

Asociación entre la fuerza excéntrica de isquiotibiales con historia de lesión en miembros inferiores de atletas colombianos de alto rendimiento

Javier F. Bonilla-Briceño¹, Brayan E. Patiño-Palma², Mauricio Serrato Roa³

¹Biólogo. MSc en Fisiología. Médico con Especialidad en Medicina del Deporte. Fundación Universitaria Sanmartín. Bogotá. Colombia. ²Fisioterapeuta. MSc en Actividad Física y Deporte. Especialista en Estadística Aplicada. Fundación Universidad del Área Andina. Pereira. Colombia. ³Médico con Especialidad en Medicina del Deporte. Director de la Especialidad en Medicina del Deporte. Departamento de Medicina Interna. Escuela de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00161

Recibido: 24/05/2023
Aceptado: 10/02/2024

Resumen

La principal causa de lesión de los deportistas es de origen muscular y de todas la de los isquiotibiales es la más importante. La inadecuada fuerza excéntrica de éstos es un factor que se relaciona con lesión de miembros inferiores. En el Centro de Ciencias del Deporte del Ministerio del Deporte se evalúa la fuerza excéntrica de los isquiotibiales con el test Nórdico. En Colombia, no se sabe si esta se relaciona con lesión de miembros inferiores en los diferentes deportistas de alto rendimiento de talla mundial que allí asisten. Se planteó un trabajo descriptivo con enfoque cuantitativo y fase analítica evaluando las historias clínicas preparticipativas de 195 deportistas a los que se les realizó el test Nórdico durante el año 2021. Los deportistas analizados 56% fueron hombres, con edades para ambos sexos en promedio de 21,5 años, con índices de masa corporal de aproximadamente 22,1 k/m². La lesión más frecuente en miembros inferiores fue la muscular (38,5%), seguida por las tendinopatías (27%). De la muscular, los isquiotibiales se lesionaron en el 69%. Se encontró un promedio de fuerza máxima para el total de deportistas de 292,4 ± 67,06 N y una fuerza relativa de 4,52 ± 1 N/kg. Con los análisis bivariados se evidencia una asociación entre la presencia de lesión y menor fuerza máxima excéntrica de isquiotibiales para ambos sexos. Además, se encontró que las asimetrías menores al 15% de la fuerza máxima excéntrica de isquiotibiales se asociaron con menor presencia de lesión. A partir de un análisis multivariado se construyeron las curvas de referencia normativas para peso, sexo, fuerza excéntrica máxima de estos deportistas. Se aporta al vacío conceptual del comportamiento de la fuerza excéntrica de isquiotibiales y su relación con la presencia de lesión de miembros inferiores en diferentes atletas élite colombianos.

Palabras clave:

Deportes. Rendimiento.
Lesión de extremidades.
Isquiotibiales. Fuerza. Excéntrica.

Association between of eccentric hamstring strength with history of lower limb injury in high-performance Colombian athletes

Summary

The main cause of injury in athletes is of muscular origin and of all those of the hamstrings it is the most important. The inadequate eccentric strength of these is a factor that is related to lower limb injuries. At the Sports Science Center of the Ministry of Sports, the eccentric strength of the hamstrings is evaluated with the Nordic test. In Colombia, it is not known if this is related to lower limb injuries in the different world-class high-performance athletes who attend there. A descriptive work was proposed with a quantitative approach and analytical phase, evaluating the pre-participation medical records of 195 athletes who underwent the Nordic test during the year 2021. The athletes analyzed were 56% men, with ages for both sexes on average of 21.5 years, with body mass indexes of approximately 22.1 k/m². The most frequent injury to the lower limbs was muscle (38.5%), followed by tendinopathies (27%). Of the muscle, the hamstrings were injured in 69%. An average maximum force was found for all athletes of 292.4 ± 67.06 N and a relative force of 4.52 ± 1 N/kg. The bivariate analyzes show an association between the presence of injury and lower maximum eccentric hamstring strength for both sexes. Furthermore, it was found that asymmetries less than 15% of the maximum eccentric hamstring strength were associated with a lower presence of injury. From a multivariate analysis, normative reference curves were constructed for weight, sex, and maximum eccentric strength of these athletes. It contributes to the conceptual gap of the behavior of eccentric hamstring strength and its relationship with the presence of lower limb injuries in different Colombian elite athletes.

Key words:

Sports. Performance. Leg injuries.
Hamstrings. Strength. Eccentric.

Premio SEMED a la Investigación 2023

Correspondencia: Javier F. Bonilla-Briceño
E-mail: fbonillaj@unal.edu.co

Introducción

El tejido muscular esquelético en el humano no deportista ocupa, del peso corporal, cerca del 40% al 50% en hombres y 25% al 35% en mujeres. Pero en deportistas suele ser muy superior llegando a ser en levantadores de pesas hasta del 65%¹. En este sentido, los deportistas producto del número de horas de entrenamiento o competencia diarias, tienen una alta susceptibilidad de lesión donde el tejido más frecuentemente comprometido es el muscular^{2,3}. Ahora bien, la susceptibilidad de cada grupo muscular dependerá de las características y de las exigencias del deporte específico que se practica^{2,4,5}.

