Factores de riesgo para el Síndrome de Estrés Tibial Medial asociados a la cinética del *countermovement jump* en cadetes en formación

Autor: Jonathan Rodrigo Malaver Moreno

Tutor: Jenner Rodrigo Cubides Amézquita

Co-autores:

Rodrigo Esteban Argothy Bucheli

Esteban Aedo Muñoz

Daniel Dylan Cohen

Maestría en Actividad Física y Salud

Centro de Estudios para la Medición en Actividad Física (CEMA)

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Universidad del Rosario

Bogotá, Colombia

2019

Factores de riesgo para el Síndrome de Estrés Tibial Medial asociados a la cinética del *countermovement jump* en cadetes en formación

Jonathan R. Malaver-Moreno[1*], Jenner R. Cubides[2], Rodrigo E. Argothy[1-3], Esteban Aedo-Muñoz[4-5], Daniel D. Cohen[6].

Centro de Estudios para la Medición en Actividad Física (CEMA), Universidad del Rosario, Bogotá (Colombia)[1]; Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova, Bogotá (Colombia)[2]; Laboratorio de Biomecánica - Centro de Ciencias del Deporte (COLDEPORTES), Bogotá (Colombia)[3]; Laboratorio de Biomecánica - Centro de Alto Rendimiento, Santiago (Chile)[4]; Laboratorio de Actividad Física y Salud, Universidad de Santiago, Santiago (Chile)[5]; Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga (Colombia)[6].

***jonathan.malaver@urosario.edu.co**

Resumen

El Síndrome de Estrés Tibial Medial (SETM) es una de las patologías más reportadas e incapacitantes en el personal militar. Debido a que los músculos de la extremidad inferior desempeñan una labor importante en la atenuación de las fuerzas de impacto al correr y aterrizar, la deficiencia y las asimetrías en la función neuromuscular, se asocian con un mayor riesgo de presentar lesiones musculoesqueléticas (LME). **OBJETIVO:** determinar los factores de riesgo para el SETM asociados a la cinética del *countermovement jump* (CMJ) en cadetes en formación. **METODOLOGIA:** una cohorte de 164 cadetes de primer semestre fue seguida prospectivamente durante 24 semanas. Al inicio de la investigación, se registraron los datos antropométricos y demográficos de los participantes, y, se les interrogo acerca de algunos de sus hábitos de vida y antecedentes en el uso de material ortopédico, lesiones en los miembros inferiores y SETM. La altura del salto (cm), la tasa de desarrollo de la fuerza en la desaceleración excéntrica (EDRFD [N/s*kg]), la asimetría de la EDRFD (% y %/VN), la fuerza concéntrica media (CMF [N*kg]), la asimetría de la CMF (% y %/VN), la fuerza

pico en el aterrizaje (PLF [N*kg]), y la asimetría de la PLF (% y %/VN), se evaluaron a través del CMJ bilateral con un par de plataformas de fuerza uniaxial. Finalizado el seguimiento, se identificaron los cadetes que presentaron SETM mediante la historia clínica. **RESULTADOS:** al final del estudio quedaron 91 hombres y 32 mujeres (n= 123). La incidencia del SETM fue de 13% (n= 16). En el análisis bivariado, una mayor asimetría de la EDRFD (9,4% vs. -3,4%), el sexo femenino (RR= 2,84; IC 95%= 1,16-6,94), la procedencia rural (RR= 2,65; IC 95%= 1,04-6,72) y el antecedente de SETM (RR= 5,71; IC 95%= 2,23-14,62), se asociaron de forma significativa con el SETM (p≤0.05). En la regresión logística, una mayor asimetría de la EDRFD (OR= 1,03; IC 95%= 1,00-1,07), el sexo femenino (OR= 4,91; IC 95%= 1,38-13,37) y la procedencia rural (OR= 4,82; IC 95%= 1,04-6,72), se asociaron de forma significativa con el SETM (p≤0,05). El antecedente de SETM fue significativo en p≤0,1 (OR= 8,95; IC 95%= 0,68-118,73). El modelo predictivo fue significativo para el SETM (p≤0,01), tuvo una sensibilidad del 31,3% y una especificidad del 99,1% (pronostico global del 90,2%). **CONCLUSIONES:** el sexo femenino, la procedencia rural, el antecedente de SETM y una gran asimetría en la EDRFD son importantes factores de riesgo para el desarrollo del SETM. Estos hallazgos permitirán hacer una mejor predicción del SETM en el personal militar, siendo especialmente útiles para la clasificación del riesgo y la implementación de un programa de prevención primaria dirigido a los cadetes que inician su formación militar.

Palabras clave: factores de riesgo, personal militar, síndrome de estrés medial de la tibia, fenómenos biomecánicos, cinética, salto en contramovimiento.

Key words: risk factors, military personnel, medial tibial stress syndrome, biomechanical phenomena, kinetics, countermovement jump.

Introducción

El Síndrome de Estrés Tibial Medial (SETM) es una de las patologías más reportadas e incapacitantes en el personal militar (1-5), siendo la principal causa de dolor en la parte inferior de la pierna relacionada con el ejercicio físico (3). Aunque no reviste de gravedad, si no es tratada de forma adecuada puede propiciar lesiones como la fractura por estrés tibial (6). La incidencia reportada en el personal militar para esta patología oscila entre el 7,2% y el 35% (3, 4).

El SETM se caracteriza por un dolor difuso en el tercio medio del borde posteromedial de la tibia (1-3, 5, 7), que aumenta durante la práctica de ejercicio físico (7). Aunque los síntomas son

percibidos a nivel subcutáneo entre la fascia crural y el hueso, el SETM se asocia con cambios óseos específicos (1). En la mayoría de los casos esta patología involucra microfracturas óseas corticales (5). La forma más sensible para el diagnóstico clínico del SETM es la palpación (2, 7).

Durante el ejercicio físico, el estrés mecánico que sufre la tibia provoca microtraumas necesarios para construir, fortalecer y adaptar el hueso, de hecho, la tensión producida por el musculo durante la contracción muscular, estimula la osteogénesis (3, 4, 6). No obstante, sobrepasar el umbral de microtraumas (debido a un exceso de cargas de trabajo), puede conllevar una lesión como el SETM (3, 4, 6). El estrés óseo genera una sobrecarga en la remodelación del hueso (desequilibrio entre la reabsorción y síntesis de matriz ósea) que resulta en osteopenia (6, 8). En un estudio, se observó que atletas con SETM presentaron menor densidad mineral ósea (23% ± 8% menos) que sus contrapartes saludables en la zona donde se localizaba el dolor (9).

La duración promedio del tratamiento de rehabilitación para el SETM es de 3 meses, llegando a ser inclusive de 4-5 meses (10). De acuerdo a los datos enunciados por la *Australian Defense Force Academy* el tiempo de incapacidad para esta patología es de 57,5 días en promedio por individuo, lo que se traduce en costos para el estado de AUD $ 6.410 por cada caso (11). En resumen, el SETM al igual que el resto de lesiones musculoesqueléticas (LME), resulta en: un alto número de encuentros médicos (12-16), altos costos en atención médica y rehabilitación (12, 14, 17, 18), una elevada pérdida de días de trabajo (14, 16, 19-23), la limitación en la preparación física y operacional/táctica (18, 19, 24, 25), la disminución del personal militar desplegado y del rendimiento operativo en situaciones de combate (13, 25, 26), el deterioro funcional y la discapacidad física (20, 27-29), y un alto porcentaje de deserción prematura (30, 31).

