

19



Brújula

Revista de divulgación para
investigación formativa

Dosier Facultad de
Educación Física Militar ESMIC



ESCUELA MILITAR DE CADETES
"General José María Córdova"



ESMIC
SELLO EDITORIAL

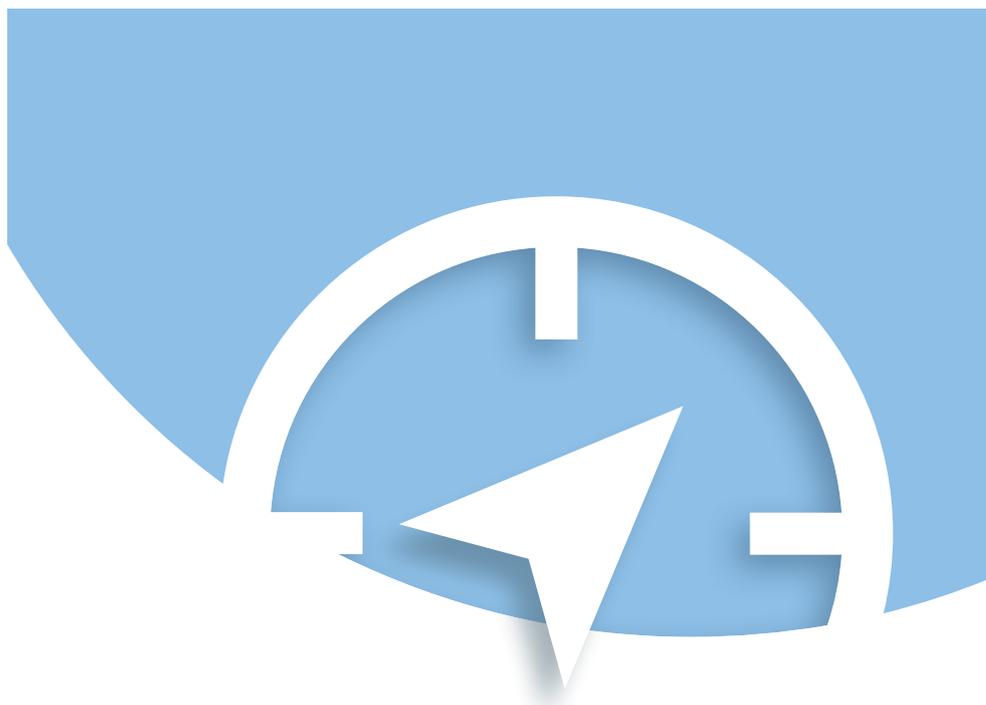
ISSN 2346-0628 (en línea)

Vol. 10, Núm. 19
enero-junio / 2022
Bogotá, D. C., Colombia



ESCUELA MILITAR DE CADETES
"General José María Córdova"





Brújula

Revista de divulgación para
investigación formativa

ISSN 2346-0628 (en línea)

Volumen 10, Número 19, enero-junio / 2022

Bogotá, D. C., Colombia

DIRECTIVOS

Director Escuela Militar de Cadetes
Brigadier General **Giovani Valencia Hurtado**

Subdirector Escuela Militar de Cadetes
Coronel **Andrés Hernando Parra Espitia**

Vicerrector Académico Escuela Militar de Cadetes
Teniente Coronel **Edie Fernando Orozco Becerra**

Jefe Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación
Mayor **Carlos Humberto Vargas Moreno**

CONSEJO EDITORIAL

Editor

William Castaño Marulanda

Corrección de estilo

Felipe Solano Fitzgerald

Diseño y diagramación

Rubén Alberto Urriago Gutiérrez



© 2022, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”
Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i)
Calle 80 No. 38-00. Bogotá, D. C. Colombia
Teléfono: 377 0850 Ext. 1104
Licencia Creative Commons: Atribución – No comercial – Sin Derivar
Correo: revistabrujula@esmic.edu.co
Página web: <https://brujuladesemilleros.com>

La responsabilidad por el contenido de los artículos publicados corresponde exclusivamente a los autores. Las posturas y aseveraciones 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”, el Ejército Nacional de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.



ESCUELA MILITAR DE CADETES
“General José María Córdova”



Respice Militia



Índice

DOSIER FACULTAD DE EDUCACIÓN FÍSICA MILITAR ESMIC

Esclerosis lateral amiotrófica y dermatoglia. Revisión sistemática / 7-17

Harold Daniel Mauricio Morales Cubides, Cristian Javier Osorio

Montenegro,

Laura Elizabeth Castro Jiménez, Isabel Adriana Sánchez Rojas y Yenny Paola Argüello Gutiérrez

Simetría y balance muscular de flexo-extensores de rodilla a 60°/segundo en estudiantes militares / 18-25

Felipe Cleves Neuta, María Camila Cruz Martínez, Jenner Alberto

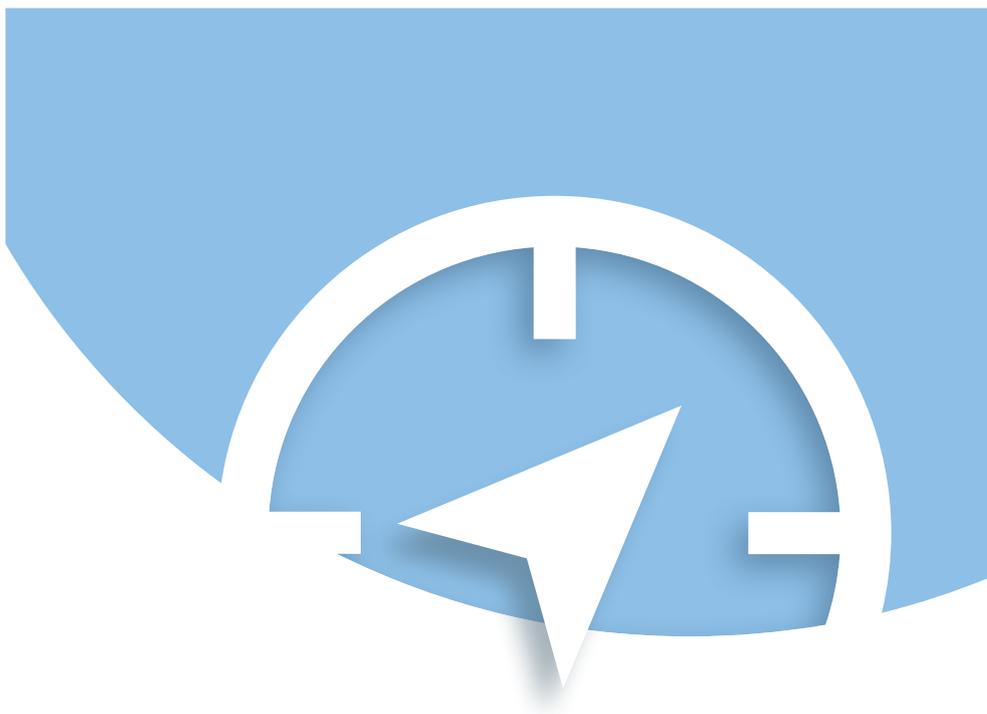
Contreras Zúñiga, Paula Janyne Melo Buitrago y Sebastián Felipe Arango Ramírez

Diseño de un programa de flexibilidad en los miembros superiores para tenistas juveniles de alto rendimiento en la Escuela Colombiana de Rehabilitación / 26-40

Sebastián Orlando Prieto Buitrago y Fabiola González Ortiz

Efectos de un programa físico en el componente motriz valorado a partir del cribado de movimiento funcional (FMS) en estudiantes universitarios / 41-53

David Alejandro González Bustamante, Daner Felipe Parra Martínez y Francisco Antonio Amú Ruiz



**Dosier Facultad de
Educación Física Militar
ESMIC**



Brújula. Semilleros de Investigación

Volumen 10, Número 19, enero-junio, 2022. pp. 7-17

Bogotá D. C., Colombia

ISSN 2346-0628 (en línea)

<https://doi.org/10.21830/23460628.105>

DOSIER

Esclerosis lateral amiotrófica y dermatoglifia. Revisión sistemática

Harold Daniel Mauricio Morales Cubides

Universidad Santo Tomás

Cristian Javier Osorio Montenegro

Universidad Santo Tomás

Laura Elizabeth Castro Jiménez

Universidad Santo Tomás

Isabel Adriana Sánchez Rojas

Universidad Santo Tomás

Yenny Paola Argüello Gutiérrez

Universidad Santo Tomás

RESUMEN

La esclerosis lateral amiotrófica (ELA) es una enfermedad neurodegenerativa que produce debilidad muscular y deterioro de las funciones bulbares. Existen dos tipos de ELA: ELA familiar (ELAf), dividida en recesiva y dominante; y ELA esporádica (ELAE). En esta revisión sistemática se busca la relación entre la dermatoglifia y la ELA. Se realizaron búsquedas en diferentes bases de datos, aplicando criterios de inclusión y los artículos seleccionados se evaluaron con la escala de SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network) y la escala de sesgos de Cochrane. Se encontró alta frecuencia de patrones palmar y trirradio accesorios en interdigital y patrones en área tenar izquierda. Utilidad de la dermatoglifia para el diagnóstico precoz de ELA. Se encontró escasa información sobre la relación de ELA y dermatoglifia, se debe investigar con tecnología moderna para la recolección de huellas dactilares.

PALABRAS CLAVE

Dermatoglifia, diagnóstico, esclerosis lateral amiotrófica, mutaciones, prevención, control.

CITACIÓN

Morales, H., Osorio, C., Castro, L., Sánchez, I., & Argüello, Y. (2022). Esclerosis lateral amiotrófica y dermatoglifia. Revisión sistemática. *Revista Brújula de Investigación*, 10(19). 7-17. <https://doi.org/10.21830/23460628.105>

Recibido: 2 de febrero de 2022

Aceptado: 9 de mayo de 2022

Contacto: Harold Daniel Mauricio Morales Cubides ✉ harold.moralesc@usantotomas.edu.co



Introducción

La esclerosis lateral amiotrófica (ELA) fue definida por Malaspina *et al.* (2010) como un trastorno neurodegenerativo mortal que se caracteriza por la rápida progresión de la debilidad muscular y por el deterioro de las funciones bulbares. Aggarwal y Nicholson (2002 citados por Ibáñez *et al.*, 2015), mencionan que en la ELA existe una disminución de unidades motoras, a esto se le suman anomalías en las neuronas motoras superiores (Vucic *et al.*, 2013, citado por Ibáñez *et al.*, 2015) e inferiores (Tarasiuk *et al.*, 2012, citados por Ibáñez *et al.*, 2015). Solsona *et al.* (2014) descubrieron que la ELA es un trastorno neurodegenerativo grave y mortal, que afecta preferentemente a las motoneuronas, esto lo afirman Belzil *et al.* (2014) y Caballero *et al.* (2015), ubicadas en la corteza motora, el tronco encefálico y la médula espinal (Chong *et al.*, 2005). La ELA es una enfermedad que conduce a la muerte por insuficiencia respiratoria (Malaspina, *et al.*, 2010) o por parálisis en un promedio de 3 a 5 años desde el inicio de los síntomas (Butterfield *et al.*, 2002, citado por Butterfield *et al.*, 2006; De Felice *et al.*, 2012).

Actualmente, se han identificado dos tipos de ELA, la primera es la esclerosis lateral amiotrófica familiar (ELAf) y la segunda es la esclerosis lateral amiotrófica esporádica (ELAe). Pasinelli y Brown (2006, citados por Burkhardt *et al.*, 2013), mencionaron que aproximadamente el 10% de los casos son de ELAf y el 90% son de ELAe, de igual manera, lo afirman Mitne *et al.* (2007) y Ravits y Traynor (2008). Por otro lado, Barber y Shaw (2007) expusieron que existen dos tipos de ELAf, una de ellas es la ELAf dominante, la cual es clínica y patológicamente indistinguible de la ELAe; la segunda ELAf es la recesiva con una mayor predominancia en la juventud y con una progresión más

lenta en comparación con las otras categorías de esclerosis.

Desde las posibles explicaciones patogénicas de la enfermedad, Butterfield *et al.* (2006) expusieron que el superóxido dismutasa de cobre (Cu) y zinc (Zn) (SOD) es una enzima que convierte el superóxido en peróxido de hidrógeno y oxígeno; lo anterior resulta importante puesto que la ELAf se debe a la mutación del gen superóxido dismutasa (SOD1) (Kim *et al.*, 2010). Así mismo, Fukada *et al.* (2004) manifestaron que la disfunción mitocondrial y la activación de la apoptosis desempeñan un papel crucial en la etiología de las manifestaciones de la ELAf, acerca del gen que codifica SOD1, son pocos los conocimientos de los mecanismos por los cuales los mutantes SOD1 causan la disfunción mitocondrial y la apoptosis. Williamson *et al.* (1998, citado por Frederic *et al.*, 2005) plantearon que la mutación del SOD1 altera el transporte axonal, lo vuelve más lento, lo que correlacionaron con enfermedades de las neuronas motoras. Por otro lado, Malaspina *et al.* (2010) expone que el SOD1 tiene una función de defensa antioxidante. Rosen *et al.* (1993, citado por Malaspina *et al.*, 2010) y De Felice *et al.* (2012) afirman que el 20% de la ELAf se debe a la mutación del SOD1, que se encuentra en el cromosoma 21q22 (Andersen, 2006 citado por Ravits y Traynor, 2008).

Méndez y Sattler (2015) y Caballero *et al.* (2015) indicaron que la repetición expandida del hexanucleótido GGGGCC en la región no codificante del gen C9orf72 en el cromosoma 9p21 es la causa del 20%-50% de los casos de ELAf y del 5%-20% de los casos de ELAe. Por otro lado, Vielhaber *et al.* (2000, citado por Chong *et al.*, 2005), mencionan que la ELAe se da por unos niveles disminuidos o depleciones múltiples de ADN mitocondrial y por disminución de los niveles de mitocondrias que están



asociadas a la membrana; por otro lado, Frederic *et al.* (2005) encontraron proteínas quinasas en pacientes con ELAe que pueden aumentar la muerte neuronal.

Freischmidt *et al.* (2015) indican que los miR-1234-3p y miR-1825 pueden servir como una herramienta para diagnosticar pacientes con ELAe; finalmente, Barber y Shaw (2007) aportan que falta bastante por aprender sobre los factores genéticos y ambientales que subyacen a la forma esporádica más común de la enfermedad.

Dentro de los métodos clásicos que se han utilizado para su diagnóstico se encuentra el análisis del genotipo del individuo mediante marcadores genéticos como el líquido cefalorraquídeo, la sangre, la médula espinal, productos oxidativos, radicales libres (peróxido y oxígeno), SOD1. Resaltan que la mayoría de análisis son de difícil acceso para la población, tanto por sus costos como por la especialidad de cada uno de ellos y que implica varios procesos administrativos para los pacientes y sus familias. Sin embargo, también se reporta la dermatoglia como una opción de diagnóstico para esta enfermedad.

En la actualidad, la dermatoglia ha sido empleada como marcador genético con amplias potencialidades para establecer cualidades físicas propias de los sujetos, mediante la identificación de patrones o huellas dactilares, las cuales son perennes en los seres humanos, favoreciendo que, mediante el análisis de estas, se identifiquen ciertas capacidades con las que cuentan los individuos a fin de brindar estrategias de preparación en torno al rendimiento deportivo (Leiva *et al.*, 2011). No obstante, su uso ha sido expandido como herramienta útil para reconocer enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), lo cual ayuda a realizar un diagnóstico y tratamiento de la enfermedad de forma más eficaz por su diagnóstico precoz, repercutiendo en la mejora

de la calidad de vida de la población. Teniendo en cuenta lo anterior, surge como pregunta de investigación si existe evidencia sobre la dermatoglia como herramienta para diagnosticar la ELA y, así mismo, poder tratarla antes de que se manifieste su sintomatología. Por lo anterior, el objetivo de esta revisión sistemática es buscar la relación que pueda existir entre la configuración de patrones dermatoglíficos con el desencadenamiento de la ELA.

Marco teórico

La ELA, según Madji *et al.* (2018) y Solsona *et al.* (2014), es definida como una enfermedad neuromuscular y neurodegenerativa que se presenta con más recurrencia en la edad adulta (Barber y Shaw, 2007; Burkhardt *et al.*, 2013; Mitne *et al.*, 2007), también la conceptualizan como una enfermedad mortal, específicamente por la letalidad progresiva de las neuronas motoras superiores e inferiores (Burkhardt *et al.*, 2013; Fukada *et al.*, 2004).

Las enfermedades neurodegenerativas, tipo esclerosis, comparten un componente en común y es la presencia de depósitos intracelulares o extracelulares de agregados de proteínas en los tejidos nerviosos (Solsona *et al.*, 2014) y se caracteriza por la pérdida selectiva de motoneuronas, lo cual estaría asociado a la excitotoxicidad inducida por glutamato (Madrigal, 2021), responsable de la muerte de las neuronas motoras en la corteza, el tronco encefálico y la médula espinal (Grosskreutz *et al.*, 2010; Mitne *et al.*, 2007), la rápida progresión de la debilidad muscular y el deterioro de las funciones bulbares, conllevan a la necrosis por insuficiencia respiratoria en un periodo de 3 a 5 años (Malaspina *et al.*, 2010).

