

Casos Clínicos

ENTRENAMIENTO ACENTUADO EXCÉNTRICO COMO PROCESO DE REHABILITACIÓN LUEGO DE CIRUGÍA DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR. UN ESTUDIO DE CASO



Dr. Nayro Isaac Domínguez-Gavia^{a,*}, Dr. Ramón Candia-Luján^a, Dr. Kevin Fernando Candia-Sosa^a, Dr. Raúl Eduardo Acosta-Carreño^a, Dr. Javier Bernabé González-Bustos^a, Dra. Claudia Ivette Herrera-Covarrubias^a

^a Facultad De Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Chihuahua, México, México.

RESUMEN

Objetivo: Determinar los efectos del entrenamiento acentuado excéntrico (EAE) como protocolo de rehabilitación en un paciente con doble intervención quirúrgica por ruptura de Ligamento Cruzado Anterior (LCA).

Método: Se llevó a cabo un programa de entrenamiento acentuado excéntrico (dos meses post operación) durante 10 semanas, de las cuales, la primera y la décima fueron de evaluaciones, las ocho restantes, protocolo de intervención. Este estudio de caso fue llevado a cabo con la participación de un hombre joven, físicamente activo (22 años; 184cm de altura; 93 kg de peso). Se aplicaron pruebas para determinar la profundidad de la sentadilla y el ángulo de flexión de la rodilla, capacidad de salto mediante el Broad Jump (BJ) y el Triple Hop Test (THT), así como, la escala Lysholm-Tegner para la funcionalidad de la rodilla.

Resultados: Hubo mejora en el BJ en un 10%, por su parte, se mostraron aumentos en el THT en un 36% (rodilla no operada) y 14% (rodilla operada). El índice de simetría mejoró un 26%, mientras que la flexión de rodilla incrementó un 8%. Por su parte, la escala Lysholm-Tegner mejoró 30 puntos luego de la intervención.

Conclusión: Luego de diez semanas de intervención se concluye que el entrenamiento de fuerza acentuado excéntrico es efectivo para la rehabilitación y funcionalidad de rodilla luego de cirugía de ligamento cruzado anterior.

Palabras clave: Entrenamiento acentuado excéntrico; Lesiones deportivas; Ligamento cruzado anterior; Rehabilitación.

ACCENTUATED ECCENTRIC TRAINING AS A PROCESS OF REHABILITATION AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT SURGERY. A CASE STUDY

ABSTRACT

Objective: Determine the effects of accentuated eccentric training (AET) as a protocol for rehabilitation in a patient with double surgical intervention for Anterior Cruciate Ligament (ACL).

Method: An accentuated eccentric training program was carried out for ten weeks, of which, the first and the last were of the evaluation, the remaining eight, of intervention protocol. This case study was carried out with the participation of a young, physically active man (22 years old; height 184cm; weight 93kg). Tests were applied to determine the depth of the squat and the angle of knee flexion, jumping capacity through the Broad Jump (BJ) and the Triple Hop Test (THT), as well as the Lysholm-Tegner scale for knee functionality.

Results: There was an improvement in the BJ by 10%, on the other hand, increases in the THT were shown by 36% (unoperated knee) and 14% (operated knee). The symmetry index improved by 26%, while knee flexion increased by 8%. For its part, the Lysholm-Tegner scale improved 30 points after the intervention.

Conclusion: After ten weeks of intervention, it is concluded that accentuated eccentric strength training is effective for rehabilitation and functionality of knee after cruciate ligament anterior surgery.

* Autor de correspondencia: Nayro Isaac Domínguez Gavia nidominguez@uach.mx. +52 6142193020. Calle privada de Tamborel #4217, Colonia Dale, Código postal 31050, Chihuahua, Chihuahua, México. (Dr. Nayro Isaac Domínguez-Gavia)

Keywords: Accentuated eccentric training; Anterior cruciate ligament; Rehabilitation; Sports injuries.

