

Entrenamiento excéntrico como método de rehabilitación y readaptación deportiva luego de fractura de tobillo en jugador de básquetbol

Eccentric training as a method of rehabilitation and sports readaptation after an ankle fracture in a basketball player

Nayro Isaac Domínguez-Gavia^{1*} ; Ramón Candia-Luján¹ ; Kevin Fernando Candia-Sosa¹ ;
Javier Bernabé González-Bustos¹ ; Raúl Eduardo Acosta-Carreño¹ 

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias de la Cultura Física. México; e-mail: nidominguez@uach.mx; rcandia@uach.mx; kcandia@uach.mx; bgonzalez@uach.mx; rcarreno@uach.mx

*autor de correspondencia: nidominguez@uach.mx

Cómo citar: Domínguez-Gavia, N.I.; Candia-Luján, R.; Candia-Sosa, K.F.; González-Bustos, J.B.; Acosta-Carreño, R.E. 2026. Entrenamiento excéntrico como método de rehabilitación y readaptación deportiva luego de fractura de tobillo en jugador de básquetbol. Revista Digital: Actividad Física y Deporte. 12(1):e2759. <http://doi.org/10.31910/rdafd.v12.n1.2026.2759>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista Digital: Actividad Física y Deporte, bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: junio 18 de 2024

Aceptado: diciembre 12 de 2025

Editado por: Néstor Ordóñez Saavedra

RESUMEN

Introducción: una lesión es la causa de un daño a nivel estructural o nervioso en algún tejido, lo que imposibilita al deportista desarrollar su rendimiento y funcionalidad; se puede presentar durante el entrenamiento o en una competencia. En el caso del básquetbol, las lesiones de tobillo son las más frecuentes en los jugadores, principalmente en hombres. **Objetivo:** determinar los efectos del entrenamiento excéntrico como protocolo de rehabilitación y readaptación deportiva en un jugador de básquetbol con intervención quirúrgica en tobillo, luego de una fractura. **Materiales y métodos:** se llevó a cabo un programa de entrenamiento excéntrico durante ocho semanas; la primera y la última fueron de evaluación y las seis restantes, de intervención, divididas en tres etapas. **Resultados y discusión:** hubo aumento en la fuerza aplicada en un 56 %, rango de movimiento con 157,18 % de mejora, la dorsiflexión aumentó un 23,45 % y la flexión de rodilla 13,3 % más. **Conclusión:** luego de seis semanas de intervención se concluye que el entrenamiento de fuerza de carácter excéntrico es efectivo para la rehabilitación y readaptación deportiva para un jugador de básquetbol con diagnóstico de fractura de tobillo.

Palabras clave: Básquetbol; Entrenamiento excéntrico; Lesiones deportivas; Prevención; Rehabilitación.

ABSTRACT

Introduction: An injury is the cause of structural or neural damage in some tissue; therefore, it makes it impossible for the athlete to develop their performance and functionality, which can occur during training or in a competition. Speaking of basketball, ankle injuries are the most common among players, especially men. **Objective:** Determine the effects of eccentric training as a protocol for rehabilitation and sports readaptation in a basketball player with ankle surgery after a fracture. **Materials and methods:** An eccentric training program was carried out during eight weeks, the first and the last were of the evaluation, the remaining six, of intervention, divided into three stages. **Results and discussions:** There was an increase in the applied force of 56%, a rate of motion with 157.18% improvement, the dorsiflexion augmented 23.45%, and the knee flexion 13.3% more. **Conclusion:** After six weeks of intervention, it is concluded that eccentric strength training is effective for rehabilitation and sports readaptation for a basketball player diagnosed with an ankle fracture.

Keywords: Eccentric training; Prevention; Rehabilitation; Sports injuries; Basketball.

INTRODUCCIÓN

Uno de los deportes que demandan altos niveles de complejidad es el básquetbol, cuyas acciones son de carácter explosivo, entre las que destacan los saltos, los cambios de dirección y las altas demandas de producción de fuerza y potencia muscular de manera intermitente. Esto hace que el jugador de básquetbol esté expuesto a un estrés muy grande a nivel muscular y esquelético, lo que, en muchas ocasiones, se desencadena en una lesión (Stojanović *et al.* 2023).

Si bien se conoce que la etiología de las lesiones es multifactorial y diversa, las causas más comunes son la intensidad, volumen y carga durante los entrenamientos. Estos factores se asocian, principalmente, con lesiones de carácter crónico, que por un evento agudo (An & Chuo, 2023). Las lesiones no solo comprometen al complejo musculotendinoso y articular, sino que también generan cambios en procesos de carácter nervioso, lo que induce a modificaciones neuroplásticas, tanto en la anatomía afectada como en la no afectada, además, de alterar las vías de estímulos nerviosos centrales y periféricos (Ryan *et al.* 2022).

En el básquetbol, las lesiones de tobillo son las más frecuentes y afectan, de manera significativa a los jugadores, con mayor prevalencia en hombres. Esto pone de manifiesto la falta de fortalecimiento antes, durante y después de la lesión, ya que en muchas ocasiones se observa reincidencia (Stojanović *et al.* 2023).

Las lesiones del tobillo imposibilitan al atleta al afectar su movilidad y rendimiento, ya que se comprometen las estructuras musculoesqueléticas hasta en un 40 %, en comparación con otras lesiones. Por ello, el proceso de rehabilitación y de readaptación deportiva es fundamental para lograr que el atleta regrese a sus actividades deportivas, entrenamientos y competición. Además, el fortalecimiento del complejo articular del tobillo es fundamental, debido a que está presente en acciones de locomoción, frenado y estabilidad, por lo que un tobillo débil será más propenso a lesionarse (Miklovic *et al.* 2018; Faller *et al.* 2021).