En cuanto a los tipos de ELA —tanto la ELAe como la ELAf—, la primera es la más frecuente ya que afecta al 90% de las personas que



la padecen y se desconoce la causa de la enfermedad (Barber y Shaw, 2007); la segunda se asocia con un componente hereditario y abarca el 10% restante de quienes tienen esta enfermedad (Madrigal, 2021; Mitne *et al.*, 2007; Pasinelli y Brown, 2006, citados por Burkhardt *et al.*, 2013). En la ELAe se han encontrado algunos casos de infección viral persistente, entre ellos un enterovirus RNA en la médula espinal (González *et al.*, 2003).

Las manifestaciones clínicas de la ELAf y ELAe suelen ser similares, no obstante, existen factores diferenciales como la edad de inicio de la enfermedad y el sexo, ya que en la ELAe los casos son más recurrentes en los varones y en la ELAf los casos tienen el mismo porcentaje tanto para varones como para mujeres (AdEla, s. f.). En varios estudios de la ELAe, se ha encontrado la disminución con un porcentaje del 30% al 90% en proteínas encargadas del transporte de glutamato (González *et al.*, 2003). Pero según Madrigal (2021) algunos estudios muestran una alteración en el transporte del glutamato, lo que genera que este se recopile, llevando con facilidad a la hiperactivación de los receptores de glutamato, lo que puede provocar la muerte neuronal (González *et al.*, 2003).

Aún no se tiene clara la etiología, pero aproximadamente el 10% de los pacientes presentan esta enfermedad de forma hereditaria, ya desde una parte más global se dice que se encuentran de 2 a 11 casos por cada 100.000 habitantes y que su rango de edad está entre los 58 y los 63 años para casos esporádicos (Zapata *et al.*, 2016). En el 10% de los pacientes con ELA existe una historia familiar de un trastorno predominantemente autosómico dominante y en el 20% de estos casos familiares la enfermedad es causada por mutaciones en el gen SOD1 (Barber y Shaw, 2007; Grosskreutz *et al.*, 2010).

Varias mutaciones genéticas pueden preparar el escenario para la degeneración de las neuronas motoras (Barber y Shaw, 2007), la mayoría de las mutaciones en la ELAf se transmiten de forma autosómica dominante (Siddique *et al.*, 1991, citado por Zapata *et al.*, 2016), en donde el primer gen que se pudo relacionar fue el superóxido-dismutasa 1, pero su cambio solo explica el 20% de los casos (Rosen *et al.*, 1993, citado por Zapata *et al.*, 2016). La ELAf sigue la genética mendeliana, que se basa en el estudio de proveer los componentes hereditarios de una persona, en la que puede ser dominante o recesiva o con varios loci (Barber y Shaw, 2007).

Según Madrigal (2021), la ELAf obedece a un cuadro de herencia autosómica, es decir, no está ligada al sexo, por lo que se requiere la imperfección (mutación) en un único gen para desarrollar la enfermedad, lo cual, de ser así, si una persona tiene ELAf, sus hijos tendrán un 50% de posibilidades de heredar el gen defectuoso y padecer de la enfermedad. Andersen y Al-Chalabi (2011) afirman que esta forma de ELA (familiar) es frecuentemente infradiagnosticada y casos de la ELAe puede ser, en la mayoría, en realidad, casos de ELAf con penetrancia reducida de la enfermedad.

Diferentes estudios han permitido identificar variaciones en el momento del inicio y la progresión de la enfermedad (Camu *et al.*, 1999, citado por Barber y Shaw, 2007; Cudkowicz *et al.*, 1997); por el contrario, los casos de ELAf recesivos son más raros que los dominantes, ya que estos tienen un inicio juvenil y su progreso es lento, en cambio, el análisis de ligamiento genético en los casos de ELAf no es fácil, ya que la enfermedad no suele presentarse antes de los 40 a 50 años de edad y la progresión suele ser rápida.



Por otro lado, Fernández y Fernandes (2010, citados por Fernández *et al.*, 2020, p. 831), definen la dermatoglifia como la “ciencia que estudia las impresiones de los dibujos formados, por las crestas en los pulpejos dactilares de las manos”. Concordando y Nodari (2009, citados por Fernández *et al.*, 2020) indican que la dermatoglifia es una herramienta que ayuda a identificar cualidades de los deportistas, la cual se basa en la lectura de las marcas en los pulpejos de las falanges distales de las manos y el desciframiento de sus múltiples combinaciones. Por otro lado, Baretta *et al.* (2015) manifiestan que la dermatoglifia sirve para el pronóstico de enfermedades, para ello se necesita identificar un patrón de ciertas enfermedades para su pronóstico y diagnóstico. Según Chirinos (s. f.) existen diferentes tipos de huellas dactilares dentro de las cuales se reconocen: arcos, tienditas, presillas radial y cubital, verticilo simple, verticilo central de bolsillo y doble presilla, aunque vale aclarar que existen autores que mencionan las huellas digitales de diferentes formas, debido a que mundialmente no se han logrado unificar las formas de denominación.

Un ejemplo claro en el que se puede observar que las huellas dactilares ayudan al diagnóstico, prevención y promoción de la salud, es con los pacientes que sufren de hipertensión arterial (HTA); los patrones que se encuentran en estos

pacientes son más líneas en el quinto dedo de la mano derecha en comparación con pacientes sanos; por otra parte, también se encontró una presilla cubital en los dedos quinto y cuarto de ambas manos (Baretta *et al.*, 2015).

Métodos

Se usó el método de investigación cuantitativo y es un estudio de tipo revisión sistemática. Se emplearon los términos de búsqueda (MeSH-DeCS) *esclerosis lateral amiotrófica y dermatoglifia*. En el procedimiento de búsqueda fue primero la identificación de los términos clave, después, la elaboración de la ecuación de búsqueda para realizar la búsqueda en las bases de datos científico-académicas en la Biblioteca Regional de Salud, Scopus, Pubmed y Science Direct; más adelante, se realizó la búsqueda de los artículos científicos y las investigaciones que documentan la relación existente entre dermatoglifia dactilar y ELA. Para realizar la búsqueda de información en las bases de datos científico-académicas se utilizaron las ecuaciones de búsqueda referidas en la tabla 1.

Criterios de inclusión. Artículos científicos o estudios descriptivos, correlacionales o experimentales que hablen de la relación entre la dermatoglifia dactilar y la ELA que se encuentren en revistas indexadas, bases de datos académicas y científicas.

Tabla 1. Búsqueda de artículos

Base de datos	Scopus	Pubmed	Science Direct	BVS
Amyotrophic Lateral Sclerosis AND (dermatoglyphics OR DNA fingerprinting)	14	1	217	9

Nota: para las diferentes bases de datos utilizadas, la ecuación de búsqueda fue la misma (Amyotrophic Lateral Sclerosis AND [dermatoglyphics OR DNA fingerprinting]).
Fuente: elaboración propia.



Criterios de exclusión. Artículos que no hablen de la relación objetivo del proyecto. Las revisiones sistemáticas se excluirán, pero se tomarán los artículos originales mencionados.

Para esta revisión se realizó una evaluación tipo doble ciego, apoyada por dos evaluadores independientes quienes emplearon como herramienta de clasificación de artículos e investigaciones RAYYAN en las siguientes tres categorías:

- Incluidos: artículos que cumplen con los criterios de inclusión.
- Excluidos: artículos que cumplen con los criterios de exclusión.
- Tal vez: artículos o investigaciones en revistas indexadas que en su desarrollo muestran alguna información sobre la relación entre dermatoglia y ELA, que más adelante tuvo una tercera evaluación para dirimir y establecer si quedaba incluido o excluido.

Luego se utilizaron dos escalas para evaluar artículos científicos tales como SIGN (nivel de

evidencia y nivel de recomendación) y la escala de sesgos de Cochrane (Primo, 2003) para evaluar de manera independiente la calidad metodológica en cada investigación analizada en esta revisión. Se tuvo en cuenta que las investigaciones que se contemplaran alrededor del tema cumplieran con los principios éticos y la declaración de Helsinki para la investigación.

En la figura 1 se representa el diagrama del total de artículos revisados.

Resultados

Al seguir la ruta de búsqueda de artículos se encontraron en total 241; después, se clasificaron de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, dando en total una investigación útil para esta revisión. Este único artículo que se encontró, se clasificó según la escala de SIGN; esta escala determina el nivel de evidencia y el grado de recomendación de los artículos. Para este caso el artículo tiene un nivel de evidencia de -2 y un grado de recomendación D (tabla 2).

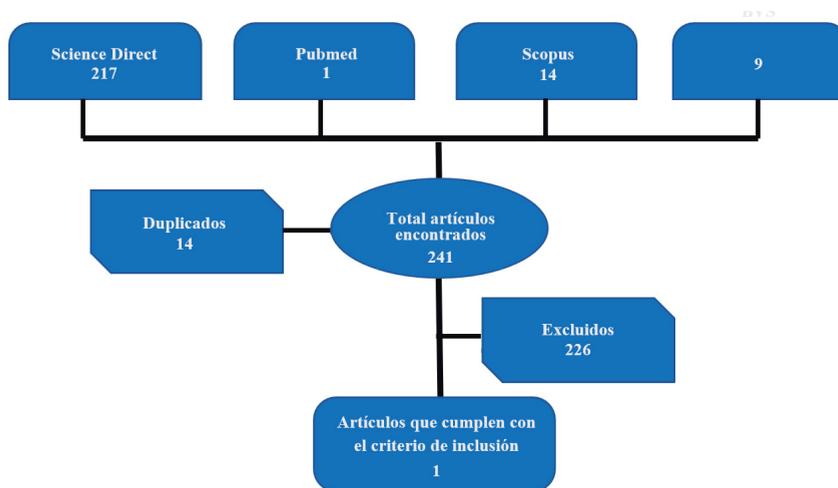


Figura 1. Proceso de revisión y selección de estudios

Nota: proceso que se llevó a cabo para determinar los artículos que cumplen con los criterios de inclusión.

Fuente: elaboración propia.



Tabla 2. Escala SIGN

Título del artículo	Nivel de evidencia (SIGN)	Grado de recomendación
Blood Groups, Immunoglobulin Allotypes and Dermatoglyphic Features of Patients with Amyotrophic Lateral Sclerosis and Parkinsonism-Dementia of Guam	2-	D

Nota: el artículo que se extrajo tiene un nivel de evidencia 2- (presenta un alto riesgo de sesgo), con una recomendación D.

Fuente: elaboración propia.

Los sesgos que no mencionan los autores en el artículo son los de generación de secuencia aleatoria, cegamiento de los participantes y personal, cegamiento de la evaluación del desenlace y seguimiento incompleto; los sesgos que sí se mencionan son ocultamiento de la asignación y el reporte selectivo de los resultados (tabla 3).

De acuerdo con lo encontrado en este estudio, los hallazgos tienen como factor común la dermatoglifia y las características de la ELA, ya que dichos factores fueron para esta revisión sistemática los ítems en común dentro de los artículos revisados y analizados. A continuación, en la tabla 4 se exponen los hallazgos del artículo

extraído, estos tienen una relación entre la dermatoglifia y la ELA, lo cual es primordial en esta revisión.

Discusión

La ELA es una enfermedad neurodegenerativa que lleva a la muerte de las neuronas motoras, afecta de 2 a 5 de cada 100 personas al año (Kiernan *et al.*, 2011; Méndez y Sattler, 2015). Zapata *et al.* (2016) nos mencionaron los siguientes patrones clínicos de la ELA:

- ELA clásica: en este patrón se encuentra entre el 65% al 70% de los casos, el pico de edad de comienzo entre los 58 y los

Tabla 3. Sesgos

Título del artículo	Generación de secuencia aleatoria	Ocultamiento de la asignación	Cegamiento de los participantes y personal	Cegamiento de la evaluación del desenlace	Seguimiento incompleto	Reporte selectivo de resultados	Otros sesgos
Blood Groups Immunoglobulin Allotypes and Dermatoglyphic Features of Patients with Amyotrophic Lateral Sclerosis and Parkinsonism-Dementia of Guam	?	Más	?	?	?	Más	N/A

Nota: se encontraron diferentes sesgos en el artículo para poder saber el nivel de evidencia y el grado de recomendación.

Fuente: elaboración propia.



Tabla 4. Hallazgos entre dermatoglifia y ELA

Título del artículo	País	Clasificación de la enfermedad	Tipo de grupo	Tipo de grupo	Edad	Número de participantes	Género	Resultados significativos (dermatoglifia)
Blood Groups, Immunoglobulin Allotypes and Dermatoglyphic Features of Patients with Amyotrophic Lateral Sclerosis and Parkinsonism-Dementia of Guam	Estados Unidos	Esclerosis lateral amiotrófica (ELA)	Control	Control	N/A	78 ELA, 58 PD, 342 no infectados	N/A	La frecuencia de patrón entre ELA, PD y controles eran similares, las tres muestras tienen muy baja frecuencia de presillas radiales y arcos, frecuencias iguales de presillas cubitales. La ELA presenta frecuencias más altas del tipo ausente que los pacientes PD y controles. La ELA y el control muestra diferencias significativas en frecuencia de patrones palmar y trirradio accesorio en interdigital IV ($p < .01$) y patrones en área tenar/I ($p < .05$)

Nota: hallazgos que se encontraron acerca de la dermatoglifia y la ELA del artículo que se extrajo.
Fuente: elaboración propia.

63 años. Aquí hay afectaciones de las neuronas motoras superiores e inferiores, se termina extendiendo a la musculatura corporal con alteraciones bulbar y falla respiratoria (Kiernan *et al.*, 2011).

- Esclerosis lateral primaria (ELP): esta representa el 20% de los casos. Aquí el daño empieza en las neuronas motoras superiores, pero sin signos en las neuronas motoras inferiores, comienza con paraparesia afectando los brazos, las manos y los músculos orofaríngeos.
- Atrofia muscular progresiva: aquí el daño empieza en las neuronas motoras inferiores, es más común en hombres que en mujeres y su velocidad de progresión es muy variable.
- Parálisis bulbar progresiva: esta representa el 25% y 30% de los casos de ELA, sus características son síndrome

bulbar, con o sin signos de liberación piramidal, disartria, disfagia, atrofia, fasciculaciones linguales, en algunos casos puede presentarse la debilidad espástica del maxilar inferior y cierre involuntario de la mandíbula.

La ELA es una enfermedad que afecta medio hemisferio cerebral, y que posteriormente va a afectar al otro hemisferio. Como es una enfermedad que produce daño en las neuronas motoras, va a afectar a los músculos, ya sea esqueléticos, lisos o cardíacos. Para la ELA existen diferentes formas de diagnóstico, que pueden ser pruebas de electrolitos, electroforesis, perfil glucémico, líquido cefalorraquídeo, electromiografía con neuroconducciones, hemograma, función renal, hepática y tiroidea (Zapata *et al.*, 2016), enzimáticas de células blancas, punción lumbar, neuromiotonía, marcadores séricos, serologías, iones de calcio



(Kiernan *et al.*, 2011) y espectrometría (Walker y Xu, 2004), la espectrometría y el líquido cefalorraquídeo tienen casi un 100% de especificidad y sensibilidad (Walker y Xu, 2004) para un diagnóstico más rápido de la ELA y, así mismo, tratarla. Sin embargo, estas pruebas son invasivas, es decir, constantemente se sacan muestras al paciente para lograr obtener resultados, pero para hallar dichos resultados el paciente ya debe tener ELA, por ende, no se puede hacer un reconocimiento antes de la enfermedad (si está predispuesto a sufrir ELA), por otro lado, también existen pruebas no invasivas como las neuroimágenes (Zapata *et al.*, 2016), la orina (Kiernan *et al.*, 2011) y la dermatoglifia; las dos primeras son pruebas que se hacen cuando el sujeto ya tiene la enfermedad para poder notar los cambios que ha sufrido, mientras que con la última se puede hacer un reconocimiento precoz para poder tratarlo de la mejor manera.

Se considera pertinente ampliar las investigaciones respecto a la relación de la ELA y la dermatoglifia, teniendo en cuenta que el artículo que se obtuvo fue de hace 38 años, en el que se deduce que, al producir nuevos conocimientos, con métodos más modernos y mejores herramientas tecnológicas, se obtendrían datos más verídicos y, en lo posible, más relaciones entre esta enfermedad y esta ciencia.

Conclusión

Se comprueba que de los 241 artículos encontrados solamente “Blood groups, immunoglobulin allotypes and dermatoglyphic features of patients with amyotrophic lateral sclerosis and parkinsonism-dementia of guam” del año 1983, habla sobre la relación entre la dermatoglifia y la ELA. En esta revisión se halló una muy escasa información sobre la relación de estos dos temas y se resalta que el único artículo

es el de 1983; en él se puede observar que en la ELA hay información estadísticamente significativa para los patrones palmar y trirradio accesorio en interdigital IV en la palma. Esto demuestra que es necesario realizar este tipo de investigaciones con tecnología moderna para la recolección de huellas dactilares, y observar los resultados nuevos que se pueden presentar en los pacientes con ELA, de modo tal que la dermatoglifia permita identificar de manera temprana el posible riesgo potencial de desarrollo de esta enfermedad.

Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo. Los puntos de vista y los resultados de este artículo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Sobre el artículo

Este artículo hace parte de los resultados del proyecto de investigación “Detección temprana en población juvenil universitaria en riesgo por aumento de presión arterial desde los determinantes proximales de la salud en la ciudad de Bogotá” de la Universidad Santo Tomás, y del semillero de investigación HYGEA. Los puntos de vista y los resultados de este artículo pertenecen al autor y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Sobre los autores

Harold Daniel Mauricio Morales Cubides es profesional en formación en Cultura Física, Deporte y Recreación (Universidad Santo Tomás). Participante del semillero HYGEA y grupo de investigación Cuerpo, Sujeto y Educación. Contacto: harold.moralesc@usantotomas.edu.co



Cristian Javier Osorio Montenegro es profesional en formación en Cultura Física, Deporte y Recreación (Universidad Santo Tomás. Participante del semillero HYGEA y grupo de investigación Cuerpo, Sujeto y Educación. Contacto: cristianosorio@usantotomas.edu.co

Laura Elizabeth Castro Jiménez es docente líder del semillero de investigación HYGEA. Ph. D. en Humanidades, Humanismo y Persona (Universidad San Buenaventura); magíster en Salud Pública (Universidad Nacional de Colombia). Contacto: laura.castro@usantotomas.edu.co

Isabel Adriana Sánchez Rojas es docente investigadora del grupo GICAEDS. Magíster en Educación (Tecnológico de Monterrey, México). Especialista en Fisioterapia en Cuidado Crítico (Universidad Iberoamericana, Colombia). Contacto: isabel.sanchez@usantotomas.edu.co

Yenny Paola Argüello Gutiérrez es docente investigadora del grupo Cuerpo, Sujeto y Educación. Magíster en Fisiología y fisioterapia (Universidad Nacional de Colombia). Contacto: yenniarguello@usantotomas.edu.co

Referencias

- AdEla. (s. f.). La enfermedad. Asociación Española de Esclerosis Lateral Amiotrófica. https://adelaweb.org/wp-content/uploads/2014/12/ELA_la_enfermedad.pdf
- Andersen, P., & Al-Chalabi, A. (2011). Genética clínica de la esclerosis lateral amiotrófica: ¿qué sabemos realmente? *Nature Reviews Neurology*, 7(11), 603-615. <https://doi.org/10.1038/nrneur.2011.150>
- Barber, S., & Shaw, P. (2007). Molecular mechanisms of motor neuron degeneration in amyotrophic lateral sclerosis. *Handbook of Clinical Neurology*, 82.
- Baretta, E., Nodari, R., Sartori, G., Fin, G., & Capeli, N. (2015). Características dermatoglíficas de hipertensos. Rentería & Arenas (Ed.), *Libro de memorias en extenso* (pp. 389–396).
- Belzil, V., Bauer, P., Gendron, T., Murray, M., Dickson, D., & Petrucelli, L. (2014). Caracterización de la hipermetilación del ADN en el cerebelo de pacientes con c9FTD / ELA. *Brain Research*, 1584, 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.02.015>
- Burkhardt, M., Martínez, F., Wright, S., Ramos, C., Volfson, D., Mason, M., Games, J., Vu Dang, V., Lievers, J., Shoukat, U., Martínez, R., Gai, H., Blake, R., Vaisberg, E., Grskovic, M., Johnson, C., Irion, S., Bright, J., Cooper, B., Nguyen, L., Griswold, I., & Javaherian, A. (2013). Un modelo celular para ELA esporádica utilizando células madre pluripotentes inducidas derivadas de pacientes. *Neurociencia Molecular y Celular*, 56, 355-364. <https://doi.org/10.1016/j.mcn.2013.07.007>
- Butterfield, D., Mohmmad, H., Newman, S., & Reed, T. (2006). Redox proteomics in some age - related neurodegenerative disorders or models thereof. *NeuroRx*, 3(3), 344-357.
- Caballero, D., Toscano, M., Cejudo, M., García, M., López, S., Franco, J., Quintana, F., Roodveldt, C., & Pozo, D. (2015). The “Omics” of amyotrophic lateral sclerosis. *Trends in Molecular Medicine*, 22(1), 1-15.
- Cudkovicz, M. E., McKenna Yasek, D., Sapp, P. E., Chin, W., Geller, B., Hayden, D. L., & Brown, R. H. (1997). Epidemiology of mutations in superoxide dismutase in amyotrophic lateral sclerosis. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 41(2), 210-221.
- Chirinos, A. (s. f.). Tipos de huellas. Tipos. <https://www.tipos.cc/huellas/>
- Chong, Z., Li, F., & Maiese, K. (2005). Oxidative stress in the brain: Novel cellular targets that govern survival during neurodegenerative disease. *Progress in Neurobiology*, 75(3), 207-246.
- De Felice, B., Guida, M., Guida, M., Coppola, C., De Mieri, G., & Cotrufo, R. (2012). A miRNA signature in leukocytes from sporadic amyotrophic lateral sclerosis. *Gene*, 508(1), 35-40
- Frederic, H., Della, D., & Jürgen, G. (2005). Functional genomics meets neurodegenerative disorders. Part II: application and data integration. *Progress in Neurobiology*, 76(3), 169-188.
- Freischmidt, A., Muller, K., Zondler, L., Weydt, P., Mayer, B., Von Arnim, C., Hubers, A., Dorst, J., Otto, M., Holzmann, K., Ludolph, A., Danzer, K., & Weishaupt, J. (2015). Serum microARNs in sporadic amyotrophic lateral sclerosis. *Neurobiology of Aging*, 36(9), e15-e20.



- Fernández, R., García, D., & Gastélum, G. (2020). La dermatoglifia deportiva en América en la última década una revisión sistemática. *Retos*, 38(2), 831-837.
- Fukada, K., Zhang, F., Vien, A., Cashman, N., & Zhu, H. (2004). Análisis proteómico mitocondrial de un modelo de línea celular de esclerosis lateral amiotrófica familiar. *Proteómica Molecular y Celular*, 3(12), 1211-1223. 10.1074/mcp.m400094-mcp200
- González, N., Escobar, E., & Escamilla, C. (2003). Esclerosis lateral amiotrófica. Monografía. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 15, 44-54.
- Grosskreutz, J., Van Den Bosch, L., & Keller, B. (2010). Desregulación del calcio en la esclerosis lateral amiotrófica. *Calcio Celular*, 47(2), 165-174. 10.1016/j.ceca.2009.12.002
- Ibáñez, C., Cifuentes, A., & Simó, C. (2015). Recent advance and applications of metabolomics to investigate neurodegenerative disease. *International Review of Neurobiology*, 122, 95-132. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.inr.2015.05.015>
- Kiernan, M. C., Vucic, S., Cheah, B. C., Turner, M. R., Eisen, A., Hardiman, O., & Zoing, M. C. (2011). Amyotrophic lateral sclerosis. *The Lancet*, 377(9769), 942-955.
- Leiva Deantonio, J. H., Melo Buitrago, P. J., & Gil Villalobos, M. J. (2011). Dermatoglifia dactilar, orientación y selección deportiva. *Revista Científica General José María Córdova*, 9(9), 287-300. <https://doi.org/10.21830/19006586.256>
- Kim, S., Leal, S., Halevy, D., Gomes, C., & Lev, S. (2010). Structural requirements for VAP-B oligomerization and their implication in amyotrophic lateral sclerosis-associated VAP-B (P56S) neurotoxicity. *The Journal of Biological Chemistry*, 285(18), 13839-13849.
- Madrigal, A. (2021). *La esclerosis lateral amiotrófica*. Observatorio de la Discapacidad Instituto de Migraciones y Servicios Sociales. <https://sid-inico.usal.es/documentacion/la-esclerosis-lateral-amiotrofica/>
- Madji, B., Blasco, H., Coque, E., Vourc'h, P., Emond, P., Corcia, P., Raoul, C., & Mavel, S. (2018). Las alteraciones metabólicas de las motoneuronas expuestas al glutamato. *Neurobiología Molecular*, 55, 7669-7676. 10.1007/s12035-018-0945-8
- Malaspina, A., Ngho, S., Ward, R., Hall, J., Tai, F., Yip, P., Jones, N., Jokic, S., Averill, S., Titus, M., & Priestley, J. (2010). Activación del factor de transcripción-3 y desarrollo de la degeneración de la médula espinal en un modelo de rata de esclerosis lateral amiotrófica. *Neurociencia*, 169(2), 812-827. 10.1016/j.neuroscience.2010.04.053
- Méndez, E., & Sattler, R. (2015). Biomarker development for C9orf72 repeat expansion in ALS. *Brain Research*, 1607, 26-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2014.09.041>
- Mitne, M., Ramos, C., Pimenta, D., Luz, J., Nishimura, A., Gonzales, F., Oliveira, C., & Zatz, M. (2007). Una mutación en el dominio VAP-B-MSP humano, presente en pacientes con ELA, afecta la interacción con otras proteínas celulares. *Expresión y Purificación de Proteínas*, 55(1), 139-146. 10.1016/j.pep.2007.04.007
- Primo, J. (2003). Niveles de evidencia y grados de recomendación (I/II). *Enfermedad Inflamatoria Intestinal al Día*, 2(2), 39-42.
- Ravits, J., & Traynor, B. (2008). Current and future directions in genomics of amyotrophic lateral sclerosis. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 19(3), 461-477.
- Solsona, C., Kahn, T., Badilla, C., Álvarez, C., Blasi, J., Fernández, J., & Alegre, J. (2014). Química alterada del tiol en mutantes de superóxido dismutasa ligados a la esclerosis lateral amiotrófica humana 1. *Journal of Biological Chemistry*, 289(39), 26722-26732. 10.1074/jbc.m114.565333
- Walker, S., & Xu, A. (2004). Biomarker discovery using molecular profiling approaches. *International Review of Neurobiology*, 61(1), 1-30.
- Zapata, C., Franco, E., Solano, J., & Ahunca, L. (2016). Esclerosis lateral amiotrófica: actualización. *Iatreia*, 22(2), 194-205.



Brújula. Semilleros de Investigación

Volumen 10, Número 19, enero-junio, 2022. pp. 18-25

Bogotá D. C., Colombia

ISSN 2346-0628 (en línea)

<https://doi.org/10.21830/23460628.106>

DOSIER

Simetría y balance muscular de flexo-extensores de rodilla a 60°/segundo en estudiantes militares

Felipe Cleves Neuta

Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova

María Camila Cruz Martínez

Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova

Jenner Alberto Contreras Zúñiga

Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova

Paula Janyn Melo Buitrago

Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova

Sebastián Felipe Arango Ramírez

Ministerio del Deporte, Colombia

RESUMEN

El objetivo de este artículo es analizar el nivel de simetría y balance muscular a 60°/segundo de flexoextensores de rodilla en estudiantes militares. Como metodología se utilizó el enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y corte transversal; población de 75 estudiantes hombres con edad \bar{x} : $19,76 \pm 1,35$; evaluados mediante el test de fuerza isocinética. El balance muscular cuádriceps/isquiotibiales presentó ratios equivalentes al 60%, siendo este un buen indicador de niveles de fuerza según los estándares de normalidad, factor que indica un bajo riesgo de lesión de rodilla.

PALABRAS CLAVE

Balances y simetrías, dinamómetro de fuerza muscular, fuerza muscular, personal militar.

CITACIÓN

Cleves, F., Cruz, M., Contreras, J., Melo, P., & Arango, S. (2022). Simetría y balance muscular de flexo-extensores de rodilla a 60°/segundo en estudiantes militares. *Revista Brújula de Investigación*, 10(19). 18-25.

<https://doi.org/10.21830/23460628.106>

Recibido: 1 de febrero de 2022

Aceptado: 11 de mayo de 2022

Contacto: Paula Janyn Melo Buitrago ✉ paula.melo@esmic.edu.co



Introducción

Las lesiones osteomusculares son una de las principales causas de limitación de las actividades deportivas y ejecución de trabajos militares en campo, además, conllevan cuadros de desentrenamiento y pérdida de capacidades físicas en los tiempos de reposo, lo que hace más difícil el retorno del cadete a las actividades diarias. Las lesiones de rodilla hacen parte de las lesiones más comunes, tanto en atletas profesionales como en principiantes. Las lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) constituyen al menos un 5% de todas las lesiones que se producen en el fútbol. Esto significa un 0,5% y 6% en mujeres, y 0,6% y 8,5% en hombres: las mujeres tienen dos a tres veces más riesgo de sufrir una rotura de LCA y a edades más tempranas que los hombres (Walden *et al.*, 2011). En los deportistas, las lesiones de ligamento cruzado anterior tienen una alta incidencia, son causadas por ejercicios de alta intensidad y alto impacto. Cabe resaltar que otra de las estructuras fuertemente afectadas por el alto impacto del trabajo son los meniscos, componentes articulares fundamentales en la amortiguación de los movimientos. Peat *et al.* (2014) afirman que las roturas meniscales son las lesiones más comunes que afectan la rodilla en sujetos menores de 40 años, y en las que se han encontrado al menos 112 de 172 lesiones registradas en una muestra de 100.000 personas.

En la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (Esmic) se han realizado algunos estudios encaminados a la búsqueda de maneras para mejorar el rendimiento en las actividades cotidianas que cumple un cadete en su vida militar. Estas actividades son de alta exigencia e incluyen ejercicios físicos de alto impacto como, por ejemplo, trabajos de resistencia a la fuerza con sobrecarga, desplazamientos en dife-

rentes direcciones a velocidades cambiantes con y sin armamento, manejo del cuerpo en diferentes ambientes naturales en posiciones y **ángulos** críticos para las articulaciones. Todo esto, probablemente, sin contar con una base estructural adecuada en cuanto a la composición corporal (biotipo), lo cual puede convertirse en un factor que favorece la presencia de lesiones musculares y/o articulares.

Según un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2016), la carga física a la que se somete un cadete es elevada, pues está en constante riesgo de sufrir una lesión de alto nivel en las extremidades inferiores, debido a factores como la carga del entrenamiento, la práctica deportiva, el terreno, la falta de descanso y/o métodos inadecuados de ejecución de ejercicios tácticos.

La mayoría de las lesiones deportivas son causadas por mecanismos de no contacto como la desaceleración, los cambios de dirección y los aterrizajes, que por su alta carga mecánica predisponen al cuerpo al riesgo de ruptura de tejidos osteomusculares. La importancia de la estabilidad articular desde los componentes musculares es fundamental para la protección de los traumas en las rodillas.

Entre los factores de riesgo para las lesiones de rodilla, y específicamente los isquiotibiales, están la edad, la raza, el historial de lesiones previas, la falta de fuerza, la flexibilidad, la fatiga muscular y el desequilibrio de fuerzas entre músculos agonistas y antagonistas (De Hoyo *et al.*, 2013; Petticrew y Roberts, 2008); este último es el causante de la mayoría de problemas de rodilla.

Se debe comprender que las lesiones en ámbitos militares ocurren por diferentes causas y ambientes, tal y como se expresa en un estudio realizado con estudiantes de la Esmic, en el que se determinó qué tipo de lesiones se derivaban del entrenamiento físico militar en los cade-



tes. Para ello los investigadores recopilaron los datos a partir de encuestas y entrevistas semiestructuradas, obteniendo como resultado que una de las lesiones más prevalente es el esguince de tobillo (12,8%); así mismo, entre las causas está el “volteo”, golpe o caída y el equipo o indumentaria. En los resultados de la fase cualitativa se refleja que no realizar un adecuado calentamiento y estiramiento antes y después del ejercicio físico militar implica un mayor número de lesiones en los miembros inferiores (Ríos *et al.*, 2016).

Otro estudio que tiene resultados relevantes en cuanto a las lesiones en los miembros inferiores en la población militar corresponde al presentado por Villalba y Rut (2016), quien realiza su investigación en la Base Militar Área Las Palmas en Lima (Perú), mediante un estudio descriptivo que se propone determinar la frecuencia de limitación funcional por lesiones de rodilla. Para resolver su objetivo, aplicaron el cuestionario Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) a 120 militares e identificaron que los militares con meniscopatía de la rodilla derecha tenían problemas en la dimensión de los síntomas (promedio = 49,72), mientras que en las otras dimensiones se obtuvo una mejor puntuación promedio. Los militares con meniscopatía de la rodilla izquierda, meniscopatía bilateral y meniscopatía + LCA derecha y meniscopatía + LCA de la rodilla izquierda, tenían problemas en la dimensión de síntomas (promedio = 50,15), mientras que en las otras dimensiones obtuvieron una mejor puntuación promedio.

A partir de estas argumentaciones, este estudio se propone analizar los niveles de simetría y balance muscular a 60°/seg de flexoextensores de rodilla en cadetes de tercer nivel de la Facultad de Educación Física Militar, identificando las condiciones musculares que potencien el

rendimiento físico, así como definir posibles factores de riesgo osteomuscular desencadenantes de lesiones.

Marco teórico

La fuerza en el ámbito deportivo se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o contraerse. La fuerza está en relación con el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina. Es la máxima tensión manifestada por el músculo en un tiempo determinado (González, 2002).