De acuerdo a las últimas revisiones sistemáticas con meta-análisis, únicamente diez factores de riesgo evidenciaron una asociación significativa con el desarrollo del SETM: el sexo femenino (odds ratio [OR]= 2,35; intervalo de confianza [IC] 95%= 1,58-3,50; p<0,05) (1), el índice de masa corporal aumentado (IMC/diferencia de medias ponderada [WMD]=0,79; IC 95%= 0,38-1,20; p<0,001) (4), mayor rango de movimiento en la rotación externa de cadera (diferencia de medias estandarizada [SMD]= 0,44; IC 95%= 0,23-0,65; p<0,05) (1), mayor caída navicular (SMD= 0,44; IC 95%= 0,21-0,67; p<0,05) (1), mayor rango de movimiento en la flexión plantar del tobillo (WMD= 5,94°; IC 95%= 3,65-8,24, p<0,001) (4), los antecedentes de LME (OR= 2,18; IC 95%= 1,00-4,72; p<0,05) y SETM (riesgo relativo [RR]= 3,74; IC 95%= 1,17-11,91; p=0,03) (1, 8), el peso aumentado (SMD= 0,24; IC 95%= 0,03-0,45; p<0,05) (1), menor

experiencia en la práctica de atletismo (SMD= 0,74; IC 95%= 1,26-0,23; p= 0,005) (8), y el uso previo de material ortopédico (RR= 2,31; IC 95%= 1,56-3,43; p<0,001) (8).

Si bien algunas variables biomecánicas de tipo cinemático se han asociado con el SETM, la evidencia es limitada con respecto a las variables cinéticas. Particularmente, no se ha examinado la asociación entre las variables cinéticas implícitas en el salto y el SETM (en deportistas, población civil o militar), a pesar de que algunas de estas han sido asociadas con diversas LME (32-44).

El salto es un movimiento funcional (debido a que se asemeja a los diferentes gestos deportivos) (45), y, permite evaluar de forma fácil y económica la función neuromuscular en comparación con otros métodos (como las pruebas de fuerza isocinética) (46). De manera específica, el *countermovement jump* (CMJ) es una herramienta ampliamente utilizada para el monitoreo del estatus neuromuscular en el personal militar (47). Debido a que los músculos de la extremidad inferior desempeñan una labor importante en la atenuación de las fuerzas de impacto al correr y aterrizar (48), la deficiencia y las asimetrías en la función neuromuscular, se asocian con un mayor riesgo de presentar LME (32, 45, 49-51).

El objetivo de este estudio fue determinar los factores de riesgo para el SETM asociados a la cinética del CMJ en cadetes en formación. Como objetivo secundario, se propuso establecer la incidencia real del SETM en una muestra de cadetes de la población militar colombiana, sobre la cual no se reporta nada a la fecha.

Materiales y métodos

En este estudio observacional (descriptivo con componente analítico), una cohorte de 164 cadetes de primer semestre pertenecientes a la Escuela Militar General José María Córdova (ESMIC-Bogotá, Colombia), fue seguida prospectivamente durante 24 semanas. Esta cohorte incluyo sujetos de ambos sexos y procedentes de todas las regiones del país. A pesar de que se tomó una muestra por conveniencia, esta incluyo la totalidad de la población objeto al inicio de la investigación. Todos los participantes fueron previamente invitados a hacer parte del estudio de manera voluntaria. En una reunión previa al inicio del protocolo, se les explico los objetivos, la metodología y todos los por menores del estudio, así como también, se les aseguro la confidencialidad de los datos.

Los criterios de exclusión a priori planteados para este estudio fueron: sujetos que no hubiesen firmado el consentimiento informado, presentaran LME o neuropatías en la extremidad inferior, displasia de cadera, o cualquier patología que afectara el desempeño físico de los cadetes durante la formación militar y las

mediciones del CMJ. Todos los sujetos se sometieron a una revisión médica y a los exámenes clínicos pertinentes según el criterio del profesional de la salud encargado, para confirmar dichos supuestos. Por último, fueron excluidos de la investigación quienes presentaran datos incompletos (a posteriori).

El retiro voluntario del estudio no tuvo repercusiones sobre la carrera militar de los cadetes, ni en el manejo oportuno del SETM cuando fue diagnosticado. Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética en Ciencias Sociales y Exactas (CECSE) de la ESMIC según el acta 4363 REG-AL-FOL-71/02-2018.

Mediciones

Al inicio de la investigación se registró la edad, el sexo y la procedencia de los participantes, y se les interrogo acerca de sus hábitos de actividad física, hábitos tabáquicos y hábitos en el consumo de alcohol, a través del Cuestionario Mundial sobre Actividad Física (GPAQ) y la Encuesta Mundial sobre Tabaco en Adultos (GATS). Así mismo, se les pregunto acerca de sus antecedentes en el uso de material ortopédico, lesiones en los miembros inferiores y SETM. Las medidas antropométricas básicas (estatura, peso e IMC) se tomaron usando instrumentos previamente calibrados (tallímetro SECA mBCA 515/514 y báscula Tanita BC-1500 ANT + Wireless).

La altura del salto (cm), la tasa de desarrollo de la fuerza en la desaceleración excéntrica (EDRFD [N/s*kg]), la asimetría de la EDRFD (%), la fuerza concéntrica media (CMF [N*kg]), la asimetría de la CMF (%), la fuerza pico en el aterrizaje (PLF [N*kg]) y la asimetría de la PLF (%), se evaluaron a través del CMJ bilateral en la línea de base. Por medio de estas variables, se valoró la función neuromuscular de la extremidad inferior en las diferentes fases del CMJ: impulso (EDRFD), ascenso/despegue (CMF) y aterrizaje (PLF). Antes de su ejecución, se explicó la técnica del salto y los cadetes tuvieron la oportunidad de ensayarlo.

En el CMJ se ubican las manos sobre la cintura, se realiza una sentadilla a 90° y sin efectuar pausa alguna durante el impulso, se realiza el ascenso/despegue (salto vertical). Cada participante realizo tres intentos válidos y se tomó el promedio para cada una de las variables. Posteriormente, estas fueron ajustadas según el peso corporal de los sujetos (N/s o N dividido entre el peso en kg). En el caso de las asimetrías, se tomó el valor absoluto (N/s o N) de las extremidades inferiores por separado y se determinó la diferencia relativa (porcentaje) entre estas (% asimetría= [valor absoluto derecha-valor absoluto izquierda/valor absoluto más alto]*100).

Se usó un par plataformas de fuerza uniaxial PASCO®, con capacidad de medir vectores de fuerzas mayores a 4400 N o 1000 lbs. Los datos

obtenidos se procesaron mediante el software ForceDekcs®. Cabe resaltar que, para las asimetrías, se obtuvieron datos normalizados (sin tener en cuenta la dominancia de la asimetría) y negativos (VN) como se designó a los valores que tomaron en cuenta la dominancia de la asimetría (dominancia izquierda= negativa [-]), siendo esta variable analizada de dos maneras diferentes (% y %/VN respectivamente).

Al finalizar el tiempo de seguimiento, se identificaron los cadetes con SETM mediante la historia clínica electrónica que reposa en el sistema de información en salud de las fuerzas militares de Colombia. Los médicos del dispensario fueron los encargados de realizar el diagnóstico clínico de la patología y anexarlo al software Salud.SIS®.

Al inicio de la investigación, los profesionales de la salud fueron capacitados con el fin de estandarizar el protocolo para el diagnóstico clínico del SETM. Con base en un procedimiento de exploración planteado por Yates et al., se incluyó: la historia del dolor (que el dolor fuera inducido por la práctica de ejercicio físico y permaneciera por algunas horas o inclusive días), la ubicación del dolor (dolor difuso a lo largo del borde posteromedial de la tibia), la realización de la prueba de palpación (manifestación de incomodidad y dolor en la zona ya mencionada al realizar la palpación), y la identificación de síntomas asociados con otras LME (52), como los calambres, la parestesia, el dolor focal, el cese inmediato del dolor al finalizar la práctica de ejercicio físico, entre otros (comunes en la fractura por estrés tibial y el síndrome compartimental) (2, 5).

Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron organizados en Excel (Microsoft Office 2016), y luego exportados al software *Statistical Package for Social Science* (SPSS versión 25.0) para su análisis estadístico.

