 1994; Barraza *et al.*, 2015). De igual forma, los datos obtenidos en las pruebas de salto permitirán al entrenador realizar una planificación del entrenamiento adecuada a la capacidad física de los deportistas (Gutiérrez, 2010), de esta manera se llevan a cabo correctamente tanto un seguimiento como un control de las cargas de trabajo en la preparación física, lo que se logra a través de los ajustes y modificaciones del volumen, intensidad y densidad (Sánchez-Alcaraz, Pérez & Pérez, 2013).

En ese contexto, el presente estudio pretende describir la altura del salto SJ, CMJ y ABK, pues son escasos los estudios científicos que existen, tanto a nivel regional como nacional, acerca de los jugadores de balonmano. Por tanto, existe la necesidad de poder comparar los resultados de los deportistas pertenecientes a la de la liga de balonmano del departamento Norte de Santander, frente a deportistas de alto rendimiento de otras ciudades y países. De esta manera, se establecerán las principales características de los deportistas que participaron en el preclasificatorio a los XX Juegos Nacionales 2015; información que podría ayudar a encaminar mejor la preparación física y realizar las modificaciones pertinentes en la periodización del entrenamiento para lograr una mejor *performance*.

Por ello, este estudio tiene como objetivo describir la altura del salto vertical y la contribución de cada uno de sus componentes, al igual que determinar el índice elástico y dar cuenta de la utilización de los brazos por parte de los jugadores de balonmano de la Selección Norte de Santander, dado que es un parámetro fundamental para la planificación y el control de las cargas de entrenamiento, lo que contribuye a optimizar el rendimiento deportivo.

Metodología

a. Diseño del estudio

El estudio desarrolló una investigación descriptiva de enfoque cuantitativo y un diseño de campo que consistió en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, de este modo se obtuvieron datos primarios de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipulación o control de variable

alguna (Arias, 2012). Igualmente, se utilizó el criterio de muestra a conveniencia, puesto que la selección se realizó gracias al acceso y proximidad de los sujetos para los investigadores (Scribano, 2007).

b. Participantes

Los participantes de este estudio fueron ocho hombres categoría abierta (edad $17,9 \pm 1,89$ años, talla $170,0 \pm 0,04$ cm, peso corporal $60,55 \pm 9,65$ kg) que se encontraban en etapa precompetitiva realizando una frecuencia de 4 sesiones semanales. Entre los criterios de inclusión necesarios para participar en el estudio se debía pertenecer a la liga de balonmano de Norte de Santander, tener regularidad en la asistencia a los entrenamientos y no haber consumido licor el día antes de la prueba. Por otra parte, algunos de los criterios para la exclusión del estudio fueron: presentar alguna lesión o patología osteomuscular, metabólica o cardiorrespiratoria, así como el consumo de algún medicamento que impidiera la realización del estudio.

Cabe agregar que esta investigación se realizó teniendo en cuenta los estándares éticos establecidos para investigaciones en ciencias del deporte y del ejercicio (Harriss & Atkinson, 2013), dado que todos los participantes del estudio fueron informados acerca de los objetivos de este, así como de los procedimientos a llevar a cabo durante su desarrollo, además, firmaron un consentimiento por escrito. De igual manera, por tratarse de menores de edad, los padres de familia fueron informados con respecto a los detalles del estudio y firmaron también el consentimiento para autorizar la participación de sus hijos.

c. Métodos y procedimientos

Las pruebas realizadas se basan en el test de Bosco (1994), se usó una plataforma de contacto que permite la evaluación y caracterización de los parámetros funcionales del salto en cada uno de los jugadores evaluados y la medición de la fuerza dinámica de las extremidades inferiores. Igualmente, se realizó la prueba de laboratorio conocida como el test de salto sobre plataforma de contacto, que permite estudiar los diferentes componentes que intervienen en el salto vertical como son:

- Componente coordinativo
- Componente muscular
- Componente elástico

Para evaluar estos componentes se realizaron en un mismo día los siguientes saltos:

- *Squat Jump* o salto desde media sentadilla con manos en la cintura (involucra solamente el componente muscular).
- CMJ o salto en contramovimiento con manos en la cintura (involucra el componente muscular y el componente elástico).
- Abalakov o salto con braceo (involucra los tres anteriores componentes).

En cada tipo de salto el deportista realizó 2 intentos, así, para el estudio, se tomó el mejor resultado. Luego, con la altura (cm) de los saltos se determinaron los porcentajes en que cada componente contribuye a la altura del salto vertical, así como los porcentajes de contribución del componente elástico y de coordinación de los brazos. Cabe agregar que antes de empezar las pruebas de salto todos los deportistas realizaron un calentamiento de 10 minutos, luego se continuó con la explicación de la técnica de ejecución de los distintos saltos. El descanso fue de tres minutos entre cada salto para evitar posibles interferencias debidas al cansancio (Ferragut, Cortadellas, Arteaga & Calbet, 2003; Vila, Manchado, Rodríguez, Abraldes, Alcaraz & Ferragut, 2012).

Para determinar el porcentaje en que cada componente contribuye a la altura del salto vertical se utilizaron las siguientes ecuaciones (Alba, 2005):

% contribución del componente muscular = $\text{Altura en SJ} / \text{altura en Abalakov} \times 100$.

% contribución componente elástico = $(\text{Altura en CMJ} - \text{Altura en SJ}) / \text{Altura en Abalakov} \times 100$.

% contribución componente coordinativo = $100 - (\% \text{ contribución del componente muscular} + \% \text{ contribución componente elástico})$.

La diferencia porcentual en la altura lograda entre el salto desde media sentadilla y el salto en contramovimiento se define como índice de elasticidad

o porcentaje de utilización del componente elástico (Alba, 2005), en donde CMJ es el resultado del salto en contramovimiento (cm) y SJ es el resultado del salto desde media sentadilla (cm).

$$\text{Ind. Elasticidad (\%)} = (\text{CMJ}-\text{SJ}) / \text{SJ} \times 100$$

Este índice debe encontrarse entre 10 y 30%. Por debajo de 10% se considera buen desarrollo del componente muscular con relación al componente elástico, recomendándose entrenamiento pliométrico. Por encima de 30% es bueno el desarrollo del componente elástico en relación con el componente muscular, recomendándose entrenar la fuerza máxima (Alba, 2005).

Por último, para determinar el porcentaje de utilización o contribución de los brazos, se utilizó la siguiente fórmula (Alba, 2005), en la cual ABK es el salto vertical con braceo (cm) y CMJ es el resultado del salto en contramovimiento (cm).

$$\% \text{ utilización de Brazos} = (\text{ABK} - \text{CMJ}) / \text{CMJ} \times 100$$

d. Instrumentos

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Báscula Tanita BC-730: utilizada para obtener el peso corporal de cada deportista, precisión de 100 g.
- Tallímetro de pared Seca 206: empleado para medir la estatura (0-220 cm), precisión 1 mm.
- Computador portátil con sistema operativo Windows 7: utilizado para establecer a través del *software* los saltos a medir en la plataforma de contacto.
- *Software* Axon Jump Versión 4.02: empleado para utilizar la plataforma de contacto.
- Plataforma de contacto Axon Jump: utilizada para medir la altura de los saltos.

e. Plan de análisis estadístico

Para la tabulación y el análisis de los resultados obtenidos se utilizó el programa Microsoft Excel Office 2013, en donde se calculó la estadística

descriptiva de media y \pm desviación estándar (DE) de todos los saltos evaluados, así como la contribución de cada componente, el índice de elasticidad y la utilización de los brazos.

Resultados

A continuación, se exponen detalladamente los resultados obtenidos en el presente estudio. En la Tabla 1 se presentan los resultados con respecto a la altura en los saltos SJ, CMJ y ABK realizados por los jugadores de balonmano que participaron en esta investigación. En el salto SJ los deportistas obtuvieron una media de $31,76 \pm 4,1$ cm, en CMJ de $34,51 \pm 5,07$ cm y por último en ABK $41,41 \pm 5,46$ cm.

Tabla 1. Altura del salto vertical SJ, CMJ y ABK

Salto	SJ (cm)	CMJ (cm)	ABK (cm)
Media	31,76	34,51	41,41
DE	4,10	5,07	5,46

Leyenda: DE - Desviación Estándar

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 2 muestra los resultados del porcentaje de contribución de cada componente en el salto vertical. Aquí se evidencian diferencias, dado que el porcentaje de contribución del componente muscular fue mayor con respecto a los otros dos componentes, con un $76,7 \pm 3,82\%$; por otro lado, el porcentaje de contribución del componente elástico fue menor, con un $6,64 \pm 1,92\%$, y, finalmente, la contribución del componente coordinativo fue mayor que el componente elástico y menor que el componente muscular, con un $16,66 \pm 4,37\%$.

Tabla 2. Porcentaje (%) de contribución del componente muscular, elástico y coordinativo en el salto vertical

% Contribución	Componente Muscular	Componente Elástico	Componente Coordinativo
Media	76,70	6,64	16,66
DE	3,82	1,92	4,37

Leyenda: DE – Desviación Estándar

Fuente: elaboración propia.

Para terminar, en la Tabla 3 se presenta el porcentaje de utilización del componente elástico o índice de elasticidad y el porcentaje de utilización o contribución de los brazos en el salto vertical, en donde el porcentaje de índice de elasticidad fue de $8,66 \pm 2,57\%$, lo que indica un buen desarrollo del componente muscular en relación con el componente elástico, por otro lado, el porcentaje de utilización de brazos fue de $19,99 \pm 6,41\%$.

Tabla 3. Índice de elasticidad y utilización de brazos en el salto vertical ejecutado por los deportistas de este estudio

Porcentaje (%)	Índice de elasticidad	Utilización de brazos
Media	8,66	19,99
DE	2,57	6,41

Leyenda: DE - Desviación Estándar

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Este análisis tuvo por objetivo describir la altura del salto vertical y la contribución de cada uno de sus componentes, así mismo, buscó determinar el índice elástico y dar cuenta de la utilización de los brazos en el salto vertical de jugadores de balonmano de la Selección Norte de Santander. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, en la altura de los saltos se pudo evidenciar que existen diferencias en el rendimiento para cada uno de los ejercicios evaluados,

en forma grupal, con los jugadores de balonmano de esta investigación. Así, se hallaron diferencias entre el desarrollo de los saltos analizados SJ y CMJ, tal como se muestra en la Tabla 1; por ejemplo, se observa que el promedio del salto CMJ supera en 2,75 cm al salto SJ. También fueron contrastados los saltos ABK contra el rendimiento en CMJ, en el cual se encontró un valor superior del salto ABK, como se puede observar en la Tabla 1, dado que el promedio obtenido supera en 6,9 cm al salto CMJ.

De manera semejante, se observan diferencias al comparar los resultados de este estudio con los encontrados en otras investigaciones con jugadores de balonmano masculino. Por ejemplo, los valores obtenidos en el estudio de Massuça y Fragoso (2013) —quienes estudiaron 34 jugadores profesionales de balonmano adultos (edad $23,4 \pm 4,7$ años), 18 de los cuales fueron clasificados como exitosos (edad $23,0 \pm 3,8$ años) y tuvieron una altura en el salto SJ de 34 ± 6 cm, en CMJ 36 ± 6 cm, en ABK 43 ± 6 cm, y 16 como menos exitosos (edad, $23,8 \pm 5,5$ años) con una altura en el salto SJ de 37 ± 6 cm, en CMJ 39 ± 6 cm, en ABK 45 ± 7 cm— son superiores a los resultados de este estudio. De igual forma, en un estudio realizado por Garrido *et al.* (2012) con 50 deportistas de alto nivel pertenecientes al balonmano masculino, se obtuvo una altura superior a la conseguida por los deportistas que participaron en nuestra investigación, con un promedio en el salto SJ de $33,13 \pm 4,53$ cm, en CMJ $36,42 \pm 4,40$ cm y en ABK de $44,27 \pm 4,39$ cm. Esto nos indica un bajo rendimiento en el salto y poco fortalecimiento en miembros inferiores de los jugadores de balonmano estudiados, lo que se reflejará en competiciones, en donde la potencia y fuerza explosiva son factores determinantes para triunfar en este deporte (Salazar, 2009).

Por otro lado, en la investigación realizada por Sebastia-Amat, Espina-Agullo y Chinchilla-Mira (2017), 26 jugadores de género masculino que ocupaban la posición de portero dentro de sus respectivos equipos de la comunidad Valenciana fueron divididos en tres grupos según su edad, teniendo en cuenta para la comparación el grupo 3, debido a que se encontraban en una edad comprendida entre 17 y 20 años, al igual que los deportistas estudiados en nuestro caso. Los resultados encontrados fueron: en SJ $28,99 \pm 6,03$ cm, CMJ $32,12 \pm 6,93$ cm y Abalakov $37,58 \pm 5,85$ cm, valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio, puesto que las demandas energéticas del portero

en comparación con el resto de las posiciones que ocupan los jugadores no son tan exigentes (Srhoj, Marinovic & Rogulj, 2002). Además, solo deben actuar en espacios reducidos realizando acciones explosivas en una fracción de segundos (Milanese, Piscitelli, Lampis & Zancanaro, 2011) a diferencia del resto de jugadores que actúan en todo el terreno de juego.

De acuerdo a la contribución del componente muscular, coordinativo y elástico, son escasos los estudios que se encuentran en la literatura científica que determinen las variables que intervienen en el salto, por tal razón, se recomienda que en futuras investigaciones se tenga en cuenta la contribución de cada componente para encaminar, de una manera óptima, el entrenamiento deportivo enfocado en las debilidades o falencias, ya sea para lograr un buen desarrollo del componente muscular o del componente elástico. Además de lo anterior, y con el fin de mejorar la fuerza elástica, la inclusión de ejercicios pliométricos en la planificación del entrenamiento de balonmano con el establecimiento de objetivos a corto y largo plazo permitirá conseguir el máximo rendimiento en el desarrollo del juego real de esta disciplina. Los efectos de ejercicios pliométricos en la fuerza elástica han sido revisados por muchos autores que han comprobado, a través de diversas investigaciones, el aumento en el salto vertical con el entrenamiento pliométrico (Markovic, 2007). De igual manera, el entrenamiento pliométrico ha sido recomendado para deportes que requieren acciones explosivas y mejoras en la altura del salto vertical (Arenas, 2009).

En cuanto a la contribución de los brazos y el índice de elasticidad, también se observan diferencias muy marcadas, lo que ha permitido establecer que el perfil de fuerza elástica en jugadores de balonmano es, en general, bajo. Esta fuerza se estima por la diferencia porcentual entre ambos saltos, SJ y CMJ. En cambio, en la utilización de brazos se observa, como muestra la Tabla 3, un valor superior, lo que indica que hubo una mayor contribución de los brazos con respecto al componente elástico. Así mismo, el comportamiento de los deportistas durante la ejecución del salto con contramovimiento (CMJ) es superior con respecto al *Squat Jump* (SJ). Por ello, en la planificación de deportistas practicantes de balonmano con el fin de mejorar el rendimiento del salto vertical, es necesario incluir entrenamiento pliométrico para contribuir con la evolución y ganancia de *saltabilidad*, la cual se evidencia a través de la fuerza elástica.

El balonmano colombiano es un deporte joven que consiguió ser incluido por primera vez como deporte oficial para los Juegos Nacionales de 2015 en Colombia; en esa ocasión la Federación Colombiana de Balonmano, creada en 2010, programó dos paradas clasificatorias a las justas nacionales. En la rama masculina participó la liga de Balonmano de Norte de Santander, para un total de 10 equipos participantes. Se presentaron las ligas de Antioquia, Quindío, Valle, San Andrés, Chocó, Cundinamarca, Boyacá, Risaralda, Cauca, Bogotá y la liga Norte. Antioquia y Valle dominaron el evento y disputaron las finales de los Juegos Nacionales; cabe anotar que estas son las ligas con más recorrido en nuestro país. Los resultados en el preclasificatorio a los XX Juegos Nacionales, organizados por el Departamento Administrativo del Deporte, la Recreación, la Actividad Física y el Aprovechamiento del Tiempo Libre (Coldeportes, 2015), no fueron representativos en triunfos para los deportistas de este estudio, pues la liga de balonmano de Norte de Santander no clasificó, lo que puede estar relacionado con el bajo rendimiento en el salto. El balonmano colombiano sigue creciendo, por ello, se espera que con este estudio se realicen las modificaciones pertinentes para conseguir un alto rendimiento deportivo en los próximos juegos del 2019.

Conclusión

Los deportistas evaluados presentan un bajo rendimiento en el salto vertical comparado con los valores arrojados por otros estudios. Sucede lo mismo con sus diferentes componentes e índices del salto, por lo que esta deficiencia en el componente del salto vertical puede afectar el desempeño durante las competencias.

Referencias

- Aguilar, D., Chiroso, L., Martín, I., Chiroso, I., & Cuadrado, J. (2012). Efecto del entrenamiento de la potencia sobre la velocidad de lanzamiento en balonmano. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 12(48), 729-744. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista48/artefecto323.htm>

- Alba, A. (2005). *Test funcionales, cineantropometría y prescripción del entrenamiento en el deporte y la actividad física*. Editorial Kinesis.
- Arenas, J. (2009). *Influencia de un plan de entrenamiento pliométrico de moderada intensidad en miembros inferiores sobre el índice elástico de las jugadoras de voleibol femenino de la institución educativa INEM José Félix de Restrepo con edades que oscilan entre los 14 y 17 años* [tesis de pregrado]. Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia).
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme.
- Barraza, F., Yáñez, R., Tuesta, M., Núñez, P., Zamora, Y., & Rosales, G. (2015). Perfil antropométrico por posición de juego en handbolistas chilenos. *International Journal of Morphology*, 33(3), 1093-1101. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022015000300045>
- Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Paidotribo.
- Departamento Administrativo del Deporte, la Recreación, la Actividad Física y el Aprovechamiento del Tiempo Libre. (2015). *XX juegos deportivos nacionales "Carlos Lleras Restrepo"-2015. Acuerdo mediante el cual se fijan las bases de competencia para el campeonato de balonmano masculino y femenino* [reglamento]. <https://www.juegosnacionales.gov.co/uploads/item/Balonmano.pdf>
- Ferragut, C., Cortadellas, J., Arteaga, R., & Calbet, J. (2003). Predicción de la altura de salto vertical, importancia del impulso mecánico de la masa muscular de las extremidades inferiores. *European Journal of Human Movement*, 10, 7-22. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2279024>
- Garrido, R., González, M., Expósito, I., Sirvent, J., & García, M. (2012). Valores del Test de Bosco en función del deporte. *PubliCE Standard*. <https://journal.onlineeducation.center/api-oas/v1/articles/sa-T57cfb2715112d/export-pdf>
- Gutiérrez, A. (2010). La utilización del parámetro temporal en la actividad físico-deportiva. *Acción Motriz*, (4), 25-31. <http://mdc.ulpgc.es/cdm/ref/collection/amotriz/id/67>
- Harriss, D., & Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1025-1028. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1358756>
- Jiménez, A. (2015). *Análisis comparativo de las características cineantropométricas y de la condición física en jugadores de balonmano en edad juvenil* [tesis de maestría inédita]. Universidad de León.
- Mariñ, N., Becerra, H., & Bugallo, E. (2012). Análisis del rendimiento en el salto vertical de un grupo de deportistas del fútbol profesional colombiano. *Revista actividad física y desarrollo humano*, 4 (1), 24-31. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/AFDH/article/view/328
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349-355. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2007.035113>
- Marqués, M., Van Den Tillaar, R., Vescovi, J., & González, J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball

- players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414-422. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19171959>
- Massuça, L., & Frago, I. (2013). Enfoque multidisciplinar sobre el éxito en el balonmano. *Apunts Medicina L'Esport*, 48 (180), 143-151. <https://www.apunts.org/en-pdf-X0213371713597169>
- Milanesi, C., Piscitelli, F., Lampis, C., & Zancanaro, C. (2011). Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. *Journal of Sports Sciences*, 29(12), 1301-1309. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.591419>
- Pääsuke, M., Ereline, J., & Gapeyevs, H. (2013). La fuerza del músculo extensor de la rodilla y las características de la ejecución del salto vertical en chicos pre- y post-púberes. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 27(1), 1-9. <https://journal.onlineeducation.center/api-oas/v1/articles/sa-V57cfb2722f279/export-pdf>
- Quiroga, P., Bustamante, A., Avendaño, C., Cáceres, S., & Urrea, S. (2016). Aumento de altura en salto en jugadores universitarios de voleibol. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 4(126), 64-71. [http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2016/4\).126.07](http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2016/4).126.07)
- Salazar, J. (2009). Evaluación de la fuerza explosiva en jugadoras de balonmano y voleibol. *Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte*, 1(1), 266-287. <http://revista.ened.edu.mx/index.php/revistaconade/article/view/22>
- Sánchez, B., Pérez, D., & Pérez, M. (2013). *Fundamentos de la condición física en el pádel*. Diego Marín Librero Editor.
- Scribano, A. (2007). *El proceso de investigación social cualitativo*. Prometeo Libros.
- Sebastia-Amat, S., Espina, J., & Chinchilla, J. (2017). Perfil de salto vertical, velocidad, flexibilidad y composición corporal de porteros de balonmano en categorías inferiores. *Retos*, 32, 248-251. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/viewFile/56075/33853>
- Serrato, R. (2008). *Medicina del deporte*. Editorial Universidad del Rosario.
- Srhoj, V., Marinovic, M., & Rogulj, N. (2002). Position specific morphological characteristics of top-level male handball players. *Collegium Antropologicum*, 26(1), 219-227.
- Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abraldes, J., Alcaraz, P., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2146-2155. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>

Influencia de la masa muscular de miembros superiores en sujetos físicamente activos¹

2

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.02>

*Brian Johan Bustos Viviecas², Andrés Alonso Acevedo Mindiola³,
Carlos Alberto Hernández Camargo⁴, Nelson Orlando Clavijo Gutiérrez⁵,
Rafael Enrique Lozano Zapata⁶, José Alexander Ortiz Novoa⁷,
Leidy Estefanía Rodríguez Acuña⁸*

Resumen

Objetivo: el propósito del presente estudio consistió en establecer la influencia de la masa muscular de miembros superiores durante la repetición máxima en *press* banca plano en sujetos físicamente activos. **Metodología:** estudio correlacional-exploratorio de enfoque cuantitativo y una muestra a conveniencia conformada por diez hombres (edad

1 El presente estudio es un resultado secundario de la investigación denominada “Desarrollo de la hipertrofia en los músculos de miembros inferiores a través de un programa de musculación”. El tipo de financiación es propia.

2 Docente de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Maestría en Actividad Física y Entrenamiento Deportivo - Universidad Monter (en formación). Especialista en Métodos y Técnicas de Investigación - Fundación Universitaria Claretiana. Observatorio de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Contacto: bjbustos@jdc.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4720-9018>

3 Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad de Pamplona (Sede Villa del Rosario). Contacto: andres.acevedo@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0125-7265>

4 Esp. en Entrenamiento Deportivo - Universidad de Pamplona. Director de Rendimiento Deportivo del Cúcuta Deportivo S.A. Contacto: carloshernandezc@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7174-4806>

5 Magíster en Ciencias de la Actividad Física, PhD. en Educación, Rector de Institución Educativa La Garita. Contacto: nelsonclavijo@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1755-4830>

6 Magíster en Educación Física mención en Fisiología del ejercicio. PhD. en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, docente de la Universidad de Pamplona (Sede Villa del Rosario). Contacto: rafaenzoa@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6239-5883>

7 Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad de Pamplona (Sede Villa del Rosario). Contacto: jose.novoa@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1707-3719>

8 Estudiante de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad de Pamplona. Contacto: leidy.rodriguez3@unipamplona.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7684-112X>

de $17,40 \pm 2,32$ años, talla de $172,10 \pm 5,76$ cm y un peso corporal de $79,13 \pm 19,54$ kg) capacitados en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas. Se realizaron mediciones antropométricas para estimar la masa muscular de miembros superiores por medio de una ecuación y se evaluó la repetición máxima en el *press* banca plano empleando el protocolo propuesto por la National Strength and Conditioning Association. Por otra parte, para el análisis estadístico se utilizó el PSPP (licencia libre) para sistema operativo Windows 7, en el cual se evaluó la normalidad por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y la correlación entre la masa muscular de miembros superiores con la repetición máxima en *press* banca, a través del coeficiente correlacional de Pearson. **Resultados:** después de analizar los datos obtenidos en esta investigación se puede identificar que la relación entre ambas variables es positiva pero no significativa ($r = 0,35$; $p = 0,33$). **Conclusión:** no existe relación significativa entre la masa muscular de miembros superiores y la repetición máxima en *press* banca plano, debido a la falta de experiencia deportiva en el trabajo con sobrecarga, al igual que la especificidad deportiva y la ganancia neta de masa muscular para generar un beneficio.

Palabras clave: entrenamiento de fuerza; fuerza muscular; prueba de ejercicio.

Introducción

Es evidente que el entrenamiento de la fuerza representa un factor crucial para el éxito competitivo (Galicía, 2014), pero a esto se debe sumar la necesidad de realizar valoraciones físicas para llevar a cabo un adecuado control y seguimiento del proceso de entrenamiento (Acevedo-Mindiola y Bustos-Viviescas, 2017), por ello, para alcanzar buenos resultados y optimizar el desempeño en competencias, es necesario evaluar la fuerza dentro del proceso de programación del entrenamiento deportivo.

Por otra parte, estudiar la asociación entre las características morfológicas en el deporte permitirá conocer la relación de la estructura física y el rendimiento deportivo (Lozano *et al.*, 2017), no obstante, los estudios que buscan identificar cómo afectan las características morfológicas el rendimiento en los deportes de fuerza se caracterizan por evaluar la masa muscular total. Sin embargo, este parámetro no es lo suficientemente objetivo para establecer la distribución de la masa muscular con relación a las demandas de la práctica deportiva respecto a la masa muscular apendicular (Bustos-Viviescas *et al.*, 2017), razón por la cual, se podría adoptar una serie de decisiones en la plani-

ficación con relación a la optimización del rendimiento deportivo (González *et al.*, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, el *press* banca es uno de los principales ejercicios incluidos en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas en sujetos, entrenados o no entrenados, para optimizar su preparación y rehabilitación física, o para investigaciones científicas (Bustos-Viviescas *et al.*, 2016). Además, se utiliza cuando el objetivo es medir la fuerza muscular de la parte superior del cuerpo (Kwon *et al.*, 2011). De esta manera, es fundamental que este ejercicio sea incluido en todo programa de entrenamiento con sobrecargas que pretenda mejorar la fuerza y la hipertrofia musculares del miembro superior, en vista de que Figueiredo *et al.* (2016) indican que el orden de los ejercicios durante la sesión debe priorizar, al comienzo, aquellos ejercicios que más se requiere mejorar para permitir mayor volumen de entrenamiento y estimular una mayor ganancia de fuerza.

Sin embargo, la relación existente entre la masa muscular apendicular de miembros superiores y la repetición máxima en el *press* banca no están del todo claras, dado que, según Bustos-Viviescas *et al.* (2017), los estudios disponibles con respecto a esta temática se caracterizan por describir la masa muscular apendicular de diferentes disciplinas deportivas, pero no determinan la relación de este parámetro con la fuerza máxima y otros indicadores del rendimiento deportivo, por lo cual, se hace evidente que esta es una nueva línea de investigación que sirve para identificar cómo las características morfológicas afectan el rendimiento deportivo.

Ahora bien, entre las escasas investigaciones sobre el tema, se ha comprobado que la masa muscular de miembros inferiores no afecta el rendimiento del salto vertical —en la Selección Colombia de Gimnasia Artística (Hernández *et al.*, 2018)— ni la capacidad de aceleración en línea recta —en árbitros de fútbol (Ortiz *et al.*, 2018)—. Por otra parte, en miembros superiores se ha podido identificar que sí está relacionada con la fuerza prensil de mano (Bustos-Viviescas *et al.*, 2018), pero no con la repetición máxima en *press* banca (Bustos-Viviescas *et al.*, 2017). Por lo anterior, surge la necesidad de seguir realizando investigaciones de esta naturaleza con diferentes poblaciones, pues son pocos los estudios que aportan información valiosa sobre esta temática.

Por todo lo expuesto anteriormente, se planteó la siguiente pregunta problema: ¿La masa muscular de miembros superiores influye en la repetición máxima en el *press* banca plano? Para tratar de dar respuesta a esta incógnita, el objetivo general del presente estudio se centró en establecer la influencia de la masa muscular de miembros superiores en la repetición máxima en *press* banca plano en sujetos físicamente activos, y para alcanzar el logro del mismo se plantearon los siguientes objetivos específicos: a) caracterizar a los participantes del estudio, b) aplicar las mediciones antropométricas y la repetición máxima en el *press* banca y c) relacionar la masa muscular de miembros superiores y la repetición máxima en el *press* banca.

Metodología

Diseño del estudio: estudio correlacional-exploratorio de enfoque cuantitativo y una muestra a conveniencia.

Participantes: sujetos capacitados en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas, puesto que asistían habitualmente a un centro de acondicionamiento físico o gimnasio.

Tamaño muestral: diez hombres (edad de $17,40 \pm 2,32$ años, talla de $172,10 \pm 5,76$ cm y un peso corporal de $79,13 \pm 19,54$ kg).

Métodos y procedimientos: entre los criterios de inclusión se encuentran la participación voluntaria y experiencia mínima de un año en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas; entre los criterios de exclusión se tuvo en cuenta el padecimiento de alguna lesión o enfermedad que afectara la fuerza de miembros superiores.

La masa muscular de miembros superiores (MMMS) fue estimada por medio de la ecuación desarrollada por Rodríguez, Almagià y Berral de la Rosa (2010) la cual se muestra a continuación:

$$MMMS = (((T - PLT) \times (0,043 \times (PBR)^2)) P) / 1000$$

Donde, T= Talla; PLT = Pliegue tricipital; PBR = Perímetro brazo relajado; P = Peso corporal.

La recolección de las mediciones antropométricas se realizó con los siguientes instrumentos:

- Báscula Tanita BC-730 (precisión de 100 g).
- Tallímetro de pared Seca 206 (0-220 cm, precisión 1 mm).
- Plicómetro Slim Guide (0-80 mm, precisión de 0,5 mm).
- Cinta antropométrica Seca 201 (0-205 cm, precisión 1 mm).

Por otro lado, para evaluar la repetición máxima en el *press* banca plano se empleó el protocolo propuesto por la National Strength and Conditioning Association (NCAA) (Gregory & Travis, 2015). El test finalizaba si se fallaba la repetición o si se ejecutaba sin la técnica correcta; el aumento de la carga fue de 5 kg de manera progresiva, para ello el descanso entre cada repetición fue lo suficientemente prolongado para garantizar la recuperación óptima del evaluado, así, el periodo de descanso fue de dos a tres minutos como se ha sugerido en otros estudios (Whisenant, Panton, East & Broeder, 2003; Hutchins & Gearhart, 2010).

Con anterioridad a la realización del test de 1 RM, se aplicó un calentamiento en el cual, en primer lugar, se efectuaba la movilidad articular y, posteriormente, se ejecutaba el *press* banca plano con pesos ligeros en 4 series de 15 repeticiones, con 2 minutos entre serie.

Plan de análisis: el análisis estadístico se realizó en PSPP (licencia libre) para sistema operativo Windows 7; con este *software* se evaluó la normalidad por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y la correlación entre la masa muscular de miembros superiores con la repetición máxima en *press* banca, a través del coeficiente correlacional de Pearson.

Consideraciones éticas: para el desarrollo de esta investigación todos los participantes debían diligenciar un consentimiento informado por escrito, el cual tenía descrito las pruebas a ser realizadas, así como el alcance esperado de los resultados y los posibles riesgos durante el estudio. Igualmente, se consideraron los principios éticos para investigaciones en ciencias del deporte y el ejercicio (Harriss & Atkinson, 2013); a este respecto, cabe señalar que este estudio cuenta con el aval del Comité de ética e impacto ambiental en inves-

tigación de la Universidad de Pamplona, de acuerdo con el Acta N.º 009 del 28 de agosto de 2017.

Resultados

En la Tabla 1 se puede observar que las variables de estudio obtuvieron distribución normal de los datos por medio de la prueba aplicada ($p > 0,05$).

Tabla 1. Prueba de normalidad

Variables	Normalidad (Shapiro-Wilk)
Masa muscular de miembros superiores (kg)	0,41
Repetición máxima en <i>press</i> banca (kg)	0,12

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 2 ambas variables se relacionaron de forma positiva, pero no significativamente ($r = 0,35$; $p > 0,05$). Del mismo modo, la Figura 1 muestra que existió una tendencia positiva entre la masa muscular de miembros superiores y la repetición máxima en *press* banca, lo que explica por qué aquellos sujetos que presentaron mayor masa muscular en este segmento tenían mejores resultados en el test de repetición máxima.

Tabla 2. Correlación entre variables

	Repetición máxima en <i>press</i> banca (kg)	
Masa muscular de miembros superiores (kg)	Coef. Pearson (r)	0,35
	Sig. Bilateral (p)	0,33

Fuente: elaboración propia.

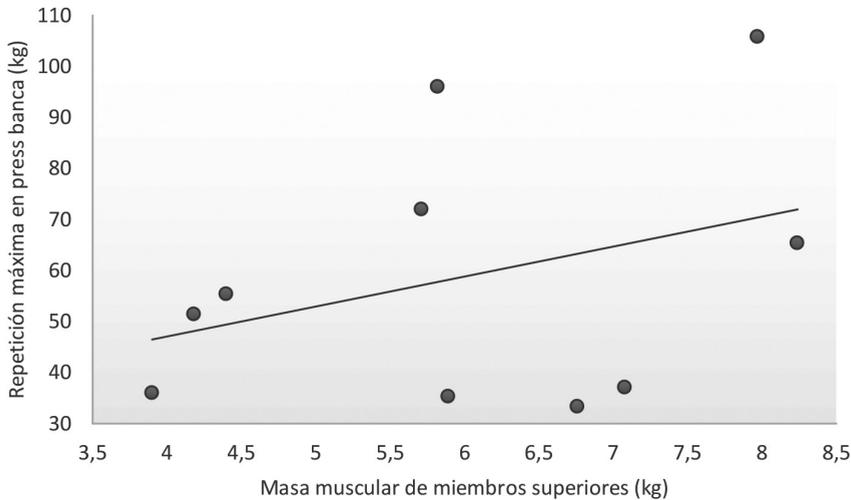


Figura 1. Dispersión con línea de tendencia.
Fuente: elaboración propia.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue establecer la influencia de la masa muscular de miembros superiores en la repetición máxima en *press* banca plano en sujetos físicamente activos, en consecuencia, a partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se puede identificar que la relación entre ambas variables es positiva pero no significativa ($r = 0,35$; $p = 0,33$).

Estudios similares que han evaluado la masa magra con la fuerza máxima en el tren superior por medio del *press* banca han identificado una relación positiva de 0,82 (Gómez *et al.*, 2015a) y 0,44 (Gómez *et al.*, 2015b), no obstante, solamente se conoce un estudio, realizado por Bustos-Viviescas *et al.* (2017), en el cual se relacionó la masa muscular de miembros superiores con la repetición máxima en el *press* banca y se obtuvo una asociación positiva en hombres físicamente activos con experiencia en el entrenamiento de la fuerza con sobrecargas ($r = 0,52$). Esto, a pesar de que las ganancias en la fuerza muscular están sustentadas en el aumento de la sección transversal del músculo esquelético y la coordinación intramuscular e intermuscular dada la importancia de la acti-

vación y reclutamiento de unidades motoras en cada segmento implicado en el movimiento. Sin embargo, la literatura científica disponible hasta el momento respecto a esta temática es escasa, por lo que en sujetos físicamente activos que realizan entrenamiento de fuerza con sobrecargas la masa muscular de miembros superiores puede ser un factor que afecte de forma positiva el rendimiento de la fuerza máxima en el *press* banca.

Por otra parte, cabe resaltar que entre los factores principales para la adaptación al entrenamiento se encuentra la respuesta hormonal, ya que la testosterona y la hormona del crecimiento actúan de forma diferente dependiendo del estímulo mecánico y metabólico (Suárez, 2016). En consecuencia, los sujetos de este estudio asistían a un centro de acondicionamiento físico con el objetivo de lograr hipertrofia muscular, por tal razón desarrollaban grandes volúmenes de entrenamiento para generar una mayor lactacidemia en la musculatura (Bustos-Viviescas *et al.*, 2017) y poder obtener una respuesta hipertrófica, debido a la mayor acidez (Buresh *et al.*, 2009).

Así mismo, Gómez *et al.* (2015a) sugieren que desarrollar la fuerza es necesario para el logro de los objetivos de las diferentes disciplinas, especialmente en aquellas en la que esta capacidad es una característica predominante (halterofilia, *powerlifting*, entre otras), sin embargo, en los deportes cuyo fin es alcanzar elevados niveles de fuerza muscular, sin importar el tamaño muscular, existe una relación negativa entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima, considerando que la tensión muscular alta produce adaptaciones neurales sin hipertrofia destacable (Vissing *et al.*, 2008).

Cabe señalar en este punto que una de las principales limitaciones que debió afrontar la presente investigación consistió en la escasa muestra participante, a lo que debe sumarse que los participantes no realizaban actividad física de rendimiento para una disciplina deportiva específica. Igualmente, se debe considerar que no se pudo comparar la relación entre ambas variables en diferentes disciplinas deportivas. Por otra parte, resultaría interesante realizar en próximas investigaciones la evaluación de la masa muscular apendicular e incorporar a la evaluación de la fuerza muscular mediciones de electromiografía y velocidad del levantamiento, para posibilitar la asociación de la masa muscular a estas variables, determinantes del rendimiento en deportes cuyos

niveles de fuerza no solo deben ser los más elevados, sino que también deben ser generados en el menor tiempo posible, como en el caso de los deportes de combate y velocidad.

Conclusión

No existe relación significativa entre la masa muscular de miembros superiores y la repetición máxima en *press* banca plano, esto, debido a la falta de experiencia deportiva en el trabajo con sobrecarga y la ganancia neta de la masa muscular tanto para generar un beneficio al activar las fibras de contracción rápida como para el buen desempeño durante la ejecución de estos movimientos, así como la falta de especificidad deportiva.

Referencias

- Acevedo, A., & Bustos, B. (2017). Correlación entre la flexibilidad de la musculatura isquiosural con la altura del salto vertical en jugadores de balonmano selección del departamento Norte de Santander. *EDU-FÍSICA: Revista de Ciencias Aplicadas al Deporte*, 9(20), 109-120. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/edufisica/article/view/1198/957>
- Buresh, R., Berg, K., & French, J. (2009). The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 23(1), 62–71. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f14a>
- Bustos, B., Lozano, R., & Justacaro, G. (2016). Incremento de la fuerza dinámica máxima a través de un protocolo de acción recíproca con deportistas amateurs. *Revista Impetus*, 10(1-2), 119-126. <http://revistaimpetus.unillanos.edu.co/impetus/index.php/Imp1/article/view-File/165/134>
- Bustos, B., Acevedo, A., & Rodríguez, L. (2017). Relación entre la masa muscular apendicular y la repetición máxima en sujetos físicamente activos. *Kronos: Revista Científica de Actividad física y Deporte*, 16(2). <https://revistakronos.info/articulo/relacion-entre-la-masa-muscular-apendicular-y-la-repeticion-maxima-en-sujetos-fisicamente-activos-2366-sa-O5a57800957910/>
- Bustos, B., Rodríguez, L., Acevedo, A., Ortiz, J., Lozano, R., Durán, L., Bautista, V., & Hernández, C. (2018). *La masa muscular de miembros superiores está asociada a la fuerza prensil de la mano en sujetos físicamente activos*. I Concurso de Investigación Acome, Universidad de Pamplona, Colombia.
- Figueiredo, T., Miranda, H., Willardson, J., Schneider, A., Freitas de Salles, B., Spinetti, J., Paz, G., Santana, H., & Simão, R. (2016). Influencia del orden de los ejercicios en la determinación de cargas de una y diez repeticiones máximas. *Revista Entrenamiento Deportivo*,

- 30(4). <https://g-se.com/influencia-del-orden-de-los-ejercicios-en-la-determinacion-de-cargas-de-una-y-diez-repeticiones-maximas-2095-sa-d57cfb2727acf2>
- Galicia, A. (2014). Conceptos básicos sobre la fuerza muscular. *Revista Digital EFDeportes*, 18(190). <http://www.efdeportes.com/efd190/conceptos-basicos-sobre-la-fuerza-muscular.htm>
- Gómez, J., García, J., Morales, I., Quintana, A., Quintana, L., & Rivera, A. (2015a). Evaluación de la fuerza máxima y su relación con la masa muscular del tren superior de universitarios. *Revista Digital EFDeportes*, 20(207). <http://www.efdeportes.com/efd207/fuerza-maxima-y-relacion-con-la-masa-muscular.htm>
- Gómez, J., Hernández, S., Marín, Z., & Rivera, A. (2015b). Análisis de la composición corporal y manifestación de la fuerza máxima en estudiantes de educación física. *Revista Digital EFDeportes*, 20(207). <http://www.efdeportes.com/efd207/composicion-corporal-y-fuerza-maxima.htm>
- González, J., Navarro, F., & Pereira, P. (2015). La planificación del entrenamiento deportivo: cambios vinculados a las nuevas formas de entender las estructuras deportivas contemporáneas. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 29(1), 1-14. <https://journal.onlineeducation.center/api-oas/v1/articles/sa-h57cfb2724acb7/export-pdf>
- Gregory, G., & Travis, N. (2015). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4^a. ed.). Human Kinetics.
- Harriss, D., & Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1025-1028. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1358756>
- Hernández, C., Bustos, B., Acevedo, A., Rodríguez, L., Ortiz, J., Lozano, R., Duran, L., & Bautista, V. (2018). *La masa muscular de miembros inferiores no afecta el rendimiento del salto vertical en la Selección Colombia de Gimnasia Artística*. I Concurso de Investigación Acome, Universidad de Pamplona, Colombia.
- Hutchins, M., & Gearhart, R. (2010). Accuracy of 1-RM Prediction equations for the bench press and biceps curl. *Journal of Exercise Physiology Online*, 13(3), 32-39. https://www.researchgate.net/publication/289212637_Accuracy_of_1-RM_Prediction_equations_for_the_bench_press_and_biceps_curl
- Kwon, H., Han, K., Ahn, H., Lee, J., Park, G., & Min, K. (2011). The correlations between extremity circumferences with total and regional amounts of skeletal muscle and muscle strength in obese women with type 2 diabetes. *Diabetes & Metabolism Journal*, 35(4), 374-383. <http://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.4.374>
- Lozano, R., Bustos, B., Acevedo, A., & Bautista, V. (2017). Composición corporal y somatotipo de los tenistas de mesa de Norte de Santander que participaron en los XX Juegos Nacionales, Colombia. *EmásF: Revista Digital de Educación Física*, 8(46), 50-60. <http://emasf.webcindario.com/Composicion-corporal-y-somatotipo-de-los-tenistas-de-mesa-de-Norte-de-Santander.pdf>
- Ortiz, J., Bustos, B., Rodríguez, L., Acevedo, A., Durán, L., Hernández, C., Bautista, V., & Lozano, R. (2018). ¿La masa muscular de miembros inferiores es influyente en la capacidad de aceleración en línea recta en árbitros de fútbol? I Concurso de Investigación Acome, Universidad de Pamplona, Colombia.

- Rodríguez, F., Almagià, A., & Berral de la Rosa, F. (2010). Estimación de la masa muscular de los miembros apendiculares, a partir de densitometría fotónica dual (DEXA). *International Journal of Morphology*, 28(4), 1205-1210. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022010000400034>
- Suárez, D. (2016). Testosterona y hormona del crecimiento: sistemas de entrenamiento de la fuerza. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 30(1), 1-11. <https://journal.onlineeducation.center/api-oas/v1/articles/sa-a57cfb272780d3/export-pdf>
- Vissing, K., Brink, M., Lønbro, S., Sørensen, H., Overgaard, K., Danborg, K., Mortensen, J., Elstrøm, O., Rosenhøj, N., Ringgaard, S., Andersen, J., & Aagaard, P. (2008). Muscle adaptations to plyometric vs. resistance training in untrained young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1799-1810. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f673>
- Whisenant, M., Panton, L., East, W., & Broeder, C. (2003). Validation of submaximal prediction equations for the one repetition maximum bench press test on a group of collegiate football players. *Journal Strength and Conditioning Research*, 17(2), 221-227.

Esta página queda intencionalmente en blanco

Concentración de lactato en voleibolistas profesionales universitarios¹

3

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.03>

*Carlos Enrique Cabrera Arismendy², Diana María García-Cardona³,
Oscar Eduardo Sánchez Muñoz⁴*

Resumen

Objetivo: determinar la concentración de lactato de los estudiantes deportistas pertenecientes a la selección de voleibol de la Universidad del Quindío. **Metodología:** se utilizó un enfoque cuantitativo y descriptivo. Se tomaron tres muestras de sangre para determinar la concentración de lactato: la primera, inmediatamente antes de comenzar el calentamiento para la prueba; la segunda, inmediatamente terminada la prueba; y la tercera, diez minutos después de terminada la prueba (Test Legger-Lambert). Además, se determinaron las variables edad, talla, masa corporal, IMC, consumo máximo de oxígeno y frecuencia cardíaca. **Resultados:** se pudo establecer el comportamiento del lactato; se presentó normalidad en ambos sexos, a excepción de algunos datos. Con referencia al VO_{2max} , se encontró mayor consumo en los hombres que en las mujeres; sin embargo, en promedio, ambos grupos se encontraron dentro de la normalidad. La frecuencia cardíaca tuvo un comportamiento progresivo, de acuerdo con el esfuerzo realizado, pues fue más alta al finalizar la prueba. **Conclusión:** al relacionar el comportamiento de la frecuencia cardíaca, VO_{2max} , y el lactato se evidenció, en algunos casos, la presencia de deportistas

1 Este texto hace parte de los procesos misionales que la Universidad del Quindío contempla como parte fundamental de la responsabilidad académica de los docentes. Ha sido posible a través de los apoyos económicos para realizar investigación por medio de las facultades, los grupos y las líneas de investigación reconocidas por Colciencias y la institución. Es el producto de los permanentes desarrollos realizados en la Facultad de Educación por el programa de Licenciatura en Educación Física y Deportes, en la línea de investigación “Entrenamiento deportivo”.

2 Magíster en Educación y desarrollo humano, docente programa de Licenciatura en Educación Física y Deportes de la Universidad del Quindío. Contacto: cecabrera@uniquindio.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5581-0543>

3 Magíster en Ciencias Biomédicas, docente programa de Licenciatura en Educación Física y Deportes de la Universidad del Quindío. Contacto: dmgarcia@uniquindio.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6026-9093>

4 Magíster en Educación, docente programa de Licenciatura en Educación Física y Deportes de la Universidad del Quindío. Contacto: oesanchez@uniquindio.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2438-3360>

con baja preparación física, lo que implica niveles bajos de consumo máximo de oxígeno, altos promedios de frecuencia cardíaca y poca concentración de lactato; en otros casos, se evidenció que la concentración fue alta, pero su desempeño mostró buena potencia aeróbica al marcar niveles altos en el test.

Palabras clave: consumo máximo de oxígeno; estudiantes universitarios; frecuencia cardíaca; lactato.

Introducción

El voleibol es un deporte de conjunto que requiere de una preparación física específica, implicando de esta manera el reconocimiento por parte de los entrenadores de las dinámicas del juego y su desenvolvimiento en términos de gasto energético, para un buen desempeño en la competencia. Tal y como lo argumenta Ivoilov (1986):

El vóleibol se considera como un deporte con grandes gastos de energía, por lo cual se encuentra clasificado como un deporte de potencia submáxima que se caracteriza por la alternancia de fases activas de trabajo con pausas breves de descanso relativamente pasivas, las múltiples repeticiones de exigencias de carácter alternado y con breves pausas de descanso hacen hincapié del rendimiento aeróbico-anaeróbico. En resumen, el vóleibol es considerado como un deporte de equipo que requiere una considerable capacidad de resistencia, y que si bien algunas consideraciones para aumentar el desempeño de los atletas, será un entrenamiento intenso aeróbico a nivel del mar, lo cual incrementaría los niveles de VO_{2max} del deportista con lo cual les permitirá competir en determinadas altitudes. (p. 157)

En este proyecto se hizo énfasis en una necesidad recurrente de los deportistas: contar con las herramientas necesarias para determinar de manera clara aspectos condicionantes a nivel fisiológico que son importantes para mejorar y alcanzar un óptimo rendimiento deportivo, a través de la planificación de sus ciclos de competencia y entrenamiento diarios.

Dentro de dichos aspectos fisiológicos se encuentra la concentración de lactato, porque: “el ácido láctico es un producto que se genera en el músculo ante esfuerzos intensos como resultado de procesos metabólicos para generar energía en un corto tiempo” (López, 2002, p. 148). De hecho, “como último recurso para los músculos exhaustos que han sido sometidos a ejercicio intenso

debido al consumo rápido de oxígeno y a la falta de metabolismo aeróbico de la glucosa (Atkins, 2007, p. 240). Razón por la cual, algunos autores mencionan que el límite anaeróbico de ácido láctico se sitúa en 4 mmol por litro de sangre. Sin embargo, este límite puede ser muy variable según la intensidad del esfuerzo en cada sujeto, por lo que se considera difícil establecer una base para la concentración de ácido láctico (Ahonen *et al.*, 2001). Otros autores, como Urdampilleta, Martínez y López (2013), sostienen que valores de ácido láctico que se encuentren por encima de los 4 mmol/L son indicadores del aumento de la intensidad del entrenamiento.

Ahora bien, la concentración de lactato en sangre ha sido utilizada para valorar el rendimiento específico de los deportistas, ya que el ácido láctico es un factor que tiene un importante papel como indicador de la intensidad en la mayoría de los deportes, siendo también un parámetro razonable para la estimación de la intensidad de la carga de trabajo durante el entrenamiento, lo que ayuda a establecer, en forma individual y objetiva, la intensidad del ejercicio a la que se quiere trabajar. Además, la presente investigación tuvo como referencia la necesidad de hacer que los procesos deportivos institucionales comiencen a tener mayor visibilidad científica, con el fin de permitir a los entrenadores un mayor conocimiento tanto de los deportistas como de los procesos que se pueden llevar a cabo a partir de dicho conocimiento. De tal forma que el objetivo general de la investigación fue determinar la concentración de lactato de los estudiantes deportistas pertenecientes a la selección de voleibol de la Universidad del Quindío, resultados fueron relacionados con variables como el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) y la frecuencia cardiaca.

Metodología

El tipo de estudio fue descriptivo y exploratorio de corte transversal. Para tal efecto, se trabajó con veinticuatro (24) deportistas, lo que corresponde al total de los estudiantes pertenecientes a las selecciones femenina (10) y masculina (14) de voleibol de la Universidad del Quindío.

Cabe aclarar que se excluyeron de la investigación los estudiantes deportistas que no firmaron el consentimiento informado, que presentaban lesión o que se encontraban en recuperación de lesión al momento de realizar las evaluaciones.

Por lo tanto, las personas que participaron lo hicieron de manera voluntaria; de modo que se buscó proporcionar una adecuada información y comprensión por medio del consentimiento informado. Todas las inquietudes que se generaron fueron resueltas por los investigadores, con miras a garantizar una adecuada comunicación y comprensión por parte de los participantes, para que su consentimiento voluntario fuera real y pudieran, en el momento que lo consideraran, abandonar su participación en el proyecto. Frente a estas consideraciones éticas, el presente estudio obtuvo el aval del Comité de ética y bioética de investigación de la Universidad del Quindío, en el acta 24 del 14 de agosto de 2015.

La información se recogió por los investigadores a partir de la fuente primaria, por medio de un instrumento diseñado para tal fin con todas las variables del estudio.

Con respecto a las variables antropométricas, las medidas se realizaron partiendo de la posición antropométrica de referencia, se midió la masa (la cual fue tomada en la mañana previamente al desayuno, después de haber miccionado y con el mínimo de ropa posible), la talla y el Índice de Masa Corporal (IMC). La frecuencia cardiaca se tomó con un pulsómetro (POLAR FT1).

