

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

INFLUENCIA DEL *CROSS EDUCATION* EN PACIENTES CON INMOVILIZACIÓN POSQUIRÚRGICA POR LESIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

**INFLUENCE OF CROSS EDUCATION IN PATIENTS WITH
POSTOPERATIVE IMMOBILIZATION DUE TO ANTERIOR
CRUCIATE LIGAMENT INJURY**

Carmen Sobeida Gutiérrez Rodríguez

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador

Diego Xavier Fonseca Medina

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - Ecuador

Layla Yenebí De La Torre Ortega

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador

Jorge Gregorio Andrade Rosales

Centro de Fisioterapia Jorge Andrade – Ecuador

Sheyla Elizabeth Villacrés Caicedo

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19294

Influencia del Cross Education en Pacientes con Inmovilización Posquirúrgica por Lesión del Ligamento Cruzado Anterior

Carmen Sobeida Gutiérrez Rodríguez¹Carmen.gutierrez@cu.ucsg.edu.ec<https://orcid.org/0009-0005-2612-8592>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Ecuador**Diego Xavier Fonseca Medina**diego.fonseca@cu.ucsg.edu.ec<https://orcid.org/0009-0004-5123-9924>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Ecuador**Layla Yenebí De La Torre Ortega**layla.delatorre@cu.ucsg.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-4813-6957>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Ecuador**Jorge Gregorio Andrade Rosales**jorgeandrade38@gmail.com<https://orcid.org/0009-0007-4275-7238>Centro de Fisioterapia Jorge Andrade
Ecuador**Sheyla Elizabeth Villacrés Caicedo**sheyla.villacres@cu.ucsg.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-2306-8385>Universidad Católica de Santiago de Guayaquil
Ecuador

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del *Cross Education* en la condición funcional de los pacientes posquirúrgico por lesión del LCA con inmovilización mediante *brace* articulado. Este estudio utilizó el método cuantitativo con un diseño preexperimental, de corte longitudinal, y enfoque aplicativo. La población se conformó por 60 pacientes adultos, con una muestra de 30. Se evaluó la fuerza y trofismo muscular, percepción de dolor y rango articular mediante los instrumentos: test de Daniels, perímetro de Cuádriceps y Gastrocnemios, Escala de EVA y Goniometría. La población se conformó por 47% hombres y 53,3% mujeres. El 56,7% alcanzó una nota muscular de 3 en el test de Daniels. El 50% reportaron dolor leve y moderado en la escala Eva. En la goniometría la flexión inicial alcanzo una media de 74,47° y en la extensión fue de -5,47 °, al final alcanzaron para la flexión 79,37° y la extensión -3,54° En cuanto al perímetro muscular, el cuádriceps de la pierna operada logró un cambio de 0,5cm al valor inicial, mientras que el gastrocnemio alcanzó un aumento de 0,3cm. En la encuesta más del 50% de los participantes estuvieron de acuerdo en los beneficios de la técnica.

Palabras claves: ligamento cruzado anterior, entrenamiento unilateral, educación cruzada, rotura, lesión

¹ Autor principal

Correspondencia: Carmen.gutierrez@cu.ucsg.edu.ec

Influence of Cross Education in patients with Postoperative Immobilization due to Anterior Cruciate Ligament injury

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the influence of Cross-Education on the functional status of postoperative patients for ACL injuries with immobilization using an articulated brace. This study used a quantitative method with a pre-experimental, longitudinal design and an applicative approach. The population consisted of 60 adult patients, with a sample of 30. Muscle strength and trophism, pain perception, and joint range of motion were assessed using the Daniels test, quadriceps and gastrocnemius circumference, VAS scale, and goniometry. The population was composed of 47% men and 53.3% women. 56.7% achieved a muscle score of 3 on the Daniels test. 50% reported mild to moderate pain on the VAS scale. In goniometry, the initial flexion reached an average of 74.47° and in extension it was -5.47°, at the end they reached 79.37° for flexion and -3.54° for extension. Regarding the muscle perimeter, the quadriceps of the operated leg achieved a change of 0.5 cm from the initial value, while the gastrocnemius achieved an increase of 0.3 cm. In the survey, more than 50% of the participants agreed on the benefits of the technique.