Se determinaron medidas de frecuencia absoluta y relativa (variables categóricas), y, medidas de tendencia central y dispersión (variables continuas). Para las variables categóricas, se evaluó la independencia (con respecto a la presencia del SETM) a través de la prueba de Chi-cuadrado y el riesgo relativo (RR).

En el caso de las variables continuas, se determinó la diferencia de medias/medianas entre los grupos (con y sin SETM). Previamente, se estableció la normalidad de los datos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov (>50 sujetos) y la homogeneidad de las varianzas con la prueba de Levene. Para las variables con un $p \leq 0{,}05$ en alguno de estos dos supuestos, fue utilizada la estadística no paramétrica (U-Mann Whitney/diferencia de medianas), de lo contrario, fue empleada la estadística

paramétrica (T-Student para muestras independientes/diferencia de medias).

Las variables significativas en el análisis bivariado se utilizaron para la realización de un modelo predictivo. Este se realizó a través de una regresión logística binaria (análisis multivariado), en la que se determinaron las variables significativas para el SETM con base en $p \leq 0.05$, con su respectivo OR (exp[B]). También, se determinó la bondad de ajuste de Hosmer y Lemeshow, el R-cuadrado de Nagelkerke, la sensibilidad y la especificidad, y la significancia (prueba de Omnibus) del modelo.

Resultados

De los 164 cadetes que conformaban la muestra inicialmente, al final del seguimiento quedaron 91 hombres y 32 mujeres (n= 123). La incidencia del SETM fue 13% (n= 16), específicamente para los hombres fue 8,8% (n= 8) y para las mujeres fue 25% (n= 8). El promedio de edad fue 18,15 ± 1,17 años. Por su parte, el promedio del peso, de la talla y del IMC fue 61,8 ± 9,9 kg, 1,71 ± 0,08 m y 21,1 ± 2,9 kg/m^2 respectivamente. No hubo diferencias significativas para el IMC entre el grupo con y sin SETM (21,3 ± 2,7 kg/m^2 vs. 21,1 ± 2,9 kg/m^2; p= 0,636).

Se encontró que el sexo, la procedencia y el antecedente de SETM se asociaron de forma significativa con el SETM (tabla 1). Las mujeres presentaron mayor riesgo que los hombres de sufrir esta patología (RR= 2,84), al igual que los cadetes que provenían de zonas rurales (inmediatamente antes de ingresar a la formación militar) y que habían sufrido SETM en el pasado en comparación con sus contrapartes (RR= 2,65 y 5,71 respectivamente) (tabla 1).

Con base en las variables cinéticas evaluadas, únicamente la asimetría de la EDRFD (%/VN) fue significativa cuando se compararon los cadetes con y sin SETM (tabla 2). En las personas que presentaron dicha patología, prevaleció la dominancia derecha (positiva) para la asimetría de la EDRFD a diferencia de los sujetos sanos (dominancia izquierda [negativa]) (tabla 2). Al evaluar el riesgo de presentar SETM con base en la extremidad inferior dominante, se encontró que los cadetes con una asimetría derecha para la EDRFD tenían 2,06 (IC 95%= 0,79-5,31; p= 0,125) veces más riesgo de sufrir SETM que los que presentaban una asimetría izquierda.

Al analizar por separado el grupo con dominancia derecha para la asimetría de la EDRFD (n= 55), se encontraron diferencias significativas entre el grupo con y sin SETM (tabla 3). La asimetría para los lesionados se encontró por encima de 20%, mientras para los sanos por debajo de 15% (tabla 3). Los cadetes con asimetrías ≥20% tenían 2,84 (0,91-8,86; p= 0,061) veces más riesgo de sufrir SETM que aquellos con asimetrías <20%.

De los 10 sujetos con SETM que presentaron dominancia derecha para la asimetría de la EDRFD, el 20% sufrió está patología en la extremidad inferior derecha, el 20% en la izquierda y el 60% en ambas piernas. De los 6 cadetes con SETM que presentaron asimetría izquierda para la EDRFD, el 16,7% sufrió está patología en la extremidad inferior izquierda, el 50% en la derecha y el 33,3% en ambas piernas. Estos datos revelan que el SETM afectó en menor proporción la extremidad inferior dominante frente a la no dominante (18,3% vs. 35%), sin embargo, lo más común fue el SETM bilateral (46,7%).

Las variables incluidas en la regresión logística y que más aportan a la predicción del SETM fueron el sexo, la procedencia, el antecedente de SETM y la asimetría de la EDRFD (%/VN). El modelo fue significativo para el SETM (p= 0,001), tuvo una sensibilidad del 31,3% y una especificidad del 99,1% (pronostico global del 90,2%), una bondad de ajuste de 0,57 (prueba de Hosmer y Lemeshow) y un R-cuadrado de Nagelkerke de 0,26.

Todas las variables incorporadas en el modelo tuvieron una significancia de $p \leq 0,05$ a excepción del antecedente de SETM ($p \leq 0,1$) (tabla 4). Las mujeres tuvieron más riesgo que los hombres de sufrir esta patología (OR= 4,91), al igual que los cadetes que provenían de zonas rurales (inmediatamente antes de ingresar a la formación militar) y que habían sufrido SETM en el pasado en comparación con sus contrapartes (OR= 4,82 y 8,95 respectivamente) (tabla 4). Asimismo, el incremento de un 1% en la asimetría (derecha) de la EDRFD, aumenta el riesgo de padecer SETM (OR= 1,03) (tabla 4).

Discusión

El SETM es una de las LME de mayor incidencia en el personal militar (3, 4). Esta patología repercute de forma negativa en la carrera militar de los cadetes, su salud a corto y largo plazo, y los costos en salud de las instituciones militares (11, 12, 14, 25, 27, 30). Numerosos factores de riesgo han sido relacionados con el SETM (1, 4, 8), sin embargo, las variables cinéticas implícitas en el salto no han sido asociadas con esta patología a diferencia de otras LME (32, 45, 51). Este estudio se centró en determinar los factores de riesgo para el SETM asociados a la cinética del CMJ en cadetes en formación.

Los hallazgos muestran que el IMC no se asocia de forma significativa con el SETM en este estudio, contrario a lo observado en otras investigaciones. En dos revisiones sistemáticas con meta-análisis se encontró que el IMC aumentado se asocia de forma significativa con el SETM (WMD= 0,79, IC 95%= 0,38-1,20, $p<0,001$; SMD= 0,24, IC 95%= 0,08-0,41, p= 0.003) (4, 8). Por otra parte, una investigación realizada en el ejército alemán, hallo diferencias

significativas para el IMC entre el grupo con y sin SETM (p= 0,04), pero, cuando esta variable fue examinada en el análisis multivariado no fue significativa (p= 0,3) (53). En un modelo predictivo desarrollado por Garnock et al., el IMC no fue significativo para el SETM en reclutas de la marina (11). Yates y White, tampoco encontraron diferencias significativas para el IMC entre el grupo con y sin SETM (p= 0,917), en una muestra de reclutas de la naval australiana (52). Otros dos estudios, evidenciaron que el IMC no se asocia de forma significativa con la patología enunciada en el personal militar (p>0,05) (54, 55). Una de las razones para las diferencias encontradas, es que las revisiones sistemáticas con meta-análisis presentaron heterogeneidad en las muestras evaluadas (deportistas, población civil o militar).

Plisky et al., señalaron que los sujetos con un IMC ≥20,2 tenían 5,3 veces más riesgo de padecer SETM que sus contrapartes (p<0,05), sin embargo, dicho estudio fue realizado en una población de *runners* con una media de 16,0 ± 1,0 años (56). Por su parte, Grier et al., encontraron que los sujetos con un IMC ≥25 y ≥30 tenían 1,77 y 2,72 veces más riesgo de sufrir LME en una brigada de combate en comparación con aquellos con un IMC <25 (p<0,01) (57). Aunque en el estudio precedente no se discrimino directamente el SETM, otra de las explicaciones a los resultados encontrados en esta investigación, es que el promedio del IMC en los cadetes con o sin SETM fue <25.