La lesión muscular en los atletas se asocia a muchos factores de riesgo. En una buena proporción de deportes ésta se presenta en miembros inferiores principalmente la de isquiotibiales, llamando demasiado la atención por la alta incidencia y prevalencia. Teniendo en cuenta lo anterior, la lesión muscular de isquiotibiales (LMI) ha sido de gran interés en la comunidad científica debido a la evidencia que destaca su alta ocurrencia especialmente en deportes de conjunto^{3,6,7}. Esta lesión representaba el 12% de todas las lesiones notificadas por 17 equipos de las diferentes ligas europeas de fútbol en la primera década de éste siglo⁶, pero se duplicó al 24% más recientemente para las temporadas del 2016-2021⁸, además es el 16% en rugby⁹ y el 13% en fútbol australiano¹⁰ generándoles a los diferentes clubes deportivos un alto costo financiero provenientes no solo de la rehabilitación y salario de los jugadores, sino también de la falta de disponibilidad de estos atletas en momentos claves los cuales no son elegibles debido a una lesión⁶. Adicionalmente, lo cual agrava el problema, se ha reportado una recurrencia de hasta del 18% a dos meses⁸.

Al ser un evento multicausal, se busca cómo y en qué medida para cada deporte y grupo poblacional algún factor de riesgo puede incidir en mayor medida. Tal es el caso de la falta de fuerza excéntrica, ya que ha sido identificada como un factor de riesgo para la lesión muscular, especialmente en aquellos deportes con demandas de carreras de alta intensidad como en el fútbol¹¹ y baloncesto¹². En la actualidad se han desarrollado diferentes dispositivos para la evaluación de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales que supera las limitaciones de la dinamometría isocinética¹³, uno de estos es el NordBord de la casa comercial VALD Performance®. Con el ejercicio Nórdico, el dispositivo puede registrar la fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales y los desequilibrios entre las extremidades, con un tiempo de evaluación de menos de 5 minutos por atleta. Aunque este dispositivo es una medida confiable de las fuerzas excéntricas de flexión de la rodilla durante el ejercicio nórdico de isquiotibiales¹³, actualmente no hay literatura que examine si las medidas derivadas de este dispositivo predicen el riesgo de HSI futuro de un atleta, pero si se reconoce, al entrenar con este ejercicio, como un factor que reduce el riesgo de lesión¹⁴.

El ejercicio nórdico utilizado para trabajar de manera excéntrica los isquiotibiales, es en la actualidad uno de los ejercicios más estudiados en la literatura estableciéndolo como un ejercicio apropiado para la prevención de HSI^{14,15}, y podría esperarse razonablemente que la medición de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales durante este ejercicio pueda proporcionar alguna información sobre el riesgo de HSI en el futuro.

Finalmente, el objetivo de este estudio fue determinar si la magnitud de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y el desequilibrio de la misma entre las extremidades se asocia con el antecedente de lesión en atletas de alto rendimiento de diferentes disciplinas deportivas. Además, se pretendió determinar los valores de referencia para la fuerza excéntrica en este tipo de población. La hipótesis principal fue que los atletas que sufrieron un LMI mostrarían niveles más bajos de fuerza y mayores desequilibrios entre las extremidades en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en comparación con sus contrapartes sin antecedente de lesión.

Material y método

Se propone un estudio de tipo retrospectivo bajo un enfoque cuantitativo con una fase analítica el cual fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Nacional de Colombia bajo el acta 018-165 del 29 de septiembre del 2021. Se analizaron todas las evaluaciones preparticipativas de los deportistas de alto rendimiento que asistieron al Centro de Ciencias del Deporte del Ministerio Colombiano del Deporte durante el periodo del 1 de enero al 30 de noviembre del 2021.

De las 350 valoraciones pre-participativas se seleccionaron 198 registros pues contaban con los antecedentes detallados de lesión, resultados completos del test nórdico, y el diagnóstico médico establecido por ortopedia y/o medicina del deporte en aquellos atletas con antecedente lesivo.

Valoración de la fuerza excéntrica de isquiotibiales

La evaluación de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales se determinó a través del NordBord Hamstring Testing System de VALD® Performance. Los participantes se arrodillaron en la base del NordBord, con los tobillos asegurados inmediatamente por encima de los maléolos laterales mediante tobilleras individuales que se unen a celdas de carga uniaxiales del dispositivo. Después de una serie de calentamiento, los participantes realizaron una serie de tres repeticiones máximas del ejercicio nórdico, con descansos de 20 segundos entre los diferentes intentos. Las instrucciones para los atletas eran inclinarse gradualmente hacia adelante a la velocidad más lenta posible mientras resistían al máximo este movimiento con ambas piernas, manteniendo el tronco y las caderas en una posición neutral y las manos cruzadas sobre el pecho¹³. Se exhortó en voz alta a los participantes a realizar el máximo esfuerzo en cada repetición. Una prueba se consideró aceptable cuando la producción de fuerza alcanzó un pico definido (indicativo de la fuerza excéntrica máxima), seguido de una rápida disminución de la fuerza, la cual ocurría cuando el atleta ya no podía aplicar o generar más fuerza.

Análisis de datos

Los datos de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales para cada extremidad fueron exportados desde la plataforma *online* de VALD Performance® donde se logra identificar la fuerza pico para las tres repeticiones de cada extremidad (izquierda y derecha). La fuerza excéntrica de los isquiotibiales, fue informada términos absolutos (N) y relativos a la masa corporal (N·kg⁻¹), lo anterior, favoreció que se determinara

como el promedio de las fuerzas máximas de las tres repeticiones para cada extremidad¹³.

El desequilibrio entre las extremidades en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales se calculó como una proporción de las diferencias de fuerza entre las extremidades (izquierda y derecha). Lo anterior se llevó a cabo según lo recomendado por Impellizeri, et al.¹⁶. Los desequilibrios porcentuales negativos indicaban que la extremidad izquierda era más fuerte que la extremidad derecha, situación contraria sucedía si los datos eran positivos.

