

Universidad San Jorge

Facultad de ciencias de la salud

Proyecto Final

**Efectividad de un programa de ejercicios en
Cadena Cinética Cerrada basado en posturas
de Yoga terapéutico en fase de Entrenamiento
Funcional en la rehabilitación de ligamento
cruzado anterior. A propósito de un caso.**

Autor del proyecto: Alejandro Díez Ballarín

Director del proyecto: María Ortiz

Zaragoza, 17 de mayo de 2019



ÍNDICE

• <u>1.INTRODUCCIÓN</u>	<u>4</u>
• <u>1.1.Rotura de ligamento cruzado anterior</u>	<u>4</u>
• <u>1.2.Fases de rehabilitación</u>	<u>4</u>
• <u>1.3.Beneficios de ejercicios de CCC</u>	<u>5</u>
• <u>1.4.Yoga</u>	<u>5</u>
• <u>JUSTIFICACIÓN</u>	<u>6</u>
• <u>2.OBJETIVOS</u>	<u>6</u>
• <u>3.MATERIAL Y METODOS</u>	<u>7</u>
• <u>3.1.Historia clínica</u>	<u>7</u>
• <u>3.2.Variables</u>	<u>7</u>
• <u>3.3.Intervención</u>	<u>9</u>
• <u>RESULTADOS</u>	<u>10</u>
• <u>DISCUSIÓN</u>	<u>11</u>
• <u>LIMITACIONES</u>	<u>12</u>
• <u>CONCLUSIÓN</u>	<u>14</u>
• <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>14</u>
• <u>ANEXO</u>	<u>18</u>

RESUMEN

- **Introducción y objetivo:** La rotura del ligamento cruzado anterior es una lesión común en el ámbito deportivo con una prevalencia elevada. Se trata de una lesión aguda que implica en la mayor parte de los casos intervención quirúrgica y un tiempo periodo de rehabilitación hasta la vuelta a la actividad. El objetivo del tratamiento es evaluar la efectividad del Yoga para mejorar el equilibrio del paciente en una fase específica de ha rehabilitación.
- **Material y métodos:** Se propone un programa de posturas de Yoga como ejercicio en cadena cinética cerrada, durante la etapa de rehabilitación de un paciente intervenido quirúrgicamente.
- **Resultados:** Se produjo un incremento del equilibrio, y una normalización de los valores disminuidos en fuerza, perímetro y cantidad de movimiento rango de movimiento.
- **Conclusión:** En combinación con fisioterapia convencional, este tipo de programa de ejercicios ofrece una serie de beneficios sobre los objetivos planteados en una rehabilitación en fase de entrenamiento funcional.

ABSTRACT

- **Introduction and objective:** the rupture of the anterior cruciate ligament is a common injury in sports with a high prevalence. It is an acute injury that in most cases involves surgical intervention and a period of rehabilitation until the return to activity. The aim of the treatment is to evaluate the effectiveness of Yoga to improve the balance of the patient in a specific phase of rehabilitation.
- **Material and methods:** A program of Yoga postures is proposed as an exercise in closed kinetic chain, during the rehabilitation stage of a patient undergoing surgery. **Results:** There was an increase in the functional capacity, as well as the rest of the variables studied, which were proprioception, strength / muscle tone, range of motion and pain, measures with different tests and elements.
- **Conclusion:** In combination with physiotherapy, This type of exercise program offers a series of benefits on the objectives set in a rehabilitation in the functional training phase.

- **INTRODUCCIÓN**

- 1.1 Rotura de ligamento cruzado anterior

La estabilidad de la rodilla depende de la congruencia de las estructuras óseas y control muscular, pero fundamentalmente está determinada por la función de los cuatro ligamentos mayores: cruzado anterior, posterior, colateral medial y lateral. Una lesión en cualquiera de estas estructuras comprometerá la estabilidad biomecánica de la articulación. (1)

El papel principal del ligamento cruzado anterior es evitar el desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur y controlar los movimientos de varo, valgo y rotación. La lesión de este ligamento es la más común de las estructuras ligamentosas, con una prevalencia de alrededor de 0,30/1000 en la población general, más elevada en individuos que practican algún deporte. La rotura de este ligamento representa el 64% de las lesiones en deportes que incluyen saltos y cambios de dirección. (2-3) Se produce en situaciones en las que se genera un valgo forzado de rodilla o cuando ocurre un mecanismo de torsión del fémur sobre la tibia manteniendo el pie fijo en alguna superficie (pivote). Generalmente ocurren mientras el deportista está realizando un recorte, un cambio de dirección, un giro o cuando se detiene abruptamente. (4)

La decisión de realizar un tratamiento quirúrgico o conservador dependerá de una serie de variables, fundamentalmente del grado de inestabilidad, limitación funcional, edad y práctica de actividad física. En cualquier caso, las estrategias y el objetivo común de la rehabilitación pre y post quirúrgicas es buscar el mejor nivel funcional para el paciente eliminando la inestabilidad, restaurando la movilidad, recuperando la fuerza y alcanzando las capacidades físicas previas a la lesión. (5)

- 1.2 Fases de Rehabilitación

El proceso de rehabilitación se podría organizar en diferentes fases. Una prequirúrgica, cuyo objetivo es mantener las capacidades funcionales del paciente para que acceda en las mejores condiciones físicas a las primeras fases posteriores a la cirugía. Otra postquirúrgica que abarca mayor tiempo del periodo de rehabilitación y de ganancia de capacidades. La última fase entre los 4 y 5 meses posteriores a la cirugía, se considera de entrenamiento funcional específico previo al retorno de las actividades funcionales completas del deporte. (6)