Este tipo de lesiones se deben tratar de una manera distinta, puesto que se ha demostrado que una lesión que compromete a este segmento anatómico es un factor de riesgo para otras lesiones, como aquellas que afectan al ligamento cruzado anterior, hasta en un 98 % (Kasmi *et al.* 2023).

Debido a lo anterior, han surgido diversas metodologías para el tratamiento de lesiones de tipo musculoesquelético, entre ellas, se destaca el entrenamiento excéntrico, ya que, al producirse el estiramiento de la fibra muscular, se genera un mayor daño muscular, lo que desencadena un proceso de proliferación de células satélite que favorece la regeneración y recuperación de las fibras musculares (Valero *et al.* 2012).

Por su parte, los postulados de la ley de Wolff manifiestan que los huesos se adaptan a la carga mecánica; según su forma es su función y, finalmente, si el hueso se somete a un estrés de sobrecarga se va a regenerar, de lo contrario, perderá su función y morirá. Uno de

los mejores estímulos para lograr lo anterior son los ejercicios de carácter pliométrico, ya que no solo estimulan el ciclo estiramiento-acortamiento con énfasis en las acciones excéntricas, sino la regeneración del tejido óseo (Kuibida *et al.* 2021).

De esta manera, afirmar que no se deben trabajar ejercicios de fuerza durante las etapas de rehabilitación y readaptación deportiva es incorrecto, ya que se ha demostrado un aumento en la síntesis de proteínas relacionadas con la reparación y regeneración del músculo esquelético 24 horas después de la aplicación de ejercicios de fuerza con protocolos de carácter excéntrico. Asimismo, se observa una sobreexpresión de proteínas pertenecientes a la familia de las integrinas, específicamente la $\alpha 7\text{BX}2$, que brinda un efecto protector frente al daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD, por sus siglas en inglés: *Exercise-Induced Muscle Damage*) y el dolor muscular tardío (DOMS, del inglés: *Delayed Onset Muscle Soreness*). Lo anterior favorece una mejor síntesis proteica y una regeneración más eficiente durante los procesos de recuperación (Valero *et al.* 2012).

Por ello, el objetivo del presente estudio es determinar los efectos del entrenamiento excéntrico como protocolo de rehabilitación y readaptación deportiva en un jugador de básquetbol con intervención quirúrgica en tobillo luego de una fractura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes. Este estudio de caso fue llevado a cabo mediante una intervención en un jugador de básquetbol (25 años; 179 cm de altura; 80 kg de peso; 14 años de experiencia). El diagnóstico médico referido fue por fractura de tobillo derecho, por ello, se sometió a dos intervenciones quirúrgicas, la primera para reparar el hueso y la segunda para estimular la osteosíntesis.

Se otorgó al participante su consentimiento informado y se le explicó de manera detallada los riesgos y los beneficios del estudio; a su vez, se le manifestó que estaba en su derecho de abandonar el estudio en el momento que él lo quisiese. Todo el estudio fue bajo los lineamientos de la declaración de Helsinki (AMM, 1975).

Diseño del estudio. Fue un estudio de caso con evaluaciones pre-post de corte *cuasi experimental*. La duración fue de 8 semanas, de las cuales, la primera y la última fueron de evaluaciones y seis de intervención.

Medición del ángulo de dorsiflexión. La evaluación se realizó sobre un banco, solicitando al participante que colocara primero un pie y luego el otro (descalzo). Se le indicó alcanzar la máxima dorsiflexión posible, tras lo cual, se procedió a medir el ángulo correspondiente. La medición se llevó a cabo mediante el análisis de fotogramas y la posterior medición del ángulo, además de corroborarse con el uso de un goniómetro.

Análisis de la profundidad de la sentadilla y del ángulo de flexión de rodilla. Se solicitó al participante que realizara el gesto de la sentadilla descalzo, alcanzando la mayor profundidad posible.

Posteriormente, se le indicó mantener la posición sin moverse para medir el ángulo de flexión de la rodilla y de la profundidad de la sentadilla. Al igual que en la medición de la dorsiflexión, esta evaluación se realizó de forma digital y por duplicado, mediante el uso de un goniómetro.

Determinación de la potencia y la fuerza muscular aplicada. El protocolo se llevó a cabo mediante la medición de la velocidad de ejecución, dado que, en los procesos de rehabilitación y readaptación deportiva, la capacidad de producir fuerza en el menor tiempo posible es fundamental para la recuperación y el retorno al deporte (Buckthorpe & Roi, 2017; Balsalobre-Fernández & Torres-Ronda, 2021).

Se solicitó al participante realizar dos series de tres saltos con contramovimiento sin peso, con el objetivo de estimular el efecto de aprendizaje y evitar errores técnicos en la medición. La prueba se evaluó mediante la aplicación *Metric VBT*, que funciona como un *encoder* portátil y está validado con plataforma de contacto. La evaluación se realizó al 30 % de la masa corporal del participante; inició el movimiento con la carga asignada en una barra hexagonal,

ejecutando tres saltos a máxima intensidad. Se registró, como valor de medición, el salto de mayor velocidad, expresada en m/s.

La evaluación se llevó a cabo utilizando patrones de movimiento dominantes de rodilla, en los cuales, la fuerza se transmite a través del complejo articular del tobillo, la rodilla y la cadera, proceso conocido como triple extensión y constituye una variable fundamental para la producción de fuerza y potencia en el rendimiento deportivo.