La fuerza es el producto de una acción muscular iniciada y sincronizada por procesos eléctricos en el sistema nervioso. Es la capacidad que tiene un grupo muscular para generar una fuerza bajo condiciones específicas. Existen tres tipos de fuerza que se explicarán a continuación (Verkhoshansky, 1999).

Fuerza máxima

Es la mayor fuerza posible que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer con la máxima contracción voluntaria (Dietrich *et al.*, 2001).

Fuerza explosiva o rápida (potencia)

Resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. Es la capacidad de desarrollar valores de fuerza elevados por unidad de tiempo y de producir fuerza con la velocidad óptima (Dietrich *et al.*, 2001).

La valoración de la ratio H:Q que evalúa la relación de la fuerza en isquiotibiales/cuádriceps se relaciona con las lesiones de rodilla, dejando en evidencia que los deportistas que presentaban índices menores a 0,55 tenían mayor riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior (Söderman



et al., 2001). Se ha demostrado que la población con déficit en la relación muscular mencionada presenta lesiones de rodilla con mayor facilidad, al ser este músculo el mecanismo protector de la articulación.

Método

- Tipo de estudio: enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y de corte transversal.
- Unidad de análisis: estudiantes de grado cadetes de la Esmic.
- Delimitación de la población: cadetes que se encuentran cursando tercer nivel en la Facultad de Educación Física Militar.
- Tipo de muestra: determinada por el método no probabilístico, muestreo intencional.
- Forma de análisis: estadística descriptiva.
- Criterios de inclusión: cadetes de tercer nivel de la Facultad de Educación Física Militar de la Esmic, aptos para realizar la prueba física, sin presencia de lesión aguda, que firmen un consentimiento informado y deseen participar en la investigación.
- Criterios de exclusión: cadetes con alguna enfermedad o lesión osteomuscular en las rodillas, lo que no permite realizar la evaluación.

También:

- Incapacidad para producir fuerza en el movimiento activo.
- Articulación con arco de movimiento doloroso.
- Articulación inestable.
- ROM limitada.
- Primeras etapas de la rehabilitación posoperatoria.

Las evaluaciones se realizaron durante el primer semestre académico del 2021 antes de ejercicios de campaña y/o terreno; se inició con un tamizaje de la población estudio, con una selección según los criterios de inclusión y exclusión. La prueba tuvo una duración de 30 minutos por cadete, y se organizó así:

1. Selección de la población de estudio teniendo en cuenta criterios de inclusión y exclusión del evaluador.
2. Firma de consentimiento informado con riesgos, beneficios, protocolos de intervención, indicaciones y contraindicaciones de cada una de las pruebas.
3. Valoración de la composición corporal por medio de la máquina de bioimpedancia eléctrica marca SECA, valorando peso, talla e índice de masa corporal de forma objetiva.
4. Calentamiento en bicicleta ergométrica durante 10 minutos.
5. Evaluación de la fuerza isocinética de miembros inferiores, con una evaluación de la fuerza isocinética ejecutando flexoextensión de rodilla con límites de movilidad de 0-90 grados, teniendo en cuenta los siguientes parámetros de ejecución:
 - Fuerza, velocidad lenta: 60 grados por segundo ejecutando 5 repeticiones. (Clinical Aspect, 2014).

Una vez recopilados los datos, se ingresaron en una base de datos de Excel para Mac 16.51 y se aplicó estadística descriptiva incluyendo promedios, desviación estándar e intervalos de confianza, así como también Anova para las diferencias entre las variables. Se tuvo en cuenta la aplicación GraphPad Prism 9.1.2 en el diseño de los gráficos.



Tabla 1. Descripción de la muestra

Descripción de la muestra	
Número de participantes (n)	75
Edad (años)	19,76 ± 1,35
Estatura (m)	1,73 ± 0,06
Masa corporal (kg)	67,43 ± 6,67
Masa muscular (kg)	43,75 ± 2,26

Fuente: elaboración propia.

La muestra de estudio está conformada por 75 participantes con una edad promedio de 19,76 ± 1,35 años de edad, estatura de 1,73 ± 0,06, masa corporal de 67,43 ± 6,67 y masa muscular de 43,75 ± 2,26 que se pueden ver en la tabla 1.

En la tabla 2 se ven los niveles de asimetrías e imbalances al ejecutar la prueba de fuerza isocinética de rodilla mediante el pico torque y el cálculo de la ratio (relación del pico torque entre la fuerza realizada por los isquiotibiales y el cuádriceps). En la población de estudio se observa que los cadetes presentan ratios de 60,39% en el miembro inferior izquierdo (MII) y de 61,79% en el miembro inferior derecho (MID). Por otra parte, frente al análisis de las asimetrías se pudo notar mayor porcentaje de asimetría en extensores (9,72%) que en flexores (9%), siendo estos dos indicadores importantes referentes en la identificación de factores de riesgo de la lesión en la rodilla.

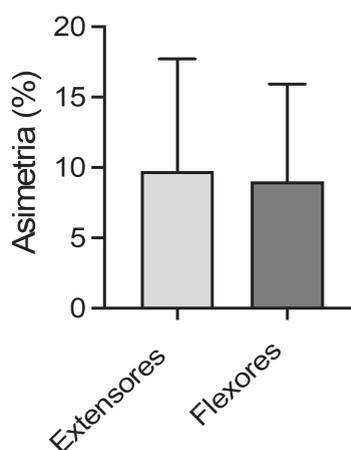


Figura 1. Asimetrías de los extensores y flexores 60°
Fuente: elaboración propia.

La figura 1 establece los niveles de asimetría entre flexores y extensores muestran niveles menores al 10%, lo que lo convierte en un importante indicador en el reconocimiento de lesiones deportivas y permite identificar que el

Tabla 2. Promedio y desviación estándar de asimetrías y balance muscular

Promedio y desviación estándar (intervalo de confianza al 95%)	
Asimetrías de los extensores de la rodilla (%)	9,72 ± 7,99 (7,91-11,53)
Asimetrías de los flexores de la rodilla (%)	9,00 ± 6,92 (7,43-10,57)
Ratio flexores-extensores de la pierna izquierda	60,39 ± 10,33 (58,05-62,72)
Ratio flexores-extensores de la pierna derecha	61,79 ± 8,27 (59,91-63,66)

Fuente: elaboración propia.



grupo de estudio no presenta riesgo de lesión en la rodilla por diferencias de fuerza entre segmentos.

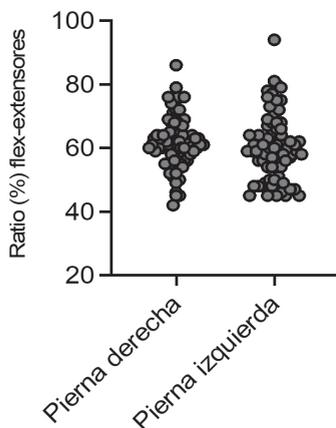


Figura 2. Balance de flexoextensores 60°
Fuente: elaboración propia.

En la figura 2 se establece la ratio entre flexores y extensores de rodilla, dejando en evidencia que gran parte del grupo poblacional presentó imbalances musculares de rodilla equivalentes a 0,60; en otros estudios se ha identificado que los índices superiores a 0,60 no tienen desequilibrios entre cuádriceps e isquiotibiales (Croisier *et al.*, 2008), siendo este un segundo indicador de posibles lesiones de rodilla a corto o mediano plazo.

Discusión

En el análisis detallado de los resultados se describieron varios puntos claves: al observar los valores de asimetría se encontró que los cadetes tuvieron mayor asimetría de extensores de rodilla (cuádriceps) con una diferencia de 0,72% entre extensores y flexores con proporciones de déficit entre un 9%-10%, lo que muestra que los cadetes tienen bajos niveles de lesión. En cuanto al balance muscular, que corresponde al equilibrio agonista/antagonista se observó que

los estudiantes mostraron un equilibrio muscular adecuado bilateralmente con una diferencia de 1,4%, datos que parecen demostrar un bajo riesgo de lesión muscular con índices balance equivalentes a 0,60-0,61, encontrándose este resultado dentro del estándar de normalidad. Estos son los primeros datos que se tienen de estas variables en cuanto a la población militar, teniendo en cuenta que la mayoría de los estudios realizados a escalas nacional e internacional en este tema han considerado la población de deportistas de diferentes modalidades como fútbol, ciclismo, deportes de combate y patinaje (Camels y Minaire, 1995; Chiquito-Freile, 2018; Coombs y Garbutt, 2002; Gioftsidoy *et al.*, 2006; Kaeding y Borchers, 2014; Knapik *et al.*, 1991). Aunque estas modalidades están lejos de poder ser comparadas con la actividad física que realizan los estudiantes en formación de la Esmic, vale la pena mencionar que los valores de simetría y balance muscular obtenidos en la población de estudio demuestran un equilibrio adecuado en la fuerza isocinética de los diferentes grupos musculares, toda vez que, por ejemplo, en el estudio de Gioftsidoy *et al.* (2006), realizado en futbolistas, se encontraron resultados con mayor asimetría tanto en flexores ($+15 \pm 7\%$) como en extensores ($+24 \pm 15\%$) con una diferencia de casi un 9% entre los grupos musculares, lo cual es un indicador que predispone a los deportistas a las lesiones osteomusculares.

Conclusión

Lo anterior nos permite concluir que el balance muscular cuádriceps/isquiotibiales del 60% indica que están fuera del riesgo de lesión, guardando una proporción adecuada entre los grupos musculares, con tendencia positiva hacia la pierna derecha. Así mismo, la asimetría de flexores y extensores presenta una diferencia



de 9%-10%, siendo este un segundo factor que indica niveles bajos de lesión de rodilla en el grupo de estudio, con una diferencia entre segmentos del 0,72%, lo que lo convierte en un referente para la población militar, en cuanto a la tendencia de fuerza máxima entre los grupos musculares.

La principal utilidad de los valores de referencia se fundamenta en futuros programas de prevención de lesiones osteomusculares de miembros inferiores en la población militar. Es importante continuar evaluando este tipo de variables en toda la población militar en formación y tener en cuenta que los niveles de preparación y exigencia física varían en la medida en que cambian de grado militar.

Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo. Los puntos de vista y los resultados de este artículo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Sobre el artículo

Artículo científico, derivado del proyecto de investigación institucional titulado “Valoración de la fuerza isocinética de músculos flexores y extensores de rodilla en cadetes de la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova.

Sobre los autores

Felipe Cleves Neuta es estudiante de octavo nivel de la Facultad de Educación Física Militar, grado alférez, vinculado al semillero de investigación Citius. Contacto: felipe.cleves@esmic.edu.co

María Camila Cruz Martínez es estudiante de octavo nivel de la Facultad de Educación Física Militar, grado alférez, vinculada al semi-

llero de investigación Citius. Contacto: maria.cruz@esmic.edu.co

Jenner Alberto Contreras Zúñiga es estudiante de octavo nivel de la Facultad de Educación Física Militar, grado alférez, vinculado al semillero de investigación Citius. Contacto: jenner.contreras@esmic.edu.co

Paula Janyyn Melo Buitrago es asesora, líder del semillero Citius, Facultad de Educación Física Militar; investigadora asociada vinculada al grupo Renfamil. Contacto: paula.melo@esmic.edu.co

Sebastián Felipe Arango Ramírez es asesor externo. Fisioterapeuta del Centro de Ciencias del Deporte, Ministerio del Deporte. Contacto: searango@mindeporte.gov.co

Referencias

- Calmels, P., & Minaire, P. A. (1995). Review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disabil Rehabil*, 17(6), 265-276.
- Chiquito-Freile, C. J. (2018). Valores de referencia de fuerza isocinética a 60°/segundo de extensores y flexores de rodilla en deportistas de selecciones de Colombia [tesis de especialización, Universidad del Bosque].
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(3), 56-62.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475.
- De Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J. J., & Domínguez-Cobo, S. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(1), 30-37.
- Dietrich, M. Klaus, C., & Klaus, L. (2001). *Manual de metodología de entrenamiento deportivo*. Paidotribo.
- Gioftsidou, A., Beneka, A., Malliou, P., Pafis, G., & Godolias, G. (2006). Soccer players' muscular



- imbalances: Restoration with an isokinetic strength training program. *Percept Mot Skills*, 103(1), 151-159.
- González, J. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza, aplicación al alto rendimiento deportivo*. INDE.
- Kaeding, C. C., & Borchers, J. R. (2014). *Hamstring and quadriceps injuries in athletes: A clinical guide*. Springer.
- Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 76-81.
- Peat, G., Bergknut, C., Frobell, R., Jöud, A., & Englund, M. (2014). Population-wide incidence estimates for soft tissue knee injuries presenting to healthcare in southern Sweden: Data from the Skåne Healthcare Register. *Arthritis Research & Therapy*, 16(4), R162.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Ríos Pinillos, C. D., Castro Jiménez, L. E., & Melo Buitrago, P. J. (2016). Lesiones derivadas del entrenamiento militar en los cadetes de 6.º nivel de la Escuela Militar José María Córdova. *Movimiento Científico*, 10(1), 19-28. <https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.10102>
- Rodríguez Gómez, J. S., Valenzuela Pinzón, J. A., Velasco Rodríguez, J. D., Castro Jiménez, L. E., & Melo Buitrago, P. J. (2016). Caracterización de las lesiones derivadas del entrenamiento físico militar. *Revista Cuidarte*, 7(1), 1219-1226.
- Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9(5), 313-321.
- Verkhoshansky, Y. (1999). *Todo sobre el método pliométrico. Medios y métodos para el entrenamiento y la mejora de la fuerza explosiva*. Paidotribo.
- Villalba, C., & Rut, L. (2016). *Limitación funcional por lesiones de rodilla en personal militar de la Base Aérea Las Palmas, Lima* [tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas].
- Walden, M., Häggglund, M., Werner, J., & Ekstrand, J. (2011). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): A review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 3-10.



Brújula. Semilleros de Investigación

Volumen 10, Número 19, enero-junio, 2022. pp. 26-40

Bogotá D. C., Colombia

ISSN 2346-0628 (en línea)

<https://doi.org/10.21830/23460628.107>

DOSIER

Diseño de un programa de flexibilidad en los miembros superiores para tenistas juveniles de alto rendimiento en la Escuela Colombiana de Rehabilitación

Sebastián Orlando Prieto Buitrago

Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación

Fabiola González Ortiz

Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación

RESUMEN

El tenis se ubica como una de las potencias del deporte de competición a nivel mundial. Es fundamental trabajar la flexibilidad a una edad temprana para prevenir desórdenes y/o alteraciones del rango de movilidad articular (ROM) de la articulación glenohumeral. El objetivo fue identificar los posibles déficits del ROM en el hombro y el codo y la flexibilidad. Ocho tenistas juveniles masculinos competitivos sanos con una media \pm DE: edad $16,3 \pm 2,1$ años, peso $57,7 \pm 4,3$ kg, altura 169 ± 10 cm participaron en este estudio. Los resultados de goniometría demostraron un déficit significativo en el ROM de las articulaciones del hombro y del codo. Se concluye la necesidad de combinar diferentes tipos de estiramientos, como estáticos activos asistidos y dinámicos de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP) que aumenten el ROM del hombro y del codo.

PALABRAS CLAVE

Deporte de raqueta, ejercicios de estiramiento muscular, flexibilidad, rango de movimiento articular, miembro superior, tenis.

CITACIÓN

Prieto, S., & González, F. (2022). Diseño de un programa de flexibilidad en los miembros superiores para tenistas juveniles de alto rendimiento en la Escuela Colombiana de Rehabilitación. *Revista Brújula de Investigación*, 10(19). 26-40. <https://doi.org/10.21830/23460628.107>

Recibido: 8 de febrero de 2022

Aceptado: 9 de mayo de 2022

Contacto: Fabiola González Ortiz ✉ Fabiola.gonzalez@ecr.edu.co



Introducción

En los deportes de raqueta es muy importante para los atletas contar con unas capacidades condicionales correctas, especialmente la flexibilidad en los miembros superiores que respalden la ejecución de movimientos repetitivos por encima de la cabeza; normalmente estos generan tensión que altera el ROM de rotación interna del hombro dominante, en comparación con el lado no dominante. La disminución de flexibilidad en el hombro conlleva a un alto desgaste y reducción en el rendimiento deportivo, también aumenta el riesgo de padecer lesiones en la articulación glenohumeral (Ching-Cheng Chiang *et al.*, 2016).

Los tenistas adolescentes necesitan tener suficiente flexibilidad en la articulación glenohumeral con el fin de lograr las cadenas cinéticas de un golpe o servicio de tenis (Bi-Fon *et al.*, 2018). El trabajo de flexibilidad en una edad temprana es fundamental para prevenir desórdenes y/o alteraciones del ROM de la articulación glenohumeral para evitar lesiones comunes en la práctica deportiva del tenis; también ayuda a la mejora del rendimiento deportivo así este no pueda ser visto o concebido como un atributo predominante. Por esto se plantea la necesidad de analizar e investigar las causas y consecuencias del déficit en el ROM de miembro superior en tenistas juveniles y si estas tienen impacto en el rendimiento deportivo.