Con respecto a la concentración de lactato se tomaron 3 muestras de la siguiente forma: la primera (basal), inmediatamente antes de comenzar el calentamiento para la prueba; la segunda (postest), inmediatamente terminada la prueba, según las recomendaciones del test Leger-Lambert (1982) y, la tercera (recuperación) diez minutos después de terminada la prueba.

Cada extracción de sangre se realizó por punción en el dedo, bajo condiciones de asepsia y antisepsia (con una lanceta de uso único esterilizada). La concentración de lactato se determinó con tiras reactivas en el equipo Lactate Scout, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Se procesó la información y se hizo un análisis descriptivo de cada una de las variables, los resultados se presentan con el promedio \pm la desviación estándar y los límites máximos y mínimos. Se realizó una Anova de medidas repetidas, igualmente se utilizó la "T" de Student, se consideró la significancia estadística de un P-valor $\leq 0,05$. El procesamiento de los datos obtenidos se realizó en el *software* SPSS versión 10.0.

Resultados

Los voleibolistas presentaron en promedio una edad de 20,8 años, la media por sexo fue de 21,3 años para mujeres y 20,3 años para los hombres. En la Tabla 1 se presentan las variables antropométricas por sexo en las cuales se refleja de manera general el estado corporal de los estudiantes deportistas participantes del estudio.

Tabla 1. Variables antropométricas

Variables	Población total n= 24	Mujeres n= 10	Hombres n= 14
Talla (cm)	172±10,8 (154-191)	162±5,7 (154-172)	179±7,2 (164-191)
Masa (Kg)	67,6±8,3 (54-78,3)	60,8±5,1 (54-68)	74,5±6,5 (61,6-78,3)
IMC (kg/m ²)	22,83±2,2 (20,44-28,88)	23,21±7,1 (20,86-28,88)	22,55±8,8 (20,44-26,87)

Fuente: elaboración propia.

Con relación al índice de masa muscular, se encontró que, en promedio, los deportistas se encuentran en el rango normal, según la OMS (2016); no obstante, existen dos casos de sobrepeso (un hombre y una mujer).

A continuación, se presenta la frecuencia cardíaca, el consumo máximo de oxígeno y la concentración de lactato en los deportistas.

Tabla 2. Frecuencia cardíaca, VO_{2max} y concentración de lactato

Variables	Población total n= 24	Mujeres n= 10	Hombres n= 14
FC1	95±15,9 (75-128)	97±15,9 (82-128)	93±16,2 (75-121)
FC2	193±9,8 (170-206)	190±6,1 (181-202)	196±11,4 (170-206)

Continúa tabla...

Variables	Población total n= 24	Mujeres n= 10	Hombres n= 14
FC3	119±12,1 (95-150)	118±6,7 (111-135)	119±12,1 (95-150)
Lact 1 (mmol/l)	1,49±0,5 (0,6-2,8)	1,48±6,6 (0,6-2,8)	1,5±2,5 (0,8-2,4)
Lact 2 (mmol/l)	11,03±3,5 (4,0-16,4)	9,36±3,5 (5,6-16,4)	11,7±3,1 (4,0-15,1)
Lact 3 (mmol/l)	8,4±3,3 (4,6-13)	6,8±3,3 (4,6-12,7)	9,23±3,2 (6,9-13)
VO ₂ MAX (ml/kg/min)	52,2±5,9 (42,07-62,58)	48,2±5,4 (42,07-59,6)	55,1±4,6 (45-62,58)

Fuente: elaboración propia (2017).

FC1: frecuencia cardiaca basal. FC2: frecuencia cardiaca finalizada la prueba. FC3: frecuencia cardiaca tras reposos de 10 minutos. Lactato 1: concentración de lactato basal. Lactato 2: concentración de lactato finalizada la prueba. Lactato 3: concentración de lactato tras reposos de 10 minutos. VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno.

En un sentido amplio, el grupo de deportistas, hombres y mujeres, tuvo una frecuencia cardiaca basal menor a 100 pulsaciones por minuto. Al respecto, López (2009) señala que “el pulso es el principal indicador de esfuerzo cardiovascular, por lo tanto, esto lo convierte en un determinante de la intensidad del ejercicio” (p. 150). En este contexto, el promedio general obtenido en el FC2, 193 ppm, indica un alto esfuerzo realizado en la prueba. Por sexo se observó que el promedio en mujeres y hombres fue de 190 y 196 ppm respectivamente, lo que indica promedios parecidos en su comportamiento. En el caso del tercer momento de toma (FC3), se considera que los deportistas tuvieron un comportamiento normal al estar plenamente recuperados.

Asimismo, se analizó el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), el cual es uno de los mejores indicadores de la condición cardiorrespiratoria; es decir, uno de los parámetros más importantes de los niveles de acondicionamiento físico de un atleta. Por tal motivo, el VO_{2max} puede ser visto en su compor-

tamiento con relación a la frecuencia cardiaca, con el fin de determinar los niveles de esfuerzo durante la prueba (American College of Sport Medicine, 2006, p. 300). Por su parte, Zintl (citado por Ramos, Melo & Alzate, 2007) sostiene, que “el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) es una medida para el aporte de oxígeno (respiración), el transporte de oxígeno (sistema cardiovascular) y la utilización de oxígeno (célula muscular) en un organismo esforzado al máximo” (p. 146).

En lo que tiene que ver con la concentración de lactato, en función del momento de la toma de la muestra, los datos corroboran que existen diferencias entre las medias de la concentración de lactato (Figura 1) entre la muestra basal, postest y tras 10 minutos de reposo ($p < 0.05$), a nivel general y según el sexo. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas al comparar cada uno de los momentos (basal P-valor = 0,9542, postest P-valor = 0,3677, reposo P-valor = 0,0973) entre hombres y mujeres.

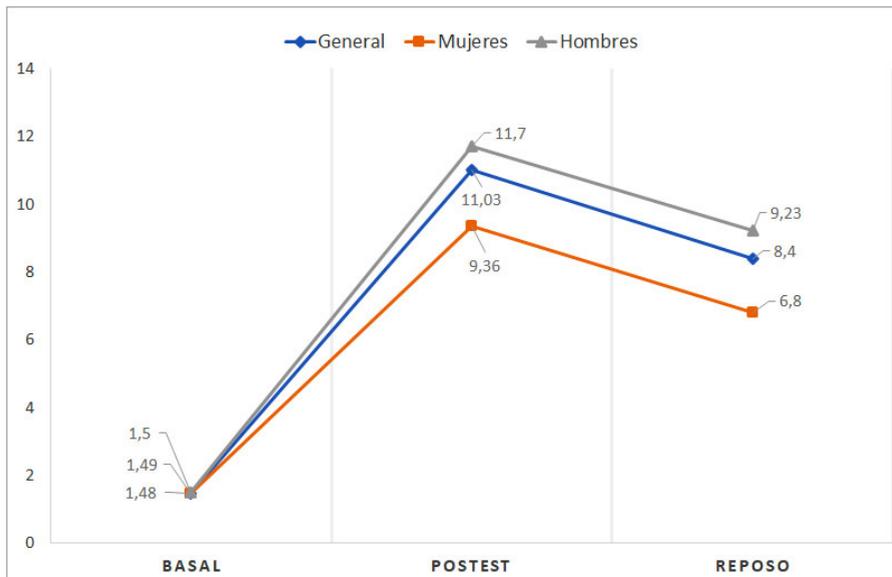


Figura 1. Momento y promedio de la concentración de lactato por sexo.
Fuente: elaboración propia (2017).

A continuación, se muestran las tablas 3 y 4, las cuales muestran los resultados de la segunda muestra en hombres y mujeres.

Tabla 3. Variables posesfuerzo de hombres

Rango de concentración de lactato	n = 14	Nivel (Fr ab)	VO _{2max}	Lactato 2	FC2
4 – 5,99 mmol/l	1	6			196±11 (170-206)
Mayor o igual a 8 mmol/l	13	8= 3 9= 2 10= 5 11= 2 12= 1	55,5±22 (45-62,58)	11,47±1,9 (10,6-15)	

Fr ab: frecuencia absoluta. FC2: frecuencia cardiaca finalizada la prueba. Lactato 2: concentración de lactato finalizada la prueba. VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno.

Fuente: elaboración propia (2017).

Tabla 4. Variables posesfuerzo de mujeres

Rango de concentración de lactato	n = 10	Nivel (Fr ab)	VO _{2max}	Lact 2,	FC2,
6 – 7,99 mmol/l	2	5=1 6=1	(42,07-45)*	(5,6 - 7,9)*	(193-192)*
Mayor o igual a 8 mmol/l	8	5= 1 6= 1 7= 3 8= 1 9= 1 11= 1	48,76±5,5 (42,07- 59,75)	9,36±2 (8-15)	188±5,4 (181-198)

Fr ab: frecuencia absoluta. FC2: frecuencia cardiaca finalizada la prueba. Lactato 2: concentración de lactato finalizada la prueba. VO_{2max}: consumo máximo de oxígeno.

Fuente: elaboración propia (2017).

En el análisis individual un deportista alcanzó etapa 12, VO_{2max} de 62,58 ml/kg/min, concentración de lactato 14,4 mmol/l, y frecuencia cardiaca inmediatamente finalizada la prueba (FC2) de 205 ppm; estos datos describen a un deportista con buen desarrollo de la potencia aeróbica máxima, por lo tanto, con capacidad de ejecutar esfuerzos en la zona aeróbica-anaeróbica, respondiendo bien a esfuerzos anaeróbicos lácticos y con buena tolerancia y aprovechamiento del ácido láctico.

En el caso de las mujeres, el comportamiento del lactato (lactato 2), la frecuencia cardiaca (FC2) y el VO_{2max} a través del desarrollo de la prueba (etapa alcanzada), mostrados en la Tabla 4, presentan dos grupos en el rango de concentración de lactato: el primero, conformado por dos mujeres (zona anaeróbica durmiente, correspondiente con cifras de lactato de 6 a 8 mmol/l, en esta zona no hay estímulo para el desarrollo de la capacidad anaeróbica, pero sí existe un aumento de las posibilidades aeróbicas, y el segundo, conformado por ocho mujeres (zona anaeróbica estimulante). Según esto, se encontró que el grupo dos se encuentra en mejor condición física que el grupo uno, lo que llevó a alcanzar mejores etapas en la prueba y, por lo tanto, mejores niveles de VO_{2max} (48,76 ml/kg/min), que según la referencia de Astrand y Rodahl (1986) es muy buena; además, el esfuerzo realizado por las deportistas fue alto, esto, de acuerdo con la frecuencia cardiaca promedio alcanzada (188 ppm), lo que permite decir que estas mujeres lograron llegar a esfuerzos de potencia aeróbica máxima y potencia anaeróbica submáxima, y hasta casi máxima, lo que pudo haber llevado a mayor concentración de lactato, a partir de su buena condición atlética (López, 2006).

Discusión

En las variables antropométricas se encontró, con respecto a la talla, un promedio general de 172 cm. Para el caso de las mujeres fue de 162 cm y de los hombres de 179 cm. En el ámbito internacional se encuentran estudios que definen parámetros similares a los promedios encontrados en este estudio, donde se aprecia promedios en deportistas con una talla de 181 cm; estos datos, tomados de universitarios españoles y juveniles brasileños, muestran diferencias de 9 cm, lo que evidencia una talla más baja en nuestra región (Cabral *et al.*, 2011). Por otra parte, cabe destacar que estos datos corresponden a la potencia suramericana y mundial en voleibol, además, que España ha demostrado avances en los procesos formativos de sus deportistas.

Otro referente que bien vale la pena mencionar es el realizado por la Universidad de Ciencias Informáticas de La Habana, Cuba, en el cual existe similitud en lo que tiene que ver con los sujetos deportistas universitarios con

una edad promedio de 23 años, los cuales también participan de certámenes regionales y nacionales como sucede con nuestros estudiantes deportistas. Para este caso el promedio en la talla es de 188 cm (Pérez, Portela, Cantero & Rodríguez, 2014).

Ahora bien, en los deportistas uniuquindianos existe una diferencia de 9,6 cm por debajo con respecto a los contextos mencionados anteriormente. Esto permite manifestar que, aunque estos valores no superan los 10 cm de diferencia, la variable antropométrica, probablemente, puede ser determinante en el desempeño y rendimiento en la práctica de esta disciplina deportiva. Es más, según Norton y Olds (1996), en el voleibol la altura de la malla se encuentra a 2,43 metros, por lo tanto, aquellos jugadores más altos tienen que realizar esfuerzos en salto relativamente menores para poder superar la altura de la red. Los bloqueadores y rematadores ocupan alrededor de 7 a 15 minutos en un partido, realizando esfuerzos en saltos, por lo que la consecución de repetidos saltos explosivos es, junto con la talla, aspectos claves en el éxito (p. 398).

De otra parte, existe gran interés por definir las diferencias estructurales en los sujetos de diversas disciplinas deportivas en el ámbito universitario; para el caso del voleibol, las variables antropométricas son parámetros fundamentales y decisivos en el rendimiento. Así mismo, diversos estudios como el de García-Cardona *et al.*, (2017) han demostrado que la talla en los deportistas es una condición estructural favorable para la práctica del voleibol y, por ende, un factor determinante en el desempeño.

El voleibol, al ser un deporte que durante el juego tiene picos de esfuerzo y donde la potencia muscular resulta fundamental para la ejecución de diferentes movimientos técnicos, también requiere, a lo largo del partido, una buena capacidad aeróbica que permita al deportista llegar hasta los últimos momentos del juego. Por lo anterior, desde el punto de vista funcional, es primordial el desarrollo de la velocidad-fuerza y una óptima base aeróbica que permita la recuperación adecuada del atleta, a esto hay que agregar que la evaluación del comportamiento en varios aspectos fisiológicos resulta determinante para identificar la capacidad del deportista y valorar su condición física. En promedio, el grupo de deportistas de ambos sexos manejaron una frecuencia cardíaca basal menor a 100 pulsaciones por minuto. Según lo

propuesto por López: “el pulso es el principal indicador de esfuerzo cardiovascular, por lo tanto, esto lo convierte en un determinante de la intensidad del ejercicio” (2009, p. 150). A este respecto, el promedio general obtenido en el FC2 fue de 193 ppm, lo que indica que el esfuerzo realizado en la prueba fue alto; el promedio en mujeres y hombres fue de 190 y 196 ppm respectivamente, lo que indica un comportamiento similar en ambos sexos. En el caso del tercer momento de toma (FC3), se pudo concluir que los deportistas tuvieron un comportamiento normal al estar plenamente recuperados.

De la misma forma, se analizó el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), el cual es uno de los mejores indicadores de la condición cardiorrespiratoria, es decir, uno de los parámetros más importantes de los niveles de acondicionamiento físico de un atleta. El VO_{2max} puede ser visto en su comportamiento con relación a la frecuencia cardíaca, con el fin de determinar los niveles de esfuerzo durante la prueba. Según Zintl (citado por Ramos, Melo & Alzate, 2007), “el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) es una medida para el aporte de oxígeno (respiración), su transporte de oxígeno (sistema cardiovascular) y la utilización de oxígeno (célula muscular) en un organismo esforzado al máximo” (p. 146). En el VO_{2max} de la muestra evaluada se puede identificar un promedio mayor de consumo por parte de los hombres (55,1 ml/kg/min) con respecto a las mujeres (48,2 ml/kg/min). Desde el punto de vista comparativo, existen estudios cercanos como el de Zanella *et al.*, (2015) en el que la valoración de grupos de voleibolistas masculinos brasileños por posición de juego, con promedio de edad de 23 años, mostraron valores similares a los encontrados en este estudio. Además, el parámetro fue excelente, según la clasificación de Astrand & Rodahl (1986), para esta variable. Por otro lado, se encontró que en la evaluación realizada a 170 mujeres argentinas voleibolistas de diferentes categorías (19), todas tenían un VO_{2max} similar (~42,3 ml/kg/min), valores que están por debajo de los encontrados en nuestra población.

Con base en las variables de frecuencia cardíaca y VO_{2max} , se puede inferir que el comportamiento de los deportistas unquindianos varía según la condición física y el sexo, pues la mayoría de los hombres tuvieron mayor capacidad de consumo, al parecer, debido a sus condiciones fisiológicas. También es importante reconocer que al ser una disciplina deportiva donde los esfuerzos

se alternan durante la competencia, no se especifica en la base aeróbica, por lo cual su VO_{2max} no alcanza rangos tan importantes como los deportistas de pruebas de fondo (maratonistas, ciclistas, triatletas, entre otros). Con base en lo anterior, se podría establecer que estos deportistas muestran niveles de preparación física adecuados y acordes con las sesiones de entrenamiento que aplican semanalmente (5 días).

Con relación a la concentración de lactato en función del momento de la toma de la muestra, los datos corroboran que existen diferencias entre las medias de la concentración de lactato entre la muestra basal, postest y tras diez minutos de reposo ($p < 0.05$), a nivel general y según el sexo. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas al comparar cada uno de los momentos entre hombres y mujeres. Tal y como lo plantean Earle y Baechle (2007),

en cuanto a la producción, unos mayores niveles de ácido láctico significan una mayor intervención de la glucólisis rápida, lo cual conlleva a una mayor potencia de producción de ATP y por tanto, una mayor velocidad de carrera. No obstante, un exceso de producción de ácido láctico, sin su correcta reutilización, significaría la aparición de fatiga muscular y obligaría a descender el rendimiento drásticamente. (p. 700)

Según López (2006), valores de lactato iguales o superiores a 4 mmol/l se corresponden con el momento previo al rompimiento del equilibrio entre la producción y la remoción del lactato en sangre. Según el tipo de deporte que ha sido evaluado, se puede determinar que los esfuerzos combinados, aeróbico y anaeróbicos, permiten la organización de un entrenamiento que apoye el mejoramiento de las dos vías, en especial la potencia aeróbica máxima y potencia anaeróbica máxima y submáxima, pues, como se anotó anteriormente, el voleibol es un deporte variable, en el que se alternan fases de trabajo aeróbico y anaeróbico. El tiempo anaeróbico se manifiesta fundamentalmente en los saltos y la cualidad aeróbica está implícita en los momentos que no se están realizando acciones de ataque o defensa producidas a lo largo del juego.

Con base en el comportamiento del lactato, en la evaluación realizada se encontró que en ninguno de los grupos de la muestra 1 (Lactato 1, basal) se presentó una concentración por fuera de la normalidad. Esto, con respecto a

los presupuestos de López (2006), indica que los sujetos se encontraban en la zona aeróbica compensadora, lo cual indica una relajación antes de la aplicación del test Leger-Lambert, lo que corresponde a valores de lactato ubicados en un rango entre 0 y 2 mmol/l. En esta zona no se busca un desarrollo de la capacidad de resistencia general, pues su frecuencia de trabajo es muy baja, por lo tanto, no hay un incremento de la concentración (como sucede, por ejemplo, en el calentamiento y el enfriamiento).

Con respecto a la segunda muestra (FC2 y Lact 2), se encontró que los hombres, en cuanto a la concentración de lactato, se ubicaron básicamente en dos rangos o zonas de entrenamiento: zona aeróbica no estimulante y zona anaeróbica estimulante. De forma general, es un comportamiento que puede ser analizado como normal en el VO_{2max} , siempre y cuando se hable de personas normales, pero para el caso de deportistas debería ser mejor, aún más si se toma en cuenta que la concentración de lactato alcanzada se mueve en una zona aeróbica no estimulante y se especifica en la capacidad aeróbica, lo que nos hace pensar que el test lo llevó a una fatiga rápida, con una FC alta, a pesar de no haber llegado a una etapa donde se exprese alto esfuerzo, de lo que se podría inferir que se trata de un deportista sin condiciones para trabajar con mayor intensidad. López (2006) agrega que la zona aeróbica no estimulante se utiliza dentro del proceso de entrenamiento en deportes de baja intensidad y alto volumen, así la energética utilizada es la de los carbohidratos y los lípidos, que se corresponde con los valores de lactato que oscilan entre 2 a 4 mmol/l.

En el caso de la segunda zona utilizada se encuentran los 13 deportistas restantes, quienes lograron alcanzar etapas entre 8 y 12 en el test propuesto, con un VO_{2max} promedio de 55.81 ml/kg/min, FC de 196 ppm y una concentración de lactato de 11,7 mmol/l. Al relacionar las tres variables se puede advertir que se trata de un grupo de deportistas con un buen nivel de VO_{2max} , puesto que alcanzaron etapas en la prueba por encima de 8, lo que representa una capacidad aeróbica adecuada; además, la frecuencia cardiaca muestra un nivel de intensidad alta generada durante la prueba, que demuestra, de acuerdo con los rangos establecidos (170-206 ppm) que los estudiantes se esforzaron al límite de su capacidad de resistencia. Con relación a la variable lactato, los rangos que se establecieron (10,6-15 mmol/l) demuestran concentraciones

de lactato relativamente altas con relación al esfuerzo aplicado en la prueba. Según López (2006), la zona anaeróbica estimulante es un rango de entrenamiento en el cual se entrenan las capacidades anaeróbicas que se ubica entre 8 y 12 mmol/l de lactato.

En promedio, los valores encontrados en la concentración de lactato (Lac 2) en hombres está por debajo de los valores medios de lactato reportados por Engel, Härtel, Wagner, Strahler, Bös y Sperlich (2014) que indican 16,3 mmol/l en adultos durante un ejercicio de alta intensidad en cicloergómetro.

Individualmente se pudo apreciar a un deportista que alcanzó etapa 12, VO_{2max} de 62,58 ml/kg/min, concentración de lactato 14,4 mmol/l y frecuencia cardiaca, inmediatamente finalizada la prueba (FC2), de 205 ppm; estos datos describen a un deportista con buen desarrollo de la potencia aeróbica máxima, por lo tanto, con capacidad de ejecutar esfuerzos en la zona aeróbica-anaeróbica, que responde bien a esfuerzos anaeróbicos lácticos, que posee buena tolerancia y aprovecha de manera eficiente el ácido láctico. De acuerdo a lo planteado por Alonso *et al.*, (2012),

en relación con la eliminación o aclaramiento del ácido láctico, es imprescindible la capacidad del deportista de utilizar dicho producto como sustrato energético, por un lado, evitar la acumulación de metabolitos que produzcan fatiga y, por otro, aportar unas moléculas de ATP extras que ayuden a mantener la contracción muscular. (p. 95)

Esta apreciación, en consonancia con la preparación del deportista, suele dar pie a afirmar que una buena reutilización del lactato depende, en gran medida, del trabajo que se haga en la zona de tolerancia, lo que implica adaptar sus condiciones fisiológicas para generar energía a partir del ácido láctico, esto indica que sin una buena preparación física, especialmente en la zona adecuada, será difícil hacer que el deportista pueda alcanzar buena tolerancia al lactato y se pueda desempeñar satisfactoriamente en su presencia. Según Alonso *et al.* (2012):

dicha reutilización se produce de diversas maneras. Así, mediante el ciclo de Cori, el lactato pasa a la sangre y llega al hígado, donde es convertido en glucosa. Por otro lado, mediante la glucólisis lenta o aeróbica, el ácido láctico se convierte en piruvato, el cual es utilizado como sustrato en la oxidación de

la glucosa en el ciclo de Krebs [...], de este modo la capacidad del deportista de utilizar este tipo de medios, optimizada gracias al entrenamiento, es imprescindible para evitar la acumulación de ácido láctico y lograr así mantener la intensidad del esfuerzo por más tiempo. (p. 95)

En el caso de las mujeres, el comportamiento del lactato (lactato 2), la frecuencia cardiaca (FC2) y el VO_{2max} a través del desarrollo de la prueba (etapa alcanzada), que se muestran en la Tabla 4, presentan dos grupos en el rango de concentración de lactato: el primero conformado por dos mujeres (zona anaeróbica durmiente, correspondiente con cifras de lactato de 6 a 8 mmol/l, en esta zona no hay estímulo para el desarrollo de la capacidad anaeróbica pero sí existe un aumento de las posibilidades aeróbicas y el segundo por ocho (zona anaeróbica estimulante). Según esto, se encontró que el grupo dos se encuentra en mejor condición física que el grupo uno, lo que le permitió alcanzar mejores etapas en la prueba y, por tanto, mejores niveles de VO_{2max} (48,76 ml/kg/min) que, según la referencia de Astrand y Rodahl (1986), es muy buena. Además, se puede demostrar que el esfuerzo realizado por las deportistas fue alto, de acuerdo con la frecuencia cardiaca promedio alcanzada (188 ppm), lo que permite analizar que estas mujeres lograron llegar a esfuerzos de potencia aeróbica máxima y potencia anaeróbica submáxima y hasta casi máxima, lo que pudo haber llevado a mayor concentración de lactato a partir de su buena condición atlética.

Tanto en las mujeres como en los hombres la concentración de lactato en el rango superior fue de 15 mmol/l, relacionado, en este caso, con los deportistas que mejor VO_{2max} tienen, lo que lleva a pensar en la importante correlación que existe entre una buena condición física y la cantidad de ácido láctico que se puede acumular en el esfuerzo para poderlo soportar. Sin embargo, no es posible generalizar este comportamiento del lactato, puesto que hubo deportistas cuyo desempeño físico no fue el ideal y, no obstante, llegaron a concentrar niveles altos. Esta situación podría explicarse desde el ámbito deportivo, si se toma en cuenta el hecho de que el lactato puede ser reutilizado para generar energía durante el ejercicio y también durante la recuperación. Según Giraldo y Sánchez (1998), el músculo produce y consume lactato y al aumentar sus niveles en la sangre los músculos inactivos, y también otros tejidos, pueden

capturar y utilizar este ion. Además, se debe reconocer el hecho de que a través del entrenamiento se pueden modificar los mecanismos de aclaramiento del lactato, lo que conduce a ser un deportista con buena utilización y tolerancia al mismo. De ahí que se deba entrenar en la zona de tolerancia al lactato, más aún si hablamos de deportistas obligados por su deporte a trabajar, ya sea por momentos o de forma continua, en su presencia.

Con respecto a la prueba, los deportistas, en la medida en que aumentan las etapas, aumentan también la velocidad de desplazamiento (aumento progresivo), lo que señaló velocidades que estuvieron, para el caso de este grupo, entre 12 y 14 km/h, es decir, etapas 10 y 11. En ese momento de la prueba, el deportista ha demostrado buena capacidad aeróbica-anaeróbica, puesto que sus desplazamientos son más rápidos (4 y 5 segundos, en promedio, para recorrer 20 metros) y, por lo tanto, se encuentran haciendo esfuerzos ubicados en el umbral, esto lo hace llegar, por obvias razones, a esa zona donde la acumulación del lactato es superior a la capacidad que tiene el deportista de poder eliminarlo efectivamente, hasta llegar al punto de no ser capaz de contrarrestar el esfuerzo solicitado y, a la postre, a la finalización de la prueba.

De acuerdo con lo planteado por Sergeyeovich y Dmitriyevich (2001),

la concentración es tan alta (lactato en sangre mayor de 15-20 mmol/l) que las fibras musculares, especialmente las mitocondrias, no pueden funcionar en forma normal. En un trabajo de este tipo el rendimiento de los músculos se determina por la capacidad para superar o no en el tiempo los cambios de la acidosis. (p. 300)

En consonancia con lo anterior, los deportistas que son capaces de llegar en la prueba a una etapa elevada demuestran con ello, cada vez más, una mayor capacidad de resistencia que no solo se evidencia en el nivel de VO_{2max} , sino también en la asimilación con respecto al esfuerzo que se ha alcanzado gracias al entrenamiento y a los cambios que este genera en sus mecanismos fisiológicos para trabajar eficazmente. En el hígado, el lactato se puede convertir en glucosa, esta glucosa puede retornar al músculo y ser utilizada por este como fuente de energía que prolonga la glucólisis muscular (Ciclo de Cori), el lactato funciona entonces como un intermediario metabólico importante que puede rápidamente intercambiarse entre compartimentos musculares y entre diferentes tejidos.

En términos generales, el promedio de la concentración de lactato en la tercera muestra fue en mujeres de 6,8 y en hombres de 9,23 mmol/l, lo que significó una disminución de acuerdo con lo concentrado en la muestra 2, donde se evidenció el umbral. Estos niveles disminuyeron paulatinamente en la medida en que pasaron las horas y la recuperación se estableció más allá de los diez minutos determinados para la última muestra. De la misma forma, se encontró una recuperación satisfactoria de la frecuencia cardiaca promedio. El comportamiento tanto de la concentración del lactato como de la frecuencia cardiaca, a nivel general en los tres momentos, evidencia que a nivel de la concentración de lactato hubo un incremento del 640% postest con respecto a la muestra basal, y en la tercera muestra disminuyó 23,8% con respecto a la segunda. Mientras que la frecuencia cardiaca en el postest se incrementó en un 103% con respecto a las condiciones basales y posteriormente disminuyó en un 38% tras 10 minutos de reposo.

Conclusiones

El promedio general de la frecuencia cardiaca de los voleibolistas a nivel basal, posesfuerzo y en recuperación fue de 95, 193 y 119 ppm respectivamente. Lo que mostró que a nivel general el grupo presenta una adecuada recuperación.

Con respecto al VO_{2max} de la muestra evaluada, se observó un valor de 52,2 ml/kg/min en promedio, sin embargo, se presentó mayor consumo por parte de los hombres (55,1 ml/kg/min) con respecto a las mujeres (48,2 ml/kg/min).

Con relación a la concentración de lactato en función del momento de la toma de la muestra, los datos corroboran que existen diferencias entre las medias de la concentración de lactato entre la muestra basal, posesfuerzo y tras 10 minutos de reposo ($p < 0.05$), a nivel general y según el sexo. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas al comparar cada uno de los momentos (basal P-valor = 0,9542, postest P-valor = 0,3677, reposo P-valor = 0,0973) entre hombres y mujeres.

De acuerdo con el promedio de la concentración de lactato, a nivel basal, los deportistas se encontraban en la zona aeróbica compensadora.

Con respecto a la segunda muestra se observó que el 88% de los voleibolistas evaluados debido a su concentración de lactato, se encontraban en la zona anaeróbica estimulante.

En términos generales, el promedio de la concentración de lactato en la tercera muestra, es decir, tras diez minutos de reposo, presentó una disminución general del 23, 8%.

Referencias

- Ahonen, J., Lahtinen, T., Sandström, M., Pogliani, G., & Wirhed, R. (2001). *Kinesiología y anatomía aplicada a la actividad física*. Paidotribo.
- Alonso-Curiel, D., Campo-Vecino, J., Balsalobre, C., Tejero, C., & Ramírez-Parenteau, C. (2012). Respuesta láctica de atletas de élite ante un entrenamiento específico para la prueba. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 1(107), 90-96. <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFD/article/view/252858>
- American College of Sport Medicine (2006). *Resource Manual for Guidelines for Exercise and Prescription* (5ª. ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Astrand, P., & Rodahl, K. (1986). *Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise* (3ra ed.). McGraw-Hill.
- Atkins, P. (2007). *Las moléculas de Atkins*. Ediciones Akal.
- Balsalobre, C., Tejero, C., Campo, J., & Alonso, D. (2014). la exposición hipóxica como medio para aumentar el rendimiento deportivo: ¿mito o realidad? *Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y del deporte*, 14(53), 183-98. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54230508012>
- Cabral, B., Cabral, S., Toledo, I., Silva, P., Ferreira, H., & Knakfuss, M. (2011). Antropometría E Somatotipo: Factores determinantes na seleção de atletas no voleibol Brasileiro. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 33(3), 733-746. <http://revista.cbce.org.br/index.php/RBCE/article/view/1012/688>
- Earle, R., & Baechle, T. (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico* (2ª. ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Engel, F., Härtel, S., Wagner, M., Strahler, J., Bös, K., & Sperlich, B. (2014). Hormonal metabolic and cardiorespiratory responses of young and adult athletes to a single session of high-intensity cycle exercise. *Pediatric Exercise Science*, 26(4), 485-494.
- García-Cardona DM, Sánchez-Muñoz OE, Cabrera-Arismendy CE, Restrepo-Cortés B. (2017). Perfil lipídico, antropométrico y condición física de estudiantes deportistas universitarios. *Rev Univ. Salud*, 19(2), 267-279.
- Giraldo, J., & Sánchez, M. (1998). El lactato como posible factor del mecanismo de fatiga muscular. *Colombia Médica*, 29(2-3), 87-91. <http://colombiamedica.univalle.edu.co/index.php/comedica/article/view/95/94>

- Ivoilov, A. (1986). *Voleibol: técnica, táctica y entrenamiento*. Stadium.
- López, A. (2006). *Medicina del deporte: Control biomédico del entrenamiento deportivo y control morfo-funcional para diferentes niveles de preparación física*. Universidad Libre.
- López, A. (2009). *Control biomédico del entrenamiento en diferentes deportes y en deportistas de empresas* (1ª. ed.). Universidad Libre.
- López, P. (2002). *Mitos y falsas creencias en la práctica deportiva*. Barcelona: INDE.
- Norton, K., & Olds, T. (1996). *Antropométrica*. Southwood Press.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (2016). Obesidad y sobrepeso. *Nota descriptiva 311*(1).
- Pérez, Y., Portela, Y., Cantero, M., & Rodríguez, E. (2014). Características antropométricas de jugadores de voleibol en la Universidad de las Ciencias Informáticas. *EmásF: Revista Digital de Educación Física*, 5(30), 8-11.
- Ramos, S., Melo, L., & Alzate, D. (2007). *Evaluación antropométrica y motriz condicional de los escolares de 7 a 18 años de edad*. Universidad de Caldas.
- Sergeyevich, V., & Dmitriyevich, V. (2001). *Fisiología del deportista* (2ª. ed.). Paidotribo.
- Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J., & López-Grueso, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 17(2), 73-83. <http://renhyd.org/index.php/renhyd/article/view/14>
- Zanella, A., Mazini, M., Gama, D., De Oliveira, G., Costa, O., & Paula, S. (2015). Consumo máximo de oxígeno de jugadores de voleibol: comparação entre posições de jogo. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 9(54), 404-409. <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/846/719>

Esta página queda intencionalmente en blanco

Caracterización físico-funcional de jugadores de voleibol en la categoría menores (rama masculina)¹

4

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.04>

Sebastián Felipe Espinosa Acero², Diogo Rodrigues Bezerra³

Resumen

El voleibol es un deporte complejo donde el desarrollo de las capacidades físicas y coordinativas son primordial para la ejecución del gesto técnico. **Objetivo:** analizar las capacidades físicas en los jugadores de voleibol pertenecientes al Jumping Club de la categoría menores. **Métodos:** fueron evaluados 16 jugadores masculinos con un promedio de edad de 15.5 años, pertenecientes al Jumping Club. Las variables antropométricas — peso, estatura, índice de masa corporal, % de grasa, en las capacidades física consumo de oxígeno, velocidad de reacción, fuerza de miembros inferiores— fueron analizadas por posiciones auxiliar, opuesto, central y armador. **Resultados:** las variables antropométricas determinaron: peso 59.0 (6.4), estatura 1.71 (0.01) IMC 20.4 (2.01), % grasa 12.55(1.32) y % masa magra 50.8 (4.21); en el consumo de oxígeno en los jugadores auxiliares 42.9 (3.3), centrales 37.9 (2.5), opuesto 41.8 (3.1), armadores 41.8 (4.2); en la fuerza de miembros inferiores los centrales y auxiliares presentaron un promedio similar de 34.2 (3.4), por otra parte, los opuestos presentaron valores de 26.8 (2.2) y los armadores de 28.2 (2.3). **Conclusiones:** las variables antropométricas estatura y porcentaje de grasa pueden contribuir para un mejor desempeño en el voleibol, no obstante, las capacidades físicas consumo de oxígeno y fuerza de miembros inferiores influyen el gesto técnico en los jugadores de voleibol.

Palabras clave: capacidades físicas; fuerza; voleibol.

1 Texto original que se presenta como desarrollo de tesis de pregrado del Programa Licenciatura en Ciencias del Deporte de la Universidad Manuela Beltrán.

2 Estudiante programa: Licenciatura en Ciencias del Deporte de la Universidad Manuela Beltrán. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6997-1310>

3 Magister en Actividad Física y Salud, docente en el Programa de Licenciatura en Ciencias del Deporte de la Universidad Manuela Beltrán. Contacto: diogo.rodrigues@docentes.umb.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3001-7597>

Introducción

Uno de los principales factores para un mejor rendimiento en el voleibol son las variables antropométricas y las capacidades físicas para la óptima ejecución de los gestos técnicos y tácticos durante un partido de voleibol. El voleibol se beneficia de la aplicación de la antropometría, tanto por la evaluación de la composición corporal, que predice los rendimientos fisiológico y deportivo, como por las medidas sin procesar en fórmulas, como las longitudes y alturas, que pueden definir comportamientos mecánicos que sirven para determinar la posición más eficiente dentro del campo de juego.

Según Wegrich (1992), recibir el saque es una técnica crítica en voleibol, por ello, debe dominarse antes de que ningún equipo alcance un alto nivel de juego; además de la dificultad técnica, una capacidad física adecuada es primordial para la ejecución del saque, pues impacta en la forma de asegurar el control del balón.

El conocimiento, junto con las capacidades físicas, el talento, la técnica, la intuición y la motivación, puede ser mencionado como un factor determinante de la pericia deportiva. En el deporte, cualquier acción requiere un nivel de destreza técnica para poder ser ejecutada de forma eficaz, pero al existir una voluntad en la ejecución de esa acción, parece imprescindible la existencia de componentes cognitivos y físicos que permitan y posibiliten la mejor selección. La presente investigación busca caracterizar las capacidades físicas de los jugadores que integran el equipo masculino de voleibol, categoría Menores de Jumping Club.

Metodología

Diseño del estudio no experimental de corte transversal que fue realizado en un periodo corto de tiempo, pues no se realizó ningún tipo de experimento para la recolección de información; además la medición se realizó en un único momento, con el fin de describir, mediante la aplicación de los test y protocolos, las características físico-funcionales de la muestra de estudio.

Se empleó un enfoque cuantitativo, debido a que, según Hernández Sampiere (2006), se utiliza la recolección de datos, en este caso numéricos, y luego se realizan los análisis estadísticos. El alcance de esta investigación es descriptivo, busca dar cuenta del estado actual de las capacidades físicas en los jugadores del equipo de voleibol Jumping Club mediante la aplicación de los protocolos y test de medición.

Población

Se utiliza el censo de la población del equipo de voleibol Jumping Club de categoría menores en la rama masculina, que consta de 16 sujetos entre los 14 y los 17 años, y a partir de los criterios de exclusión se toma la población a intervenir. Criterios de exclusión: presentar problemas cardiorrespiratorios o no tener la ropa adecuada para la realización de los test.

Protocolos de medición

Composición corporal, test de bioimpedanciometría, se usa la impedancia eléctrica para medir la oposición al flujo de una corriente. La impedancia al flujo de corriente será mayor en individuos con grandes cantidades de tejido adiposo, dado que este es un conductor pobre de la electricidad debido a su bajo volumen de agua. Los tejidos acuosos con gran disolución de electrolitos (tejido muscular) serán grandes conductores eléctricos, no así la grasa y el hueso. Las medidas de impedancia se hallan estrechamente relacionadas con la cantidad de agua corporal total (Alvero *et al.*, 2009, p. 167).

Potencia (test de fuerza explosiva, *squat jump* de Bosco). Descripción: el sujeto ha de efectuar un salto vertical máximo partiendo con rodillas flexionadas a 90° con el tronco recto y las manos colocadas a la altura de la cintura (el salto se realiza sin contramovimiento ni ayudas de los brazos). Fuerza Miembros Inferiores (test de salto en contramovimiento, *counter movement jump* de Bosco), supone una variación del test anterior, ya que se opone a la acción de salto un rápido movimiento de flexo-extensión de piernas partiendo en posición de bipedestación.

Velocidad de reacción, test de Galton (objetivo: medir la velocidad de reacción con base en la coordinación viso-manual). Descripción: el deportista se sienta en una silla con la cara hacia el respaldo, apoya el brazo más hábil (dominante) del codo hasta la muñeca sobre el respaldo de la silla, la palma de la mano hacia adentro, los dedos estirados, el pulgar separado (mano semicerrada) y la vista fija en esta mano. VO_{2max} test de Leger (objetivo: determinar la potencia aeróbica máxima).

Dicha señal está calibrada de forma que la velocidad inicial de la carrera es de 8km/h y se incrementa en 0,5 km/h a intervalos de 1 minuto cada vez que suena la señal, el sujeto debe encontrarse en uno u otro extremo del trazado de 20 metros.

El consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) es estimado indirectamente, considerando el costo energético medio de la velocidad de carrera alcanzada en la última carga completa (estadio o “palier”) y la edad del sujeto, según la siguiente ecuación (Rodríguez & Guisad, 1992 citado por Agudelo & Avella, 2015): $VO_{2max} = 31,025 + 3,238*V - 3,248*e + 0,1536*v*e$

Consideraciones éticas

La coordinación del comité de ética en investigación CEI de la UMB, certifica que, en sesión extraordinaria desarrollada el 19 del mes de mayo del año 2017, aprobó el protocolo de investigación: Acta de evaluación N° 19-0519-2017, del día 19 del mes de mayo del año 2017. El protocolo cumple con los lineamientos establecidos en la legislación colombiana (Resolución 8430 de 1993) y se ajusta a los requerimientos técnicos establecidos en el manual operativo del CEI de la Universidad, de igual manera, se debe aclarar que el presente protocolo de investigación necesita consentimiento y asentimiento informado, según lo determinado en los artículos 14 y 15 de la misma resolución.

Análisis estadístico

Fue realizado test de normalidad de los datos para verificar si estos son paramétricos no paramétricos, con las pruebas de Shapiro-Wilk, con valores de $p < 0.05$ en los 16 atletas en las variables peso (kg), talla (cm), IMC, edad,

%grasa, % masa magra. Las variables de condición física fueron evaluadas por posiciones de juego: auxiliar, central, opuesto y armador y análisis Anova para comparaciones entre los grupos.

Resultados

Las variables fueron analizadas en la totalidad de los individuos (a cada individuo le correspondió un número de 1 a 16), luego se dividió el grupo en 4 posiciones de juego: auxiliar (7 individuos), central (3 individuos), opuesto (3 individuos) y armador (3 individuos), con el fin de señalar los aspectos más importantes de los resultados obtenidos mediante los test y protocolos aplicados.

Tabla 1. Características de las variables antropométricas en los jugadores pertenecientes al equipo Jumping club

Variables	Promedio (desviación estándar)
Edad cronológica (años)	15.3 ± 1.3
Peso (kg)	59.0 ± 6.4
Estatura (cm)	1.71 ± 0.01
IMC (kg/cm ²)	20.4 ± 2.01
% Graso	12.55 ± 1.32
% Masa Magra	50.8 ± 4.21

Fuente: elaboración propia

Se encontró un promedio de edad cronológica de 15.3 ± 1.3, en el peso de 59.0 ± 6.4 y % masa magra de 50.8 ± 4.21 en los jugadores de voleibol.

Tabla 2. Análisis del VO_{2max} por posiciones en los jugadores de voleibol

Variables	Promedio (desviación estándar)
Auxiliar	42.9 ± 3.3
Central	37.9 ± 2.5
Opuesto	41.8 ± 3.1
Amador	41.8 ± 4.2

Fuente: elaboración propia

En el test de Leger el VO_{2max} de los deportistas del equipo Jumping Club fue, en promedio, $41,5 \pm 5,1$ ml/min/kg; lograron llegar hasta la fase $6,3 \pm 1,7$. Los auxiliares poseen en promedio un VO_{2max} de $42,9 \pm 5,5$ ml/min/kg, llegaron en promedio a la fase $6,7 \pm 1,9$ del test, estos fueron los mejores resultados obtenidos por posición de juego.

La posición de central ocupó el desempeño más bajo en este test, con un promedio en los valores de VO_{2max} de $37,9 \pm 2,9$ ml/min/kg logrando alcanzar la fase 5 ± 1 del test. En la posición de opuesto los valores del VO_{2max} obtuvieron un promedio de $41,8 \pm 6,8$ ml/min/kg, llegando en promedio hasta la fase $6,3 \pm 2,3$.

En el test de Galton el equipo de voleibol Jumping Club obtuvo un promedio de $15 \pm 4,4$ cm, para la evaluación de la velocidad de reacción simple, lo cual los ubica por debajo de la media para este test.



Figura 1. Resultados test de Galton por posiciones de juego en el equipo Jumping Club.
Fuente: elaboración propia.

Los auxiliares, de nuevo, obtuvieron el mejor resultado promedio en la realización de este test, con $13,7 \pm 2,7$ cm. En la posición de los centrales se obtuvo el segundo mejor promedio, con un resultado de $14,3 \pm 3,5$ cm.

La posición de opuesto obtuvo un promedio de $17,8 \pm 7,5$ cm; en este grupo se sitúa el segundo mejor resultado individual: el sujeto número 4, con 9,7 cm; el resultado más deficiente el día de la toma fue de 24,3 cm.

La aplicación de los test de salto *contra movimiento* y *squat jump* arrojaron los siguientes resultados: la altura promedio en el salto de contra movimiento por equipo es de $33,7 \pm 6,8$ cm; por otra parte, en el *squat jump* el resultado promedio es $34,4 \pm 6,3$ cm.

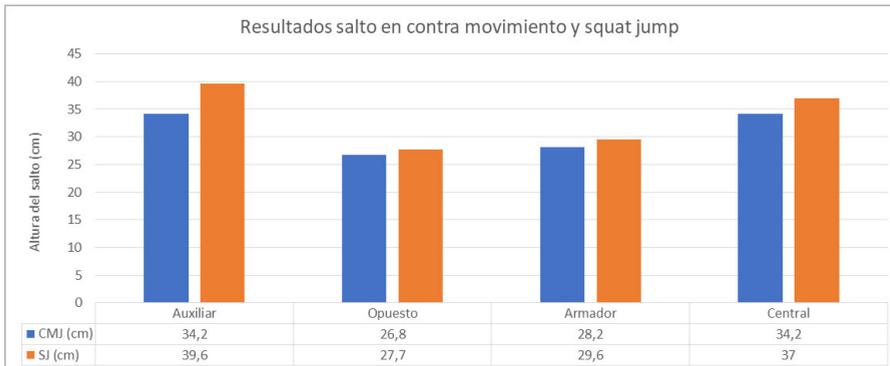


Figura 2. Resultados salto en contra movimiento y *squat jump* por posición de juego del equipo Jumping Club.

Fuente: elaboración propia.

Los auxiliares obtuvieron el mejor desempeño promedio en los dos tipos de salto, con un resultado de $38,8 \pm 6,7$ cm, en la prueba de salto en contra movimiento y $38,2 \pm 4,3$ cm en el *squat jump*. En esta posición se obtuvieron los 4 mejores resultados en ambos test de salto, en el salto en contra movimiento el mejor resultado lo obtuvo el sujeto número 7, con 50,2 cm, por otra parte, los sujetos número 1 y 2 alcanzaron en el *squat jump* los 49,2 cm.

Discusión

Los resultados de la medición de la talla indican que los centrales son los individuos más altos del equipo, con una altura de $1,82 \pm 0,1$ m, lo que corrobora lo propuesto por Toledo, Roquetti y Filho (2010), quienes hallaron que la altura promedio de los centrales es de 2,03 m, siendo estos los más espigados del equipo infantil-juvenil de la selección Brasil. La posición de opuesto ocupa el segundo lugar, con una talla promedio de $1,69 \pm 0,1$ m, al igual que en la investigación de Toledo, Roquetti y Filho (2010) donde la altura promedio del opuesto es de 1,98 m.

La bioimpedancia arrojó que los armadores y los opuestos poseen el IMC más alto con 22,2 (kg/m²) y 22,1 (kg/m²) respectivamente. En cuanto al porcentaje graso, los armadores y opuestos también cuentan con el porcentaje graso más elevado, los armadores poseen un 18,8%, mientras que el opuesto es de 17,8%. Toledo, Roquetti y Filho (2010) encontraron que su muestra, con edad promedio de 16 años, marcaba un porcentaje de grasa para los armadores de 14,6% y opuestos de 16,2 %, lo que indica que los jugadores del equipo Jumping Club cuentan con unos valores de porcentaje graso elevados.

Los centrales fueron quienes obtuvieron el porcentaje graso más bajo, con un promedio de 6,8%, lo que contrasta con el 18,3% hallado por Toledo, Roquetti y Filho (2010) en su grupo de centrales.

En cuanto a la masa magra, los centrales son quienes cuentan con el mayor valor, con un resultado de 56% ± 2,2, mientras que el valor más bajo lo ocuparon los auxiliares, con un resultado de 48,6% ± 3,9.

En el test de Leger los auxiliares obtuvieron el mejor desempeño en la prueba, alcanzando a llegar a un VO_{2max} de 42,9 ml/min/kg ± 5,5, y llegaron en promedio a la fase 6,7 ± 1,9 del test, lo que se interpreta como un VO_{2max} bueno (García Manso, J. M. *et al.*, 1996.) Los centrales fueron quienes obtuvieron el peor resultado, con VO_{2max} de 37,9l/min/kg ± 2,9, logrando alcanzar la fase 5 ± 1 del test, resultado que se interpreta como un VO_{2max} de la media (García, J. M. *et al.*, 1996).

Los resultados obtenidos en el test de Galton muestran que los auxiliares poseen una mayor velocidad de reacción que la obtenida por las demás posiciones, con un resultado de 13,7 cm ± 2,7 donde la media para este test en esta categoría es de 12,5 cm; la posición del opuesto tuvo una valoración de 17,8 cm ± 6,1 y fue la más baja.

Conclusiones

Los centrales son los individuos más altos con 1,82 m, poseen un IMC bajo para su edad y estatura, además el tejido adiposo tiene un porcentaje de 9,8%, el cual es bajo contrastado con la bibliografía encontrada. En cuanto a las capacidades físicas, obtuvieron el peor desempeño en el test de Leger con

un VO_{2max} de 37,9 ml/min/kg. En el test de potencia obtuvieron el segundo mejor desempeño, con un salto en contra movimiento de 34,2 cm y en *squat jump* de 37 cm. En el test de Galton obtuvieron el segundo mejor resultado con un desempeño de 14,3 cm.

Los auxiliares obtuvieron el mejor desempeño en los test físicos obteniendo un VO_{2max} de 42,9 ml/min/kg, una velocidad de reacción con un valor de 13,7 cm, un salto en contra de movimiento de 38,8 cm, y un *squat jump* de 38,2 cm. En cuanto a su composición corporal, su talla es de 1,69 m y su peso de 55,5 kg, lo que los ubica por debajo de los referentes encontrados a nivel internacional (Toledo, Roquetti & Filho, 2010).

En la posición del opuesto se encontró que son individuos con un promedio de peso de 62,5 kg y una estatura de 1,69 m, con unos valores de IMC de 22,1, lo que los ubica en un rango de normalidad. En cuanto a las pruebas físicas, obtuvieron un resultado de 41,8 ml/min/kg en los valores de VO_{2max} , ubicándose segundos junto a los armadores; en el test de Galton ocuparon el último lugar, con una velocidad de reacción de 17,8 cm; en las pruebas de salto también consiguieron el desempeño más bajo, con un salto en contra movimiento de 26,7 cm y en *squat jump* de 27,7 cm.

Referencias

- Agudelo, M., & Avella, R. (2015). Perfil físico de los esgrimistas en la modalidad sable pre-seleccionados para participar en los JJOO de la juventud 2018 del club de esgrima casa Gonzáles 2015. *Actividad física y deporte*, 1(2), 123-139. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/316/261>
- Almagia, A., Rodríguez, F., Barraza, F., Lizana, P., Ivanovic, D., & Binvignat, O. (2009). Perfil antropométrico de jugadores profesionales de voleibol sudamericano. *International Journal of Morphology*, 27(1), 53-57. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v27n1/art10.pdf>
- Alvero, J., Cabañas, M., Herrero, A., Martínez, L., Moreno, C., Porta, J., Sillero, M., & Sirvent, J. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de medicina del deporte*, 26(131), 166-179. <http://femede.es/documentos/ConsensoCine131.pdf>
- Avella, R., Maldonado, C., & Ramos, S. (2015). *Entrenamiento deportivo con Niños*. Editorial Kinesis.
- Avloniti, A., Douda, H., Pilanidis, T., & Tokmakidis, S. (2001). Kinanthropometry and body composition of female athletes in various sports during growth. *Sport Science*.