La fase de rehabilitación posquirúrgica comienza aproximadamente la 2 o 4 semanas tras la intervención. En esta fase todavía existe vulnerabilidad en el injerto y se basa en 3 etapas progresivas que tienen como objetivo aumentar la movilidad, control muscular, equilibrio y mejorar patrones de movimiento de la extremidad afectada del paciente. Se considera como condición para superar esta fase postquirúrgica y retorno de la actividad física la ausencia de

dolor e inflamación, un arco de movilidad completo, recuperación de la fuerza y garantizar un equilibrio funcional. (6)

1.3 Beneficios de ejercicios de CCC

Varios autores consideran que el LCA, además de estabilizador, tiene una función propioceptiva estableciendo incluso relación directa en insuficiencia del ligamento y estabilidad funcional. Por lo tanto, se considera necesario el trabajo de entrenamiento neuromuscular durante la fase postquirúrgica de la rehabilitación mediante el fortalecimiento muscular y mejora del equilibrio. (7)

Para una rehabilitación de la fuerza funcional, existe posibilidad de trabajo mediante ejercicios de cadena cinética abierta, en los cuales la última articulación de la extremidad queda libre. Por otro lado los ejercicios de cadena cinética cerrada (CCC) son aquellos en los que la articulación final de la extremidad y su arco de movilidad quedan fijos a una superficie. Estos ejercicios trabajan la estabilización de tronco y extremidades en conjunto. Las cargas que se generan actúan mayoritariamente en compresión que en cizalla, siendo estas cargas axiales beneficiosas para la plasticidad y remodelación de los tejidos. (8-9)

Los ejercicios CCC son citados como los más indicados y seguros en esta etapa pues la contracción muscular conjunta durante su ejecución aumenta la estabilidad de la articulación, reproducen mejor la biomecánica de movimiento y protege al injerto de las fuerzas transversales/cortantes de desplazamiento anterior. (10)

Por todo esto el trabajo mediante ejercicios de CCC podría ser indicado para obtener mejores resultados a nivel de capacidad funcional en comparación con ejercicios aislados usados comúnmente en rehabilitación. Al final de la rehabilitación, los ejercicios de CCC pueden no ser suficientes para el fortalecimiento, por lo que se recomienda por su mayor efectividad la combinación de ejercicios de cadena cinética cerrada y abierta. (11)

1.4 Yoga.

El Yoga es una disciplina que se puede identificar como un sistema de elementos como las posturas (Asanas), técnicas respiratorias (Pranayama), y relajación (shavasana). Acerca del yoga en general existe escaso respaldo científico sin embargo la práctica de determinadas posturas de Yoga de forma regular es efectiva para mejorar la condición física funcional, el equilibrio, la fuerza y la movilidad en individuos sedentarios (12)

También se han llevado a cabo estudios acerca de diferentes usos del yoga entre los que destacarían los evidenciados en pacientes mayores de 60 años con ganancias importantes de equilibrio (13) En patologías neurodegenerativas y neuropatías en las que se muestra aumento del control motor tras la práctica de Yoga. (14-16)

Existe una limitada pero cierta evidencia científica acerca de los beneficios del Yoga como tratamiento, ya que es principalmente estudiado como medida preventiva o de mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN

En primer lugar, existe una falta de evidencia científica que respalde la efectividad o seguridad en la práctica de Yoga como tratamiento en la rehabilitación de patologías específicas, sin embargo numerosas personas deciden practicar Yoga para mejorar su salud. Por otro lado, en la fase de entrenamiento funcional en rehabilitación de LCA se postula como necesario y seguro el trabajo inicialmente en CCC y posteriormente combinado con ejercicios en CCA. (8) Es por ello que se decidió abordar este caso clínico desde la perspectiva del Yoga terapéutico.

2. OBJETIVOS

Hipótesis: El tratamiento mediante un programa de ejercicios en CCC y CCA basado en posturas de Yoga en un caso de un paciente en fase de entrenamiento funcional tras una rotura de ligamento cruzado anterior produce cambios en equilibrio de la extremidad afecta del paciente medida mediante Stand Excursion Balance Test y Balance Scoring System.

Objetivo principal: Valorar la efectividad de un plan de ejercicios basado en la práctica terapéutica de yoga en el equilibrio de un paciente tras una intervención quirúrgica del ligamento cruzado anterior durante la fase de entrenamiento funcional.

Objetivos secundarios:

- Determinar la magnitud del cambio en el equilibrio del paciente mediante el Star Excursion Balance Test y Balance Error Scoring System.
- Determinar cambios en la fuerza de la extremidad afecta del paciente valorada con escala Daniel´s.
- Determinar cambios en el tono muscular de la extremidad afecta del paciente mediante valoración antropométrica.
- Determinar cambios en el rango de movimiento en la articulación del paciente mediante el empleo del software kinovea.
- Reflejar evolución en la experiencia de dolor percibido durante el tratamiento con la Escala Visual Analógica.

3. MATERIAL Y METODOS

3.1-Historia clínica

Paciente varón de 25 años, presenta una rotura completa de ligamento cruzado anterior de su extremidad izquierda sufrida el 7 de mayo de 2017 como consecuencia de un movimiento de torsión de rodilla durante un partido de fútbol. No hay antecedentes de enfermedad, alergias ni operaciones previas.

La exploración mediante resonancia magnética confirma rotura LCA además de meniscopatía grado II del menisco interno. Los meses posteriores a la lesión hasta el momento de la intervención quirúrgica mantuvo sus actividades diarias y realizó ejercicios de fortalecimiento muscular.

Fue intervenido mediante una cirugía artroscópica de rodilla izquierda para realizar plastia de ligamento cruzado anterior el día 25 de noviembre de 2017. Durante dos semanas se ayudó de muletas durante la marcha y recibió tratamiento para el dolor, inflamación y ganancia de fuerza y rango articular. Tras tres meses recuperó 120 grados de flexión sin tope mecánico, con limitaciones a la extensión y ligamento estable (prueba de cajón y Lachman negativas. (17) La movilidad articular en flexo-extensión siguió una progresión con un patrón positivo. El paciente ha recibido tratamiento de rehabilitación y se encuentra iniciando la fase de entrenamiento funcional tras haber transcurrido 16 semanas de la cirugía.