Keywords: anterior cruciate ligament, unilateral training, cross education, rupture, injury

Artículo recibido 22 julio 2025

Aceptado para publicación: 26 agosto 2025



INTRODUCCIÓN

La rodilla, es una articulación esencial para la funcionalidad del aparato locomotor. Se clasifica como una articulación sinovial, del tipo bisagra, debido a que, permite movimientos principales, como lo son la flexo-extensión, y la rotación axial en menor grado durante la flexión. Integrada por la articulación femorotibial y la femoropatelar, con estructuras de soporte como la cápsula articular, ligamentos (cruzados y colaterales), meniscos y un sistema muscular muy complejo que brinda estabilidad dinámica (Panesso et al., 2018). Desde una perspectiva biomecánica, la estabilidad de la rodilla, se establece mediante la distribución de fuerzas de compresión, cizallamiento y torsión, ocasionadas durante la marcha, y cambios de dirección, su función es resistirlas, sirviendo como un eje significativo en la transmisión de cargas, entre el fémur y la tibia (Kacprzak et al., 2024). Su principal característica va a depender de la integridad entre sus componentes estabilizadores, entre los cuales destaca el Ligamento Cruzado Anterior (LCA), cuya finalidad, es restringir el desplazamiento anterior de la tibia con relación al fémur y controlar la rotación tibial interna (Panesso et al., 2018).

Las lesiones del LCA, representan una de las patologías más prevalentes en el ámbito ortopédico-deportivo, con una incidencia estimada de 68,6 por 100.000 personas-año, afectando predominantemente a atletas jóvenes, que practican deportes con cambios de dirección, saltos o desaceleraciones bruscas (Sanders et al., 2016). La ruptura de este ligamento compromete significativamente la estabilidad funcional de la articulación, y genera alteraciones neuromusculares, que pueden predisponer a lesiones secundarias, si no se trata adecuadamente. Posterior a la cirugía, los protocolos de rehabilitación, incorporan una fase inicial de protección e inmovilización relativa que, si bien es necesaria para la consolidación del injerto, produce efectos negativos sobre en el miembro afectado, como pérdida acelerada de masa muscular (atrofia), disminución de la fuerza isocinética, inhibición muscular iatrogénica (especialmente del cuádriceps femoral) y deterioro del control motor, lo cual ralentiza el proceso de rehabilitación funcional (Carroll et al., 2025). Estas secuelas, pueden prolongar significativamente el proceso de recuperación funcional e incrementar el riesgo de recaídas, o deficiencias persistentes en el rendimiento físico.

En este contexto, surge la necesidad de implementar estrategias fisioterapéuticas innovadoras y basadas en evidencia, que permitan mitigar las consecuencias del desuso, durante las fases tempranas de la



rehabilitación. Frente a esta problemática, el fenómeno de *Cross Education*, también denominado “educación cruzada”, se presenta como una alternativa terapéutica neuro fisiológicamente sustentada, cuyo principio radica en la mejora de parámetros neuromusculares en el miembro inmovilizado, mediante el entrenamiento unilateral del miembro contralateral (Harput et al., 2019).

El *Cross Education* surgió a partir del siglo XIX, aunque su aplicabilidad clínica ha sido recientemente explorada con mayor profundidad en el contexto de la rehabilitación física. Se fundamenta en mecanismos de plasticidad neural, con la activación de ambas cortezas motoras, y mediante la decusación corticoespinal anterolateral. Esta vía está formada de un haz, de aproximadamente un millón de fibras nerviosas, que provienen del área motora primaria del cerebro (Calvert & Carson, 2022). El 75% de estas fibras se trasladan al lado opuesto en la decusación piramidal, mientras el otro 25% desciende de forma ipsilateral del tracto corticoespinal ventral. Las fibras que desciende de forma ipsilateral, podrían ser las encargadas de activar las motoneuronas del lado no entrenado (Carroll et al., 2025). El entrenamiento unilateral genera una organización cortical, potenciación de la plasticidad cerebral, y reduciendo la inhibición iatrogénica que haya presentado el miembro, segmento o tejido (Howatson et al., 2013).

Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento contralateral, particularmente mediante ejercicios de fuerza isométrica, excéntrica o resistencia progresiva, es capaz de atenuar la pérdida de fuerza, y prevenir la atrofia muscular del miembro no entrenado, incluso en condiciones de inmovilización, inactividad o disfunción postoperatoria (Del Vecchio et al., 2024; Magnus et al., 2013). Sin embargo, al aplicar un programa de educación cruzada en el miembro no afectado, no hay una evidente hipertrofia muscular, pero si un desarrollo de fuerza gracias al aumento de drive neural, cambios espinales y hormonales (Cirer-Sastre et al., 2017).

Según Bowen, los efectos de la Educación Cruzada al aplicar el entrenamiento de fuerza unilateral, durante 4 semanas en pacientes con lesión de rodilla, fueron beneficiosos en la extremidad contralateral no entrenada, aumentando en un 20% la fuerza muscular (Bowen et al., 2022). De acuerdo con la revista académica *Frontiers in Physiology*, se obtuvieron incrementos de fuerza en los músculos no entrenados, mediante el entrenamiento unilateral de resistencia en extremidad sana, resultando en adaptaciones de las unidades motoras, durante 8 semanas (Lecce et al., 2025). En el caso de pacientes sometidos a



reconstrucción del LCA, su aplicación representa una herramienta complementaria dentro del protocolo fisioterapéutico, favoreciendo la preservación de las capacidades musculares del miembro intervenido, durante las fases en las que su uso está restringido (Evans et al., 2025).

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar la influencia del *Cross Education* en la condición funcional de los pacientes posquirúrgicos por lesión del LCA con inmovilización mediante *brace* articulado.

METODOLOGÍA

Este estudio se diseñó con un enfoque cuantitativo, de alcance aplicativo, con una intervención preexperimental, prospectivo y longitudinal recopilando datos antes y después de la aplicación del protocolo *Cross Education* durante un período de tiempo definido (Hernández Sampieri et al., 2014).

Las variables de interés fueron de naturaleza cuantitativa y descriptiva. La población fue de 60 pacientes, de los cuales se tomó una muestra de 30 pacientes adultos de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, que se encontraban en proceso de rehabilitación postquirúrgica de reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) con inmovilización con *brace* articulado, en el centro de fisioterapia de Jorge Andrade. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, puesto que, se buscó seleccionar una muestra en base a la facilidad de acceso, disponibilidad de pacientes, patología y características a fin de la investigación.

Criterios de Inclusión

- Pacientes con diagnóstico único de lesión de LCA, que hayan sido sometidos a cirugía con indicación de inmovilización postquirúrgica.
- Pacientes lesión de LCA y otras lesiones de rodilla que hayan sido sometidos a cirugía con indicación de inmovilización postquirúrgica.
- Adultos que asistan al Centro de Fisioterapia Jorge Andrade para su rehabilitación de manera regular.
- Pacientes que acepten participar voluntariamente en el estudio y firmen el consentimiento informado.

Criterios de Exclusión

- Pacientes con condiciones psiquiátricas o cognitivas graves.
- Personas con enfermedades neuromusculares o metabólicas que afecten la respuesta al entrenamiento.
- Pacientes que no se encuentren dentro del periodo de inmovilización postquirúrgica.
- Pacientes que realicen otro tipo de entrenamiento o tratamiento fisioterapéutico convencional con agentes físicos durante el periodo de inmovilización
- Pacientes sin lesión de ligamento cruzado anterior

Instrumentos para recolección de datos

La intervención se realizó durante un período de 4 semanas consecutiva; inicio, durante y final, para los cuales se aplicaron los siguientes instrumentos:

- La historia clínica es considerada como documento declarativo de responsabilidad médico-sanitaria que engloba información médica relevante del paciente y su contenido varía entre anamnesis, examen físico, antecedentes personales del paciente, antecedentes familiares, diagnósticos, tratamientos, evolución del paciente, pruebas complementarias y decisiones clínicas. (López Oliva et al., 2022).
- La Escala de Daniels permite evaluar la fuerza muscular a través de una clasificación del 0 al 5, donde 0 indica ausencia total de contracción muscular y 5 indica movimiento posible contra la gravedad y con resistencia máxima; siendo una herramienta útil en fisioterapia para detectar debilidad muscular y orientar el tratamiento, especialmente en casos de lesiones neurológicas o musculares (Academia Ifses, 2022).
- Por otro lado, la goniometría se emplea para medir el rango de movimiento articular mediante un goniómetro. Como lo define Taboadela, "goniometría es la técnica de medición de los ángulos creados por la intersección de los ejes longitudinales de los huesos a nivel de las articulaciones" (ANTROPOMETRIA Técnicas de Medición, s. f.). Los resultados que se miden son la flexión y extensión de rodilla. En el cual, para medir la flexión de rodilla, se debe ubicar al paciente en decúbito supino con las piernas completamente extendida y posición neutral.