- Blazquez, D. (1999). *La iniciación deportiva y el deporte escolar*. Inde.
- Grgantov, Z., Milić, M., & Padulo, J. (2016). Metric characteristics of the step hop test in young female volleyball players. *Sport science*, 9(2), 82-87.
- Grosser, M. (1991). *Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme*. BLV Verlagsges.
- Guaraca, P. (2011). *Metodología para el desarrollo del entrenamiento deportivo de voleibol en la categoría inferior (14 años) del colegio Manuela Garaicoa de Calderón* [tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1237>
- Hernández Sampiere, R. (2006). *Metodología de la investigación* (5ª edición). McGraw-Hill Interamericana.
- Ministerio de Salud (1993, 04 de octubre). *Resolución 8430. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- Moreno, A., Moreno, E., & Jaramillo, C. (2010). Caracterización de deportistas universitarios de karate do, baloncesto y voleibol. *Edu-Física.com. Revista de Ciencias Aplicadas del Deporte*, 12, pp. 1-20.
- Perez, O., Borges, Y., & Rangel, M. (2015). Selección de indicadores para la caracterización individual del talento deportivo en la etapa de detección en el voleibol. *Revista Digital de Educación Física y Deportes*, 20(202), 1514-3465. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5575665>
- Rodríguez, P. (s.f). *Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración*. <https://vdocuments.mx/fuerza-su-clasificacion-y-pruebas-de-valoracion.html>
- Salfran, C., & Figueredo, Y. (2012). La resistencia como capacidad condicional del voleibol. *Revista Digital EFDeportes*, 16(164). <https://www.efdeportes.com/efd164/la-resistencia-en-el-voleibol.htm>
- Sanchez, J., Blázquez, F., Gonzalo, A., & Yagüe, J. (2005). La resistencia a la velocidad como factor condicionante del rendimiento del futbolista. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 3(81), 47-60. <https://www.raco.cat/index.php/ApuntsEFD/article/view/300935/390381>
- Santana, J., Navelo, R., Perdonomo, A., & Morales, J. (2002). Programa de preparación del deportista de voleibol. La Habana: Federación Cubana de Voleibol & Comisión Nacional de Voleibol. <https://studylib.es/doc/5536198/programa-de-preparacion-de-deportista-de-voleibol>
- Sheppard, J., Gabbett, T., & Reeberg, L. (2010). An analysis of playing positions in elite international men's volleyball: considerations for competition demands and physiologic characteristics. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 1858-1866.
- Toledo, C., Roquetti, P., & Filho, J. (2010). Analisis del perfil antropometrico de jugadores de la seleccion brasileña de voleibol infanto juvenil. *International Journal of Morphology*, 28(4), 1035-1041. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v28n4/art09.pdf>
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Paidotribo.
- Wegrich, R. (1992). Recepción del servicio. En Bertucci, B. (Ed.), *Guía de voleibol de la Asociación de Entrenadores Americanos* (pp. 143-168). Paidotribo.

Dermatoglifia y fútbol: una revisión sistemática

| 5

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.05>

*Yenny Paola Argüello Gutiérrez¹, Laura Carolina Moreno²,
Laura Elizabeth Castro Jiménez³, Paula Janyn Melo Buitrago⁴*

Resumen

Introducción: los procesos de selección deportiva no siempre están soportados en recursos científicos y tecnológicos suficientes, por lo cual se convierten en una tarea ardua y dispendiosa para los entrenadores e integrantes del equipo interdisciplinario; dicho esto, es necesario la utilización de diferentes técnicas y herramientas que faciliten tales procesos, como la dermatoglifia, la cual, a través del análisis de las impresiones digitales, permite evidenciar cualidades físicas en los sujetos evaluados. **Objetivo:** conocer el uso de la dermatoglifia en futbolistas reportado en la literatura a nivel mundial. **Materiales y métodos:** revisión tipo sistemática en las bases de datos de Pubmed, Sportdiscus, Science Direct, Biblioteca Virtual de salud (bvs), ProQuest, Scopus y Web of Science utilizando ecuación de búsqueda con palabras claves (*Medical Subject Headings -MeSH*), en donde se tomaron en cuenta estudios originales. Se categorizaron y evaluaron con Escala sign (Scottish Intercollegiate Guidelines Network). **Resultados:** se revisó un total de 11 artículos producto de la ecuación de búsqueda. Se evaluaron de acuerdo con tres categorías (1: incluidos en el estudio; 2: incluidos para favorecer el rastreo de artículos originales y 3: excluidos del estudio) obteniendo en la categoría 1: 6 artículos; en la categoría 2: 5

1 Fisioterapeuta. Magíster en Fisiología. Docente Investigadora Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: yenniarguello@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8335-4936>

2 Estudiante del programa Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación. Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: laura.moreno@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1528-3133>

3 Fisioterapeuta. Magister en Salud Pública. Doctorando en Humanidades, Humanismo y Persona. Docente Investigadora Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: laura.castro@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5166-8084>

4 Licenciada en Educación Física, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Educación con énfasis en Pedagogía del Entrenamiento Deportivo. Coordinadora de Investigaciones Facultad de Educación Física militar. Grupo de investigación RENFIMIL - Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova. Contacto: paula.melo@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3492-7985>

artículos; y ningún artículo en la categoría 3. Todos los artículos de la categoría 1 tienen un nivel de evidencia 3 y un grado de recomendación D. **Conclusiones:** la dermatoglia es una herramienta de gran utilidad para la selección de talentos deportivos y el mejoramiento direccionado y específico de las cualidades físicas de los deportistas. A su vez, se pueden tipificar las cualidades de mejor desarrollo en el deportista y con esto guiar la elección de un deporte y su ubicación en una posición específica para el deporte seleccionado. Es necesario realizar más investigaciones que nos permitan contar con perfiles para las diferentes modalidades deportivas.

Palabras clave: aptitud física; dermatoglia; fútbol.

Introducción

En la actualidad, muchos jóvenes quieren vincularse a diferentes modalidades deportivas que para desarrollar diversas habilidades motrices, las cuales forman un conjunto de aptitudes o capacidades físicas, propias de cada uno, que pueden ser modificables con el entrenamiento (Hincapié, Arias, Serna & Toro, 2009). Sin embargo, muchos de ellos eligen erróneamente no solo el deporte sino también su rol como jugador. De igual manera, los entrenadores se ven obligados a llevar un proceso arduo y dispendioso de selección de talentos, el cual no se fundamenta en los recursos científicos y tecnológicos necesarios. Según (Lorenzo, Jiménez, Gómez & Callega, 2013):

Son muchos los deportistas jóvenes que presentan el potencial para poder obtener rendimientos elevados. Sin embargo, son muy pocos los que alcanzan un nivel internacional. Conseguir la excelencia en el deporte requiere grandes esfuerzos, recursos y tiempo. Cualquier pequeño avance, cualquier mínimo detalle que ayude a mejorar dicho proceso, que aumente las opciones de éxito de los distintos programas formativos, será excepcionalmente valorado por los entrenadores, deportistas y gestores. (p. 2)

Por otro lado, el entrenamiento deportivo busca diferentes métodos y medios para poder involucrar nuevas estrategias que faciliten la detección de talentos, es decir, que abarquen gran parte de los procesos de desarrollo desde etapas de iniciación, en donde el niño comienza a involucrarse en su función deportiva, hasta la etapa juvenil, cuando ya tiene las bases suficientes para potencializar su deporte. Es por ello que, según (Ayala & Benavides, 2014),

el entrenamiento deportivo busca encontrar a aquellas personas que serán capaces de desarrollar sus capacidades en un nivel superior al promedio en las diferentes fases del proceso de formación deportiva: iniciación, desarrollo, perfeccionamiento, rendimiento y culminación.

Para comenzar a entender lo referente a la dermatoglifía, Fernandes (1997) explica que está directamente relacionada con el análisis de las crestas de las huellas palmares y cómo, por medio de las diferentes figuras dactilares, se pueden establecer características morfológicas y cualidades físicas en los deportistas que, a su vez, en el entrenamiento deportivo, se puedan potencializar de forma específica. Entendiendo concretamente los beneficios del uso de esta tecnología, Rodríguez, Montenegro y Petro (2017) afirman que la dermatoglifía podría facilitar los diversos procesos de selección deportiva y adicionalmente orientar una prescripción del ejercicio adaptada al individuo, de tal forma que mejore los resultados que se espera obtener a nivel competitivo.

Es por esto que a través de las investigaciones, se ha evidenciado que el estudio de la dermatoglifía es utilizado por diferentes campos como el criminalístico, médico y genético; y en menor grado en el campo deportivo, reconociendo que contribuye en la facilitación de los procesos deportivos, detección de talentos, mejoramiento de aptitudes físicas y programación del entrenamiento, entendiéndolo como un proceso individualizado que tiene en cuenta las condiciones del deportista durante todo el tiempo de entrenamiento y la aplicación de cargas fisiológicas más adecuadas (Cunha, Cunha, Trevisan & Silva, 2006). Esto, debido a que en la lectura de la dermatoglifía se pueden identificar cualidades físicas generales y que como lo indica (Lorenzo, Jiménez, Gómez & Calleja, 2013),

los factores genéticos determinan aspectos como a) las características de personalidad asociadas con la capacidad competitiva de la persona o el control emocional; b) las características antropométricas del deportista; c) las habilidades motoras, como la velocidad, la potencia, la agilidad o la flexibilidad; o, d) la salud y la ausencia de trastornos crónicos que imposibiliten la práctica deportiva. (p.3)

El genotipo del individuo se evidencia desde el nacimiento, por lo cual es importante identificarlo para programar un entrenamiento sistemático en la

etapa infantil, para evitar gastos temporales y económicos innecesarios y que muchas veces son excesivos (Lorenzo & Calleja, 2010). De igual manera, se podrá hacer un aprovechamiento amplio de las capacidades físicas e individuales de los deportistas, lo que facilita muchos procesos de adaptación.

Dentro de los diferentes hallazgos evidenciados en la literatura científica se puede establecer que gracias a la dermatoglia se puede determinar el potencial para la manifestación de cualidades físicas como la fuerza, la resistencia y la coordinación (Leiva, Melo & Gil, 2011). En este aspecto, se reporta que deportes cíclicos de velocidad a la fuerza, es decir, aquellos deportes donde la realización de las máximas posibilidades físicas se efectúa en periodos cortos de tiempo y que además presentan una limitada exigencia coordinativa, se asocia con los más sencillos dibujos dactilares (arcos y presillas) y menor número de crestas. De otro lado, los dibujos dactilares más complejos y con el mayor número de crestas son propios de aquellos deportes con altas exigencias coordinativas. Una posición intermedia en relación con la complejidad de los dibujos dactilares y el número de crestas es propia de los deportes orientados a la resistencia (Abramova, 2003).

De acuerdo con algunas revisiones sistemáticas acerca de la relación entre la dermatoglia con el ámbito deportivo, los autores Rodríguez, Montenegro y Petro (2017) aseveran que en Colombia existen pocas investigaciones que expliquen el fenómeno del potencial genético por medio del estudio de la dermatoglia deportiva. Dicho lo anterior, se puede establecer que de las pocas investigaciones que existen a nivel deportivo, el fútbol femenino no figura dentro de estas, generando así una necesidad de conocer las características que se relacionan con este tipo de investigación.

Además, los procesos deportivos de selección se han convertido en un aspecto fundamental para las diferentes instituciones y escuelas, ya que la rigurosidad frente a la selección de talentos es indispensable para el éxito deportivo. Es por esto que grandes escuelas, clubes, etc., han comenzado a implementar nuevas opciones para las elecciones de deportistas para evitar mucho tiempo y trabajo en todo el proceso. Por otro lado, se evidencia la gran cantidad de modalidades deportivas a las que están expuestos los niños, lo que complica

mucho la decisión por parte de ellos y de sus padres, quienes también tienen bastantes gastos a nivel económico por esa indecisión.

Frente a las situaciones expuestas anteriormente, la dermatoglifia a nivel deportivo es un medio tecnológico que acompaña los procesos de selección deportiva apoyando la facilitación del rendimiento de los deportistas, identificando las falencias de sus capacidades físicas y de las condiciones que pueden afectar los procesos deportivos. De igual manera, hay que tener en cuenta que las capacidades físicas, que son evaluadas a través de diferentes test, pueden mejorarse después de realizar las investigaciones pertinentes.

Dentro de los muchos deportes practicados a nivel mundial, el más relevante es el fútbol, con más de 265 millones de practicantes entre hombres y mujeres, según la gran encuesta realizada por la fifa en el 2006 (fifa, 2007), demostrando un aumento cada vez mayor de participantes, televidentes y deportistas. Sin embargo, el deporte en su rama femenina no ha tenido un gran auge comparado con el masculino, según lo que reflejan las investigaciones realizadas para este grupo en concreto, por lo que se espera, también, obtener resultados de la literatura científica en el fútbol femenino.

Luego de analizar la importancia que la dermatoglifia tiene frente al aspecto deportivo —más específicamente en el fútbol, y cómo su uso tecnológico brinda una ayuda incondicional no solo a los entrenadores sino también al deportista—, se ha decidido realizar una investigación en el fútbol, debido a la poca investigación relevante que existe sobre el tema, por ello, el objetivo de esta investigación es conocer el uso de la dermatoglifia en futbolistas reportado en la literatura a nivel mundial.

Materiales y métodos

Esta investigación fue documental, se realizó la revisión sistemática de estudios a nivel mundial con el fin de conocer el uso de la dermatoglifia en futbolistas. Para ello se hizo una búsqueda a través de una fórmula que contenía todas las palabras clave (ver Tabla 1). Esta pesquisa fue realizada en las bases de datos de Pubmed, Sportdiscus, Science Direct, ProQuest, Biblioteca Virtual de Salud (BVS), Scopus y Web of Science, empleando como descriptores

para orientar la búsqueda con el conjunto de términos del Medical Subject Headings (MeSH).

Tabla 1. Ecuación de búsqueda

("dermatoglyphics"[MeSH Terms] OR "dermatoglyphics"[All Fields]) AND ("soccer"[MeSH Terms] OR "soccer"[All Fields])

Fuente: elaboración propia (2018).

Después de tener los resultados producto de la ecuación de búsqueda en las diferentes bases de datos, se almacenó en un formulario de Excel en el que se detalló título, autor, revista, tipo de estudio, población, lugar, resumen del estudio y hallazgos desde la dermatoglyphia. Posterior a ello, se leyeron todos los resúmenes y se clasificaron los artículos en tres categorías de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión: estudios originales o primarios que utilicen la dermatoglyphia en selecciones de fútbol. Artículos completos y de descarga gratuita, estudios analíticos con cualquier periodo de seguimiento a nivel nacional e internacional y estudios experimentales publicados en revistas indexadas. No obstante, se indicó explícitamente que no se aceptó cualquier estudio empírico. Los estudios que cumplieran con este requerimiento fueron categorizados en 1.

Las revisiones sistemáticas no se consideraron para la abstracción de datos, pero los artículos se clasificaron como categoría 2, para identificar los estudios originales pertinentes y dar sustento a la discusión e introducción. Los artículos tipo revisión sistemática se utilizaron para rastrear los artículos originales, los cuales se buscaron y evaluaron. Así mismo, se categorizaron como artículos tipo 2 aquellos que utilizaron la dermatoglyphia en otras modalidades deportivas.

Fueron excluidos aquellos estudios cuya metodología no era explícita, no describieron a la población sujeto de estudio, o no expresaban claramente la utilización de la dermatoglyphia, estos estudios fueron clasificados en la categoría 3.

El resultado de la aplicación de estos criterios de búsqueda en la base de información se verificó posteriormente y se elaboró una lista única, sin duplicados, de referencias bibliográficas de artículos publicados. Una vez fueron

identificados y obtenidos los artículos de interés, se dio inicio al proceso de obtención y síntesis de los datos; para esto se evaluó cada uno de los artículos de acuerdo con la escala sign (Primo, 2003) y se emitió un concepto con respecto a niveles de evidencia y grados de recomendación.

Resultados

Después de la búsqueda en las bases de datos, se revisó un total de 11 artículos producto de la ecuación de búsqueda. Se evaluaron de acuerdo con las tres categorías, en la categoría 1: 6 artículos; en la categoría 2: 5 artículos; y en la categoría 3: ningún artículo (ver Tabla 2).

Tabla 2. Artículos resultados de ecuación de búsqueda

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Total
Pubmed	0	0	0	0
Sportdiscus	2	0	0	2
Science Direct	2	3	0	5
Biblioteca Virtual de Salud (bvs)	0	0	0	0
ProQuest	2	2	0	4
Scopus	0	0	0	0
Web of Science	0	0	0	0
Total	6	5	0	11

Fuente: elaboración propia (2018).

De los 6 artículos categorizados como 1 se procedió a evaluar los niveles de evidencia y de recomendación, encontrando que todos son de nivel de evidencia 3 y de nivel de recomendación tipo D (ver Tabla 3).

Tabla 3. Evaluación de artículos de acuerdo con el nivel de evidencia y recomendación

Título	Revista	Nivel de evidencia	Nivel de recomendación
“A dermatoglia e a somatotipologia no alto rendimento do beach soccer - seleção brasileira”.	<i>Revista de Educação Física</i>	3	D
“Relación de los índices dermatoglíficos con evaluación isocinética y la ergometría con consumo de oxígeno”.	<i>Fitness & Performance</i>	3	D
“Perfil dermatoglífico en futbolistas de proyección del club deportivo ñublense de Chillán”.	<i>Revista Electrónica de Investigación Educativa</i>	3	D
“Somatotipo y dermatoglia dactilar en futbolistas mexicanos”.	<i>Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad física y el Deporte</i>	3	D
“A dermatoglia no futsal brasileiro de alto rendimento”.	<i>Fitness & Performance</i>	3	D
“Dermatoglia analysis for selection and training of sports talents”.	<i>International Organization of Scientific Research Journal of Pharmacy and Biological Sciences</i>	3	D

Fuente: elaboración propia (2018).

A continuación, se mencionará lo encontrado con relación a la utilización de la dermatoglia en el fútbol (ver Tabla 4).

Tabla 4. Descripción de variables

Artículo	Lugar	Población	Datos de dermatoglia
“A dermatoglia e a somatotipologia no alto rendimento do beach soccer - seleção brasileira”.	Brasil	12 atletas de sexo masculino, de alto rendimiento deportivo.	<p>Arcos: 0,25+ 0,87 Presillas: 4,9 + 2,61 Verticilos: 4,8 + 2,76 SQTL: 131,4 + 32,22 D10: 14,6 + 3,15</p> <p>Predisposición a la resistencia de velocidad, potencia y niveles superiores de coordinación.</p> <p>De forma particular, la posición de “delanteros” obtuvo un valor de D10: 16,8, lo que significa mayor coordinación y se convierte en mediador para otras cualidades como fuerza, velocidad y resistencia.</p>
“Relación de los índices dermatoglficos con evaluación isocinética y la ergometría con consumo de oxígeno”.	Brasil	28 atletas de fútbol profesional, del sexo masculino del Fluminense F. C.	No reporta.
“Perfil dermatoglfico en futbolistas de proyección del club deportivo ñublense de Chillán”.	Chile	16 futbolistas de proyección del Club Deportivo Ñublense de la ciudad de Chillán.	<p>Arco: 19% Presilla: 57% Verticilo: 24% D10: 9,6 ± 0,83 SQTL: 117,7 ± 16,15</p> <p>Predisposición a la velocidad y fuerza explosiva que es competente con modalidades deportivas de alta potencia y tiempo corto de duración. Menor predisposición hacia la coordinación, resistencia y agilidad.</p>

Continúa tabla...

Artículo	Lugar	Población	Datos de dermatoglfía
“Somatotipo y dermatoglfía dactilar en futbolistas mexicanos”.	México	49 jugadores profesionales del género masculino de la segunda y tercera división de fútbol, pertenecientes al equipo Potros de la uam.	Dermatoglfía tipo II y III (Silva, Mestrando & Fernandes, 2004) correspondientes a fuerza, fuerza explosiva y velocidad, fueron las más prevalentes.
“A dermatoglfía no futsal brasileiro de alto rendimiento”.	Brasil	Atletas de alto rendimiento deportivo de género masculino (66 participantes de la Liga Nacional 2001 y 11 participantes de la selección brasileira adulta de fútbol, convocados en el 2004)	Arcos: 0,31 Presillas: 6,86 Verticilos: 2,83 SQT: 129,83 D10: 12,52
“Dermatoglfication analysis for selection and training of sports talents”.	Brasil	24 atletas de la categoría sub-16, que pertenecen al Centro Atlético Palmeiras (atletas nacidos en 1994 y 1995)	Según la posición de juego se determinaron las siguientes características: Defensores y laterales, predominio de características de dermatoglfía relacionadas con coordinación, resistencia a la velocidad y agilidad. Los atacantes con velocidad y fuerza explosiva y los porteros relacionados con velocidad, fuerza y fuerza explosiva.

Fuente: elaboración propia (2018).

Discusión

La dermatoglfía constituye una herramienta de mucha utilidad para la determinación de cualidades físicas, lo que contribuye a una mejor selección

de talentos deportivos. En el caso del fútbol, permite tanto a los jugadores como al entrenador establecer las condiciones ideales para el desarrollo de los procesos de entrenamiento y la configuración de alto rendimiento.

A través del estudio (cuantificación) de las huellas dactilares se establecen ciertos indicadores según la metodología propuesta por Midlo y Cummis (1942 citado por Morales, 2014) el $D10 = \sum L + 2\sum W$; donde: Arcos (A) 0 puntos (por eso no aparecen en la ecuación), Presillas (L) 1 punto, Verticilos (W) 2 puntos. A partir de este valor, se ha establecido que el bajo nivel de D10, el aumento de la parcela de dibujos simples (A, L), la disminución de la parcela de dibujos complejos (W, S) y el aumento del SCTL son todos propios de las modalidades deportivas con alta potencia y tiempo corto de realización. Por otro lado, el alto nivel de D10, la falta de arco (A), el aumento de la parcela de W y el aumento del SCTL caracterizan modalidades deportivas y las diferencian en grupos de resistencia de velocidad (Fazolo *et al.*, 2005); tal como lo refieren en su estudio Almeida, Fernandes y Silva (2005). Así mismo, se encuentran niveles altos de D10 en modalidades deportivas, donde la propiocepción juega un papel predominante (Hernández *et al.*, 2013).

Por su parte, Hernández *et al.* (2013) refieren que el nivel bajo del índice delta (D10), y el aumento de diseños de arco (A) y Presilla (L), así como la disminución de diseños Verticilo (W), y la disminución de la sumatoria total de la cantidad de líneas en todos los dedos (sctl), son indicadores de mayor predisposición al desarrollo de la calidad física de velocidad, compatible con modalidades deportivas, de potencia y tiempos cortos de duración (Fazolo *et al.*, 2005).

En algunos de los estudios consultados se hacía referencia al somatotipo de los deportistas, en lo que coincidieron Juárez-Toledo *et al.* (2004) y Fazolo *et al.* (2005) al referir que los futbolistas evaluados en cada uno de sus estudios son mesomorfo balanceado independiente de la posición de juego que ocupen.

Conclusiones y recomendaciones

La dermatoglia se convierte en una ayuda tecnológica fundamental para la detección y selección de talentos deportivos; además, permite la opti-

mización de las cualidades físicas en el entrenamiento deportivo de manera direccionada.

La determinación de los indicadores dermatoglíficos en el fútbol permite diferenciar cualidades físicas que propendan por una ubicación en cada posición de juego más acorde a las condiciones genotípicas de los futbolistas.

Se debe continuar con la investigación en este tema, pues resultaría muy provechoso realizar una sistematización de los perfiles dermatoglíficos para cada posición, así como poder establecer relaciones entre variables de interés del desarrollo de los futbolistas, derivados de las evaluaciones funcionales y los indicadores dermatoglíficos.

Referencias

- Abramova, T. (2003). *Dermatoglifia dactilar y capacidades físicas* [tesis doctoral]. Instituto Ruso de investigaciones en Cultura Física y Deporte.
- Almeida, M., Fernandes, J., & Silva, P. (2005). Relación de los índices dermatoglíficos con evaluación isocinética y la ergometría con consumo de oxígeno. *Fitness & Performance*, 4(2), 101-106.
- Ayala, M., & Benavides, L. (2014). *Detección y selección de los talentos deportivos. Comparación de los programas utilizados por los clubes de fútbol en Bogotá* [tesis de pregrado]. Universidad Santo Tomás.
- Cunha, A., Cunha, A., Trevisan, A., & Silva, P. (2006). Características dermatoglíficas, psicológicas y fisiológicas de la selección brasileña femenina absoluta de balonmano. *Fitness & Performance Journal*, 5(2), 81-86.
- Fazolo, E., Cardoso, P., Tuche, W., Menezes, I., Teixeira, M., Portal, M., Nunes, R., Costa, G., Silva, P., & Fernandes, J. (2005). A dermatoglifia e a somatotipologia no alto rendimento de beach soccer - seleção brasileira. *Revista de Educação Física*, (130), 45-51.
- Fernandes, J. (1997). *Dermatoglifia dactilar, marcadores genéticos y selección en deportes de conjunto y combate (en deportistas brasileiros)* [tesis doctoral]. Instituto de Investigación Científica de Cultura Física y Deportes de Rusia.
- FIFA (mayo, 2007). Big Count 2006: 270 millones de jugadores en activo. FIFA.com. <https://es.fifa.com/media/news/y=2007/m=5/news=big-count-2006-270-millones-jugadores-activo-529409.html>
- Hernández, C., Ibarra, J., Retamales, F., Valenzuela, R., Hernández, D., & Fernandes, J. (2013). Perfil dermatoglífico en futbolistas de proyección del Club Deportivo Ñublense de Chillan. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 1-10.
- Hincapié, S., Arias, O., Serna, A., & Toro, J. (2009). *Caracterización de las cualidades físicas en estudiantes que practican fútbol sala de la Universidad CES - Medellín 2010* (Tesis de pregrado). Universidad CES – UAM.

- Juárez-Toledo, L., Domínguez-García, M., Laguna-Camacho, A., Sotomayor-Serrano, N., & Balbás-Lara, F. (2004). Somatotipo y dermatoglia dactilar en futbolistas mexicanos. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 18(70), 383-393.
- Leiva, J., Melo, P., & Gil, M. (2011). Dermatoglia dactilar, orientación y selección deportiva. *Revista Científica General José María Córdova*, 9(9), 287-300.
- Lorenzo, A., & Calleja, J. (2010). *Factores condicionantes del desarrollo deportivo*. Diputación Foral de Bizkaia & Dirección General de Deportes.
- Lorenzo, A., Jiménez, S., Gómez, M., & Calleja, J. (2013). *Detección y desarrollo del talento deportivo: el estado del arte*. Ponencia en Congreso Internacional en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Investigación, Desarrollo e Innovación en el ámbito del Deporte, España.
- Morales, S. (2014). Genética Deportiva. *Atlantic International University*, 1-16.
- Primo, J. (2003). Niveles de evidencia y grados de recomendación (I/II). *Enfermedad Inflamatoria Intestinal al día*, 2(2), 39-42.
- Rodríguez, A., Montenegro, O., & Petro, J. (2017). Perfil dermatoglífico y condición física de jugadores adolescentes de fútbol. *Educación Física y Ciencia*, 19(2), 1-12.
- Silva, P., Mestrando, L., & Fernandes, J. (2004). A dermatoglia no futsal brasileiro de alto rendimento. *Fitness & Performance Journal*, 3(3), 136-142. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2954366>

Esta página queda intencionalmente en blanco

Estudio hermenéutico del entrenamiento Físico militar a nivel mundial

6

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.06>

Ana Isabel García Muñoz¹, Paula Janyn Melo Buitrago², Laura Elizabeth Castro Jiménez³, Daniel Fernando Aparicio Gómez⁴

Resumen

Objetivo: develar los principales logros y limitaciones que se evidencian en publicaciones científicas sobre el entrenamiento físico militar en los últimos 10 años, mediante un estudio hermenéutico. **Metodología:** se planteó un estudio con enfoque cualitativo desde una postura crítico-hermenéutica, siguiendo el modelo de revisión ampliada de la literatura; para la selección de los artículos se tuvo en cuenta criterios de inclusión y exclusión con una ventana de observación de los últimos 10 años, aplicando una ecuación de búsqueda utilizando términos MeSH en las bases de datos Pubmed, Biblioteca Virtual de salud (Lilacs, Scielo, Cochrane) y Scopus. Luego se realizó la sistematización de los artículos en una matriz de Excel definiendo en cada artículo de manera relevante si se relacionaba con la categoría de análisis, que corresponde al entrenamiento físico militar. **Resultados:** la búsqueda inicial dio como resultado 570 artículos, de los cuales 18 de Pubmed, 7 de la Biblioteca virtual de salud y 5 de Scopus fueron seleccionados para el análisis. Como categorías emergentes se identificaron: características del entrenamiento militar, objetivos del entrenamiento militar, métodos del entrenamiento y lesiones, evaluación del efecto del entrenamiento y adelantos tecnológicos. **Conclusiones:** los logros observados con el

1 Terapeuta respiratoria, especialista en Rehabilitación cardiopulmonar, especialista en docencia universitaria. Magister en desarrollo educativo y social. Grupo de Investigación RENFIMIL, Escuela Militar de cadetes General José María Córdova. Contacto: ana.garcia@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4455-4534>

2 Licenciada en Educación Física, Especialista en Docencia Universitaria, Magister Educación con énfasis en Pedagogía del Entrenamiento Deportivo. Coordinadora de Investigaciones Facultad de Educación Física militar. Grupo de investigación RENFIMIL - Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova. Contacto: paula.melo@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3492-7985>

3 Fisioterapeuta. Magister en Salud Pública. Doctorando en Humanidades, Humanismo y Persona. Docente Investigadora Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: laura.castro@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5166-8084>

4 Médico, Especialista en medicina del deporte. Magister en Ciencias y Tecnologías del Deporte y la Actividad Física. Grupo de investigación RENFIMIL, Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova. Contacto: daniel.aparicio@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5574-7580>

entrenamiento militar dependen del tipo, frecuencia, intensidad y duración del mismo, así como de las características del contexto donde se realicen, lo que, en muchos casos, es un aspecto que se convierte en una limitante, como lo es también la indumentaria que en algunas ocasiones se debe usar y los cortos periodos de sueño y descanso.

Palabras clave: educación; entrenamiento físico; personal militar; revisión.

Introducción

El entrenamiento físico militar busca la afinación de las cualidades morfofuncionales de sus hombres y mujeres en pro de optimizar su rendimiento terrestre, aéreo, acuático y aeroespacial, en los diferentes contextos donde son ejecutados, ya sea en desierto, alta montaña, páramo o montañoso (Fedak, 2014). En tal sentido, pretende contribuir, en lo que a aptitud física se refiere, a generar

una fuerza multimisión interoperable, capaz de garantizar a la Nación, cobertura estratégica, control territorial y protección de la población civil, de los activos estratégicos, de las zonas económicas y productivas, del medio ambiente y de los recursos naturales, además de garantizar el despliegue internacional. (Rojas, 2017, p. 100).

Todo lo anterior, sin descuidar los objetivos deportivos de sus atletas. En este escenario, la preparación física para el combate toma un papel protagónico, tal y como lo sugiere Podestá (2016), por cuanto de ella depende el éxito o fracaso de las misiones y los años de vida militar útil. Frente a esta necesidad, han surgido varios estudios que recomiendan diversos esquemas de entrenamiento que combinan, entre otros, el entrenamiento de resistencia con el de fuerza, a diferentes intensidades, en cursos básicos avanzados de combate, siendo importante realizar un análisis interpretativo de sus indicaciones y efectos, con el fin de reconocer cuáles de ellos han evidenciado optimización del desempeño con menor número de lesiones asociadas.

Es así como el estudio hermenéutico cobra un papel preponderante, ya que el paradigma cualitativo y documental que lo caracteriza permite abordar textos y poner en diálogo las perspectivas de diferentes autores en torno a un tema para, a partir de ellas, generar comprensiones más amplias. En este caso y bajo esta perspectiva, se estudió el entrenamiento físico militar, buscando develar sus principales logros y limitaciones.

Metodología

Se planteó un estudio con enfoque cualitativo desde una postura crítico-hermenéutica en el cual los investigadores realizaron una interpretación de los discursos existentes y generaron interpretaciones nuevas a la luz de lo referenciado por los autores, siguiendo el modelo de revisión ampliada de la literatura. En los criterios de inclusión se determinó el análisis de artículos publicados en revistas indexadas, originales, en la ventana de tiempo establecida —10 años— y que tuvieran la información requerida sobre entrenamiento militar. Se excluyeron los artículos de consenso, opinión de expertos y aquellos que no permitieran evidenciar los logros y limitaciones del entrenamiento. Para ello se planteó una ecuación de búsqueda utilizando palabras MeSH⁵ en las siguientes bases de datos: Pubmed, Biblioteca Virtual de salud (Lilacs, Scielo, Cochrane) y Scopus.

Los resultados de la búsqueda inicial se almacenaron en una matriz en Excel, en la cual se incluyó información relacionada con el título, el autor, metodología utilizada y si se relacionaba con la categoría de análisis definida para esta investigación: entrenamiento físico militar. Previamente, el equipo investigador se reunió y definió la categoría como: desarrollo intencionado de las capacidades psicofísicas de un individuo mediante una carga de entrenamiento, con una duración y frecuencia suficientes para provocar un efecto observable y medible, con el objetivo de responder a las demandas ocupacionales del contexto militar.

Se realizó un empalme entre los artículos que definen el entrenamiento físico militar y la definición concertada por el equipo investigador, se prosiguió entonces a hacer un análisis hermenéutico-crítico, el cual es “un ámbito para comprender críticamente al proceso de racionalidad vital, se trata entonces de proponer nuevos fundamentos teóricos” (Mardones, 1991) a partir del análisis e interpretación de la literatura.

5 (“physical education and training”[MeSH Terms] OR (“physical”[All Fields] AND “education”[All Fields] AND “training”[All Fields]) OR “physical education and training”[All Fields]) AND (“military personnel”[MeSH Terms] OR (“military”[All Fields] AND “personnel”[All Fields]) OR “military personnel”[All Fields]) AND (“loattrfull text”[sb] AND “2007/10/22”[PDat] : “2017/10/18”[PDat])

Con el análisis de los resultados emergieron las siguientes categorías, las cuales se tuvieron en cuenta en la presentación de resultados:

1. Características particulares del entrenamiento en militares.
2. Objetivos del entrenamiento militar.
3. Adelantos tecnológicos.
4. Métodos de entrenamiento y lesiones.
5. Evaluación del efecto del entrenamiento.

Resultados y discusión

La búsqueda inicial en las diferentes bases de datos dio como resultado 324 artículos en Pubmed, 123 artículos en Biblioteca Virtual de salud (BVS) y en Scopus 123 artículos; para un total de 570 documentos revisados. Posteriormente, se procedió a la depuración de artículos, a partir de la definición de la categoría “entrenamiento físico militar”, formulada por el grupo de investigadores. De esta manera, se identificaron 18 artículos de Pubmed, 7 artículos BVS y 5 en Scopus. Del análisis de estos materiales se presentan los resultados por categorías.

Características particulares del entrenamiento en militares

Los militares requieren desarrollar una variedad de cualidades físicas para satisfacer las demandas de la profesión militar, así mismo deben ser capaces de recuperarse de las demandas de la misión y del entrenamiento extenuante en corto tiempo (Szivak & Kraemer, 2015; Gonçalves, Fonseca, Beltrame & Correa, 2016), situación que lleva a un estrés crónico que reduce el rendimiento de la misión y aumenta el riesgo de lesiones. Si a esta situación se suma inapropiado entrenamiento, nutrición inadecuada y falta de sueño, el riesgo de padecer síndrome metabólico, resistencia a la insulina e hipertensión, será alto, afectando también la memoria y la función cognitiva (Lisman, O'Connor, Deuster, & Knapik, 2013; Crowley *et al.*, 2012). De hecho, se ha documentado que, aunque el ejercicio es una herramienta importante en la prevención del riesgo cardiovascular (Nogueira *et al.*, 2016), en los atletas de élite y

los militares puede llegar a elevar tal riesgo (Gonçalves, Fonseca, Beltrame & Correa, 2016), incluso desde el inicio de la vida militar.

Dentro de los tipos de entrenamiento militar se ha utilizado predominantemente el entrenamiento de resistencia como principal modo de acondicionamiento físico aeróbico, con énfasis histórico puesto en la carrera de larga distancia (Gibala, Gagnon & Nindl, 2015). El ejercicio de resistencia, en particular, confiere muchos beneficios para incluir una mayor fuerza y potencia, una mejor composición corporal y efectos protectores en tendones, ligamentos y huesos, favoreciendo con ello la resistencia a factores estresantes operacionales durante el combate. Así mismo, este tipo de entrenamiento induce cambios favorables en el *press* de banca y sentadilla en 1 repetición máxima, flexiones, abdominales y en el tiempo para completar una distancia de 30 m.

Pese a los efectos del entrenamiento en resistencia, el entrenamiento por intervalos —caracterizado por episodios breves e intermitentes de ejercicio intenso, separados por periodos de ejercicio de menor intensidad o descanso para la recuperación— provoca adaptaciones cardiorrespiratorias y metabólicas más rápidas. De igual modo, se ha evidenciado que el entrenamiento de dos semanas en resistencia, con carrera de 3000 metros o con intervalos de alta intensidad de 4x4 minutos o con entrenamiento continuo, mejora el rendimiento de los reclutas en la carrera (Rüser, Ripe & Aadland, 2015). Así mismo, la distribución del entrenamiento semanal en varias sesiones cortas, en vez de menos sesiones más largas, mejora la ganancia de fuerza máxima sin comprometer la absorción máxima de oxígeno (Kilen *et al.*, 2015). Es por ello que la combinación de ambos entrenamientos sería lo recomendado para labores terrestres, mientras que para personal de las Fuerzas Armadas moderadamente entrenado sin acceso a los equipos, el entrenamiento físico *High Intensity Training* (HIT) —con ejercicios de cuerda corporal que involucren de 4 a 7 series de 30 segundos, durante 4 semanas, 3 días por semana con 60 minutos— mantiene la forma física a pesar de la corta duración y el volumen reducido de actividad (Gist, Freese, Ryan & Cureton, 2015).

Si bien los efectos positivos del HIT han sido ampliamente demostrados, no sucede lo mismo cuando se adicionan cargas, pues hacerlo se asocia con menor rendimiento y con mayor posibilidad de lesiones, cuando se realizan

cambios de posición como pasar de prono a correr. Por ello, el entrenamiento simulado con carga ofrece muy poco o ningún beneficio en militares poco entrenados, mientras que los atletas anaerobios de élite, entrenados durante más o menos 3 semanas en hipergravedad en las actividades diarias, sí mejoran el rendimiento (O'Neal, Hornsby & Kelleran, 2014). De otra parte, la organización temporal de la carga de entrenamiento no representa diferencias en cuanto al rendimiento militar, así lo evidenció un ensayo clínico en el cual se comparó en un grupo de soldados, con al menos 1 año en el Ejército, los efectos de 4 diferentes mesociclos de entrenamiento sobre el rendimiento, concluyendo que cualquiera de estos entrenamientos produce mejoras significativas para todas las variables dependientes.

En línea directa con el entrenamiento militar, el entrenamiento de la propiocepción se ha considerado vital para el adecuado funcionamiento de las extremidades inferiores. Al respecto, se demostró que 4 semanas de ejercicios propioceptivos durante 10 minutos diarios favorecen los movimientos repetidos en superficies inestables, con menor riesgo de lesiones y mejoría del equilibrio postural estático y dinámico después de la fatiga (Vantarakis *et al.*, 2017).

En lo que respecta al entrenamiento de la fuerza relativa, se ha documentado que con entrenamiento tres veces por semana durante 5 semanas, acompañado del entrenamiento básico de preparación física militar, se mejora la carrera de 20 m, sin que llegue a representar efectos estadísticamente distintos en el salto horizontal de pie, *pull-ups* y prueba de sentarse y alcanzar, mientras que el entrenamiento de la resistencia continua programada, acompañado del entrenamiento básico, sí mejora de manera estadísticamente significativa estas variables (Sporiš *et al.*, 2014).

Por otra parte, el entrenamiento de agilidad se ha instituido recientemente en varias comunidades militares con la esperanza de mejorar el rendimiento en combate y la forma física general, demostrando mejoras significativas en el consumo submáximo de O₂ en la prueba de agilidad de Illinois, en la de vigilancia visual y en la memoria continua (Lennemann *et al.*, 2013).

Objetivos del entrenamiento militar

Dadas las circunstancias y que los principales objetivos del entrenamiento militar y naval son el desarrollo de la preparación, el rendimiento y la preven-

ción de lesiones (Vantarakis *et al.*, 2017), las organizaciones militares en todo el mundo hacen esfuerzos continuos para mejorar los programas de entrenamiento físico de sus Ejércitos, lo que hace necesario una adecuada interacción entre los métodos de entrenamiento militar básico (Gonçalves *et al.*, 2016), así como un cambio en la asignación de los tiempos de descanso y recuperación por parte de los comandos, para prevenir lesiones. Por ello, el entrenamiento físico debe fomentar el desarrollo de capacidades de fuerza y potencia para un rendimiento óptimo de las tareas anaeróbicas, como el transporte de cargas pesadas, correr bajo carga y maniobrar en terrenos irregulares, los cuales deben ser adaptados a una perspectiva más moderna, tal como lo hacen los atletas anaerobios de fuerza de élite en los deportes actuales, en donde el entrenamiento individualizado es una realidad posible (Kraemer & Szivak, 2012). Esto, debido a que los tipos de ejercicio, distancias y estándares varían para cada rama militar, aunque todos los miembros del servicio deban cumplir con un requisito mínimo semestral o anual (Lisman *et al.*, 2013).

En lo que atañe a la necesidad de individualizar el entrenamiento, también es importante trabajar en este aspecto cuando se entrena a mujeres, pues por décadas se ha limitado su participación en algunas misiones al darse por cierto que la fuerza en sus miembros superiores es inferior a la de los hombres, cuando se ha evidenciado ya que algunas *marines* han podido completar las tareas más desafiantes con relación al fortalecimiento de la parte superior del cuerpo, lo que sugiere que todo depende de la especificidad en el entrenamiento (Jameson, Pappa, McGuire & Kelly, 2015).

Un objetivo clave del entrenamiento militar consiste en lograr una capacidad cardiovascular y neuromuscular que permita una mejora significativa de la aptitud aeróbica, es así como luego de 8 semanas de entrenamiento básico seguidas por 8 semanas de entrenamiento militar especializado, en una cohorte de militares al inicio de su vida militar, se logró una mejoría en el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{pico}}$) y en la fuerza isométrica bilateral máxima de la pierna y los músculos extensores del brazo, así como una disminución en el porcentaje de grasa corporal y la circunferencia de la cintura; por ello, se recomienda incluir un entrenamiento físico estructurado con mayor intensidad, aumento en volumen del mismo y una periodización óptima.

De otra parte, es importante tener presente el estado de ánimo, a este respecto, en algunos países, como en el caso de Suiza, el uso de entrenamiento de circuito al aire libre como una adición al entrenamiento estándar —además de conducir a mejoras significativas en la aptitud física, fuerza muscular y control postural, sin incremento en las lesiones (Hofstetter, Mader & Wyss, 2012)— contrarresta los efectos perjudiciales del estrés, aspecto sobre el cual los desarrollos tecnológicos han venido trabajando, lo que ha generado programas que, además de incluir el entrenamiento en cualidades físicas y cognitivas, producen cambios positivos en el estado de ánimo de ambos sexos (Lieberman *et al.*, 2016).

Adelantos tecnológicos

El *Eagle Tactical Athlete Program* (ETAP) —Entrenamiento físico dirigido no comisionado—, desarrollado para la 101 División Aerotransportada del Ejército de EE. UU. (Asalto Aéreo) para contrarrestar las lesiones musculoesqueléticas no intencionales, demostró una reducción significativa en la proporción de soldados con fracturas por estrés. De otra parte, los ambientes simulados para entrenamiento militar han ido cobrando un papel importante, siempre y cuando contemplen aspectos humanos, sociales y culturales del mundo real, así como las condiciones físicas del terreno, las características estructurales, los modelos físicos y los modelos de comportamiento, para interactuar de manera más efectiva y con respuestas intuitivas en situaciones sociales complejas. En tales ambientes simulados sería importante evaluar aspectos biomecánicos relacionados con el entrenamiento físico, en este punto también es importante resaltar la ventaja de la tecnología con sensores en la evaluación de pasos y distancia alcanzados, pues resulta más eficiente que el uso de instrumentos tradicionales que realizan una medición única (Wyss, Scheffler & Mäder, 2012).

Métodos de entrenamiento y lesiones

La mayoría de los soldados obtendrán los mayores beneficios de los programas de entrenamiento físico y mental, combinados con buenos principios de descanso y nutrición (Friedl, 2015). Los métodos de entrenamiento

no convencionales, como el entrenamiento de fuerza de las extremidades inferiores, entrenamiento CrossFit, entrenamiento con pesas rusas y entrenamiento de agilidad, son prometedores para mejorar la condición aeróbica y mejorar los puntajes de la condición física, especialmente entre los miembros que tienen dificultades para pasar una prueba de aptitud física. Sin embargo, desafortunadamente, la mayoría de las formas no tradicionales de entrenamiento físico no se admiten en la literatura científica, con excepción del entrenamiento de fuerza de las piernas y el entrenamiento de agilidad, por lo que son necesarios más estudios en esta área (O'Hara *et al.*, 2012).

Si bien es cierto que el riesgo físico es inherente a las operaciones especiales, las lesiones no traumáticas resultantes del uso excesivo, la biomecánica deficiente y la selección arbitraria de ejercicios, pueden prevenirse con entrenamiento físico que reconozca la continuidad entre la rehabilitación y el entrenamiento de rendimiento, para garantizar que las adaptaciones fisiológicas no se realicen a expensas de la salud ortopédica o el dominio del movimiento, del tal manera que se optimice el éxito de la misión, la calidad de vida y la longevidad del militar. Como afirman Kechijian y su equipo de trabajo, a la luz de cuánto está en juego, el cuidado de la medicina deportiva en el Ejército, especialmente para las operaciones especiales, debe ser similar al que se practica en el atletismo profesional o en el universitario (Kechijian & Rush, 2012; Larsson, Tegern & Harms-Ringdahl, 2012).

Teniendo en cuenta que se han identificado patrones de movimiento anormales como importantes factores de riesgo prospectivo para la lesión de la extremidad inferior, incluida la lesión del ligamento cruzado anterior, es necesario que antes de programar un entrenamiento se evalúen los patrones de movimiento de “alto riesgo” que prevalecen en todos los niveles de atletas y, por tanto, en deportistas militares (Theiss *et al.*, 2014). A su vez, resulta importante que a la hora de programar el entrenamiento físico se contemplen aquellos aspectos individuales y contextuales que podrían influir en el desempeño (Vierling, Whittington & Cross, 2012).

Evaluación del efecto del entrenamiento

Dentro de las pruebas físicas empleadas para valorar el nivel de condición física, se emplean, entre otros, el salto de longitud, *pull-ups*, sentadillas y carrera

de 1000 m (Tomczak, Bertrandt, Klos & Klos, 2016). Las pruebas de aptitud física (resistencia aeróbica, el esfuerzo máximo en 1.5 a 3 millas o nadando, la resistencia muscular, como abdominales cronometrado, sentadillas y flexiones o *pull-ups* hasta el agotamiento) y las pruebas de aptitud para combate (test con taladro de carga de tanques de 120 mm, carga de artillería redonda de 155 mm, muro de obstáculos con una carga de combate (≈ 30 lb), *pull-ups*, peso muerto y limpieza y *prens*), son utilizadas por los servicios militares para confirmar que los miembros del servicio tienen niveles adecuados para cumplir el deber militar que se les ha asignado (Lisman *et al.*, 2013). Escenario en el cual las mujeres han demostrado suficiencia para satisfacer las demandas de las ocupaciones de combate cerrado.

En algunas actividades, como los cursos de paracaidismo, se ha evidenciado una tasa de retiro alta dadas sus exigencias, por ello se han implementado una serie de pruebas, como la de optimización de entrenamiento (TOPtest), que utiliza dos eventos de ejercicio máximo para evaluar los cambios en los parámetros, antes y después, del entrenamiento (Vrijkotte *et al.*, 2017). Con este test ha sido posible evidenciar una correlación directa entre los valores de frecuencia cardiaca, tensión y fatiga alcanzados en el entrenamiento y la deserción del curso.

Con lo descrito hasta aquí, resulta evidente la necesidad de introducir en la evaluación del entrenamiento militar actual la medición de la fuerza y resistencia de miembros inferiores, adoptando los test que ya se han venido empleando y que han arrojado notables beneficios, pues disminuyen las lesiones y el desgaste de los reclutas, al tiempo que reducen con éxito las tasas de abandono del servicio militar (Roos *et al.*, 2015).

Conclusiones

Con referencia a la bibliografía consultada, se evidencia como logro del entrenamiento físico militar la mejora y optimización de las condiciones físicas del individuo en pro de la preparación para las operaciones militares y el combate, no siendo siempre evidente el mejoramiento de todas las aptitudes físicas del individuo, como, por ejemplo, en algunos entrenamientos en donde no se evidenciaron cambios estadísticamente significativos, sin querer

decir con esto que no se mejoren posiblemente sus bases tácticas o técnicas (las cuales no son evaluadas en este estudio).

Se evidencia, también como logro, que el entrenamiento de resistencia de tipo continuo y el entrenamiento interválico tipo HIT y en circuito, sumados a los entrenamientos de coordinación y propiocepción, mejoran algunas cualidades de la aptitud física (*fitness*) del militar, además de lograr mejoras en composición corporal y disminuir el riesgo cardiometabólico y osteomuscular cuando las características de tipo, frecuencia, intensidad y duración permitan tiempos de recuperación adecuados y se encuentren acompañados de una nutrición y periodos de descanso óptimos; de lo contrario, el riesgo de aparición de enfermedades crónicas sería una limitante para recomendarlo.

La necesidad de establecer o estandarizar ciertos tipos de entrenamientos de acuerdo con las variables sociodemográficas de los individuos (tiempo de entrenamiento, grupos de edad, especificidad del curso, género, somatotipo, etc.) al igual que lograr una prescripción individualizada del entrenamiento, son aspectos que limitan la posibilidad de potencializar las habilidades de desempeño en las condiciones difíciles a las que se ve enfrentado el militar, ya sea en operaciones simuladas o reales.

Para finalizar, la pregunta por el entrenamiento físico militar óptimo requiere reflexiones permanentes acordes con las necesidades propias de las misiones, las cualidades y posibilidades de los sujetos y las instituciones, así como con los ámbitos específicos de acción y los desarrollos tecnológicos alcanzados.

Referencias

- Arráez, M., Calles, J., & Moreno, L. (2006). La hermenéutica: una actividad interpretativa. *Sapiens. Revista universitaria de investigación*, 7(2), 171-181. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41070212>
- Crowley, S., Wilkinson, L., Burroughs, E., Muraca, S., Wigfall, L., Louis-Nance, T., Williams, E., Glover, S., & Youngstedt, S. (2012). Sleep during basic combat training: a qualitative study. *Military medicine*, 177(7), 823-828.
- Fedak, S. (2014). Physical examination performed by the international military operations in mountainous terrain. *Pedagogy, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 5, 67-73.