A pesar de que el IMC aumentado es un factor de riesgo para el SETM ya que representa una mayor carga sobre el sistema óseo en los miembros inferiores (4, 8), en el personal militar la evidencia no es clara. Considerando que el IMC tiene importantes limitaciones ya que no permite discriminar la distribución de la masa grasa y magra (58), se hace indispensable el uso de diferentes herramientas para la evaluación de la composición corporal.

Este es el primer estudio que relaciona la procedencia (rural y urbano) con el SETM. Una de las posibles explicaciones a los resultados hallados es el estatus socioeconómico. En Colombia, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), indicó mayor pobreza monetaria y multidimensional en las zonas rurales del país (59).

Un estudio realizado en adolescentes tunecinos, evidenció que aquellos que tenían un bajo estatus socioeconómico presentaban resultados significativamente más bajos en la altura y la potencia del CMJ en comparación con los que tenían un estatus socioeconómico alto (p<0,01) (60). En esta misma investigación, se encontró también que los sujetos más pobres tenían menor masa magra a diferencia de sus contrapartes (p<0,05) (60).

El Hage et al., hallaron que la DMO de la cadera se correlacionó de forma positiva con el rendimiento en el salto vertical (r= 0,78, p<0,01) y longitudinal (r= 0,67, p<0,05) (61). Aunque hay muchas hipótesis entorno a los resultados encontrados, se necesitan más investigaciones para interpretar la asociación entre la procedencia rural y el SETM.

El sexo femenino y el antecedente de SETM también se asociaron de forma significativa con el SETM, conforme a la evidencia existente. Dos revisiones sistemáticas con meta-análisis demostraron que el sexo femenino se asocia de forma significativa con el SETM (OR= 2,35, IC 95%= 1,58-3,50, p<0,05; RR= 1,71, IC 95%= 1,15–2,54, p= 0,008) (1, 8). Igualmente, una revisión sistemática con meta-análisis encontró que el antecedente de SETM se asocia significativamente con esta patología (RR= 3,74, IC 95%= 1,17-11,91, p= 0,03) (8).

Las mujeres son más propensas a padecer diversas LME en la extremidad inferior en comparación con los hombres, debido a importantes diferencias anatómicas, hormonales y biomecánicas (8, 62, 63). Dentro de las más importantes se encuentran: el aumento del ángulo Q/ancho de la pelvis, la disminución de la escotadura intercondílea del fémur, mayor laxitud articular, el aumento de la flexibilidad de los isquiotibiales, el aumento de la translación anterior de la tibia, el aumento de la pronación del pie y de la caída navicular, los efectos de los estrógenos en la función y el control neuromuscular, disminución de la relación H:Q (isquiotibiales/cuádriceps), la magnitud y sincronización alterada de la activación muscular, la propiocepción disminuida, el desequilibrio de los patrones de contracción muscular medial-lateral del cuádriceps, mayor valgo dinámico de la rodilla, entre otros (62).

En diferentes estudios, se ha observado también que las mujeres presentan una menor condición física a diferencia de sus contrapartes (19, 20, 64). Esto las hace más vulnerables a sufrir cualquier tipo de lesión en el contexto militar, donde la exigencia es igual para hombres y mujeres. En el caso del antecedente de SETM, se cree que los sujetos que vuelven a lesionarse han tenido una curación ósea incompleta, sin embargo, también existe la hipótesis de que luego del primer episodio se genera la perdida de DMO hasta por 8 años (8).

Desde el análisis biomecánico, se encontró que la altura del salto es una de las variables que más ha sido asociada con diversas LME. Un estudio realizado en futbolistas profesionales encontró que una mayor altura en el *squat jump*, se asoció de forma significativa con un mayor riesgo de padecer cualquier tipo lesión en los isquiotibiales (OR= 1,47; IC 95%= 1,02-2,12; p≤0,05) (33). Una investigación realizada por Gómez-Piqueras et al., también en jugadores de futbol profesional, reportó diferencias significativas en la altura del CMJ (en la pretemporada) entre los sujetos

lesionados y los no lesionados (p≤0,05), siendo menor en los futbolistas sanos (35,56 ± 3,94 cm vs. 40,43 ± 4,42 cm) (36). Contrario a lo anterior, Iguchi et al., hallaron que una altura ≤66 cm (en contraste con >66 cm) en el *vertical jump*, se relacionó de forma significativa con un mayor riesgo de sufrir distención en los isquiotibiales (HR= 0,15; IC 95%= 0,03-0,74; p≤0,05) (34). Orr et al., evidenciaron que los sujetos que alcanzaron una altura entre 30-34 cm en el *vertical jump* en contraste con los que lograron una altura ≥55 cm, tenían 2,12 (IC 95%= 1,07-4,20) veces más riesgo de padecer diversas LME (p≤0,05) (35).

Si bien la EDRFD, la CMF y la PLF presentan menos evidencia que la altura del salto, los estudios existentes han sido determinantes para el desarrollo de este análisis. Hewett et al., encontraron que mujeres atletas con ruptura del ligamento anterior cruzado (ACL), presentaron al inicio del seguimiento un aumento del 20% en la fuerza de reacción del suelo vertical (vGRF) durante el aterrizaje en la prueba de *drop jump* (DJ), en comparación con las no lesionadas (p≤0,05) (32). Una revisión sistemática con meta-análisis reporto que no hubo diferencias en la vGRF (en las fases de impacto y propulsión) entre los sujetos con antecedentes de fractura por estrés (tibial y metatarsal) y los que no, sin embargo, la tasa de carga en la fuerza de reacción del suelo vertical (LRvGRF) durante el aterrizaje fue significativamente más alta en la población lesionada (p≤0,01) (37). Powell et al., hallaron que los sujetos con ruptura previa del tendón de Aquiles, exhibían una mayor LRvGRF durante la fase de aterrizaje en el *drop countermovement jump* (p≤0,01), a diferencia de sus contrapartes (38). Una investigación realizada en jugadores de voleibol reporto que los sujetos con antecedentes de tendinopatía patelar (en contraste con los que no) presentaban una mayor tasa de desarrollo del momento de la rodilla (RMDK) durante las fases excéntricas (en el impulso y el aterrizaje) en el *spike jump* (p≤0,05) (39). Otro estudio realizado por Bisseling et al., reporto que los sujetos con tendinopatía patelar previa, tenían mayor LRvGRF en el DJ durante el aterrizaje en comparación con los individuos sin esta condición (p≤0,01), sin embargo, no encontraron diferencias significativas en la vGRF pico (40).

En contraste, una investigación evidencio que los sujetos con reconstrucción del ACL, tenían una menor LRvGRF durante el aterrizaje y el despegue en el DJ en contraste con los individuos sanos (p≤0,05) (41). Un estudio de casos y controles, encontró que los jugadores de baloncesto lesionados, presentaron una actividad excéntrica significativamente menor en el *jump-shot* durante el aterrizaje en comparación con los no lesionados (p≤0,01) (42). Una investigación realizada en sujetos con tendinopatía patelar, reporto que aquellos que tuvieron una recuperación completa de su lesión (puntaje >80 en el *Victorian Institute of Sport Assessment*

[VISA]), presentaban valores significativamente mayores en la LRvGRF ($p \leq 0,01$) y la RMDK ($p \leq 0,05$) en el DJ durante el aterrizaje que sus contrapartes (40). Una de las hipótesis para los resultados encontrados en estos estudios, es que en sujetos con lesiones recientes (o que no fueron tratadas adecuadamente), desarrollan un mecanismo de protección sobre la extremidad inferior afectada, presentado así una menor LRvGRF (39). Lastimosamente, en los estudios examinados no se evaluaron las asimetrías de la extremidad inferior en las personas lesionadas.