El goniómetro se ubica en el cóndilo femoral externo de la rodilla a medir; el brazo fijo se debe alinear con la línea media del muslo, teniendo en cuenta como referencia al trocánter mayor de fémur y el brazo móvil debe alinearse la línea media de la pierna, y como referencia tomar el maléolo externo. Se debe solicitar al paciente que realice una flexión de rodilla, elevando la cadera para relajar el cuádriceps. Durante el movimiento el brazo móvil debe acompañar el desplazamiento de esta. Se debe registrar el ángulo formado de la posición inicial hasta la final (ANTROPOMETRIA Técnicas de Medición, s. f.). En cambio, para medir la extensión de rodilla, se debe ubicar al paciente en decúbito prono y colocar una almohada debajo del muslo para estabilizarlo. El goniómetro se coloca en 0°, con el eje sobre el cóndilo femoral externo, el brazo fijo alineado al muslo y el brazo móvil a la pierna. La medición es pasiva, elevando ligeramente la pierna mientras el brazo móvil acompaña el movimiento. Así mismo, se registra el ángulo formado de la posición inicial a la final (ANTROPOMETRIA Técnicas de Medición, s. f.).

- La medición de perímetros musculares permite valorar la masa muscular y su distribución. En este sentido, Ross y Worrell (1998) señala que "el perímetro del muslo es un parámetro fácil y rápido de medir durante la evaluación de la rodilla con el fin de identificar la atrofia muscular y la documentación de la asimetría" (Medina et al., 2012). Para este estudio se va a medir el perímetro del cuádriceps y gastrocnemios. Para medir el perímetro del cuádriceps se medirá 15 cm por encima de la rótula para poder valorar el recto femoral. Se pondrá la cinta métrica en el contorno de cuádriceps y se tomará la medida de la circunferencia del cuádriceps en centímetros (Medina et al., 2012)

Para medir el perímetro de los músculos gastrocnemios, se toma la distancia desde la parte inferior del hueso poplíteo hasta donde el músculo pierde volumen antes de unirse al tendón de Aquiles. Una vez que se tiene esa medida total, se busca el punto medio, ya que normalmente ahí es donde el músculo alcanza su mayor grosor. En ese punto central se rodea la pantorrilla con una cinta métrica flexible para obtener la circunferencia. Es importante que la cinta esté recta y nivelada, que no apriete la piel, y que la persona esté en una postura relajada y natural, con el músculo sin tensión, para asegurar una medición confiable (Medina et al., 2012)

- La escala de EVA como “Línea horizontal de 10 centímetros, en cuyos extremos se encuentran las expresiones extremas del dolor. En el izquierdo se ubica la ausencia y en el derecho la mayor intensidad. Se pide al paciente que marque en la línea la intensidad” (Academia Ifses, 2022). Estos de aquí se clasifican como dolor leve, dolor moderado y dolor severo. El dolor leve tiene un rango de 0 a 3, el dolor moderado está en el rango de 4 a 7 y el dolor severo está en el rango de 8 a 10 (Academia Ifses, 2022).
- La Encuesta es una técnica de recolección de datos de una muestra poblacional en procedimientos estandarizados para una investigación, donde se pretende describir o explicar una serie de características (López-Roldán & Fachelli, 2015)

La información recolectada se ingresó a una base de datos en el programa *Microsoft Excel* para su análisis estadístico.