- Friedl, K. (2015). U.S. Army research on pharmacological enhancement of soldier performance: stimulants, anabolic hormones, and blood doping. *Journal of strength and conditioning research, 29*, 71-76.
- Gibala, M., Gagnon, P., & Nindl, B. (2015). Military applicability of interval training for health and performance. *Journal of strength and conditioning research, 29*, 40-45.
- Gist, N., Freese, E., Ryan, T., & Cureton, K. (2015). Effects of low-volume, high-intensity whole-body calisthenics on army rotc cadets. *Military medicine, 180*(5), 492-498.
- Gonçalves, M., Fonseca, M., Beltrame, J., & Correa, J. (2016). Is it possible to identify underlying cardiovascular risk in young trained military? *Journal of sports medicine and physical fitness, 56*(1), 125-132.
- Hofstetter, M., Mader, U., & Wyss, T. (2012). Effects of a 7-week outdoor circuit training program on Swiss army recruits. *Journal of strength and conditioning research, 26*(12), 3418-3425.
- Jameson, J., Pappa, L., McGuire, B., & Kelly, K. (2015). Performance differences between male and female marines on standardized physical fitness tests and combat proxy tasks: identifying the gap. *U.S. Army medical department journal, 12*-21.
- Kechijian, D., & Rush, S. (2012). Tactical physical preparation: the case for a movement-based approach. *Journal of special operations medicine: a peer reviewed journal for SOF medical professionals, 12*(3), 43-49.
- Kilen, A., Hjelvang, L., Dall, N., Kruse, N., & Nordsborg, N. (2015). Adaptations to short, frequent sessions of endurance and strength training are similar to longer, less frequent exercise sessions when the total volume is the same. *Journal of strength and conditioning research, 29*, 46-51.
- Kraemer, W., & Szivak, T. (2012). Strength training for the warfighter. *Journal of strength and conditioning research, 26*(7), 107-118.
- Larsson, H., Tegern, M., & Harms-Ringdahl, K. (2012). Influence of the implementation of a comprehensive intervention programme on premature discharge outcomes from military training. *Work, 42*(2), 241-251. doi:10.3233/WOR-2012-1347
- Lennemann, L., Sidrow, K., Johnson, E., Harrison, C., Vojta, C., & Walker, T. (2013). The influence of agility training on physiological and cognitive performance. *Journal of strength and conditioning research, 27*(12), 3300-3309.
- Lieberman, H., Karl, J., McClung, J., Williams, K., & Cable, S. (2016). Improved mood state and absence of sex differences in response to the stress of army basic combat training. *Applied psychology: health and well-being, 8*(3), 351-363. doi:10.1111/aphw.12075
- Lisman, P., O'Connor, F., Deuster, P., & Knapik, J. (2013). Functional movement screen and aerobic fitness predict injuries in military training. *Medicine and science in sports and exercise, 45*(4), 636-643. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31827a1c4c>
- Mardones, J. (1991). *Filosofía de las ciencias humanas y sociales: materiales para una fundamentación científica (Vol. I)*. Anthropos Editorial.
- Nogueira, E., Oporto, L., Nogueira, R., Martins, W., Fonseca, R., Lunardi, C., & De Oliveira, R. (2016). Body composition is strongly associated with cardiorespiratory fitness in a large

- brazilian military firefighter cohort: the brazilian firefighters study. *Journal of strength and conditioning research*, 30(1), 33-38. doi:10.1519/JSC.0000000000001039
- O'Hara, R., Serres, J., Traver, K., Wright, B., Vojta, C., & Eveland, E. (2012). The influence of nontraditional training modalities on physical performance: review of the literature. *Aviation space and environmental medicine*, 83(10), 985-990. <https://doi.org/10.3357/ASEM.3376.2012>
- O'Neal, E., Hornsby, J., & Kelleran, K. (2014). High-intensity tasks with external load in military applications: a review. *Military medicine*, 179(9), 950-954. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00079>
- Pasiakos, S., Karl, J., Lutz, L., Murphy, N., Margolis, L., Rood, J., Cable, S., Williams, K., Young, A., & McClung, J. (2012). Cardiometabolic risk in US Army recruits and the effects of basic combat training. *PLoS ONE*, 7(2), 1-7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031222>
- Podestá, M. (2016). La educación integral del líder militar moderno. La experiencia de la Academia Militar de West Point. *Revista digital universitaria del Colegio Militar de la Nación*, 1(3), 1-16. Recuperado de http://www.redu.colegiomilitar.mil.ar/pdf/ReDiU_0103_art01-La_educacion_integral_del_lider_militar_moderno.pdf
- Rüiser, A., Ripe, S., & Aadland, E. (2015). Five training sessions improves 3000 meter running performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(12), 1452-1458.
- Rojas, P. (2017). Doctrina Damasco: eje articulador de la segunda gran reforma del Ejército Nacional de Colombia. *Revista científica General José María Córdova*, 15(19), 105-129. <https://doi.org/10.21830/19006586.78>
- Roos, L., Boesch, M., Sefidan, S., Frey, F., Mäder, U., Annen, H., & Wyss, T. (2015). Adapted marching distances and physical training decrease recruits' injuries and attrition. *Military medicine*, 180(3), 329-336. doi:10.7205/MILMED-D-14-00184
- Sell, T., Abt, J., Nagai, T., Deluzio, J., Lovalekar, M., Wirt, M., & Lephart, S. (2016). The eagle tactical athlete program reduces musculoskeletal injuries in the 101st Airborne Division (Air Assault). *Military medicine*, 181(3), 250-257.
- Sporiš, G., Harasin, D., Baić, M., Krističević, T., Krakan, I., Milanović, Z., Cular, D., & Bagarić-Krakan, L. (2014). Effects of two different 5 weeks training programs on the physical fitness of military recruits. *Collegium antropologicum*, 38(2), 157-164.
- Szivak, T., & Kraemer, W. (2015). Physiological readiness and resilience: pillars of military preparedness. *Journal of strength and conditioning research*, 29(11), 34-39. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001073>
- Theiss, J., Gerber, J., Cameron, K., Beutler, A., Marshall, S., Distefano, L., Padua, D., De la Motte, S., Miller, J., & Yunker, C. (2014). Jump-landing differences between varsity, club, and intramural athletes: the Jump-ACL Study. *Journal of strength and conditioning research*, 28(4), 1164-1171. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1fdcd>
- Tomczak, A., Bertrandt, J., Klos, A., & Klos, K. (2016). Influence of military training and standardized nutrition in military unit on soldiers' nutritional status and physical fitness. *Journal of strength and conditioning research*, 30(10), 2774-2780.

- Vantarakis, A., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Vezos, N., Douroudos, I., Draganidis, D., Jamurtas, A., Kambas, A., Kalligeros, S., & Fatouros, I. (2017). A 2-month linear periodized resistance exercise training improved musculoskeletal fitness and specific conditioning of navy cadets. *Journal of strength and conditioning research*, 31(5), 1362-1370.
- Vierling, K., Whittington, M., & Cross, A. (2012). Challenges in developing HSCB standards and interoperability for marine corps training simulations. https://www.sisostds.org/DesktopModules/Bring2mind/DMX/API/Entries/Download?Command=Core_Download&EntryId=35459&PortalId=0&TabId=105
- Vrijkotte, S., Meeusen, R., Roelands, B., Kubesch, S., Mairesse, O., De Schutter, G., & Pattyn, N. (2017). Refining selection for elite troops by predicting military training outcome. *Aerospace medicine and human performance*, 88(9), 850-857. doi:10.3357/AMHP.4818.2017
- Wyss, T., Scheffler, J., & Mäder, U. (2012). Ambulatory physical activity in swiss army recruits. *International journal of sports medicine*, 33(9), 716-722. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1295445>

PARTE II

EFFECTOS DEL EJERCICIO

Esta página queda intencionalmente en blanco

Introducción

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.14>

Paula Janyn Melo Buitrago¹

Hablar de los efectos del ejercicio nos lleva de inmediato a pensar en el entrenamiento físico, término que podemos discutir desde dos perspectivas. La primera, se refiere a cualquier tipo de ejercicio físico que fortalece la salud y eleva la aptitud física del ser humano. La segunda, se concibe como el proceso de formación, educación y perfeccionamiento de las posibilidades funcionales del individuo para alcanzar resultados deportivos óptimos en un determinado tipo de actividad motriz. Al momento de realizar ambas visiones, estas afectan directamente (en mayor o menor grado) los procesos biológicos, provocando así transformaciones estructurales y funcionales en el organismo. Tales transformaciones dependen de tres factores fundamentales: 1) la magnitud de las cargas de entrenamiento; 2) la frecuencia de su aplicación; 3) la duración general del proceso de entrenamiento. Estos factores, realizados de manera eficiente, permiten obtener la capacidad de trabajo, esto es, la forma y la capacidad físicas del trabajo.

En la segunda sección del libro, encontraremos tres investigaciones con enfoque cuantitativo, dos de ellas de corte longitudinal y una de corte transversal. Sus autores nos hablan de los efectos del ejercicio en diferentes poblaciones. En el primer estudio se determina el efecto cardioprotector sobre la presión arterial en personas sedentarias con sobrepeso u obesidad. En el segundo se analiza el efecto del entrenamiento de alta intensidad sobre el

¹ LEF, ESP, MEd. Coordinadora de investigaciones Facultad de Educación Física Militar. ESMIC.

rendimiento anaeróbico en población sana y físicamente activa. En el tercero se describen los cambios morfofuncionales presentados por los estudiantes de un programa de cultura física durante su carrera universitaria.

En el capítulo 7, los autores se han propuesto establecer el efecto cardioprotector sobre la presión arterial (PA) en reposo, por medio de ejercicios de resistencia aeróbica mediante el método continuo, a dos intensidades, para la correcta planificación del entrenamiento en personas con riesgo de hipertensión arterial (HTA). El alcance del estudio fue la comprobación de la incidencia del ejercicio aeróbico únicamente para la presión arterial sistólica.

Por otro lado, en el capítulo 8, los autores se han propuesto definir si es posible aumentar el rendimiento anaeróbico a través del test de Wingate. Después de culminar un entrenamiento de alta intensidad y corta duración en bicicleta estática, determinaron que su implementación (con 40 minutos de duración, tres veces por semana, durante cinco semanas continuas) mejora significativamente el rendimiento anaeróbico evaluado por el test de Wingate.

Por último, en el capítulo 9, los investigadores han abordado como objeto de estudio una población estudiantil universitaria, con la idea de determinar los cambios referidos a la composición corporal, la fuerza, la flexibilidad, la velocidad y la agilidad de los estudiantes de seis cohortes (hasta el primer semestre de 2017). Entre los resultados obtenidos se encontraron mejorías significativas en las pruebas de agilidad y fuerza, y una disminución en las pruebas de flexibilidad.

Esta sección permitirá al lector extender las posibilidades de investigación en el campo del entrenamiento deportivo, resolviendo situaciones específicas en las diferentes poblaciones que redunden en el mejoramiento de la condición física, la forma física o el rendimiento deportivo.

Efecto cardioprotector del ejercicio aeróbico en personas con riesgo de hipertensión arterial¹

7

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.07>

Daniel Eduardo Arévalo Contreras², Diogo Rodrigues Bezerra³

Resumen

La presente investigación busca evidenciar el beneficio del ejercicio aeróbico sobre la salud cardiovascular de personas con riesgo de hipertensión arterial (HTA). **Objetivo:** el objetivo principal consistió en determinar el efecto cardioprotector sobre la presión arterial (PA) en reposo, por medio de ejercicios de resistencia aeróbica mediante el método continuo a dos intensidades para la correcta planificación del entrenamiento en personas con riesgo de HTA, evidenciado a través de la disminución en la PA por debajo de los niveles de reposo que ocurre luego del ejercicio físico, denominándose hipotensión postejercicio (HPE). **Metodología:** los participantes fueron 8 sujetos sedentarios y en estado de sobrepeso u obesidad determinados como factores de riesgo de HTA, quienes participaron en 2 sesiones de ejercicio en bicicletas estáticas con intensidades del 50 y 70% de la frecuencia cardiaca de reserva y una sesión control. Cada sesión constó de 10 minutos en reposo, un volumen de 30 minutos de ejercicio y posteriormente mediciones de PA cada 10 minutos durante 1 hora mediante métodos no invasivos. **Resultados:** se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en la presión arterial sistólica (PAS), tanto al 50% como al 70% en comparación con la presión arterial diastólica (PAD), sin embargo, la mayor disminución se obtuvo en la intensidad del 70% de ejercicio. **Conclusión:** se comprueba la incidencia del ejercicio aeróbico sobre la PA independientemente de la intensidad mediante la HPE, no obstante, se determinó únicamente para la PAS.

Palabras clave: ejercicio aeróbico; hipertensión arterial; hipotensión post-ejercicio; presión arterial.

1 Capítulo original, desarrollo de una tesis de pregrado del programa Licenciatura en Ciencias del Deporte de la Universidad Manuela Beltrán.

2 Licenciado en Ciencias del Deporte de la Universidad Manuela Beltrán. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1740-076X>

3 Magister en Actividad Física y Salud, Docente y Coordinador de Investigaciones en el Programa de Licenciatura en Ciencias del Deporte de la Universidad Manuela Beltrán. Contacto: diogo.rodrigues@docentes.umb.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3001-7597>

Introducción

El desarrollo de la sociedad ha modificado diferentes aspectos en las personas, lo que repercute en sus estilos de vida y las condiciones de salubridad; según Hernán *et al.*, (2015, p. 162) “la inactividad física se ha incrementado de forma considerable en la sociedad actual pudiendo acarrear efectos perjudiciales para la salud”. Algunos de estos problemas son cardiovasculares, causados principalmente por el sedentarismo, lo que puede conllevar a una obesidad en el individuo, relacionándose esta última con una mayor prevalencia de hipertensión arterial (HTA) (González *et al.*, 2015, p. 275), la cual es, según Briones (2016, p. 36), una enfermedad caracterizada por la elevación de la presión arterial sistólica (PAS) mayor a 140 milímetros de mercurio (mmHg) y/o presión arterial diastólica (PAD) mayor a 90 mmHg.

Según el American College of Sports Medicine (ACSM) (2004), la “presión arterial (PA) en reposo, historia familiar de HTA, índice de masa corporal y la actividad física y la aptitud son generalmente aceptados indicadores de futura HTA” (p. 535), siendo necesario determinar, por medio de estos factores, el grado de riesgo de la persona a desarrollar esta enfermedad, ya que de acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud) (2014, p. 144) la HTA causa 9,4 millones de muertes anualmente en el mundo.

El ejercicio físico aeróbico funciona como una opción de gran relevancia en la prevención y el tratamiento no farmacológico de la HTA (Simão *et al.*, 2007, p. 117) produciendo diferentes adaptaciones en el organismo; una de ellas se puede evidenciar por medio de la hipotensión post-ejercicio (HPE), que se define como “la disminución en la presión arterial por debajo de los niveles de reposo que ocurre luego del ejercicio físico” (Veloso *et al.*, 2009, p. 496), razón por la cual es recomendado para la prevención de enfermedades cardiovasculares (Cornelissen, Verheyden, Aubert & Fagard, 2010, p. 175).

En cuanto a las respuestas hipotensoras posterior al ejercicio, de acuerdo con Pescatello *et al.*, (2004, p. 540) no se han evidenciado diferencias significativas entre personas con diferentes etnias, por lo tanto, este efecto cumple con la generalización de los resultados independientemente de la procedencia de cada persona. Sin embargo, la raza del sujeto es un factor determinante, ya que

se ha evidenciado, según Mora (2010), que “la población afroamericana tiene unos niveles de presión arterial superiores a la población caucásica probablemente debido a un mayor tono del sistema simpático” (p. 135). Por otro lado, en lo referente a la relación de la HPE entre hombres y mujeres no se han determinado diferencias significativas más allá de la recuperación más acelerada de los hombres con respecto a las mujeres (Chiacchio, Ricart & Suau, 2010).

Con base en diversos estudios realizados para analizar este fenómeno, el presente artículo ha estipulado como objetivo analizar los efectos hipotensivo posterior al esfuerzo físico en diferentes momentos.

Respuestas vasculares

Debido a que un condicionante de la PA es el grado de resistencia vascular periférica, esta es modificada por múltiples procesos en el momento de la ejecución del ejercicio y luego del mismo, dentro de estas se hace referencia a disminuciones en la actividad nerviosa simpática periférica, la disminución de catecolaminas circundantes y la disipación de calor, entre otras (Simão *et al.*, 2007, p. 120).

De otro lado, según Pescatello *et al.* (2004, p. 543), durante la realización de ejercicio físico se ha evidenciado el aumento de sustancias vasodilatadoras, como lo es el óxido nítrico, en sujetos sanos, por tanto, después del ejercicio disminuyen la resistencia vascular total y posteriormente la PA de los individuos.

Sistema renina angiotensina

Por otra parte, Cornelissen y Fagard (2005) mencionan que la práctica de ejercicio de resistencia aeróbica realiza HPE al reducir la resistencia vascular, por posibles implicaciones del Sistema renina-Angiotensina, ya que, al ser un potente vasoconstrictor, “la renina es liberada de los riñones durante periodos de baja presión de perfusión” (MacDonald, J. 2002, p. 231) por lo cual, debido a las demandas en el ejercicio, aumenta la vasoconstricción gracias a este proceso y posterior al ejercicio disminuye para la regulación de la PA, pudiendo así ser un precursor de hipotensión posterior al esfuerzo físico. No

obstante, Pescatello *et al.*, (2004, p. 543) mencionan que la realización de ejercicio no disminuye significativamente los niveles de renina y angiotensina, evidenciándose que este sistema no favorece principalmente la disminución de la PA finalizado el ejercicio.

Catecolaminas

Durante la suspensión del ejercicio dinámico, los procesos influenciados por las catecolaminas disminuyen (vasoconstricción, aumento de la frecuencia cardiaca (FC) y aumento de la contractilidad miocárdica), pero su influencia en la HPE es mínima (MacDonald, J. 2002, p. 231). Por otro lado, Del Valle *et al.*, (2015) sustentan que otras adaptaciones vasculares realizadas en el ejercicio para la disminución de la PA son debidas a “un descenso de la estimulación de los receptores alfa-adrenérgicos” (p. 295). En todo caso, “en general se acepta que los mecanismos subyacentes a la disminución sostenida de la PA de los hipertensos después de entrenamiento son una disminución de la FC en reposo y una disminución de catecolaminas circulantes” (Tipton, 1984 citado en MacDonald, 2002, p. 226).

Adaptaciones estructurales

Con base en las adaptaciones ocasionadas por el ejercicio físico a nivel cardiovascular, que favorecen la aparición de respuestas hipotensoras, se han evidenciado, según Pescatello *et al.* (2004), remodelaciones vasculares —en cuanto longitud y diámetro— de las arterias y venas existentes (p. 544), favoreciendo así la disminución de la resistencia vascular periférica.

Resistencia a la insulina e hiperinsulinemia

Según Cornelissen y Fagard (2005), el entrenamiento de resistencia aeróbica repercute favorablemente en la sensibilidad a la insulina (p. 672), razón por la cual, debido a que esta hormona está relacionada con la activación del sistema nervioso simpático y con la HTA, al disminuir la resistencia a la insulina, paralelamente disminuye el flujo simpático y, por ende, se reduce la PA (Pescatello *et al.*, 2004, p. 543)

Termorregulación

Un mecanismo para la liberación de calor en el organismo es la vasodilatación cutánea, ya que esta junto con la vasoconstricción permite la homeostasis de la temperatura corporal (Estañol *et al.*, 2016, p. 404). “Dado que la temperatura del cuerpo aumenta con el ejercicio, es posible que una redistribución de la sangre a la periferia pueda ser responsable de la HPE”, según MacDonald (2002 p. 229), sin embargo, el mismo autor menciona que “es poco probable que la vasodilatación cutánea sea el principal mecanismo responsable de la HPE”.

Ahora bien, de acuerdo con Gomes y Doederlein (2010), quienes mencionan que “no hay pruebas sobre el exacto mecanismo que está involucrado en la HPE” (p. 107), se observa un efecto multisistémico del ejercicio sobre el organismo para producir dicha respuesta.

De acuerdo con Gamboa y Solera (2014, p. 102), se han llevado a cabo estudios donde se investiga el efecto agudo del ejercicio físico sobre la PA, sin embargo, aún existen dudas en cuanto a la indicación de este, donde ocupa un rol importante la intensidad a la cual se ejecute, por lo cual es necesario diferenciar este efecto en diferentes poblaciones, ya que las condiciones de cada individuo o grupo poblacional difieren entre sí. Por lo tanto, es necesario determinar cuál es la intensidad más adecuada en ejercicio aeróbico para obtener el mejor efecto cardioprotector en personas con riesgo de hipertensión arterial.

En consecuencia, es indispensable para el profesional del ejercicio físico poseer conocimientos adecuados y suficientes para la intervención a personas con factores de riesgo de HTA, por medio de la regulación de las cargas y sus implicaciones desde el punto de vista del diseño y desarrollo del programa de entrenamiento (Márquez & Garatachea, 2009, p. 306), omitiendo así la improvisación en la aplicación de los ejercicios y previniendo esta enfermedad, contribuyendo paralelamente en la calidad de vida de los individuos.

Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio es determinar el efecto cardioprotector sobre la presión arterial en reposo, por medio de ejercicios de resistencia aeróbica mediante el método continuo a dos intensidades, para la correcta planificación del entrenamiento en personas con riesgo de hipertensión

arterial. Así mismo, se buscan los siguientes objetivos específicos: a) comparar el efecto agudo en la presión arterial posterior a la realización de ejercicio aeróbico a diferentes intensidades; b) analizar la variabilidad del efecto agudo post-ejercicio sobre la presión arterial según el tiempo de toma de esta y c) comparar la magnitud del efecto hipotensivo post-ejercicio entre hombres y mujeres.

Metodología

La presente investigación es de diseño experimental, tipo de estudio longitudinal con enfoque cuantitativo de alcance descriptivo; la muestra del estudio realizado fue no probabilística por conveniencia. Fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Manuela Beltrán y el procedimiento se basó en los aspectos éticos de la declaración Helsinki.

Con respecto al tipo de investigación, se considera cuantitativo bajo un diseño cuasi-experimental, en donde la identificación de la población se realizó por medio de muestras no probabilísticas, se seleccionaron 16 sujetos con una edad promedio de $31,1 \pm 8,4$ años, un peso de $80,1 \pm 11,4$ kg, estatura $1,66 \pm 0,05$ metros y un índice de masa corporal (IMC) $28,9 \pm 3,1$.

Para poder participar en el estudio se determinaron los siguientes criterios de inclusión: a) ser normotenso, con el objetivo de evitar la influencia de algún medicamento antihipertensivo en el resultado; b) tener un IMC mayor a 25 Kg/m^2 ; c) ser mayor de edad; d) presentar una PAS en reposo ≤ 140 mmHg y PAD ≤ 90 mmHg; e) ser sedentario, es decir, no realizar ejercicio mayor a 3 veces por semana y con una duración de 30 minutos por sesión.

Por otra parte, los criterios de exclusión fueron: a) tener patologías cardíacas o presentar enfermedades metabólicas (hiperlipidemia, diabetes mellitus); b) ser fumadores activos, con el objetivo de evitar un posible efecto de la nicotina sobre los resultados; c) individuos bajo tratamiento farmacológico de acción inotrópica y/o cronotrópica, para no tener alteración de resultados en cuanto a la PA y la FC, respectivamente; d) haber consumido bebidas con caféina previo a la intervención, ya que se ha observado que esta provoca elevación temporal de la PA (Del Valle *et al.*, 2015, p. 295); e) tomar bebidas energizantes antes de la prueba.

Procedimientos

El ejercicio aeróbico se realizó mediante la utilización de bicicletas estáticas, realizándose el control de intensidad del ejercicio por medio de monitores de FC marca Polar FT1, basándonos en los cálculos obtenidos por la fórmula de Frecuencia Cardíaca Máxima (FCM) de Tanaka, Monahan y Seals (2001) $FCM = \{208,75 - 0,73 * edad\}$ ya que es una de las más exactas para diferentes tipos de población (Marins & Delgado, 2007, p. 118). Paralelamente, se calculó la FC que debe oscilar durante el ejercicio en determinada intensidad, por medio de la fórmula de Karvonen: $FCE = (FC \text{ máx} - FC \text{ reposo}) (\% \text{ intensidad del ejercicio}) + FC \text{ reposo}$.

La medición de la PA se realizó por medio de un método no invasivo, permitiendo obtener una valoración cuantitativa de la PA post-ejercicio, mediante un tensiómetro digital Marca OWNERS Model BP-1319, ya que, de acuerdo con lo estipulado por Chiacchio, Ricart y Suau (2010), “la determinación de la TA mediante aparatos automáticos, con la técnica correcta brindan muchas ventajas sobre la técnica manual” (p. 192).

En virtud de lo anterior, se estableció la medición sugerida por Simão *et al.*, (2007, p. 119) quienes mencionan la posición del manguito del tensiómetro donde el borde inferior debe estar aproximadamente a 2 cm por encima de la fosa antecubital, siendo colocado en el brazo izquierdo; por otra parte, la postura de los individuos fue en posición sentada, ya que cuando se realiza una variación de la posición “se producen ajustes cardiovasculares a consecuencia de la acción de la gravedad que inciden en los valores de presión” (Calderón, 2009, p. 79), como resultado se obtuvieron registros de: PAS en mmHg, PAD en mmHg y FC expresada en pulsaciones por minuto (ppm).

Cada individuo asistió a 3 sesiones individuales en distintos días con lapsos de 72 horas entre cada una; con anticipación se solicitó a los participantes no realizar ejercicio físico previo a la prueba, ni consumir cafeína para la valoración de la PA.

Se midió la PA en reposo en posición sentado y con 10 minutos de inactividad física, posteriormente se ejecutó el ejercicio físico a una intensidad por día de manera progresiva para valorar la continuidad de cada participante y su respuesta cardiovascular en el siguiente orden: 50 y 70% de intensidad de

acuerdo con su FC máx.; por último, se realizó la prueba de control en la que no se llevó a cabo ningún esfuerzo físico. El volumen de las diferentes pruebas fue de 30 minutos por sesión, con intensidad constante bajo el método continuo, lo que hace necesario tener monitorización de FC constante para su control.

Cuando finalizó el ejercicio se continuó con el protocolo realizado por Gamboa y Solera (2014, pp. 102-103), que consistió en tomar la PA finalizando inmediatamente la prueba con el individuo sentado, luego se tomó cada 10 minutos hasta completar los 60 minutos, de igual manera las muestras fueron manejadas de manera anónima, asegurando la imposibilidad de inferir su identidad, para su estudio y potencial análisis ulterior, de esta forma se garantiza la confidencialidad de los datos entre otros.

Durante la prueba de ejercicio físico dentro del estudio, se confirmó el estado de salud del participante declarándose aparentemente sano, sin patologías cardiovasculares y/o enfermedades relacionadas que pudiesen tener complicaciones, no obstante, debido a la naturaleza del estudio y de acuerdo con la Ley 8430 de 1993, existen riesgos mínimos de exposición, siendo avalado el día 5 de junio de 2017 por el comité de ética de investigaciones de la Universidad Manuela Beltrán con acta de evaluación N° 05-0605-2017.

Resultados

A partir de la estadística descriptiva se obtuvieron promedios y desviaciones estándar para la PAS y PAD según la condición del ejercicio realizada, como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Estadística descriptiva de la PA según la condición y el momento de medición

Mediciones	TAS			TAD		
	Control	50%	70%	Control	50%	70%
FCR	124,3 ± 3,2	125 ± 3,1	123,2 ± 10,5	81 ± 4,6	80,5 ± 3,3	81,2 ± 9,5
FE	125,3 ± 1,9	126,7 ± 9,4	130,7 ± 11,4	81 ± 3,3	78,2 ± 10,1	80,5 ± 7,9
10 min	125,9 ± 4,4	118 ± 10,5	116,2 ± 9,7	81,2 ± 4,8	74,5 ± 8,7	77 ± 6,0

Continúa tabla...

Mediciones	TAS			TAD		
	Control	50%	70%	Control	50%	70%
20 min	121,3 ± 4,0	118,3 ± 8,1	117,3 ± 6,7	79,8 ± 6,8	73,3 ± 8,2	75,3 ± 8,7
30 min	121,8 ± 2,1	117,8 ± 11,3	118,7 ± 6,7	80,2 ± 4,5	78,7 ± 8,8	77,7 ± 7,1
40 min	125 ± 7,2	118,2 ± 9,5	119,5 ± 6,7	81,2 ± 2,7	80 ± 6,9	74 ± 7,9
50 min	125 ± 3,5	119,2 ± 8,0	118 ± 8,1	81,7 ± 3,1	75,8 ± 11,1	77,5 ± 5,7
60 min	125 ± 3,1	120 ± 7,0	121 ± 10,5	80,5 ± 3,3	77,5 ± 10,5	80,2 ± 10,5

FCR: Frecuencia cardíaca de reposo; FE: Finalizado el ejercicio; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica.

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, en la Figura 1 se evidencian las variaciones de la PAS, de acuerdo con las diferentes intensidades del ejercicio como del momento de su toma; a este respecto, se muestra una mayor disminución de la PAS a una intensidad del 70% en el minuto 10 posterior a la finalización del ejercicio, indicando un valor de 116,2 mmHg. Sin embargo, la disminución de la PAS con intensidad del 50% obtuvo una respuesta hipotensiva similar en el mismo momento, disminuyendo hasta alcanzar 118 mmHg, teniendo como diferencia 1,8 mmHg en comparación con el 70%. En los momentos posteriores a los 10 minutos finalizado el ejercicio, se observa una recuperación paulatina tanto de la PAS al 70% como al 50%, no obstante, dentro de los 60 minutos posteriores al ejercicio, la PAS no retomó sus valores iniciales en ninguna de las dos intensidades con respecto a la toma previa del esfuerzo.

Contrastando las dos intensidades del ejercicio a partir de la toma de control, se evidencia un descenso de la PAS de 7,9 mmHg y 9,7 mmHg al 50% y 70%, respectivamente, en el minuto 10 finalizado el ejercicio, siendo este, como se mencionó previamente, el mayor descenso que se obtuvo durante la recolección de datos.

Por otro lado, dentro del efecto post-ejercicio sobre la PAD se evidenciaron disminuciones de esta a partir del 50 y el 70% de intensidad del ejercicio, determinando así un mayor efecto hipotensivo con una diferencia de 6,5 mmHg en el minuto 20 y 7,2 mmHg en el minuto 40, respectivamente para cada intensidad con respecto a la sesión control, como se evidencia en la Figura 2.

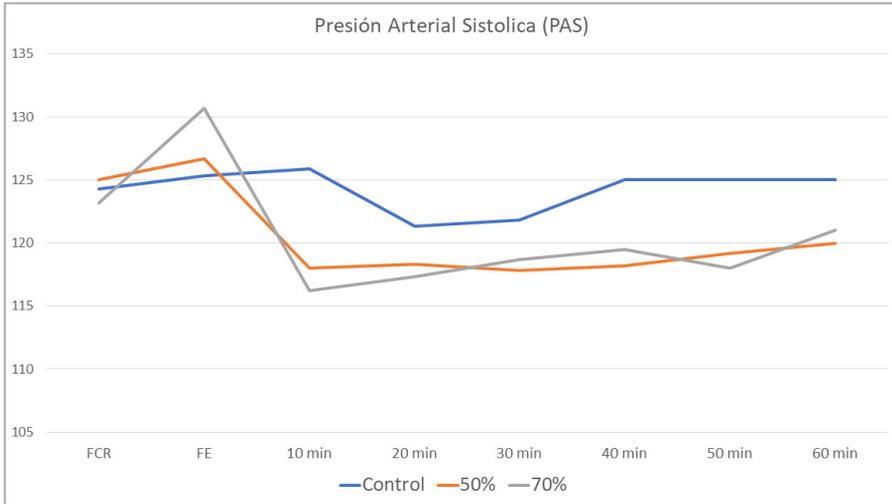


Figura 1. Variaciones de la presión arterial sistólica de acuerdo con las diferentes intensidades del ejercicio.

Fuente: elaboración propia.

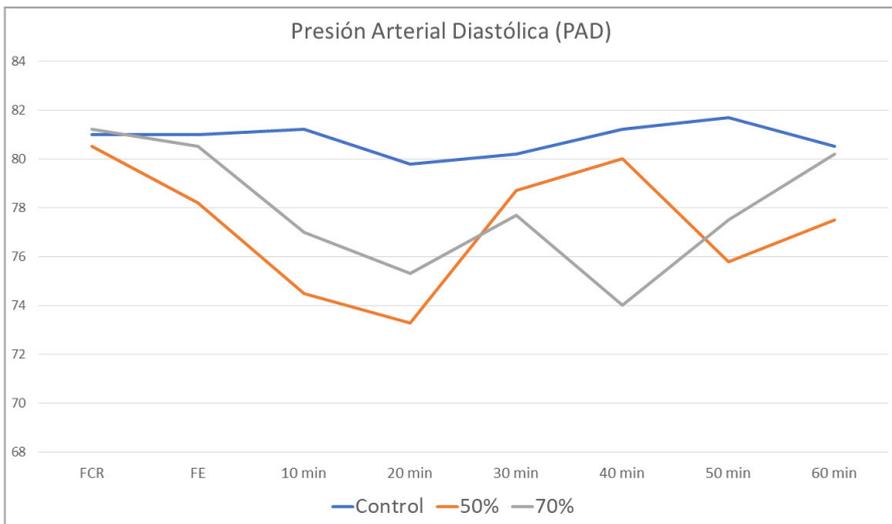


Figura 2. Variaciones de la presión arterial diastólica de acuerdo con las diferentes intensidades del ejercicio.

Fuente: elaboración propia.

Igualmente, en la recuperación de la PAD, no se evidencia una progresión uniforme para el recobro de sus valores iniciales. En la PAD sometida a un ejer-

cicio con intensidad del 70% se observa una recuperación completa a los 60 minutos posteriores a la realización del ejercicio, en cambio, la recuperación a intensidad del 50% FCR no se recuperó en su totalidad en el mismo momento de toma.

Asimismo, en el estado de reposo previo a cada sesión no se evidencian diferencias determinantes entre cada condición, lo que indica que los sujetos iniciaron las 3 sesiones con PA similares.

Por otra parte, dentro de la sesión control se evidencia la mayor diferencia entre hombres y mujeres dando como diferencia 9,8 mmHg en el minuto 40, siendo la PAS más elevada en los hombres. Sin embargo, en lo que atañe a la comparación de la respuesta hipotensora de acuerdo con el género, no se evidencian diferencias relevantes con respecto a efecto hipotensivo ni a la recuperación de la PA.

Del mismo modo, el análisis descriptivo de la respuesta de la PAD evidenció que dentro de la sesión control sin ejecución de esfuerzo físico no obtuvieron el mismo comportamiento; asimismo, en la sesión del 50% se observa disminución de la PAD con respecto a los valores iniciales, pero no se evidencia una recuperación con las mismas características en cuanto a su progresión.

Para utilizar un diseño de experimentos fue necesario comprobar los supuestos, determinándose a través de pruebas de normalidad y análisis de varianzas.

En cuanto a las pruebas de normalidad de los datos se realizó el test de Kolmogorov-Smirnova y Shapiro-Wilk, dando significancias de $p=0,002$ y $p=0,009$, respectivamente, por lo cual, se determinó un análisis de datos bajo variables paramétricas, ya que presentan una distribución normal de los datos recolectados.

Al mismo tiempo, el análisis de las varianzas con base en la prueba de Levene's estableció la igualdad de estas a partir los datos obtenidos, comprobándose de este modo la homogeneidad de las varianzas dentro del presente estudio tanto para la PAS como para la PAD, observándose una $p < 0,05$.

Con base en el comportamiento normal se procede al análisis inferencial de los datos, el cual se realizó mediante el programa estadístico para las ciencias sociales SPSS versión 22.0, el cual consistió en evaluar el efecto cardioprotector

mediante la hipotensión post-ejercicio a dos intensidades y una sesión control, utilizando un diseño de experimentos de 2 vías.

Para las PAS se evidenciaron diferencias significativas en intensidad y tiempo ($p=0,024$ y $p=0,016$), no obstante, la interacción intensidad por tiempo ($p=0,859$) no obtuvo estas diferencias. Por otra parte, el análisis de la PAD no muestra diferencias significativas para estos dos factores, razón por la cual se muestra el efecto hipotensor del ejercicio, principalmente en la PAS en comparación con la PAD.

Por último, mediante la comparación múltiple de los datos se identificó qué tratamientos fueron estadísticamente diferentes, de acuerdo a sus medias, mediante el test de Bonferroni, determinando así diferencias significativas principalmente en el momento inmediatamente posterior a terminado el ejercicio (de 20 a 30 minutos después del mismo) únicamente para la PAS.

Discusión

Se establece, a partir de los resultados, que el ejercicio aeróbico ejecutado a las dos intensidades estipuladas conlleva un efecto hipotensivo en el individuo, sin embargo, se evidenciaron disminuciones significativas principalmente en la PAS a partir de la estadística inferencial, lo que coincide con los hallazgos de Gamboa y Solera (2014), quienes realizaron el análisis con ejercicio aeróbico a 10 individuos físicamente activos en el que midieron las mismas variables, observando una disminución significativa únicamente en la PAS. No obstante, Álvarez *et al.*, (2013), en su estudio con diferentes grupos etarios, obtuvieron diferencias significativas para la PAS y la PAD en adolescentes y adultos sanos, lo que pudo depender del tiempo de ejercicio (60 min) o de su intensidad —la cual no es estipulada en la publicación— al ser de baja intensidad bajo un método fraccionado. Por el contrario, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas para la PAD.

Por otra parte, la respuesta hipotensiva entre hombres y mujeres no determinó diferencias considerables, aunque se evidencia que las tensiones arteriales de los hombres en el transcurso de los 60 minutos se mantuvieron más cerca a

los valores de reposo, siendo esto causado, probablemente, por la recuperación más rápida de la PA de los hombres con respecto a las mujeres (Chiacchio, Ricart & Suau, 2010).

Los participantes del estudio realizaron ejercicio aeróbico en bicicletas estáticas, con un volumen de 30 minutos y una intensidad de 50% y 70% de la FC reserva, obteniendo efectos hipotensivos en los dos casos. Lo que confirma lo expuesto por Gomes y Doederlein (2011), quienes mencionan que la relación de actividades aeróbicas, con duraciones entre 30 y 45 minutos, es idónea para provocar HPE. Asimismo, los resultados también coinciden con lo encontrado por Arsa *et al.* (2006), quienes realizaron un estudio para determinar el efecto hipotensor del ejercicio con intensidad constante frente a la variable del 60% FC reserva y la otra 50% y 80% FC reserva respectivamente, con lo cual, no evidenciaron diferencias significativas en los métodos de ejercicio ejecutados en ese rango de intensidades para obtener una HPE.

Con base en los resultados descriptivos, se evidencia la mayor hipotensión arterial sistólica con intensidad del 70% en los minutos inmediatamente posteriores al ejercicio (minuto 10), lo que puede ser a causa de la regulación de procesos fisiológicos para que el cuerpo recupere la homeostasis, entre los cuales se puede atribuir a la disminución de las resistencias vasculares periféricas, con lo cual, se produce un descenso de la PA más pronunciado que en la intensidad del 50%, pero sin diferencia significativa entre las dos, aun así, esta disminución no necesariamente pudo ser el mecanismo de hipotensión obtenido en el estudio.

Sin embargo, dentro del efecto cardioprotector del ejercicio aeróbico se establecen otros mecanismos por los cuales pudo existir el efecto hipotensivo, tales como disminución de catecolaminas circundantes (MacDonald, 2002), el aumento de sustancias vasodilatadoras —como lo es el óxido nítrico (Pescatello *et al.*, 2004)—, disminución de la resistencia a la insulina inhibiendo la activación del sistema simpático (Cornelissen & Fagard, 2005), vasodilatación cutánea (MacDonald, 2002), entre otros; determinando así procesos simultáneos y explicando descriptivamente por qué la PAS y la PAD no regresaron a sus valores iniciales después de 60 minutos posteriores al ejercicio, pero sí evidenciando una recuperación progresiva hacia estos valores de reposo.

El efecto de protección cardiaca mediante la HPE sumado a los mecanismos anteriormente descritos, y a través de la realización sistemática del ejercicio, pueden ser las adaptaciones estructurales que expliquen a nivel cardiovascular la disminución de la PA en reposo (Pescatello *et al.*, 2004), con lo que se evidencia a través de los resultados que, paralelamente el ejercicio aeróbico, funciona como elemento preventivo para disminuir la incidencia de una futura HTA, concordando con la tesis expuesta por Simão *et al.* (2007) quienes sustentan la misma afirmación.

Se ha realizado una gran cantidad de estudios con referencia a los efectos hipotensivos, especialmente después del ejercicio aeróbico, en poblaciones normotensas aparentemente sanas e hipertensas. Sin embargo, las poblaciones con factores de riesgo, en este caso de HTA, también presentan HPE cuando son a volúmenes e intensidades adecuadas, lo que ratifica lo expuesto por Carpio *et al.* (2015) quienes, mediante una revisión sistemática, evidenciaron una disminución de la PAS y la PAD independientemente del tipo de población de estudio.

Conclusiones

Se comprueba la incidencia del ejercicio aeróbico sobre la PA en las dos intensidades (50% y 70%) mediante la HPE en personas con riesgo de HTA, sin embargo, se determinaron diferencias significativas únicamente en la PAS. Por otra parte, la mayor disminución de la PA posterior al ejercicio se evidenció con la intensidad del 70% de la FCR, observándose principalmente un efecto agudo (minutos 20 y 30) después de finalizado el ejercicio. No obstante, no se demuestran cambios significativos en la disminución de la PAS entre intensidades del 50 y 70% FCR.

En cuanto a la HPE, no se evidenciaron diferencias importantes entre hombres y mujeres, sin embargo, llama la atención la respuesta de la PA en la sesión de control, por lo cual, se sugiere la realización de estudios donde se realice esta comparación por géneros con poblaciones más grandes.

Por último, la PA no se recuperó en su totalidad 60 minutos después a la finalización del ejercicio, por ello se recomienda a futuras investigaciones medir la HPE por un periodo de tiempo más prolongado.

Referencias

- Álvarez, C., Olivo, J., Robinson, O., Quintero, J., Carrasco, V., Ramírez, R., Andrade, D., & Martínez, C. (2013). Efectos de una sesión de ejercicio aeróbico en la presión arterial de niños, adolescentes y adultos sanos. *Revista Médica de Chile*, 141(11), 1363-1370.
- American College of Cardiology & American Heart Association (2002). Guideline Update for Exercise Testing. <http://www.cardiology.org/recentpapers/exercisegl02.pdf>
- Arsa, G., Cristina, A., Rodrigues, J., Braga, P., Grubert, C., Simoes, H., & Ruiz, M. (2006). Post-exercise hypotension in hypertensive individuals submitted to aerobic exercises of alternated intensities and constant intensity-exercise. *Revista brasileira de medicina do esporte*, 12(6), 281-284.
- Briones, E. (2016). Ejercicios físicos en la prevención de hipertensión arterial. *Medisan*, 29(1), 35-41.
- Calderón, F. (2009). Fisiología aplicada al deporte. Editorial Tébar.
- Carpio, E., Moncada, J., Salazar, W., & Solera, A. (2016). Acute effects of exercise on blood pressure: a meta-analytic investigation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 106(5), 422-433.
- Chiacchio, M., Ricart, A., & Suau, R. (2010). Blood pressure response to exercise testing. *Apunts medicina de l'esport*, 45(167), 191-200. <https://pdfs.semanticscholar.org/caa6/23df59779e2966e04d2b6258dab80f738cd2.pdf>
- Cornelissen, V., & Fagard, R. (2005). Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. *Hypertension*, 46(4), 667-675.
- Cornelissen, V., Verheyden, B., Aubert, A., & Fagard, R. (2010). Guideline Update for Exercise Testing: on resting, exercise and post-exercise blood pressure, heart rate and heart-rate variability. *Journal of Human Hypertension*, 175-182.
- Del Valle, M., Manonelles, P., Galván, C., Franco, L., Luengo, E., & Gaztañaga, T. (2015). Prescripción de ejercicio físico en la prevención y tratamiento de la hipertensión arterial. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Archivos de medicina del deporte*, 32(5), 281-312.
- Estañol, B., Gutiérrez, F., Martínez, R., Senties, H., Berenguer, M., Magaña, L., Delgado, G., & Chiquete, E. (2016). Las dos caras del reflejo venoarteriolar: vasoconstricción y vasodilatación cutánea al bajar y subir el brazo. *Revista de neurología*, 62(9), 403-407.
- Gamboa, M., & Solera, A. (2014). Efecto agudo de dos intensidades de ejercicio aeróbico sobre la presión arterial en reposo de personas normotensas. *Revista andaluza de medicina del deporte*, 7(3), 101-105.
- Gomes, P., & Doederlein, M. (2011). Hipotensión post-ejercicio en individuos hipertensos: una revisión. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 96(5), 100-109.
- González, R., Llapur, R., Díaz, M., Illa, M., Yee, E., & Pérez, D. (2015). Estilos de vida, hipertensión arterial y obesidad en adolescentes. *Revista cubana de pediatría*, 87(3), 273-284.
- Hernán, A., Marit, S., Oivind, S., Asgeir, M., Lars, L., Elin, E., Reidun, O., & Bente, U. (2015). Efectos favorables de la actividad física regular motivada en el trabajo sobre la tensión arterial y el perfil lipídico. *Medicina y seguridad del trabajo*, 61(239), 162-171.

- MacDonald JR, (2002). Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension. *Journal of Human Hypertension*, 16, 225-236.
- Marins, J., & Delgado, M. (2007). Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardiaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(118), 112-120.
- Márquez, S., & Garatachea, N. (2009). *Actividad física y salud*. Ediciones Díaz de Santos.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2014). *Análisis de situación de salud. Colombia 2013*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Ministerio de Salud (1993, 04 de octubre). Resolución 8430. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- Mora, R. (2010). *Fisiología del deporte y el ejercicio*. Panamericana.
- Pescatello, L., Frankil, B., Fagard, R., Farquhar, W., Kelley, G., & Ray, C. (ACSM) (2004). Exercise and hypertension. *Medicina y ciencia en deportes y ejercicio*, 36(3), 533-553.
- Simão, R., Deus, J., Miranda, F., Lemos, A., Baptista, L., & Novaes, J. (2007). Hypotensive effects in hypertenses after judo class. *Fitness & Performance*, 6(2), 116-120.
- Tanaka, H., Monahan, K., & Seals, D. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156.
- Veloso, J., Polito, M., Riera, T., Celes, R., Vidal, J., & Bottaro, M. (2010). Efectos del intervalo de recuperación entre las series sobre la presión arterial luego de ejercicios de resistencia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 94(4), 496-502.

Diferencias en el rendimiento anaeróbico después de ejercicios interválicos de alta intensidad¹

8

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.08>

*Oscar Adolfo Niño Méndez², Linda Paola Ramírez Galeano³,
Diego Fernando Vásquez Sánchez⁴, Jorge Leonardo Rodríguez Mora⁵,
German Ignacio Pinzón Zamora⁶*

Resumen

Objetivo: el objetivo principal de la presente investigación fue establecer si es posible aumentar el rendimiento anaeróbico determinado a través de un test de Wingate, después de culminar un entrenamiento de alta intensidad y corta duración en bicicleta estática.

Material y métodos: 17 hombres sanos y físicamente activos, con edades 20 ± 2 años, fueron evaluados a través de un test de Wingate, antes y después de un periodo de entrenamiento de alta intensidad y corta duración en bicicleta estática, tres veces por semana, durante cinco semanas. **Resultados:** G-HIT mejoró significativamente ($p=0.040$) en la PP en vatios de 12.0% con respecto a los valores iniciales, así mismo, se determinó una mejora significativa ($p=0.032$) en índice de fatiga aumentando los valores un 16.3% con respecto

1 La presente investigación se desarrolló como trabajo final de carrera en Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deporte de la Universidad de Cundinamarca, fue desarrollado en su totalidad en el Laboratorio de Fisiología del esfuerzo en la sede de Fusagasugá.

2 Magister en Fisiología integrativa, Doctor en Fisiología, Docente programa de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deporte, Universidad de Cundinamarca (Sede Fusagasugá) Grupo de investigación CAFED. Contacto: oanino@ucundinamarca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9703-3666>

3 Estudiante programa de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deporte, Universidad de Cundinamarca (Sede Fusagasugá). Semillero de investigación: Nuevas Tendencias y Expresiones Motrices, Grupo de investigación CAFED. Contacto: lpaolaramirez@ucundinamarca.edu.co

4 Especialista en Procesos Pedagógicos del Entrenamiento Deportivo, Semillero de investigación: Nuevas Tendencias y Expresiones Motrices, Grupo de investigación CAFED Contacto: dfvasquez@ucundinamarca.edu.co

5 Especialista en Procesos Pedagógicos del Entrenamiento Deportivo, líder del Semillero de investigación: Nuevas Tendencias y Expresiones Motrices, Grupo de investigación CAFED. Contacto: jleonardorodriguez@ucundinamarca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8032-6219>

6 Psicólogo, Magister en Antropología Aplicada; Docente Facultad de Ciencias de la Salud, Programa de Enfermería. Grupo de investigación TATAMASALUD Contacto: gipinzon@ucundinamarca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1439-7822>

a los valores iniciales, finalmente, se determinó una mejora significativa ($p=0.041$) en la PP/kg de 13.7% con respecto a los valores iniciales, al comparar el G-HIIT y G-CONTROL en los datos observados al finalizar el periodo de entrenamiento, el G-HIIT mostró valores más elevados ($p=0.016$, 34.2 vatios) con respecto al G-CONTROL en la PM, así como en la PP/kg ($p=0.033$, 1.10 vatios por kilo) y, finalmente, en la PP/kg ($p=0.007$, 0.6 vatios por kilo). **Conclusiones:** a través de la presente investigación se pudo establecer que un entrenamiento de alta intensidad y breve ejecución —40 minutos de duración por sesión— durante cinco semanas, tres veces por semana, realizado en bicicleta estática, mejora de manera significativa el rendimiento anaeróbico determinado a través de un test de Wingate.

Palabras clave: anaerobiosis; ejercicio físico; rendimiento atlético.

Introducción

Actualmente la práctica de actividad física, el ejercicio físico y el entrenamiento deportivo están presentes en la vida diaria de muchas personas que buscan mantenerse en forma, tener un estilo de vida saludable o para mejorar su rendimiento deportivo (Janssen & LeBlanc, 2010). Cada día la implementación de nuevos métodos de entrenamiento va creciendo debido al afán por conseguir mejores resultados, esto, a partir del objetivo que se persiga (Weineck, 2005). Así, el entrenamiento deportivo puede estar enfocado en diferentes contextos, como puede ser el deporte escolar o universitario, el deporte recreativo, el alto rendimiento o para mantener un estado de vida saludable (Arias, 2008).

Hoy por hoy, son numerosas las investigaciones respecto al rendimiento deportivo, como, por ejemplo, los entrenamientos de alta intensidad y corta duración HIIT (por sus siglas en inglés), generalmente, estos se refieren a un trabajo segmentado en el que se alternan trabajos de alta intensidad de corto tiempo, llegando casi al 100% de esfuerzo del sujeto y con consumos cercanos al $VO_{2máx}$, con periodos de reposo total o recuperaciones con ejercicio de baja intensidad (García, 2016). Frente a los entrenamientos de alta intensidad y corta duración, se puede decir que favorecen el rendimiento y las variables fisiológicas en deportes de predominancia anaeróbica (Esfarjani & Laursen, 2007), sin embargo, dadas las altas intensidades en las cuales se desarrolla este tipo de entrenamiento, las personas que lo aplican y que lo desarrollan en sus planes y programas de entrenamiento deben ser conscientes de los riesgos

e incluso de la posible disminución del rendimiento causado por la fatiga (Derrick, Dereu & Mclean, 2002). Por otro lado, los entrenamientos tradicionales y con personas de alto rendimiento con HIIT, por lo general, son un complemento a un plan general y más complejo de entrenamiento, por ello, aún son necesarias más investigaciones que centran su entrenamiento en solo HIIT con poblaciones que no sean de alto rendimiento.

Por tal motivo, el objetivo principal de la presente investigación fue determinar si es posible aumentar el rendimiento anaeróbico determinado a través de un test de Wingate, después de culminar un entrenamiento de alta intensidad y corta duración en bicicleta estática.

Metodología

El presente estudio se desarrolló como una investigación de tipo ensayo clínico aleatorio controlado, la investigación se realizó atendiendo las guías de la declaración de Helsinki y fue aprobada por el Consejo de Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Cundinamarca. Los sujetos que participaron en esta investigación firmaron un conocimiento informado en donde se les explicaba el protocolo de entrenamiento, así como el test de Wingate que se debía realizar; del mismo modo, se les aplicó un PAR-Q para conocer los hábitos de actividad física que realizaban en su tiempo libre y en las clases propias de su carrera. Dentro del protocolo de exclusión se determinó si se tenía algún impedimento físico que limitara o impidiera el entrenamiento, además, se determinó la necesidad de completar el total de sesiones de entrenamiento, caso contrario, sus datos serían excluidos de la investigación.