Considerando los hallazgos presentados, se cree que una mayor LRvGRF (en cualquiera de las fases del salto) en sujetos con antecedentes de lesión puede ser contraindicada si el tejido afectado no ha tenido una adecuada rehabilitación. De ser así, esto representaría una mayor carga durante un periodo de tiempo más corto sobre un tejido que no se encuentra completamente recuperado (43). Igualmente, se presume que una menor LRvGRF (en cualquiera de las fases del salto) manifiesta un mayor riesgo de lesión (en sujetos sanos o que tienen antecedentes de LME) ya que la capacidad de respuesta del musculo frente a un estímulo motor se ve disminuida. Una mayor tasa de carga (LR, conocida también como tasa de desarrollo de la fuerza [RFD]) se traduce en la capacidad de desacelerar más rápidamente en la fase de impulso a través de la activación de los cuádriceps y así, obtener una mayor fuerza y potencia muscular durante la contracción concéntrica (65, 66). Durante el aterrizaje, una mayor LR permitirá mantener el equilibrio y la estabilidad de la rodilla, y a atenuar las fuerzas de impacto (absorción de energía) a través de la desaceleración de la extremidad inferior (39, 42, 67).

La evidencia en torno a las variables cinéticas y el riesgo de padecer LME parece contradictoria, no obstante, los hallazgos encontrados son razonables debido a que los estudios citados analizaron diferentes LME y se realizaron en diversas poblaciones. Adicionalmente, se llevaron a cabo en diferentes momentos posteriores a la lesión. Solo dos estudios longitudinales encontraron que un aumento en la vGRF y una disminución de la actividad excéntrica durante el aterrizaje se asocian de forma significativa con diferentes LME (32, 42).

La altura del salto, la EDRFD, la CMF y la PLF no se asociaron de forma significativa con el SETM en este estudio. Las estrategias compensatorias (en los sujetos lesionados) que se dan a través de los diferentes grupos musculares de la extremidad inferior, pueden ser la causa de los hallazgos encontrados. Esto fue denotado en un estudio realizado por Siegmund et al., en jugadores de baloncesto con tendinopatía patelar (68). Sin embargo, se necesitan más investigaciones para dilucidar esta hipótesis.

La asimetría (sin tener en cuenta la dominancia [%]) de la CMF y de la PLF no se asociaron de

forma significativa con el SETM en esta investigación. Se cree que estos resultados, se deben a que el promedio de asimetría para las variables mencionadas, se encontró por debajo de 15% que es el valor clínico de referencia para evaluar el riesgo de lesión y el retorno a la actividad deportiva en el caso de los atletas que han sufrido LME (43-45, 69, 70). Para la asimetría de la EDRFD (%), los individuos con SETM presentaron valores por encima de 15% pero no fueron significativos con respecto a los sujetos sanos.

Teniendo en cuenta la dominancia de la asimetría (%/VN), la EDRFD fue la única variable que se asoció de forma significativa con el SETM. Al analizar los resultados, se pudo denotar que en los sujetos con SETM prevaleció la dominancia derecha para la EDRFD en contraste con los individuos no lesionados (prevaleció la dominancia izquierda), llegando a ser un factor de riesgo para el desarrollo de esta patología.

Un estudio indico que las personas diestras, presentan una mayor asimetría hemisférica en la superficie cortical (de la corteza sensorial) y la activación de cortezas motoras primarias, en comparación con las personas zurdas (71). Se presume que dichas asimetrías cerebrales están directamente relacionadas con las asimetrías motoras de la extremidad inferior, siendo los sujetos diestros más vulnerables a sufrir diversas LME. Debido a que no fue el objetivo de este estudio, es necesario que esta hipótesis se analice de manera cuidadosa y sea un aliciente para la realización de nuevas investigaciones.

En un análisis secundario, se examinó el grupo de cadetes con dominancia derecha e izquierda por separado para aclarar este fenómeno. En el grupo con dominancia izquierda para la EDRFD no se encontraron diferencias significativas entre los sujetos con y sin SETM, encontrándose el grupo de lesionados por debajo de 15%. En el grupo con dominancia derecha para la EDRFD, los cadetes lesionados presentaron un porcentaje de asimetría significativamente mayor que los sanos (23,0% ± 14,0% vs. 14,7% ± 9,8%; p= 0,029). Los sujetos con SETM exhibieron una asimetría mayor a 15% (llegando a situarse por encima del 20%) mientras que los individuos no lesionados se situaron por debajo de este valor. Estos datos concuerdan con el punto de referencia clínico enunciado en la literatura y con los resultados hallados en otras investigaciones.

Paterno et al., encontraron que un grupo de atletas con reconstrucción del ACL tenía una asimetría del 37% en contraste con un grupo de atletas sanos, el cual exhibía una asimetría del 7,7% para la LRvGRF durante el aterrizaje en el DJ (43). La extremidad inferior lesionada presentó una menor LRvGRF en comparación con la no lesionada ($p \leq 0,01$) (43). En otro estudio, un grupo de sujetos con esguince agudo de tobillo exhibió una asimetría de 15,02% ± 13,09%, mientras que el grupo control presentó una asimetría de 5,76% ± 4.16% para la RFD en

la fase 1 (ascenso/despegue) del DJ (p= 0,001) (44). En la fase 2 (aterrizaje), las personas lesionadas también exhibieron una asimetría significativamente mayor que sus contrapartes para la variable señalada (10.62% ± 8.64% vs. 4,35% ± 3,49%; p= 0,001) (44). En ambas fases, se observó una menor RFD en la extremidad inferior lesionada, en comparación con la de los controles, sin embargo, esta diferencia solo fue significativa en la fase 2 (p= 0,01) (44). Estos estudios, apoyan la idea de que las asimetrías mayores a 15% para la EDRFD, se asocian con un mayor riesgo de padecer SETM.

De acuerdo con las investigaciones citadas precedentemente, se observa que la pierna dominante en el salto para las variables enunciadas fue la no lesionada. Aunque los resultados no pueden ser comparables por el tipo de estudio, la población y el tipo de lesión examinada, en la presente investigación los cadetes se lesionaron en mayor proporción la extremidad inferior no dominante (35%) en contraste con la dominante (18,3%) con base en la EDRFD. Una de las hipótesis manejadas para los resultados hallados, es que la pierna lesionada no dominante, presenta una función neuromuscular disminuida que influye negativamente sobre la capacidad de desacelerar rápidamente en la fases de impulso y aterrizaje, afectando la obtención de una mayor fuerza y potencia muscular, y la atenuación de las fuerzas de impacto al correr, saltar, entre otras (39, 42, 65-67). Por su parte, se cree que las lesiones que se presentaron en la extremidad inferior dominante se deben a la sobrecarga ejercida sobre el tejido musculoesquelético al desplegar un estímulo de fuerza rápidamente de manera repetida. Esto es especialmente común en los cadetes, los cuales sufren un cambio de vida abrupto (26, 72), en el que se ven expuestos a un gran volumen e intensidad de entrenamiento, e incrementos repentinos en cualquiera de estos dos aspectos (73).

A partir del sexo, la procedencia, el antecedente de SETM y la asimetría de la EDRFD (%/VN), se planteó un modelo predictivo para el SETM, el cual tuvo una sensibilidad del 31,3% y una especificidad del 99,1% (p= 0,001). El modelo propuesto en este estudio presenta gran similitud con el desarrollado por Garnock et al., para el SETM (11). Este último, incluyó el sexo, el antecedente de SETM y la rotación externa de cadera (p<0,001), y, presento una sensibilidad del 82% y una especificidad del 84% (11). Se espera que en futuras investigaciones se pueda hacer el estudio de diversas variables biomecánicas (cinéticas y cinemáticas), que permitan la creación de un modelo predictivo más robusto para el SETM.