Al entender la importancia de mantener una flexibilidad óptima en el desarrollo deportivo competitivo en tenistas juveniles, el objetivo de este proyecto fue identificar los posibles déficits del ROM en el hombro y el codo y la flexibilidad de los músculos del hombro en 8 deportistas, con el fin de diseñar un programa de flexibilidad enfocado en los miembros superiores para tenistas juveniles de alto rendimiento

pertenecientes a una práctica formativa de la Escuela Colombiana de Rehabilitación.

Marco teórico

El tenis es una de las potencias del deporte de competición a nivel mundial, involucra jugadores de todas las edades, quienes en todas sus categorías deben viajar, por ejemplo, en la clasificación juvenil se cuenta con 397 torneos en 118 países (USTA, 2014). La inmensa carga de movimiento articular, biomecánica específica y fuerza muscular de la cintura escapular durante la realización de gestos deportivos por encima de la cabeza, conlleva la generación de adaptaciones netamente del deporte a zonas como la articulación glenohumeral y escapulotorácica (Cools *et al.*, 2010).

La capacidad física de flexibilidad posibilita incrementar la amplitud de los movimientos articulares y musculares de un individuo, aspecto que permite mejorar el rendimiento deportivo de forma directa e indirecta en numerosos deportes (Bermeo, 2020). Para el caso de la flexibilidad muscular, esta se identifica como la capacidad de un músculo para poder ser estirado sin sufrir daños, por lo cual está determinada por el espectro del movimiento muscular (Morales y González, 2015).

El hombro presenta una tasa de lesión bastante alta en aquellos deportistas que practican deportes con actividad repetitiva, lanzamientos y servicios por encima de la cabeza. Esto como consecuencia de la falta de estabilidad del hombro, a expensas de movilidad como característica principal, lo que hace que se generen grados variables de pinzamiento secundario asociados a inestabilidad.

Es fundamental comprender la importancia de mantener un equilibrio entre los estabilizadores dinámicos y estáticos del hombro y la identificación prematura de los factores de



riesgo que impliquen desarrollar lesiones en la articulación glenohumeral, todo con la finalidad de implementar proyectos de rehabilitación preventiva con el propósito de mejorar el rendimiento deportivo y mantener a los deportistas en competencia (De la Rosa-Morillo *et al.*, 2019). Por esto se recomienda la aplicación de estiramientos de la cápsula articular posterior para corregir el déficit de rotación interna glenohumeral, generar una disminución en el arco de movimiento total y la aducción horizontal. El estiramiento del durmiente con manejo de estabilización escapular y de hombro en el plano escapular se puede llevar a cabo para este fin. Estas rutinas de estiramiento frecuente y suave han demostrado mejores resultados en el aumento del ROM de hombro que el estiramiento agresivo. Por lo tanto, el estiramiento muy fuerte puede ser nocivo y producir nuevas lesiones en la articulación.

Un deportista de alto rendimiento necesita mantener un ROM adecuado en los complejos musculares y articulares, específicamente en las articulaciones de miembro superior (MMSS) para los tenistas, es importante tanto para los deportistas de alto rendimiento como para los no deportistas aficionados o no deportistas en todas las edades. Las consecuencias para la salud y el desempeño de una flexibilidad inadecuada son bien conocidas en el ámbito deportivo. En el deporte existen aspectos fundamentales que llevarán al éxito deportivo, tales como el entrenamiento táctico, psicológico y físico, en el que se ubica el trabajo de fuerza, resistencia y flexibilidad. A pesar de las recomendaciones del American College of Sports Medicine (Riebe *et al.*, 2018), en las que plantea que los ejercicios de estiramiento deben usarse en los programas de entrenamiento con el fin de mejorar los elementos fundamentales de la condición física y la salud en los deportistas, la información cien-

tífica sobre las respuestas del entrenamiento de flexibilidad en los tenistas es escasa.

Para producir un contacto raqueta-bola efectivo y potente, los deportistas deben generar una transferencia de fuerzas dadas desde el suelo con dirección ascendente, mediante la cadena cinética que es una compilación de movimientos de extremidades y articulaciones de tobillo, rodilla, cadera, hombro, codo y muñeca, antes de lograr impactar la pelota (Kovacs y Ellenbecker, 2011). Se debe comprender la importancia de la articulación glenohumeral del hombro dominante en las fases de preparación, aceleración y seguimiento de un golpe de tenis, con una correcta rotación glenohumeral en el hombro dominante que es fundamental para los tenistas en su rendimiento deportivo (Chandler *et al.*, 1990). Se tiene en cuenta que la rotación glenohumeral interna es importante y porta a la velocidad lineal media de la velocidad de la raqueta (Cools *et al.*, 2010).

Los tenistas jóvenes necesitan una vigilancia periódica de la flexibilidad del hombro, ya que la rotación glenohumeral eficiente podría ser beneficiosa para la biomecánica del golpe de tenis, así como la prevención de lesiones en el hombro.

Métodos

Ocho tenistas juveniles masculinos competitivos, sanos y clasificados a nivel nacional (media \pm DE: edad 16,3 \pm 2,1 años, peso 57,7 \pm 4,3 kg, altura 169 \pm 10 cm) participaron en este estudio. Los sujetos se dividieron en un único grupo de entrenamiento ($n = 8$). Todos los deportistas participaron en promedio 21,25 h de entrenamiento combinado (es decir, dentro y fuera del club) por semana.

El programa se centró en el desarrollo y la mejora de la capacidad condicional de la flexibilidad en MMSS específica del tenis, que



incluían ejercicios estáticos asistidos y dinámicos asistidos. Ninguno de los deportistas intervenidos en el estudio tenía experiencia especial en entrenamiento de flexibilidad de MMSS, contaban solo con sesiones normales del entrenamiento cotidiano del tenis como deporte. Todos los deportistas tenían un mínimo de 5 años de entrenamiento anterior específico para el tenis. Los criterios de inclusión para todos los participantes requerían que fueran jugadores de tenis sanos, sin antecedentes de cirugía en MMSS, sin rehabilitación durante los últimos 12 meses y sin participación en un programa formal de entrenamiento de flexibilidad de MMSS 2 meses antes del estudio. Se obtuvo el asentimiento informado de forma escrita de los jugadores y el consentimiento informado de sus padres también (asentimientos y consentimientos de elaboración propia).

Este estudio examinó los efectos de un programa de entrenamiento de la flexibilidad en MMSS de 8 semanas con relación al déficit del ROM en el hombro y el codo sobre la velocidad de lanzamiento en tenistas juveniles.

Mediciones

Escala análoga verbal de dolor: para la valoración de dolor en el hombro, el codo, la muñeca, la escápula, la espalda alta y la espalda baja, la cual se divide en 11 categorías numéricas de 0 a 10, en la que 0 se toma como ausencia de dolor y 10 como dolor máximo.

Movilidad articular pasiva: para la valoración se ubica al paciente de decúbito supino en la camilla y se realizan los movimientos anatómicos correspondientes a cada articulación individual de MMSS (codo y hombro) de forma pasiva, con el fin de encontrar las respuestas fisiológicas del movimiento. Se divide en dos: fisiológica, la cual se subdivide en (1) contacto compresivo, (2) alargamiento elástico y (3) cho-

que óseo; no fisiológica, la cual se subdivide en (1) capsular, (2) contracción muscular protectora, (3) sin restricción estructural, (4) impacto óseo y (5) de rebote.

El ROM: se midió siguiendo los métodos de Ellenbecker *et al.* (2014) con el deportista acostado en decúbito supino sobre la camilla, y se utilizó un goniómetro 360° de 12», con dos brazos superpuestos ajustables; para valorar la flexibilidad de utilizó la goniometría descrita en el libro de Palmer (2002), la cual se fue realizada en MMSS (codo y hombro).

La flexión del hombro y el movimiento en la articulación del hombro (glenohumeral) se produce en el plano sagital. El paciente permanece en posición supina, con las caderas y las rodillas flexionadas. Los pies reposan planos sobre la camilla para prevenir la hiperextensión de la columna vertebral lumbar. La palma de la mano y el antebrazo están pronados. ROM de 0° a 180°, alineación goniométrica: brazo fijo colocado a lo largo de la línea media axilar del tronco, en línea con el trocánter mayor del fémur; brazo móvil colocado a lo largo de la línea media longitudinal lateral del húmero, en línea con el epicóndilo lateral del húmero.

La extensión del hombro es el retorno del movimiento de flexión. En el plano sagital, el paciente permanece en posición prono con la cabeza cómodamente colocada sin almohada. La articulación del hombro está en la posición anatómica, con el codo ligeramente flexionado. ROM de 0° a 50°, alineación goniométrica: brazo fijo colocado a lo largo de la línea media axilar del tronco, en línea con el trocánter mayor del fémur. Brazo móvil colocado a lo largo de la línea media longitudinal lateral del húmero, en línea con el epicóndilo lateral del húmero.

La abducción de la articulación del hombro se produce en el plano frontal. El paciente está en posición supina con las caderas y las rodillas



flexionadas y los pies planos encima de la camilla. El miembro superior que va a ser evaluado se coloca en la posición anatómica. La articulación del codo permanece extendida. ROM de 0° a 180° , alineación goniométrica: brazo fijo colocado en la cara lateral de la superficie anterior del pecho, paralelo a la línea media del esternón. Brazo móvil colocado en la cara lateral del brazo, paralelo a la línea media del húmero, en línea con el epicóndilo medial del húmero.

La aducción horizontal de la articulación glenohumeral tiene lugar en el plano transversal. Paciente sentado. La articulación del hombro está abducida 90° y el codo flexionado 90° . La articulación del hombro está también posicionada en rotación neutra. ROM de 0° a 120° , alineación goniométrica: brazo fijo a lo largo de la línea media del hombro, hacia el cuello (el brazo del goniómetro debe ser corto), brazo móvil a lo largo del eje medio del húmero, en línea con el epicóndilo lateral del húmero.

La abducción horizontal en la articulación del hombro se realiza en el plano transversal. El paciente se sienta con la articulación del hombro en rotación neutra, flexionado a 90° y el codo se flexiona 90° . ROM de 0° a 120° , alineación goniométrica: brazo fijo alineado en la línea media del hombro. Hacia el cuello. El brazo del goniómetro debe ser corto, brazo móvil. A lo largo del eje medio del húmero, en línea con el epicóndilo lateral del húmero.

En la rotación interna del hombro, el movimiento se realiza en el plano transversal. El paciente permanece en posición supina, con las rodillas flexionadas y las plantas de los pies sobre la camilla. La articulación del hombro está abducida y el codo flexionado 90° . El antebrazo se encuentra en una posición media entre supinación y pronación y está colocado perpendicularmente a la superficie de la camilla. Todo el húmero se apoya en la camilla. Sería nece-

sario colocar una toalla debajo del brazo para mantenerlo en el nivel adecuado. ROM de 0° a 90° , alineación goniométrica: brazo fijo. Colocado paralelo a la superficie de la camilla o perpendicular al suelo. Brazo móvil. A lo largo de la cabeza del cúbito, dirigido hacia la apófisis estiloides del cúbito.

Rotación externa del hombro, el movimiento de rotación lateral del hombro tiene lugar en el plano transversal. ROM de 0° a 90° , la posición y la alineación goniométrica es la misma que la descrita para la rotación interna de la articulación del hombro.

La flexión de codo. El movimiento de prueba ocurre en el plano sagital. El paciente permanece en posición supina, con la extremidad superior paralela a la línea media lateral del tronco y el antebrazo en la posición anatómica. El brazo está colocado tan cerca del tronco como sea factible. ROM de 0° a 145° , alineación goniométrica: brazo fijo. Colocado a lo largo de la línea media lateral del húmero, en línea con la apófisis acromial de la escápula. Brazo móvil. Colocado a lo largo de la línea media lateral del radio, en línea con la apófisis estiloides del radio.

La extensión del codo es retorno desde la flexión de la articulación del codo, tiene lugar en el plano sagital. El paciente está en posición supina, con el brazo paralelo a la línea medial lateral del tronco y el antebrazo en supinación. ROM de 145° a 0° , la alineación goniométrica es la misma descrita para la flexión de la articulación del codo.

Pronación radio cubital, el movimiento de pronación tiene lugar en el plano transversal. El paciente está sentado o permanece en posición supina, con el codo flexionado aproximadamente 90° y con el brazo mantenido cerca del lateral del tronco, el antebrazo se coloca a medio camino entre la supinación y la pronación. ROM



de 0° a 90°, alineación goniométrica: brazo fijo colocado a nivel de la cara dorsal de la muñeca y paralelo al eje largo del húmero, con el transportador dirigido fuera del tronco, a la altura de la muñeca. Brazo móvil colocado en línea a través del dorso de la muñeca, proximal a las apófisis estiloides del radio y del cúbito.

La supinación radio cubital, el movimiento ocurre en el plano transversal. El paciente está sentado o echado en posición supina, con el codo flexionado 90° y el brazo mantenido cerca del costado, el antebrazo está colocado a medio camino entre la supinación y la pronación. ROM de 0° a 90°, la alineación goniométrica es la descrita para la pronación.

Se utilizó la prueba de extensión de brazos y manos descrita por Chiang, et al. (2016). El objetivo de esta prueba es valorar la flexibilidad del hombro y de la muñeca. En este test el deportista debe estar boca abajo y sobre el suelo, con los brazos completamente extendidos por encima de la cabeza, sosteniendo un metro de madera con las dos manos y mante-

niéndolas separadas con una anchura igual a la de los hombros. Levantar la regla lo más alto posible mientras se mantiene el mentón tocando el suelo, para obtener la medida de la prueba. Luego se debe medir la longitud del brazo desde la prominencia acromial hasta la punta de los dedos y restar esta al mejor intento de la prueba. Será nula cualquier ejecución en la que se produzca separación, elevación de cadera, pies o mentón del suelo. Para esta prueba se requiere de un medidor vertical y una barra.

Programa de entrenamiento

Para ser incluido en los análisis de datos los deportistas debían asistir a más del 90% de las sesiones de formación. El programa de entrenamiento fue de aproximadamente 30 a 40 minutos de duración y se realizó 3 veces por semana, durante 8 semanas. Todas las sesiones fueron realizadas después del entrenamiento diario correspondiente a la jornada de tenis, las sesiones se repetían a lo largo de la semana e iban cambiando con el paso de una nueva semana.

Tabla 1. Distribución de trabajo por semanas

Semanas	Programación de las tareas	Flexibilidad
1	Aplicación formato de valoración a 8 deportistas	Valoración flexibilidad de MMSS (codo y hombro)
2	Tareas de flexibilidad: ejercicios de flexibilidad estático en pectoral, deltoides, tríceps, infraespinoso y trapecio	
3	Tareas de flexibilidad: ejercicios de flexibilidad estático activo asistido en pectoral, deltoides, tríceps, infraespinoso y trapecio	
4	Ejercicios de flexibilidad dinámica, contraer relajar con activación del agonista. FNP en dorsal ancho, deltoides anterior, supinador, pronador	Aumento de la longitud muscular y eficacia del movimiento
5	Tareas de flexibilidad: ejercicios de flexibilidad estático en infraespinoso y trapecio	
6	Estiramientos FNP contraer relajar con contracción del agonista (bíceps braquial, tríceps, pectoral, dorsal ancho, deltoides anterior, supinador)	
7	Estiramiento FNP, contraer- relajar con activación del agonista (bíceps braquial, tríceps, pectoral, dorsal ancho, deltoides anterior, supinador)	
8	Estiramientos estáticos, activos asistidos (estiramiento del durmiente y de aducción transversal)	Valoración flexibilidad de MMSS (codo y hombro)

Fuente: elaboración propia.



La primera y segunda semanas consistieron en estiramientos estáticos activos asistidos: *one-arm pectoralis stretch*, *one-arm deltoid stretch*, *one-arm triceps stretch*, cada deportista realizó 2 repeticiones durante 30 segundos (estiramiento del durmiente, estiramiento de aducción transversal); cada deportista realizó 2 repeticiones durante 120 segundos.

La tercera semana consistió en estiramientos estáticos activos asistidos: estiramiento de pectoral en sedente, con apoyo de mano en supinación contra la camilla; estiramiento del deltoides en bípedo, con ayuda del brazo contrario; estiramiento del tríceps en bípedo, con apoyo de codos a 90° de flexión y muñecas en supinación contra la camilla; estiramiento de extensor radial del carpo en cuatro apoyos, muñecas en pronación apuntando hacia el dorso del cuerpo; estiramiento del braquiorradial en bípedo, con agarre en pared con muñeca en neutro con el dorso de la muñeca apuntando a la línea media del cuerpo; estiramiento del pronador redondo, con agarre en pared con muñeca en neutro con el dorso de la muñeca apuntando a la línea externa del cuerpo. Cada deportista realizó 2 repeticiones durante 30 segundos (estiramiento del durmiente, estiramiento de aducción transversal); cada deportista realizó 2 repeticiones durante 120 segundos.