Participaron un total de 17 hombre sanos y físicamente activos, los cuales se encontraban cursando primer semestre de Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deporte en la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, las edades promedio de los sujetos era de 20 ± 2 años, los sujetos se organizaron en un primer grupo que se encontraba conformado por 20 personas. Al finalizar el periodo de entrenamiento tres de ellos no culminaron el total de las sesiones, razón por la cual se culminó y se analizó la investigación con 17 sujetos.

Después de completar la recolección de datos básicos, como nombre y edad, se prosiguió a aleatorizar el grupo y organizarlo en dos subgrupos: un

grupo que realizó ejercicio de alta intensidad y corta duración (G-HIIT) y un grupo control, el cual no realizaba ningún tipo de entrenamiento, más que las actividades propias de su carrera (G-CONTROL).

Tanto el test de Wingate antes y después del entrenamiento, así como el total de sesiones de entrenamiento, se realizaron en el laboratorio de fisiología del esfuerzo de la Universidad de Cundinamarca de la sede de Fusagasugá, ubicado a 1740 metros sobre el nivel del mar, a una temperatura constante de 22° centígrados y a una húmeda relativa de 75%.

El test de Wingate permite establecer de manera confiable la potencia máxima alcanzada y la potencia media desarrollada en la prueba, ambas expresadas en vatios, así como los dos datos anteriores determinados por el peso corporal del sujeto que desarrolla la prueba. Por último, pero no menos importante, brinda información sobre el índice de fatiga, el cual corresponde al grado porcentual de caída de la potencia durante el tiempo de ejecución del test (Bar-Or, Dotan & Inbar, 1977; Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996).

Los sujetos realizaron un test de Wingate antes y después del periodo de entrenamiento atendiendo el siguiente protocolo: se estableció el peso corporal en kilogramos del sujeto para ajustar las cargas de calentamiento: 30% de la carga máxima de trabajo, y de trabajo: $\text{peso} \times 0.075$. Realizaron un calentamiento general de aproximadamente de 10 minutos, posteriormente, se ajustó el cicloergómetro según la estatura de cada sujeto y luego se les solicitó pedalear 30 segundos al 30% de la carga del test (aproximadamente 100 pedalazos/minuto), se realizó un descanso pasivo de un minuto, por último, se les solicitó pedalear a 90 pedalazos*minuto sin carga y, a los dos segundos, se les ajustó la carga máxima de trabajo. Los sujetos debían pedalear durante 30 segundos a máxima velocidad.

Para la correcta ejecución del test, todas las pruebas fueron controladas por tres personas con tareas específicas: la persona uno se encargaba de ajustar la carga y consignar en la hoja el número de pedalazos cada cinco segundos; la persona dos debía llevar el tiempo y manifestarlo cada cinco segundos, la tercera persona se encargó de contar en voz alta los pedalazos cada cinco segundos. Los datos fueron consignados en una hoja de Excel para determinar a través de la fórmula los diferentes ítems. Además de lo anterior, cada una de las pruebas fue filmada y cronometrada por aparte, de esta forma se pudo verificar el número de pedalazos máximos alcanzados cada cinco segundos.

El entrenamiento se realizó tres veces por semana durante cinco semanas en bicicleta estática, siempre se controló a través de la escala de Borg y la frecuencia cardiaca, la cual estuvo siempre entre el 85% y el 100%, determinada anteriormente en el test de Wingate. El protocolo de entrenamiento se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1. Entrenamiento de alta intensidad y corta duración

	Carga de entrenamiento				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Repeticiones	4 de 15 sg	4 de 15 sg	4 de 15 sg	4 de 15 sg	4 de 15 sg
Series	5	5	5	5	5
F. Cardiaca	85 a 100%	85 a 100%	85 a 100%	85 a 100%	85 a 100%
Densidad	1 a 1	1 a 1	1 a 1	1 a 1	1 a 1
Escala de Borg	8-10	8-10	8-10	8-10	8-10
Micropausas	15 segundos	15 segundos	15 segundos	15 segundos	15 segundos
Macropausas	2 minutos	2 minutos	2 minutos	2 minutos	2 minutos

Fuente: elaboración propia.

Para las diferentes mediciones y test de Wingate se utilizó un Cicloergómetro marca Monark Ergomic 839e (Suiza), pulsómetros Polar rcx3 (Finlandia), sensores H3 (Filipinas). Bicicleta estática para los entrenamientos marca Grand spinning (USA), una báscula de bioimpedancia Omron HBF 514 CL (USA) y escala de Borg (1-10). En la Tabla 1 Se especifica la metodología del entrenamiento de alta intensidad y corta duración, el cual tuvo un tiempo aproximado de 40 minutos, el cual incluyó 5 minutos de calentamiento a baja intensidad. Se utilizó la escala de Borg (8-10).

Análisis estadístico

Para todas las variables se realizó una estadística descriptiva determinando la media y la desviación estándar, se determinó la distribución normal de los datos a través del test de Shapiro-Wilk. Para la comparación de los datos entre

los grupos G-HIIT y G-CONTROL, antes de iniciar el periodo de entrenamiento, se realizó una t de Student para muestras independientes, así mismo se realizó para los datos obtenidos después del entrenamiento. Al realizar la comparación antes y después del entrenamiento se hizo una t de Student para muestras relacionadas. Los análisis se realizaron a través del paquete estadístico SPSS v17, se tomó como nivel de significación $p < 0.05$.

Resultados

Los datos básicos de los dos grupos se pueden observar en la Tabla 2, al realizar el análisis de distribución normal, con el test de Shapiro-Wilk, se determinó una distribución normal de los datos, posteriormente se realizó una comparación de los dos grupos a través de una t de Student, no se evidenció ninguna diferencia significativa entre los parámetros básicos y antropométricos entre los dos grupos antes del periodo de entrenamiento.

Tabla 2. Datos básicos y antropométricos⁷

	G-HIIS			G-CONTROL		
	(n= 8)			(n= 9)		
Edad (Años)	19.3	±	3.05	20.2	±	2.6
Estatura (m)	1.69	±	0.06	1.75	±	0.1
Peso (kg)	64.9	±	6.09	67.0	±	12
Masa Grasa (%)	14.7	±	3.75	13.8	±	4.6
IMC (kg·m-2)	22.5	±	1.94	21.7	±	2.9

Fuente: elaboración propia.

Se realizó una t de Student para muestras independientes antes del periodo de entrenamiento para verificar si existía alguna diferencia entre los datos del test de Wingate, no se evidenció ninguna diferencia significativa antes de iniciar el periodo de entrenamiento.

⁷ Valores son media y desviación estándar. Abreviaciones; G-HIIT: Grupo que realizó entrenamiento interválico de alta intensidad, G-CONTROL: Grupo que no realizó ningún tipo de entrenamiento, IMC: Índice de masa corporal.

En la Tabla 3 se pueden observar las diferencias significativas encontradas al comparar los datos del test de Wingate antes y después del periodo de entrenamiento en los dos grupos; G-HIIT y G-CONTROL. De igual forma, se pueden observar las diferencias encontradas al comparar los datos del test de Wingate entre los grupos después del periodo de entrenamiento.

Tabla 3. Test de Wingate⁸

	g-hiit		g-control		g-hiit		g-control	
	(n= 8)		(n= 9)		(n= 8)		(n= 9)	
	Antes del Entrenamiento				Después del Entrenamiento			
PP (vatios)	670.4	± 153.1	732.5	± 121.2	750.7	± 89.0	* 702.1	± 143.2
PM (vatios)	245.9	± 51.4	240.3	± 28.6	259.3	± 17.7	225.1	± 31.6 †
IF (%)	46.0	± 9.69	59.9	± 8.89	53.5	± 9.61	* 59.8	± 10.4
PP/kg (vatios)	10.2	± 1.55	10.8	± 0.90	11.7	± 0.98	* 10.6	± 0.89 †
PM/kg (vatios)	3.76	± 0.52	3.57	± 0.40	3.99	± 0.35	3.43	± 0.39 †

Fuente: elaboración propia.

Con el test de Wingate se pudo determinar, para el G-HIIT, una mejora significativa ($p=0.040$) en la potencia pico en vatios de 12.0% con respecto a los valores iniciales, así mismo, una mejora significativa ($p=0.032$) en el índice de fatiga aumentando los valores un 16.3% con respecto a los valores iniciales, finalmente, se determinó una mejora significativa ($p=0.041$) en la potencia pico relativa al peso de 13.7% con respecto a los valores iniciales, figuras 1 y 2.

8 Valores son media y desviación estándar. Abreviaciones; G-HIIT: Grupo que realizó entrenamientos de alta intensidad. G-CONTROL: Grupo que no realizó ningún tipo de entrenamiento. PP: Potencia pico. PM: Potencia media. IF: Índice de fatiga. PP/KG: Potencia pico relativa al peso. PM/KG: Potencia promedio relativa al peso. *: Diferencia significativa antes del entrenamiento y después del entrenamiento ($p<0.05$), †: Diferencia significativa entre los grupos después del entrenamiento ($P <0.05$).

Test de Wingate. Potencia pico

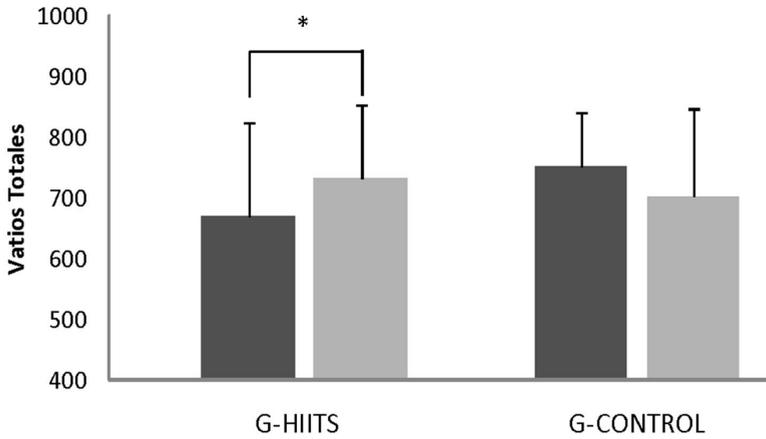


Figura 1. Cambios en el test de Wingate en la «Potencia pico máxima».

Los valores son media y desviación estándar.

* Diferencia significativa ($p < 0.05$).

Fuente: elaboración propia.

Test de Wingate. Potencia pico relativa al peso

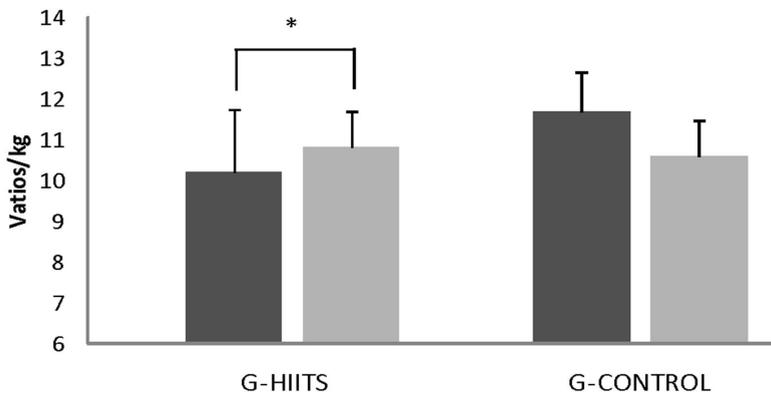


Figura 2. Cambios en el test de Wingate en la «Potencia pico relativo al peso».

Los valores son media y desviación estándar.

* Diferencia significativa ($p < 0.05$).

Fuente: elaboración propia.

De la misma forma, se observaron diferencias significativas al comparar el G-HIIT y el G-CONTROL en los datos observados al finalizar el periodo de entrenamiento. El G-HIIT tuvo valores más elevados ($p=0.016$, 34.2 vatios) con respecto al G-CONTROL en la potencia media medida en vatios, así como en la potencia pico relativa al peso ($p=0.033$, 1.10 vatios por kilo) y, finalmente, en la potencia media relativa al peso ($p=0.007$, 0.6 vatios por kilo).

En la Figura 3 se puede observar el comportamiento del número de pedalezos durante la ejecución del test, datos que permiten determinar el índice de fatiga, en este caso no se encontró ninguna diferencia significativa ($p<0.05$), por otro lado, es interesante observar la tendencia en el G-HIIT, cuando se compara con el G-CONTROL.

Se puede observar como el G-HIIT mantiene de manera más estable el número de pedalezos en los cinco diferentes momentos (30 segundos) en el test de Wingate.

Números de pedalezos según Test de Wingate

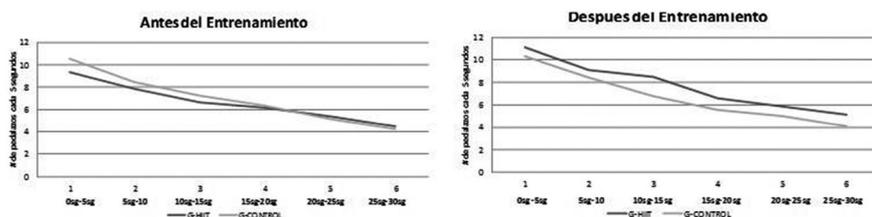


Figura 3. Comportamiento del número de pedalezos durante la ejecución del test de Wingate, antes del entrenamiento y después de este en el G-HIIT y G-CONTROL. En el eje horizontal se puede observar el tiempo donde fue tomada la medición; en el eje vertical se puede observar el número de pedalezos realizados.

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los resultados más importantes en la presente investigación corresponden a los diferentes entrenamientos fundamentados en ejercicios de alta intensidad y corta duración en bicicleta estática, dichos resultados evidenciaron aumentos significativos en la potencia pico medida en vatios y en la potencia pico relativa al peso en el test de Wingate.

Cabe resaltar que el test de Wingate, realizado en un cicloergómetro, es una herramienta que resulta muy valiosa en las diferentes investigaciones que buscan evaluar las respuestas fisiológicas a esfuerzos de alta intensidad (Armstrong, Welsman & Kirby, 1997; Changela & Bhatt, 2012), además es un método no invasivo, económico y relativamente fácil de realizar, siempre y cuando se siga el protocolo de la manera adecuada (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996).

Al observar los resultados en el test de Wingate en la potencia pico y compararlos con los resultados obtenidos en otra investigación, se observan unos resultados bastante satisfactorios, ya que superan a los otros en un 8,22%. Cabe anotar que nuestros sujetos promediaban un peso de 64,9 kilogramos, alrededor de 15 kilogramos menos que en el otro estudio (Vaquera *et al.*, 2002). Dado que la acción principal del entrenamiento fue ejecutado por la musculatura de los cuádriceps femorales y el entrenamiento realizado fue ejecutado de forma parecida al test de evaluación (Okano *et al.*, 2017), se puede hablar de resultados favorables, además, el rendimiento anaeróbico también se vio favorecido al realizar un entrenamiento interválico de alta intensidad en carrera continua, sin embargo, este entrenamiento fue complementado por otros métodos de entrenamiento (Garc & Frontera, 2017) no solo HIIT como el de la presente investigación.

Los beneficios en el rendimiento a través de entrenamientos de alta intensidad podrían mejorar la capacidad para mantener actividades extenuantes, como generalmente se espera solo para entrenamientos de larga duración y con menor intensidad (Maldonado-Martín *et al.*, 2018). La mejora en la capacidad para mantener una potencia adecuada en la ejecución de los 30 segundos en el test de Wingate puede ser debido, entre otros muchos factores, al desarrollo de enzimas mitocondriales (Driss & Vandewalle, 2013), producto del entrenamiento de alrededor de 40 minutos, fraccionado en este caso en 5 series, cada una de ellas de 4 repeticiones de 15 segundos de duración, con 15 segundos de descanso entre repeticiones y 2 minutos entre series, esto es clave en la interpretación de los resultados, dado que una sola repetición sería de predominancia anaeróbica aláctica, pero la acumulación de dichas repeticiones y series convierten a la actividad en un trabajo mixto (Ekkekakis, Hall & Petruzzello,

2004), que influye en el aumento de actividades enzimáticas como la creatina quinasa, la fosfofructoquinasa, la lactato deshidrogenasa, 3-hidroxi-acil-CoA deshidrogenasa y la citrato sintasa, aumentando el rendimiento anaeróbico (Rodas *et al.*, 2000), como en el caso de esta investigación; en otras investigaciones se determinó también aumento el $VO_{2\text{máx}}$ (Astorino, Allen, Roberson & Jurancich, 2012; Ekkekakis *et al.*, 2004).

Aunque nuestra investigación se desarrolló con hombres sanos y físicamente activos, sin un entrenamiento previo y sin ser de alto rendimiento, muchas otras investigaciones han reportado beneficios en otros tipos de población (Fernández, Sánchez & Vicente, 2014; Kemi *et al.*, 2005; Mancilla *et al.*, 2014; Wisløff *et al.*, 2007) siendo una herramienta valiosa en los diferentes programas de promoción de la salud y del mejoramiento de las condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

Conclusiones

A través de la presente investigación se pudo establecer que un entrenamiento exclusivo de alta intensidad y de breve ejecución, de 40 minutos de duración por sesión, durante cinco semanas, tres veces por semana, realizado en bicicleta estática, controlada por frecuencia cardiaca y escala de Borg, mejora de manera significativa el rendimiento anaeróbico determinado a través de un test de Wingate.

Referencias

- Arias, J. (2008). El proceso de formación deportiva en la iniciación a los deportes colectivos fundamentado en las características del deportista experto. *Retos. Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación* (13), 28-32.
- Armstrong, N., Welsman, J., & Kirby, B. (1997). Performance on the wingate anaerobic test and maturation. *Pediatric exercise science*, 9(3), 253-261. <http://doi.org/10.1123/pes.9.3.253>
- Astorino, T., Allen, R., Roberson, D., & Jurancich, M. (2012). Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, $VO_{2\text{máx}}$ and muscular force. *The journal of strength and conditioning research*, 26(1), 138-145. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318218dd77>
- Bar-Or, O., Dotan, R., & Inbar, O. (1977). A 30 sec all-out ergometric test: its reliability and validity for anaerobic capacity. *Israel journal of medical sciences*, 13(126).

- Changela, P., & Bhatt, S. (2012). The correlational study of the vertical jump test and wingate cycle test as a method to assess anaerobic power in high school basketball players. *International journal of scientific and research publications*, 2(6), 1-6.
- Derrick, T., Dereu, D., & Mclean, S. (2002). Impacts and kinematic adjustments during an exhaustive run. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(6), 998-1002. <http://doi.org/10.1097/00005768-200206000-00015>
- Driss, T., & Vandewalle, H. (2013). Review article the measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review. *BioMed research international*, 2013, 1-40.
- Ekkekakis, P., Hall, E., & Petruzzello, S. (2004). Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise: rationale and a case for affect-based exercise prescription. *Preventive Medicine*, 38(2), 149-159. <http://doi.org/10.1016/j.ypmed.2003.09.038>
- Esfarjani, F., & Laursen, P. (2007). Manipulating high-intensity interval training: effects on over VO2 max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *Journal of science and medicine in sport*, 10(1), 27-35. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.014>
- Fernández, A., Sánchez, J., & Vicente, J. (2014). Efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol. *Cultura, ciencia y deporte*, 9(27), 251-259. <http://doi.org/10.12800/ccd.v9i27.467>
- Garc, F., & Frontera, L. (2017). Physiological, neuromuscular and biomechanical responses to hiit in endurance runners physiological, neuromuscular and biomechanical responses to high-intensity intermittent training in. *The journal of strength & conditioning research*, 29(1), 11-21. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.31064.70401>
- García, F. (2016). *Respuesta fisiológica, neuromuscular y biomecánica al entrenamiento intermitente de alta intensidad en atletas a fondo*. Universidad de Jaén.
- Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, J. (1996). *The wingate anaerobic test: development, characteristics, and application*. Human Kinetics.
- Janssen, I., & LeBlanc, A. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 7(1), 40.
- Kemi, O., Haram, P., Loennechen, J., Osnes, J., Skomedal, T., Wisløff, U., & Ellingsen, Ø. (2005). Moderate vs. high exercise intensity: differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovascular research*, 67(1), 161-172. <http://doi.org/10.1016/j.cardiores.2005.03.010>
- Maldonado-Martín, S., Jayo-Montoya, J., Matajira-Chia, T., Villar-Zabala, B., Goiriena, J., & Aispuru, G. (2018). Effects of combined high-intensity aerobic interval training program and Mediterranean diet recommendations after myocardial infarction (Interfarct Project): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 19(1), 156. <http://doi.org/10.1186/s13063-018-2529-3>

- Mancilla, R., Torres, P., Álvarez, C., Schifferli, I., Sapunar, J., & Díaz, E. (2014). Ejercicio físico intervalico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. *Revista médica de Chile*, *142*(1), 34-39. <http://doi.org/10.4067/S0034-98872014000100006>
- Okano, A., Moraes, A., Pria, A., Cyrino, E., Simões, H., Pezarat-Correia, P., Barbieri, J., Teodoro, C., & Gáspari, A. (2017). Varied EMG responses of the quadriceps muscle during a Wingate anaerobic test. *Manual therapy, posturology & rehabilitation journal*, *15*, 1-5. <http://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2017.15.458>
- Rodas, G., Ventura, J., Cadefau, J., Cussó, R., & Parra, J. (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European journal of applied physiology*, *82*(5), 480-486. <http://doi.org/10.1007/s004210000223>
- Vaquera, A., Rodríguez, J., Villa, J., García, J., & Ávila, C. (2002). Cualidades fisiológicas y biomecánicas del jugador joven de liga EBA. *Revista Motricidad. European Journal of Human Movement*, *9*, 43-63.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total* (1.ª ed.). Editorial Paidotribo. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Wisløff, U., Støylen, A., Loennechen, J., Bruvold, M., Rognum, Ø., Haram, P., Tjønnå, A., Helgerud, J., Slørdahl, S., Lee, S., Videm, V., Bye, A., Smith, G., Najjar, S., Ellingsen, Ø., Skjærpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*, *115*(24), 3086-3094. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.675041>

Esta página queda intencionalmente en blanco

Cambios físicos en estudiantes del programa de cultura física, deporte y recreación (2013-2016)

9

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.09>

Laura Elizabeth Castro Jiménez¹, Yenny Paola Argüello Gutiérrez², Oscar David Godoy Gómez³, Daiver Steven Sabogal Romero⁴

Resumen

Objetivo: determinar los cambios de los estudiantes de seis cohortes (2013-1, 2013-2, 2014-1, 2014-2, 2015-1, 2015-2), evaluados al ingreso de la universidad, y compararlos con los resultados a corte 2017-I en la aptitud física evaluada a través de la composición corporal, fuerza, flexibilidad, velocidad, agilidad y consumo de oxígeno. **Metodología:** estudio de corte cuantitativo, de alcance descriptivo, con una cohorte de seguimiento prospectivo desde el 2013-I hasta el 2016-II, con corte a 2017-I. Los criterios de inclusión fueron hombres y mujeres, estudiantes de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás, que hayan permanecido activos como estudiantes desde el ingreso hasta la fecha del corte que es 2017-I. **Resultados:** después de comparar los resultados de ingreso frente a los resultados a corte 2017-1, se encontró una mejora en la prueba 30 metros lanzados, adaptación al móvil (agilidad) y los valores generales de fuerza (espalda y mano), así como una disminución en las pruebas de agilidad (obstáculos) y flexibilidad. **Conclusión:** los cambios que se dan en los estudiantes en su condición física en su paso por la universidad no siempre implican mejora; por lo evidenciado, se encuentra disminución de algunas cualidades del movimiento, lo que no se puede atribuir completamente a los procesos de envejecimiento, mostrando que el paso por la universidad y lo que implica la permanencia en ella genera conductas que repercuten a este resultado.

Palabras clave: aptitud física; criterios de admisión escolar; estudiantes.

1 Fisioterapeuta. Magister en Salud Pública. Doctorando en Humanidades, Humanismo y Persona. Docente Investigadora Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: laura.castro@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5166-8084>

2 Fisioterapeuta. Magister en Fisiología. Docente Investigadora Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: yenniarguello@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8335-4936>

3 Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación. Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: oscar.godoy@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1955-2388>

4 Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación. Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: daiver.sabogal@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6173-9189>

Introducción

A nivel mundial, las universidades que ofertan los programas de Educación Física y áreas afines poseen pruebas de admisión que valoran, en su gran mayoría, capacidades físicas, condicionales y coordinativas, con el fin de aceptar a los estudiantes que posean las mejores cualidades físicas desde el ingreso y que se puedan potencializar a lo largo de la carrera, para de esta manera tener egresados con condiciones excepcionales en el medio laboral. La Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación posee un proceso de admisiones que busca evaluar la competencia cinética corporal, las competencias básicas y el contexto sociocultural de los jóvenes interesados en ingresar al programa de pregrado de la Facultad, evaluando desde su integralidad a los aspirantes, para seguir con esta formación a lo largo de la carrera.

El programa reconoce que cada joven requiere una formación cognitiva, de conocimientos especializados y de aspectos que lo formen como una persona ética y con sentido humanista. Por ello, es importante identificar en los jóvenes su inclinación por la práctica de actividad física, el deporte y su interés por los hábitos de vida saludable, por ello “el estudiante debe poseer un nivel de acondicionamiento físico, demostrar cierto grado de competencias básicas y unos niveles de desarrollo personal” (Córdoba, 2013, p. 6), con el fin de que durante la carrera mejore las condiciones de base o las mantenga, para que exista coherencia entre lo que se dicta y lo que se hace. Así pues, para implementar las pruebas de admisión en la Facultad se lleva a cabo un proceso de diseño, pilotaje y validación que se llevó a cabo por primera vez desde el año 2011 al año 2012, luego de este periodo se inicia, a partir del segundo semestre del año 2013, la aplicación de las diferentes pruebas de ingreso.

Durante los últimos 4 años las pruebas han sido aplicadas, pero aún no se ha realizado ningún proceso de seguimiento ni investigación que permita identificar claramente el perfil de los estudiantes que ingresan a la Facultad y los que terminan la carrera, tampoco se conoce con claridad el comportamiento de la condición física a lo largo del tiempo, es decir, no se reconoce desde su ingreso hasta el semestre actual que cursa qué cambios existen en la condición física de cada estudiante, si efectivamente mejoró —que es el objetivo de la

formación de la universidad—, por lo menos se mantuvo igual o disminuyó, como reporta la literatura que ha pasado en los estudiantes universitarios.

Investigaciones sobre el tema se han llevado a cabo en otros países, en donde la condición física y los hábitos alimentarios de los estudiantes de Educación Física ha sido motivo de indagación y se ha reportado en el estudio de Almagia, Lizana, Rodríguez, Ivanovic & Binignat (2009) en el que evaluaron a 50 estudiantes de primer año de la carrera de Educación Física de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, los componentes antropométricos y la condición física, encontrando que la masa grasa de hombres y mujeres eran más bajas y la masa muscular más alta en comparación con otros estudiantes, además de existir una relación entre la masa grasa y las pruebas de velocidad, resistencia y fuerza en miembros superiores en los hombres. Para las mujeres existió una correlación positiva entre la masa muscular y la prueba de velocidad. Sin embargo, los investigadores concluyeron que “las variables antropométricas del grupo universitario evaluado, no se correlacionan de manera importante con el rendimiento físico, ya que el nivel de entrenamiento es bajo”.

Durán, Valdés, Godoy y Herrera (2014) evaluaron a 420 estudiantes de Pedagogía en Educación Física de la Universidad Autónoma de Chile, desde la cohorte de 2009 hasta la cohorte del año 2013, por medio de la “encuesta sobre hábitos alimentarios” y las pruebas descritas en el sistema de medición de calidad de la educación de Educación Física. Entre los hallazgos encontraron un mejor rendimiento físico de las cohortes 2010 y 2012, debido a la mayor carga académica en asignaturas prácticas; los autores concluyen que los estudiantes “presentan malos hábitos alimentarios durante toda la carrera universitaria, gran parte de ellos presentan sobrepeso u obesidad, mientras que su condición física disminuye de manera irregular a medida que avanzan los estudios”.

Ahora bien, en nuestro contexto hay pocos estudios que determinen un perfil en la condición física de los estudiantes universitarios y que hayan realizado seguimiento en el tiempo de esta. Por ello, esta investigación tiene por objetivo determinar los cambios de los estudiantes de las seis cohortes con corte a 2017-I en composición corporal, fuerza, flexibilidad, velocidad, agilidad y consumo de oxígeno que ingresaron a la universidad entre el 2013-II y el 2016-II.

Metodología

Diseño metodológico: este estudio es de corte cuantitativo, con una cohorte de seguimiento prospectivo desde el 2013-I hasta el 2016-II, con corte a 2017-I, de alcance descriptivo.

Participantes: se tomó como población de estudio a los estudiantes de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación que ingresaron desde el primer semestre de 2013 y se han mantenido hasta el segundo semestre de 2016. Los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta establecían que podrían participar hombres y mujeres estudiantes de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás, que hubiesen permanecido activos (que se han matriculado ininterrumpidamente todos los semestres) desde el ingreso hasta la fecha del corte que es 2017-I. Los criterios de exclusión no permitían la participación de estudiantes que hubieran presentado lesiones tales como desgarros de la musculatura isquiotibial y los cuádriceps, o cualquier otro que le impida desarrollar todas las pruebas físicas, así mismo, no podían haber padecido fracturas, cirugías o dolor en la columna vertebral en los últimos 3 meses, lo que les impediría realizar las pruebas post de condición física. Tampoco fueron admitidos estudiantes que no hubieran permanecido activos de manera constante en el periodo de seguimiento.

Tamaño muestral: de acuerdo con los criterios de inclusión (hombres y mujeres estudiantes de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás, que hayan permanecido activos como estudiantes desde el ingreso hasta la fecha del corte, es decir, hasta 2017-I. De este modo se obtuvieron un total de 470 sujetos para evaluar. En los meses de agosto y septiembre se realizó la convocatoria para valoración de la población. Se logró evaluar a los 132 estudiantes esperados de acuerdo con la fórmula estimada para esto (ver Tabla 1).

Tabla 1. Tamaño muestral

Total de la población (N)	470
(Si la población es infinita, dejar la casilla en blanco)	
Nivel de confianza o seguridad (1- α)	95%

Continúa tabla...

Precisión (d)	3.5%
Proporción (valor aproximado del parámetro que queremos medir)	5%
(Si no tenemos dicha información $p=0.5$ que maximiza el tamaño muestral)	
Tamaño muestral (n)	113
El tamaño muestral ajustado a pérdidas	
Proporción esperada de pérdidas (R)	15%
Muestra ajustada a las pérdidas	132

Fuente: elaboración propia, 2017.

Métodos y procedimientos: las pruebas escogidas para su aplicación ya están validadas a nivel internacional y se utilizarán equipos que hacen parte del Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación (ver Tabla 2).

Tabla 2. Pruebas de condición física

Componente	Pruebas
Fuerza (espalda y mano)	Dinamometría
Flexibilidad	Test de Wells
Agilidad	Prueba de obstáculos Adaptación al móvil

Fuente: Modelo de ingreso, 2013.

Las pruebas físicas fueron aplicadas a los estudiantes para el ingreso a la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, por lo que ya se tienen almacenados los datos de preingreso y se volverán a aplicar en el primer semestre del 2017 (datos post-ingreso). La hipótesis de investigación que se maneja es que la condición física de los estudiantes debió mejorar durante su permanencia en la Facultad.

Consideraciones éticas: la investigación se desarrolló de acuerdo con la declaración de Helsinki, la Resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud colombiano. Esta investigación se clasificó como de riesgo mínimo,

según lo establecido en el artículo 11, numeral b de la resolución 008430 del Ministerio de Salud. Se respetó la confidencialidad de la información recopilada tanto en medio físico como electrónico.

Plan de análisis: para los datos cuantitativos se obtuvo la media (siendo esta importante si los datos son paramétricos), partiendo de lo anterior se realizará un estudio bivariado. La información se almacenará en una base de datos para analizarla a través del programa SPSS versión 21.

Resultados

De los 132 estudiantes a quienes se les tomó la evaluación antes iniciar la universidad se encontró que el 81.8% fueron hombres y 18.9% restante fueron mujeres. La media de duración de la prueba —30 metros lanzados— que evalúa velocidad fue de 4.8984 segundos ($DS \pm 5.02$), se evaluó agilidad teniendo como media 34,797 segundos ($DS \pm 6.44$), así como la adaptación al móvil la media que correspondió a 24.224 segundos ($DS \pm 8.73$) (ver Tabla 3).

En la evaluación de fuerza de miembros inferiores se encontró que solo se evaluó a 56 aspirantes, razón por la cual se decidió no valorarla en la prueba post. En fuerza de mano se encontró que la media es de 32.6 kgf ($DS \pm 9.44$) y la fuerza de espalda la media es de 102.46 Kgf ($DS \pm 30.92$). Se evaluó la flexibilidad con una media de 7.64 cm ($DS \pm 8$) y, por último, se evaluó el VO_2 encontrando una media de 43.24 ml/kg/min (ver Tabla 3).

Tabla 3. Pruebas antes de iniciar la universidad

	SEXO	AGILIDAD	HAB. AGUA	FUERZA MMII	FUERZA MANO	FUERZA ESPALDA	FLEXIBILIDAD	VO_2	VELOCIDAD	ADAP. AL MÓVIL
Válidos	132	131	75	56	129	130	128	125	102	109
Perdidos	0	1	57	76	3	2	4	7	30	23
Media	1,19	34,797	57,109	40,907	32,636	102,462	7,641	43,243328	4,8984	24,2248
Mediana	1,00	34,350	51,360	39,600	32,000	100,500	9,000	45,000000	3,7000	22,1000

Continúa tabla...

	SEXO	AGILIDAD	HAB. AGUA	FUERZA MMII	FUERZA MANO	FUERZA ESPALDA	FLEXIBILIDAD	Nº ₂	VELOCIDAD	ADAP. AL MÓVIL	
Desv. típ.	,393	6,4497	23,1160	7,2323	9,4494	30,9213	8,0044	10,3577970	5,02686	8,73905	
Varianza	,155	41,598	534,349	52,306	89,292	956,126	64,071	107,284	25,269	76,371	
Rango	1	40,0	121,6	32,0	66,0	173,0	48,0	76,2000	29,00	53,20	
Suma	157	4558,4	4283,2	2290,8	4210,0	13320,0	978,0	5405,4160	499,64	2640,50	
	25	1,00	30,400	42,000	35,700	26,000	80,750	2,000	39,112000	3,4375	19,0000
Percentiles	50	1,00	34,350	51,360	39,600	32,000	100,500	9,000	45,000000	3,7000	22,1000
	75	1,00	38,400	63,000	45,525	39,000	124,250	13,000	47,900000	4,0250	25,8500

Fuente: elaboración propia, 2017.

Al buscar las diferencias por sexo se halló que los hombres son más ágiles que las mujeres (ver Figura 1).

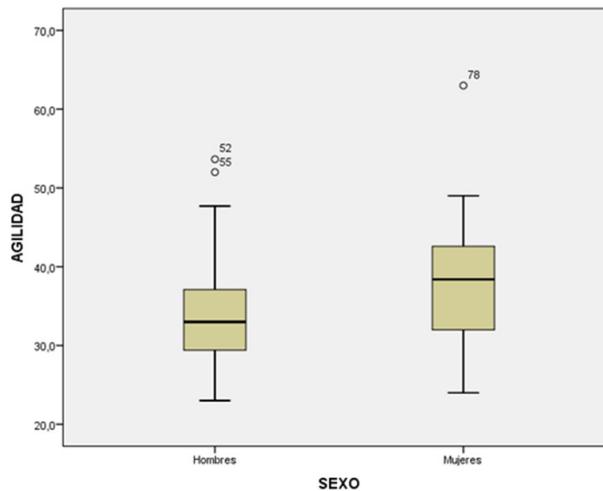


Figura 1. Agilidad antes de iniciar la universidad por sexo.

Fuente: elaboración propia, 2017.

En fuerza de mano se encontró por sexo que los hombres tienen mayor fuerza que las mujeres (ver Figura 2).

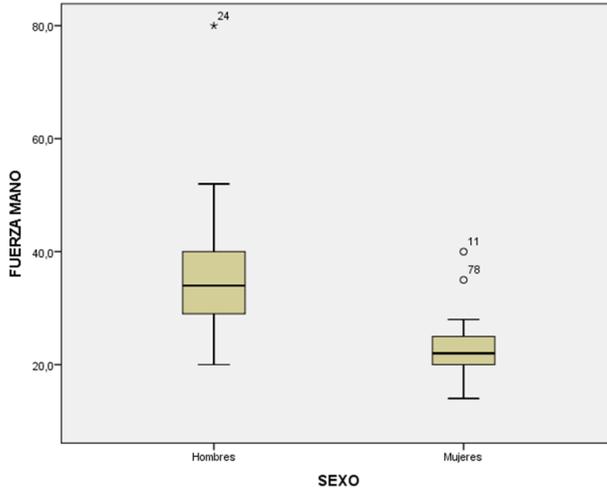


Figura 2. Fuerza de mano antes de iniciar la universidad por sexo.
Fuente: elaboración propia, 2017.

En fuerza de espalda se encontró por sexo que los hombres tienen mayor fuerza que las mujeres (ver Figura 3).

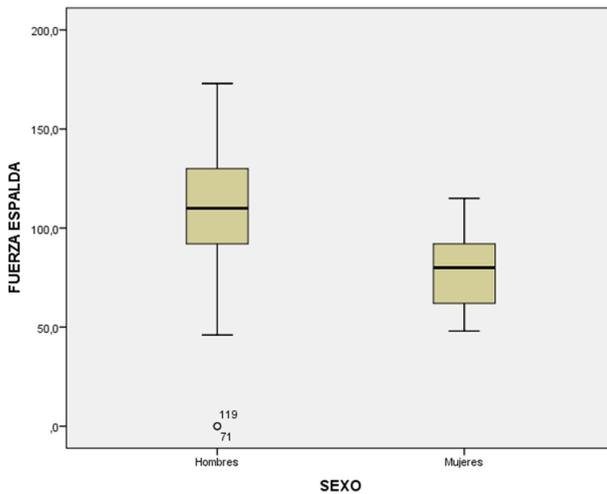


Figura 3. Fuerza de espalda antes de iniciar la universidad por sexo.
Fuente: elaboración propia, 2017.

En el consumo de oxígeno VO_2 , se encontró que los hombres están ligeramente por encima de las mujeres, aunque hay valores muy bajos para aquellos que no alcanzaron el estadio 1 de la prueba de Leger (ver Figura 4).

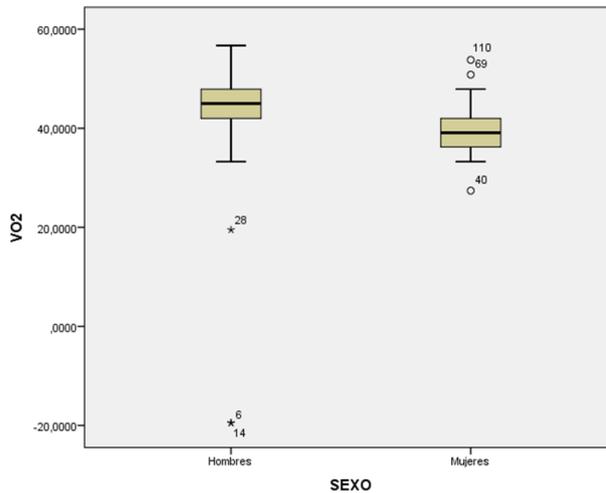


Figura 4. Consumo de oxígeno antes de iniciar la universidad por sexo.
Fuente: elaboración propia, 2017.

En los resultados de las pruebas realizadas en el corte 2017-1, las cuales hacen referencia a los resultados durante la estancia en la universidad de los estudiantes, se encontró una media de duración de 4.1434 segundos ($DS \pm 0.47$) para la prueba 30 metros lanzados, que evalúa velocidad, estos valores fueron superiores a los que se encontraron en la evaluación pre, concluyendo que la velocidad aumentó. Otros valores que mejoraron fueron los tiempos de adaptación al móvil, teniendo una media de 19.833 segundos ($DS \pm 5.88$), y los valores generales de fuerza, encontrando la media en fuerza de mano de 41.38 Kgf ($DS \pm 11.37$) y la fuerza de espalda la media en 105.618 Kgf ($DS \pm 8.61$) (ver tabla 4).

Tabla 4. Pruebas durante su instancia en la universidad

	SEXO	VELOCIDAD	FLEXIBILIDAD	FUERZA MANO	FUERZA DE ESPALDA	AGILIDAD 2	ADAPTACIÓN MÓVIL
Válidos	132	59	127	127	110	108	108
Perdidos	0	73	5	5	22	24	24
Media	1,19	4,1434	2,709	41,387	105,618	42,137	19,833
Mediana	1,00	4,0100	4,000	42,000	108,000	41,400	18,330
Desv. típ.	,393	,47694	9,1340	11,3716	31,6471	8,6130	5,8832
Varianza	,155	,227	83,430	129,314	1001,541	74,185	34,612
Rango	1	2,07	44,0	79,0	130,0	56,9	38,1
Suma	157	244,46	344,0	5256,2	11618,0	4550,8	2141,9

Fuente: elaboración propia, 2017.

Pero no en todas las evaluaciones se encontró una mejoría, ya que en la evaluación de agilidad la media fue de 42.137 segundos ($DS \pm 8.6$) y en la de flexibilidad la media fue de 2.709 cm ($DS \pm 9.13$), valores inferiores a los de preingreso a la universidad (ver tabla 4). La prueba de VO_2 no se pudo realizar por los tiempos de los estudiantes, así que no fue posible realizar una comparación con respecto a este dato en el corte 2017-1.

Al hacer la comparación por sexo, se encontró en velocidad que los hombres siguen siendo más ágiles que las mujeres (Figura 5).

En flexibilidad, los resultados en mujeres son mejores y la desviación estándar es menor que en los hombres (ver Figura 6).

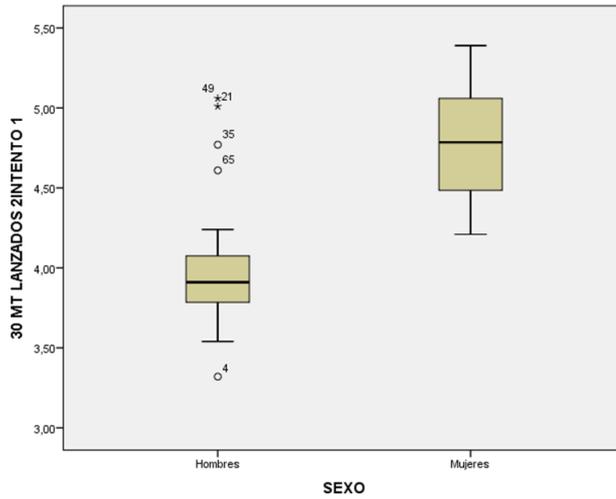


Figura 5. Velocidad por sexo en pruebas durante la universidad.
Fuente: elaboración propia, 2017.

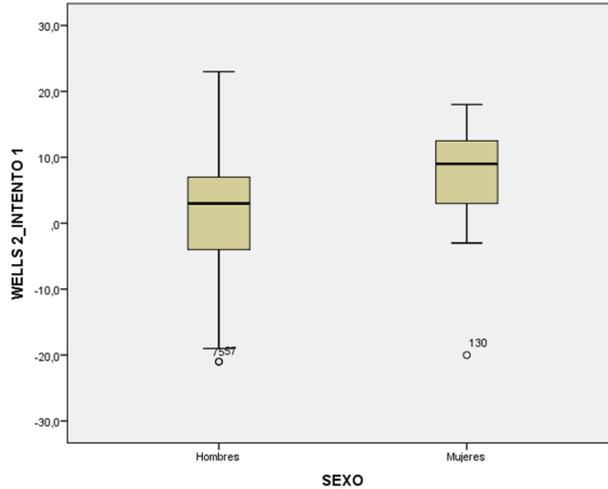


Figura 6. Flexibilidad por sexo en pruebas durante la universidad.
Fuente: elaboración propia, 2017.

En fuerza muscular de mano los hombres presentaron mejores resultados que las mujeres, aunque en este grupo la desviación estándar es menor (ver Figura 7).

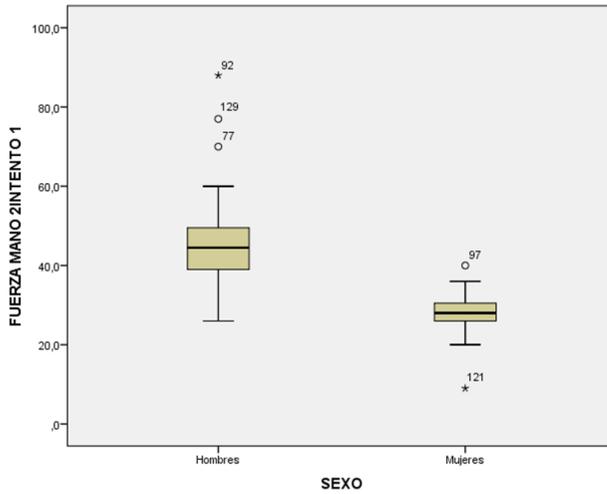


Figura 7. Fuerza de mano por sexo en pruebas durante la universidad.
Fuente: elaboración propia, 2017.

En fuerza muscular de espalda los hombres presentaron mejores resultados que las mujeres, aunque en este grupo la desviación estándar es menor (Figura 8).

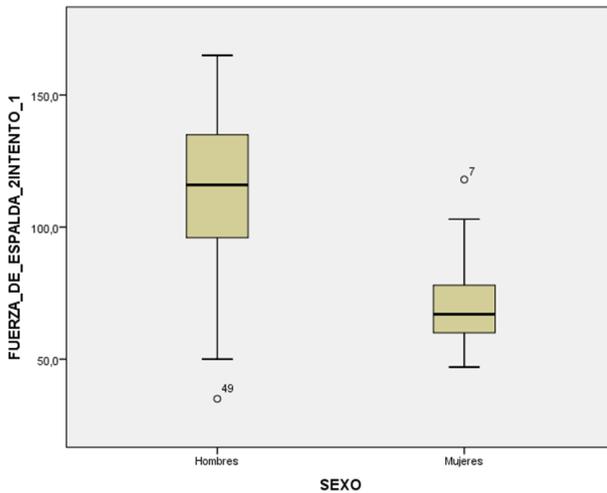


Figura 8. Fuerza de espalda por sexo en pruebas durante la universidad.
Fuente: elaboración propia, 2017.

Al hacer la comparación con las diferentes cohortes, no se encuentra relación estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos en cada una de aquellas y las pruebas realizadas de la condición física (ver tabla 5).

Tabla 5. Comparación de resultados durante la instancia de la universidad

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
30 MT LANZADOS 2 INTENTO I	2013-1	36	4,1036	,48572	,08095	3,9393	4,2680
	2013-2	2	5,1250	,37477	,26500	1,7579	8,4921
	2014-1	2	4,5900	,66468	,47000	-1,3819	10,5619
	2014-2	8	4,1588	,28578	,10104	3,9198	4,3977
	2015-1	7	4,0200	,43159	,16312	3,6208	4,4192
	2015-2	4	3,9725	,13672	,06836	3,7550	4,1900
	Total	59	4,1434	,47694	,06209	4,0191	4,2677
WELLS 2 INTENTO I	2013-1	37	2,919	7,8045	1,2830	,317	5,521
	2013-2	3	3,000	9,0000	5,1962	-19,357	25,357
	2014-1	12	3,417	9,4143	2,7177	-2,565	9,398
	2014-2	14	3,714	9,5951	2,5644	-1,826	9,254
	2015-1	42	2,214	10,0815	1,5556	-,927	5,356
	2015-2	19	2,158	9,9458	2,2817	-2,636	6,952
	Total	127	2,709	9,1340	,8105	1,105	4,313
FUERZA MANO 2 INTENTO I	2013-1	35	38,943	9,6037	1,6233	35,644	42,242
	2013-2	3	30,000	9,5394	5,5076	6,303	53,697
	2014-1	12	45,333	10,5169	3,0360	38,651	52,015
	2014-2	17	43,276	8,8522	2,1470	38,725	47,828
	2015-1	41	41,780	12,3602	1,9303	37,879	45,682
	2015-2	19	42,658	13,9673	3,2043	35,926	49,390
	Total	127	41,387	11,3716	1,0091	39,390	43,384

Continúa tabla...

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
FUERZA DE ESPALDA 2 INTENTO I	2013-1	36	107,389	33,4068	5,5678	96,086	118,692
	2013-2	3	86,333	25,1064	14,4952	23,965	148,701
	2014-1	8	116,625	35,8447	12,6730	86,658	146,592
	2014-2	15	110,533	31,9774	8,2565	92,825	128,242
	2015-1	31	100,613	28,3804	5,0973	90,203	111,023
	2015-2	17	104,882	33,5669	8,1412	87,624	122,141
	Total	110	105,618	31,6471	3,0174	99,638	111,599
AGILIDAD 2 INTENTO I	2013-1	37	43,640	9,6001	1,5782	40,439	46,841
	2013-2	2	46,150	9,4187	6,6600	-38,473	130,773
	2014-1	9	45,147	7,9087	2,6362	39,067	51,226
	2014-2	17	37,728	5,7321	1,3902	34,781	40,675
	2015-1	36	41,374	8,7011	1,4502	38,430	44,318
	2015-2	7	43,804	6,9184	2,6149	37,406	50,203
	Total	108	42,137	8,6130	,8288	40,494	43,780
ADAPTACIÓN BALÓN 2 INTENTO I	2013-1	37	21,097	6,2949	1,0349	18,998	23,196
	2013-2	1	45,200
	2014-1	10	17,119	2,4213	,7657	15,387	18,851
	2014-2	7	18,137	2,9114	1,1004	15,445	20,830
	2015-1	35	19,199	5,7764	,9764	17,215	21,184
	2015-2	18	19,222	3,6110	,8511	17,426	21,018
	Total	108	19,833	5,8832	,5661	18,710	20,955

Fuente: elaboración propia, 2017.

Por último, se hizo una la prueba t para variables pareadas y se halló una relación estadísticamente significativa entre la flexibilidad y la fuerza de espalda; en flexibilidad con la prueba pre y post se obtuvo una correlación de 0.617 ($p=0.000$) y en fuerza de espalda de 0.799 ($p=0.000$). En las pruebas

de fuerza de mano pre y post la correlación fue de 0.366 ($p=0.031$), agilidad (prueba de obstáculos) la correlación fue de 0.210 ($p=0.212$) y adaptación al móvil de 0.288 ($p=0.084$).

Un comportamiento diferente se encontró con la prueba de Wilcoxon, pues en algunas de las variables de las pruebas físicas se presentaron diferencias estadísticamente significativas, como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Prueba de Wilcoxon para variables no paramétricas

Variable	Valor de p
Flexibilidad	0.000*
Fuerza de mano	0.000*
Fuerza de espalda	0.000*
Agilidad (prueba de obstáculos)	0.000*
Agilidad (adaptación al móvil)	0.000*

Nota.* $p<0.05$

Fuente: elaboración propia, 2017.

Discusión

Las universidades del mundo están recibiendo anualmente una gran cantidad de estudiantes; en Colombia, de acuerdo con el sistema nacional de instituciones de educación superior (Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, 2015), en el 2015 se matricularon para el primer curso universitario 785.878 estudiantes, que ingresaron a los diferentes programas de pregrado y posgrado en espera de una formación profesional integral. Cuando se piensa en el término “integralidad” son muchos los aspectos que entran en juego, las universidades deben velar porque se brinde no solo un desarrollo a nivel cognitivo, sino también en lo que respecta a la condición física y a la generación de hábitos saludables. Para ello establecen diferentes estrategias como, por ejemplo, ofertar espacios académicos en los cuales esté presente la actividad física y el deporte. Ahora bien, para las universidades que

ofertan programas específicos, enfocados a la educación física, la cultura física, el deporte y la recreación, esta preocupación se torna aún mayor, pues los estudiantes no solo deben poseer una condición física adecuada, sino que además deben transmitir y desarrollar estilos de vida saludables. Los resultados de este estudio evidencian que existen cualidades del movimiento que no se trabajan constantemente en el desarrollo de la carrera, lo que generó una disminución global al finalizar los estudios, por otro lado, algunas cualidades que parece que sí se trabajaron presentaron mejoría.