Evaluación de la escala EFAS. Se le solicitó al participante diligenciar la escala EFAS (European Foot and Ankle Society, por sus siglas en inglés), con el fin de monitorear la mejora en cuanto a la percepción personal y la elección de los valores en la escala (Richter *et al.* 2018).

Plan de entrenamiento. Se estructuró un plan de entrenamiento mediante el Método de Entrenamiento Híbrido Complejo (Domínguez-Gavia & Candia-Luján, 2024), donde el fundamento de la fuerza es imprescindible para el desarrollo de otras capacidades físicas (Figura 1).

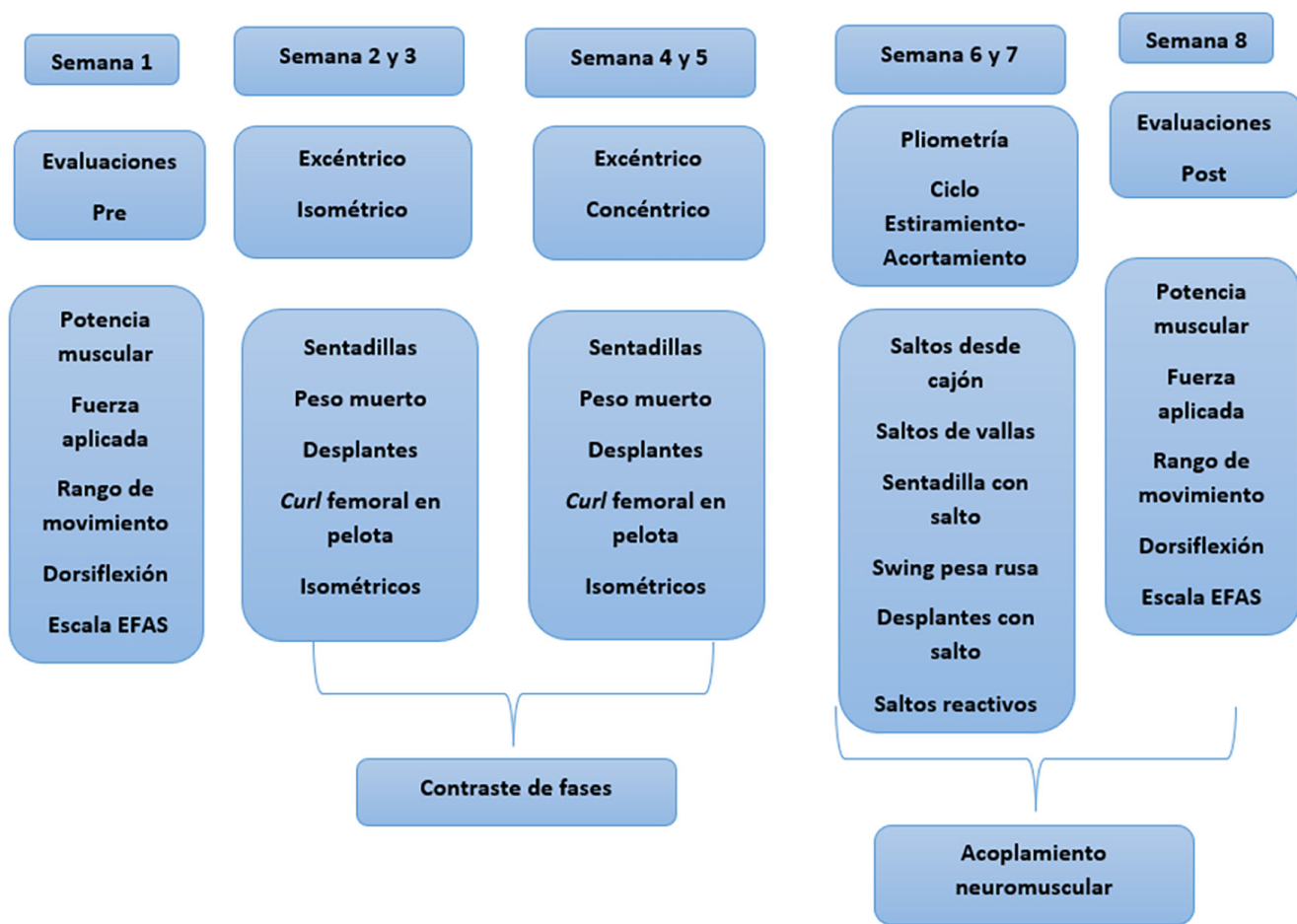


Figura 1. Esquema de las etapas del estudio y plan de entrenamiento.

La duración de la intervención fue de seis semanas, con una frecuencia de tres sesiones semanales. El plan de entrenamiento se dividió en tres etapas de dos semanas cada una: fuerza excéntrica e isométrica; fuerza excéntrica y concéntrica; y, finalmente, pliometría y ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA). Las primeras cuatro semanas, el autor principal (NIDG) las define como contraste de fases, mientras que las dos últimas se denominan acoplamiento neuromuscular, ya que se busca ejecutar los patrones de movimiento con la fuerza aplicada necesaria, mediante un RFD rápido, manteniendo el estímulo neuromuscular activo, dado que las acciones deportivas constituyen un conjunto sinérgico de las distintas fases musculares; sin embargo, para agrupar y acoplar primero, es necesario aprender a disociar.

La fase excéntrica se realizaba con un tiempo bajo tensión de dos segundos, con el objetivo de sobrecargar las unidades músculo-tendinosas. Los ejercicios eran con ligas, pesos libres y caídas desde cajón de diversas alturas, con el fin de estimular la fase de frenado, estabilidad y propiocepción, tanto unilateral como bilateral. Las acciones isométricas fueron de igual manera bilaterales y unilaterales con carga o sin ella, con tiempos de 30 segundos a 1 minuto, enfocados a todos los complejos articulares de miembros pélvicos inferiores.