3.2-Variables.

Para la evaluación pre- y post- intervención se utilizaron las siguientes variables:

Equilibrio

- Se valoró el equilibrio mediante el Star Excursion Balance Test (SEBT). Es una prueba que compromete el control postural dinámico del paciente. Se sitúa el paciente en apoyo monopodal en el centro de un asterisco dibujado en el suelo y desde esa posición con la extremidad no apoyada realiza alcances siguiendo las direcciones marcadas (frontal, posterior, laterales y diagonales). Se comparó la distancia valorada en centímetros de cada segmento del asterisco con respecto a la segunda medición tanto en la extremidad afecta como en la sana. (18)
- También se empleó una prueba llamada Balance Error Scoring System, la cual consiste en seis posiciones de diferentes apoyos en las que se compromete el equilibrio estático del paciente con ojos cerrados para estimular el trabajo de los sistemas neuromuscular y vestibular. El sujeto mantiene una posición un determinado tiempo y se valora si existen o no disequilibrios. En caso de no mantener una posición se le considera como error/fallo en esa posición. Se suman los errores totales en las seis posiciones y se

comparan los cometidos en la primera medición con respecto a la segunda. La validez de este test varía de moderada a buena dependiendo de las condiciones de la prueba, siendo de gran utilidad para uso en serie en un mismo individuo. (19)

(ANEXO 1)

Fuerza muscular

- Se valoró mediante la escala Daniel´s, en la que se opone una resistencia a la acción muscular con el fin de obtener información de la fuerza del paciente. Puntúa la fuerza muscular de cero a cinco, siendo el cero la ausencia de contracción y el cinco la capacidad del movimiento completo venciendo a una resistencia manual máxima. Se obtuvieron datos numéricos que representan la fuerza de la musculatura flexora, extensora, abductora y aductora. (20)

Perímetro muscular

- Para obtener datos de la masa muscular del paciente se empleó una cinta métrica y se establecieron dos mediciones por extremidad a nivel de muslo y tercio medio de la zona tibial con el fin de conocer sus perímetros, ambas mediciones a 15 cm de distancia del borde de la rótula. Es un método que podría aplicarse como indicador de confianza para estimar los cambios de masa muscular en la extremidad de un mismo paciente. (21)

Rango articular

-Se empleó Kinovea, un software libre y gratuito diseñado para el análisis del gesto y técnica deportiva en biomecánica. Se calculó la diferencia del ángulo de movimiento marcando tres puntos en calcáneo, punto medio del extremo distal del fémur y trocánter, sobre una imagen previa y otra posterior a la intervención en flexión activa del paciente en plano sagital. (22)



Dolor

- Por último se valoró la experiencia de dolor del paciente. Para medir esta variable se empleó la Escala Visual Analógica (EVA). Numerada del uno al diez en la que diez sería la experiencia más dolorosa y el cero la ausencia de dolor. El paciente otorgó un valor numérico a su sensación de dolor al finalizar cada sesión para obtener datos del dolor del paciente durante la intervención. (23)

3.3-Intervención

El tratamiento consistió en un programa de ejercicios en CCC basados en la práctica de posturas de Yoga seleccionadas para trabajar sobre los objetivos propuestos. El procedimiento de los ejercicios fue guiado por un fisioterapeuta. Se seleccionaron ejercicios en carga se pueden dividir en dos grupos:

- Posiciones verticales: Ejercicios de equilibrio en las que se comprometió la estabilidad del paciente en diferentes posiciones en carga con ambas extremidades, progresando con ejercicios en apoyo unipodal, inicialmente estáticos y posteriormente involucrando movimientos de desequilibrio y coordinativos de las extremidades no implicadas en el apoyo.(6)
- Posiciones horizontales: Ejercicios que trabajan la musculatura estabilizadora a nivel central y la transferencia de fuerza hacia las extremidades. Se realizaron con planchas horizontales, laterales y mantenimiento de posturas en contracción abdominal en carga de las extremidades inferiores. (6)

Las posturas se repitieron durante la intervención en función de su consecución y se intensificaron progresivamente en el la cantidad de tiempo de mantenimiento y en la correcta ejecución del ejercicio. Es necesario incluir posturas de baja exigencia muscular, de movilización articular o incluso descanso entre los ejercicios para evitar la aparición de fatiga muscular.

El programa de ejercicios se organizó en 3 sesiones por semana de aproximadamente 50 minutos cada una guiada y supervisada por un fisioterapeuta, durante 5 semanas. Para cada sesión será necesaria la presencia del fisioterapeuta, una sala y una esterilla.

(ANEXO 2)