Análisis estadístico

Se determinaron medidas de tendencia central y dispersión para aquellas variables de naturaleza cuantitativa y distribuciones de frecuencias para aquellas variables de naturaleza categórica o cualitativa, lo anterior con sus respectivos intervalos de confianza al 95%. Se realizó un análisis bivariado con el fin de comparar la edad, la altura, el peso, el porcentaje de desequilibrio entre las extremidades y la fuerza excéntrica entre los deportistas con y sin antecedente de lesión. Para determinar las diferencias se utiliza los estadísticos T student y U Mann de Whitney según la distribución de los datos a analizar, lo anterior fue determinado mediante el estadístico Kolmogorov-Smirnov.

La magnitud del efecto para las diferencias encontradas se calculó mediante el estadístico D de Cohen el cual fue determinado con el software G Power versión 3.1. Para el análisis de éste, se utilizó la siguiente convención: valores debajo de 0,20 se consideraron como no existencia del efecto, de 0,21 a 0,49 hace referencia a un efecto pequeño, de 0,5 a 0,7 indica un efecto moderado y finalmente valores mayores a 0,8 señalan un efecto grande¹⁷.

Al final, los valores de referencia propuestos en este estudio fueron contruados a partir de la distribución Box-Cox Cole and Green (BCCG), mediante el método conocido como mínimos cuadrados¹⁸, que se encuentra en la biblioteca de modelos aditivos generalizados por ubicación, escala y forma¹⁹ en el software estadístico R Studio.

Resultados

Las características propias de los deportistas evaluados se describen en la Tabla 1. En resumen, la muestra estuvo conformada en mayor medida por deportistas masculinos, edad promedio de 21 ± 4,6 años, talla promedio de 171,9 ± 9,5 centímetros, peso promedio de 65,7 ± 12,8 kilogramos y un índice de masa corporal (IMC) de 22,1 ± 3,0 kg/m².

Se incluyeron en el análisis diferentes modalidades deportivas, sin embargo, fueron los deportes de atletismo, voleibol y ultimate (73,7%) los que más aportaron en la muestra del presente estudio.

Finalmente, en 97 de las 198 valoraciones preparticipativas revisadas se reportaron antecedentes de lesión en miembros inferiores siendo la lesión muscular la más prevalente (38,5%) seguida de las tendinopatías (27%).

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la fuerza pico o fuerza máxima, fuerza relativa máxima y asimetría con respecto al antecedente de lesión y el sexo. Se evidencia gráficamente que el género masculino presenta mayores niveles de fuerza y valores similares de

Tabla 1. Característica de la muestra.

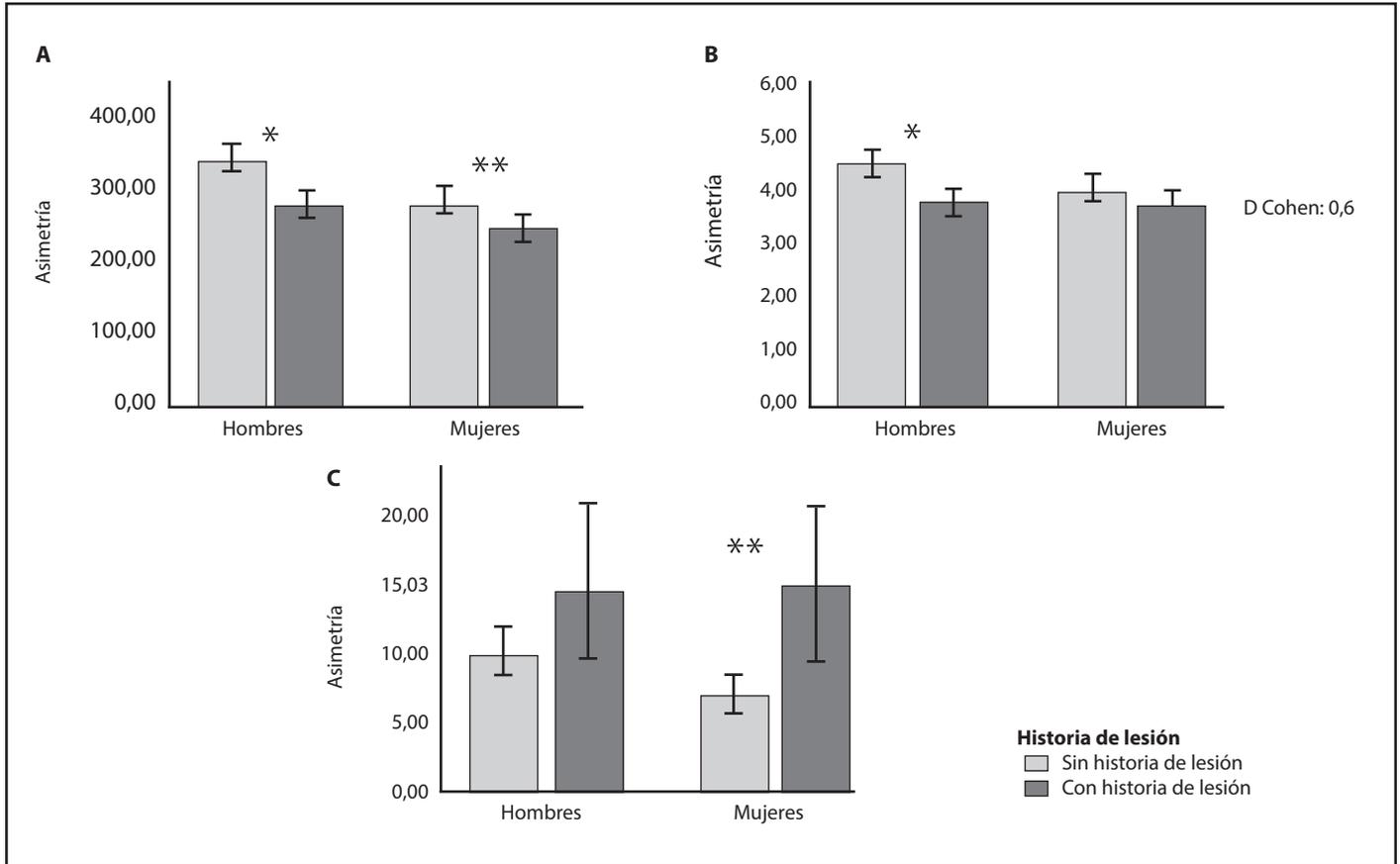
Variable		Frecuencia	%	IC 95%
Sexo	Masculino	110	55,6	48,3 – 62,5
	Femenino	88	44,4	37,4 – 51,6
Antecedente de lesión	Si	97	49	41,8 – 56,1
	No	101	51	43,8 – 58,1
Dominancia	Derecho	172	86,8	81,3 – 91,2
	Izquierdo	26	13,1	8,7 – 18,6
Tipo de lesión	Ósea	7	7,35	2,9 – 14,4
	Muscular	32	38,5	24,0 – 43,6
	Ligamentaria	18	18,8	11,5 – 28,0
	Cartilaginosa	8	8,3	3,6 – 15,7
	Tendinosa	26	27,1	18,5 – 37,1
Deporte	Artes marciales	1	0,5	0,01 – 2,7
	Atletismo	76	38,4	31,5 – 45,5
	Baloncesto	1	0,5	0,01 – 2,7
	BMX	7	3,5	1,4 – 7,1
	Boxeo	12	6,1	3,1 – 10,3
	Ciclismo	9	4,5	2,0 – 8,4
	Esgrima	1	0,5	0,01 – 2,7
	Fútbol	1	0,5	0,01 – 2,7
	Gimnasia	4	2,0	0,5 – 5,0
	Patinaje	2	1,0	0,12 – 3,6
	Pesas	9	4,5	2,0 – 8,4
	Squash	4	2,0	0,5 – 5,0
	Taekwondo	1	0,5	0,01 – 2,7
Ultimate	41	20,7	15,2 – 27,0	
Voleibol	29	14,6	0,01 – 2,7	