La principal fortaleza de este estudio es que es el primero en analizar la asociación de diversas variables cinéticas implícitas en el CMJ con el SETM. A diferencia de la gran mayoría de investigaciones que son de corte transversal y

que fueron realizadas posteriores a la lesión, este fue un estudio longitudinal prospectivo. El diseño del presente estudio permitió establecer los principales factores de riesgo asociados con el SETM, previo al inicio de la formación militar de los cadetes. Teniendo en cuenta esto, se obtuvo un modelo predictivo significativo para el SETM, que servirá para identificar a los sujetos que se encuentren en mayor riesgo de sufrir esta patología al ingreso de la ESMIC y crear así un programa de prevención primaria para dicha población. Otra de las fortalezas de este estudio, fue que se tomó una muestra representativa de la población con mayor riesgo de presentar SETM y las condiciones controladas en las que se encontraron los cadetes, ya durante el tiempo de seguimiento todos los sujetos se vieron sometidos a condiciones similares de alimentación, entrenamiento, descanso, entre otras.

Las limitaciones más importantes fueron el corto tiempo de seguimiento, el alto porcentaje de perdida de muestra y no haber examinado otras variables biomecánicas. Como perspectivas, se espera que en futuras investigaciones se realice la medición de diferentes variables cinéticas y cinemáticas, a través de herramientas como el análisis del movimiento en 3D, la dinamometría lineal (encoder lineal) e isocinética (máquinas de fuerza isocinética), entre otras. Lo anterior, con el fin de obtener un conocimiento más amplio acerca de los factores de riesgo biomecánicos (cinéticos y cinemáticos) que pueden influir sobre el desarrollo del SETM.

Conclusiones

Con base en el modelo predictivo planteado, se encontró que el sexo femenino, la procedencia rural, el antecedente de SETM y una mayor asimetría en la EDRFD son importantes factores de riesgo para el desarrollo del SETM. Estos hallazgos permitirán hacer una mejor predicción del SETM en el personal militar, siendo especialmente útiles para la clasificación del riesgo en los cadetes que inician su formación militar. Debido a que el sexo, la procedencia y el antecedente de SETM son factores de riesgo no modificables, una gran asimetría en la EDRFD se convierte en un elemento fundamental a tratar para la reducción del riesgo en un programa de entrenamiento físico al ingreso de la ESMIC.

Estos resultados también pueden ser potencialmente beneficiosos para cualquier tipo de población que se encuentre expuesta con frecuencia a esta patología (como por ejemplo los atletas). Debido a que los resultados aquí encontrados están siendo apenas descritos en la literatura, es necesario que se realicen nuevas investigaciones con el fin de dilucidar el papel que cumplen las variables cinéticas implícitas en el salto sobre el desarrollo del SETM. Igualmente, es necesario que se contemple la

evaluación de diferentes variables (biomecánicas, antropométricas, sociodemográficas, entre otras), con el fin de que el SETM se analice de manera multifactorial, llegando a la creación de un modelo predictivo más robusto que el presentado en este estudio.

Conflicto de intereses: los autores declaran que esta investigación no presenta conflicto de intereses.

Referencias

1. Reinking MF, Austin TM, Richter RR, Krieger MM. Medial Tibial Stress Syndrome in active individuals: a systematic review and meta-analysis of risk factors. Sports Health. 2017;9(3):252-61.

2. Moen MH, Tol JL, Weir A, Steunebrink M, Winter TCD. Medial Tibial Stress Syndrome: a critical review. Sports Medicine. 2009;39(7):523-46.

3. Winkelmann ZK, Anderson D, Games KE, Eberman LE. Risk factors for Medial Tibial Stress Syndrome in active individuals: an evidence-based review. 2016. p. 1049-52.

4. Hamstra-Wright KL, Bay C, Bliven KCH. Risk factors for Medial Tibial Stress Syndrome in physically active individuals such as runners and military personnel: a systematic review and meta-analysis. British Journal of Sports Medicine. 2015;49(6):362-9.

5. Franklyn M, Oakes B. Aetiology and mechanisms of injury in Medial Tibial Stress Syndrome: current and future developments. World Journal of Orthopaedics. 2015;6(8):577-89.

6. Gómez-García S. Update on Medial Tibial Stress Syndrome. Revista Científica General José María Córdova. 2016;14(17):231-48.

7. Reshef N, Guelich DR. Medial Tibial Stress Syndrome. Clinics in Sports Medicine. 2012;31:273-90.

8. Newman P, Witchalls J, Waddington G, Adams R. Risk factors associated with Medial Tibial Stress Syndrome in runners: a systematic review and meta-analysis. Open Access J Sports Med. 2013;4:229-41.

9. Magnusson HI, Westlin NE, Nyqvist F, Gardsell P, Seeman E, Karlsson MK. Abnormally decreased regional bone density in athletes with Medial Tibial Stress Syndrome. 2001. p. 712-5.

10. Zimmermann WO, Helmhout PH, Beutler A. Prevention and treatment of exercise related leg pain in young soldiers; a review of the literature and current practice in the Dutch Armed Forces. Journal Of The Royal Army Medical Corps. 2017;163(2):94-103.

11. Garnock C, Witchalls J, Newman P. Predicting individual risk for Medial Tibial Stress Syndrome in navy recruits. Journal of Science and Medicine in Sport. 2018;21(6):586-90.

12. Hauret KG, Jones BH, Canham-Chervak M, Canada S, Bullock SH. Musculoskeletal injuries: description of an under-recognized injury problem among military personnel. American Journal of Preventive Medicine. 2010;38(1S):S61-S70.

13. Jones BH, Canham-Chervak M, Canada S, Mitchener TA, Moore LS. Medical surveillance of injuries in the U.S. Military: descriptive epidemiology and recommendations for improvement. American Journal of Preventive Medicine. 2010;38(1S):S42-S60.

14. Ruscio BA, Jones BH, Canham-Chervak M, Bullock SH, Burnham BR, Rennix CP, et al. A process to identify military injury prevention priorities based on injury type and limited duty days. American Journal of Preventive Medicine. 2010;38(1S):S19-S33.

15. Smith GS, Dannenberg AL, Amoroso PJ. Hospitalization due to injuries in the military. Evaluation of current data and recommendations on their use for injury prevention. American Journal of Preventive Medicine. 2000;18(1S):41-53.

16. Lauder TD, Baker SP, Smith GS, Lincoln AE. Sports and physical training injury hospitalizations in the army. American Journal of Preventive Medicine. 2000;18(1S):118-28.

17. Almeida SA, Williams KM, Shaffer RA, Luz JT, Badong E. A physical training program to reduce musculoskeletal injuries in U.S. Marine Corps Recruits. Naval Health Research Center; 1997.

18. Jones BH, Hansen BC. An armed forces epidemiological board evaluation of injuries in the military. American Journal of Preventive Medicine. 2000;18(3S):14-25.

19. Kaufman KR, Brodine S, Shaffer R. Military training-related injuries. Surveillance, research, and prevention. American Journal of Preventive Medicine. 2000;18(1S):54-63.

20. Jones BH, Knapik JJ. Physical training and exercise-related injuries. Surveillance, research and injury prevention in military populations. Sports Med. 1999;27(2S):111-25.

21. Bullock SH, Jones BH, Gilchrist J, Marshall SW. Prevention of physical training-related injuries recommendations for the military and other active populations based on expedited systematic reviews. American Journal of Preventive Medicine. 2010;38(1S):S156-S81.

22. Andersen K, Grimshaw P, Kelso R, Bentley D. Musculoskeletal lower limb injury risk in army populations. Sports Medicine - Open. 2016;2(1):1.

23. Knapik J, Ang P, Reynolds K, Jones B. Physical fitness, age, and injury incidence in infantry soldiers. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 1993;35(6):598-603.

24. Abt JP, Sell TC, Lovalekar MT, Keenan KA, Bozich AJ, Lephart SM, et al. Injury epidemiology of U.S. Army special operations forces. Military Medicine. 2014;179(10):1106-12.