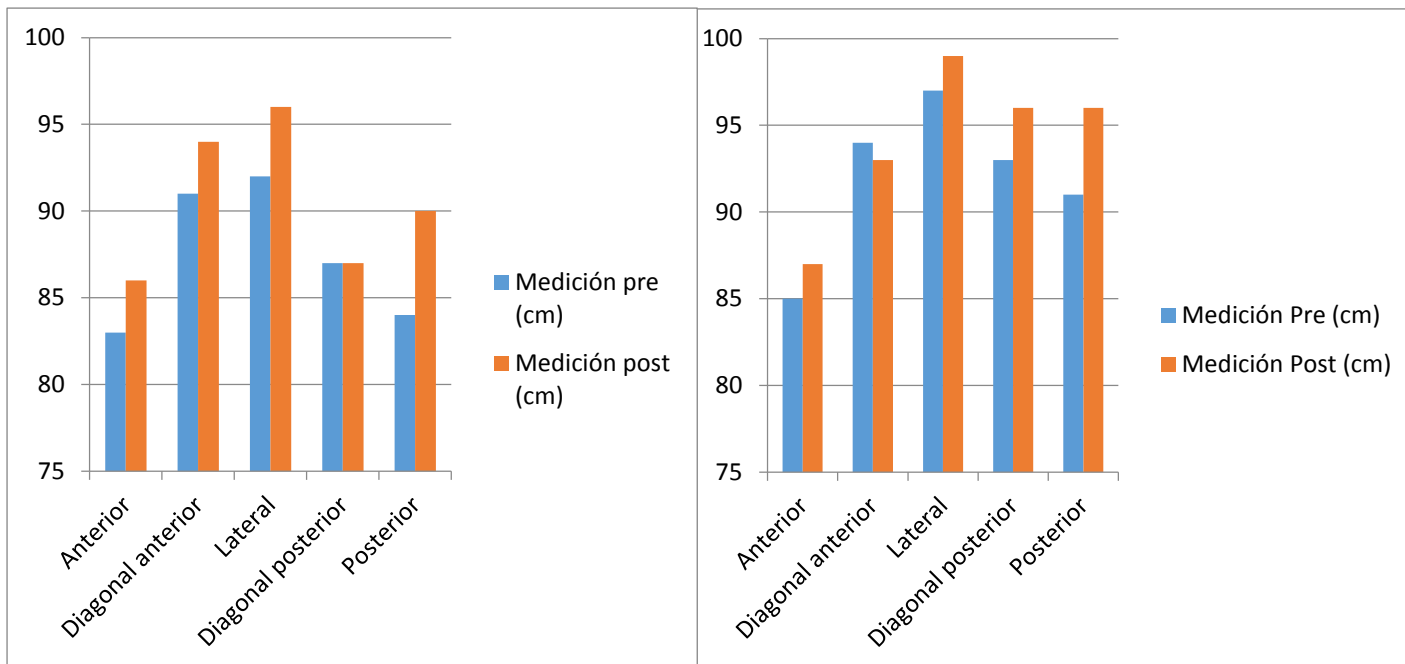
4. RESULTADOS

Equilibrio

Tal y como se muestra en el diagrama 1, se obtuvieron resultados mayores durante la segunda medición de la prueba SEBT en anterior, diagonal anterior y posterior, no así en diagonal posterior. La tabla 2 muestra un aumento de los valores con respecto a la primera medición.

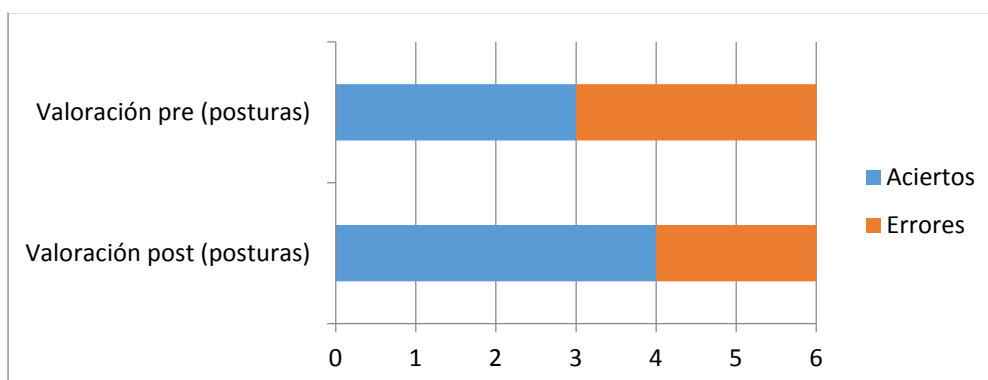
Diagrama de barras 1. Extremidad afecta.

Diagrama de barras 2. Extremidad sana.



La prueba de BESS determinó como fallo/error 3/6 posturas en la primera medición. Después de la intervención el paciente fue capaz de mantener el equilibrio durante 4/6 como muestra el diagrama 3.

Diagrama de barras 3. Posturas



Fuerza muscular

La tabla 1 refleja un mantenimiento de la fuerza del paciente en los valores obtenidos en los diferentes grupos musculares y un aumento en músculos abductores y aductores.

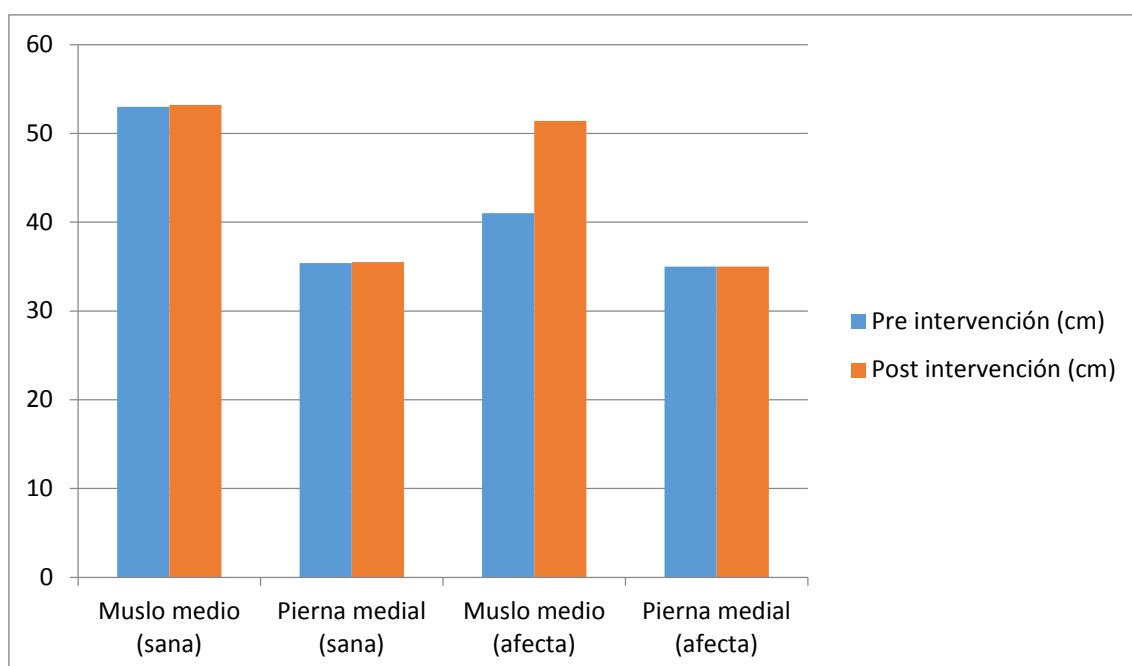
Tabla 1. Escala Daniel's.