TREINAMENTO EXCÊNTRICO ACENTUADO COMO PROCESSO DE REABILITAÇÃO APÓS CIRURGIA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR. UM ESTUDO DE CASO

RESUMO

Objetivo: Determinar os efeitos do treinamento acentuado excêntrico acentuado (TAE) como protocolo de reabilitação em paciente com dupla cirurgia para ruptura do Ligamento Cruzado Anterior (LCA).

Método: Foi realizado um programa de treinamento excêntrico acentuado durante 10 semanas, sendo a primeira e a décima avaliações, as oito restantes foram protocolo de intervenção. Este estudo de caso foi realizado com a participação de um homem jovem, fisicamente ativo (22 anos; altura 184cm; peso 93kg). Foram aplicados testes para determinar a profundidade do agachamento e o ângulo de flexão do joelho, capacidade de salto através do Broad Jump (BJ) e do Triple Hop Test (THT), além da escala Lysholm-Tegner para funcionalidade do joelho.

Resultados: Houve uma melhora no JB de 10%, enquanto aumentos no THT foram mostrados em 36% (joelho não operado) e 14% (joelho operado). O índice de simetria melhorou 26%, enquanto a flexão do joelho aumentou 8%. Por sua vez, a escala Lysholm-Tegner melhorou 30 pontos após a intervenção.

Conclusão: Após dez semanas de intervenção, conclui-se que o treinamento de força excêntrico acentuado é eficaz para reabilitação e funcionalidade do joelho após cirurgia do ligamento cruzado anterior.

Palavras-chave: Treinamento acentuado excêntrico; lesões esportivas; ligamento cruzado anterior; Reabilitação.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones de rodilla, particularmente las que afectan y comprometen al ligamento cruzado anterior (LCA) son de las que más predominancia presentan en el ámbito deportivo¹.

El LCA juega un papel importante en la estabilidad del complejo articular de la rodilla debido a su función anatómica, la cual, se encarga de evitar el desplazamiento anterior de la tibia, además, limita la rotación lateral y medial de la rótula².

Las lesiones por la ruptura del LCA son más comunes en adultos jóvenes, principalmente en aquellos que son atletas a nivel profesional, amateur o simplemente que realizan deporte de manera recreacional. El LCA está íntimamente relacionado con gestos de aceleración, desaceleración, cambios de dirección, saltos y aterrizajes, lo que lo hace más propenso a sufrir una lesión^{2,3}.

La distancia de los saltos, como el triple hop test es una variable fundamental para el proceso de rehabilitación y readaptación deportiva, esto debido a que permite conocer parámetros de funcionalidad del complejo articular de la rodilla, a nivel neuromuscular; de fuerza y potencia aplicada⁴. De la misma manera, las variables biomecánicas se deben atender en pacientes con lesión de LCA, ya que, se ha demostrado que los ángulos de movimiento de rodilla y cadera pueden verse afectados, y con ello, desviaciones en planos de movimiento sagital, frontal y transversal⁵.

Otro factor importante, además de los descritos previamente es el déficit de fuerza que se presenta luego de una lesión de LCA. Este déficit se manifiesta hasta en un 30% menos producción de fuerza, y no solo eso, se ha encontrado una atrofia en la musculatura implicada hasta en un 20% lo que puede ser un indicador de la necesidad de un estímulo de sobrecarga para el desarrollo de la fuerza⁶.

Debido a lo anterior, se han estudiado diversas metodologías como protocolo de rehabilitación en lesiones de tipo muscular y esquelético, entre esas, sobresale el entrenamiento excéntrico, ya que al estimular los componentes elásticos de la fibra muscular habrá un mayor daño muscular (Del inglés: Delayed Onset Muscle Soreness) y, con ello, se activa un proceso de proliferación de células satélite para comenzar la regeneración y recuperación de las fibras musculares. Además, el ejercicio de carácter excéntrico estimula la sobreexpresión de proteínas integrinas, específicamente la $\alpha 7\text{BX}2$ que ofrece un efecto protector contra el daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD por

sus siglas en inglés: Exercise Induced Muscle Damage) y ante dolor muscular tardío⁷.