Fuente: Autores.
%: porcentaje; IC 95%: Intervalo de confianza al 95%.

simetría con respecto al género femenino; sin embargo, al discriminar lo anterior teniendo en cuenta el antecedente de lesión se observa que tanto en hombres como en mujeres hay diferencias estadísticamente significativa en la fuerza pico, determinando de esta manera que los deportistas sin antecedente de lesión presentan mayores niveles de fuerza a los que tienen algún antecedente de lesión en miembros inferiores. Sin embargo, al analizar la fuerza relativa se obtiene que existen diferencias significativas solo en el género masculino, observando que los deportistas que presentan antecedente de lesión tienen un peor rendimiento en fuerza comparado con los que no presentan antecedente; por el contrario, al analizar la asimetría se observa que solo en el género femenino existen diferencias significativas, determinando así que hay mayor asimetría en los deportistas con antecedente de lesión.

En la Tabla 2 se describe los resultados obtenidos en la valoración de la fuerza excéntrica de isquiotibiales, la edad y el IMC teniendo en cuenta el antecedente de lesión. Se determina un promedio de fuerza máxima

Figura 1. Comparación fuerza excéntrica y asimetría con el antecedente de lesión y sexo. 1A. Comparación de la fuerza máxima excéntrica con el antecedente de lesión y sexo. 1B. Comparación de la fuerza relativa máxima excéntrica con el antecedente de lesión y sexo. 1C. Comparación de la asimetría con el antecedente de lesión y sexo.



Fuente: Autores.

*Indica significancia estadística para el estadístico de contraste u mann de Whitney; **Indica significancia estadística para el estadístico de contraste T student; D Cohen: Magnitud de efecto para las diferencias estadísticas.

Tabla 2. Caracterización de la fuerza según antecedente de lesión.

Variable	Con antecedente de lesión			Sin antecedente de lesión			P valor	D Cohen	Total		
	Promedio	DS	IC 95	Promedio	DS	IC 95			Promedio	DS	IC 95
Fuerza máxima (N)	267,3	50,29	257,1 – 277,4	316,5	72,34	302,5 – 330,8	0,000**	0,78	292,41	67,06	283,0 – 301,8
Fuerza relativa (N/kg)	4,2	0,89	4,0 – 4,3	4,8	1,01	4,6 – 5,0	0,000*	0,63	4,52	1,00	4,3 – 4,6
Fuerza Promedio (N)	275,1	63,7	262,3 – 288,0	298,1	68,8	284,5 – 311,7	0,012**	0,34	286,91	67,22	277,4 – 296,3
IMC (kg/m ²)	22,0	2,8	21,5 – 22,6	22,1	3,2	21,5 – 22,8	0,854	0,003	22,11	9,57	21,6 – 22,5
Edad (Años)	22,6	5,1	21,6 – 23,7	20,1	3,7	19,4 – 20,9	0,001**	0,56	21,41	4,6	20,7 – 20,0

Fuente: Autores.