	Pre-intervención	Post-intervención
Extensores de rodilla sana	5	5
Extensores de rodilla afecta	5	5
Flexores de rodilla sana	5	5
Flexores de rodilla afecta	4	4
Abductores sana	5	5
Abductores afecta	4	5
Aductores sana	5	5
Aductores afecta	4	5

Antropometría

El diagrama de barras 4 muestra un aumento de la masa muscular a nivel de muslo medio de la extremidad afecta que alcanza valores próximos a la extremidad sana del paciente.

Diagrama de barras 4. Perímetros musculares.



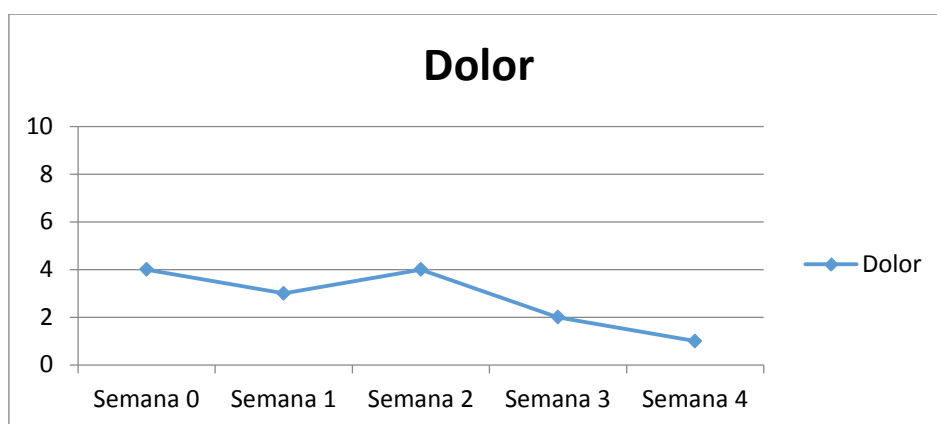
Rango articular

La recogida de datos muestra una ganancia de movimiento de 3 grados de flexión en la extremidad afectada del paciente. En la medición previa a la intervención obtuvo 126° de ROM y 129° en la valoración posterior. El rango de movimiento se mantuvo en la extremidad sana con un valor de 131° de flexión en ambas mediciones.

Dolor

Los resultados que muestra el gráfico 1 reflejan una progresión descendente del dolor a lo largo de la intervención. Comienza en un valor de 4/10 y finaliza el tratamiento con un 1/10.

Gráfico 1. Escala Visual Analógica



5. DISCUSIÓN

En base a los resultados, el paciente ha obtenido una mejora del equilibrio representado con un aumento en las mediciones realizadas. En la fase de Entrenamiento funcional en la que se encuentra tiene gran relevancia clínica el entrenamiento neuromuscular del equilibrio para generar una respuesta motora óptima, contribuyendo a la mejora de la coordinación y reaprendizaje de patrones de movimiento, siendo imprescindible en esta etapa garantizar el equilibrio funcional del paciente. (6). Se utilizan diversos tratamientos en rehabilitación como el entrenamiento en cadena abierta y cerrada, el ejercicio aeróbico y otras terapias específicas como el Pilates para mejorar el equilibrio. En esta intervención, los ejercicios son planteados en cadena cinética cerrada, citados por Casio et al. Como los más seguros en esta etapa ya que reproducen la biomecánica articular, estimulando el trabajo del equilibrio y control muscular, minimizando el estrés femoro-patelar y ligamentoso por el tipo de carga axial que ejercen sobre la articulación. (24)

Al comparar las ganancias de equilibrio con ejercicios de cadena cinética abierta y cerrada, Joo Jung Kwon et al. muestran una mejora significativa del equilibrio dinámico en adultos sanos de

estos últimos durante un periodo de 6 semanas de entrenamiento. El trabajo en CCA proporcionó una mejora positiva del equilibrio. Kim MK y Yoo KT. Realizaron recientemente un programa de ejercicios en CCC y otro en CCA sobre mujeres jóvenes sanas en un periodo de 4-6 semanas se valoró el equilibrio estático y dinámico. Este estudio muestra que tanto el ejercicio en CCC y CCA mejoran el equilibrio estático, obteniendo mejores resultados con el ejercicio en CCC respecto al equilibrio dinámico. (25)

Se ha mostrado evidencia acerca de la efectividad que proporciona sobre el equilibrio el trabajo con ejercicios en cadena cinética cerrada en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular como refleja en su estudio Park YK. (26) comparando programas de ejercicio en CCC y CCA en un periodo de 6 semanas, o el estudio anterior de Lee NK et al. con el mismo periodo de tiempo. (27) Estos estudios anteriores muestran beneficios sobre el equilibrio con el trabajo en CCC sobre pacientes con alteración motora y sujetos sanos en un periodo de 4-6 semanas, sin embargo, con el presente estudio se aporta resultados positivos sobre el equilibrio en el marco de una fase específica de la rehabilitación de un paciente con rotura de LCA además de aportar información del fortalecimiento muscular, masa muscular y cantidad de movimiento que se obtiene con estos ejercicios durante un periodo de 5 semanas.