La cuarta semana consistió en estiramientos estáticos activos asistidos: estiramiento de pectoral en sedente, con apoyo de mano en supinación contra la camilla, estiramiento del deltoides en bípedo, con ayuda del brazo contrario; estiramiento del tríceps en bípedo, con apoyo de codos a 90° de flexión y muñecas en supinación contra la camilla; estiramiento de extensor radial del carpo en cuatro apoyos, muñecas en pronación apuntando hacia el dorso del cuerpo; estiramiento del braquiorradial en bípedo, con agarre en pared con muñeca en neutro con el

dorso de la muñeca apuntando a la línea media del cuerpo; estiramiento del pronador redondo, con agarre en pared con muñeca en neutro con el dorso de la muñeca apuntando a la línea externa del cuerpo. Cada deportista realizó 2 repeticiones durante 30 segundos (estiramiento del durmiente, estiramiento de aducción transversal); cada deportista realizó 2 repeticiones durante 120 segundos. Estiramientos FNP, contraer relajar con activación del agonista (bíceps braquial y tríceps), comenzar con un estiramiento suave hasta un punto de molestia, contraer isométricamente el músculo estirado durante unos 10 segundos, relajación de la contracción durante 2 o 3 segundos, pero sin mover la postura, estirar unos grados más de movimiento y sostener la nueva posición unos 30 segundos, contraer y repetir el proceso. Cada deportista realizó 2 repeticiones.

La quinta, sexta y séptima semanas consistieron en estiramientos FNP, contraer, relajar con activación del agonista (bíceps braquial, tríceps, pectoral, dorsal ancho, deltoides anterior, supinador), comenzar con un estiramiento suave hasta un punto de molestia, contraer isométricamente el músculo estirado durante unos 10 segundos, relajación de la contracción durante 2 o 3 segundos pero sin mover la postura, estirar unos grados más de movimiento y sostener la nueva posición unos 30 segundos, contraer y repetir el proceso. Cada deportista realizó 2 repeticiones. Estiramientos estáticos, activos asistidos (estiramiento del durmiente, estiramiento de aducción transversal), cada deportista realizó 2 repeticiones durante 120 segundos.

La octava semana se hicieron estiramientos estáticos, activos asistidos (estiramiento del durmiente, estiramiento de aducción transversal), cada deportista realizó 2 repeticiones durante 120 segundos.



Resultados

De la caracterización realizada (tabla 2) correspondiente a la primera valoración se obtuvieron resultados dicentes para la frecuencia y los porcentajes de dolor de la Escala Visual Analógica (EVA) en la escápula izquierda, la espalda alta y la espalda baja, siendo la espalda baja la del resultado más alto (7) en un deportista y, la escápula izquierda y la espalda alta

con los resultados más bajos (0) en 6 deportistas cada una.

La goniometría de flexión del hombro izquierdo se presenta en la tabla 3, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -20° y el menor en -2° con respecto a la normalidad.

Tabla 2. Dolor EVA

Zona	Resultado	Frecuencia	Porcentaje (%)
Escápula izquierda	5	6	75
	4	1	12,5
	5	1	12,5
Espalda alta	0	6	75
	3	1	12,5
	4	1	12,5
Espalda baja	0	6	75
	4	1	12,5
	7	1	12,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Goniometría de flexión del hombro, interpretación izquierda

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-20	1	12,5
-14	1	12,5
-10	1	12,5
-9	1	12,5
-8	1	12,5
-4	2	25
-2	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.



La goniometría de extensión del hombro derecho se presenta en la tabla 4, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -10° y el menor en 4° con respecto a la normalidad. Los valores de -2° y 2° sobre la normalidad fueron los de mayor frecuencia (2).

La goniometría de aducción horizontal del hombro derecho se presenta en la tabla 5, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -22° y el menor en -5° con respecto a la normalidad. El valor de -12° acerca de la normalidad fue el de mayor frecuencia (2).

Tabla 4. Goniometría de la extensión del hombro, interpretación derecha

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-10	1	12,5
-8	1	12,5
-5	1	12,5
-2	2	25
2	2	25
4	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Goniometría de aducción horizontal del hombro, interpretación derecha

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-22	1	12,5
-20	1	12,5
-18	1	12,5
-12	2	25
-10	1	12,5
-8	1	12,5
-5	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.



La goniometría de abducción horizontal del hombro derecho se presenta en la tabla 6, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -20° y el menor en -2° con respecto a la normalidad. Los valores de -20° , -8° y -6° sobre la normalidad presentaron mayor frecuencia (2).

La goniometría de aducción del hombro izquierdo se presenta en la tabla 7, en la que se hallaron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -12° y el menor en -2° con respecto a la normalidad. El valor de -2° sobre la normalidad fue el de mayor frecuencia (3).

Tabla 6. *Goniometría de abducción horizontal del hombro, interpretación derecha*

Interpretación grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-20	2	25
-10	1	12,5
-8	2	25
-6	2	25
-2	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. *Goniometría de aducción del hombro, interpretación izquierda*

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-12	1	12,5
-10	1	12,5
-8	1	12,5
-6	1	12,5
-5	1	12,5
-2	3	37,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.



La goniometría de abducción del hombro izquierdo se presenta en la tabla 8, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -60° y el menor en 0° con respecto a la normalidad. El valor de -8° sobre la normalidad fue el de mayor frecuencia (2).

La goniometría de rotación externa del hombro izquierdo se presenta en la tabla 9, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -12° y el menor en 0° en relación con la normalidad. Los valores de -6° y 0° con respecto a la normalidad fueron los que presentaron mayor frecuencia (3) y (2) respectivamente.

Tabla 8. Goniometría de abducción del hombro, interpretación izquierda

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-60	1	12,5
-48	1	12,5
-34	1	12,5
-16	1	12,5
-8	2	25
-2	1	12,5
0	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Goniometría de rotación externa del hombro, interpretación izquierda

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-12	1	12,5
-6	3	37,5
-4	1	12,5
-2	1	12,5
0	2	25
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.



La goniometría de rotación interna del hombro derecho se presenta en la tabla 10, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -30° y el menor en 2° referente a la normalidad. Los valores de -22° y -6° con respecto a la normalidad fueron los que presentaron mayor frecuencia (2).

La goniometría de flexión del codo derecho se presenta en la tabla 11, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -19° y el menor en 3° con respecto a la normalidad. El valor de -13 con respecto a la normalidad fue el de mayor frecuencia (3)

Tabla 10. Goniometría de la rotación interna del hombro, interpretación derecha

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-30	1	12,5
-22	2	25
-18	1	12,5
-10	1	12,5
-6	2	25
2	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Goniometría de la flexión del codo, interpretación derecha

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-19	1	12,5
-17	1	12,5
-13	3	37,5
-5	1	12,5
-3	1	12,5
3	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.



La goniometría de pronación del codo derecho se presenta en la tabla 12, en la que se encontraron amplios resultados que demuestran y afirman la disminución del ROM en la articulación, ubicando el mayor déficit en -32° y el menor en 6° con respecto a la normalidad.

La calificación, la frecuencia y los porcentajes de prueba de extensión de brazos y manos aparecen en la tabla 13. Se ubican los resultados en una calificación máxima de 64 en un participante y una mínima de 15 en otro.

Tabla 12. *Goniometría de la pronación del codo, interpretación derecha*

Interpretación en grados ($^\circ$)	Frecuencia	Porcentaje (%)
-32	1	12,5
-22	1	12,5
-20	1	12,5
-18	1	12,5
-14	1	12,5
-12	1	12,5
-10	1	12,5
6	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. *Prueba de extensión de brazos y manos, calificación*

Calificación	Frecuencia	Porcentaje (%)
15	1	12,5
17	1	12,5
35	1	12,5
36	1	12,5
37	1	12,5
40	1	12,5
42	1	12,5
64	1	12,5
Total	8	100

Fuente: elaboración propia.



Discusión

Los resultados mostraron la necesidad de implementar un proyecto de flexibilidad en MMSS en tenistas jóvenes, que permita lograr un mejor desempeño deportivo en el que se pueda ubicar la velocidad de servicio y la disminución del riesgo de una posible lesión por uso excesivo (Fernández-Fernández *et al.*, 2013). Queda en evidencia que el dolor con niveles más altos se ubica en la espalda baja con un resultado de 7, presentado en la tabla 2. No obstante, la población se encuentra ubicada en la frecuencia más alta (6) con resultado 0 de dolor. Por esto no se toma el dolor como un valor relevante o influyente en el déficit de ROM en el hombro y el codo. Al correlacionar la falta de información científica de análisis de dolor en relación con el déficit de ROM se confirma que el dolor no es una variable significativa en las variaciones de resultados en el ROM.

Los resultados de las goniometrías (tablas 3 a 12) demostraron un déficit significativo en el ROM de las articulaciones del hombro y el codo, en la abducción del hombro (tabla 8). Se encontraron los resultados con mayor déficit de ROM (-60°) con respecto a la normalidad, movimiento fundamental en la realización del gesto técnico de saque en tenis, comparando con la evidencia científica disponible. Fernández-Fernández *et al.* (2013) nos plantean que el compromiso principal de déficit de ROM se encuentra en la rotación externa e interna del hombro, no obstante, los resultados del estudio no ubican en primer lugar la rotación externa e interna del hombro (tablas 9 y 10), con el resultado más alto (-30) para rotación externa del hombro izquierdo, por lo cual se debe implementar un programa de entrenamiento de flexibilidad (Carter *et al.*, 2007; Wooden *et al.*, 1992).

Conclusión

En conclusión, este estudio mostró la necesidad de implementar un programa de flexibilidad de MMSS en el hombro y el codo a corto plazo de 8 semanas para los deportistas juveniles del tenis, combinando diferentes tipos de estiramientos, como estáticos activos asistidos y dinámicos FNP, con el fin de disminuir el déficit del ROM en el hombro y el codo, y generar una reducción significativa de lesiones por uso repetitivo.

Se plantea la necesidad de llevar a cabo más programas de flexibilidad de corte investigativo sobre el hombro y el codo en tenistas, que sustenten las causas y consecuencias del déficit de ROM en estas articulaciones con respecto al rendimiento deportivo.

Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo. Los puntos de vista y los resultados de este artículo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Sobre el artículo

Este artículo hace parte de los resultados de caracterización del proyecto de investigación “Programa de flexibilidad en miembro superior para tenistas juveniles” de la Escuela Colombiana de Rehabilitación.

Sobre los autores

Sebastián Orlando Prieto Buitrago es estudiante de último año, pasante en fisioterapia de la Escuela Colombiana de Rehabilitación. Contacto: sebastian.prieto@ecr.edu.co

Fabiola González Ortiz es docente de la Escuela Colombiana de Rehabilitación. Fisioterapeuta de la Universidad Manuela Beltrán,



especialista en Ejercicio Físico para la Salud de la Universidad del Rosario, magíster en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física de la Universidad Nacional de Colombia). Contacto: Fabiola.gonzalez@ecr.edu.co

Referencias

- Bailey, L. B., Thigpen, C. A., Hawkins, R. J., Beattie, P. F., & Shanley, E. (2017). Eficacia de la terapia manual y el estiramiento para jugadores de béisbol con déficit de rango de movimiento en los hombros. *Salud Deportiva*, 9(3), 230-237. <https://doi.org/10.1177/1941738117702835>
- Bi-Fon, C., Chia-Che, L., & Hsiao-Yun, C. (2018). Characteristic of shoulder and hip rotation range of motion in adolescent tennis players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(4), 450-456.
- Carter, A., Kaminski, T., Douex, A., Jr., Knight, C., & Richards, J. (2007). Efectos del entrenamiento pliométrico de alto volumen de las extremidades superiores sobre la velocidad de lanzamiento y las relaciones de fuerza funcional de los rotadores del hombro en jugadores universitarios de béisbol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 208-215.
- Chandler, T., Kibler, W., Uhl, T., Wooten, B., Kiser, A., & Stone, E. (1990). Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(2), 134-136.
- Ching-Cheng Chiang, C.-C. H., Jinn-Yen, C., Weng-Cheng, C., & Jong-Chang, T. (2016). Flexibility of internal and external glenohumeral rotation of junior female tennis players and its correlation with performance ranking. *The Journal of Physical Therapy Science*, 28(12), 3296-3299.
- Cools, A., Johansson, F., Cambier, D., Velde, A., Palmans, T., & Witvrouw, E. (2010). Descriptive profile of scapulothoracic position, strength and flexibility variables in adolescent elite tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(9), 678-684. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.070128>
- De la Rosa-Morillo, F., Galloza-Otero, J. C., & Mícheo, W. (2019). Rehabilitación del hombro doloroso en el atleta joven. *Rehabilitación*, 53(2), 85-92.
- Ellenbecker, T., & Roetert, E. (2004). An isokinetic profile of trunk rotation strength in elite tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1959-1963.
- Fernández-Fernández, J., Ellenbecker, T., Sanz-Rivas, D., Ulbricht, A., & Ferrautia, A. (2013). Effects of a 6-week junior tennis conditioning program on service velocity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(2), 232-239. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761833/>
- Jiménez Bermeo, L. M. (2020). *Potenciación de la capacidad de flexibilidad en gimnastas masculinos categorías menores de la escuela de gimnasia artística "Retos de Loja"* [tesis de maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
- Kovacs, M., & Ellenbecker, T. (2011). An 8-stage model for evaluating the tennis serve: implications for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health*, 3(6), 504-513.
- Morales, S. C., & González, S. A. (2015). *Preparación física y deportiva*. Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Palmer, M., Marcia, E. (2002) Fundamentos de las técnicas de evaluación musculoesquelética. Ed Paidotribo.
- Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., Magal, M., & American College of Sports Medicine (Eds.). (2018). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Wolters Kluwer.
- USTA. (2014). *Official rules of tennis*. Triumph Books.
- Wooden, M., Greenfield, B., Johanson, M., Litzelman, L., Mundrane, M., & Donatelli, R. (1992). Efectos del entrenamiento de fuerza en la velocidad de lanzamiento y el rendimiento de los músculos del hombro en jugadores de béisbol adolescentes. *Journal of Orthopaedic Sports and Physical Therapy*, 15, 223-228.



Brújula. Semilleros de Investigación

Volumen 10, Número 19, enero-junio, 2022. pp. 41-53

Bogotá D. C., Colombia

ISSN 2346-0628 (en línea)

<https://doi.org/10.21830/23460628.108>

DOSIER

Efectos de un programa físico en el componente motriz valorado a partir del cribado de movimiento funcional (FMS) en estudiantes universitarios

David Alejandro González Bustamante

Universidad del Valle

Daner Felipe Parra Martínez

Universidad del Valle

Francisco Antonio Amú Ruiz

Universidad del Valle

RESUMEN

Mediante la investigación se analizaron los efectos de un programa de ejercicio físico en la condición motriz de la comunidad universitaria durante la pandemia (COVID-19). Se aplicó en una muestra de 659 estudiantes que completaron las 7 pruebas del cribado de movimiento funcional (FMS). El resultado parcial fue que el 15,02% de los estudiantes se encontraban en el rango de mayor riesgo de lesión con actividad física; al finalizar la intervención en la población universitaria se tiene como resultado positivo la reducción del 11,53% en este rango y que un 96,51% de los estudiantes participantes culminaron el programa de ejercicio físico con un menor riesgo de lesión con actividad física, según los parámetros del FMS. Así se concluye que un programa de ejercicio físico tiene un efecto protector en el componente motriz

PALABRAS CLAVE

Cribado, ejercicio físico, estudiantes, lesión, limitación de la movilidad, movimiento.

CITACIÓN

González, D., Parra, D., & Amú, F. (2022). Efectos de un programa físico en el componente motriz valorado a partir del cribado de movimiento funcional (FMS) en estudiantes universitarios. *Revista Brújula de Investigación*, 10(19), 41-53. <https://doi.org/10.21830/23460628.108>

Recibido: 2 de febrero de 2022

Aceptado: 1 de abril de 2022

Contacto: Francisco Antonio Amú Ruiz ✉ francisco.amu@correounivalle.edu.co



Introducción

El cribado de movimiento funcional (FMS) es un sistema de detección que intenta permitir a los profesionales evaluar los patrones de movimiento fundamentales de un individuo. Este sistema de detección llena el vacío entre las pruebas de preparticipación/preselección y las pruebas de rendimiento mediante la detección de individuos en una capacidad dinámica y funcional, además, este sistema de cribado también puede proporcionar una herramienta crucial para ayudar a determinar la disposición de volver al deporte al terminar la rehabilitación después de una lesión o cirugía (Cook *et al.*, 2014). El FMS permite a los profesionales observar la funcionalidad y competencia de las tareas corporales con $1x$ *body weight* durante los movimientos fundamentales que incorporan movilidad, estabilidad y control motor (Cook *et al.*, 2014).

Como se mencionó, se encarga de la obtención del patrón de movimiento funcional y no tiene inferencia en la capacidad de rendimiento físico o desempeño deportivo, pues es posible encontrar individuos con óptimas condiciones físicas y deportivas, pero con dificultades funcionales no observables a simple vista (Bird *et al.*, 2010). Por lo tanto, el FMS no tiene la intención de ser una evaluación, simplemente es una herramienta fácil de usar para identificar movimientos cuestionables que entran en una categoría disfuncional (Cook *et al.*, 2014).