La fase concéntrica se ejecutó ascendiendo lo más rápido posible, mientras que la fase excéntrica se llevó a cabo utilizando pesos libres y ligas. Por último, la pliometría y el CEA se realizaron a máxima velocidad de ejecución; además, se incluyeron estímulos de sobrecarga excéntrica con liberación en la fase concéntrica, así como saltos continuos en diferentes direcciones.

El volumen de trabajo fue el siguiente: semana 2 y 3 (3 series de 8 repeticiones con 2 segundos de tiempo excéntrico y 3 series de 30 segundos de tiempo isométrico); semana 4 y 5 (4 series de 10 repeticiones y 4 series de 1 minuto de tiempo isométrico); semana 6 y 7 (3 series de 8 repeticiones en pliometría y Ciclo Estiramiento-Acortamiento, así como en los ejercicios de acoplamiento neuromuscular (acciones musculares concatenadas a máxima velocidad de ejecución).

La última semana se hizo una descarga, con el objetivo de aprovechar todos los efectos residuales y disminuir la fatiga. Este fenómeno es una Potenciación Post Activación de carácter crónico, lo que ayuda

a mejores estímulos musculares y mejora en la producción de fuerza y potencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Potencia y fuerza aplicada muscular. El básquetbol es uno de los deportes de equipo en los que la fuerza y potencia muscular del tren inferior es fundamental para mejorar el rendimiento deportivo, tanto en entrenamientos como en competición, ya que esta capacidad física coadyuva al jugador para mantener un nivel y menor fatiga residual entre cada acción ejecutada evitando lesiones (Balsalobre-Fernández *et al.* 2015; Hernández Davó *et al.* 2018). Teniendo en cuenta que las lesiones más comunes en el básquetbol se presentan en el área del tobillo, estas limitan el desarrollo de la fuerza y la potencia muscular (Lytle *et al.* 2021).

Uno de los componentes más importantes durante el proceso de rehabilitación y readaptación deportiva es la fuerza que el atleta puede generar en un corto período de tiempo, conocida RFD (*Rate of Force Development*, por sus siglas en inglés), debido a que las fuerzas necesarias para estabilizar los complejos articulares ocurren en un rango de 50 a 100 milisegundos (Buckthorpe & Roi, 2017). Por ello, en esta investigación, los ejercicios de las últimas dos semanas se realizaron a máxima velocidad, implicando tanto la fase excéntrica como la concéntrica, para un mayor estímulo neuromuscular.

Cabe destacar que la mejora de la fuerza máxima no solo es fundamental para optimizar el rendimiento deportivo, sino que, en casos de rehabilitación y readaptación, también se ha observado un aumento en la densidad ósea, ganancias de fuerza, hipertrofia muscular y *stiffness* (rigidez por fortalecimiento) en las unidades musculotendinosas (Vogt & Hoppeler, 2014).

Este estudio evidenció un aumento del 56 % en los niveles de fuerza aplicada en el participante, medida en m/s. Estos resultados se podrían atribuir a las adaptaciones neuromusculares derivadas del ejercicio excéntrico, las cuales, actúan sobre las propiedades viscoelásticas y contráctiles del músculo, favoreciendo la mejora neural y miógena durante la recuperación, debido a los efectos residuales en la mejora de la fuerza y las adaptaciones del tejido conectivo (Harris-Love *et al.* 2021) (Tabla 1).

Tabla 1. Principales resultados del estudio.

Variables	Pre	Post	Diferencia
SJ (m/s)	0.90	1.41	↑ 56 %
ROM SJ (cm)	31.3	80.5	↑ 157.18 %
DF (°)	81	100	↑ 23.45 %
FRS (°)	90	102	↑ 13.3 %

SJ = squat jump, ROM = rate of motion, DF = dorsiflexión, FRS = flexión de rodilla en sentadilla, m/s = metros sobre Segundo, cm = centímetros, ° = grados del ángulo, ↑ = aumento, % = porcentaje.

A su vez, estos hallazgos coinciden con Shaw *et al.* (2016), quienes expresan la importancia del entrenamiento de fuerza. Los resultados de este estudio se pueden atribuir a las adaptaciones de índole fisiológico sobre el tejido muscular y óseo, lo que no solo ayuda a rehabilitar sino a regresar al deportista a su actividad, además, de mejorar la profilaxis de lesiones futuras, además el fortalecimiento de tendones, ligamentos y articulaciones estimula el tiempo de recuperación de manera más rápida y eficaz. Por su parte, Stojanović *et al.* (2023), señalan que un punto para la mejora de fuerza es el radio de esta. En este estudio, los ejercicios se enfocaron en toda la musculatura y el complejo articular de miembros pélvicos inferiores, lo que pudo haber sido un factor relevante; sin embargo, no se puede considerar como una afirmación concluyente, ya que no se realizaron electromiografías.

En cuanto a la capacidad de salto, componente fundamental en los procesos de rehabilitación y readaptación deportiva, un factor clave es la interacción biomecánica mediante la transferencia de fuerzas entre diferentes grupos musculares, lo cual se abordó en esta intervención. Esto coincide con lo reportado por Samudra *et al.* (2024), quienes señalan que las lesiones de tobillo afectan la capacidad de generar fuerza y potencia durante el salto; asimismo, la musculatura de la cadena posterior (bíceps femoral), también se ve afectada ante un proceso lesivo, por lo que resulta fundamental trabajar de manera integrada toda la región de interés, en este caso, los miembros pélvicos inferiores. Este enfoque coincide con el planteado en el presente estudio, permitiendo abordar el proceso, desde múltiples vertientes del entrenamiento.