Se realizó una propuesta de intervención mediante ejercicios basados en enfoque fuerza unilateral y activación neuromuscular que se presentó previo a aprobación del propietario del Centro de Rehabilitación Jorge Andrade, misma que fue aceptada antes de iniciar la valoración. Cada carga física del ejercicio se adaptó de acuerdo con la tolerancia y capacidad del paciente. Y comprendía ejercicios de extensión de rodilla, puente unilateral, *lunge* hacia atrás, peso muerto unilateral, balance en superficies inestables, elevación de talones unilateral, imagería motora y estiramientos, los cuales se realizaron con una frecuencia de 4 veces por semana.

Consideraciones éticas

En la investigación médica, es deber del médico proteger la vida, la salud, la dignidad, la integridad, autonomía, la privacidad y la confidencialidad de la información personal de los participantes de la investigación, por lo que en concordancia a la declaración de Helsinki se respetaron los principios éticos para las investigaciones médicas con participantes humanos (Asociación Médica Mundial, 2024).

Limitaciones

Entre las principales limitaciones se encuentra la extensión del tiempo de intervención, misma que pudo haber limitado la posibilidad de observar mejoras más significativas en los resultados. El tamaño reducido de la muestra fue otro factor limitante en la capacidad de generalizar los hallazgos.

RESULTADOS

La muestra estuvo conformada, en su mayoría, por personas en el rango de 26 a 33 años, representando el 33,33%. El 20% estuvo representado por el grupo de 18 a 25 años. Las edades comprendidas entre 42 y 49 años y entre 34 y 41 años tuvieron una representación intermedia, mientras que los grupos de 50 a 57 y 58 a 64 años mostraron la menor participación. En lo que respecta a la distribución por sexo, se observó un equilibrio relativo, con un 46,67% de hombres y un 53,33% de mujeres (figura 1).

Al inicio de la evaluación mediante el Test de Daniels para valorar la fuerza muscular se evidenció que la mayoría de los participantes (66,7%) alcanzaron una nota muscular de tres, seguido por un 26,7% con una nota de dos y un 6,7% con una nota muscular de uno, sin presencia de valores en los niveles superiores. Tras la intervención, se obtuvieron cambios positivos: ya que un 43,3% de los participantes alcanzó una nota muscular de cuatro y el 56,7% alcanzó una nota de tres (figura 2). Este cambio refleja una progresión a mejores niveles de fuerza, con un desplazamiento claro desde valores bajos o moderados hacia categorías funcionalmente más altas, lo que indica un fortalecimiento muscular significativo como resultado del proceso de rehabilitación.

El análisis del rango de movimiento, los registros iniciales mostraron que la flexión de rodilla alcanzó un promedio de 78°, mientras que la extensión presentó una limitación moderada con valores alrededor de -5°, lo que refleja una limitación funcional (figura 3). Posterior a la intervención, la flexión se incrementó en aproximadamente 4°, superando los 82°, y la extensión mejoró 2°, acercándose a la posición neutral. Esta variación, aunque numéricamente discreta, supone un aumento en la amplitud articular que puede traducirse en una ejecución más eficiente de las actividades funcionales (figura 4).

En cuanto al perímetro muscular, los datos iniciales revelaron que el cuádriceps sano mantenía un grosor promedio cercano a los 37 cm, mientras que el operado era más voluminoso, con unos 47 cm (figura 5).

En la evaluación final, el miembro sano mostró un cambio menor a 0,2 cm, mientras que el operado presentó una ganancia aproximada de 0,5 cm (figura 6). Esta diferencia, sugiere un efecto positivo del trabajo de fortalecimiento, que permitió recuperar parte de la masa muscular perdida y mejorar la simetría funcional entre ambos miembros.

De manera similar, en los gastrocnemios, el miembro sano pasó de un promedio de 34,9 cm a 35,1 cm, lo que supone un incremento de 0,2 cm. Por su parte, el miembro operado, paso de 48,1 cm a un aumento de 0,3 cm al finalizar el programa (figura 7y8).

En cuanto a la percepción del dolor mediante la escala EVA, en la medición inicial el 80% de los participantes reportó dolor intenso (8–10) y el 20% dolor moderado (3–7), sin casos de dolor leve (0–2). Al finalizar la intervención, no se registraron casos de dolor intenso, distribuyéndose equitativamente los reportes entre dolor leve y moderado (50% cada uno). Este cambio refleja una reducción clínicamente significativa en la intensidad del dolor tras la intervención (figura 9).