Otra de las bondades del entrenamiento excéntrico es el bajo coste energético, por ello, es una metodología viable debido a que, la activación muscular es menor, lo que conlleva menos gasto energético, además, se obtienen mayores ganancias de fuerza a nivel muscular y tendinoso, lo que es fundamental en el proceso de rehabilitación⁸. Sumado a lo anterior, el tiempo de recuperación es un indicador que se atribuye a la capacidad funcional de la producción de fuerza, en ese sentido, el protocolo excéntrico ofrece efectos residuales en la producción de fuerza máxima hasta por seis meses post intervención⁹, lo que favorece en el proceso de recuperación y, además, ayudar a prevenir la reincidencia en la lesión. Por su parte, el nivel de estímulo dado mediante el ejercicio de índole excéntrico en los ligamentos, tendones y músculos beneficia cuantitativamente y cualitativamente las propiedades morfológicas y funcionales en comparación a otras modalidades de entrenamiento de fuerza¹⁰.

Diversas investigaciones^{3,4,5,6,17,19} se han enfocado en aplicar un protocolo de intervención mediante el ejercicio excéntrico en pacientes con lesión de LCA como protocolo de rehabilitación y mejora de la funcionalidad del complejo articular de la rodilla. Sin embargo, para el conocimiento de los autores dichos estudios han estimulado la acción muscular excéntrica de manera aislada, y al parecer, este es el primer estudio que estimula las diferentes acciones musculares con énfasis en la fase excéntrica en paciente con intervención quirúrgica de LCA.

A su vez, los autores presentan una hipótesis en la que, el EAE es efectivo para mejorar la capacidad de salto, ángulo de profundidad y flexión, así como, la funcionalidad del complejo articular de la rodilla. Por ello, el objetivo del presente estudio es determinar los efectos del Entrenamiento Acentuado Excéntrico (EAE) como protocolo de rehabilitación en un paciente con doble intervención quirúrgica por ruptura de LCA.

MÉTODO

Participantes

Este estudio de caso fue llevado a cabo con la participación de un hombre joven, fisicamente activo (22 años; 184cm de altura;

93 kg de peso). Con diagnóstico médico que hacía referencia a tres artroscopias de rodilla y dos intervenciones más, una por ruptura de LCA y la segunda por reincidencia en ruptura de LCA.

Se entregó el consentimiento informado al participante y se le explicó a detalle los beneficios y posibles riesgos del estudio. Además, se le manifestó que estaba en su derecho de abandonar la intervención cuando él quisiese. El estudio se llevó a cabo bajo los lineamientos de la declaración de Helsinki¹¹, además, de ser aprobado por la unidad de investigación de la FCCF UACH.

Diseño del estudio

La intervención fue un estudio de caso con diseño pre experimental de tipo *pre post*. La duración fue de 10 semanas, de las cuales la primera y la décima fueron de evaluaciones, mientras que, ocho de ellas fueron de intervención. Las evaluaciones fueron las mismas tanto en el *pre* como en el *post*, además, se mantuvieron las mismas condiciones de evaluación.

Evaluaciones

Análisis de la profundidad de sentadilla y ángulo de flexión de rodilla

Se dio la instrucción al participante de bajar lo más profundo posible en el ejercicio de sentadilla, después de ello, se realizó la medición del ángulo de flexión de la rodilla. Para ello, se utilizó un goniómetro, el cual se colocaba en la parte lateral de la rodilla y se marcaba la región que servía como punto de referencia. La medición se realizó tres veces, tomando en cuenta el máximo grado de flexión como valor de la prueba.

Determinación de la capacidad de salto y asimetría

Se determinó mediante la longitud máxima alcanzada mediante un salto horizontal de manera bilateral (BJ: *broad jump*, del inglés), así como, con la prueba del triple salto de manera unilateral (THT: *triple hop test*, por sus siglas en inglés).