*T student; **U man de Whitney.

N: Newton; N/kg: Newton por cada kilogramo de peso; IC 95: Intervalos de confianza al 95%; DS: Deviación estándar.

Tabla 3. Asociación antecedente de lesión y asimetría.

		Antecedente de lesión		P valor	RR
		Con antecedente (%)	Sin antecedente (%)		
Asimetría	Asimetría >15%	20,6	9,9	0,035	1,45
	Asimetría >15%	79,4	90,1		

Fuente: Autores.
RR: Riesgo Relativo; %: Porcentaje.

Tabla 4. Valores de referencia para la fuerza excéntrica máxima.

Valores de referencia para el sexo masculino (N)							
Peso (kg)	-3DS	-2DS	-1DS	0	1DS	2DS	3DS
40 – 59	67,0	165,5	242,9	301,6	349,9	391,9	429,4
60 – 79	103,5	209,1	285,4	344,7	394,4	438,1	477,4
80 – 100	110,6	189,0	305,9	394,8	466,7	528,2	538,7
+ 100	115,5	196,6	352,6	473,6	570,1	651,8	723,7
Valores de referencia para el sexo femenino (N)							
Peso (kg)	-3DS	-2DS	-1DS	0	1DS	2DS	3DS
40 – 59	123,3	166,9	209,4	251,0	292,0	332,3	372,2
60 – 79	119,7	175,1	228,7	281,0	332,4	383,0	433,0
+ 80	183,0	207,3	231,2	294,9	335,2	390,4	441,3

Fuente: Autores.
DS: Desviación estándar; N: Newton Kg: Kilogramos.

para el total de deportistas de $292,4 \pm 67,06$ N y una fuerza relativa de $4,52 \pm 1$ N/kg, no obstante, se resalta como el rendimiento en la fuerza (fuerza máxima, fuerza promedio de los tres intentos del test Nordbord y fuerza relativa) es considerablemente menor en los deportistas con antecedente de lesión, observando peores resultados de rendimiento comparados con los deportistas sin antecedente.

En la Tabla 3 se relacionan las variables asimetría y antecedente de lesión las cuales presentan asociación estadísticamente significativa y a partir del riesgo relativo calculado (RR) se puede lograr determinar que el tener una asimetría mayor al 15% se relaciona con la presencia de tener antecedente de lesión, por tanto, a partir de este resultado se puede llegar a precisar que asimetrías mayores al 15% pueden llegar a ser un factor de riesgo de LMI en deportistas de alto rendimiento.

Como es común en este tipo de estudios, se utilizó una combinación de diferentes procesos que involucran razonamiento subjetivo, análisis estadístico y una revisión de la literatura para establecer los diferentes valores de referencia para la fuerza excéntrica de isquiotibiales (puntos de corte) en la población de deportistas de alto rendimiento. En la Figura 2 se muestran los percentiles para la fuerza máxima de isquiotibiales medidas con el Nordbord teniendo en cuenta el peso corporal de los atletas. Estos datos fueron la base para los valores de referencia que se muestran más adelante.

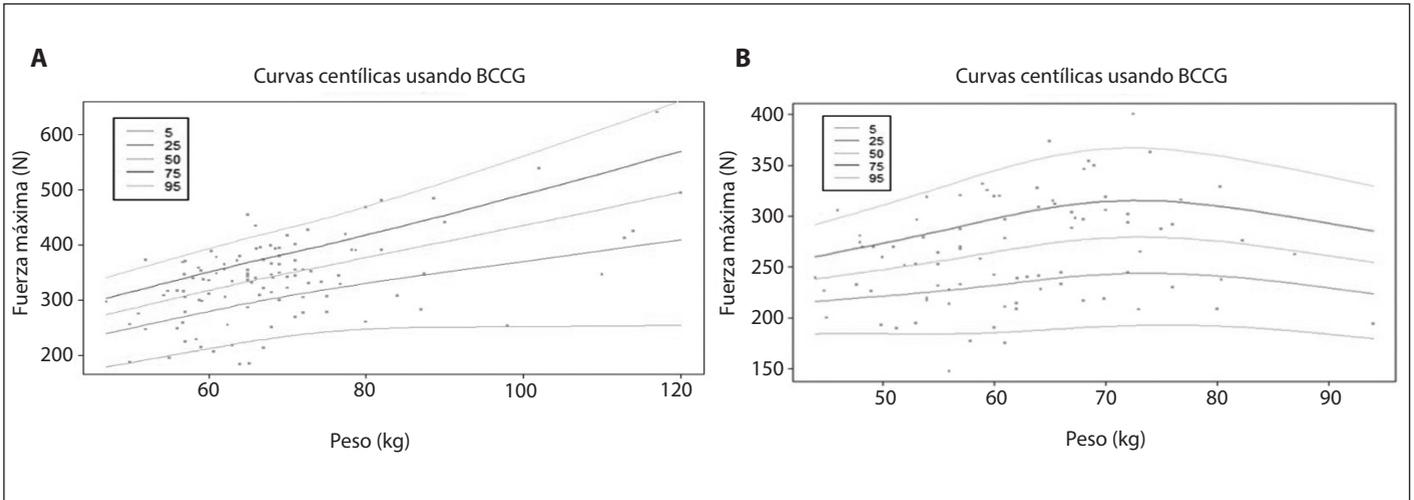
Una vez ajustados los datos, se determinaron y seleccionaron los hiperparámetros utilizados en el modelo BCCG, a través de los cuales se normalizaron y predijeron los valores para la fuerza excéntrica según el peso corporal.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la Tabla 4 se muestran los valores de referencia en N discriminados por género determinados a partir del comportamiento percentílico de la fuerza excéntrica máxima de isquiotibiales de la muestra evaluada (Figura 2). Para una mejor comprensión de los resultados mostrados en la Tabla se propone que aquellos valores que se encuentren entre +/- una DS sean valores considerados normales. De acuerdo con la anterior información, se propone como ejemplo un deportista de sexo masculino de más de 100 kg con una fuerza máxima excéntrica de 300 N, el cual, según, a partir de los valores determinados, este atleta se encontraría por debajo del rendimiento normal de la población.