Se ha observado un mantenimiento de la fuerza muscular del paciente en los resultados de este estudio, que ya contaba inicialmente con valores elevados. Se produjeron ganancias en musculatura abductora y abductora gracias a la activación conjunta de los músculos durante la ejecución de los ejercicios. Existe evidencia de la coactivación de la musculatura de la extremidad inferior con la realización de ejercicios en CCC y su influencia sobre la prevención de lesiones, con el control de la articulación en el momento de valgo y reduciendo la carga de cizalla sobre el ligamento. (28) John N et al. Muestran que el trabajo en CCC proporciona un reclutamiento neuromuscular superior en extremidades inferiores, no obstante, otorga un mayor rendimiento muscular del cuádriceps con trabajo en CCA en cuanto al desarrollo de la fuerza del recto femoral. En este punto, Cascio et al. recomiendan por su mayor efectividad para el fortalecimiento muscular ejercicios combinados en CCC y CCA. Comparando los resultados obtenidos en la medición de la circunferencia del paciente, se muestra un aumento del perímetro del muslo en la extremidad afecta. (29) Las modificaciones que la actividad física provoca sobre la composición corporal se relacionan con la capacidad muscular y rendimiento. (21) En su estudio de rehabilitación de LCA, Mehmet Uçar, et al. comparan un programa de ejercicio en CCC y otro en CCA, mostrando aumentos de las circunferencias a los 3 y 6 meses posteriores a la cirugía en ambos, sin encontrar diferencias significativas de los perímetros del muslo de los pacientes entre los dos programas al final del tratamiento. Si aporta diferencia de resultados acerca de la cantidad de movimiento comparando los dos programas, en los que se produce una ganancia significativa del rango de flexión medido con goniómetro de los pacientes que realizaban los ejercicios de CCC. Con el presente se apoya la hipótesis de los beneficios de

este tipo de ejercicios sobre la cantidad de movimiento con ganancias en los últimos grados en la flexión de rodilla del paciente durante un proceso de rehabilitación. (30)

6. LIMITACIONES

Una limitación principal es la dificultad de extrapolar los resultados con un solo paciente, sería interesante realizar la intervención en una muestra mayor del número de personas para evaluar la efectividad de este programa. A nivel metodológico, una limitación es la falta de medición de la calidad de vida y funcionalidad percibida por parte del paciente en relación a la intervención. La falta de estandarización del Yoga como ejercicio, variedad de corrientes y el escaso respaldo científico son las limitaciones encontradas del tratamiento, dificultando la selección de un programa de ejercicios.

7. CONCLUSIÓN

La aplicación de un programa de Yoga basado en ejercicios de cadena cinética cerrada en un paciente en la fase de entrenamiento funcional en la rehabilitación de una rotura del ligamento cruzado anterior ha obtenido una mejora en la capacidad del equilibrio, una normalización de la fuerza, perímetros musculares y rango de movimiento. No se obtuvieron datos significativos en cuanto al dolor del paciente, que aunque disminuyó progresivamente durante la consecución de las sesiones, no era percibido durante sus acciones cotidianas. El Yoga terapéutico es área de estudio que muestra posibilidades de eficacia sin determinar una evidencia científica, por lo que sería interesante la realización de más investigaciones que lo respalden.

8. BIBLIOGRAFÍA

1-Gotlin RS1, Huie G. Anterior cruciate ligament injuries. Operative and rehabilitative options. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2000; 11(4):895-928.

2- Ellman MB, Sherman SL, Forsythe B, LaPrade RF, Cole BJ, Bach BR Jr. Return to play following anterior cruciate ligament reconstruction. J Am Acad Orthop Surg. 2015; 23(5): 283-96.

3- Leyes M, Forriol F. Historia de la reparación del ligamento cruzado anterior. Revista Española de artroscopia y cirugía articular. 2017; 24(57): 2386-3129.

4- Vaquero Martín J, Calvo Haro J, Forniol Campos F. Reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior. Trauma. 2008; 10 (Suppl 1):22-38.

5- Márquez A, Jorge J, Márquez A, William H. Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla. Iatreia. 2009; 22(3): 256-271.