El THT consiste en saltar tres veces con una sola pierna. Este se realiza con ambas piernas (lesionada LCA y no lesionada), y con ello, se determina el índice de asimetría y el déficit de fuerza de manera unilateral entre la pierna sana y la que presenta alguna lesión.

Para llevarse a cabo se le dio la indicación al participante de saltar lo más amplio posible en línea recta. Se le pidió que tratara de mantener la estabilidad en el último salto con el fin de realizar la medición desde el punto de inicio hasta el punto máximo que se alcanzó al finalizar el tercer y último salto.

Por su parte, el BJ consiste en realizar un salto de manera horizontal con ambas piernas. Para su realización se le indicó al participante que tenía que saltar lo más lejos posible y al final se le pidió que no se moviera para realizar la medición de la longitud, la cual se mide desde el punto de inicio (punta del pie) hasta el punto de máxima distancia (talón).

Se eligió la capacidad de salto horizontal, ya que, la distancia alcanzada por los saltos es un parámetro fundamental en los procesos de rehabilitación en pacientes con ruptura de LCA⁴.

Evaluación de la escala Lysholm-Tegner

Se aplicó la escala al participante pidiéndole que la llenara, tanto en la etapa pre como en la post intervención. Esta escala es de las más utilizadas para la evaluación personal y cualitativa de pacientes que se han sometido a cirugía de LCA.

La escala presenta rangos de valoración que van desde malo (<65 puntos), regular (65-83 puntos) y bueno-muy bueno (84-100 puntos). Estos valores permiten conocer el progreso en actividades de la vida cotidiana, así como en disciplinas deportivas.

Plan de entrenamiento

Se llevó a cabo un plan de ejercicio con énfasis en la acción muscular excéntrica mediante sobrecarga (acentuando el tiempo bajo tensión en la fase excéntrica con dos segundos), con el objetivo de fortalecer las unidades musculares y tendinosas, así como el complejo articular de la rodilla. La duración del programa fue de ocho semanas con una frecuencia de tres sesiones por semana (Lunes-Miércoles-Viernes). Los ejercicios se realizaban por patrones de flexión y extensión, así como, dominante de rodilla y dominante de cadera, además, se realizaron ejercicios de carácter isométrico y de propiocepción para coadyuvar a la estabilidad rotuliana. De la misma manera, se trabajó de manera bilateral y unilateral.

Una parte fundamental fue lo que el primer autor de este estudio denomina “contraste de fases y acoplamiento neuromuscular”, en el cual, a pesar de hacer énfasis en la acción excéntrica, esta se estimulaba en conjunto con las acciones concéntricas e isométricas mediante diferentes estímulos, desde el tiempo bajo tensión hasta gestos más complejos como acelerar, desacelerar, cambiar de dirección e incluso pliometría en la fase final. Lo anterior, con el objetivo de mejorar los patrones de movimiento y estímulos funcionales del complejo articular rotuliano.

La distribución del trabajo (Figura 1) fue de la siguiente manera: semana 1 y 10 fueron para evaluar las variables pre y post intervención respectivamente. Posteriormente, la semana 2 y 3 se trabajó con un volumen de 3 series de 8 repeticiones con el 30% del peso corporal del participante; la semana 4 y 5 se aumentó el volumen de trabajo a 4 series de 10 repeticiones manteniendo el porcentaje de la carga; la semana 6 y 7 hubo un aumento en la carga de trabajo, 4 series de 10 repeticiones con el 50% del peso corporal. Finalmente, en la semana 8 se volvió a incrementar la carga al 70% con 4 series de 10 repeticiones, mientras que, la semana 9 se bajó la carga al volumen inicial, esto con el fin de tener un periodo de descarga y aprovechar el efecto potenciador de las semanas anteriores, lo que mejora los mecanismos de señalización muscular y neural, ya que, beneficia al complejo articular de la rodilla.