Discusión

El presente trabajo se desarrolló con deportistas de alto rendimiento que hacían parte de las selecciones Colombia para el periodo enero-noviembre del 2021. Los principales hallazgos fueron: primero, que los deportistas sin antecedente de lesión presentan mayores niveles de fuerza al relacionarlos con los que tienen algún antecedente de lesión en miembros inferiores. Segundo, las mujeres con asimetrías por encima del 15% son aquellas deportistas con antecedente de lesión. Tercero: que el rendimiento en la fuerza (fuerza máxima, fuerza promedio de los tres intentos del test Nordbord y fuerza relativa) es considerablemente menor en los deportistas con antecedente de lesión, ya que se pudie-

Figura 2. Percentiles fuerza excéntrica. 2A. Percentiles de la fuerza máxima excéntrica para el sexo masculino. 2B. Percentiles de fuerza máxima excéntrica para el sexo femenino.



Fuente: Autores.
BCCG: Modelo Box Cox Cole y Green.

ron observar peores resultados de rendimiento comparados con los deportistas sin antecedente. Así mismo, en virtud de la necesidad de tener unos valores de referencia de fuerza en isquiotibiales, en deportes diferentes al fútbol, se hace un primer acercamiento de las tablas de referencia para fuerza máxima de isquiotibiales para hombres y mujeres para nuestra población.

De total de todas las valoraciones realizadas en este periodo se tuvieron en cuenta el 57%, las otras fueron descartadas principalmente por errores en la ejecución del ejercicio nórdico y por información incompleta.

Fueron 15 diferentes disciplinas deportivas donde voleibol, ultimate y atletismo representaron el 74,3%. Vale la pena mencionar que en fútbol solo se valoró un jugador, lo que da relevancia al trabajo, ya que usualmente es en este deporte donde se hacen la mayor cantidad de estudios de lesión muscular de miembros inferiores⁷ y aún más ya que para países como Colombia, la poca información publicada es sobre fútbol²⁰ (Tabla 1).

Los deportistas evaluados fueron jóvenes con promedio de edad de 21 ± 4.6 años con una distribución equilibrada por sexo similar a lo reportado en el estudio de Schmidt-Olsen, *et al.*²¹. Según la edad, en los futbolistas jóvenes el número de lesiones parece aumentar. El grupo de edad de 17 a 18 años parece tener una incidencia similar o incluso más alta comparada con los adultos coincidiendo este comportamiento a lo reportado por múltiples autores^{22,23}. El mismo hallazgo se presentó en un estudio de las lesiones durante 12 torneos internacionales de jugadores de diferentes categorías de edad y nivel de habilidad²⁴. Dentro de este contexto se observa como la conocida "especialización en el deporte" en niños y adolescentes, está asociada a un mayor riesgo de lesión y también la muscular sigue siendo la más importante²⁵. En virtud de lo mencionado vale la pena relacionar la edad de inicio del entrenamiento en un único deporte con el aumento del riesgo de lesión muscular y más en específico de isquiotibiales por supuesto en países de Suramérica,

en donde el desarrollo de este tipo de investigaciones en deporte de alto rendimiento es precario.

En este trabajo la principal lesión fue la muscular (38,5%) (datos no mostrados), así como informan, entre otros, Alonso, *et al.* (48%)²⁶ o también por Zahínos, *et al.* (2010)²⁷, en fútbol, donde la frecuencia de aparición más elevada de lesiones fue de tipo muscular y hasta de un 80% del total, seguida por articular, la tendinosa y la ósea²⁷.

Para esta investigación, la lesión de isquiotibiales presento una incidencia del 69% del total de las lesiones musculares de los miembros inferiores, es decir, por mucho, la más frecuente. Esto ha sido extensamente resaltado por muchos trabajos en el mundo y para muchos deportes²⁸, tal es el caso de Judo²⁹, baloncesto³⁰, fútbol playa³¹, béisbol³², y, como se mencionó previamente, en el fútbol, en donde cada vez se incrementa más, razón por la que viene llamando más la atención⁸.

Dentro de las cualidades físicas la fuerza y la potencia muscular, son fisiológicamente la base en la acción de cada unidad músculo-hueso. Además, el entrenamiento de estas cualidades aumenta el desempeño y reduce el riesgo de lesión de un deportista³³. Al grupo de músculos de la cara posterior del muslo se le ha reconocido que una de sus principales funciones se relaciona con el desarrollo de la contracción excéntrica. Estando este tipo de contracción asociada con su riesgo de lesión más elevado³⁴. Para este trabajo, describir y establecer el comportamiento de las causas de lesión de isquiotibiales, a través de la evaluación de la fuerza excéntrica, a su vez ayudará en alguna medida a resolver uno de las principales causas de lesión muscular de miembros inferiores para una buena cantidad de deportes.