Estos hallazgos están en sintonía con lo manifestado por Kuibida *et al.* (2021), quienes recomiendan el ejercicio de tipo pliométrico para generar adaptaciones a nivel óseo, ya que mediante el proceso de mecanotransducción se genera una mayor sensibilidad para estimular la osteogénesis y recuperar el tejido del hueso, de una manera más rápida y eficaz.

Si bien se aplicó pliometría, no se midió ningún marcador relacionado con la densidad ósea, por lo que no se puede concluir que este proceso haya sido específicamente ese proceso; sin embargo, sí se puede atribuir a la mejora en el mecanismo de absorción y generación de fuerza a nivel articular, lo que permitió una mayor funcionalidad.

La pliometría, al involucrar patrones de salto y un CEA, constituye un indicador viable para la evaluación del deportista (Turner & Jeffreys, 2010) y así tomar decisiones respecto al retorno a la actividad deportiva. Asimismo, se ha demostrado que el entrenamiento excéntrico aporta beneficios sobre la capacidad de salto en atletas (Li, 2023). En este sentido, es posible que los estímulos del CEA y la acción de frenado durante la fase excéntrica hayan favorecido una mayor transferencia de la fuerza aplicada, lo cual, se relaciona con el índice de fuerza reactiva, que refleja la relación entre la capacidad de absorción de fuerza, la transición hacia el salto y la altura alcanzada (Healy *et al.* 2018); no obstante, en este estudio no se evaluó el índice de fuerza reactiva, por lo que la interpretación de los resultados se debe realizar con cautela, especialmente, considerando el tipo de lesión presentada.

Un aspecto de suma importancia es la forma en que se aplican las sesiones de entrenamiento en atletas en proceso de rehabilitación o readaptación. Si bien el paradigma tradicional indicaba que no se debía entrenar ninguna manifestación de la fuerza, en la actualidad, se reconoce que es necesario entrenarla y, además, hacerlo de manera similar a como el atleta la desarrollaba previamente. Esto permite comprender que los mecanismos de memoria neuromuscular y los efectos residuales del entrenamiento de fuerza pueden perdurar hasta seis meses, cuando se aplica un protocolo de entrenamiento excéntrico (Coratella & Schena, 2016).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Huntsman *et al.* (2013), quienes demostraron que el ejercicio excéntrico estimula la producción de células madre que contribuyen a la síntesis de tejidos dañados, a partir de la cuarta semana de aplicación del estímulo. En este sentido, los resultados del presente estudio se podrían relacionar con factores de crecimiento muscular, óseo y aterogénico, lo que podría explicar los procesos de readaptación y los aumentos en la potencia muscular; sin embargo, estas asociaciones no se pueden afirmar con certeza, ya que Huntsman *et al.* (2013) aplicaron el protocolo excéntrico en un modelo murino.

De manera similar, Dreyer *et al.* (2006) evidenciaron que una sola sesión de ejercicio excéntrico incrementa la producción de células satélite hasta en un 141 % a las 24 horas posteriores al protocolo. Esto sugiere que, dado que en el presente estudio se inició con una fase excéntrica, dicha respuesta podría haber favorecido una regeneración muscular más rápida y, en consecuencia, las ganancias en la fuerza aplicada; no obstante, estas comparaciones no se pueden comprar de manera directa, ya que en esta investigación no se cuantificaron las células satélite ni se analizaron los tipos de fibras musculares.

Si bien esta investigación no se realizó utilizando dispositivos isoinerciales o isocinéticos, los resultados obtenidos en los valores de fuerza por unidad de tiempo, es decir, potencia muscular, concuerdan con lo establecido por Harris-Love *et al.* (2017), quienes destacan la importancia del aumento en la velocidad de ejecución dentro de un protocolo excéntrico para el desarrollo de la potencia muscular, reportando incrementos de hasta un 25 %. En el presente estudio, el cambio observado fue del 56 %, lo que representa más del doble de lo reportado por Harris-Love *et al.* (2017). Por esta razón, se monitoreó mediante la velocidad de ejecución, dado que se considera una de las más confiables para la evaluación y el monitoreo de la fuerza y sus distintas manifestaciones (Balsalobre-Fernández & Torres-Ronda, 2021).

De igual manera, la mejora de la fuerza y la potencia se puede vincular con adaptaciones de tipo mecánico que el ejercicio excéntrico estimula en músculos y tendones. Esto se debe a la mayor capacidad de absorción y generación de fuerza, así como a la reactividad del músculo gastrocnemio y del tendón de Aquiles (Fouré *et al.* 2013), aspectos fundamentales en acciones como el salto; no obstante, estas asociaciones no se pueden afirmar con certeza, ya que en el presente estudio no se realizaron evaluaciones localizadas del músculo gastrocnemio ni del tendón de Aquiles.

Si bien se aplicaron ejercicios orientados a su fortalecimiento, no se llevaron a cabo pruebas directas en dicha región anatómica, a diferencia de lo realizado por Fouré *et al.* (2013), lo que permitió, a dichos autores, una interpretación más precisa de sus resultados.

En esta misma línea, los hallazgos del presente estudio coinciden con los reportados en una investigación realizada en basquetbolistas, luego de aplicar un entrenamiento con sobrecarga excéntrica para analizar sus efectos sobre la fuerza máxima y la capacidad de salto (Domínguez-Gavia *et al.* 2023), pudo generar adaptaciones similares. Aunque ambos estudios pertenecen a la misma disciplina deportiva, es importante considerar que las cargas empleadas fueron diferentes; sin embargo, en ambos casos, se observaron mejoras en la capacidad de salto y en los niveles de fuerza, lo que sugiere que los principios del entrenamiento orientado al rendimiento deportivo y aquellos dirigidos a la readaptación deportiva, comparten fundamentos similares, con las adaptaciones necesarias, según el contexto de aplicación.