Figura 1. Esquema de las etapas de la intervención.

Análisis estadístico

Debido a que se trató de un estudio de caso el análisis estadístico no se llevó a cabo, en su lugar, se determinaron los resultados mediante la delta (diferencia) de cambio entre las evaluaciones *pre* y *post* intervención.

RESULTADOS

El objetivo del presente estudio fue determinar los efectos del entrenamiento acentuado excéntrico (EAE) como protocolo de rehabilitación en un paciente con doble intervención quirúrgica por

Tabla 1. Principales resultados del estudio.

Variables	Pre	Post	Diferencia
BJ (m)	1.57	1.72	↑ 10%
THTo (m)	2.38	3.25	↑ 36%
THTno (m)	3.97	4.56	↑ 14%
Índice simetría (%)	66	40	↑ 26%
AFR (°)	120	130	↑ 8%

BJ= *broad jump*, THTa= *triple hop test* rodilla operada, THTno= *triple hop test* rodilla no operada, AFR= ángulo de flexión de rodilla en sentadilla, ↑= aumento, %= porcentaje

ruptura de LCA. Luego de ocho semanas de intervención hubo mejora en el BJ en un 10%, por su parte, se mostraron aumentos en el THT en un 36% (rodilla no operada) y 14% (rodilla operada). El índice de simetría mejoró un 26%, mientras que la flexión de rodilla incrementó un 8%. Por su parte, la escala Lysholm-Tegner presentó mejoras en relación a su valor inicial el cual fue de 66 puntos lo que indica un resultado global regular, mientras que, después de la intervención fue de 96, valor que se sitúa en un resultado muy bueno. Los resultados se muestran en la [Tabla 1](#).

DISCUSIÓN

Uno de los factores más importantes durante el proceso de rehabilitación es la capacidad de producir fuerza en el mínimo tiempo posible, esto debido a que, los procesos de estabilización a nivel articular y tendinoso, se llevan a cabo en lapsos de 50 a 100 milisegundos. A lo anterior se le denomina RFD (Rate of Force Development)¹². Debido a ello, en este estudio se evaluó la capacidad de salto, tanto de manera bilateral como unilateral, ya que, la producción de fuerza no es igual en miembros pélvicos inferiores cuando se evalúan de manera agrupada que independiente, ya que, la sumatoria de fuerzas es mayor cuando se aplica de manera unilateral en comparación con los valores de manera bilateral¹³. Por ello, conocer los niveles de fuerza y potencia de manera unilateral ayuda a los procesos de rehabilitación, ya que, permite analizar los valores de simetría que se tienen que lograr antes de dar de alta al paciente.

El desarrollo de la fuerza se relaciona con los radios de producción de esta entre músculos agonistas y antagonistas, por ello, en esta intervención la planificación del entrenamiento se centraba tanto en ejercicios que estimularan la cadena anterior como posterior con el objetivo de fortalecer todo el complejo articular rotuliano lo que es fundamental en procesos de rehabilitación². Este estudio, mejoró la distancia de salto lo que sugiere un aumento en el desarrollo de fuerza tanto en cuádriceps como en bíceps femoral, ya que son grupos musculares que se activan durante las fases de despegue y aterrizaje de los saltos, lo que está de acuerdo con los hallazgos de Ong et al.¹⁴, quienes encontraron mejoras en los radios de fuerza en cuádriceps y bíceps femoral luego de 6 semanas de ejercicio excéntrico, lo que se relaciona con un mejor control motor y producción de fuerza aplicada en gestos como los saltos, no obstante, una diferencia entre el estudio de Ong et al.¹⁴ y este estudio fue la metodología utilizada, ya que Ong et al.¹⁴ llevaron a cabo su intervención con tecnología isocinética, mientras que en este estudio se aplicó el ejercicio excéntrico con el uso de pesos libres.