La fuerza muscular excéntrica de isquiotibiales en N que se halló a través del test nórdico, fue superior en hombres (328,48 N) que en mujeres (260 N) (Figura 1). Para hombres, fue similar a lo reportado por Quiceno, *et al.* realizado en un equipo profesional de fútbol (339 N) en Colombia²⁰.

Existen algunos factores de riesgo postulados para la lesión de origen muscular, pero pocos han sido tan profundamente estudiados como la fuerza. Como se mencionó previamente la fuerza es una de las cualidades físicas que al ser entrenada reduce el riesgo de lesión y mejoran el desempeño de los deportistas³⁵. Pero en el caso de los miembros inferiores la simetría de la fuerza es también un factor asociado a lesión³⁶. Siendo así, se hace necesario tener las mejores herramientas, que informen no solo de la fuerza unilateral si no bilateral, para poder evaluar continuamente las diferentes expresiones de la fuerza y así realizar el adecuado monitoreo de un deportista a lo largo de la temporada.

Dentro de estas expresiones de la fuerza, se ha reconocido a la fuerza máxima (habilidad para desarrollar la máxima fuerza con una acción simple y bajo condiciones particulares)³⁷, que para este trabajo se halló a través del test nórdico, como una característica de la fuerza susceptible de ser evaluada continuamente y con suficiente evidencia para ser tenida en cuenta como factor de riesgo de lesión, como es el caso cuando está disminuida para un tipo de especialidad deporte y un tipo de atleta en particular. Existe gran cantidad de literatura que apoya el uso del test nórdico y una de las variables, la fuerza máxima que se obtiene del software, para evaluar a los músculos isquiotibiales¹².

En esta investigación se pudo establecer que los antecedentes de debilidad o activación asimétrica en la fuerza de los isquiotibiales se asociaba a lesión de este mismo grupo muscular (Tabla 2). Ya otros autores como Opar, et al., 2013¹³ y Lee, et al., 2009³⁸ han podido comprobar como una disminución de la fuerza excéntrica máxima o isométrica, se asocia a riesgo de lesión o re-lesión en futbolistas. De igual manera que la asimetría sigue siendo un factor a tener en cuenta y que debe considerarse siempre que se evalúe la fuerza muscular de los miembros inferiores. Los valores de asimetría por encima del 15% se han podido relacionar con lesión.

Finalmente, se hace un primer acercamiento para atletas locales de diferentes disciplinas deportivas, con los que se determinaron los valores de referencia para fuerza excéntrica máxima de isquiotibiales (Figura 2, Tabla 4) a través del test Nórdico tan difundido a nivel mundial y del cual ya existen algunas medidas solo para el fútbol profesional de Colombia^{20,39}. Tener valores de referencia siempre es un reto, pero se pretende tomar como modelo al deportista de las selecciones nacionales para poder empezar con el proceso de valoración y evaluación tan necesarios para el seguimiento del deportista, antes durante y al finalizar la temporada.

Con esta investigación se aporta en el contexto del modelo dinámico complejo para lesión en el deporte, en donde las alteraciones en la fuerza hacen parte de lo que se reconoce “atleta predispuesto”. También, se quiere dar relevancia al desarrollo de la investigación local para ir estableciendo el comportamiento de los diferentes factores tanto intrínsecos como extrínsecos al deportista, que se deben continuamente monitorear para ayudar al buen desempeño de nuestros atletas de alto rendimiento.

Como conclusión, se debe construir un adecuado proceso de apoyo entre jugadores, entrenadores y grupo biomédico, para que se puede trabajar fuertemente en el proceso de la prevención de la lesión muscular, que sigue demandando una elevada cantidad de pérdida de horas de entrenamiento y competencia e impactando a su vez sobre la salud del atleta de alto rendimiento.

Se requieren más estudios que como éste aporten para el desarrollo del deporte de alto rendimiento desde las reservas hasta el profesional medallista.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