Al revisar lo publicado en la literatura mundial frente a los cambios reportados en flexibilidad, se encontró un estudio en Colombia en el que se entrenó a brigadistas universitarios en 12 semanas y se encontró que esta cualidad mejoró en 1 cm, aunque los cambios no fueron estadísticamente significativos como en la presente investigación, en la que esta cualidad no aumentó sino que disminuyó, por lo que la posibilidad de obtener mejoría en la flexibilidad depende de un programa o de una serie de intervenciones que tengan en cuenta la evaluación, prescripción de ejercicio, recomendaciones y seguimiento (León-Rodríguez, & Cañón-Betancourt, 2013), por lo que se podría inferir que esta cualidad no se trabaja constantemente durante la estancia en la universidad de la población y por eso desmejoró (Arregui & Martínez, 2001).

En un estudio realizado por García-Soidán & Alonso (2011), se encontraron resultados en fuerza manual por encima de los nuestros, tanto en los valores de hombres como mujeres y en flexibilidad, los resultados fueron inferiores a la baremación con calificación de normal o promedio, en las tres universidades gallegas estudiadas, tanto en mujeres como en hombres (con un valor de $p=0,001$ en ambos casos), con un 63% del total de la muestra, presentando valores inferiores a los normales para su edad y género. Esto evidencia que en el periodo universitario no solo se trabaja poco, sino que también el cuerpo adopta durante muchas horas de estudio las mismas posturas, lo que podría justificar esa pérdida importante de la flexibilidad anterior del tronco, conllevando a problemas articulares u osteomusculares degenerativos importantes en la etapa adulta (Marín, Naclerio, Viejo & Forte, 2007; García-Soidán & Alonso, 2011).

Entre las limitaciones que presenta el estudio se encuentra el no reconocimiento de otras variables que pueden afectar la condición física, como lo es pertenecer a alguna selección deportiva o padecer de alguna patología concomitante que pueda afectar las condiciones de salud (Oviedo *et al.*, 2008).

Por otro lado, la disminución de las condiciones físicas (que se observaron en algunas variables) en el ámbito universitario, se ha asociado a mayor riesgo de sufrir enfermedades crónicas como las de origen cardiometabólico y cardiovascular, por lo que es necesario aunar esfuerzos para reforzar la condición física durante la instancia universitaria (Dadelo & Tamoðauskas, 2005; Maldonado *et al.*, 2013), así mismo, se han asociado los beneficios de la actividad física para la salud y el bienestar, pero las características de los entornos universitarios limitan la capacidad de los estudiantes para realizar actividad física o participar en actividades beneficiosas para su salud (Lovasi *et al.*, 2013).

Para próximos estudios, se sugiere relacionar la condición física con el rendimiento académico, ya que se ha encontrado evidencia sobre la relación de estos en un estudio realizado por Van Dusen *et al.*, (2011) quienes mencionan entre sus resultados que la aptitud física se relaciona de manera importante y significativa con el rendimiento académico. La aptitud cardiovascular mostró una asociación dosis-respuesta con el rendimiento académico independiente de otras variables sociodemográficas y de aptitud. La asociación parece alcanzar su pico en la escuela secundaria, concluyendo que, al aumentar el tiempo de educación física, en especial en entrenamiento de la aptitud cardiovascular, se pueden mejorar los resultados académicos en la escuela (Van Dusen *et al.*, 2011).

Conclusiones

Los resultados de las pruebas realizadas en el corte 2017-1, las cuales hacen referencia a los resultados durante la estancia en la universidad de los estudiantes, muestran una mejora en las diferentes cortes en la prueba 30 metros lanzados, adaptación al móvil (agilidad) y los valores generales de fuerza (espalda y mano).

Pero no en todas las evaluaciones se encontró una mejoría, ya que en la evaluación de agilidad (obstáculos) y flexibilidad disminuyeron. La prueba de VO₂ no se pudo hacer por los tiempos de los estudiantes, así que no fue posible

realizar una comparación con respecto a este en el corte 2017-1. Se encontró, adicionalmente, que al hacer la comparación con las diferentes cohortes no se da una relación estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos en cada una de las cohortes y las pruebas realizadas de la condición física.

Referencias

- Almagia, A., Lizana, P., Rodríguez, F., Ivanovic, D., & Binvignat, O. (2009). Variables antropométricas y rendimiento físico en estudiantes universitarios de educación física. *International journal of morphology*, 27(4), 971-975.
- Arregui, J., & Martínez, V. (2001). Estado actual de las investigaciones sobre la flexibilidad en la adolescencia. *Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y el deporte*, 1(2), 127-135.
- Córdoba, L. (2013). *Modelo de ingreso*. Ediciones USTA.
- Dadelo, S., & Tamođauskas, P. (2005). Investigation and assessment of College students' physical development, physical fitness, and functional capacity. *Acta Academiae Olympiquae Estonia*, 13(2), 55-66.
- Durán, A., Valdés, B., Godoy, C. & Herrera, V. (2014). Hábitos alimentarios y condición física en estudiantes de pedagogía en educación física. *Revista chilena de nutrición*, 41(3), 251-259.
- García-Soidán, J., & Alonso, D. (2011). Valoración de la condición física saludable en universitarios gallegos. *Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y del deporte*, 11(44), 781-790.
- León, A, & Zea, R. (2010). Hábitos y factores de riesgo cardiovascular en estudiantes de primer semestre de la Universidad Santo Tomás. *Hallazgos: Revista de Investigaciones*, 7(13), 181-191
- León-Rodríguez, J., & Cañón-Betancourt, L. (2013). Efecto del ejercicio prescrito no controlado sobre el perfil de condición física en brigadistas universitarios. *Revista de salud pública*, 15(2), 216-226.
- Lovasi, G., Schwartz-Soicher, O., Quinn, J., Berger, D., Neckerman, K., Jaslow, R., Lee, K., & Rundle, A. (2013). Neighborhood safety and green space as predictors of obesity among preschool children from low-income families in New York City. *Preventive medicine*, 57(3), 189-193.
- Maldonado, J., Carranza, C., Ortiz, M., Gómez, C., & Cortés-Gallegos, N. (2013). Prevalencia de factores de riesgo cardiometabólico en estudiantes universitarios de la región centro-occidente, en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. *Revista mexicana de cardiología*, 24(2), 76-86.
- Marín, P., Naclerio, F., Viejo, D., & Forte, D. (2007). Efectos de diferentes protocolos de entrenamiento de fuerza sobre la fuerza máxima, la velocidad, la saltabilidad y el equilibrio en estudiantes universitarios. *Revista Kronos*, 6(12), 12-21.

- Oviedo, G., Morón de Salim, A., Santos, I., Sequera, S., Soufrontt, G., Suárez, P., & Arpaia, A. (2008). Factores de riesgo de enfermedades crónicas no ransmisibles en estudiantes de la carrera de Medicina: Universidad de Carabobo, Venezuela. Año 2006. *Nutrición Hospitalaria*, 23(3), 288-293.
- Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) (2015). Población estudiantil: matriculados en primer curso. <http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-article-212400.html>
- Van Dusen, D., Kelder, S., Kohl III, H., Ranjit, N., & Perry, C. (2011). Associations of physical fitness and academic performance among schoolchildren. *Journal of school health*, 81(12), 733-740.

Esta página queda intencionalmente en blanco

PARTE III

PROMOCIÓN DE LA SALUD Y PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD

Esta página queda intencionalmente en blanco

Introducción

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.15>

Omar Danilo Guerrero¹

La prevención de enfermedades y la promoción de la salud son estrategias de salubridad pública. Esta debe entenderse como una forma de actuar con el respectivo cuidado (de modo personal y en el plano colectivo), bajo el supuesto de la responsabilidad mutua existente entre el individuo y las organizaciones. Como parte de este actuar se encuentra la actividad física ejercida en diferentes contextos, la cual es un proceso vital para el ser humano. También ha de ser considerada como aquella práctica que satisface múltiples necesidades corporales, sociales e incluso espirituales que, en conjunto, permiten el pleno desarrollo de la personalidad. Al demostrar la necesidad de la actividad física como un asunto personal que conlleva múltiples beneficios, se disfruta del estado corporal a través de las sensaciones captadas por los sentidos y se afianza el deseo interno de bienestar.

Por lo anterior, los autores de los capítulos de esta tercera sección han buscado dar respuesta a preguntas relacionadas con la actividad física en diferentes grupos poblacionales. En el capítulo 10, dos investigadores han examinado las diferencias relacionadas con la capacidad aeróbica en un grupo de indígenas adolescentes. Los autores del capítulo 11 se han propuesto establecer los índices antropométricos en una población estudiantil. En el capítulo 12 otro equipo ha intentado determinar el ángulo de fase considerado como un predictor de bienestar, de acuerdo con el estado de las membranas celulares y

1 FT. MSc. Docente investigador. Facultad de Educación Física Militar - ESMIC

los niveles de hidratación de deportistas militares. Por último, en el capítulo 13 los investigadores se han concentrado en la forma en que el entrenamiento físico militar conlleva altas exigencias físicas en los sujetos, lo cual se asocia con la presencia de lesiones. Esto implica que la actividad física se convierta, vista desde diferentes enfoques, en un factor de protección para el bienestar físico, mental y social que trasciende la estructura biológica del ser humano.

Las respuestas ofrecidas en esta sección constituyen una contribución científica para el estudio de la actividad física como elemento de sociabilidad que se integra y está en correspondencia con modelos, pautas, valores, costumbres, hábitos, imágenes, significados, funciones manifiestas o profundas. Todas estas variables son compartidas por una colectividad (indígenas, escolares, deportistas y militares) y transmitidas de manera intergeneracional. Se presentan como el producto de unas investigaciones integradas que desembocan en buenas prácticas adaptadas al contexto y estrechamente relacionadas con el rendimiento físico y la salud.

Como conclusiones de los trabajos que forman parte de esta sección se encontró que la población femenina wayuu tiene niveles bajos de capacidad aeróbica, por lo cual se ha sugerido el diseño de estrategias que incrementen los niveles de práctica ligadas a la actividad física, con el ánimo de incentivar a las adolescentes a que vean esta práctica como un factor protector para el bienestar físico, mental y emocional. En lo referente a las medidas antropométricas en población escolar municipal se estableció que todas las niñas participantes se encuentran por arriba del índice de masa corporal indicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Tal caso sugiere la idea de generar espacios de reflexión y diálogo en conjunto con los padres y toda la comunidad para construir alternativas a través de la actividad física. Dicha iniciativa permitirá fortalecer la identidad y el reconocimiento personal y social, ya que ha de mostrar a la actividad física como un «constructo» de salud mental que favorece procesos psicológicos importantes en el desarrollo personal de la población objeto de estudio.

Desde la bioimpedancia en deportistas se encontró que los grados de ángulo de fase (al ser un factor predictor de masa celular corporal, indicador de tipo nutricional tanto en hombres como en mujeres) son de igual magnitud a los encontrados en poblaciones similares en otros estudios. A pesar de que

los niveles de actividad física son altos, empero el índice de porcentaje graso en mujeres es elevado. Por ende, se debe diseñar un proceso en conjunto que permita dar respuesta a esta problemática mediante acciones pedagógicas de apoyo alimentario que permitan mejorar los hábitos nutricionales. El objetivo es buscar un balance entre el consumo de alimentos, la utilización de nutrientes y los requerimientos con relación al gasto energético consumido por los deportistas.

Desde la epidemiología se ha concluido que esta se presenta como una herramienta imprescindible en la prevención de lesiones, dada la importancia del reporte para cada práctica sometida a un examen riguroso. Ello abre la posibilidad de obtener datos de incidencia, eventos, horas de entrenamiento, que permitirán buscar estrategias que posibiliten controlar las causas y mejoren el estado de salud del militar, tras fortalecer recursos individuales y colectivos que operen como factores protectores, además del uso adecuado de las redes de apoyo institucionales en favor de la resolución de problemas y reducir así la exposición a factores de riesgo que impidan la adecuada práctica de la actividad deportiva.

Esta página queda intencionalmente en blanco

Capacidad aeróbica y composición corporal en indígenas adolescentes Wayúu (Siapana, Guajira)¹

10

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.10>

Luis Gabriel Rangel Caballero², Gilberth Enrique Iguarán Kohen³

Resumen

Introducción: la aptitud física es un estado biológico que refleja la habilidad de una persona para realizar actividad física y se encuentra relacionada con la salud presente y futura. La capacidad aeróbica y la composición corporal son dos elementos importantes de la aptitud física. **Objetivo:** determinar los niveles de capacidad aeróbica y composición corporal de los indígenas adolescentes Wayúu de Siapana, Guajira. **Metodología:** estudio transversal descriptivo realizado en 93 indígenas adolescentes (38 varones, 55 mujeres). Las variables se analizaron en medidas de tendencia central o frecuencias según su naturaleza. Se determinó la composición corporal a través del Índice de Masa Corporal, el porcentaje de grasa y la circunferencia de la cintura. En cuanto a la capacidad aeróbica, se determinó a través del test de ida y vuelta de 20 metros. **Resultados:** el 71% de los varones y el 20% de las mujeres presentaron una capacidad aeróbica saludable. Con relación a la composición corporal, la totalidad de los hombres registraron un porcentaje de grasa y circunferencia de la cintura saludable. Una cuarta parte de las mujeres presentaron sobrepeso-obesidad y obesidad abdominal. **Conclusiones:** los hombres adolescentes Wayúu presentaron niveles de composición corporal y capacidad aeróbica más saludables que las mujeres. Los bajos niveles de capacidad aeróbica encontrados en las mujeres Wayúu son un hallazgo importante, pues sugiere la necesidad de diseñar novedosas estrategias que incrementen los niveles actuales de actividad física.

Palabras clave: aptitud física; adolescente; composición corporal; población indígena; capacidad aeróbica.

1 El presente capítulo de libro es el resultado de un trabajo de investigación para optar al título de Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás, Sede Bucaramanga.

2 Magister en Actividad Física y Deporte, Investigador Junior reconocido por Colciencias. Decano Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás (Sede Bucaramanga). Contacto: dcultu@ustabuca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9904-3008>

3 Institución Etnoeducativa Integral Rural, Internado indígena de Siapana Uirbía, Guajira – Colombia.

Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la inactividad física se considera como un factor de riesgo comportamental asociado a enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) cuya prevalencia en jóvenes entre los 11 y 17 años alcanza el 81% (World Health Organization, 2014). En población adolescente, se considera inactividad física a la realización de menos de 300 minutos de actividad física a la semana (World Health Organization, 2010). Bajos niveles de actividad física tienen un impacto negativo en la aptitud física, ya que ambos conceptos presentan una correlación positiva (Plowman & Meredith, 2013). En el caso específico de la población indígena adolescente, en Colombia, según los resultados de la Encuesta Nacional del Estado Nutricional (Ensin) 2015, el 12.9% no cumple con las recomendaciones de actividad física para la salud (ICBF, 2015).

La aptitud física se define como un estado biológico que la persona tiene o alcanza y se relaciona con la habilidad para realizar actividad física (National Research Council, 2012). Bajos niveles de actividad y aptitud físicas están relacionados con el desarrollo de factores de riesgo de enfermedad cardiovascular (Ortega *et al.*, 2008). La aptitud física orientada a la salud es un constructo multidimensional, es decir, hay varios componentes que la conforman. El modelo de Caspersen *et al.* sugiere que existen cinco componentes: composición corporal, capacidad aeróbica, fuerza, resistencia muscular y flexibilidad (Caspersen *et al.*, 1985).

La capacidad aeróbica refleja la máxima tasa de oxígeno que el cuerpo puede tomar y utilizar durante el ejercicio. Este componente de la aptitud física es muy importante porque refleja la capacidad total de los sistemas cardiovascular y respiratorio y establece la habilidad para desarrollar ejercicio prolongado y vigoroso (Plowman & Meredith, 2013). Bajos niveles de capacidad aeróbica están asociados con la presencia de factores de riesgo cardiovascular en la edad adulta (Twisk, Kemper & Van Mechelen, 2002; Dwyer *et al.*, 2009). En población indígena colombiana adolescente no existen, o son escasos, los registros de capacidad aeróbica. Sin embargo, en Chile, un estudio que comparó niveles de capacidad aeróbica entre población indí-

gena y no indígena tampoco encontró diferencias significativas según sexo, etnia y localidad de origen de la población de estudio (Espinoza-Navarro *et al.*, 2009).

Con relación a la composición corporal, el Índice de Masa Corporal (IMC), el porcentaje de grasa corporal y la circunferencia de la cintura son tres indicadores reconocidos por tener una relación con la salud (Campillo *et al.*, 2000). Presentar niveles poco saludables de IMC y porcentaje de grasa durante la niñez y la adolescencia aumenta el riesgo de aparición temprana de ECNT (Must *et al.*, 1992; Abdullah *et al.*, 2011; Going *et al.*, 2011). En el caso específico de la población indígena adolescente colombiana, la Ensin 2015 estableció que un 17,9% presenta exceso de peso (ICBF, 2015).

El departamento de la Guajira se encuentra ubicado en la parte más septentrional de Colombia (Gobernación de la Guajira, 2018). El 43% de la población del departamento es indígena, siendo el pueblo Wayúu el más numeroso de Colombia y Venezuela (DANE, 2005). El 98,42% de la población Wayúu que vive fuera del casco urbano del municipio de Uribí no tiene satisfechas sus necesidades básicas (DANE, 2012).

La OMS, recomienda una hora de actividad física diaria para los niños y jóvenes (World Health Organization, 2010). Infortunadamente, las clases de educación física para los jóvenes indígenas en los últimos cinco años en la Institución Etnoeducativa del corregimiento de Siapana se limitan a dos horas a la semana, situación que va en contravía con lo dispuesto por la Ley 1355 de 2009 en el artículo 5 “Estrategias para promover actividad física”, el cual manifiesta que se promoverán el incremento y calidad de las clases de educación física (Ley 1355, 2009).

Teniendo en cuenta que no existen investigaciones acerca de los niveles de capacidad aeróbica y composición corporal en la población adolescente Wayúu, y que su lugar de ubicación, el medio rural, muy posiblemente no se haya visto afectado por los cambios negativos en la dieta y los bajos niveles de actividad física (Bruneau-chávez *et al.*, 2015), el objetivo de este estudio fue determinar los niveles de capacidad aeróbica y composición corporal de los indígenas adolescentes Wayúu de la Institución Etnoeducativa Integral Rural Internado Indígena de Siapana.

Esta información será fundamental, ya que la adolescencia es una edad crucial con relación al estilo de vida y la salud futura, lo que permitirá conocer el estado actual de esta población para el adecuado diseño de estrategias que puedan promover la actividad física y los estilos de vida saludables, así como fortalecer las conductas actuales que, a futuro, eviten niveles poco saludables de capacidad aeróbica y composición corporal que según la evidencia científica están asociados con la existencia de factores de riesgo cardiovascular en la adultez (Twisk, Kemper & Van Mechelen, 2002; Dwyer *et al.*, 2009).

Metodología

Se realizó un estudio transversal descriptivo de enfoque cuantitativo. Se seleccionó una muestra por conveniencia de los estudiantes adolescentes de 15 a 19 años de edad de los grados noveno, décimo y undécimo de la Institución Integral Rural Indígena de Siapana que cumplieron los criterios de inclusión. La muestra quedó conformada por 93 estudiantes, luego de que 35 estudiantes no pudieron participar por no cumplir con alguno de los criterios de inclusión. Este estudio fue aprobado por el Comité de Investigación de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación mediante el acta 007 de mayo de 2015.

Para contactar a los estudiantes, primero se solicitó permiso a las directivas de la institución educativa mediante una carta la cual adjuntaba el protocolo del trabajo de investigación. Luego, se solicitó permiso de manera verbal a la autoridad Wayúu de Siapana y fueron presentados los evaluadores. Después de obtener el permiso de la institución educativa y la autoridad Wayúu, se realizó una reunión informativa con los estudiantes participantes, se entregó el consentimiento y el asentimiento informado y se explicó el diligenciamiento del cuestionario Par-q.

Fueron incluidos estudiantes matriculados en la institución educativa en el año lectivo de 2015, que no presentaron riesgo cardiovascular, músculo-esquelético o metabólico (a través del cuestionario Par-Q) (Shephard, 1988), que fueron autorizados por sus padres a participar mediante la firma del consentimiento informado y que aceptaron participar voluntariamente en el estudio mediante la firma del asentimiento informado.

Métodos y procedimientos

Una vez se comprobó que los participantes cumplían con los criterios de inclusión, se realizó la valoración de la composición corporal, estas mediciones se realizaron con ropa ligera y sin zapatos. Luego de la valoración de la composición corporal, se realizó un calentamiento general de 15 minutos que incluía ejercicios de movilidad articular, activación cardiovascular y estiramientos. Finalmente, se llevó a cabo la valoración de la capacidad aeróbica mediante el test de ida y vuelta de 20 metros. Un profesional y tres estudiantes de cultura física, deporte y recreación fueron los encargados de la realización de las valoraciones, los cuales fueron capacitados y entrenados para ese fin. Las valoraciones se realizaron en las instalaciones de la institución, en el tiempo de clase de educación física y en presencia del docente del colegio y personal de enfermería.

Para este estudio, la composición corporal fue determinada mediante el IMC, el porcentaje de grasa corporal a través de la técnica de impedancia bioeléctrica y la circunferencia de la cintura. Para determinar el peso se utilizó una báscula SECA 803 (SECA, Alemania), para la talla se empleó un tallímetro SECA 213 (SECA, Alemania). Para determinar un peso saludable o sobrepeso/obesidad se tuvieron en cuenta los criterios de *Fitnessgramm*® (The Cooper Institute, 2013) y los criterios de Cole y cols. (Cole *et al.*, 2000).

En cuanto al perímetro de cintura se utilizó una cinta métrica SECA 201 (SECA, Alemania). Para determinar la obesidad abdominal se tuvieron en cuenta los criterios de la Federación Internacional de Diabetes (Zimmet *et al.*, 2005).

Para estimar el porcentaje de grasa corporal fue utilizado un analizador de grasa corporal Omron HBF-306C, se utilizó la técnica de impedancia bioeléctrica por ser este un procedimiento rápido, de bajo costo, no invasivo y cuya validez ha sido demostrada en estudios epidemiológicos en población adolescente (Sánchez y Barón, 2009). Para establecer el porcentaje de grasa saludable o en zona de “necesita mejora – riesgo para la salud” se tuvieron en cuenta los criterios de *Fitnessgramm*® (The Cooper Institute, 2013).

La capacidad aeróbica se pudo determinar mediante el test de ida y vuelta de 20 metros, el cual establece el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$). Cada

estudiante cubrió una distancia de 20 metros en doble sentido, ida y vuelta, tocando la línea de base (ubicada al final de cada uno de los extremos) al mismo tiempo de la señal sonora emitida por una grabación. La frecuencia de la señal sonora aumentó en $0,5 \text{ km/h}^{-1}$ cada minuto, iniciando con una velocidad de 8.5 km/h^{-1} . El test terminó cuando el estudiante no pudo tocar por dos veces la línea antes de la señal sonora o cuando abandonó por fatiga (Leger *et al.*, 1988). Se registró el último minuto, estadio o *parlier* completado y con este registro se determinó el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) expresado en $\text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$, obtenido a través de la fórmula de Leger (Leger *et al.*, 1988). Para determinar una capacidad aeróbica saludable o en riesgo cardiovascular futuro se tuvieron en cuenta los criterios de Fitnessgramm® (The Cooper Institute, 2013).

Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo de las variables de interés. En el caso de las variables cualitativas se presentaron frecuencias y porcentajes. En cuanto a las variables continuas, se aplicó la prueba de Shapiro Wilk para valorar la distribución de los datos. Cuando estas variables presentaron distribución normal se presentó la media y la desviación estándar, cuando la distribución de los datos no fue normal se presentó la mediana y el rango intercuartílico. Se analizaron otras variables sociodemográficas como el sexo y la edad.

Resultados

La muestra estuvo conformada por 55 mujeres y 38 hombres con una edad promedio de 17.66 ± 1.31 . Las medianas de IMC y porcentaje de grasa fueron de 22.5 (RI: 2.8 kg/m^2) y 23 (RI: 12.3) respectivamente. La mediana de consumo máximo de oxígeno fue de $37.32 \text{ ml/kg/min-1}$ con un rango intercuartílico de 8.96 ml/kg/min-1 (ver Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de actividad y aptitud físicas, orientada a la salud de la población de estudio

Características	N	%
Genero		
Hombre	38	39.78
Mujer	55	60.22
	Media/Mediana*	DE/ RI
Edad	17.66	1.31
Talla (cm)	154.93	7.63
Peso (kg)	55.30	6.76
IMC (kg/m²)	22.5*	2,8
Porcentaje de grasa total corporal (%)	23*	12,3
Circunferencia de cintura (cm)	73.35	5.99
VO_{2 máx.} (ml/kg/min-1)**	37.32	8.96

IMC: Índice de Masa Corporal; RI: Rango Intercuartílico; DE: Desviación Estándar; * Mediana, **VO_{2 máx.}: Consumo máximo predictivo según la ecuación de Leger

Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos al analizar la composición corporal de los adolescentes Wayúu señalan que una cuarta parte de las mujeres presentan sobrepeso-obesidad. Al analizar el porcentaje de grasa corporal, el 90% de los participantes presentan un porcentaje de grasa corporal saludable. La totalidad de los hombres Wayúu presentan una circunferencia de la cintura normal (ver Tabla 2).

Tabla 2. Características antropométricas de la población de estudio según sexo

Características antropométricas	Mujeres n (%) o Mediana [RI]	Hombres n (%) o Mediana [RI]	Total n (%) o Mediana [RI]/ Media [DE]*
Índice de Masa Corporal (Criterios de Cole y cols.)**			
Peso normal	41 (74.54)	37 (97.36)	78 (83.87)
Sobrepeso-obesidad	14 (25.45)	1 (2.71)	15 (16.12)
Índice de Masa Corporal (kg/m²)	23.47 [2.67]	22.10 [1.53]	22.5 [2.8]

Continúa tabla...

Características antropométricas	Mujeres n (%) o Mediana [RI]	Hombres n (%) o Mediana [RI]	Total n (%) o Mediana [RI]/ Media [DE]*
Porcentaje de grasa corporal (Criterios Fitnessgram®)***			
Muy delgado	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Porcentaje de grasa saludable	47 (85.45)	38(100)	85 (91.39)
Zona de “Necesita Mejora – Riesgo para la salud”	8 (14.54)	0 (0)	8 (8.41)
Porcentaje de grasa corporal (%)	26.89 [3.61]	13.39 [3.34]	23 [12.3]
Circunferencia de la cintura (Criterio Federación Internacional de Diabetes)****			
Normal	41 (74.54)	38 (100)	79 (85)
Obesidad abdominal	14 (25.45)	0 (0)	14 (15)
Circunferencia de la cintura (cm)	74.07 [6.91]	72.31 [4.23]	73.35 [5.99]*

DE: Desviación estándar; RI: Rango intercuartílico, ** Sobrepeso-obesidad: de 15 a 17 años punto de corte de IMC ≥ 25 equivalente para cada edad y para mayores de 18 años IMC ≥ 25 ; *** Según criterios establecidos por Fitnessgram®; **** Hombres ≥ 90 cm, mujeres ≥ 80 (Zimmet, 2005).

Fuente: elaboración propia.

Al analizar la capacidad aeróbica según los criterios de Fitnessgram®, el %28.94 de los adolescentes hombres y el %80 de las mujeres presentan niveles de capacidad aeróbica de riesgo cardiovascular futuro. La media de consumo máximo de oxígeno en los hombres registró 46.56 (ml/kg/min-1) (DE: 4.96) (ver Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de los niveles de capacidad aeróbica de la población de estudio según sexo

Característica	Mujeres n (%) o Media [DE]	Hombres n (%) o Media [DE]	Total n (%) o /Media [DE]
Capacidad aeróbica Criterios Fitnessgram®)*			
Capacidad aeróbica saludable	11 (20)	27 (71.05)	38 (40.86)
Riesgo cardiovascular futuro	44 (80)	11 (28.94)	55 (59.13)
VO_{2max} (ml/kg/min-1)**	30.94 [4.29]	46.56 [4.96]	37.32 [8.96]

* VO_{2max}: Consumo máximo de oxígeno predictivo según la ecuación de Leger, ** Capacidad aeróbica saludable: Varones: 15 años ≥ 43.6 ml/kg/min-1, 16 años ≥ 44.1 ml/kg/min-1, ≥ 17 años 44.2 ml/kg/min-1 y mayor a 17 años ≥ 44.3 ml/kg/min-1. Mujeres 15 años ≥ 39.1 ml/kg/min-1, 16 años ≥ 38.9 ml/kg/min-1, ≥ 17 años 38.8 ml/kg/min-1 y mayor a 17 años ≥ 38.6 ml/kg/min-1

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Mediante este trabajo de investigación se pudieron establecer los niveles de composición corporal y capacidad aeróbica en indígenas adolescentes Wayúu del corregimiento de Siapana, Uribí, Alta Guajira.

Con relación al Índice de Masa Corporal (IMC), los resultados confirman una prevalencia de sobrepeso y obesidad del 16.13%, dato que resulta ligeramente inferior al 17,9% establecido en la Ensin 2015 para la población indígena adolescente en Colombia (ICBF, 2015). Con relación al sexo, los adolescentes hombres presentaron una prevalencia muy baja de sobrepeso y obesidad (2.71%), por otra parte, el 25% de las mujeres participantes de este estudio presentan sobrepeso u obesidad por IMC. Estos resultados son muy inferiores en el caso de los hombres y superiores en el caso de las mujeres en dos estudios realizados en adolescentes argentinos (Secchi *et al.*, 2014) y españoles (Valverde *et al.*, 2010) donde se encontraron prevalencias de sobrepeso y obesidad del 26,6% y el 28,48% respectivamente.

En el caso de las mujeres, los resultados son superiores al compararse con las adolescentes argentinas (20,9%) e inferiores en el caso de las adolescentes españolas (27,32%). En el contexto nacional, la prevalencia de sobrepeso y obesidad de toda la población participante en este estudio (16%) es muy similar a la hallada en la Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia (Ensin, 2010) donde la prevalencia de sobrepeso y obesidad para el rango de edad 7 – 17 años fue de 16.7%, y es ligeramente inferior a la encontrada en un estudio realizado en escolares bogotanos entre los 7 y los 18 años, la cual fue establecida en un 18% (Mojica *et al.*, 2008).

En cuanto al perímetro de la cintura, la media de los hombres (72.31 cm) fue inferior a la media registrada por las mujeres (74.7 cm). Estos resultados difieren a los obtenidos en un estudio con adolescentes españoles (Martínez-Gómez *et al.*, 2010) donde se registraron medias de 75.4 cm y 71.9 cm para hombres y mujeres respectivamente. De la misma manera, los hallazgos de Secchi *et al.* con relación a la circunferencia de la cintura reflejan mayor adiposidad abdominal en los adolescentes varones (73.5 cm varones, 70 cm mujeres) (Secchi *et al.*, 2014). Con relación al porcentaje de estudiantes adolescentes

Wayúu que presentan una circunferencia de la cintura categorizada como normal, los resultados confirman alta prevalencia en el caso de los hombres (100%), en el caso de las mujeres el 75% se ubicó en esta categoría. Estos resultados son superiores en el caso de los hombres e inferiores en el caso de las mujeres al comparar las prevalencias obtenidas en un estudio realizado con adolescentes brasileños (78.9% hombres, 82.5% mujeres) (Burgos *et al.*, 2015).

Al analizar el porcentaje de grasa corporal estimado a través de la técnica de impedancia bioeléctrica, las medias de porcentaje de grasa registradas en este estudio (26.89% mujeres, 13.39% hombres) son inferiores a las reportadas en un estudio realizado con adolescentes brasileños de 12 a 19 años, donde las mujeres presentaron una media de porcentaje de grasa de 29.7% y los hombres 15.4% (Álvarez *et al.*, 2006). Estos resultados van en línea con lo determinado por Bruneau-Chávez, quien encontró que los niños y jóvenes de la Etnia Mapuche presentaron menores valores de porcentaje de grasa e índice de sobrepeso que los niños y jóvenes no mapuches (Bruneau-Chávez *et al.*, 2015).

En cuanto a los niveles de capacidad aeróbica, considerada como el componente más importante de la condición física relacionada con la salud (Welk *et al.*, 2011), el 71% de los varones participantes en este estudio presentaron una capacidad aeróbica saludable. Estos resultados son superiores a los obtenidos en adolescentes ecuatorianos (63.4%) (Andrade *et al.*, 2014), adolescentes europeos (62%) (Ortega *et al.*, 2011), adolescentes portugueses (62.6%) (Moreira *et al.*, 2011) y adolescentes argentinos (53.3%) (Secchi *et al.*, 2014). Por otra parte, son iguales a los obtenidos en adolescentes norteamericanos (71%) (Lobelo *et al.*, 2011) e inferiores a los obtenidos en adolescentes españoles (80,7%) (Ortega *et al.*, 2005). Por otra parte, tan solo el 20% de las mujeres Wayúu registraron una capacidad aeróbica saludable. Estos resultados son inferiores a todas las prevalencias de los estudios anteriormente mencionados, excepto a las del estudio de Andrade, donde el porcentaje de adolescentes ecuatorianas con capacidad aeróbica saludable fue del 15.1% (Andrade *et al.*, 2014).

El hecho de que los hombres hayan presentado características antropométricas y de capacidad aeróbica más saludables que las mujeres puede tener relación con la cantidad, tipo e intensidad de la actividad física, sin

embargo, habría que ampliar este conocimiento pues no se tiene información sobre la intensidad y el tipo de actividad física que realizan los jóvenes Wayúu. Otra posible explicación a este hallazgo radica en que, en la tarde, después de las actividades académicas, y como parte de las actividades del internado se deben realizar tareas relacionadas con el cuidado del lugar o de los diferentes proyectos extracurriculares de la institución, acciones que permiten incrementar los niveles de actividad física ocupacional en el caso de los estudiantes hombres; por el contrario, las estudiantes mujeres se dedican a actividades más sedentarias como el tejido de manillas, mantas y mochilas. En el caso de los estudiantes externos, la mayoría de ellos debe ayudar en las actividades cotidianas de sus casas como buscar leña, traer agua o recoger chivos a distancias considerables, lo que puede suponer niveles altos de actividad física ocupacional y relacionada con el transporte que podrían influir en los niveles de capacidad aeróbica y composición corporal.

Los bajos niveles de aptitud física encontrados en las jóvenes Wayúu son un hallazgo importante que permitirá la creación de estrategias (específicamente al interior de las clases de educación física de la Institución) que tengan como objetivo aumentar los niveles de actividad física, ya que actualmente la totalidad de los adolescentes Wayúu asisten solamente dos veces a la semana a la clase de educación física, esto, con el fin de lograr, a futuro, mejores niveles de capacidad aeróbica, los cuales se relacionan con una composición corporal más saludable (Casajús *et al.*, 2006).

Conclusiones

Los hombres adolescentes Wayúu presentaron niveles de composición corporal y capacidad aeróbica más saludables que las mujeres. Los bajos niveles de capacidad aeróbica encontrados en las mujeres Wayúu son un hallazgo importante que sugiere el diseño de novedosas estrategias que incrementen los niveles actuales de actividad física que permitan mejorar este importante componente de la aptitud física orientada a la salud, el cual también se relaciona con una composición corporal más saludable.

Referencias

- Abdullah, A., Wolfe, R., Stoelwinder, J., De Courten, M., Stevenson, C., Walls, H., & Peeters, A. (2011). The number of years lived with obesity and the risk of all-cause and cause-specific mortality. *International journal of epidemiology*, 40(4), 985-996.
- Andrade, S., Ochoa-Avilés, A., Lachat, C., Escobar, P., Verstraeten, R., Van Camp, J., Donoso, S., Rojas, R., Cardon, G., & Kolsteren, P. (2014). Physical fitness among urban and rural Ecuadorian adolescents and its association with blood lipids: a cross sectional study. *BMC pediatrics*, 14(1), 106.
- Bruneau-Chávez, J., España-Romero, V., Lang-Tapia, M., & Chillón, P. (2015). Diferencias en la composición corporal y somatotipo de escolares de etnia Mapuche y no Mapuche de la comuna de Temuco-Chile. *International journal of morphology*, 33(3), 988-995.
- Burgos, M., Reuter, C., Possuelo, L., De Moura, A., Pollo, J., Tornquist, L., Tornquist, D., & Gaya, A. (2015). Obesity parameters as predictors of early development of cardiometabolic risk factors. *Ciencia & saude coletiva*, 20(8), 2381-2388.
- Campillo, J., Carmena, R., Casanueva, F., Durán, S., Fernández-Soto, M., Formiguera, X., & Ríos, M. (2000). Consenso SEEDO'2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin (Barc)*, 115(15), 587-597.
- Casajús, J., Leiva, M., Ferrando, J., Moreno, L., Aragonés, M., & Ara, I. (2006). Relación entre la condición física cardiovascular y la distribución de grasa en niños y adolescentes. *Apunts. Medicina de l'esport*, 41(149), 7-14
- Caspersen, C., Powell, K., & Christenson, G. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health report*, 100(2), 126-131.
- Cole, T., Bellizzi, M., Flegal, K., & Dietz, W. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Bmj*, 320(7244), 1-6.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2005). Censo 2005. http://www.dane.gov.co/files/censo2005/etnia/sys/visibilidad_estadistica_etnicos.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2012). Necesidades Básicas Insatisfechas, según municipio y nacional a Junio de 2012. <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>.
- Dwyer, T., Magnussen, C., Schmidt, M., Ukoumunne, O., Ponsonby, A., Raitakari, O., Zimmet, P., Blair, S., Thomson, R., Cleland, V., & Venn, A. (2009). Decline in physical fitness from childhood to adulthood associated with increased obesity and insulin resistance in adults. *Diabetes care*, 32(4), 683-687.
- Espinoza-Navarro, O., Vega, C., Urrutia, A., Moreno, A., & Rodríguez, H. (2009). Patrones antropométricos y consumo máximo de oxígeno (VO₂) entre niños escolares chilenos aymaras y no aymaras de 10 a 12 años, que viven en altura (3.500 msnm) y en la planicie (500 msnm). *International journal of morphology*, 27(4), 1313-1318.
- Gobernación de la Guajira. (2018). Presentación La Guajira. <http://www.laguajira.gov.co/web/la-guajira/la-guajira.html>.

- Going, S., Lohman, T., Cussler, E., Williams, D., Morrison, J., & Horn, P. (2011). Percent body fat and chronic disease risk factors in US children and youth. *American journal of preventive medicine*, 41(4), 77-86.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2015). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional Ensin 2015. https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/infografia_situacion_nutricional_5_a_12_y_13_a_17_anos.pdf
- Leger, L., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20-metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences*, 6(2), 93-101.
- Ley N° 1355. Congreso Nacional, República de Colombia 14 octubre de 2009.
- Lobelo, F., Pate, R., Dowda, M., Liese, A., & Ruiz, J. (2009). Validity of cardiorespiratory fitness criterion-referenced standards for adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(6), 1222-1229.
- Moreira, C., Santos, R., De Farias, J., Vale, S., Santos, P., Soares-Miranda, L., Marques, A., & Mota, J. (2011). Metabolic risk factors, physical activity and physical fitness in Azorean adolescents: a cross-sectional study. *BMC public health*, 11(214).
- Must, A., Jacques, P., Dallal, G., Bajema, C., & Dietz, W. (1992). Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents: a follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. *New England journal of medicine*, 327(19), 1350-1355.
- National Research Council (2012). *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*. Washington: The National Academies Press.
- Organización Mundial de la Salud (2018). Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_inactivity/es/
- Ortega, F., Ruiz, J., Castillo, M., Moreno, L., González-Gross, M., Warnberg, J., & Gutiérrez, A. (2005) Bajo nivel de forma física en los adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura (Estudio AVENA). *Revista española de cardiología*, 58(8), 898-909.
- Ortega, F., Ruiz, J., Hurtig-Wennlöf, A., & Sjöström, M. (2008). Los adolescentes físicamente activos presentan una mayor probabilidad de tener una capacidad cardiovascular saludable independientemente del grado de adiposidad. The European Youth Heart Study. *Revista española de cardiología*, 61(2), 123-129.
- Ortega, F., Artero, E., Ruiz, J., España-Romero, V., Jiménez-Pavón, D., Vicente-Rodríguez, G., Moreno, L., Manios, Y., Béghin, L., Ottevaere, C., Ciarapica, D., Sarri, K., Dietrich, S., Blair, N., Kersting, M., Molnar, D., González-Gross, M., Gutiérrez, A., Sjöström, M., & Castillo, M. (2011). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *British journal of sports medicine*, 45(1), 20-29.
- Plowman, S., & Meredith, M. (2013). *Fitnessgram/Activitygram reference guide*. Dallas: The Cooper Institute.
- Sánchez, A., & Barón, M. (2009). Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. *Anales venezolanos de la nutrición*, 22(2), 105-110.
- Secchi, J., García, G., España-Romero, V., & Castro-Piñero, J. (2014). Condición física y riesgo cardiovascular futuro en niños y adolescentes argentinos: una introducción de la batería ALPHA. *Archivos argentinos de pediatría*, 112(2), 132-140.

- Shephard, R. (1988). PAR-Q, Canadian home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Medicine*, 5(3), 185-195.
- The Cooper Institute (2013). *Fitnessgram and activitygram test administration manual-updated* (4.ª ed.). Human Kinetics.
- Twisk, J., Kemper, H., & Van Mechelen, W. (2002). Prediction of cardiovascular disease risk factors later in life by physical activity and physical fitness in youth: general comments and conclusions. *International journal of sports medicine*, 23(1), 44-50.
- Valverde, P., De Los Santos, F., & Rodríguez, C. (2010). Diferencias de sexo en imagen corporal, control de peso e índice de masa corporal de los adolescentes españoles. *Psicothema*, 22(1), 77-83.
- Welk, G., Laurson, K., Eisenmann, J., & Cureton, K. (2011). Development of youth aerobic-capacity standards using receiver operating characteristic curves. *American journal of preventive medicine*, 41(4), 111-116.
- World Health Organization (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- World Health Organization (2014). *Global status report on noncommunicable diseases 2014*. Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- Zimmet, P., Alberti, M., George, K., & Serrano, M. (2005). Una nueva definición mundial del síndrome metabólico propuesta por la Federación Internacional de Diabetes: fundamento y resultados. *Revista española de cardiología*, 58(12), 1371-1376

Perfil antropométrico de escolares en una institución educativa rural (Fusagasugá, Cundinamarca)

11

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.11>

Diana Marcela Zapata Torres¹, Danny Wilson Sanjuanelo Corredor², Edilberto Torres Mariño³, Fabián Quintero Rodríguez⁴

Resumen

Introducción: se establece el componente antropométrico como un elemento esencial en el control y monitoreo del proceso de crecimiento y desarrollo en niños y niñas, en el cual se promueve la identificación temprana de factores de riesgo, con el fin de promover hábitos y estilos de vida saludables desde la niñez, fomentando estrategias de promoción de salud desde los entornos escolares. **Objetivo:** determinar las características antropométricas a partir del índice de masa corporal en escolares del municipio de Fusagasugá, reportando factores de riesgo asociado al peso corporal. **Sujetos:** escolares del municipio de Fusagasugá. **Materiales y método:** investigación con enfoque cuantitativo, estudio descriptivo transversal, en relación con las variables antropométricas. Participaron 379 escolares, femenino 152 (40.1%) y masculino 227 (59.8%) con edades entre 11-16 años. **Resultados:** todas las niñas participantes se encuentran por arriba del promedio del IMC indicado por la OMS, los niños solo a los 16 años se encuentran en un IMC por debajo del asociado a la OMS. En el IMC el p10 detecta 35 participantes con riesgo de bajo IMC y con el p90 reporta 42 escolares en riesgo de incremento de IMC, generando 20% en incremento de factores de riesgo. **Conclusiones:** en las correlaciones se determina que entre los niños existe una correlación inversa en las variables “Talla - Porcentaje Graso”, lo que indica que existe una disminución de la grasa corporal a medida que aumenta la edad.

1 Fisioterapeuta, magíster en Fisioterapia del deporte y la actividad física. Docente Universidad de Cundinamarca (Sede Soacha). Contacto: dmzapata@ucundinamarca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9640-1890>

2 Docente Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física, Universidad de Cundinamarca (sede Soacha). Contacto: dsanjuanelo@ucundinamarca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2729-1234>

3 Docente Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física, Universidad de Cundinamarca (sede Soacha). Contacto: edilbertotorresm@ucundinamarca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6858-4116>

4 Estudiante Programa: Profesional en Ciencias del Deporte - Facultad de Ciencias del Deporte y la Educación Física, Universidad de Cundinamarca (sede Soacha). Contacto: hfquintero@ucundinamarca.edu.co.

Palabras clave: crecimiento y desarrollo; estatura; índice de cintura, índice de masa corporal; peso corporal.

Introducción

Niños y niñas representan el futuro, su cuidado y su bienestar son de suma importancia, sobre todo en la infancia, pues permitirá el crecimiento de adultos saludables que podrán desarrollar todas sus capacidades y todo su potencial desde edades tempranas; estos direccionamientos se podrán garantizar a través de una protección especial en la cual se promueva un desarrollo adecuado, acceso a alimentación, vivienda, educación y atención médica apropiada desde un componente saludable (Unicef, 2014).

A partir de este contexto, se prioriza como factor esencial para promover un crecimiento sano el estado nutricional de niños y niñas, empezando por el acceso a los alimentos y por el hogar. Según la última Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia (Ensin), aunque hubo una reducción en la inseguridad alimentaria de 3,5 puntos porcentuales en comparación con la encuesta realizada en el 2010, actualmente existe un 54,2 de cada 100 hogares que reportan condiciones de inseguridad alimentaria (Ensin, 2017), lo que desencadena limitaciones importantes para el acceso a una alimentación óptima.

En el caso de los niños y las niñas, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) promueve la seguridad alimentaria, la cual debe direccionarse en todos los entornos. Esta proyección se consigue cuando todas las personas tienen acceso físico y económico a suficientes alimentos que cumplan con las características de ser seguros y nutritivos, para satisfacer sus necesidades alimenticias (Proyecto Food Facility Honduras, 2011), generando a nivel integral una alimentación sana para fomentar una mejor calidad de vida.

De acuerdo con los procesos de globalización, la tecnología tiene un papel persuasivo en contra del bienestar físico, social y mental, pues la demanda del uso excesivo de medios tecnológicos incrementa notoriamente los niveles de sedentarismo y, por ende, aumenta la probabilidad de obesidad o sobrepeso, lo que genera mayor carga de enfermedad con predominio de alteración a nivel

metabólico y cardiovascular (OMS, 2018). Este panorama muestra la necesidad de controlar este factor de riesgo, en especial si se toman en cuenta los últimos reportes emitidos por la Ensin, donde se indica que los niños y las niñas incrementan cada vez más su tiempo frente a las pantallas, reportándose el 67,7% en edad escolar (Ensin, 2017), este panorama genera factores alarmantes de inactividad en el contexto colombiano.

Por lo anterior, se resalta la importancia de que niños y niñas puedan crecer en un entorno que les brinde todas las oportunidades y cuidados necesarios, contemplando los determinantes sociales de salud que favorezcan el desarrollo social en el contexto comunitario en el cual un niño o niña “nace, crece, vive, trabaja y envejece” (OMS, 2018), promoviendo un sistema de salud integral que limite las inequidades del acceso a los recursos a nivel mundial, nacional y local, para fomentar políticas direccionadas a las necesidades específicas de cada uno de los grupos etarios.

La identificación de factores de riesgo, desde el componente de salud en edades tempranas, permitirá combatir los problemas de inactividad física, al ser un fenómeno prevenible. Esta prevención esta direccionada desde la comunidad, la escuela y el núcleo familiar, como los entes principales que velarán por la salud de niños y niñas; direccionándose acciones enfocadas al desarrollo de estrategias de alimentación saludable, práctica regular de actividad física y fomento de hábitos y estilos de vida saludables.

Para combatir estos factores de riesgo, a nivel mundial se proponen los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que son “un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad; a través de 17 objetivos” (PNUD, 2012), dentro de los cuales se desataca el tercero, que busca promover la salud y bienestar con un propósito de ‘lograr una cobertura universal de salud’ (PNUD, 2012), direccionando acciones desde las estrategias de atención primaria a todos los ciclos de edad, acorde con las necesidades poblacionales.

Para Colombia, el Ministerio de Salud propone la Estrategias de Atención Integral a la primera infancia, conocida como “de cero a siempre”, esta estrategia se direcciona desde la política pública que reconoce a los niños y las niñas “como seres sociales, singulares e inmensamente diversos” (Ley N° 1804, 2016), los

cuales por sus características biológicas, requieren un acompañamiento, guía y orientación durante todo el proceso de crecimiento y desarrollo, para promover habilidades básicas y fundamentales desde un contexto saludable.

Esta estrategia, al direccionarse desde un componente político, fomenta en el marco legal los derechos de los niños y las niñas, donde familia, sociedad y Estado “están en la obligación de garantizar la protección, la salud, la nutrición y la educación” (Ley N° 1804, 2016). Por lo cual se determina que desde estos entornos se debe incrementar las estrategias de promoción de salud, generar estrategias educativas intersectoriales que permitan lograr que todos los niños y las niñas gocen de un nivel óptimo de salud, promoviéndose el fomento de valores para el autocuidado y la promoción de su salud.

Por tanto, se propone abordar el componente antropométrico para determinar el nivel de salud, desde el componente de medición, abordando las variables de peso corporal, el cual mide masa, talla determinada por el nivel de estatura, circunferencia de cintura, porcentaje de tejido adiposo y variable, cuyo resultado es el índice de masa corporal. Estos parámetros, de acuerdo con la literatura, permiten evidenciar con precisión, a bajo costo y gran accesibilidad, indicadores para el cuidado de la salud si se comparan con un valor de referencia que permita establecer puntos de corte apropiados para cada comunidad (Proyecto Food Facility Honduras, 2011).

El proceso de crecimiento y desarrollo en niños y niñas mediante mediciones secuenciales de peso, talla, índice de masa corporal, se establece como un método para estimar factores de riesgo, tomando como referente una correlación satisfactoria para utilizar un método de bajo costo que arroje información precisa que permita el diseño de estrategias. Este componente aplica los lineamientos de las estrategias gubernamentales que promueven ambientes saludables estableciendo como propósito determinar las características antropométricas a partir del índice de masa corporal en escolares del Municipio de Fusagasugá, reportando factores de riesgo asociado al peso corporal.

Metodología

Diseño del estudio: estudio descriptivo de corte transversal en población escolar del Municipio de Fusagasugá. Los participantes dieron su asentimiento

firmado y se obtuvo el consentimiento informado por parte de padres de familia y representantes legales. Esta investigación fue de riesgo mínimo a partir de las orientaciones del Ministerio de Salud (Resolución N° 8430, 1993).

Tamaño muestral: 379 escolares entre los 11 y 16 años de edad de una Institución Educativa Municipal, 40,1% niñas (152) y 59,8% niños (227), seleccionados a través de un muestreo aleatorio simple por conveniencia, en el año 2017. Los criterios de inclusión fueron escolares, niños y niñas, inscritos en básica secundaria, con edades entre 11 y 16 años y que desearan participar voluntariamente en el proyecto.

Métodos y procedimientos: se establecieron variables de medición en el perfil social sexo y grupo etario y como variables primarias de medición se evaluó el peso (kg) utilizando una báscula Tanita® BF689-, Talla en Bípedo con un estadiómetro marca Seca 206 y porcentaje graso por bioimpedancia, índice de cintura utilizando una cinta métrica retráctil, estableciendo como variables resultado el Índice de Masa Corporal (IMC) basado en la relación de peso y talla (ICBF, 2010) y el IMC-Zscore utilizando la siguiente fórmula (WHO, 2007);

$$Z_{ind} = \frac{y - M(t)}{StDev(t)}$$

Donde:

Zind= IMC-Zscore

Y= Valor medido en el individuo (peso)

M= Promedio del peso de los individuos

(t) = Edad decimal

StDev = Desviación estándar de la edad

El comportamiento del zscore permite identificar los siguientes parámetros: valores de desnutrición (-1 a -2), valores de normalidad (-1 a 1), valores de sobrepeso (1-2), valor de obesidad (2-3) (Ministerio de Salud y Protección Social, 2010).