En esta investigación hubo mejoras en el nivel de simetría entre la rodilla afectada y la que no presentaba lesión, los valores aumentaron en un 26% luego de la intervención, estos resultados pueden deberse a las adaptaciones a nivel neuromuscular que se estimulan durante el entrenamiento excéntrico favoreciendo la recuperación de lesiones, ya que coadyuva en regenerar las propiedades mecánicas de los miembros afectados¹⁵. Además, el uso de pesos libres aplicando un protocolo excéntrico basado en el tiempo bajo tensión de la fase excéntrica beneficia el desarrollo

de fuerza debido al reclutamiento de unidades motoras tipo IIX, además, la transferencia a la potencia muscular será mayor, por ello, la mejora en la capacidad de salto se le puede atribuir; además, a las adaptaciones nerviosas que la sobrecarga excéntrica ejerce sobre la función muscular¹⁶.

Por otro lado, una variable de suma importancia es la contribución del trabajo ejercido a nivel articular, ya que en los saltos se involucra el tobillo, la rodilla y cadera, lo que proporciona picos de fuerza aplicada de diferente manera, los cuales pueden variar en los resultados obtenidos en test de salto como el THT. Si bien, en este estudio hubo mejoras en el nivel de simetría, lo que concuerda con lo encontrado por Kotsifaki et al.¹⁷, no se puede asegurar el trabajo articular realizado ya que, en nuestra intervención no utilizamos plataforma de salto ni análisis de video como en la investigación de Kotsifaki et al.¹⁷.

De la misma manera, Milandri y Sivarasu⁵ encontraron ganancias de fuerza en un 15.4% luego de un protocolo excéntrico en cicloergómetro isocinético, además, se evidenció un aumento en los ángulos de flexión de rodilla y cadera en un 2.1% para ambos, lo que concuerda con lo encontrado en esta investigación en la que el ángulo de flexión de rodilla mejoró un 8%. Sin embargo, el protocolo de Milandri y Sivarasu⁵ por su naturaleza mantenía los ángulos de flexión de manera estable. Aun así, nuestro estudio superó el 3% de aumento en el ángulo de flexión lo que sobrepasa la diferencia mínima clínica importante y estipula los beneficios del entrenamiento con sobrecarga excéntrica de manera acentuada.

No obstante, las mejoras en la simetría pueden deberse al fortalecimiento de las unidades musculotendinosas. Harris-Love et al.¹⁸ manifiestan que el ejercicio excéntrico tiene mejoras a nivel de patrones de movimiento de flexión y extensión de rodilla luego de dos semanas de familiarización, lo que está acorde con este estudio. En cambio, Harris-Love et al.¹⁸ evidencian que lo anterior es en dispositivos isocinéticos, por lo que, la velocidad se mantiene constante, así como los rangos de movimiento, los cuales son más controlados y exactos en comparación al uso de pesos libres que se utilizaron en nuestra intervención. De la misma manera, los resultados coinciden con lo encontrado por Vidmar et al.³ quienes muestran que el entrenamiento excéntrico es efectivo para recuperar los niveles de fuerza aplicada en lesiones de LCA. Sin embargo, al igual que Harris-Love et al.¹⁸ el protocolo de Vidmar et al.³ fue realizado en dispositivos isocinéticos a diferencia del presente estudio que se llevó a cabo con la utilización de pesos libres.

A pesar de que hubo mejoras en la simetría luego de esta intervención, se deben tomar en cuenta los vectores de fuerza aplicada en las pruebas realizadas. Si bien, el BJ y el THT son parámetros que demuestran el nivel de fuerza y la capacidad de producirla en el mínimo tiempo posible, algunos autores expresan que no solo se debe evaluar el vector horizontal, sino también el vector vertical como lo indica Kotsifaki et al.¹⁹. Esto se debe a que se han encontrado discrepancias entre el nivel de simetría cuando se evalúa mediante el SLDJ (*Single Leg Drop Jump*, del inglés) y el SLJ (*Single Leg Jump*, por sus siglas en inglés), en los cuales, se aplica un vector de fuerza vertical. En comparación al THT y el BJ que

evalúan el vector horizontal, dichas fluctuaciones en la simetría son de un 97% (THT), un 83% (SLJ) y un 77% (SLDJ) lo que indica que la biomecánica aplicada es otro factor importante al momento de dar de alta al paciente con lesión de LCA. Además, no hay criterios de unificación entre los valores obtenidos en los diversos tipos de saltos, por lo que, la elección de las pruebas será a discreción de los profesionales del deporte.

Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron mejoras en la simetría en un 26%, además, hubo aumento en la distancia de los saltos, tanto bilateral como unilateral lo que indica que la intervención es efectiva para acercarse más al nivel de simetría deseado, sin embargo, se debe entender que, la rehabilitación del LCA no depende solo de las variables de salto, sino del nivel de fortalecimiento y la funcionalidad del control neural y muscular del individuo ya que el torque y fuerza producida no siempre tiene relación con la capacidad de salto⁴.

Por último, los resultados pudieran ser relacionados a la producción de células satélite lo que estimula la regeneración muscular. Se ha evidenciado que, luego de una sesión de ejercicio excéntrico se dispara la formación de estas células hasta en un 141% luego de las primeras 24 horas post estímulo²⁰. Sin embargo, no se puede asegurar, ya que este estudio no realizó biopsias o algún otro método de detección celular.

Los resultados de la presente investigación respaldan que, el entrenamiento y ejercicio de índole excéntrico es un protocolo viable para obtener mejoras en pacientes con cirugía de LCA en corto tiempo (8 semanas). Si bien la simetría es un parámetro fundamental para el proceso de rehabilitación o readaptación de lesiones, hay que tener en cuenta que, la funcionalidad se asocia con otras capacidades físicas como la fuerza máxima, potencia muscular, pliometría, rangos de movimiento, entre otras.

CONCLUSIÓN

Tras ocho semanas de intervención se concluye que el EAE es un protocolo eficaz para la mejora de la capacidad de salto, índice de simetría, ángulo de flexión de rodilla y profundidad de sentadilla, así como, en la funcionalidad de la rodilla. Coadyuvando en el proceso de rehabilitación física en paciente con doble intervención quirúrgica de LCA.

Sin embargo, para llegar a una conclusión más precisa es imperativo contrastar esta metodología con otros protocolos de entrenamiento y diversas herramientas tecnológicas para llevarse a cabo. A su vez, aumentar el número de pacientes para comprender y analizar más a detalle los efectos de este protocolo de ejercicio.

AGRADECIMIENTOS Y CONTRIBUCIONES DEL ESTUDIO

Se agradece CMEU por su colaboración como participante de esta intervención y por permitirnos hacer público los resultados de su proceso de rehabilitación.

Al Dr. RCL por su contribución y asesoría para la implementación y planificación del programa de entrenamiento.

Al Dr. REAC, el Dr. KFCS y la Dra. CIHC por su contribución en la aplicación de la intervención.

Al Dr. JBGB por su apoyo en las cuestiones de motricidad en este estudio.