1. Spent L F, Martin AD, Drinkwater DT. Muscle mass of competitive male athletes. *J Sports Sci.* 1993;11(1):3-8.
2. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chummanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: Recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(2):67-81.
3. Liu H, Garrett WE, Moorman CT, Yu B. Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *Journal of Sport and Health Science.* 2012;1:92-101.
4. Chavarro-Nieto C, Beaven M, Gill N, Hébert-Losier K. Hamstrings injury incidence, risk factors, and prevention in Rugby Union players: a systematic review. *Physician and Sportsmedicine.* 2023;51:1-19.
5. Chu SK, Rho ME. Hamstring injuries in the athlete: Diagnosis, treatment, and return to play. *Curr Sports Med Rep.* 2016;15(3):184-90.
6. Ekstrand J, Häggglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011;45(7):553-8.
7. Ekstrand J, Häggglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 2011;39(6):1226-32.
8. Ekstrand J, Bengtsson H, Waldén M, Davison M, Häggglund M. Still poorly adopted in male professional football: but teams that used the Nordic Hamstring Exercise in team training had fewer hamstring injuries-a retrospective survey of 17 teams of the UEFA Elite Club Injury Study during the 2020-2021 season. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2022;8(3):e001368.
9. Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT, Reddin DB. Epidemiology of injuries in English professional rugby union: Part 1 match injuries. *Br J Sports Med.* 2005;39(10):757-66.
10. Elliott MCCW, Zarins B, Powell JW, Kenyon CD. Hamstring muscle strains in professional football players: A 10-year review. *American Journal of Sports Medicine.* *Am J Sports Med.* 2011;39:843-50.
11. Chebbi S, Chamari K, Van Dyk N, Gabbett T, Tabben M. Hamstring Injury Prevention for Elite Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2020.
12. Okoroha KR, Conte S, Makhni EC, Lizzio VA, Camp CL, Li B, et al. Hamstring Injury Trends in Major and Minor League Baseball: Epidemiological Findings From the Major League Baseball Health and Injury Tracking System. *Orthop J Sport Med.* 2019;7(7).
13. Opar DA, Piatkowski T, Williams MD, Shield AJ. A novel device using the nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: A reliability and retrospective injury study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(9):636-40.
14. Cuthbert M, Ripley N, McMahon JJ, Evans M, Haff GG, Comfort P. The Effect of Nordic Hamstring Exercise Intervention Volume on Eccentric Strength and Muscle Architecture Adaptations: A Systematic Review and Meta-analyses. *Sports Medicine.* 2020;50:83-99.
15. Šarabon N, Marušič J, Marković G, Kozinc Z. Kinematic and electromyographic analysis of variations in Nordic hamstring exercise. *PLoS One.* 2019;14(10).
16. Impellizzeri FM, Bizzini M, Rampinini E, Cereda F, Maffiuletti NA. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2008;28(2):113-9.
17. Ledesma R, Macbeth G, de Kohan NC. Tamaño del efecto: Revisión teórica y aplicaciones con el sistema estadístico vista. *Rev Latinoam Psicol.* 2008;40(3):425-39.
18. Cole TJ, Green PJ. Smoothing reference centile curves: The lms method and penalized likelihood. *Stat Med.* 1992;11(10):1305-19.
19. Stasinopoulos DM, Rigby RA. Generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS) in R. *J Stat Softw.* 2007;23(7):1-46.
20. Quiceno C, Mantilla A, Iván J, Samudio MA, del Castillo D. Perfil de la Fuerza Muscular de Isquiotibiales en Jugadores de Fútbol de la Liga Profesional Colombiana Monitorizado con Tecnología Nordbord. *Rev Kronos.* 2020;19(2):1.
21. Schmidt-Olsen S, Jørgensen U, Kaalund S, Sørensen J. Injuries among young soccer players. *Am J Sports Med.* 1991;19(3):273-5.
22. Peterson L, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Dvorak J. Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups. *Am J Sports Med.* 2000;28(5 SUPPL).

23. Inklaar H, Bol E, Schmikli SL, Mosterd WL. Injuries in male soccer players: Team risk analysis. *Int J Sports Med.* 1996;17(3):229-34.
24. Junge A, Dvorak J. Soccer injuries: a review on incidence and prevention. *Sports Med.* 2004;34(13):929-38.
25. Jayanthi NA, Post EG, Laury TC, Fabricant PD. Health consequences of youth sport specialization. *J Athl Train.* 2019;54:1040-9.
26. Alonso JM, Edouard P, Fischetto G, Adams B, Depiesse F, Mountjoy M. Determination of future prevention strategies in elite track and field: Analysis of Daegu 2011 IAAF Championships injuries and illnesses surveillance. *Br J Sports Med.* 2012;46(7):505-14.
27. Zahinos JI, Salinero Martín JJ. Epidemiological study of the injuries, the processes of readaptation and prevention of the injury of anterior cruciate ligamento in the professional football. *J Sport Heal Res.* 2010;2(2):7.
28. Silvers-Granelli HJ, Cohen M, Espregueira-Mendes J, Mandelbaum B. Hamstring muscle injury in the athlete: State of the art. *Journal of ISAKOS.* 2021;6:170-81.
29. Kurosawa H. Complete avulsion of the hamstring tendons from the ischial tuberosity. a report of two cases sustained in judo. *Br J Sports Med.* 1996;30(1):73-4.
30. Meeuwisse WH, Sellmer R, Hagel BE. Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *Am J Sports Med.* 2003;31(3):379-85.
31. Elliott MCCW, Zarins B, Powell JW, Kenyon CD. Hamstring muscle strains in professional football players: A 10-year review. *Am J Sports Med.* 2011;39:843-50.
32. Zachazewski J, Silvers H, Li B, Pohlig R, Ahmad C, Mandelbaum B. Prevalence of hamstring injuries in summer league baseball players. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(6):885-97.
33. Llurda-Almuzara L, Labata-Lezaun N, López-De-celis C, Aiguadé-Aiguadé R, Romani-Sánchez S, Rodríguez-Sanz J, et al. Biceps femoris activation during hamstring strength exercises: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(16).
34. Silvers-Granelli HJ, Cohen M, Espregueira-Mendes J, Mandelbaum B. Hamstring muscle injury in the athlete: State of the art. *J ISAKOS.* 2021;6:170-81.
35. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Med.* 2016; 46:1419-49.
36. Yanci J, Camara J. Bilateral and unilateral vertical ground reaction forces and leg asymmetries in soccer players. *Biol Sport.* 2016;33(2):179-83.
37. James LP, Talpey SW, Young WB, Geneau MC, Newton RU, Gastin PB. Strength Classification and Diagnosis: Not All Strength Is Created Equal. *Strength Cond J.* 2023;45(3):333-41.
38. Lee MJC, Reid SL, Elliott BC, Lloyd DG. Running biomechanics and lower limb strength associated with prior hamstring injury. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(10):1942-51.
39. Franchi M V, Ellenberger L, Javet M, Bruhin B, Romann M, Frey WO, et al. Maximal eccentric hamstrings strength in competitive alpine skiers: Cross-sectional observations from youth to elite level. *Front Physiol.* 2019;10(88).