Debido a la importancia del entrenamiento de la fuerza en procesos, tanto enfocados al alto rendimiento como a la profilaxis y rehabilitación de lesiones, el autor principal de este estudio sugiere reconceptualizar el término de fuerza en el deporte, por ello, se sugiere la siguiente definición:

“La fuerza es un proceso fisiológico, neural, eléctrico, químico, bioquímico, metabólico, miogénico y mecánico con el objetivo de estimular la activación y actividad de las fibras musculares produciendo tensión, para vencer una resistencia interna o externa teniendo diversas manifestaciones”.

Lo anterior basado en el estudio de Domínguez-Gavia & Candia-Luján (2024), entendiendo que los procesos para el desarrollo de fuerza son una variable fundamental en el mundo de las ciencias del deporte.

Rango de movimiento y dorsiflexión. Un punto importante cuando se presenta una lesión de tobillo es la inestabilidad, cambios en el rango de movimiento y en la dorsiflexión. Además, en jugadores de básquetbol el fortalecimiento del complejo articular del tobillo es fundamental para evitar lesiones futuras. Un estudio evidenció que jugadores profesionales de básquetbol de la NBA (National basketball Association, por sus siglas en inglés) presentaron un 26 % de lesiones en tobillo, lo que ocasionó pérdida de juegos o, incluso, la temporada completa; por ello, el entrenamiento de fuerza debe ser prioridad en estos deportistas. Además, se debe tener en cuenta que entrenar, rehabilitar o readaptar al atleta no es diferente del proceso de entrenamiento (Herzog *et al.* 2019).

Esta investigación evidenció una mejora en la dorsiflexión y en el rango de movimiento articular, lo cual, se podría atribuir al aumento de la estabilidad del tobillo, en concordancia con el estudio de Abdel-Aziem y Draz (2014), quienes señalan que el fortalecimiento del tobillo mediante entrenamiento excéntrico contribuye a optimizar el rango de movimiento y la dorsiflexión, ya que favorece el incremento de la fuerza y equilibra los déficits

de esta en el complejo articular del tobillo; sin embargo, el ejercicio excéntrico no siempre presenta mejoras en la dorsiflexión y en el rango de movimiento. Tal es el caso de la investigación de Lagas *et al.* (2021), en la cual, no se obtuvieron mejoras en jugadores de *soccer* tras la intervención, a diferencia de los resultados del presente estudio.

Estas diferencias se podrían atribuir, en primer lugar, a la disciplina deportiva, ya que la presente investigación se llevó a cabo en un jugador de básquetbol y, en segundo lugar, al protocolo de intervención, dado que Lagas *et al.* (2021) aplicaron únicamente ejercicios de estiramiento, mientras que en este estudio se emplearon ejercicios de fuerza, aspecto que pudo haber sido determinante, ya que el estiramiento estimula de forma pasiva los elementos elásticos musculares, mientras que el entrenamiento de fuerza no solo activa los mecanismos de estiramiento, sino que también mejora la estabilidad, el reclutamiento de unidades motoras y el fortalecimiento específico del complejo articular, contribuyendo a la prevención de lesiones (O’Sullivan *et al.* 2012).

Otra variable que puede resultar fundamental para el aumento de la dorsiflexión y del rango de movimiento articular es la estabilidad y el balance que se obtienen al trabajar la fase excéntrica. En este sentido, Hammami *et al.* (2020) encontraron mejoras en los atletas evaluados, lo cual, coincide con los resultados del presente estudio, ya que ambos consideraron una intervención de seis semanas; sin embargo, el estudio de Hammami *et al.* (2020) se realizó en halteristas, mientras que la presente investigación se llevó a cabo en un jugador de básquetbol; no obstante, parece que el mecanismo de mecanotransducción favorece el balance y, con ello, la mejora del movimiento articular.

A su vez, este resultado concuerda con lo descrito por O’Sullivan *et al.* (2012), quienes demuestran que el entrenamiento excéntrico es más efectivo para mejorar el rango de movimiento en miembros pélvicos inferiores en comparación al estiramiento. Esto indica que el fortalecimiento de las unidades musculares y tendinosas es fundamental para recuperar los arcos de movimiento, por ello, esta intervención se enfocó en el componente de la fuerza, como capacidad física determinante.

Otro punto relevante de la mejora en el rango de movimiento y dorsiflexión puede estar en cercanía a las adaptaciones que el entrenamiento de índole excéntrico genera sobre el tendón de Aquiles, relacionado con las variables anteriores. Acorde con Hoeffner *et al.* (2024), el ejercicio excéntrico mejora la longitud muscular y tendinosa en la región mencionada, estimulando una mayor longitud del fascículo y, a su vez, un mejor *stiffness*, lo que facilita la dorsiflexión. Si bien en esta investigación el tendón de Aquiles no se vio afectado al momento de la lesión en el participante, debido al tipo de estímulos, se puede relacionar la mejora con las mejoras de todo el complejo del tobillo, implícitos en el movimiento y en la funcionalidad tendinosa y muscular.