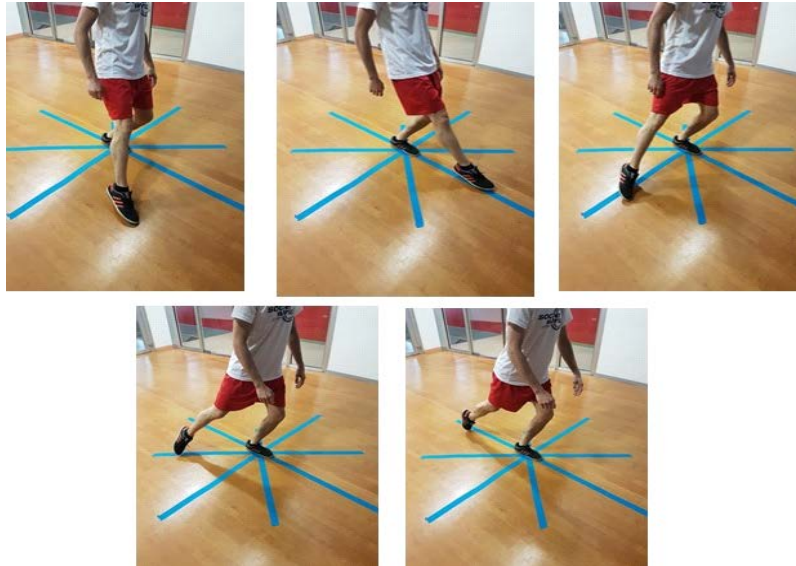
- 6- Ramos Álvarez JJ, López-Silvarrey FJ, Segovia Martínez JC, Martínez Melen H, Legido Arce JC. Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2008; 8(29): 62-92.
- 7- Heroux ME, Tremblay, F. Weight discrimination after anterior cruciate ligament injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86(7): 1362-1368.
- 8- Cascio BM, Culp L, Cosgarea AJ. Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med*. 2004; 23(3): 395-408.
- 9- Gotlin RS, Huie G. Anterior cruciate ligament injuries. Operative and rehabilitative options. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2000; 11(4): 895-928.
- 10- Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sports Med*. 2004; 34(4): 269-280.
- 11- Fleming BC, Oksendahl H, Beynon BD. Open- or closed-kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction? *Exerc Sport Sci Rev*. 2005; 33(3): 134-40.
- 12- Gothe NP, McAuley E. Yoga is as good as stretching-strengthening exercises in improving functional fitness outcomes: results from a randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology*. 2016; 71(3): 406-411.
- 13- Divya S, Claire F, Paul K, Kim L, Nanette M, David HS, et al. The effects of yoga compared to active and inactive controls on physical function and health related quality of life in older adults- systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2019; 16: 33.
- 14- Dixit S, Gular K, Asiri F. Effect of diverse physical rehabilitative interventions on static postural control in diabetic peripheral neuropathy: a systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2018. doi: 10.1080/09593985.2018.1491078.
- 15- Liye Z, Albert Y, Chunxiao L, Shin-Yi C, Nan Z, Huey-Ming T, et al. Effects of Mind–Body Movements on Balance Function in Stroke Survivors: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Int J Environ Res Public Health*. 2018; 15(6): 1292.
- 16- de Oliveira G, Tavares M, de Faria Oliveira J, Rodrigues M, Santaella DF. Yoga Training Has Positive Effects on Postural Balance and Its Influence on Activities of Daily Living in People with Multiple Sclerosis: A Pilot Study. *Explore (NY)*. 2016; 12(5): 325-32.
- 17- Pablo GB. ¿Qué precisión tienen las pruebas diagnósticas físicas en la evaluación de las roturas del ligamento cruzado anterior de la rodilla? *ELSEVIER*. 2013; 11(3): 176.

- 18- Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess Dynamic Postural-control déficits and outcomes in lower extremity injury: a literatura and systematic review. *J Athl Train*. 2012; 47(3): 339-57.
- 19- Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA. Systematic Review of the Balance Error Scoring System. *Sports Health*. 2011; 3(3): 287-295.
- 20-Contreras GM, Delgado M, Martinez J, Parra I, Borrego F, Segura P. Eficacia de un programa de entrenamiento intradiálisis de fuerza-resistencia en combinación con electroestimulación neuromuscular: mejora en la capacidad funcional, fuerza, y calidad de vida. *Rev Soc Esp Enferm Nefrol*. 2011; 14(2): 112-119.
- 21- Jakobsen TL, Christensen M, Christensen SS, Olsen M, Bandholm T. Reliability of knee joint range of motion and circumference measurements after total knee arthroplasty: does tester experience matter? *Physiother Res Int*. 2010; 15(3): 126-34.
- 22- Joan LF. ANÁLISIS DE IMAGEN DE KINOVEA® EN P S: APLICACIÓN EN PODOLOGÍA. *El Peu*. 2012; 33(2): 30-33.
- 23- Kovindha K, Ganokroj P, Lertwanich P, Vanadurongwan B. Quantifying anterior knee pain during specific activities after using the bone-patellar tendon-bone graft for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2018; 16(15): 6-12.
- 24- Yoo JK, Soo JP, John J, Kyoung K. The Effect of Open and Closed Kinetic Chain Exercises on Dynamic Balance Ability of Normal Healthy Adults. *J Phys Ther Sci*. 2013; 25(6): 671–674.
- 25- Mi-Kyoung K, Kyung-Tae Y. The effects of open and closed kinetic chain exercises on the static and dynamic balance of the ankle joints in young healthy women. *J Phys Ther Sci*. 2017; 29(5): 845–850.
- 26- Park YK, Kim JH. Effects of kinetic chain exercise using EMG-biofeedback on balance and lower extremity muscle activation in stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2017; 29(8): 1390-1393.
- 27- Lee N, Kwon JW, Son SM, Kang KW, Kim K, Hyun-Nam S. The effects of closed and open kinetic chain exercises on lower limb muscle activity and balance in stroke survivors. *NeuroRehabilitation*. 2013; 33(1): 177-83.
- 28- Begalle RL1, Distefano LJ, Blackburn T, Padua DA. Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. *J Athl Train*. 2012; 47(4): 396-405.
- 29-Cascio BM, Culp L, Cosgarea, AJ. Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med*. 2004; 23(3): 395-408.

30- Uçar M, Koca I, Eroglu M, Eroglu S, Sarp U, Arik HO, Yetisgin A. Evaluation of open and closed kinetic chain exercises in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. J Phys Ther Sci. 2014; 26(12): 1875-8.

ANEXO 1

1-Star Excursion Balance Test.



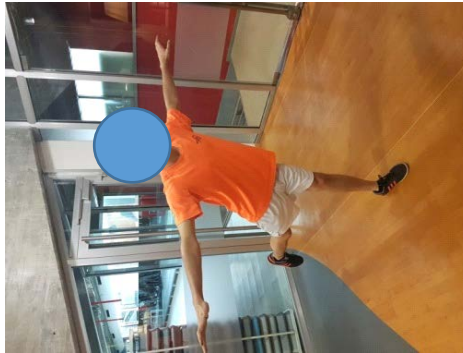
2. Balance Error Scoring System



ANEXO 2

PROGRAMA DE POSTURAS DE YOGA

1- Posturas verticales:



-Postura: Garudaasana

-Ejecución: Apoyo monopodal con extensión de cadera en el rango que la estabilidad permita y brazos extendidos en cruz.