El FMS se compone de siete pruebas fundamentales del patrón del movimiento que requieren un equilibrio entre la movilidad y la estabilidad (control neuromuscular/control motor). Estos patrones de movimiento fundamentales son diseñados para proporcionar un rendimiento observable de movimientos locomotores, manipuladores y estabilizadores, al detectar asimetrías o desequilibrios posibles

en el lado derecho o izquierdo del cuerpo, la carencia de la amplitud común o una capacidad neuromotora pobre (Cook *et al.*, 2010, p. 132). Las pruebas colocan al individuo en posiciones extremas en las que las debilidades y el desequilibrio se hacen notables si no se utilizan la estabilidad y la movilidad adecuada.

Los ejercicios que componen el FMS son (1) sentadilla profunda, (2) obstáculo de paso, (3) tijera, (4) movilidad de hombros, (5) elevación activa de la pierna en extensión, (6) estabilidad de tronco *push-up*, y (7) estabilidad rotacional. La escala de calificación total oscila entre cero (0) y veintiuno (21), en la que se busca detectar asimetrías o desequilibrios y no se pretende encontrar calificaciones perfectas en los evaluados. A su vez, cuando se utiliza como parte de una evaluación integral, el test FMS puede conducir a recomendaciones individualizadas, específicas y funcionales para los protocolos de aptitud física en grupos de población atlética y activa (Cook *et al.*, 2014).

La declaración adoptada por la Asociación Americana de Fisioterapia en el 2013 define que el FMS es una evaluación importante porque “permite transformar a la sociedad optimizando el movimiento para mejorar la experiencia humana”. Florence Kendall, PT, FAPTA, quien es considerada la “madre” de la fisioterapia, define el sistema de movimiento como un sistema fisiológico que trabaja para producir el movimiento del cuerpo en su conjunto o de sus partes componentes, y que el FMS es una herramienta confiable que se puede utilizar tanto al final del proceso de rehabilitación como al comienzo de un nuevo esfuerzo de acondicionamiento físico o acondicionado (Cook *et al.*, 2014).

Teniendo en cuenta las características del FMS nos formulamos las preguntas: ¿Qué efectos puede tener un programa físico en el



componente motriz?, ¿podría este tener una mejoría? Cabe destacar que en el campo de la investigación deportiva universitaria el FMS probablemente ha producido efectos tangibles (Alfonso-Mora, 2017; Dorrel *et al.*, 2018; González *et al.*, 2015). Según Dorrel *et al.* (2018), el FMS se aplicó en atletas universitarios que mostraron un cierto grado de eficiencia en un metaanálisis de sensibilidad; el 63% de los sujetos fueron detectados con eficiencia como “los verdaderamente positivos” que más adelante sufrieron una lesión, por lo que este estudio también recomendó ajustar la puntuación del análisis (≤ 15) con respecto a la población en la que se trabaja y el posible objetivo, ya que su especificidad fue inferior al 50%, algo que no se considera del todo positivo (Dorrel *et al.*, 2018).

Por otro lado, en la Universidad del Valle de México se propuso la FMS como una prueba diagnóstica que busca encontrar limitaciones de movimiento mediante la comparación de atletas de diferentes disciplinas. Esto dio lugar a un estudio que destacó que tener una flexibilidad óptima, medida en el rendimiento funcional de los individuos, se traduce en una disminución significativa en el riesgo de lesión. A su vez, se afirma que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos de la prueba FMS en las diferentes disciplinas deportivas. Se encontró que aproximadamente el 20% de los 46 jóvenes estudiados sintieron dolor al tomar la prueba, inmediatamente se recomendó la suspensión de las actividades deportivas para centrarse en un tratamiento médico-deportivo para reducir el riesgo de lesión. Finalmente, es importante destacar que en aquella prueba FMS se presentó un bajo rendimiento, por lo que se sugirió la implementación de un programa de entrenamiento de tipo funcional para mejorar los resultados y reducir los riesgos de lesión (González *et al.*, 2015).

A nivel nacional existe evidencia sobre la reproducibilidad de las pruebas de FMS, específicamente en jugadores de fútbol aficionados de la Universidad de la Sabana de Colombia, donde una muestra de 36 estudiantes asistió con regularidad a sesiones de entrenamiento de fútbol. El objetivo del estudio fue probar instrumentos válidos y confiables para la detección temprana de riesgos de lesiones; para la sostenibilidad también se decidió estudiar la reproducibilidad de la prueba FMS. Para analizar dicha reproducibilidad, la muestra fue determinada de acuerdo con (Saito *et al.*, 2006). Quienes encontraron la relación necesaria entre el número de evaluadores y el número de sujetos para los estudios de reproducibilidad, que fue adoptada para el informe y resultó una relación de 4 evaluadores por cada 36 sujetos a evaluar. Como resultado del estudio se determinó un grado interevaluador casi perfecto y una excelente estabilidad intraevaluadora. Al comparar el Índice Cintura-Cadera (ICC) entre diferentes estudios, diferenciando la aplicación en tiempo real frente a video.

A partir de esto se puede establecer que el ICC no presenta diferencias significativas entre la prueba en tiempo real en comparación con la prueba de video. Se podría afirmar que la prueba FMS es reproducible como una herramienta para la detección del riesgo de lesiones en los jugadores de fútbol aficionados en función de los patrones de movimiento fundamentales. Es importante destacar que los autores afirman la falta de estudios de este tipo en Colombia y mencionan la efectividad de esta prueba en países como Estados Unidos. Además, mencionan la importancia de establecer pruebas de detección para el riesgo de lesión, pues, aunque actualmente las posibilidades y herramientas para la rehabilitación de lesiones son bastante buenas, la Federación Internacio-



nal de Fútbol Asociación (FIFA) afirma que las acciones deben centrarse en la prevención (Alfonso-Mora, 2017).

Se consideró que la contribución del FMS es valiosa para la investigación motriz de la población universitaria, ya que es un cribado de patrones de movimiento que visualiza la funcionalidad de la unión cinética del cuerpo, en lugar de mediciones aisladas con el fin de monitorizar el sistema de movimiento humano, para que este sea la piedra angular en la práctica de fisioterapeutas, la educación e investigación en todo el espectro de la metodología y la vida útil.

Marco teórico

El FMS se establece en primera instancia como un examen o test de tipo exploratorio para el componente motriz de los diferentes sujetos que sean sometidos a la prueba; esta herramienta de cribado es de autoría de Gray Cook, quien se desempeña como fisioterapeuta en ejercicio y se ha dedicado al desarrollo de técnicas de ejercicio para evaluación funcional. Los movimientos de prueba FMS fueron creados para su uso en cribado de movimientos fundamentales, basado en la prueba principal de conciencia propioceptiva y cinética en un movimiento específico, que requiere el funcionamiento adecuado del sistema de unión cinética del cuerpo. El modelo de enlace cinético, utilizado para analizar el movimiento, representa el cuerpo como un sistema vinculado de segmentos interdependientes. Los segmentos del cuerpo a menudo funcionan en una secuencia proximal a distal, con el fin de impartir una acción e iniciar un movimiento (Cook *et al.*, 2014).

El FMS asigna a la ejecución del ejercicio un resultado numérico. “0” significa que al realizar el patrón de movimiento hay dolor, “1” es cuando el sujeto no puede realizar el ejercicio, “2” indica que el sujeto realiza el ejercicio con

compensación y “3” es cuando el sujeto realiza los patrones de movimiento sin ninguna compensación (Cook *et al.*, 2014). Este sistema de puntuación ha generado cierta controversia desde la publicación del primer conjunto de artículos de FMS en el *North American Journal of Sports Physical Therapy*. Varios autores han investigado la fiabilidad de las puntuaciones de las pruebas de FMS tanto individualmente como con datos más amplios. A partir de esto, muchos han concluido que un valor de 21 puntos puede ser útil, ya que se ha demostrado que las restricciones a los movimientos que se consideran “aislados” han afectado a otros (Cook *et al.*, 2014).

Este cribado es una herramienta que puede ser utilizada para describir o caracterizar la competencia de movimiento de un individuo, por lo tanto, alcanzar una puntuación máxima de 21 no es el objetivo como tal, analizar los números superficialmente tampoco es suficiente. Sin embargo, es importante identificar asimetrías y “0” en la recopilación de datos (Cook *et al.*, 2014). El FMS ha demostrado que es posible trabajar desequilibrios funcionales luego de ser detectados para reducir la posibilidad de lesión en la población que obtiene un resultado negativo al realizar la prueba, que sería una cuenta menor de 14 puntos (Peate *et al.*, 2007).

Un aspecto importante de este sistema es la capacidad propioceptiva del cuerpo. Determinar qué factor de riesgo tiene una mayor influencia en las lesiones, lesiones previas o desequilibrios de estabilidad/movilidad es difícil. En cualquier caso, todos ellos pueden conducir a deficiencias de rendimiento funcional; (Cholewicki *et al.*, 1997) Demostraron que la estabilidad espinal limitada llevó a la compensación muscular, fatiga y dolor. (Gardner-Morse *et al.*, 1995) determinaron que las inestabilidades espinales resultan en cambios



degenerativos debido a las estrategias de activación muscular, que pueden interrumpirse debido a lesiones previas, rigidez o fatiga. Además, (Battie *et al.*, 1989) demostraron que las personas con dolor lumbar previo cambiaron el movimiento a una tasa significativamente menor que los individuos que no tenían dolor lumbar (Cook *et al.*, 2014).

A partir de estos estudios, un factor importante en la prevención de lesiones y la mejora del rendimiento es identificar rápidamente los déficits en simetría, movilidad y estabilidad para la creación de programas que permitan corregir los movimientos motores deteriorados a lo largo de la cadena cinética. La complejidad del sistema de vinculación cinética hace que la evaluación de debilidades sea utilizando métodos convencionales y estáticos complejos. Por esa razón, la utilización de pruebas de cribado funcional que incorporen todo el sistema de vinculación cinética es importante para identificar y describir deficiencias en el sistema (Cook *et al.*, 2014).

Teniendo esto claro es indispensable poder establecer si un determinado programa físico tiene la capacidad de reducir el riesgo de lesión, mediante el ejercicio y el entrenamiento de las diferentes capacidades físicas, usando de manera previa y posterior el FMS como prueba exploratoria motriz. Se parte desde el fenómeno vigente de la inactividad física que ha tenido un gran auge por las cuarentenas como medida de contingencia al COVID-19.

La ausencia de estudiantes en las aulas es algo preocupante porque evidentemente la vida se desarrolla de otra manera en los hogares, donde el individuo realiza actividades de menor esfuerzo que conllevan al sedentarismo. En los últimos años, numerosos estudios epidemiológicos y experimentales han confirmado que

la inactividad es causa de enfermedad y que existe una relación dosis/respuesta entre actividad física y/o forma física y mortalidad global. Las personas que mantienen unos niveles razonables de actividad, especialmente en la edad adulta y en la vejez, tienen una menor probabilidad de padecer enfermedades crónicas o una muerte prematura.

Por otra parte, hay que considerar los costes económicos en términos de enfermedad, ausencia del trabajo o sistemas de salud. Se calcula que los costes médicos de las personas activas son un 30% inferiores a los que ocasionan aquellas inactivas. Podemos afirmar que la actividad física contribuye a la prolongación de la vida y a mejorar su calidad por medio de beneficios fisiológicos, psicológicos y sociales (Márquez *et al.*, 2006). Nuestra propuesta fue reducir la inactividad física y evaluar desde un programa físico de 16 semanas si se puede intervenir en las condiciones motrices a pesar de la pandemia. Así mismo, establecimos cuatro objetivos específicos:

1. Reducir la inactividad física en la población universitaria causada por el sedentarismo en la pandemia COVID-19.
2. Evaluar las condiciones motrices y generar estrategias para la reducción de trastornos del movimiento a pesar de la pandemia COVID-19.
3. Caracterizar la condición motriz de la población universitaria para contextualizar las necesidades de salud física que ayuden a la evolución del bienestar universitario.
4. Valorar las asimetrías motrices en el movimiento bilateral y estimar el efecto que tiene un programa físico de 16 semanas en estas disimetrías.



Métodos

Muestra

Estudio experimental no controlado que evaluó los efectos del ejercicio físico en el aspecto motriz a estudiantes pertenecientes a una universidad colombiana, matriculados en la asignatura Deporte Formativo. En la primera evaluación se tuvieron 1.059 estudiantes de ambos sexos (44,8% hombres y 55,2% mujeres); después del programa de intervención, la muestra fue de 659 estudiantes que culminaron ambas pruebas.

Metodología

Se tomaron variables sociodemográficas (género, edad, estrato social, discapacidad y zona geográfica); antropométricas (estatura,

masa corporal, perímetro de cintura [PC]), motriz (Functional Movement Screening) y de adherencia al programa y sus recomendaciones (asistencia) en dos momentos definidos: al inicio y al final del programa (semanas 1 y 16 respectivamente), esto por medio de cuestionarios y evaluaciones dirigidas por los monitores encargados de la asignatura Deporte Formativo con sus respectivos grupos en las franjas horarias elegidas por los estudiantes. El programa de ejercicio físico (tabla 1) tuvo una frecuencia de una sesión semanal, con un volumen de dos horas durante el semestre académico 2020-II, tomado de forma virtual. Todas las pruebas y sesiones de entrenamiento fueron presenciales y mediadas por tecnología.

Tabla 1. Descripción del programa físico aplicado en las 16 semanas

Semana	Movimientos específicos	Tareas generales
1	Evaluación psicosocial y motriz	Primera evaluación
2	Ejercicios funcionales enfocados en sentadilla profunda y estabilidad de tronco	Calentamiento general y prevención de lesiones musculoesqueléticas
3	Ejercicios funcionales enfocados en sentadilla profunda y movilidad de hombros	
4	Ejercicios funcionales enfocados en tijera y estabilidad rotacional	Calentamiento específico y ejercicios correctivos
5	Ejercicios funcionales enfocados en obstáculo de paso y elevación activa de la pierna en extensión	
6	Ejercicios funcionales enfocados en tijera y estabilidad de tronco	Calentamiento específico y ejercicios coordinativos
7	Ejercicios funcionales enfocados en sentadilla profunda y elevación activa de la pierna en extensión	
8	Ejercicios funcionales enfocados en obstáculo de paso y estabilidad rotacional	Calentamiento específico y ejercicios de velocidad
9	Ejercicios funcionales enfocados en movilidad de hombros y estabilidad de tronco	
10	Ejercicios funcionales enfocados en sentadilla profunda y estabilidad rotacional	Calentamiento específico y ejercicios de flexibilidad
11	Ejercicios funcionales enfocados en movilidad de hombros y estabilidad de tronco	

Continúa tabla



Semana	Movimientos específicos	Tareas generales
12	Ejercicios funcionales enfocados en fortalecimiento con banda elástica	
13	Ejercicios funcionales enfocados en fortalecimiento con ejercicios de suspensión	Calentamiento específico y ejercicios de fuerza- resistencia
14	Ejercicios funcionales enfocados en resistencia con entrenamiento de alta intensidad (HIT)	
15	Ejercicios funcionales enfocados en fortalecimiento con entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT)	
16	Evaluación psicosocial y motriz	Última evaluación

Fuente: elaboración propia.

Plan de análisis

En primera instancia, se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables sociodemográficas de estudio, las cuales se resumieron mediante frecuencias absolutas y porcentuales, en caso de tratarse de variables de tipo cualitativo, o mediante medidas de tendencia central, estadísticos de posición y de dispersión, si las variables eran cualitativas. Más adelante, se evaluaron de manera descriptiva algunas características propias y discapacidades.

Respecto al análisis de los efectos del programa, en primera instancia, este se llevó a cabo, según los porcentajes, los sujetos que mejoraron sus calificaciones en las pruebas bilaterales (*hurdle step*: obstáculo de paso, *shoulder mobility*: movilidad de hombros, *rotary stability*: estabilidad rotacional, *in line lunge*: tijera y *active straight leg raise*: elevación activa de la pierna en extensión y la puntuación total).

El análisis de los datos se realizó con el *software* RStudio en su versión 4.0.4, no obstante, algunos cambios en los archivos de datos fueron realizados en Excel 2016, lo mismo que en las gráficas.

Consideraciones éticas

Este estudio se realizó siguiendo el principio de que la investigación en humanos solo se justifica si existen posibilidades razonables de que

la población sobre la que se realiza la investigación podrá beneficiarse de los resultados de la investigación, según lo establecido en los lineamientos de la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2001) y lo dispuesto en la Resolución 8430 de 1993, de la Ley 10 de 1990 del Ministerio de Salud Nacional (1993), que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. Así mismo, se respetó el consentimiento de cada uno de los participantes como también su confidencialidad.

Resultados

Se aplicó una serie de cuestionarios de estadística descriptiva en la población participante de este estudio, en la que las variables sociodemográficas fueron el género (tabla 2), la zona

Tabla 2. Porcentaje de género

Zona	Porcentaje (%)
Urbana	85
Rural	15
Total	100
Sexo	Porcentaje (%)
Masculino	44,85
Femenino	55,15
Total	100

Fuente: elaboración propia.



de residencia (tabla 3) y el estrato socioeconómico (tabla 4). También, se tuvo en cuenta la estadística de variables continuas y la presencia de alguna discapacidad (figura 1).

Tabla 3. Porcentaje según la zona de residencia

Estrato	Porcentaje (%)
1	28,68
2	38,82
3	23,68
4	5,59
5	2,65
6	0,59
Total	100

Fuente: elaboración propia.