Finalmente, en relación con los resultados de la encuesta sobre el conocimiento de la técnica de *Cross Education* aplicada a los pacientes, se obtuvieron los siguientes datos: en las primeras tres preguntas, que evaluaron el conocimiento previo de los pacientes con relación a *Cross Education*, entre el 56,7% al 80% de los encuestados refirió que el fisioterapeuta les explicó la técnica y sus beneficios. En la cuarta pregunta, relacionada con la experiencia personal de los pacientes al aplicar la técnica, el 66,7% indicó que pudo resolver sus dudas antes de comenzar el tratamiento. De la quinta a la séptima pregunta, que valoraban la apreciación personal al aplicar la técnica de *Cross Education*, entre el 66,7% al 83,3% consideraron que la técnica era adecuada para su caso, que se sentían motivados para participar y que percibían la técnica como segura para su condición. Por último, de la octava a la décima pregunta, que evaluaron la adherencia al tratamiento, el 93,3% de los pacientes expresó su disposición a seguir un plan de tratamiento con ejercicios unilaterales, a recibir un monitoreo activo de su progreso y a recomendar la técnica a otras personas (tabla 1).

DISCUSIÓN

Estudios sistemáticos y ensayos clínicos han demostrado que el *Cross Education* funciona como una estrategia eficaz para minimizar la pérdida de fuerza en el miembro afectado tras una cirugía de LCA. Estudios como el de Harput et al., (2019), han documentado incrementos significativos en fuerza del cuádriceps contralateral, lo cual coincide con nuestros hallazgos, donde se denota un cambio en la prueba de Daniels alcanzando notas musculares más altas permitiendo niveles funcionales, alcanzado una nota muscular de cuatro. Nuestra muestra mostró una variabilidad destacada en cuanto a fuerza (medida por escala de Daniels), perímetro (medido con cinta métrica) y otras variables. Esta dispersión

podría atribuirse a factores como la fisiología, metabolismo, adherencia al ejercicio y alimentación, lo cual también se menciona en investigaciones con resultados mixtos (Green & Gabriel, 2018)

En los resultados obtenidos del presente estudio, se observó que la masa muscular en el cuádriceps de la extremidad operada aumento en promedio de 0,5 cm y en el gastrocnemio de 0,3 cm, mientras que en las extremidades sanas mantuvieron un trofismo muscular similar a la inicial. De acuerdo con el estudio de Lecce et al., (2025), en correlación a la circunferencia de los miembros, se obtuvo valores significativos en el brazo entrenado por período de tiempo de 8 semanas, el miembro entrenado mostró un aumento del 6,5% al finalizar la intervención. En contraste, el miembro no entrenado presentó escasas variaciones con un 0,72% del trofismo muscular. Los resultados evidencian que un entrenamiento unilateral genera cambios de hipertrofia en el miembro trabajado, y en el miembro contralateral no muestran modificaciones drásticas. Además, de que sirve como un aporte en el tratamiento para la prevención de la atrofia muscular.

A nivel de control del dolor, medido mediante la Escala Visual Análoga (EVA), se observó una tendencia a la disminución progresiva del puntaje doloroso. Al concluir la intervención, no se presentaron casos de dolor intenso, y la cantidad de participantes con dolor moderado y leve fue menor, similar a lo reportado en otros estudios que sugieren que el *Cross Education* no solo contribuye a la activación neuromuscular contralateral, sino que también modula el umbral de dolor central (Büyükaşar et al., 2020; Karcz et al., 2024). Este hallazgo es clínicamente significativo, ya que confirma que la educación cruzada no exacerba molestias en la extremidad afectada, incluso al ser aplicada durante fases iniciales posquirúrgicas.

En cuanto a la movilidad articular, evaluada con goniometría tras el retiro del *brace* articulado, se mantuvieron rangos funcionales sin retrocesos clínicos importantes. Se registro un aumento de 4° en flexión y 2° en extensión de rodilla, lo que favorece a un patrón de movimiento más eficiente para la extremidad. Estudios como el de (Cuyul-Vásquez et al., 2022) también reflejan que el *Cross Education* puede facilitar el control motor sin comprometer la seguridad articular.