Con relación a lo expuesto, el rango de movimiento puede estar vinculado con el fortalecimiento del gastrocnemio, el cual se llevó

a cabo en este programa de entrenamiento y concuerda con los hallazgos de Fouré *et al.* (2013), quienes aplicaron un protocolo excéntrico para conocer sus efectos sobre la funcionalidad muscular y tendinosa; sin embargo, en el presente estudio se evaluó la dorsiflexión, a diferencia del estudio de Fouré *et al.* (2013), en el que se midió la flexión plantar; no obstante, los grupos musculares del gastrocnemio sí fueron evaluados mediante ultrasonografía, para analizar los rangos de movimiento del tobillo, lo que evidencia la importancia y necesidad del fortalecimiento muscular.

CONCLUSIÓN

Luego de seis semanas de intervención, se concluye que el entrenamiento de fuerza de carácter excéntrico es efectivo para la rehabilitación y readaptación deportiva de un jugador de básquetbol con diagnóstico de fractura de tobillo.

Para llegar a una conclusión más categórica es necesario comparar este protocolo con otras metodologías de entrenamiento y con tecnologías auxiliares. Asimismo, se requiere aumentar el número de participantes para conocer, con mayor detalle, los efectos de este protocolo.

Agradecimientos. Se agradece al participante LAPT por su apoyo y disposición para llevar a cabo su rehabilitación y readaptación deportiva, además, de permitirnos publicar los resultados y metodología. Contribución de autores: Al Dr. RCL por su contribución en el diseño del protocolo de entrenamiento e intervención; al Dr. KFCS por su apoyo en la búsqueda de información e intervención; al Dr. REAC por su disposición en la búsqueda de información e intervención; al Dr. JBGB por su aportación en la revisión del protocolo y fundamentos motrices de la intervención.

REFERENCIAS

- ABDEL-AZIEM, A.A.; DRAZ, A.H. 2014. Chronic ankle instability alters eccentric eversion/inversion and dorsiflexion/plantarflexion ratio. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 27(1):47-53. <https://doi.org/10.3233/bmr-130418>
- AN, N.; CHUO, J. 2023. Effects of jump training on the repair of bone injuries. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 29. https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0635
- ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL, AMM. 1975. Declaración de Helsinki. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Tokio-Japón: Asociación Médica Mundial.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; NEVADO-GARROSA, F.; DEL CAMPO-VECINO, J.; GANANCIAS-GÓMEZ, P. 2015. Repetición de sprints y salto vertical en jugadores jóvenes de baloncesto y fútbol elite. *Apunts Educación Física y Deportes*. 120:52-57. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2015/2\).120.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2015/2).120.07)
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; TORRES-RONDA, L. 2021. The implementation of velocity-based training paradigm for team sports: framework, technologies, practical recommendations and challenges. *Sports*. 9(4):47. <https://doi.org/10.3390/sports9040047>
- BUCKTHORPE, M.; ROI, G.S. 2017. The time has come to incorporate a greater focus on rate of force development training in the sports injury rehabilitation process. *Muscles, ligaments and tendons journal*. 7(3):435. <https://doi.org/10.11138/mltj/2017.7.3.435>
- CORATELLA, G.; SCHENA, F. 2016. Eccentric resistance training increases and retains maximal strength, muscle endurance, and hypertrophy in trained men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 41(11):1184-1189. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0321>
- DOMÍNGUEZ-GAVIA, N.I.; CANDIA-LUJÁN, R. 2024. Método de entrenamiento híbrido complejo para desarrollar fuerza máxima y potencia muscular aplicado al karate. Un estudio de caso. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*. 10(1):e2521. <http://doi.org/10.31910/rdafd.v10.n1.2024.2521>
- DOMÍNGUEZ-GAVIA, N.I.; CANDIA-LUJÁN, R.; DE-LEÓN-FIERRO, L.G.; CARRASCO-LEGLEU, C.E.; ORTIZ-RODRÍGUEZ, B. 2023. Efectos de un programa de entrenamiento excéntrico sobre la potencia muscular y fuerza máxima en basquetbolistas. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*. 9(1):e2279. <http://doi.org/10.31910/rdafd.v9.n1.2023.2279>
- DREYER, H.C.; BLANCO, C.E.; SATTTLER, F.R.; SCHROEDER, E.T.; WISWELL, R.A. 2006. Satellite cell numbers in young and older men 24 hours after eccentric exercise. *Muscle & nerve: official journal of the American association of electrodiagnostic medicine*. 33(2):242-253. <https://doi.org/10.1002/mus.20461>
- FALLER, B.; BONNEAU, D.; WOOTEN, L.; JAYASEELAN, D.J. 2021. Eccentric exercise in the prevention of patellofemoral pain in high-volume runners: A rationale for integration. *Sports Medicine and Health Science*. 3(2):119-124. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2021.04.003>
- FOURÉ, A.; NORDEZ, A.; CORNU, C. 2013. Effects of eccentric training on mechanical properties of the plantar flexor muscle-tendon complex. *Journal of applied physiology*, 114(5):523-537. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01313.2011>
- HAMMAMI, R.; DUNCAN, M.; NEGBIGH, A.; WERFELLI, H.; REBAI, H. 2020. The effects of 6 weeks eccentric training on speed, dynamic balance, muscle strength, power and lower limb asymmetry in prepubescent weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 36(4):955-962. <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000003598>