25. Teyhen DS, Shaffer SW, Butler RJ, Goffar SL, Kiesel KB, Plisky PJ, et al. What risk factors are associated with musculoskeletal injury in US Army Rangers? A prospective prognostic study. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2015;473(9):2948-58.

26. Neves EB, Eraso NM, Narváez YS, Rairan FSG, Garcia RCF. Musculoskeletal injuries in sergeants training courses from Brazil and Colombia. Journal of Science and Medicine in Sport. 2017;20(2S):S117.

27. Yancosek KE, Roy T, Erickson M. Rehabilitation programs for musculoskeletal injuries in military personnel. Current Opinion in Rheumatology. 2012;24(2):232-6.

28. Songer TJ, LaPorte RE. Disabilities due to injury in the military. American Journal of Preventive Medicine. 2000;18(3S):33-40.

29. Lincoln AE, Smith GS, Amoroso PJ, Bell NS. The natural history and risk factors of musculoskeletal conditions resulting in disability among US Army personnel. Work. 2002;18(2):99.

30. Knapik JJ, Canham-Chervak M, Hauret K, Hoedebecke E, Laurin MJ, Cuthie J. Discharges during U.S. Army basic training: injury rates and risk factors. Military Medicine. 2001;166(7):641-7.

31. Psaila M, Ranson C. Risk factors for lower leg, ankle and foot injuries during basic military training in the Maltese Armed Forces. Physical Therapy in Sport. 2017;24:7-12.

32. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Colosimo AJ, Heidt Jr RS, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. American Journal of Sports Medicine. 2005;33(4):492-501.

33. Barnes CA, Henderson G, Portas MD. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. Journal of Science and Medicine in Sport. 2010;13(4):397-402.

34. Iguchi J, Watanabe Y, Kimura M, Fujisawa Y, Hojo T, Yuasa Y, et al. Risk factors for injury among japanese collegiate players of american football based on performance test results. Journal Of Strength And Conditioning Research. 2016;30(12):3405-11.

35. Orr R, Pope R, Peterson S, Hinton B, Stierli M. Leg power as an indicator of risk of injury or illness in police recruits. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2016;13(2).

36. Gómez-Piqueras P, González-Víllora S, Sainz de Baranda Andújar MDP, Contreras-Jordán OR. Functional assessment and injury Risk in a professional soccer team. Sports (Basel, Switzerland). 2017;5(1).

37. Zadpoor AA, Nikooyan AA. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. Clinical Biomechanics. 2011;26(1):23-8.

38. Powell HC, Silbernagel KG, Brorsson A, Tranberg R, Willy RW. Individuals post-Achilles tendon rupture exhibit asymmetrical knee and ankle kinetics and loading rates during a drop countermovement jump. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2018;48(1):34-43.

39. Bisseling RW, Hot AL, Bredeweg SW, Zwerver J, Mulde T. Are the take-off and landing phase dynamics of the volleyball spike jump related to patellar tendinopathy? British Journal of Sports Medicine. 2008;42(6):483-9.

40. Bisseling RW, Hof AL, Bredeweg SW, Zwerver J, Mulder T. Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball. British Journal of Sports Medicine. 2007;41(7):e8.

41. Decker MJ, Torry MR, Noonan TJ, Riviere A, Sterett WI. Landing adaptations after ACL reconstruction. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2002;34(9):1408-13.

42. Louw Q, Grimmer K, Vaughan C. Knee movement patterns of injured and uninjured adolescent basketball players when landing from a jump: a case-control study. BMC Musculoskeletal Disorders. 2006;7.

43. Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Heyl R, Hewett TE. Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. Clinical Journal of Sport Medicine. 2007;17(4):258-62.

44. Doherty C, Sweeney K, Caulfield B, Delahunt E, Bleakley C, Hertel J, et al. Lower extremity coordination and symmetry patterns during a drop vertical jump task following acute ankle sprain. Human Movement Science. 2014;38:34-46.

45. Menzel H-J, Chagas MH, Szmuchrowski LA, Araujo SRS, de Andrade AGP, de Jesus-Moraleida FR. Analysis of lower limb asymmetries by isokinetic and vertical jump tests in soccer players. Journal Of Strength And Conditioning Research. 2013;27(5):1370-7.

46. Fischer F, Fink C, Blank C, Dünnwald T, Gföller P, Hoser C, et al. Isokinetic extension strength is associated with single-leg vertical jump height. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2017;5(11).

47. Claudino JG, Mezêncio B, Amadio AC, Serrão JC, Cronin J, McMaster DT, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: a meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport. 2017;20(4):397-402.

48. Wang H, Frame J, Ozimek E, Leib D, Dugan EL. The effects of load carriage and muscle fatigue on lower-extremity joint mechanics. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2013;84(3):305-12.

49. Santtila M, Kyröläinen H, Häkkinen K. Changes in maximal and explosive strength, electromyography, and muscle thickness of lower and upper extremities induced by combined strength and endurance training in soldiers. Journal Of Strength And Conditioning Research. 2009;23(4):1300-8.

50. O'Kane JW, Sabado L, Tencer A, Neradilek M, Polissar N, Schiff MA. Risk factors for lower extremity overuse injuries in female youth soccer players. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2017;5(10).

51. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. 2010. p. 1968-78.

52. Yates B, White S. The incidence and risk factors in the development of Medial Tibial Stress Syndrome among naval recruits. American Journal of Sports Medicine. 2004;32(3):772-80.

53. Moen MH, Bongers T, Bakker EW, Zimmermann WO, Weir A, Tol JL, et al. Risk factors and prognostic indicators for Medial Tibial Stress Syndrome. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 2012;22(1):34-9.

54. Sobhani V, Shakibaee A, Jahandideh D, Aghda AK, Meybodi MK, Delavari A. Studying the relation between Medial Tibial Stress Syndrome and anatomic and anthropometric characteristics of military male personnel. Asian Journal of Sports Medicine. 2015;6(2):1-5.

55. Burne SG, Khan KM, Boudville PB, Mallet RJ, Newman PM, Steinman LJ, et al. Risk factors associated with exertional medial tibial pain: a 12 month prospective clinical study. British Journal of Sports Medicine. 2004;38(4):441-5.

56. Plisky MS, Rauh MJ, Underwood FB, Tank RT, Heiderscheit B. Medial Tibial Stress Syndrome in high school cross-country runners: incidence and risk factors. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy. 2007;37(2):40-7.

57. Grier T, Canham-Chervak M, McNulty V, Jones BH. Extreme conditioning programs and injury risk in a US Army brigade combat team. US Army Medical Department journal. 2013:36-47.

58. Orgel E, Sposto R, Freyer DR, Mittelman SD, Mueske NM, Gilsanz V. Limitations of body mass index to assess body composition due to sarcopenic obesity during leukemia therapy. Leukemia and Lymphoma. 2018;59(1):138-45.

59. DANE. Pobreza Monetaria y Multidimensional en Colombia: año 2017. 2018.

60. Tounsi M, Aouichaoui C, Bouhlel E, Tabka Z, Trabelsi Y. Effect of socioeconomic status on leg muscle power in tunisian adolescent athletes. Science and Sports. 2017;32(5):303-11.

61. El Hage R, Zakhem E, Zunquin G, Theunynck D, Moussa E, Maalouf G. Performances in vertical jump and horizontal jump tests are positive determinants of hip bone mineral density in a group of young adult men. Journal of Clinical Densitometry. 2015;18(1):136-7.

62. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: part 1, mechanisms and risk factors. The American Journal of Sports Medicine. 2006;34(2):299-311.

63. Song J, Choe K, Neary M, Cameron KL, Zifchock RA, Trepa M, et al. Comprehensive biomechanical characterization of feet in USMA cadets: comparison across race, gender, arch flexibility, and foot types. Gait and Posture. 2018;60:175-80.