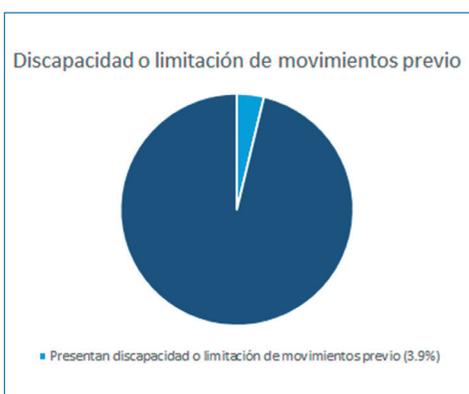


Figura 1. Porcentaje previo de la población con alguna discapacidad de movimiento

Fuente: elaboración propia.

La participación en el programa físico se consideró; se clasificó en 4 frecuencias de asistencia: menos de 10, de 10 a 12, de 13 a 15 y finalmente 16 siendo el número total de sesiones (figura 2).

Tabla 4. Porcentaje según el estrato socioeconómico

Variable	Mínimo	Media	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Máximo
Estatura (cm)	147	166,77	166	8,8	5,28%	198
Edad (años)	16	21,28	20	4,27	20,07%	50
PC (cm)	50	78,55	77	11,4	14,51%	132
Peso antes (kg)	40,8	63,97	62	12,92	20,20%	135
Peso después (kg)	40	63,85	62	12,64	19,80%	136

Fuente: elaboración propia.

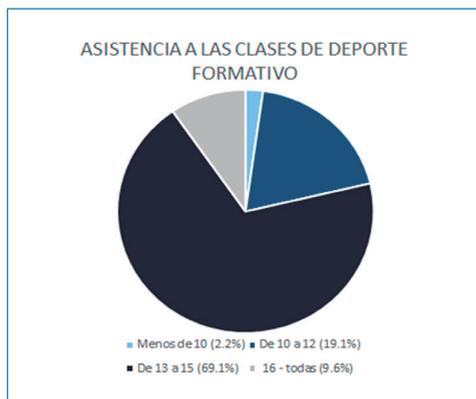


Figura 2. Porcentaje de asistencia
Fuente: elaboración propia.

Se aplicó la evaluación del FMS en la muestra universitaria participante del programa de ejercicio físico, se estableció el análisis en 5 de los 7 movimientos en los que era posible notar las asimetrías del control motor a partir de la diferencia en la evaluación del lado derecho e izquierdo; a su vez se constituyeron los promedios globales obtenidos en los 7 movimientos, en los que se obtuvieron los siguientes resultados (figura 3).

Finalmente, a nivel poblacional se clasificó el riesgo de lesión, según los parámetros del FMS; mayor riesgo de lesión con actividad física (< 14) y menor riesgo de lesión con actividad física (≥ 14) (figura 4).

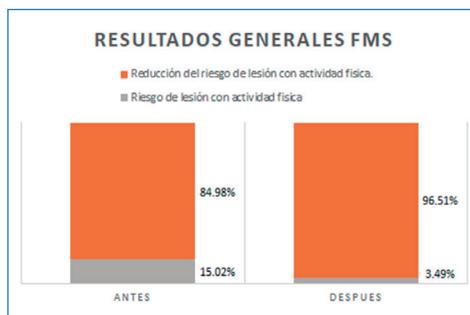


Figura 4. Porcentaje de riesgo de lesión con actividad física
Fuente: elaboración propia.

Discusión

Los estudiantes universitarios fueron en su mayoría del género femenino (55,2%), pertenecientes a los estratos 1 y 2 (67,5%), y de la zona de residencia urbana (85%). Solo el 3,9% de los participantes tenían una limitación o discapacidad

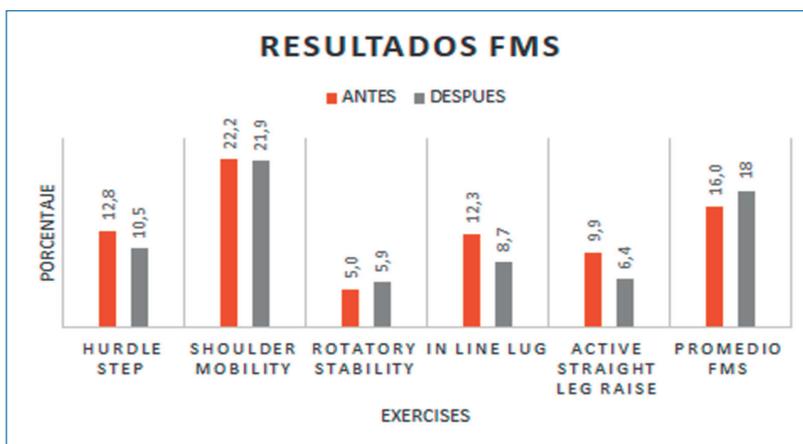


Figura 3. Porcentaje de asimetrías por prueba y puntaje total obtenido en el cribado
Fuente: elaboración propia.



previa en su movilidad; el promedio de edad fue de una población juvenil-joven adulta ($21,28 \pm 4,27$), el PC ($78,5 \pm 11,4$) y arrojó la tendencia de que la mayoría de los encuestados no se encuentran en un riesgo significativo para las comorbilidades ya que un elevado PC, independientemente del volumen corporal, se ha establecido como un importante predictor. La Organización Mundial de la Salud (OMS) no define un PC óptimo, sino que recomienda utilizar el cociente cintura/cadera, a pesar de esto, el panel de expertos en hipercolesterolemia (NCEP-ATP III) considera patológico un PC > 102 cm en el varón y > 88 cm en la mujer, mientras que la International Diabetes Federation (IDF) considera patológico un PC > 94 cm en el varón y > 80 cm en la mujer (Abellán *et al.*, 2015). En este caso, es importante resaltar que los resultados obtenidos en el PC fueron globales y no se tuvo en cuenta separar por género. Finalmente, para evitar sesgos sobre las implicaciones que pudo tener el programa físico en los resultados del test, se tuvo en cuenta la asistencia, en que la mayor parte de los participantes (78,7%) asistieron a más de 13 sesiones, siendo 16 el total.

Al comparar los resultados previos y posteriores de FMS obtenidos por los estudiantes participantes de la Universidad del Valle, encontramos evidentes cambios en la reducción de asimetrías en el componente motriz luego de la aplicación del programa físico, específicamente en los movimientos de obstáculo de paso, tijera y elevación activa de la pierna en extensión. También se indica mejoría en la puntuación global final del FMS alejándose del rango de riesgo de lesión (< 14), sin embargo, se observa una pequeña mejoría en movilidad de hombros y se obtuvo un resultado contrario en estabilidad rotacional.

A nivel general podemos apreciar que en el primer momento (previo) de la prueba FMS se

indicó tener una población del 15,02% en un mayor riesgo (< 14). Al finalizar el programa de ejercicio físico y volver aplicar el test en su segundo momento (posterior), esta muestra se redujo notablemente dejando tan solo un 3,49% de los participantes en el rango de mayor riesgo de lesión con ejercicio físico, lo que nos permitió finalizar el programa con el 96,51% de los participantes en el rango de menor riesgo de lesión con ejercicio físico.

Los resultados del estudio sugieren que el programa físico sí tuvo efectos en el componente motriz; estos fueron positivos. Es importante para futuras investigaciones abordar en profundidad las asimetrías para poder entender por qué no todos los movimientos tuvieron una mejoría (*rotary stability*) y por qué algunos mejoraron más que otros, en este caso, los movimientos que eran de tren inferior tuvieron un mayor porcentaje en reducción de asimetrías de la prueba de estabilidad del hombro.

El trabajo experimental y teórico actual que aborda directamente el componente rotatorio de la fuerza de la pierna sugiere que el componente rotatorio quizá no es despreciable y podría desempeñar un papel funcional significativo en la locomoción. Pero, actualmente hay una necesidad de trabajo más experimental para confirmar esta noción y determinar las relaciones entre la fuerza rotatoria y el rendimiento de la locomoción, como la velocidad y la potencia.

Además, muchas teorías idealizadas primarias de la locomoción han descuidado este componente de la fuerza de la pierna por completo. Se han estudiado algunas funciones potencialmente relacionadas de la pierna que implican momentos articulares, como los momentos de la cadera después del dedo del pie para restablecer la pierna o durante la postura para la estabilización del tronco, pero tales estudios no son capaces de proporcionar información directa sobre



el componente de fuerza rotatoria de la pierna o cómo se relaciona con el comportamiento de locomoción de todo el cuerpo. Estos estudios proporcionan evidencia de la necesidad de la fuerza rotatoria (Anand y Seipel, 2019).

Por otra parte, la inestabilidad del hombro en estudios de FMS es más frecuente y también se relaciona en la cadena cinética con otros movimientos; un ejemplo de esto es que es posible que una deficiencia en la movilidad de uno de los hombros tenga repercusiones aumentando el estrés agudo y crónico en la estabilidad rotatoria y la movilidad del codo. Específicamente, cuando los programas de ejercicio físico o prácticas deportivas se asocian con la fatiga de miembros superiores, en el caso de los jugadores de béisbol, estos tienen gran relación con cirugías y lesiones de hombros respecto al movimiento excesivo.

Se tiene evidencia de detección temprana en las pretemporadas, estas relaciones potenciales se pueden explicar por las adaptaciones de deporte específicas que ocurren típicamente en los brazos dominantes de los deportistas, particularmente los déficits glenohumerales de la rotación interna, como una condición que resulta en la pérdida de rotación interna de la articulación glenohumeral en comparación con el lado contralateral. Este rango de movimiento alterado es probablemente debido a una combinación de tejidos blandos y cambios estructurales en la anatomía. Por ejemplo, la tensión de lanzar puede crear un estiramiento crónico de la cápsula anterior y el apriete de la cápsula posterior, lo que lleva a cambios en los tejidos blandos que crean inestabilidad y choque, por lo tanto, se hace necesario un estudio de intervención dirigido a mejorar las puntuaciones de movimiento de los participantes por medio de diversas estrategias (por ejemplo, estiramiento estático, movimientos dinámicos, ejercicios de

estabilidad del hombro) para desarrollar protocolos de rehabilitación que mejoren las puntuaciones y más adelante reduzcan el riesgo de síntomas de uso excesivo (Bush *et al.*, 2017). En este caso, es importante ampliar la investigación sobre la movilidad de hombros como de la estabilidad rotatoria con relación a la especificidad del programa físico, que permitan generar estrategias y consideraciones para su implementación.

Conclusión

Teniendo como punto de partida una amplia definición del FMS, el cual se establece como una herramienta exploratoria motriz, capaz de detectar asimetrías o desequilibrios del cuerpo humano, y una gran incógnita que consiste en si es posible mejorar el aspecto motriz mediante un programa físico, podemos concluir que sí puede haber una mejoría del componente motriz de los sujetos de investigación; así mismo, es posible la reducción de los riesgos de lesión durante el ejercicio físico. Todo lo anterior basándonos en los porcentajes arrojados en la prueba FMS que se efectuó antes y después del programa físico, en el que quedó en evidencia una disminución de riesgo de lesión, el cual pasó de un 15,02% a un 3,49%, con un incremento del promedio en la valoración del FMS de 16 a 18 puntos, lo que se traduce en una mejoría significativa del componente motriz.

Es importante establecer que es posible detectar específicamente las asimetrías de manera individualizada en cada ejercicio que se efectúa en el FMS, para que puedan ser tratadas y mejoradas mediante programas de ejercicio físico, siendo entonces una herramienta indispensable para procesos de preselección, selección e incluso, retorno a las actividades deportivas después de una rehabilitación de alguna lesión, pues arroja resultados tangibles



en cuanto al riesgo de lesión, brindando una visión amplia del componente motriz del individuo.

Finalmente, se concluye que un programa de ejercicio físico tiene un efecto protector en el componente motriz. También es importante abordar evaluaciones de cribado antes de la ejecución de programas de ejercicio, con el fin de evaluar el desarrollo de la capacidad motriz durante este, ya que es fundamental que el ejercicio físico, al igual que el deporte y la actividad física, se orienten en mejorar la calidad de vida de los individuos, y se vea reflejado en la capacidad del movimiento funcional.

Dada la importancia del ejercicio físico como protector del componente motriz, hay que resaltar las posibles consecuencias de la inactividad física en la salud de las personas y más por las circunstancias actuales en las que ha aumentado el sedentarismo a causa de la pandemia COVID-19. Algunos autores se han apresurado a afirmar que probablemente nos estemos enfrentando a dos pandemias de manera simultánea: la pandemia del COVID-19 y la pandemia de inactividad física (Hall *et al.*, 2020).

Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo. Los puntos de vista y los resultados de este artículo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Sobre el artículo

Este artículo hace parte de los resultados del proyecto de investigación “Efectos del programa Deporte Formativo en los estudiantes de la Universidad del Valle tomado de forma virtual sincrónica debido a la pandemia del virus SARS-CoV-2 (COVID-19)”. Los puntos de

vista y los resultados de este artículo pertenecen al autor y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

Sobre los autores

David Alejandro González Bustamante es estudiante del pregrado en Licenciatura en Educación Física y Deporte y miembro del grupo de investigación Grinder de la Universidad del Valle. Contacto: david.bustamante@correounivalle.edu.co

Daner Felipe Parra Martínez es tecnólogo en Atención Prehospitalaria, estudiante del pregrado en Licenciatura en Educación Física y Deporte y miembro del grupo de investigación Grinder de la Universidad del Valle. Contacto: daner.parra@correounivalle.edu.co

Francisco Antonio Amú Ruiz es profesor asistente del Departamento de Educación Física y Deporte de la Universidad del Valle, Ph. D. en Ciencias de la Salud de la Universidad Pública de Navarra (UPNA), España, magíster en Fisiología del Deporte, licenciado en Educación Física y Salud y tecnólogo químico de la Universidad del Valle. Contacto: francisco.amu@correounivalle.edu.co

Referencias

- Abellán Alemán, J., Leal Hernández, M., Gómez Jara, P., & Abellán Huerta, P. (2015). Trouser size as a reliable estimate of waist circumference. *Revista Medicina en Familia Semergen*, 41(7), 401-404.
- Alfonso-Mora, M. L., López Rodríguez, L. M., Rodríguez Velasco, C. F., & Romero Mazuera, J. A. (2017). Reproducibilidad del test Functional Movement Screen en futbolistas aficionados. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 10(2), 74-78.
- Anand, M., & Seipel, J. (2019). The rotary component of leg force during walking and running. *The Journal of the Royal Society Interface*, 16(154).
- Asociación Médica Mundial. (2001). Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. *Gaceta Médica de México*, 137(4), 387-390.



- Battie MC, Bigos SJ, Fisher LD, et al. (1989) Isometric lifting strength as a predictor of industrial back pain reports. *Spine*.14:851-856.
- Bird, S. P., Barrington-Higgs, B., & Hendarsin, F. (2010). Relationship between functional movement screening and physical fitness characteristics in Indonesian youth combat sport athletes. 4th Exercise and Sports Science Australia Conference.
- Busch, M. A., Clifton, R. D., Onate, A. J., Ramsey, K. V., & Cromartie, F. (2017). Relationship of preseason movement screens with overuse symptoms in collegiate baseball players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(6), 960-966.
- Cholewicki J, Panjabi MM, Khachatryn A. (1997) Stabilizing function of trunk fl exor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine*;22:2207-2212.
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2010). Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function-Part 2. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 2.1(3), 132.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014). Functional movement screening: The use of fundamental movements as an assessment of function-parts 1-2. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(4), 549-563.
- Dorrel, B., Long, T., Shaffer, S., & Myer, G. D. (2018). The functional movement screen as a predictor of injury in National Collegiate Athletic Association Division II Athletes. *Journal of Athletic Training*, 53(1), 29-34. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-528-15>
- Gardner-Morse M, Stokes I, Laible JP. (1995). Role of muscles in lumbar spine stability in maximum extension efforts. *J Orthop Res*.13:802-808.
- González Fimbres, R. A., Griego Amaya, H., & Porras Hoyos, A. A. (2015). Proporción de resultados del FMS™ entre distintas disciplinas deportivas en atletas universitarios. *Revista de Ciencias del Ejercicio FOD*, 10(10), 65-75.
- Hall, G., Laddu, D. R., Phillips, S. A., Lavie, C. J., & Arena, R. (2021). A tale of two pandemics: How will COVID-19 and global trends in physical inactivity and sedentary behavior affect one another? *Progress in Cardiovascular Diseases*, 64, 108-110. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2020.04.005>
- Márquez, S., Rodríguez, J., & De Abajo, S. (2006). Sedentarismo y salud: efectos beneficiosos de la actividad física. *Educación Física y Deportes*, 1(83), 12-24.
- Ministerio de Salud Nacional de Colombia. (1993). Resolución 8430 de 1993, 1-19. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- Peate, W. F., Bates, G., Lunda, K., Francis, S., & Bellamy, K. (2007). Core strength: A new model for injury prediction and prevention. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2(3), 1-9.
- Saito Y, Sozu T, Hamada C, Yoshimura I. (2006). Effective number of subjects and number of raters for inter-rater reliability studies. *Stat Med*, 25(9):1547-60.



ESCUELA MILITAR DE CADETES
"General José María Córdova"