Consideraciones éticas: el desarrollo de la investigación cuenta con un aval ético por parte de la Universidad.

Plan de análisis: para el procesamiento de los datos se realizó primero la construcción de una base de datos, la cual fue elaborada en Excel. Posteriormente se realizó un procesamiento de la información en el programa R (Core, 2014), desarrollando la estadística descriptiva de las variables cuantitativas, la cual incluyó medidas de tendencia central y de dispersión, así como la elaboración de percentiles y curvas de comportamiento ZScore. Por último, se reporta el nivel de asociación entre las variables objeto de estudio a través de un correlograma, así como de la matriz de correlaciones. El análisis se segmentó en función del género y la edad, información que dio origen a las curvas reportadas en las gráficas que se muestran en las figuras y permitió generar la baremación en percentiles.

Resultados

Las variables antropométricas reportadas son peso y talla, las cuales permiten categorizar el análisis del IMC propuesto por la OMS, y las desviaciones Zscore para la misma variable, se expone el porcentaje graso e índice de cintura, para identificación de riesgo en el componente antropométrico.

Variables primarias de medición: la variable reportada de peso corporal se presenta en percentiles (p10 – p90) diferenciando el comportamiento en niñas (Tabla 1 y Figura 1) y niños (Tabla 2 y Figura 2).

En la variable de peso corporal en niñas, la Tabla 1 muestra que los grupos etarios de 13 y 15 años presentan mayor nivel de dispersión para el peso (> 10 kg); particularmente para el grupo etario 13 años se registra un incremento de peso relacionado con el inicio de la pubertad.

Tabla 1. Distribución de la variable peso corporal para niñas (femenino) escolares en Fusagasugá

Percentiles de peso corporal para niñas (femenino) escolares en Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	41,6 ± 9,5	32,2	34,3	38,0	38,4	40,3	41,1	42,7	47,9	52,6	18
12	43,0 ± 7,4	34,4	36,9	40,1	41,1	43,6	45,5	47,7	49,8	51,2	43

Continúa tabla...

Percentiles de peso corporal para niñas (femenino) escolares en Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
13	51,5 ± 11,5	40,3	42,6	45,9	47,1	49,6	49,9	54,6	57,4	67,8	32
14	49,4 ± 5,9	43,3	44,5	46,0	46,6	48,1	51,0	53,2	54,9	57,3	31
15	55,2 ± 10,4	46,6	48,0	49,6	51,7	52,2	54,6	56,1	58,7	65,2	14
16	55,7 ± 8,9	46,6	47,4	48,4	51,3	55,7	57,0	62,2	63,5	67,5	14

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 1 evidencia cómo es el comportamiento del peso en función de la edad, en escala estandarizada (zscore), existe un ligero incremento del comportamiento de la variable. Se puede verificar que, particularmente para esta población, el grupo etario 14 años presenta baja variación frente a los demás grupos considerados y dos incrementos específicos del peso corporal en las edades de 13 y 15 años respectivamente.

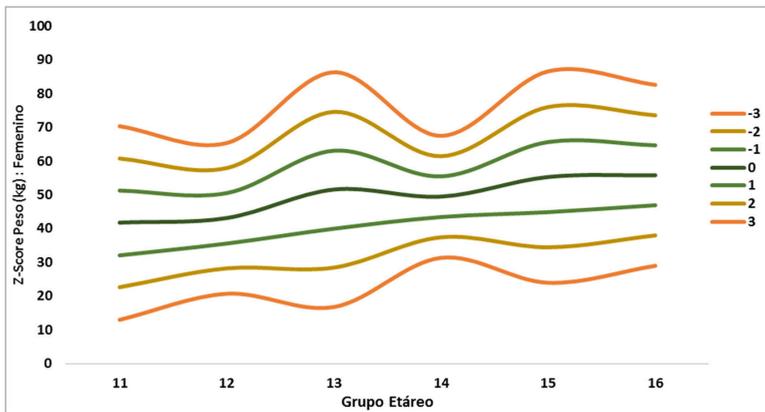


Figura 1. Distribución de la variable peso corporal en las niñas escolares en Fusagasugá.
Fuente: elaboración propia

El comportamiento de la variable peso corporal en niños evidenciados en la Tabla 2, reporta un incremento aparentemente significativo en el peso hacia los 15 años.

Tabla 2. Distribución percentil del porcentaje de peso para niños (masculino) escolares en Fusagasugá

Percentiles de peso para niños (masculino) escolares en Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	39,1 \pm 10,9	29,6	30,3	32,4	34,5	35,2	37,5	41,9	46,1	52,7	25
12	45,0 \pm 9,6	34,0	37,4	39,0	41,3	43,2	46,1	47,6	51,9	59,7	48
13	45,9 \pm 9,6	34,7	37,3	40,9	43,7	46,1	46,6	49,0	52,3	58,1	63
14	50,3 \pm 6,6	43,7	44,9	46,7	47,2	49,2	52,1	52,8	54,8	57,8	40
15	54,3 \pm 10,8	43,4	46,5	48,7	51,5	52,9	55,8	58,7	63,1	67,5	36
16	54,7 \pm 6,5	45,1	49,2	51,9	53,0	55,0	57,8	59,5	60,5	62,1	15

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2, se identifica un incremento de peso en niños, este, en general, tiene mayor tasa comparado con el comportamiento de las niñas; se verifica que el crecimiento en términos del peso es similar en los grupos etarios, con ligero aumento de dispersión hacia los 15 años, etapa seguramente ligada al tema de pubertad, el cual se retrasa con respecto a las niñas en aproximadamente 2 años habitualmente.

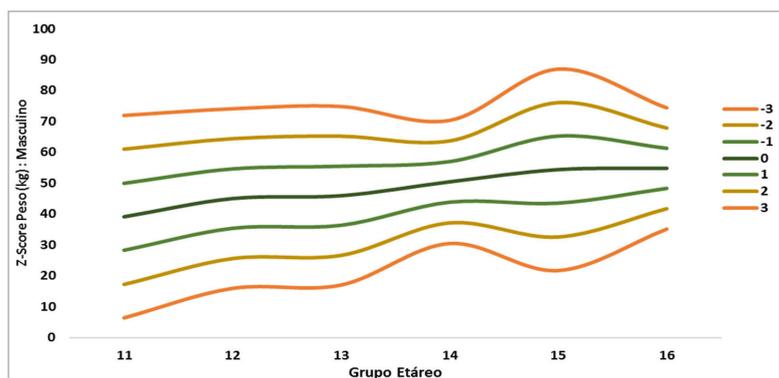


Figura 2. Comportamiento del peso para la edad en niños (masculino) escolares de Fusagasugá. Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 registra la talla de las niñas, evidenciándose cómo el crecimiento es sostenido en la ventana de tiempo (11-16), sin mayores modificaciones.

Tabla 3. Distribución percentil de la talla por estadiómetro por edad para las niñas.

Percentiles de Talla para escolares niñas (femenino) escolares en Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	147,2 ± 8,6	136,7	138,0	143,1	144,0	148,0	152,0	152,0	152,0	155,6	18
12	150,3 ± 6,8	143,0	145,8	148,0	149,0	151,0	152,0	153,4	156,6	158,8	43
13	152,8 ± 6,1	146,0	149,0	149,3	152,4	153,0	153,0	154,0	158,6	160,9	32
14	154,5 ± 6,3	149,0	150,0	150,0	154,0	155,0	157,0	158,0	159,0	159,0	31
15	156,0 ± 7,0	148,2	151,0	153,7	154,0	154,0	154,8	157,3	160,4	165,9	14
16	154,2 ± 5,5	148,2	151,0	151,0	151,4	153,0	157,0	158,0	158,4	161,1	14

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

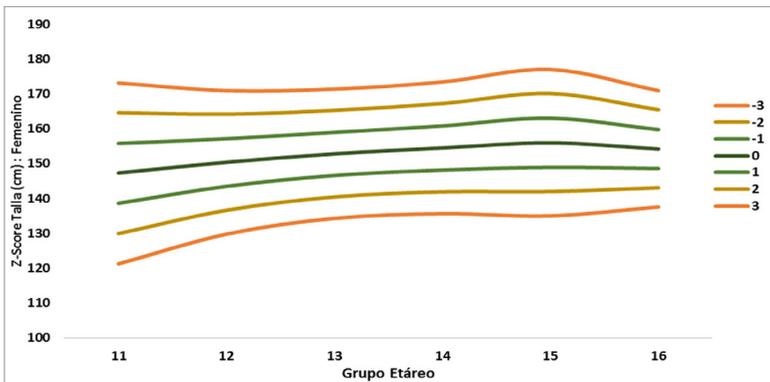


Figura 3. Comportamiento de la talla la edad en niñas (femenino) en escolares en Fusagasugá. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4 se reporta el comportamiento de la talla en niños, representándose un incremento ponderal entre los 11-16 años de forma lineal.

Tabla 4. Distribución percentil de la talla por estadiómetro por edad para los niños (masculino) en escolares en Fusagasugá

Percentiles de talla para escolares niños (masculino) en escolares en Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	142,2 \pm 7,9	134,0	136,0	137,2	139,0	140,0	143,4	145,0	147,6	153,6	25
12	152,1 \pm 7,9	142,6	146,0	149,0	150,0	150,0	153,0	155,2	158,0	161,8	47
13	155,8 \pm 8,6	142,6	149,0	151,6	153,8	156,0	159,0	160,0	165,0	166,0	63
14	160,7 \pm 5,9	153,9	157,0	159,0	160,0	160,5	162,0	163,3	164,0	169,0	40
15	164,7 \pm 6,2	156,0	161,0	162,5	165,0	166,0	167,0	168,5	169,0	171,5	36
16	167,0 \pm 7,7	160,4	161,8	163,2	164,0	166,0	168,4	169,0	172,4	178,0	15

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento de la talla en niños, identificado en la Figura 4, presenta una tasa de crecimiento ligeramente superior al de las niñas, tasa que además se sostiene en la ventana temporal (11-16), no obstante, existe una ligera disminución de la variación en talla hacia los 14 y 15 años.

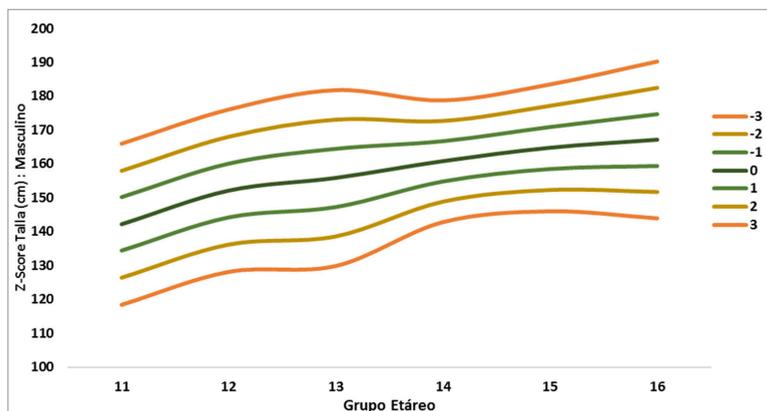


Figura 4. Comportamiento de la talla la edad en niños (masculino) en escolares en Fusagasugá. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5 se presenta el comportamiento del porcentaje graso medido por Bioimpedancia, en el cual se reporta el mayor índice de esta variable a los 13 años.

Tabla 5. Distribución percentil del porcentaje graso por bioimpedancia eléctrica por edad para las niñas (femenino) en escolares en Fusagasugá.

Percentiles de Grasa para escolares en niñas (femenino) escolares en Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	22,3 ± 6,9	15,1	16,4	17,5	19,2	22,7	24,7	25,2	26,8	28,7	18
12	22,9 ± 4,5	16,9	18,2	20,1	22,2	23,6	24,7	26,3	26,9	28,3	43
13	27,6 ± 6,5	18,2	22,0	25,3	26,3	27,4	28,9	30,2	31,4	35,5	32
14	25,5 ± 5,0	20,8	21,8	22,6	24,4	24,9	25,8	28,0	30,0	31,9	31
15	25,9 ± 5,1	20,2	22,1	23,4	23,9	25,9	27,3	27,7	29,8	32,0	14
16	24,9 ± 6,6	16,7	17,5	19,0	24,1	25,2	27,5	28,6	30,6	32,9	14

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 5 se representa el comportamiento del porcentaje graso, en el cual el mayor incremento se evidencia a los 13 años y posteriormente tiende a representar un valor lineal.

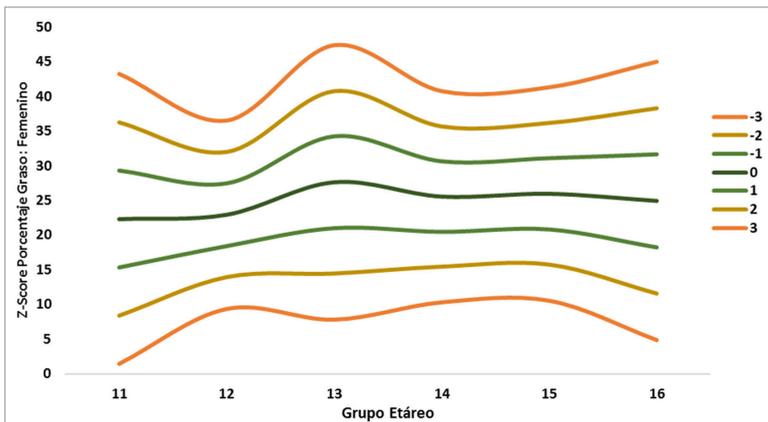


Figura 5. Comportamiento del porcentaje graso para la edad en niñas (femenina) en escolares de Fusagasugá.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 6 se describe el comportamiento del porcentaje de grado corporal en niños, reportando el mayor nivel de grasa con mayor prevalencia a la edad de 11 años, el cual disminuye significativamente logrando su menor valor a los 16 años.

Tabla 6. Distribución percentil del porcentaje graso por bioimpedancia eléctrica por edad para los niños (masculino) escolares de Fusagasugá

Percentiles de Grasa para escolares niños (masculino) en escolares en Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	18,6 \pm 5,9	12,9	14,0	16,4	16,6	17,1	18,0	19,1	21,6	25,3	25
12	17,2 \pm 5,8	11,0	11,8	12,9	14,5	15,5	16,8	20,1	22,3	25,1	48
13	14,2 \pm 5,9	8,6	10,3	11,1	12,1	12,7	13,4	16,7	17,5	20,5	63
14	14,2 \pm 4,7	9,3	9,9	11,5	12,6	13,7	14,4	15,9	17,5	19,2	40
15	16,4 \pm 9,6	8,7	9,7	11,3	12,4	14,3	16,6	18,2	20,5	23,4	36
16	9,9 \pm 2,6	6,2	7,8	8,6	9,0	10,2	11,8	11,9	12,4	12,7	15

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

En el caso del porcentaje graso, en la Figura 6 se registra un incremento notorio de la grasa en los niños hacia los 15 años, no obstante, la tendencia general es a la disminución de grasa a medida que pasa el tiempo.

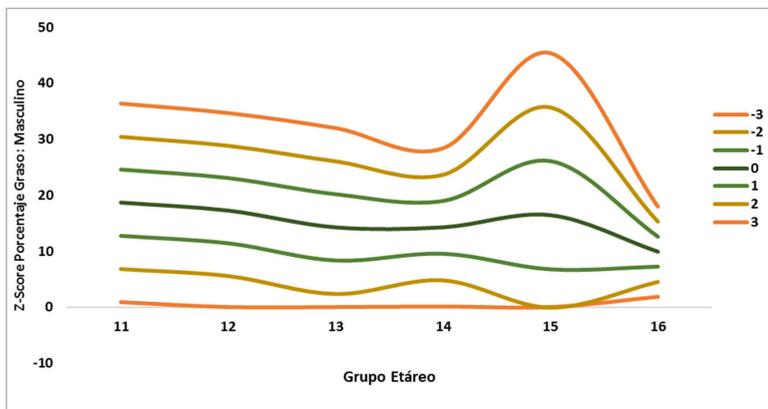


Figura 6. Comportamiento del porcentaje graso para la edad en niños (masculino) en escolares de Fusagasugá.

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento de la variable de índice de cintura en niñas reportado en la Tabla 7 permite determinar el mayor valor a la edad de 13, 14 y 16 años.

Tabla 7. Distribución percentil del índice de cintura para niñas (femenino) escolares en Fusagasugá

Percentiles de Índice de Cintura para niñas (femenino) escolares en Fusagasugá.											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	63,3 ± 10,5	52,7	56,2	58,2	60,0	61,5	62,0	62,9	70,0	79,5	18
12	62,5 ± 5,0	56,0	58,0	60,6	62,0	63,0	63,0	65,0	66,6	68,6	43
13	66,1 ± 8,9	57,0	59,2	61,0	62,0	63,5	66,6	68,7	71,0	77,7	32
14	63,9 ± 6,1	57,0	59,0	60,0	63,0	64,0	65,0	66,0	69,0	72,0	31
15	66,5 ± 5,7	59,9	62,6	63,0	65,2	66,0	66,0	66,4	72,0	75,7	14
16	69,4 ± 8,6	62,0	62,6	63,9	64,2	66,0	70,2	71,0	75,4	83,4	14

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7 el índice de cintura no presenta modificaciones a lo largo de la ventana temporal evaluada, sin embargo, hay un leve incremento a la edad de 13 años en las niñas.

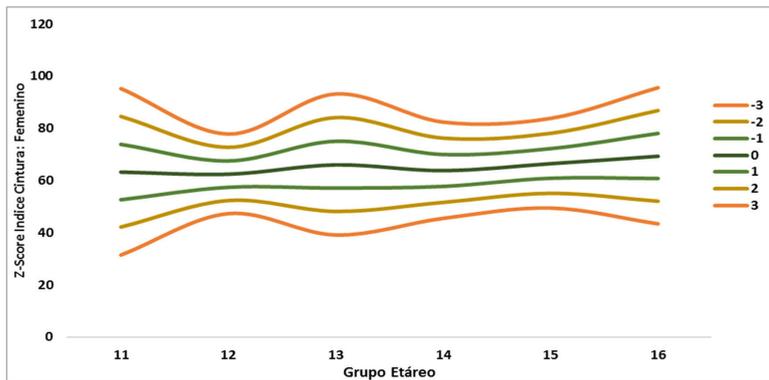


Figura 7. Distribución percentil del índice de cintura para niñas.

Fuente: elaboración propia

A partir del reporte de los datos, en la Figura 8 se indica el mayor perímetro de cintura a la edad de 15 años en niños

Tabla 8. Distribución percentil del índice de cintura para niños (masculino) escolares de Fusagasugá

Percentiles de Índice Cintura para niños (masculino) escolares de Fusagasugá											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	64,4 \pm 8,8	53,6	57,0	61,0	62,2	63,0	64,0	65,0	71,4	76,6	25
12	65,8 \pm 6,9	58,7	60,0	61,1	62,0	63,5	65,2	68,0	71,0	76,0	48
13	64,4 \pm 7,3	56,0	59,0	60,6	62,0	63,0	64,0	67,0	70,0	73,8	63
14	66,3 \pm 5,2	61,9	62,8	63,0	64,0	65,0	67,0	67,3	68,2	73,2	40
15	68,1 \pm 8,2	60,0	61,0	62,0	65,0	65,0	70,0	72,0	74,0	79,5	36
16	66,7 \pm 5,0	60,4	61,8	63,4	65,0	66,0	68,8	70,8	71,2	73,2	15

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 8 se registra una pérdida consistente de grasa, en la medida en que transcurre el tiempo, sin embargo, a los 15 años (al igual que ocurre en el peso) existe un incremento en la proporción de grasa, lo que sugiere que el incremento en peso está asociado a la mayor concentración de grasa en este grupo etario.

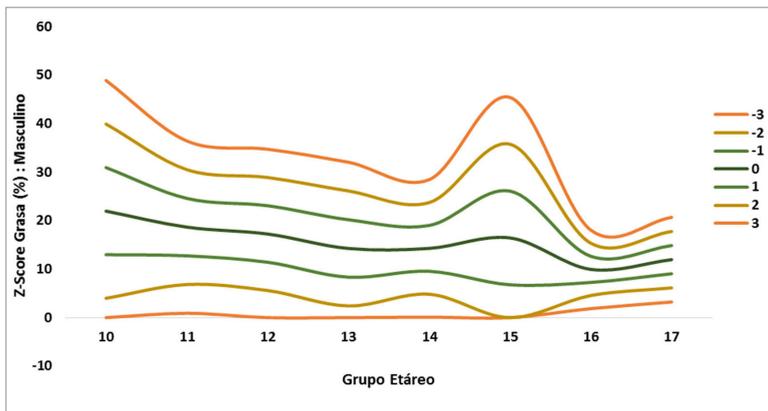


Figura 8. Comportamiento del porcentaje graso para la edad en niños.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el comportamiento de la variable de índice de masa corporal, en la Tabla 9 se reporta un mayor IMC a la edad de 11 años, disminuyendo el comportamiento sobre la curva a la edad de 12 años, generando un comportamiento lineal hasta los 16 años.

Tabla 9. Distribución percentil del IMC por edad para las niñas (femenino) escolares en Fusagasugá.

Percentiles de IMC niñas (femenino) escolares en Fusagasugá.											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	19,0 ± 3,2	16,3	16,6	17,2	17,6	18,4	19,6	20,0	20,6	21,4	18
12	18,9 ± 2,2	16,3	16,7	17,5	18,3	19,4	19,6	20,3	20,7	21,4	43
13	21,9 ± 3,7	17,4	19,3	19,9	20,6	21,4	22,3	22,7	23,4	26,6	32
14	20,7 ± 2,5	17,7	18,4	18,9	20,0	20,4	20,9	21,5	23,4	24,0	31
15	22,8 ± 5,3	19,4	19,7	20,1	20,3	20,9	21,8	23,3	24,0	26,7	14
16	23,4 ± 3,5	20,2	20,2	20,8	21,1	21,8	24,0	24,9	27,3	28,0	14

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 9 Se evidencia que el IMC se mantiene en el tiempo, con un ligero incremento en la variación hacia los 15 años en el caso de los niños.

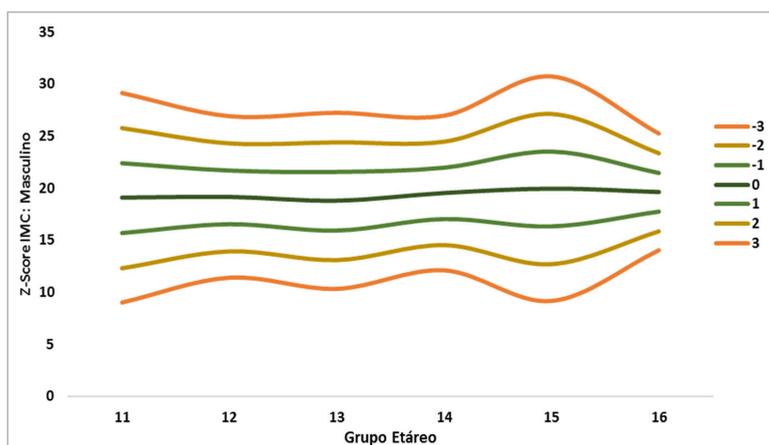


Figura 9. Distribución percentil del IMC por edad para las niñas.

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 10 presenta dos variaciones en el comportamiento del IMC en niños, principalmente hacia los 15 años en niños.

Tabla 10. Distribución percentil del IMC por edad niños (masculino) escolares en Fusagasugá

Percentiles de IMC por edad niños (masculino) escolares en Fusagasugá.											
Grupo Etario	$\mu \pm \sigma$	P10	P20	P30	P40	P50	P60	P70	P80	P90	n
11	19,0 \pm 3,3	15,6	16,3	17,4	17,5	18,0	18,3	20,1	21,1	24,4	25
12	19,1 \pm 2,5	15,9	16,7	18,0	18,3	18,5	19,1	20,0	21,7	22,2	47
13	18,7 \pm 2,8	15,5	16,6	17,5	17,9	18,3	18,9	19,5	20,6	22,3	63
14	19,5 \pm 2,4	17,3	17,5	17,7	18,5	19,1	19,6	20,3	20,9	22,5	40
15	19,9 \pm 3,6	16,6	17,3	18,4	18,8	19,3	20,1	20,9	22,1	24,6	36
16	19,5 \pm 1,8	17,5	18,5	18,9	19,0	19,4	19,7	20,6	21,5	21,8	15

$\mu \pm \sigma$: corresponde al promedio y desviación estándar.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 10 se registran, en las niñas, 2 momentos donde el IMC incrementa su variación, se trata de los 13 y los 15 años, adicionalmente se mantiene un incremento en el IMC a pesar de que es bajo dicho incremento.

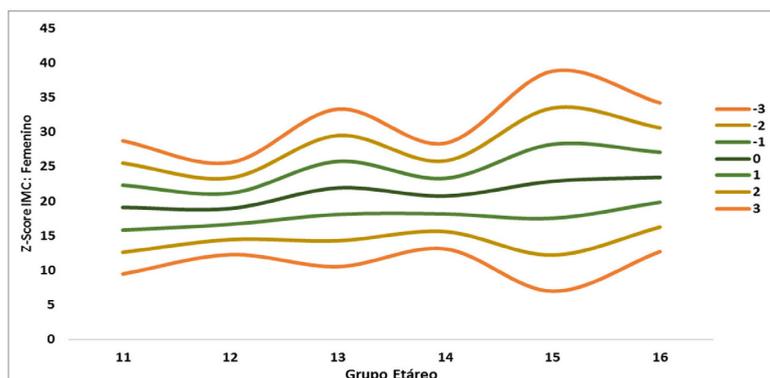


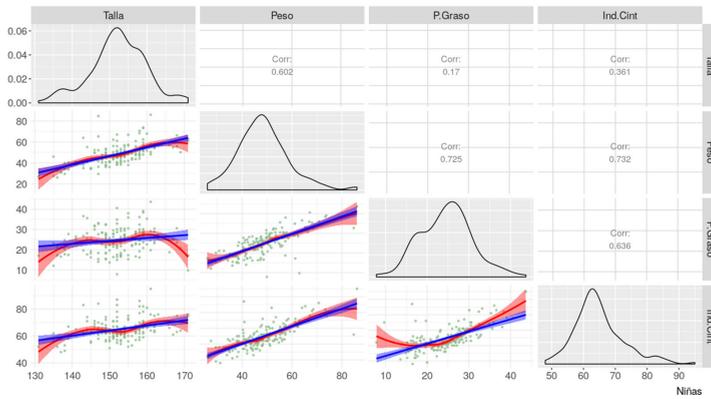
Figura 10. Distribución percentil del IMC por edad para los niños.

Fuente: elaboración propia.

Correlaciones de variables sexo femenino y masculino

En la correlación propuesta en la Figura 11 se evidencia, en todos los casos, correlaciones positivas para el grupo de niñas. En el caso de niños, se registra que para la pareja de variables Talla x Porcentaje Graso, la correlación es inversa, lo que indica que existe una disminución de la grasa corporal, en la medida en que se aumenta la edad (en la fracción de tiempo 11- 16 años).

Niñas



Niños

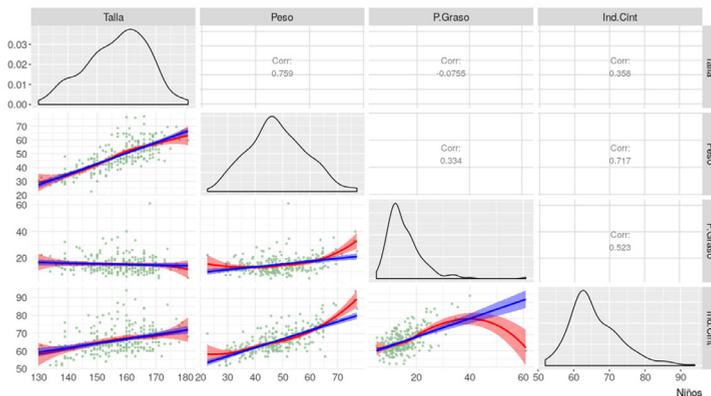


Figura 11. Matriz de correlaciones de variables de estudio por sexo.
Fuente: elaboración propia.

En la matriz aparecen no solo los coeficientes de correlación sino, adicionalmente, los p-valores que indican si existe o no la misma en términos estadísticos. Toda vez que pvalor sea < 0.05 , existe correlación, entre más pequeño sea dicho valor (pvalor), mayor asociación existe entre las variables. Como se registra en la tabla, los pvalores en la Figura 11 son todos significativos, pues son inferiores a 0.05, lo que indica que todas las variables involucradas realmente se relacionan, debido a que los coeficientes son todos positivos.

Discusión

En la variable peso corporal se realiza una comparación con el estudio realizado en escolares participantes del proyecto 40x40 (Zapata *et al.*, 2016), en donde las niñas a la edad de 14 años son las únicas que reportan un promedio por debajo del peso establecido en la investigación por Zapata *et al.*, el cual corresponde a $49,4 \pm 5,9$ kg; no obstante, para los niños participantes del estudio todos los grupos etarios superan el promedio establecido en la investigación en escolares distritales que realizan prácticas deportivas como un componente extracurricular.

A partir de los hallazgos encontrados en la presente investigación con relación a la talla y asociando los hallazgos en correlación con los datos con la OMS, se evidencia que para los grupos etarios en niñas de entre 12 y 16 años de edad las tallas se encuentran por debajo del percentil 50; no obstante, las niñas de 11 años obtuvieron un promedio de $147,2 \pm 8,6$ cm evidenciando que este último grupo etario se encuentra por arriba de dicho percentil; para el caso de los niños, a los 12 años se obtuvo un promedio de $152,1 \pm 7,9$ cm y los de 15 años se obtuvo un promedio de $164,7 \pm 6,2$ cm, lo cual, comparado con referentes de la OMS, está por encima del percentil 50 (WHO, 2014).

En el análisis de la variable de grasa corporal, comparando los hallazgos de esta investigación con el estudio realizado en escolares en Bogotá Fuprecol, se reporta que niñas de 11, 12 y 15 años de edad se encuentran por debajo del promedio establecido por Escobar; no obstante, los grupos de 13, 14 y 16 años de edad se encuentran por arriba del promedio establecido por Escobar. Por otra parte, los niños que estuvieron por arriba del promedio fueron los de

11 años, los cuales obtuvieron un promedio de $18,6 \pm 5,9\%$ y los niños de 15 años, con un promedio de $16,4 \pm 9,6\%$; no obstante, los otros grupos etarios se encuentran por debajo del promedio en el estudio de escolares en la zona de Bogotá (Escobar *et al.*, 2016).

De acuerdo con los reportes presentados por la OMS, en la variable de IMC se evidencian los promedios por grupo etario, los cuales, comparados con los resultados de la presente investigación, reportan los siguientes hallazgos (se indicará el primer valor numérico como el promedio establecido por la OMS seguido del valor resultado en la presente investigación con indicación del valor de desviación estándar): a los 11 años (17,2: $19 \pm 3,2$), 12 años (18: $18,9 \pm 2,2$), 13 años (18,8: $21,9 \pm 3,7$), 14 años (19,4: $20,7 \pm 2,5$) 15 años (20,2: $22,8 \pm 5,3$) 16 años (20,8: $23,4 \pm 3,5$) a partir de esta comparación se identifica que todas las niñas de Fusagasugá se encuentran por arriba del promedio establecido para la edad, con respecto al referente de la OMS en la variable de IMC.

En este mismo sentido, el comportamiento de la variable de IMC en los niños por grupo etario reporta los siguientes hallazgos (se indicará el primer valor numérico como el promedio establecido para la OMS seguido del valor resultado en la presente investigación, con indicación del valor de desviación estándar): a la edad de 11 años (17: $19 \pm 3,3$), 12 años (17,8: $19,1 \pm 2,5$), 13 años (18,2: $18,7 \pm 2,8$), 14 años (19: $19,5 \pm 2,4$), 15 años (19,8: $19,9 \pm 3,6$), 16 años (20,4: $19,5 \pm 1,8$), el comportamiento de los datos permite identificar que los niños de 16 años se encuentran por debajo de los promedios establecidos por la OMS.

Sin embargo, otro indicador en el análisis de esta variable corresponde a la evaluación del comportamiento de las variables desde el valor percentil, en el cual se tomará como referencia el p-10, indicando alteraciones asociadas a riesgo en procesos de desnutrición. Se indicará el primer valor numérico como el promedio establecido para la presente investigación y el segundo valor numérico como el valor del estudio Fuprecol (Escobar-Cardozo *et al.*, 2016); en las niñas a los 11 años el IMC reporta ($\leq 14,6$: $19 \pm 3,2$), 12 años ($\leq 15,1$: $18,9 \pm 2,2$), 13 años ($\leq 15,7$: $21,9 \pm 3,7$), 14 años ($\leq 16,2$: $20,7 \pm 2,5$), 15 años ($\leq 16,6$: $22,8 \pm 5,3$), 16 años ($\leq 16,9$: $23,4 \pm 3,5$), por lo cual al asociar el comportamiento de esta variables los percentiles indican que las niñas de

Fusagasugá no presentan riesgo por desnutrición desde la evaluación del promedio aritmético, en el caso de los niños a los 11 años el comportamiento de la variable indica ($\leq 14,2$: $19 \pm 3,3$), 12 años ($\leq 14,6$: $19,1 \pm 2,5$), 13 años ($\leq 15,2$: $18,7 \pm 2,8$), 14 años ($\leq 15,7$: $19,5 \pm 2,4$), 15 años ($\leq 16,2$: $19,9 \pm 3,6$), 16 años ($\leq 16,7$: $19,5 \pm 1,8$), este comportamiento permite determinar que no existe predominio de riesgo $<p10$ en ambos grupos poblacionales.

Por otra parte, el percentil p-90 es un indicador de exceso de peso como factor de riesgo para obesidad en la variable de IMC, por lo cual se indica el primer valor numérico como el promedio establecido para la presente investigación y el segundo valor numérico como el valor del estudio Fuprecol (Escobar-Cardozo *et al.*, 2016): en las niñas a la edad de 11 años ($\geq 22,7$: $21,4$), 12 años ($\geq 23,9$: $21,4$), 13 años ($\geq 25,0$: $26,6$), 14 años ($\geq 26,0$: $24,0$), 15 años ($\geq 26,7$: $26,7$), 16 años ($\geq 27,3$: $28,0$). A partir de esta asociación se evidencia que los grupos etarios de 15 y 16 años se encuentran en riesgo de peso aumentado asociado a obesidad, porque superan el valor establecido a un p90 en la variable de IMC. Este comportamiento en los niños se identifica a la edad de 11 años ($\geq 23,0$: $24,4$), 12 años ($\geq 24,2$: $22,2$), 13 años ($\geq 25,3$: $22,3$), 14 años ($\geq 26,5$: $22,5$), 15 años ($\geq 27,5$: $24,6$), 16 años ($\geq 28,3$: $21,8$); en el caso de los niños se determina que en la edad de 11 años prevalece un riesgo de peso aumentado asociado a obesidad al sobrepasar los valores del percentil p-90.

Respecto a la variable de perímetro de cintura, las niñas a la edad de 11 años tuvieron un promedio por arriba $63,3 \pm 10,5$ cm con respecto al del estudio de Caicedo, el valor fue $62,4 \pm 6,7$ cm, reportándose un comportamiento similar a los 16 años, donde se obtuvo un promedio de $69,4 \pm 8,6$ cm comparado con el del estudio de Caicedo, quien reporta un valor de $69,3 \pm 8,0$ cm; en el caso de los niños de 11 años se reporta un promedio de $64,4 \pm 8,8$ cm con respecto al del estudio de Caicedo que determina un promedio de $63,4 \pm 7,4$ cm; a la edad de 12 años se reporta un promedio de $65,8 \pm 6,9$ cm y el del estudio de Caicedo corresponde a $65,0 \pm 7,5$ cm, indicando comportamientos similares en el perímetro de cintura, lo que determina incremento en el nivel de factores de riesgo cuando se supera el valor de p-75 (Caicedo-Álvarez *et al.*, 2016)

Conclusiones

Se realizó la caracterización antropométrica de escolares en el Municipio de Fusagasugá, a partir de las variables de peso, talla, porcentaje graso, perímetro de cintura e IMC, las cuales se consideran esenciales para detectar alteraciones en los procesos de crecimiento y desarrollo en niños y niñas, este parámetro permite, a nivel del contexto de salud pública, direccionar acciones específicas de acuerdo con las necesidades poblacionales.

Así mismo, se confirma la relación entre el IMC y la edad, hallando el componente IMC-Zscore, el cual se utilizó como predictor de factores de riesgo en los procesos de crecimiento y desarrollo utilizando análisis estadístico de las variables. Los hallazgos en esta investigación permiten determinar que, de acuerdo con los percentiles, se establece el p10 como indicador de riesgo bajo, identificando a 35 participantes, y con el percentil p90 reporta 42 escolares en riesgo de incremento de IMC. Así mismo, identifica que todas las niñas participantes se encuentran por arriba del promedio del IMC indicado por la OMS, los niños solo a los 16 años se encuentran en un IMC por debajo del asociado a la OMS.

A partir de la correlación de variables se determina que en los niños existe una correlación inversa en las variables “Talla - Porcentaje Graso”, lo que indica que existe una disminución de la grasa corporal, en la medida en que aumenta la edad. En las demás correlaciones se puede determinar que todas son significativas, pues son inferiores a 0.05, indicando que todas las variables involucradas realmente se relacionan debido a que los coeficientes arrojan un valor positivo.

Se concluye que, aunque son pocos los estudios que reportan valoración de características antropométricas de escolares en diferentes sectores municipales a nivel nacional resulta indispensable establecer poblacionalmente valores de referencia propios según las características de la población, lo que permitiría controlar por un proceso de seguimiento los parámetros de crecimiento y desarrollo en niños y niñas.

Referencias

- Caicedo-Álvarez, J., Correa-Bautista, J., González-Jiménez, E., Schmidt-RioValle, J., Ramírez-Vélez. (2016). Percentiles de circunferencia de cintura en escolares de Bogotá (Colombia): Estudio Fuprecol. *Endocrinología y Nutrición*, 63(6), 265-273. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2016.01.008>
- Core, T. (2014). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>
- Ensin (2017). Encuesta Nacional de Situación Nutricional de Colombia (ENSIN) 2015. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional>
- Escobar-Cardozo, G., Correa-Bautista, J., Gonzalez-Jimenez, E., Schmidt-RioValle, J., & Ramirez-Velez, R. (2016). Percentiles of body fat measured by bioelectrical impedance in children and adolescents from Bogotá (Colombia): the Fuprecol study. *Archivos Argentinos de pediatría*, 114(2), 135-142. <https://doi.org/10.5546/aap.2016.eng.135>
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) (2010). Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia 2010. <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/NormatividadC/ENSIN1/ENSIN2010/LibroENSIN2010.pdf>
- Ley N° 1804. República de Colombia, Bogotá, Colombia, 2 de agosto de 2016. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/ley_1804_2016.htm
- Ley N° 115. República de Colombia, Bogotá, Colombia, 8 de febrero de 1994. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de la Protección Social (2010). Resolución 2121-2010. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minproteccion_2121_2010.htm
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018). Sobre peso y obesidad infantiles. <https://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/es/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2012). Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- Proyecto Food Facility Honduras (2011). Seguridad Alimentaria y Nutricional Conceptos Básicos. Programa especial para la seguridad alimentaria- PESA-Centroamérica. *FAO*. <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- Ramírez, R. (2016). *Condición física, nutrición, ejercicio y salud en niños y adolescentes*. Editorial Universidad del Rosario.
- Resolución N° 8430. (1993). República de Colombia, Bogotá, Colombia, 4 de octubre de 1993. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCION%208430%20DE%201993.pdf
- Unicef (2014). 10 Derechos Fundamentales de los niños, niñas y adolescentes. *Unicef*. https://www.unicef.org/ecuador/booklet_derechos_bis.pdf
- World Health Organization (WHO) (2007). Computation of centiles and z-scores for height-for-age, weight-for-age and bmi-for-age. *World Health Organization*. <http://www.who.int/growthref/computation.pdf>

- World Health Organization (WHO) (2014). Por qué se necesitan los nuevos patrones de crecimiento infantil de la oms. *World Health Organization*. http://www.who.int/childgrowth/2_por_que.pdf?ua=1
- Zapata-Torres, D., Debray-Hernández, E., Mancera-Soto, E., Preciado-Martínez, D., & Sanjuanelo-Corredor, D. (2016). Body mass index characterization of school children enrolled in the school sports program 40X40 in Bogotá, D.C. *Revista de la facultad de medicina*, *64*(1), 119-126. http://revistas.unal.edu.co/index.php/revfa_cmed/article/view/51058

Esta página queda intencionalmente en blanco

Determinación del ángulo de fase por bioimpedancia en deportistas de la Esmic¹

12

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.12>

*Jenner Rodrigo Cubides Amézquita², Ninosca Caiaffa Bermúdez³,
Samael Antonio Vera Angarita⁴*

Resumen

Objetivo: el análisis de la composición corporal por bioimpedancia eléctrica permite la determinación del ángulo de fase como predictor del bienestar tisular e hídrico del cuerpo humano. El objetivo del presente estudio consistió en determinar las diferencias del ángulo de fase por bioimpedancia, según el deporte practicado en una población de alumnos en formación de la Escuela Militar de Cadetes en la ciudad de Bogotá. **Metodología:** se realizó un estudio de tipo observacional descriptivo que en la línea de tiempo es retrospectivo, donde se analizó la composición corporal de 164 alumnos deportistas en 13 disciplinas diferentes, encontrando diferencias estadísticamente significativas del ángulo de fase según el género y el tipo de deporte practicado. **Conclusiones:** a pesar de que el ángulo de fase sea propuesto en la literatura médica como un buen predictor del estado nutricional y la celularidad corporal, no es posible determinar un punto de corte definido sin tener en cuenta ciertas condiciones, como son el origen étnico, la edad o el género entre grupos de deportistas; sin embargo, sí se pueden describir los baremos en una población joven en formación militar que se pueden convertir en valores de referencia para futuras investigaciones.

Palabras clave: composición corporal; deportes; impedancia eléctrica; personal militar.

1 Este artículo se gesta como producto de un proyecto de investigación institucional financiado que fue soportado con recursos de la convocatoria interna 001-2017 del Comando de Apoyo Tecnológico de Ejército de Colombia, según acta 65060 del 05 de julio del 2017. Se encuentra enmarcado en la línea de investigación institucional en Rendimiento físico militar y factores asociados a la salud. Parte de una iniciativa de los investigadores en la descripción, caracterización y determinación de los baremos de la composición corporal en el personal en formación militar.

2 Médico, Especialista en epidemiología, Magister en Genética Humana. Investigador Centro de Investigaciones de la Cultura Física (CICFI) de la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (ESMIC), Grupo de Investigación RENFIMIL. Contacto: jenner.cubides@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6573-0432>

3 Nutricionista, Especialista en Nutrición deportiva, Investigadora CICFI – ESMIC, grupo de investigación RENFIMIL. Contacto: ninosca.caiaffa@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0407-8134>

4 Mayor del Ejército Nacional, director del CICFI (2015-2016) ESMIC. Contacto: samael.vera@buzonejercito.mil.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8151-7436>

Introducción

La valoración de la composición corporal es un requisito indispensable para monitorear los tipos de obesidad, el estado nutricional, los objetivos del entrenamiento y el estado de salud en general (Llames, Baldomero, Iglesias & Rodota, 2013). El exceso de tejido adiposo actúa como peso muerto en actividades en las cuales la masa del cuerpo debe vencer repetidamente la gravedad durante la locomoción o el salto, lo que disminuye el rendimiento deportivo e incrementa la demanda energética de la actividad (Shi *et al.*, 2014).

Por otro lado, la masa libre de grasa contribuye a la producción de energía durante actividades de alta intensidad mejorando la fuerza absoluta, lo mismo que la resistencia a cargas estáticas y dinámicas (Mala *et al.*, 2015). Los componentes como la masa grasa y la masa libre de grasa (magra) son usadas para identificar los tipos de requerimientos nutricionales y el gasto energético del organismo (Nelson, Weinsier, Long & Schutz, 1992) the relationship between fat-free mass (FFM). Los expertos en nutrición deportiva usan los datos obtenidos del estudio de la composición corporal en el desarrollo de intervenciones específicas de tipo dietario, esta información también orienta a los entrenadores y preparadores físicos para optimizar y evaluar los programas de entrenamiento deportivo. Existen en el mercado múltiples métodos para estimar la composición corporal, como la medición del peso hidrostático, la densitometría por absorción de Rayos X (DEXA), la pletismografía por desplazamiento de aire, el conteo del potasio corporal total, la resonancia magnética nuclear y modelos de múltiples compartimientos, que son improcedentes para evaluar poblaciones grandes o en el ámbito deportivo, pues son métodos que resultan costosos y técnicamente inconvenientes. Los métodos de medición de la composición corporal son siempre de elección en deportes y profesionales en nutrición deportiva (Moon, 2013). Los métodos antes mencionados, igual que la antropometría por pliegues y circunferencias, usan modelos predictivos de tipo matemático, por lo que se consideran mediciones indirectas de la composición corporal; debido a ello, son proclives a ciertos errores en la predicción de los valores de los componentes corporales. No todos los métodos de medición de la composición corporal son iguales, por ello se presentan errores de medi-

ción del componente graso que pueden exceder hasta 3 kg comparados con los modelos más exactos y refinados que usan técnicas para valorar múltiples compartimientos, como en el caso de la bioimpedancia eléctrica. Por lo tanto, se puede decir que no existe un método que sea “real” en la medición de la composición corporal en humanos vivos (Moon, 2013).

La evaluación de la composición corporal es usada de manera frecuente en los campos del entrenamiento físico, con el fin de evaluar la efectividad de los programas de los individuos que están pensando en bajar de peso o comenzar un entrenamiento funcional (fuerza, resistencia, definición de la figura corporal) o deportivo (Ickerson, Sco & Liszczewicz, 2016). En los diferentes gestos deportivos, el control del peso corporal es una de los problemas clave durante el entrenamiento y la competición. Por ello, no sorprende que en algunos atletas se tienda a aumentar y acelerar el proceso de entrenamiento, lo que puede causarles un efecto negativo para la salud o afectar negativamente su desempeño en competencia. Por lo tanto, la eficiencia tecnológica en los sistemas de entrenamiento deportivo debe ser mejorada, siempre con relación al control de los procesos que lleven a optimizar los resultados deseados. En los últimos años el análisis por bioimpedancia (BIA) está siendo ampliamente usado en la práctica médica deportiva donde más y mejores métodos de determinación de la estructura y segmentos del cuerpo se están desarrollando (Dopsaj *et al.*, 2017).

La bioimpedancia tiene como principio la administración de un flujo de corriente eléctrica alterna de una o más radiofrecuencias, transmitida por un electrodo adherido a la superficie de la piel, con el fin de caracterizar los tejidos que tengan o no buena conducción, lo mismo que de los fluidos que componen el cuerpo (Portao, Bescós, Irurtia, Cacciatori & Vallejo, 2009). Los flujos de corrientes en diferentes velocidades dependen de la composición del cuerpo. Como se sabe, el agua es buena conductora de la corriente, lo mismo que los tejidos ricos en electrolitos, como el músculo, mientras que el tejido graso, óseo y los espacios corporales neumáticos son malos conductores de la corriente (Mulasi, Kuchnia, Cole & Earthman, 2015).

Se pueden definir los conceptos básicos en el entendimiento de los fundamentos de la Bioimpedancia, en donde: la impedancia (Z) es la frecuencia

dependiente de la oposición al flujo de corriente por parte del conductor (por ejemplo, el cuerpo). Geométricamente la impedancia es el vector compuesto por 2 parámetros dependientes de frecuencias (la resistencia R y la reactancia Xc). La resistencia es la oposición al flujo de corriente cuando pasa a través del cuerpo y la reactancia es la demora en la conducción eléctrica causada por las membranas celulares, las interfaces de los tejidos y las sustancias no-iónicas. La capacitancia es una función de la reactancia que se aumenta cuando las membranas celulares almacenan una porción de la corriente en un espacio de tiempo. Ese almacenamiento temporal de las cargas de corriente crea una desviación de la fase o ángulo de fase (AF), cuantificada como la relación de la Arco tangente de la reactancia y la resistencia expresada en grados (Xc/R) \times ($180^\circ/\pi$) (Mulasi *et al.*, 2015).

El ángulo de fase es una medida proporcionada directamente por los equipos de bioimpedancia y se usa como un marcador de la integridad de la membrana celular y de la masa celular del cuerpo, además de ser un predictor de morbi-mortalidad de enfermedades crónicas, como pueden ser la falla renal (Caravaca, Martínez, Villa, Martínez & Ferreira, 2011), la insuficiencia cardíaca congestiva (Colín-Ramírez *et al.*, 2012), las patologías oncológicas (Gupta *et al.*, 2008) y los procesos de desnutrición (Urbain *et al.*, 2013). El ángulo de fase (AF) es la relación del cálculo entre la resistencia (R) de los tejidos al paso de la corriente (que depende del estado de hidratación) y la reactancia (Xc) de los mismos, asociados a la celularidad, el tamaño de las mismas y la integridad de la membrana celular. Un ángulo de fase disminuido es consistente con muerte celular o una alteración en la selectividad de la membrana celular, mientras que valores aumentados del ángulo de fase se asocian con integridad y vitalidad de las membranas celulares y el cuerpo de masa celular. En población sana, el sexo, la edad y el índice de masa corporal son los principales determinantes del ángulo de fase (Barrea *et al.*, 2017). En personas saludables los rangos normales del ángulo de fase pueden oscilar entre 5° y 7° , por otra parte, en atletas pueden alcanzar ángulos de fase hasta 9.5° . Un bajo AF indica algún estado patológico de la membrana o alguna alteración en su función. En pacientes que sufren problemas de desnutrición el AF puede reflejar tempranamente una acumulación de agua desde el espacio

intracelular al extracelular. Algunas enfermedades relacionadas con la desnutrición, y que muestran cambios eléctricos, pueden ser evaluadas mediante los análisis de bioimpedancia. Muchas investigaciones han demostrado la relación directa entre el ángulo de fase y el estado nutricional, donde el AF ha mostrado una correlación negativa entre el *score* de valoración global subjetiva (SGA) y los pacientes con hemodiálisis, falla renal o enfermedades gastrointestinales (Zhang, Huo, Wu, Zhang & Duan, 2014).

Estudios previos han demostrado cambios en las variables de la composición corporal total relacionadas con la edad, en los cuales hay un incremento en el ángulo de fase y una disminución en la reactancia a través de la progresión de la adolescencia, pero con una disminución de ambos en edades avanzadas, lo mismo que diferencias entre individuos de acuerdo con su entrenamiento físico y nivel de *performance* en sus actividades deportivas (Rodrigues *et al.*, 2014) stratified by sex and divided into overweight and non-overweight groups. The percentage of body fat (%BF) (Rodríguez-García *et al.*, 2017).

A partir de estudios realizados en los últimos años y usando las técnicas de obtención de la composición corporal por BIA, se ha aceptado el uso del ángulo de fase como un parámetro de análisis tisular y molecular de la composición corporal, pero se deben hacer más estudios con el fin de establecer las características del ángulo de fase para los diferentes tipos de poblaciones (Peine *et al.*, 2013). En el ámbito deportivo militar es escasa la literatura encontrada en la determinación de la composición corporal por BIA; por lo anterior, se justifica la necesidad de realizar estudios donde se caractericen los diferentes grupos poblacionales que practiquen algún tipo de deporte en el ámbito militar. Basados en los planteamientos anteriores, el presente estudio busca hacer una caracterización general de los parámetros bioeléctricos de la composición corporal (centrados en el ángulo de fase) de los cadetes que pertenecen algún grupo de competencia deportiva en la escuela de formación de los oficiales del Ejército Nacional.

Metodología

- a. Diseño del estudio: se realizó un estudio de tipo observacional, descriptivo con componente analítico que en la línea del tiempo es retrospectivo.