64. Knapik JJ, Sharp MA, Canham-Chervak M, Hauret K, Patton JF, Jones BH. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(6):946-54.

65. Cormie P, Newton RU, McGuigan MR. Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2010;42(9):1731-44.

66. Jakobsen MD, Sundstrup E, Andersen LL, Randers MB, Krustrup P, Kjær M, et al. The effect of strength training, recreational soccer and running exercise on stretch-shortening cycle muscle performance during countermovement jumping. Human Movement Science. 2012;31(4):970-86.

67. Caserotti P, Aagaard P, Simonsen EB, Puggaard L. Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. European Journal of Applied Physiology. 2001;84(3):206-12.

68. Siegmund JA, Huxel KC, Swanik CB. Compensatory mechanisms in basketball players with jumper's knee. Journal of Sport Rehabilitation. 2008;17(4):358-71.

69. Vernillo G, Pisoni C, Thiebat G. Strength asymmetry between front and rear leg in elite snowboard athletes. Clinical Journal of Sport Medicine. 2016;26(1):83-5.

70. Fort-Vanmeerhaeghe A, Montalvo AM, Sitjà-Rabert M, Kiefer AW, Myer GD. Neuromuscular asymmetries in the lower limbs of elite female youth basketball players and the application of the skillful limb model of comparison. Physical Therapy in Sport. 2015;16(4):317-23.

71. Linkenauger SA, Stefanucci JK, Proffitt DR, Witt JK, Bakdash JZ. Asymmetrical body perception: a possible role for neural body representations. Psychological Science. 2009;20(11):1373-80.

72. Lopes TJA, Simic M, Pappas E, Bunn PS, Terra BS, Alves DS, et al. Prevalence of musculoskeletal symptoms among brazilian merchant navy cadets: differences between sexes and school years. Military Medicine. 2017;182(11):e1967-e72.

73. Almeida SA, Williams KM, Shaffer RA, Brodine SK. Epidemiological patterns of musculoskeletal injuries and physical training. Medicine and Science in Sports and Exercise. 1999;31(8):1176-82.

Anexos

Tabla 1. Riesgo relativo para el SETM según las variables demográficas y del estilo de vida					
	n	**Incidencia SETM (%)**	**RR**	**IC 95%**	**p-valor†**
Sexo					0,019**
Hombre	91	8,8	REF	-	
Mujer	32	25,0	2,84	1,16-6,94	
Procedencia					0,044**
Urbano	105	10,5	REF	-	
Rural	18	27,8	2,65	1,04-6,72	
Consumo actual de cigarrillo					0,698
No	122	13,1	-	-	
Sí	1	0,0	-	-	
Consumo previo de cigarrillo					0,768
No	113	13,3	1,32	0,19-9,03	
Sí	10	10,0	REF	-	
Consumo previo de alcohol					0,861
No	9	11,1	REF	-	
Sí	114	13,2	1,18	0,17-7,97	
Consumo de alcohol en los últimos tres meses					0,77
Nunca	47	12,8	1,03	0,37-2,88	
1 o 2 veces	57	12,3	REF	-	
Mensualmente	16	12,5	1,01	0,23-4,42	
Semanalmente	3	33,3	2,71	0,47-15,53	
Práctica actual de ejercicio físico o deporte					0,593
No	11	18,2	1,45	0,37-5,58	
Sí	112	12,5	REF	-	
Frecuencia semanal de ejercicio físico o deporte					0,122
≤2 días	26	7,7	1,3	0,19-8,67	
3-5 días	63	19,0	3,23	0,76-13,63	
≥6 días	34	5,9	REF	-	
Tiempo diario de ejercicio físico o deporte					0,413
<1 hora	34	14,7	2,35	0,49-11,27	
1-2 horas	57	15,8	2,52	0,58-10,98	
>2 horas	32	6,3	REF	-	
Uso previo de material ortopédico					0,918

No	116	12,9	REF	-	
Sí	7	14,3	1,1	0,16-7,20	
Antecedente de SETM					0,005***
No	120	11,7	REF	-	
Sí	3	66,7	5,71	2,23-14,62	
Antecedente de LME en la extremidad inferior					0,593
No	112	12,5	REF	-	
Sí	11	18,2	1,45	0,37-5,58	

** Significancia de p≤0,05; *** Significancia de p≤0,01; † Prueba de chi cuadrado.

Tabla 2. Diferencia de los grupos con y sin SETM para las variables cinéticas del CMJ

	SETM (n= 16)		**No SETM (n= 107)**		**p-valor†**
	$\bar{X}$ (DE)	**IC 95%**	**$\bar{X}$ (DE)**	**IC 95%**	
Altura del salto (cm)	26,1 (7,4)	22,2-30,1	28,6 (5,8)	27,5-29,7	0,129
Asimetría de la EDRFD (%)	19,4 (14,5)	11,7-27,1	15,7 (11,0)	13,6-17,8	0,417
Asimetría de la EDRFD (%/VN)	9,4 (22,8)	-2,8-[21,5]	-3,4 (18,9)	-7,0-[0,3]	0,016**
EDRFD (N/s*kg)	43,8 (11,1)	37,9-49,7	41,4 (15,2)	38,5-44,3	0,314
Asimetría de la CMF (%)	5,8 (4,0)	3,7-7,9	7,3 (5,4)	6,2-8,3	0,434
Asimetría de la CMF (%/VN)	1,1 (7,1)	-2,6-[4,9]	-2,3 (8,8)	-4,0-[-0,6]	0,138
CMF (N*kg)	9,7 (1,3)	9,0-10,4	9,3 (1,2)	9,1-9,6	0,636
Asimetría de la PLF (%)	12,1 (8,6)	7,5-16,7	18,4 (14,4)	15,7-21,2	0,139
Asimetría de la PLF (%/VN)	0,8 (15,1)	-7,2-[8,9]	3,6 (23,2)	-0,8-[8,1]	0,642
PLF (N*kg)	29,3 (5,6)	26,3-32,3	29,9 (7,8)	28,4-31,4	0,774

** Significancia de p≤0,05; † Prueba de T-Student o U-Mann Whitney; EDRFD= tasa de desarrollo de la fuerza en la desaceleración excéntrica; CMF= fuerza concéntrica media; PLF= fuerza pico en el aterrizaje.

Tabla 3. Diferencia de los grupos con y sin SETM con base en la dominancia para la asimetría de la EDRFD

	SETM (n= 10)		**No SETM (n= 45)**		**p-valor†**
	$\bar{X}$ (DE)	**IC 95%**	**$\bar{X}$ (DE)**	**IC 95%**	
Dominancia derecha para la asimetría de la EDRFD (%)	23,0 (14,0)	13,0-33,0	14,7 (9,8)	11,7-17,6	0,029**
	SETM (N= 6)		**No SETM (N= 62)**		**p-valor†**
	$\bar{X}$ (DE)	**IC 95%**	**$\bar{X}$ (DE)**	**IC 95%**	
Dominancia izquierda para la asimetría de la EDRFD (%)	-13,4 (14,4)	-28,5-[1,8]	-16,5 (11,8)	-19,4-[-13,5]	0,552

** Significancia de p≤0,05; † Prueba de T-Student.

Tabla 4. Factores de riesgo asociados al SETM en el modelo predictivo multivariado

	B (coeficiente)	Error estándar	Wald	p-valor	OR (Exp[B])	IC 95%
Sexo	1,590	0,65	6,08	0,014**	4,91	1,38-13,37
Procedencia	1,572	0,69	5,18	0,023**	4,82	1,24-18,66
Antecedente de SETM	2,192	1,32	2,76	0,097*	8,95	0,68-118,73
Asimetría de la EDRFD (%/VN)	0,034	0,02	4,49	0,034**	1,03	1,00-1,07
Constante	-3,037	0,53	32,57	0,000	0,05	

* Significancia de p≤0,1; ** Significancia de p≤0,05.