-Objetivo: Compromete la propiocepción de ambas extremidades inferiores y de zona abdominal. Trabaja la musculatura a nivel central y extremidades superiores a nivel del hombro.



-Postura: Tuladandasana

-Ejecución: En continuación a la anterior, con el mismo tipo de apoyo, se realiza una flexión de la cadera apoyada quedando una línea recta horizontal, en paralelo al suelo, formada por el tronco y la extremidad elevada. Los brazos reposan sobre las caderas.

-Objetivo: Esta postura además de trabajar la propiocepción, fortalece la musculatura de cadena posterior simulando el ejercicio excéntrico de isquiotibiales (“leg romanian”).



-Postura: variante de Tuladandasana.

-Ejecución: Partiendo de la postura anterior, se ejecutan una rotación de tronco en dirección de la pierna levantada, con los brazos abducidos en posición de cruz, proyectando uno hacia el suelo y otro en dirección contraria.

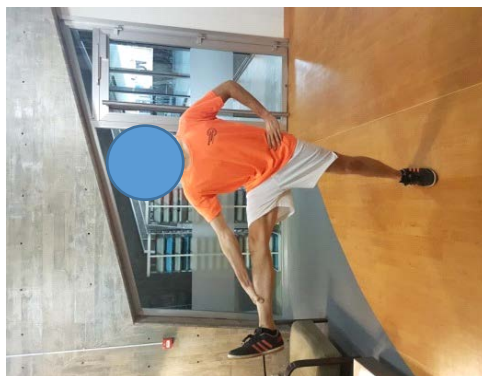
-Objetivo: Las rotaciones permiten un trabajo abdominal de la musculatura oblicua, así como favorecen la expansión torácica. Estos movimientos para el paciente se traducen en desequilibrios ha de solventar mediante un control a nivel central y propioceptivo de la extremidad apoyada, alterando el centro de gravedad.



-Postura: Granthimuktasana

-Ejecución: Conocida en el mundo del Yoga como postura del árbol, se trata de una posición sencilla que puede servir de inicio de sesión. En posición vertical con las palmas de las manos juntas y elevadas, una pierna se mantiene en apoyo mientras que la otra se flexiona y rota externamente, apoyando la superficie plantar sobre la parte interna de la pierna apoyada.

-Objetivo: Es una postura que permite trabajar la propiocepción, flexibilidad y movilidad articular principalmente



-Postura: Granthimuktasana.

-Ejecución: En apoyo monopodal, el sujeto realiza un agarre en la parte posterior de la extremidad que no está apoyada, en el área más distal que este sea capaz, elevando la extremidad y estirándola.

-Objetivo: Esta postura trabaja en mayor grado de exigencia tanto de propiocepción de la pierna en el suelo, como de flexibilidad de la que queda estirada. Esta postura es

de mayor dificultad en relación a las anteriores, siendo capaz de realizarla durante la tercera semana de tratamiento.



- Postura: Sahaja Utkatasana
- Ejecución: Reposando la espalda en la pared, mantenimiento de la postura a 90 grados de flexión de rodilla a modo de sentadilla con los brazos elevados para disminuir la superficie de apoyo
- -Objetivo: Fortalece la musculatura de extremidades inferiores, trabajando principalmente en isométrico de cuádriceps y comprometiendo la estabilidad a nivel central al eliminar la sujeción con extremidad superior.
- Partiendo de esta postura, se realiza extensión de rodilla manteniendo la postura en apoyo de una extremidad, aumentando así la intensidad del ejercicio.

2- Posturas horizontales:



-Postura: Ustrasana

-Ejecución: En posición supina, contracción abdominal para elevar piernas y mantener la postura.

-Objetivo: trabajo de la musculatura abdominal y flexora de cadera. Mejora control a nivel central.



-Postura: Paripurna Navasana.

-Ejecución: En sedestación, con los pies apoyados en el suelo y la espalda erguida, contracción abdominal para elevar las piernas y despegando los pies del suelo, formar una "V" con todo el cuerpo y manteniendo la postura.

-Objetivo: Trabajo intenso de musculatura abdominal y flexora de cadera. Control propioceptivo y estabilidad a nivel central.



-Postura: Setu Bandhasana

-Ejecución: En posición supina, superficie plantar apoyada en el suelo y brazos elevados, contracción abdominal y glútea para elevar la pelvis separándola del suelo, manteniendo la postura.

-Objetivo: Fortalecer musculatura de cadena posterior, glútea e isquiotibiales, de extremidades inferiores y musculatura del tronco, a nivel anterior y posterior. Mayor intensidad si el sujeto extiende la rodilla, que además de perder un apoyo trabaja la musculatura del cuádriceps



- **Postura:** Plancha
- **Ejecución:** Con la espalda recta y codos apoyados, mantenimiento de la postura conservando una contracción abdominal. Progresión apoyando la superficie palmar en lugar del antebrazo y codos.
- **Objetivo:** trabajo musculatura a nivel central principalmente, abdominales y cadena posterior de extremidades inferiores.
- **Variante:** plancha lateral, focalizando el trabajo en musculatura oblicua y glúteos.

POSICIONES DE DESCANSO

Posiciones de relajación entre ejercicios que son necesarias para evitar la fatiga muscular y poder realizar la sesión. Se mantienen durante aproximadamente entre uno y dos minutos. A su vez estas posturas están seleccionadas con el objetivo de aumentar el rango articular, siempre evitando la posición dolorosa durante su ejecución.