- b. Participantes y tamaño muestral: el tamaño muestral fue determinado por conveniencia, así, se tomaron los datos de la totalidad de cadetes que pertenecían a la compañía deportistas de la Escuela Militar en la ciudad de Bogotá (Colombia). La muestra estuvo conformada por 164 cadetes de ambos sexos pertenecientes a la compañía de deportistas de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” de diferentes disciplinas deportivas, distribuidos de la siguiente manera: 10 en atletismo de velocidad, 7 en atletismo de fondo, 21 en pentatlón, 7 en atletismo de campo, 14 en esgrima, 10 en tenis, 11 en voleibol, 22 de fútbol, 14 de tiro, 11 de baloncesto, 10 de natación, 17 de orientación militar y 10 en triatlón. Como fuente de información se tomaron la base de datos de las valoraciones del Departamento de nutrición Deportiva del Centro de Investigaciones de la Cultura Física (Cicfi), teniendo en cuenta todos datos de la composición corporal por Bioimpedancia de los participantes. Estos datos fueron soportados mediante el *software* médico para computador Seca Analytics 115°.
- c. Métodos y procedimientos: las medidas fueron tomadas por una nutricionista-antropometrista categoría ISAK 2 (International Society for the Advancement of Kinanthropometry) de acuerdo con el protocolo “pre-test”, donde se hace relación a la toma de datos en horas de la mañana y a la misma hora para todos los grupos, que fueron pesados en ropa interior, sin zapatos, sin haber realizado ejercicio físico las 24 horas previas al análisis, no haber ingerido alimentos durante 4 horas previas a la prueba, manteniendo un buen estado de hidratación, así como haber realizado su última micción 30 minutos antes del inicio de las pruebas. Para la medición de la composición corporal por bioimpedancia eléctrica se usó el equipo SECA mBCA 515 (Body Composition Analyzer, Hans E. Ruth S. A, Hamburg, Germany) que usa el método de medición de análisis de impedancia bioeléctrica de 8 puntos, con 19 frecuencias de medición que van desde 1 hasta 1.000 kHz, con valores de medición de impedancia (Z); resistencia (R), reactancia (Xc) y

ángulo de fase (Φ), con un área de medición de impedancia de 10 Ω a 1.000 Ω y medición de corriente de 100 μA , lo que permite el registro multisegmento del cuerpo y el ángulo de fase (0° - 20°). Este instrumento utiliza una báscula con cuatro electrodos metálicos, dos para cada pie y un sistema de agarre con dos electrodos metálicos para cada mano. El contacto de las manos con los electrodos se establece por medio de la presión ejercida por los individuos al sujetar el instrumento de medición. La talla fue tomada usando un estadiómetro de plataforma manual (Seca 274, Hamburg, Germany). La circunferencia de cintura fue medida en el punto medio entre la última costilla y la cresta iliaca usando una cinta métrica (Ohaus[®]-8004MA, Parsippany, MJ, USA). Los datos obtenidos fueron analizados y almacenados mediante el *software* Seca Analytics 115[®].

- d. Consideraciones éticas: este estudio contó con el aval del comité local de ética de la Escuela Militar de Cadetes, según acta 5419 del folio 94, como parte del proyecto de entrenamiento “Soldado Multimisión”.
- e. Plan de análisis: todos los datos crudos fueron analizados en primera instancia y clasificados según la estadística descriptiva con medidas de tendencia central (medias y medianas), así como medidas de dispersión (desviaciones estándar, error absoluto de la desviación estándar, error relativo de la desviación estándar, límite superior e inferior del intervalo de confianza del 95%). Se valoró la normalidad de distribución de las variables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilks. Se realizó la prueba de t-Student para muestras independientes, con el fin de contrastar las hipótesis de igualdad de las medias entre sexos para algunas variables bioeléctricas (Masa grasa (kg), Masa magra (kg), Agua corporal total, ángulo de fase, grasa visceral, masa muscular esquelética e índice de masa magra). Para las variables que no mostraron distribución normal se realizó una prueba de Kruskal- Wallis para contrastar la diferencia de medias. Se hizo un análisis de varianza de un factor (Anova) para determinar las diferencias entre cada uno de

los deportes practicados y el ángulo de fase, teniendo en cuenta los supuestos de normalidad. Por último, se realizó una correlación de Pearson (r^2) entre la masa muscular esquelética total y el ángulo de fase de los deportistas. El *software* estadístico usado en el análisis de los datos fue Statistical Package for the Social Sciences® V.24 (SPSS 24). El nivel de significancia estadística se definió por una confianza del 95% y la probabilidad de un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Del total de la muestra, 118 fueron hombre (72%) y 46 mujeres (28%), las edades oscilaron entre los 18 y los 23 años, con una media de $20 \pm 1,42$ años. La Tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas de las características antropométricas y las variables bioeléctricas segmentadas por el sexo, donde se evidenció en la población masculina que la media de masa magra, masa muscular esquelética, agua corporal total, grasa visceral y circunferencia de cintura fue mayor a las del sexo femenino ($p=0,001$).

Tabla 1. Tabla descriptiva de los parámetros antropométricos y bioeléctricos a 50 KHz de la población de deportistas y las diferencias según el género.

Parámetro	Hombres	Mujeres
Edad (años)	$20 \pm 1,46$	$19 \pm 1,47$
Peso (kilogramos)	$71,25 \pm 10,05$	$59,65 \pm 6,81$
Estatura (metros)	$1,75 \pm 0,74$	$1,61 \pm 0,60$
IMC (kg/m ²)	$23,16 \pm 2,22$	$22,08 \pm 2,25$
Porcentaje de masa grasa (%)	$12,88 \pm 4,96^{**}$	$23,76 \pm 5,58$
Porcentaje de masa magra (%)	$87,11 \pm 4,96^{**}$	$76,23 \pm 5,57$
Masa muscular esquelética total	$29,73 \pm 3,66^{**}$	$20,52 \pm 1,92$
Vector de resistencia (Ω)	$559,89 \pm 89,08$	$677 \pm 59,92$
Vector de reactancia (Ω)	$65,65 \pm 6,11$	$70,98 \pm 7,52$

Continúa tabla...

Parámetro	Hombres	Mujeres
Ángulo de Fase (°)	6,5 ± 0,45**	5,9 ± 0,40
Agua corporal total (Litros)	44,84 ± 5,11**	33,11 ± 2,55
Grasa visceral (Litros)	1,22 ± 0,35**	0,98 ± 0,19
Perímetro de cintura (metros)	0,78 ± 0,45*	0,72 ± 0,55

*Significativo ($p < 0,05$); ** Muy significativo ($p < 0,001$)

Fuente: elaboración propia.

En el caso del índice de masa corporal (IMC), a pesar de ser mayor en los hombres, no mostró diferencias estadísticamente significativas en comparación a las mujeres ($p=0,297$). De otra parte, se determinó que el porcentaje de masa grasa fue mayor en las mujeres deportistas ($23,76 \pm 5,58$ Kg > $12,88$ Vs $4,96$ Kg). Las variables bioeléctricas de los cadetes estudiados a una frecuencia de 50 MHz, mostró que el ángulo de fase fue estadísticamente mayor en los hombres en comparación a las mujeres ($6,5 \pm 0,45^\circ$ vs $5,9 \pm 0,40^\circ$ con un valor de $p=0,001$), lo que se podría interpretar como una mayor masa celular relativa. De otra parte, el vector de resistencia y reactancia fue mayor en mujeres que en hombres, lo que se traduce en una resistencia mayor al paso de la corriente eléctrica, lo mismo que una oposición al paso de dicha corriente debido a la capacitancia de los tejidos corporales (ver Figura 1).

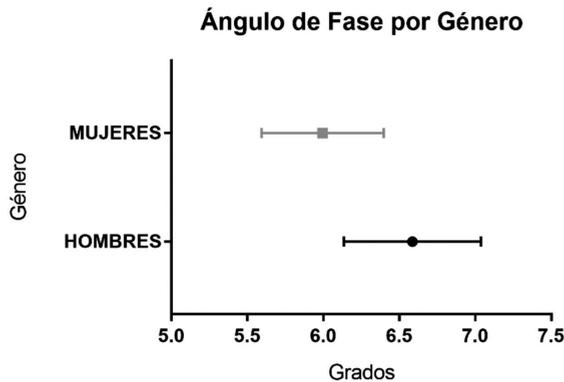


Figura 1. Muestra la proporción del ángulo de fase en grados con sus respectivas medias según el género ($p=0,001$).

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se presenta la relación del ángulo de fase con respecto a cada una de las disciplinas deportivas, por lo que se realizó un análisis de varianzas de un factor (Anova) con una prueba para múltiples comparaciones de Tukey, donde se encontraron diferencias estadísticas entre el ángulo de fase de los deportistas que practican el atletismo de velocidad y fondo con respecto a los que practican tiro deportivo ($p= 0,0008$) y esgrima ($p=0,001$) (ver Figura 3). El análisis correlacional de Pearson entre el ángulo de fase y la masa muscular esquelética de la muestra evidenció una correlación positiva de estas dos variables con un $r^2= 0,49$ (ver Figura 4).

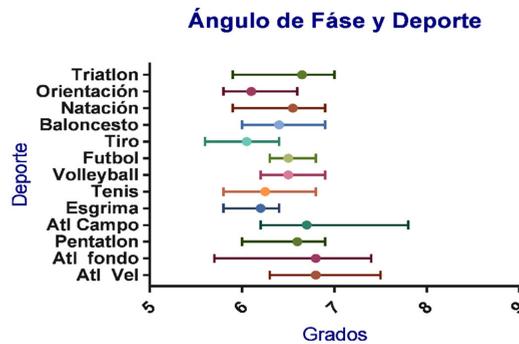


Figura 2. Muestra la distribución de los deportistas según el ángulo de fase con sus medias de acuerdo con el gesto deportivo.

Fuente: elaboración propia.

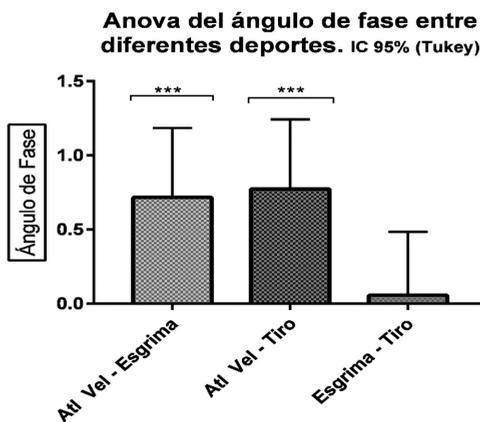


Figura 3. Análisis de varianza de una vía, donde se muestra la significancia en el ángulo de fase.

Fuente: elaboración propia.

Entre los deportistas de atletismo, con relación a los de tiro y esgrima (***)Muy significativo $p=0,001$)

Correlación AF - Masa Muscular Esquelética

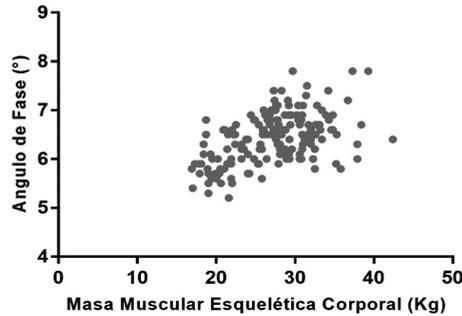


Figura 4. Correlación positiva del ángulo de fase y la masa muscular esquelética total de los deportistas ($r=0,49$).

Fuente: elaboración propia.

Discusión

El ángulo de fase se ha utilizado como una herramienta predictiva de la masa celular corporal, por lo que es propuesto como indicador de tipo nutricional y de bienestar de los tejidos, sin embargo, en los estudios de caracterización del mismo, se han presentado valores que cambian de acuerdo al sexo, la edad, el grupo étnico o el estado nutricional, no siendo reproducibles en otras poblaciones. A través del tiempo y en los estudios iniciales donde se valoró la composición corporal, se lograron determinar los valores en el ángulo de fase para hombres en 7° (IC del 95% $5,3^\circ - 8,8^\circ$) y en mujeres de $6,3^\circ$ (IC del 95% $4,9^\circ - 7,7^\circ$) (Baumgartne R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F., 1988). En 2002, Selberge determinó en su estudio un valor de AF de $6,8^\circ$ para hombres y $6,5$ en mujeres, en estudios posteriores se han reportado valores fluctuantes en el ángulo de fase de acuerdo a las condiciones de la población estudiada. Una de las principales ventajas que se tiene al utilizar el *software* (modelación de algoritmos) de bioimpedancia que usa el analizador de composición corporal por BIA de SECA®, es que nos permite comparar los valores obtenidos con unos previamente descritos en estudios poblacionales de mayor tamaño que

funcionarían como controles, donde se discriminan las variables por grupo étnico, edad y género, permitiendo un control más preciso de los sesgos en el momento del análisis.

En el presente estudio se encontró que el valor del AF fue de $6,5^\circ$ ($ds=0,45^\circ$) en hombres y $5,9^\circ$ ($ds=0,40^\circ$) en mujeres. Estudios en deportistas de élite cubanos encontraron valores promedios en el ángulo de fase de $6,7^\circ$ en hombres y $5,8^\circ$ en mujeres, en donde se evaluaron 943 deportistas de 26 deportes diferentes (Carvajal *et al.*, 2017), mostrando similitud entre los valores descritos y los obtenidos en nuestra población. En otro estudio, realizado por Arias en 2015 titulado: “Aplicaciones de la Bioimpedancia en el estudio de la composición corporal en grupo de estudiantes universitarios: comparación entre deportistas y sedentarios”, se valoraron 49 estudiantes que hacían parte de los equipos deportivos de la Universidad de Valladolid (baloncesto y bádminton) y se halló un AF en hombres deportistas de 8° ($ds=0,5^\circ$) y de $7,2^\circ$ en mujeres deportistas ($ds=0,7^\circ$). Con relación a este mismo estudio, su autora encontró que el AF de los hombres no deportistas fue de $7,4^\circ$ ($ds=0,6^\circ$) y el de las mujeres fue de $6,1^\circ$ ($ds=0,6^\circ$). Adicionalmente, un estudio del 2017 (Carrasco-Marginet *et al.*, 2017), que buscaba determinar el estado de hidratación de un grupo de 49 mujeres deportistas de élite en nado sincronizado en España, encontró un valor de ángulo de fase de $7,0^\circ$ ($ds=0,5^\circ$) en la categoría prejuvenil y de $7,5^\circ$ ($ds=0,4^\circ$) en la categoría juvenil. En Colombia, un estudio sobre el análisis del vector de impedancia y fuerza muscular en 223 hombres universitarios cuya edad media fue de 27 ± 10 años, encontró un valor del ángulo de fase de $5,8 \pm 0,7^\circ$ (Rodríguez-Rodríguez, 2016). Como podemos analizar en este apartado, en relación a la determinación del valor del ángulo de fase, así estemos ajustando la toma de las variables de la muestra a el grupo étnico y el género, estos resultados van a mostrar diferencias entre cada uno de ellos y en comparación con otros grupos poblacionales.

En cuanto el ángulo de fase discriminado por gesto deportivo, la Tabla 2 presenta los valores del AF para cada una de las disciplinas deportivas con su intervalo de confianza, que comparado con el estudio más reciente del análisis de la composición corporal, empleando parámetros bioeléctricos en una población deportiva cubana del 2017 (Carvajal *et al.*, 2017), sirve para contrastar el

grado de similitud entre las medias para cada uno de los deportes, teniendo en cuenta que nuestra población no tiene, en su gran mayoría, deportistas de élite y está conformada por un tamaño de muestra reducido.

Tabla 2. Tabla descriptiva del ángulo de fase en grados con su IC del 95%, según el gesto deportivo practicado.

Deporte	N=	Ángulo de fase	Ic del 95%
Atletismo de velocidad	10	6,8 ± 0,56	(6,45 – 7,26)
Atletismo de fondo	7	6,6 ± 0,55	(6,10 – 7,12)
Pentatlón	21	6,4 ± 0,50	(6,22 – 6,68)
Atletismo de campo	7	6,8 ± 0,50	(6,37 – 7,31)
Esgrima	14	6,1 ± 0,44	(5,88 – 6,39)
Tenis	10	6,2 ± 0,45	(5,93 – 6,58)
Voleibol	11	6,5 ± 0,51	(6,20 – 6,88)
Fútbol	22	6,5 ± 0,43	(6,34 – 6,73)
Tiro	14	6,0 ± 0,39	(5,85 – 6,31)
Baloncesto	11	6,4 ± 0,44	(6,12 – 6,71)
Natación	10	6,5 ± 0,42	(6,20 – 6,81)
Orientación militar	17	6,1 ± 0,44	(5,90 – 6,39)
Triatlón	10	6,5 ± 0,59	(6,07 – 6,92)

Fuente: elaboración propia.

Un estudio del 2015 en mujeres deportistas de la República Checa logró determinar la composición corporal por BIA caracterizando el ángulo de fase en cada uno de los 5 deportes estudiados, obteniendo un valor de 6,9° (ds=0,4°) para las deportistas que practicaban el voleibol; 7° (ds= 0,4°) para el fútbol; 6,8° (ds= 0,4°) para el baloncesto; 7,3° (ds= 0,4°) para el *softbol* y 6,9° (ds=0,7°) para el balón mano (Mala *et al.*, 2015). En ese estudio se encontraron ángulos de fase elevados con respecto a nuestra población deportista, lo que reafirmaría

la variabilidad de los valores del ángulo de fase entre grupos poblacionales. A pesar de que el ángulo de fase sea propuesto como un buen predictor del estado nutricional y la celularidad corporal, no es posible determinar un punto de corte definido sin tener en cuenta el origen étnico, la edad, el género entre grupos de deportistas, pero sí se puede convertir en un valor de referencia.

A pesar de lo anterior, tratamos de buscar diferencias en el ángulo de fase entre cada grupo de deportistas según la disciplina, por lo que se realizó una prueba de Anova, donde se pudo establecer que hay diferencias estadísticamente significativas entre los practicantes de deportes como el atletismo, ya sea de velocidad y/o campo (que requieren mucho más destreza, resistencia, capacidad y fuerza física), en comparación a deportes como el tiro y el esgrima, donde probablemente la celularidad representada en la masa muscular esquelética puedan ser los determinantes de estas diferencias. De otra parte, el hecho de que en ciertas disciplinas deportivas donde en la composición corporal existe una tendencia a presentar mayor componente graso en comparación con atleta de velocidad, donde predominaría en mayor proporción el componente de tejido muscular magro, explicaría las diferencias en el ángulo de fase, lo que se demuestra en la correlación positiva entre las variables ángulo de fase y masa muscular esquelética total.

Conclusiones

Aunque son muy pocos los estudios acerca del análisis de composición corporal por BIA en deportistas, más aún cuando se trata de una población especial como la militar, este trabajo es un primer paso para poder caracterizar la población de interés. Este estudio mostró ciertas diferencias estadísticas en los componentes de la composición corporal y variables bioeléctricas con relación al género de la población deportiva militar de la escuela de formación de oficiales. El ángulo de fase se considera un predictor de bienestar tisular a nivel de las variables bioeléctricas, que mostraron ciertas diferencias por género y tipo de práctica deportiva valorada, pero somos conscientes de la necesidad de realizar más estudios con tamaños de muestra mucho mayores, con el fin de poder caracterizar de una mejor manera el ángulo de fase en deportistas militares.

Referencias

- Barrea, L., Muscogiuri, G., Macchia, P., Di Somma, C., Falco, A., Savanelli, M., Colao, A., & Savastano, S. (2017). Mediterranean diet and phase angle in a sample of adult population: results of a pilot study. *Nutrients*, *9*(2), 1-14. <https://doi.org/10.3390/nu9020151>
- Baumgartner, R. N., Chumlea, W. C., & Roche, A. F. (1988). Bioelectric impedance phase angle and body composition. *The American journal of clinical nutrition*, *48*(1), 16-23.
- Caravaca, F., Martínez, C., Villa, J., Martínez, R., & Ferreira, F. (2011). Estimación del estado de hidratación mediante bioimpedancia espectroscópica multifrecuencia en la enfermedad renal crónica avanzada. *Nefrología*, *31*(5), 537-544. <https://doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2011.Apr.10936>
- Carvajal, W., Deturnell, Y., Echavarría, I., Aguilera, D., Esposito, L., & Córdova, A. (2017). Análisis de la composición corporal empleando parámetros bioeléctricos en la población deportiva cubana. *Archivos de medicina del deporte*, *34*(180), 207-215.
- Carrasco-Marginet, M., Castizo-Olier, J., Rodríguez-Zamora, L., Iglesias, X., Rodríguez, F. A., Chaverri, D., Brotons, D., & Iruetia, A. (2017). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers. *PLOS ONE*, *12*(6), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178819>
- Colín-Ramírez, E., Castillo-Martínez, L., Orea-Tejeda, A., Vázquez-Durán, M., Rodríguez, A., & Keirns-Davis, C. (2012). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic marker in chronic heart failure. *Nutrition*, *28*(9), 901-905. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.11.033>
- Dopsaj, M., Markovic, M., Kasum, G., Jovanovic, S., Koropanovski, N., Vukovic, M., & Mudric, M. (2017). Discrimination of different body structure indexes of elite athletes in combat sports measured by multi frequency bioimpedance method. *International journal of morphology*, *35*(1), 199-207.
- Durnin, J., & Womersley, J. (1973). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years. *British journal of nutrition*, *32*(1), 77-97. <https://doi.org/10.1079/BJN19740060>
- Gupta, D., Lammersfeld, C., Vashi, P., King, J., Dahlk, S., Grutsch, J., & Lis, C. (2008). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC Cancer*, *8*(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-8-249>
- Nickerson, B. S., Esco, M. R., Kliszczewicz, B. M., & Freeborn, T. J. (2017). Comparison of bioimpedance and underwater weighing body fat percentage before and acutely after exercise at varying intensities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(5), 1395-1402.
- Llames, L., Baldomero, V., Iglesias, M., & Rodota, L. (2013). Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional y valor pronóstico. *Nutrición Hospitalaria*, *28*(2), 286-295. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6306>
- Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., & Tuma, M. (2015). Body composition of elite female players in five different sports games. *Journal of human kinetics*, *45*(1), 207-215. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0021>

- Moon, J. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *European journal of clinical nutrition*, 67(1), 54-59. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.165>
- Mulasi, U., Kuchnia, A., Cole, A., & Earthman, C. (2015). Bioimpedance at the bedside. *Nutrition in clinical practice*, 30(2), 180-193. <https://doi.org/10.1177/0884533614568155>
- Nelson, K., Weinsier, R., Long, C., & Schutz, Y. (1992). Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *American journal of clinical nutrition*, 56(5), 848-856. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.5.848>
- Peine, S., Knabe, S., Carrero, I., Brundert, M., Wilhelm, J., Ewert, A., Denzer, U., Jensen, B., Lilburn, P. (2013). Generation of normal ranges for measures of body composition in adults based on bioelectrical impedance analysis using the seca mBCA. *International journal of body composition research*, 11(3/4), 67-76.
- Portao, J., Bescós, R., Iruiria, A., Cacciatori, E., & Vallejo, L. (2009). Valoración de la grasa corporal en jóvenes físicamente activos: antropometría vs bioimpedancia. *Nutrición hospitalaria*, 24(5), 529-534. <https://doi.org/10.3305/nh.2009.24.5.4463>
- Rodrigues, E., Rocha, F., Siqueira, V., Do Carmo, S., Do Carmo, M., Ferreira, L., & Priore, S. (2014). Prediction of body fat in adolescents: comparison of two electric bioimpedance devices with dual-energy X-ray absorptiometry. *Nutrición hospitalaria*, 30(6), 1270-1278. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.30.6.7793>
- Rodríguez-García, W., García-Castañeda, L., Orea-Tejeda, A., Mendoza-Núñez, V., González-Islas, D., Santillán-Díaz, C., & Castillo-Martínez, L. (2017). Handgrip strength: reference values and its relationship with bioimpedance and anthropometric variables. *Clinical nutrition ESPEN*, 19, 54-58. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.01.010>
- Rodríguez-Rodríguez, F., Cristi-Montero, C., González-Ruiz, K., Correa-Bautista, J., & Ramírez-Vélez, R. (2016). Bioelectrical impedance vector analysis and muscular fitness in healthy men. *Nutrients*, 8(7), 1-9. <https://doi.org/10.3390/nu8070407>
- Selberg, O., & Selberg, D. (2002). Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *European journal of applied physiology*, 86(6), 509-516.
- Shi, H., Jiang, B., Wei Sim, J., Chum, Z., Ali, N., Bin, & Toh, M. (2014). Factors associated with obesity: a case-control study of young adult singaporean males. *Military medicine*, 179(10), 1158-1165. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-14-00064>
- Urbain, P., Birlinger, J., Ihorst, G., Biesalski, H., Finke, J., & Bertz, H. (2013). Body mass index and bioelectrical impedance phase angle as potentially modifiable nutritional markers are independent risk factors for outcome in allogeneic hematopoietic cell transplantation. *Annals of hematology*, 92(1), 111-119. <https://doi.org/10.1007/s00277-012-1573-4>
- Zhang, G., Huo, X., Wu, C., Zhang, C., & Duan, Z. (2014). A bioelectrical impedance phase angle measuring system for assessment of nutritional status. *Bio-Medical materials and engineering*, 24(6), 3657-3664. <https://doi.org/10.3233/BME-141193>

Protocolo de vigilancia epidemiológica para la prevención de lesiones derivadas del entrenamiento físico-militar

13

<https://doi.org/10.21830/9789585284814.13>

*Yenny Paola Argüello Gutiérrez¹, Laura Elizabeth Castro Jiménez²,
Paula Janyn Melo Buitrago³*

Resumen

Introducción: el entrenamiento físico militar conlleva altas exigencias físicas en los sujetos, entre ellas, por ejemplo, el tiempo de concentración, por las horas de entrenamiento y por la densidad de las actividades, lo que se asocia, inevitablemente, con la aparición de lesiones, las cuales pueden truncar la vida militar de los afectados. **Objetivo:** proponer un sistema de vigilancia epidemiológica para la prevención de lesiones derivadas del entrenamiento físico militar. **Metodología:** estudio con alcance exploratorio, diseño longitudinal-prospectivo de tres meses de seguimiento, en el cual, por medio de la revisión de la literatura, se diseñaron y validaron las fichas de reporte y seguimiento de “Evento epidemiológico”, posterior a su aplicación a los cadetes de primer semestre de Relaciones Internacionales e Ingeniería Civil que presentaban algún tipo de lesión. **Resultados:** diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica como estrategia de control y prevención de lesiones derivadas del entrenamiento físico militar. **Conclusiones:** la vigilancia epidemiológica permitirá la disminución de las lesiones asociadas al entrenamiento militar, gracias a la toma de decisiones oportunas sobre los casos probables, sospechosos y confirmados de lesiones que se determinen por medio del sistema diseñado.

Palabras clave: entrenamiento físico militar; lesiones; sistema de vigilancia epidemiológico.

1 Fisioterapeuta. Magister en Fisiología. Docente Investigadora Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: yenniarguello@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8335-4936>

2 Fisioterapeuta. Magister en Salud Pública. Doctorando en Humanidades, Humanismo y Persona. Docente Investigadora Grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Universidad Santo Tomás. Contacto: laura.castro@usantotomas.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5166-8084>

3 Licenciada en Educación Física, Especialista en Docencia Universitaria, Magister Educación con énfasis en Pedagogía del Entrenamiento Deportivo. Coordinadora de Investigaciones Facultad de Educación Física militar. Grupo de investigación RENFIMIL - Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova. Contacto: paula.melo@esmic.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3492-7985>

Introducción

La conformación de ejércitos, y con ello la formación integral de futuros oficiales, se convierte en un ejercicio de soberanía para varios países. Dentro de la formación integral de los oficiales se contempla el entrenamiento militar clásico y una rutina académica universitaria en combinación con la formación militar (Martínez, 2011; Rodríguez, Valenzuela, Velasco, Castro & Melo, 2016). Es así como realizan dos tareas combinadas: un intenso entrenamiento militar que conlleva un constante reto físico (Olmedilla, Ortega, Prieto & Blas, 2009; Heinrich, Spencer, Fehl & Poston, 2012) y una rutina académica universitaria que implica esfuerzo, dedicación y horas de estudio, tal como es el caso de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”.

La literatura muestra de forma consistente cómo el entrenamiento militar conlleva lesiones de origen musculoesquelético, dada la necesidad de que los reclutas logren altos niveles de aptitud física en cortos periodos de tiempo (Mohammadi, Azma, Naseh, Emadifard & Etemadi, 2013). Las cinco lesiones comúnmente más reportadas en la población militar son: síndrome de estrés o uso excesivo, distensiones musculares, esguinces de cuello de pie, lesiones de rodilla por uso excesivo y fracturas por estrés (Jones *et al.*, 1993; Rodríguez *et al.*, 2016; Ríos, Castro & Melo, 2016), dichas lesiones conllevan a procesos de recuperación prolongados en la mayoría de los casos e incluso pueden separar de manera definitiva al cadete de la vida militar, esto, sin mencionar los costos que implican los tratamientos y aquellos casos de lesiones reiterativas que aumentan de manera significativa los presupuestos en salud. De esta manera, la presencia de lesiones se vuelve una carga para el Ejército Nacional, por lo que implica para la salud y la buena condición física de sus soldados, así como para el financiamiento del sistema general de seguridad social.

Para mitigar los problemas en salud de la población se han planteado diferentes estrategias, como la generación de programas de promoción de la salud, prevención de factores de riesgo y de enfermedad, así como el diseño y la implementación de sistemas de vigilancia epidemiológica. Esta última implica la recolección de información y la utilización de la misma para conseguir un determinado objetivo, cambiando las circunstancias que favorecen

la aparición de la situación problema o manteniendo aquellas que controlan dicha situación (Restrepo, 2013; Liabsuetrakul, Prappre, Pairoit, Oumudee & Islam, 2017).

Al revisar la literatura se evidencia la importancia de los sistemas de vigilancia epidemiológica (Pujol & Limón, 2013) y la carencia de estos sistemas al interior del Ejército Nacional como forma de monitorear la salud de sus soldados y mitigar factores de riesgo existentes en el ejercicio diario. Se ha reportado muy poca información acerca de programas de prevención sobre lesiones musculoesqueléticas y sistemas de vigilancia epidemiológica en militares; las investigaciones que se reportan alrededor del tema están relacionadas con intervenciones psicológicas (Ghahramanlou-Holloway *et al.*, 2014; Luxton *et al.*, 2014), salud oral (Spalj, Spalj, Ivankovic & Placak, 2014) y factores de riesgo asociados (Brandon *et al.*, 2014), siendo importante resaltar que no se encontró información propia de nuestro país.

En este sentido, la presente investigación plantea el diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica en lesiones osteomusculares, dado que, según datos del Ministerio del Trabajo, desde el año 2009 son la principal enfermedad de origen laboral y cuentan con una incidencia de 11.6 casos por cada 10.000 trabajadores (Ministerio de Trabajo, 2013). El sistema tiene como objetivo articular la vigilancia de efectos y de factores de riesgo (enfoque preventivo), para evitar que se desarrollen signos y síntomas, efectos o condiciones no deseadas en la población militar y, por consiguiente, las enfermedades derivadas de su rol laboral (Botero, 2016). De acuerdo con lo mencionado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la vigilancia de la salud debería ser parte de todos los sistemas de salud para mejorar las condiciones de calidad de vida de toda la población (Organización Internacional del Trabajo, 1998).

Métodos

Estudio con alcance exploratorio, diseño longitudinal-prospectivo de tres meses de seguimiento, que se desarrolló en tres fases.

Fase 1: determinar las características del sistema de vigilancia epidemiológica, en la cual se realizó una revisión de la literatura para generar los elementos

constitutivos, así como la propuesta de las fichas de reporte y seguimiento de los eventos a reportar. La información recolectada con la ecuación de búsqueda se almacenó en una base datos en Excel, posteriormente se clasificó de acuerdo con las siguientes tres categorías: categoría 1, presenta información sobre sistemas de vigilancia epidemiológica en lesiones osteomusculares y factores de riesgo en población militar; categoría 2, contienen información importante pero no en la población de estudio o sobre el efecto que se vigilará; y categoría 3, no contiene información importante para la investigación. Con dicha categorización se procedió a analizar la información y establecer categorías relevantes para el diseño de las fichas de reporte y seguimiento del evento. Luego se continuó con la evaluación de validez de las fichas de seguimiento a través de juicios de expertos, así, se contó con la participación de un número de expertos impar (tres en este caso), que tenían un nivel de formación mínimo de maestría o formación doctoral, con experiencia en el tema de interés. Los expertos diligenciaron un formato de evaluación que posteriormente se sistematizó para determinar el acuerdo en las respuestas de los jueces y poder establecer los ajustes que debían ser incorporados en las fichas. Luego de la incorporación de los ajustes, las fichas quedaron validadas.

La Fase 2 consistió en la aplicación de los formatos de reporte y seguimiento que, una vez validados, a modo de estudio piloto, fueron aplicados a los estudiantes de primer nivel (Compañía Voltígeros, Aulas de primer semestre de Ingeniería Civil y Relaciones Internacionales). Las fichas se aplicaron a los estudiantes que presentaban alguna lesión músculo-esquelética y se hizo posteriormente seguimiento por la cantidad de semanas que la lesión ameritara. Las fichas fueron almacenadas y custodiadas por el grupo de investigadoras y ninguna persona fuera de ellas tuvo acceso a los datos. Con dicha información, al finalizar los tres meses del estudio piloto, se realizó un análisis descriptivo en lo referente a la incidencia de lesiones y tipos de lesión, mecanismos de lesión y procesos de rehabilitación, es decir, cada uno de los constructos contenidos en las fichas.

Finalmente, la Fase 3 se direccionó a la construcción de la propuesta del sistema de vigilancia definitivo.

Resultados

Acogiendo la “Guía Metodológica para el desarrollo de protocolos de vigilancia de interés en salud pública en Colombia” —la cual reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila)—, propuesta por el Ministerio de Salud y Protección Social en colaboración con la Universidad del Valle en el año 2013, el Sistema de Vigilancia Epidemiológica para la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” cuenta con la siguiente estructura (ver Figura 1):

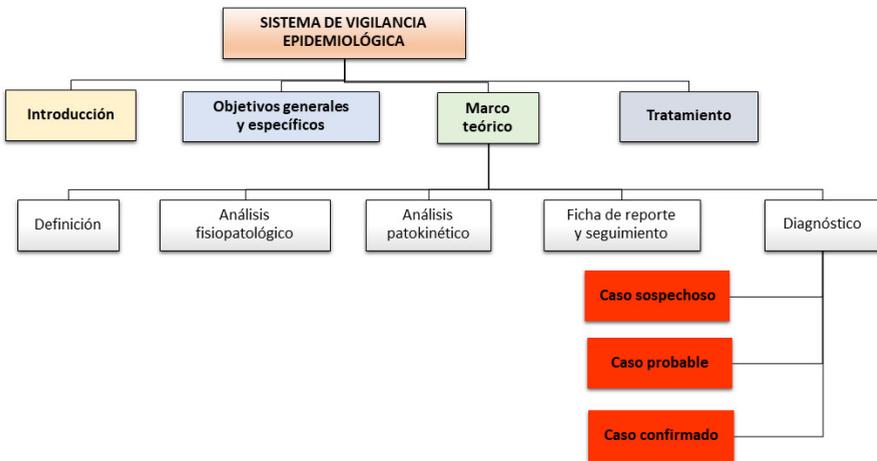


Figura 1. Estructura del Sistema de Vigilancia Epidemiológica Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 1 puede desglosarse más detalladamente de la siguiente manera. La “Introducción” contextualiza el problema abordado, que en este caso trata acerca las lesiones derivadas del entrenamiento físico militar. Los “Objetivos general y específicos” giran en torno a la identificación de lesiones derivadas del entrenamiento físico militar de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, con el fin de adoptar medidas preventivas. El “Marco Teórico”, en el cual se detallan los eventos a reportar, se centra en las lesiones más prevalentes en la población objeto de la vigilancia epidemiológica, que

FICHA DE SEGUIMIENTO EPIDEMIOLÓGICO REPORTE DE SEGUIMIENTO DEL EVENTO LESIONES DERIVADAS DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO MILITAR	Posterior al tiempo de recuperación aún hay presencia de:
<p style="text-align: right; margin-right: 50px;">Fecha de diligenciamiento <i>dd/mm/aaaa</i></p> <p>1. DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS</p> <p>Nombre completo: _____ Número de identificación: _____</p> <p>2. TIPO DE LESIÓN</p> <p>Diagnóstico médico: _____</p> <p>Exámenes Complementarios: Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Fecha: <i>dd/mm/aaaa</i> Reporte: _____</p> <p>3. PROCESO DE REHABILITACIÓN:</p> <p>Realizo algún proceso de rehabilitación: Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Cuali: <i>(Describe los que tipos de proceso realizó de: fisioterapia, tratamiento farmacológico, etc., además mencione cuántos días y que actividades incluye este proceso)</i> _____</p> <p>El diagnóstico médico generó incapacidad Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Cuántos días: _____</p> <p>Tuvo reposo de su entrenamiento físico Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Cuántos días: _____</p> <p>Cumplió con el proceso de rehabilitación Si: <input type="checkbox"/> Completo: <input type="checkbox"/> Incompleto: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> En caso de que su respuesta sea Incompleto o No, indicar la razón: _____</p>	<p>Hematoma: _____ Inflamación: _____ Deformidad: _____ Limitación funcional: _____ Cuales movimientos: _____</p> <p>DOLOR: Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> Intensidad EVA 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Cronología del dolor: _____</p> <p>Es necesario otro seguimiento: Si: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">_____ Firma del usuario</p> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">_____ Nombre completo y firma de quien diligenció</p>

Figura 2. Ficha de reporte de evento y seguimiento de evento.
 Fuente: elaboración propia.

- *Diagnóstico:* A partir de la denominación de la patología, se detallan:
 - a. Signos y síntomas.
 - b. Signos patognomónicos.
 - c. Pruebas específicas.
 - d. Exámenes paraclínicos.

Para poder concluir con alguno de los siguientes resultados: caso probable, aquel que presenta los ítems a, b y c, pero no se tienen exámenes paraclínicos de confirmación del diagnóstico; caso sospechoso, aquel que presenta los ítems a y b, pero las pruebas específicas no se han realizado o son negativas y además no se cuenta con exámenes paraclínicos; caso confirmado, aquel que presenta los ítems a, b, c y d; y, finalmente, tratamiento propuesto desde el área de fisioterapia. Se plantea de forma resumida el tratamiento fisioterapéutico.

Así mismo, el Sistema de Vigilancia Epidemiológica fue aplicado a los cadetes incluidos en el estudio por medio del diligenciamiento de las fichas de reporte y de seguimiento, y en concordancia con las características del sistema

que ya fueron descritas. Durante tres meses se aplicaron 10 fichas de reporte de evento (3 pertenecientes al grupo de control y 7 al de intervención) y 9 fichas de seguimiento de evento (4 cadetes del grupo control y 5 del grupo de intervención).

Los Datos Sociodemográficos incluidos en la ficha de reporte mostraron los siguientes resultados (ver Tabla 1).

Tabla 1. Resultados datos sociodemográficos fichas de reporte de evento

Variable	Promedio	Moda	Mediana
Edad (años)	18,33	18	18
Talla (centímetros)	176,4	173	175,5
Peso (Kilogramos)	69,6	72	69
IMC	22,3	24	21,9

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se evidencia que, en promedio, el grupo de cadetes se encuentra con un IMC de 22,3, que según la clasificación de la OMS es un dato de Peso Normal (Servicio de Vigilancia Epidemiológica, Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III); por otra parte, el 80% cuenta con dominancia manual derecha, el 10% izquierda y el restante 10% bilateral. Dentro del grupo ningún cadete fuma y el 30% refiere consumir alcohol ocasionalmente (1 vez al semestre o al año); así mismo, ninguno de los cadetes presenta antecedentes de lesiones antes del ingreso a la Esmic.

Con relación a la categoría tipo de lesión se cuenta con un 80% de lesiones por sobreuso, 10% de tipo traumático y el restante 10% de tipo vascular. El tejido más lesionado según los resultados es el óseo, con un 60%, seguido de un 20% en la categoría “Otro”, con referencia a los tejidos vascular y tendinoso, y un 10% para cada uno los tejidos muscular y ligamentario.

La región corporal más afectada son las piernas, con un 40%, seguidas por las rodillas, con un 20%. Las otras regiones que tan solo cuentan con una referencia son: hombro, pies, cuello de pie y muslo; en este aspecto la localización es un 40% a nivel bilateral, un 40% en el hemicuerpo izquierdo y el restante 20% en el lado derecho.

Con relación a la presencia de dolor, 9 de los encuestados dieron respuesta afirmativa; se encuentra una intensidad promedio de 5/10 según la EVA, con un máximo de dolor referido en 8/10 y mínimos de 1/10. La cronología del dolor fue reportada por el 50% de los encuestados, con respuesta de dolores de 2 días y otros de 15 días de presencia.

En cuanto a la presencia de signos y síntomas, lo más representativo, con un 80%, es que los cadetes refieren tener inflamación en la región corporal afectada, un 10% hematoma y el restante 10% limitación funcional. Sin embargo, de manera concomitante, 4 cadetes presentan inflamación y limitación funcional.

En los encuestados, el 80% refiere estar lesionado por primera vez y el 20% refiere lesiones reincidentes. En cuanto a la descripción de los mecanismos de lesión, se encuentra de manera reiterada que el dolor aparece durante o después de las sesiones de entrenamiento físico militar.

En cuanto a las 9 fichas de seguimiento de evento, estas mostraron los siguientes resultados: con relación a la categoría tipo de lesión se cuenta con un 78% de cadetes que no tienen un diagnóstico médico a pesar de presentar signos y síntomas como inflamación, reportados en la “Ficha de reporte de evento”; el restante 22% presenta diagnóstico de esguince de cuello de pie y periostitis tibial; este mismo porcentaje cumplió y completó un proceso de rehabilitación tipo fisioterapia. Ninguno de los cadetes cuenta con exámenes paraclínicos; por otro lado, se reporta tan solo en dos cadetes un proceso de incapacidad médica que no superó los 5 días y reposo del entrenamiento militar que para uno de ellos fue de 10 días. Es importante referir que además de estos dos cadetes, uno que no se encontraba incluido en un proceso de rehabilitación, debido a su situación dolorosa, tuvo 5 días de incapacidad y por ende de reposo de su entrenamiento físico militar.

De otro lado, dos cadetes manejaron su proceso doloroso con cremas analgésicas que adquirieron bajo voluntad, las cuales aplicaron todas las noches por lapsos de hasta una semana. Por último, de los dos cadetes incluidos en el proceso de rehabilitación fisioterapéutica, uno de ellos tuvo resolución completa de su lesión y el otro continuaba con un dolor de 2/10, según EVA asociada a la reincorporación al entrenamiento físico militar.

Discusión

El Sistema de Vigilancia Epidemiológica diseñado para la prevención de lesiones derivadas del entrenamiento físico militar en el Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, se constituye en una estrategia que, a largo plazo, propende por la disminución en las tasas de prevalencia de lesiones en dicha población, que tiene factores de riesgo asociados a su actividad militar habitual; esto, a través de la implementación de unas fichas de reporte y seguimiento de eventos (lesiones), que permitirán reconocer las lesiones, mecanismos de lesión y la vinculación de los cadetes a procesos de rehabilitación que les permitan un reintegro oportuno y adecuado a sus actividades militares. Este diseño se obtuvo gracias a la aplicación (estudio piloto) desarrollada y la revisión de la literatura científica, tal como lo hizo Botero (2016) en un ámbito laboral donde logró, a través de su propuesta, identificar los factores de riesgo biomecánico e implementar una herramienta que da pautas de control y prevención de enfermedades laborales.

El entrenamiento físico militar tiene varios factores de sobrecarga mecánica tipificados (número de horas de entrenamiento, indumentaria utilizada, nivel de condición física previa al ámbito militar, entre otras) (Araújo, Muniz, Sanches, Turi & Monteiro, 2017), lo que explica la presencia de lesiones generalmente musculoesqueléticas y con muy malos procesos de recuperación. Ahora bien, en este estudio se encontró que existe un factor comportamental en los cadetes que incide de manera especial en la presencia y cronicidad de sus lesiones, consiste en que no reportan sus dolores o molestias físicas y mucho menos asisten a un servicio médico o proceso de rehabilitación, ya que esto implica días de reposo o incapacidad médica, lo que los aleja por días de su entrenamiento militar, el cual es necesario para la consecución de logros físicos solicitados a los cadetes al final del semestre que, de no ser conseguidos, puede significar el retiro de la Escuela Militar, tal como lo plantean varios autores (Hauret *et al.*, 2015).

Derivado del punto anterior, se hace indispensable la concientización sobre la importancia del reporte de las lesiones, basado en la salud y calidad de vida de los cadetes, por parte de los oficiales y superiores de la Escuela, para

contar con un ambiente propicio para la notificación, divulgación y manejo de estas situaciones.

Las lesiones reportadas por los militares, en concordancia con lo reportado por Gómez (2017), continúa siendo la periostitis tibial, en el primer lugar; condición que debe ser analizada a profundidad a través de este sistema y que necesariamente implica incorporar los cambios necesarios para minimizar al máximo los factores de riesgo en los cadetes.

El sistema de vigilancia diseñado puede ser aplicado a toda la comunidad de cadetes, se construyó de tal manera que pueda ser aplicado por cualquier profesional del área de la salud o que esté vinculado al dispensario de la Escuela. De manera muy especial, se debe vincular a su implementación a aquellos profesores o militares encargados de la dirección o control del entrenamiento físico, por ser un momento crucial para el reporte de las lesiones. En los sistemas o protocolos de vigilancia encontrados se establece el reporte desde el ámbito local hasta nacional, bien sea porque resulta necesario o porque es solicitado por instancias competentes (Fadúl, 2016).

Por último, este proyecto se convierte en un insumo inicial muy importante para la Escuela Militar en lo que atañe a la prevención de lesiones, lo que redundará en la disminución del número de casos reportados cada año.

Referencias

- Botero, P. (2016). *Sistema de vigilancia de factores de riesgo biomecánico* (Tesis de posgrado). Universidad de Antioquia.
- Brandon, T., Klesges, R., Ebbert, J., Talcott, G., Thomas, F., Leroy, K., Richey, P., & Colvin, L. (2014). Preventing smoking initiation or relapse following 8.5 weeks of involuntary smoking abstinence in basic military training: trial design, interventions, and baseline data. *Contemporary clinical trials*, 38(1), 28-36.
- Castro, A., & Díaz, J. (2002). Objetivos de vida y satisfacción vital en adolescentes españoles y argentinos. *Psicothema*, 14(1), 112-117.
- Fadúl, S. (2016). *Protocolo de vigilancia en salud pública. LEPRA*. Instituto Nacional de Salud.
- Ghahramanlou-Holloway, M., Brown, G., Currier, G., Brenner, L., Knox, K., Grammer, G., Carreno-Ponce, & Stanley, B. (2014). Safety planning for military (safe mil): rationale, design, and safety considerations of a randomized controlled trial to reduce suicide risk among psychiatric inpatients. *Contemporary clinical trials*, 39(1), 113-123.

- Gómez, S. (2017). *Efectividad de las ondas de choque extracorpóreas focalizadas en el tratamiento del síndrome de estrés tibial medial* (Tesis de posgrado). Universidad Complutense de Madrid.
- Hauret, K., Bedno, S., Loring, K., Kao, T., Mallon, T., & Jones, B. (2015). Epidemiology of exercise- and sports-related injuries in a population of young, physically active adults: a survey of military servicemembers. *The American journal of sports medicine*, 43(11), 2645-53.
- Heinrich, K., Spencer, V., Fehl, N., & Poston, W. (2012). Mission essential fitness: comparison of functional circuit training to traditional Army physical training for active duty military. *Military medicine: international journal of AMSUS*, 177(10), 1125-1130.
- Jones, B., Cowan, D., Tomlinson, J., Robinson, J., Polly, D., & Frykman, P. (1993). Epidemiology of injuries associated with physical training among young men in the Army. *Medicine & science in sports and exercise*, 25(2), 197-203.
- Liabsuetrakul, T., Prappre, T., Pairot, P., Oumudee, N., & Islam, M. (2017). Development of a web-based epidemiological surveillance system with health system response for improving maternal and newborn health: field-testing in Thailand. *Health informatics journal*, 23(2), 109-123. <https://doi.org/10.1177/1460458216628312>
- Luxton, D., Thomas, E., Chipps, J., Relova, R., Brown, D., McLay, R., Lee, T., Nakama, H., & Smolenski, D. (2014). Caring letters for suicide prevention: Implementation of a multi-site randomized clinical trial in the U. S. military and veteran affairs healthcare systems. *Contemporary clinical trials*, 37(2), 252-260.
- Martínez, J. (2011). Aspectos psicológicos de la supervivencia en operaciones militares. *Sanidad militar*, 67(1), 43-48.
- Ministerio del Trabajo (2013). II Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sistema General de Riesgos Laborales. https://ccs.org.co/salaprensa/images/Documentos/INFORME_EJECUTIVO_II%20ENCSSST.pdf
- Mohammadi, F., Azma, K., Naseh, I., Emadifard, R., & Etemadi, Y. (2013). Military exercises, knee and ankle joint position sense, and injury in male conscripts: a pilot study. *Journal of athletic training*, 48(6), 790-796.
- Muniz, L., Sanches, M., Turi, B., & Monteiro, H. (2017). Aptitud física y lesiones: 54 semanas de entrenamiento físico con la policía militar. *Revista Brasileira de medicina do esporte*, 23(2), 98-102.
- Olmedilla, A., Ortega, E., Prieto, J., & Blas, A. (2009). Percepción de los tenistas respecto a los factores que pueden provocar lesiones: diferencias entre federados y no federados. *Cuadernos de psicología del deporte*, 9(2), 7-18.
- Organización Internacional del Trabajo. (1998). *Principios directivos técnicos y éticos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores*. Oficina Internacional del Trabajo.
- Pujol, M., & Limón, E. (2013). Epidemiología general de las infecciones nosocomiales. Sistemas y programas de vigilancia. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica*, 31(2), 108-113.
- Restrepo, C. (2013). *Implementación de un modelo de vigilancia epidemiológica ocupacional para la intervención requerida de desórdenes musculoesqueléticos en trabajadores que utilizan computador en una institución de educación superior de ciudad de Popayán* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Occidente.

- Ríos, C., Castro, L., & Melo, P. (2016). Lesiones derivadas del entrenamiento militar en los cadetes de 6° nivel de la Escuela Militar José María Córdova. *Revista movimiento científico*, 10(1), 19-28.
- Rodríguez, J., Valenzuela, J., Velasco, J., Castro, L., & Melo, P. (2016). Caracterización de las lesiones derivadas del entrenamiento físico militar. *Revista CUIDARTE*, 7(1), 1219-26.
- Spalj, S., Spalj, V., Ivankovic, L., & Plancak, D. (2014). Oral health-related risk behaviours and attitudes among croatian adolescents - multiple logistic regression analysis. *Collegium antropologicum*, 38(1), 261-267.



Efectos del entrenamiento y control fisiológico en el deporte y la salud

Este libro nos introduce en forma magistral a un ambiente netamente académico y científico, donde se aportan pruebas de que el ejercicio prescrito por profesionales puede servir como el mejor medicamento para contrarrestar el envejecimiento y mejorar el rendimiento deportivo. La primera sección de esta obra aborda al sujeto desde su individualidad y lleva al lector a comprender la forma de evaluar las condiciones físicas que debe tener un ser humano. Es así como los autores realizan aportes importantes en la manera de evaluar la resistencia, la fuerza, la velocidad y la flexibilidad. Estas cualidades deben ser estrictamente observadas para poder tener una idea clara del estado físico de un individuo, de tal manera que se realice una prescripción adecuada y acorde a los objetivos trazados en el diagnóstico. La segunda sección se focaliza en las consecuencias benéficas que tiene el ejercicio, como el aumento de la masa muscular, que es un factor protector de la salud porque mejora la producción de hormonas como la irisina. Finalmente, la tercera sección hace referencia a los efectos del ejercicio sobre diferentes poblaciones y muestra esta intervención como un factor protector en enfermedades como diabetes, dislipidemias e hipertensión arterial. Actualmente, las políticas de salud de los gobiernos a nivel mundial se centran en la implementación de programas de actividad física que de una u otra manera disminuyan el riesgo de padecer enfermedades no transmisibles que conllevan elevados costos para los sistemas de salud.



ESCUELA MILITAR DE CADETES
"General José María Córdova"



ISBN 978-958-52848-2-1



9 789585 284821