- HARRIS-LOVE, M.O.; GOLLIE, J.M.; KEOGH, J.W. 2021. Eccentric exercise: adaptations and applications for health and performance. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 6(4):96. <https://doi.org/10.3390/jfmk6040096>
- HARRIS-LOVE, M.O.; SEAMON, B.A.; GONZALES, T.I.; HERNANDEZ, H.J.; PENNINGTON, D.; HOOVER, B.M. 2017. Eccentric exercise program design: a periodization model for rehabilitation applications. *Frontiers in physiology*. 8:112. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00112>
- HEALY, R.; KENNY, I.C.; HARRISON, A.J. 2018. Reactive strength index: A poor indicator of reactive strength?. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 13(6):802-809. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0511>
- HERNÁNDEZ DAVÓ, J.L.; MONTEAGUDO, P.; SABIDO, R. 2018. Comparison of six weeks eccentric overload training between bilateral and unilateral squat in basketball players. *European Journal of Human Movement*. 40:111-121.
- HERZOG, M.M.; MACK, C.D.; DREYER, N.A.; WIKSTROM, E.A.; PADUA, D.A.; KOCHER, M.S.; MARSHALL, S.W. 2019. Ankle Sprains in the National Basketball association, 2013-2014 through 2016-2017. *The American journal of sports medicine*. 47(11):2651-2658. <https://doi.org/10.1177/0363546519864678>
- HOEFFNER, R.; SVENSSON, R.B.; MAGNUSSON, S.P. 2024. Eccentric Training to Restore Persistent Functional Loss Following Ruptured Achilles Tendon: The Role of Fascicle Length and Muscle Excursion. *Translational Sports Medicine*. 2024(1):9782280. <https://doi.org/10.1155/tsm2/9782280>
- HUNTSMAN, H.D.; ZACHWIEJA, N.; ZOU, K.; RIPCHIK, P.; VALERO, M.C.; DE LISIO, M.; BOPPART, M.D. 2013. Mesenchymal stem cells contribute to vascular growth in skeletal muscle in response to eccentric exercise. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*. 304(1):H72-H81. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00541.2012>
- KASMI, S.; HAMMAMI, A.; KRUSTRUP, P.; BOUHLEL, E.; NEFFATI, M.; GAIED, S. 2023. Previous ankle sprain as a predictor for anterior cruciate ligament injury in male athletes: a descriptive study. *Advances in Health and Exercise*. 3(1):1-5.
- KUIBIDA, V.; KOKHANETS, P.; LOPATYNSKA, V. 2021. Mechanism of strengthening the skeleton using plyometrics. *Journal of Physical Education and Sport*. 21(3):1309-1316. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.03166>
- LAGAS, I.F.; MEUFFELS, D.E.; VISSER, E.; GROOT, F.P.; REIJMAN, M.; VERHAAR, J.A.; DE VOS, R.J. 2021. Effects of eccentric exercises on improving ankle dorsiflexion in soccer players. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 22(1):485. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04337-y>
- LI, R. 2023. Impact of eccentric training on jumping ability in athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 29:e2022_0574. https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0574
- LYTLE, J.B.; PARIKH, K.B.; TARAKEMEH, A.; VOPAT, B.G.; MULCAHEY, M.K. 2021. Epidemiology of foot and ankle injuries in NCAA jumping athletes in the United States during 2009-2014. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 9(4):2325967121998052. <https://doi.org/10.1177/2325967121998052>
- MIKLOVIC, T.M.; DONOVAN, L.; PROTZUK, O.A.; KANG, M.S.; FEGER, M.A. 2018. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction. *The Physician and sportsmedicine*. 46(1):116-122. <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1409604>
- O'SULLIVAN, K.; MCAULIFFE, S.; DEBURCA, N. 2012. The effects of eccentric training on lower limb flexibility: a systematic review. *British journal of sports medicine*. 46(12):838-845. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090835>
- RICHTER, M.; AGREN, P.H.; BESSE, J.L.; CÖSTER, M.; KOFOED, H.; MAFFULLI, N.; WITTEVEEN, A.G. 2018. EFAS Score—Multilingual development and validation of a patient-reported outcome measure (PROM) by the score committee of the European Foot and Ankle Society (EFAS). *Foot and Ankle Surgery*. 24(3):185-204. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2018.05.004>
- RYAN, D.; RIO, E.; O'DONOGHUE, G.; O'SULLIVAN, C. 2022. The effect of combined action observation therapy and eccentric exercises in the treatment of mid-portion Achilles tendinopathy: study protocol for a feasibility pilot randomised controlled trial. *Pilot and Feasibility Studies*. 8(1):30. <https://doi.org/10.1186/s40814-022-00981-w>
- SAMUDRA, A.D.; PURWANTO, B.; UTOMO, D.N. 2024. Differences in limb muscle strength affecting vertical jump heights in soccer players after chronic ankle injury. *Journal of Modern Rehabilitation*. 19(1):21-29. <http://dx.doi.org/10.18502/jmr.v19i1.17506>
- SHAW, I.; SHAW, B.; BROWN, G.; SHARIAT, A. 2016. Review of the role of resistance training and musculoskeletal injury prevention and rehabilitation. *Gavin Journal of Orthopedic Research and Therapy*. 2016:1-5.
- STOJANOVIĆ, E.; FAUDE, O.; NIKIĆ, M.; SCANLAN, A.T.; RADOVANOVIĆ, D.; JAKOVLJEVIĆ, V. 2023. The incidence rate of ACL injuries and ankle sprains in basketball players: a systematic review and Meta-Analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 33(6):790-813. <https://doi.org/10.1111/sms.14328>

TURNER, A.N.; JEFFREYS, I. 2010. The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength & Conditioning Journal*. 32(4):87-99. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181e928f9>

VALERO, M.C.; HUNTSMAN, H.D.; LIU, J.; ZOU, K.; BOPPART, M.D. 2012. Eccentric exercise facilitates mesenchymal stem cell appearance in skeletal muscle. *PloS one*. 7(1):e29760. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029760>

VOGT, M.; HOPPELER, H.H. 2014. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of applied Physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00146.2013>