REFERENCIAS

1. Hernández Hermoso JA, Monllau García JC. Lesiones ligamentosas de la rodilla. Barcelona: Marge Medica Books; 2012.

2. Stojanović E, Faude O, Nikić M, Scanlan AT, Radovanović D, Jakovljević V. The incidence rate of ACL injuries and ankle sprains in basketball players: a systematic review and Meta - Analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2023; 33(6): 790-813. <https://doi.org/10.1111/sms.14328>.
3. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, Mezzomo M, Lugokenski R, Pimentel GL, Silva MF. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther* 2020; 24(5): 424-32. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.07.003>.
4. Santos HH, Sousa CDO, Medeiros CLP, Barela JA, Barela AMF, Salvini TDF. (2018). Correlation between eccentric training and functional tests in subjects with reconstructed ACL. *Rev Braz Med Esporte* 2018; 24(6): 471-76. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182406184218>.
5. Milandri G, Sivarasu S. (2021). A randomized controlled trial of eccentric versus concentric cycling for anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. *Am J Sports Med* 2021; 49(3): 626-36. <https://doi.org/10.1177/0363546520987566>.
6. Lorenz D, Reiman M. The role and implementation of eccentric training in athletic rehabilitation: tendinopathy, hamstring strains, and acl reconstruction. *Int J Sports Phys Ther* 2011; 6(1): 27.
7. Valero MC, Huntsman HD, Liu J, Zou K, Boppart MD. Eccentric exercise facilitates mesenchymal stem cell appearance in skeletal muscle. *PloS one* 2012; 7(1): e29760. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029760>.
8. Suchomel TJ, Wagle JP, Douglas J, Taber CB, Harden M, Haff GG, Stone MH. Implementing eccentric resistance training—part 2: practical recommendations. *J Funct Morphol Kinesiol* 2019; 4(3): 55. <https://doi.org/10.3390/jfkm4030055>.
9. Coratella G, Schena F. Eccentric resistance training increases and retains maximal strength, muscle endurance, and hypertrophy in trained men. *Appl Physiol Nutr Metab* 2016; 41(11): 1184-89. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0321>.
10. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Med* 2017; 47(5): 917-41.
11. Asociación Médica Mundial, AMM. Declaración de Helsinki. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Tokio-Japón: Asociación Médica Mundial. 1975.
12. Buckthorpe M, Roi GS. The time has come to incorporate a greater focus on rate of force development training in the sports injury rehabilitation process. *Muscles Ligaments Tendons J* 2017; 7(3): 435. <https://doi.org/10.11138%2Fmltj%2F2017.7.3.435>.
13. Bogdanis GC, Tsoukos A, Kaloheri O, Terzis G, Veligekas P, Brown LE. Comparison between unilateral and bilateral plyometric training on single-and double-leg jumping performance and strength. *J Strength Cond Res* 2019; 33(3): 633-40. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001962>.
14. Ong MTY, Chan JSY, Man GCW, Qiu J, He X, Wang Q, Yung PSH. Effect of eccentric isokinetic exercise on muscle strength and functional recovery after anterior cruciate ligament reconstruction. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol* 2024; 35: 20-6. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2023.11.002>.
15. Mosteiro-Muñoz F, Domínguez R. Efectos del entrenamiento con sobrecargas isoinerciales sobre la función muscular. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte* 2017; 17(68): 757-73. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2017.68.011>.
16. Suchomel TJ, Wagle JP, Douglas J, Taber CB., Harden M, Haff GG, Stone MH. Implementing eccentric resistance training—Part 1:

- A brief review of existing methods. *J Funct Morphol Kinesiol* 2019; 4(2): 38. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020038>.
17. Kotsifaki A, Van Rossom S, Whiteley R, Korakakis V, Bahr R, Sideris V, Jonkers I. Symmetry in triple hop distance hides asymmetries in knee function after ACL reconstruction in athletes at return to sports. *Am J Sports Med* 2022; 50(2): 441-50. <https://doi.org/10.1177/03635465211063192>.
 18. Harris-Love MO, Gollie JM, Keogh JW. Eccentric exercise: adaptations and applications for health and performance. *J Funct Morphol Kinesiol* 2021; 6(4): 96. <https://doi.org/10.3390/jfmk6040096>.
 19. Kotsifaki A, Van Rossom S, Whiteley R, Korakakis V, Bahr R, Sideris V, Jonkers I. Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. *Br J Sports Med* 2022; 56(9): 490-8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104692>.
 20. Dreyer HC, Blanco CE, Sattler FR, Schroeder ET, Wiswell RA. Satellite cell numbers in young and older men 24 hours after eccentric exercise. *Muscle Nerve* 2006; 33(2): 242-53. <https://doi.org/10.1002/mus.20461>.