Respecto al componente educativo, se incorporó un cuestionario estructurado para determinar el conocimiento previo del paciente sobre la técnica utilizada y su percepción posterior. La mayoría de los participantes desconocían inicialmente el concepto de *Cross Education*, pero al final del proceso no solo



lograron comprenderlo, sino que expresaron confianza en la intervención y su utilidad clínica. Este aspecto, poco abordado en la literatura, representa un valor añadido en el proceso terapéutico. Educar al paciente mejora su adherencia y reduce la ansiedad ante métodos poco convencionales. La evidencia sugiere que intervenciones con componente educativo generan mejores resultados funcionales y mayor satisfacción del paciente (Forbes et al., 2025).

Ilustraciones, tablas y figuras

Figura 1 Resultados de los datos sociodemográficos tomados de la muestra

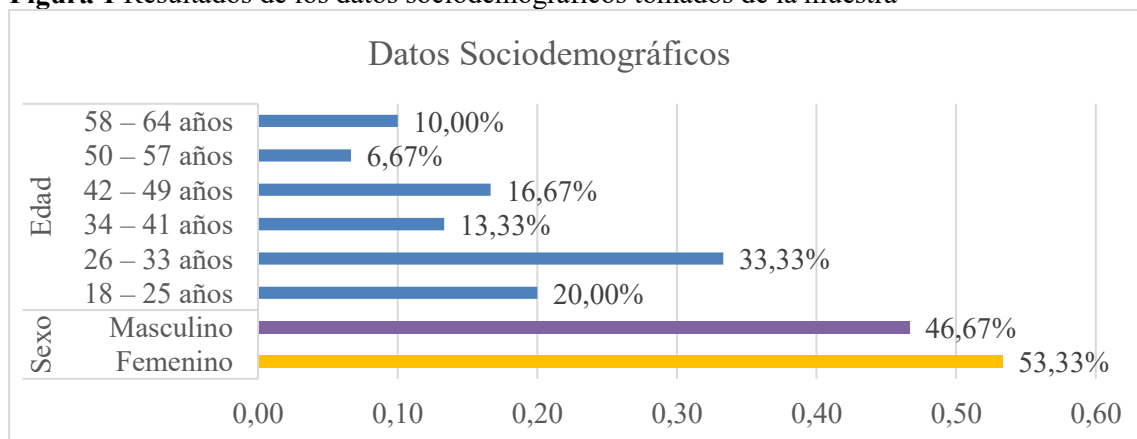


Figura 2 Test de Daniels con valores iniciales y valores finales

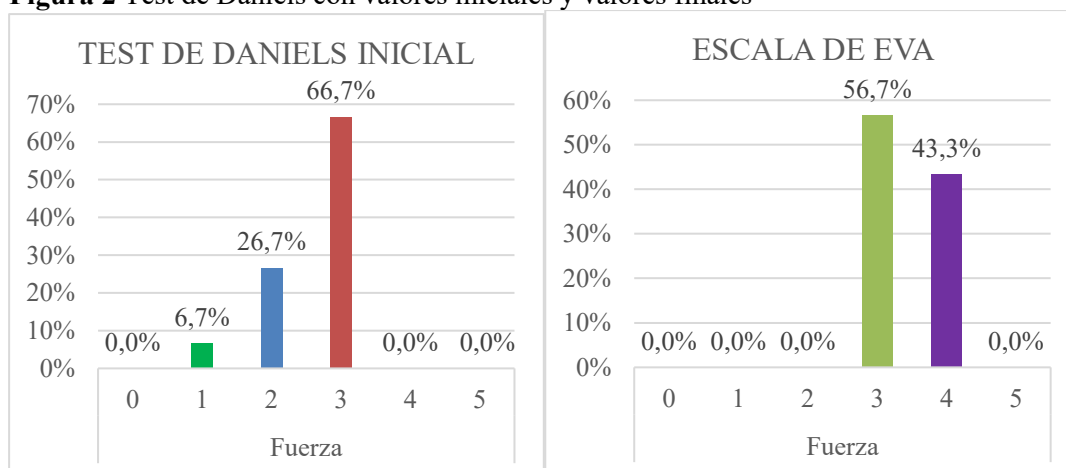


Figura 3 Rango de movimiento en flexión con valores iniciales y valores finales

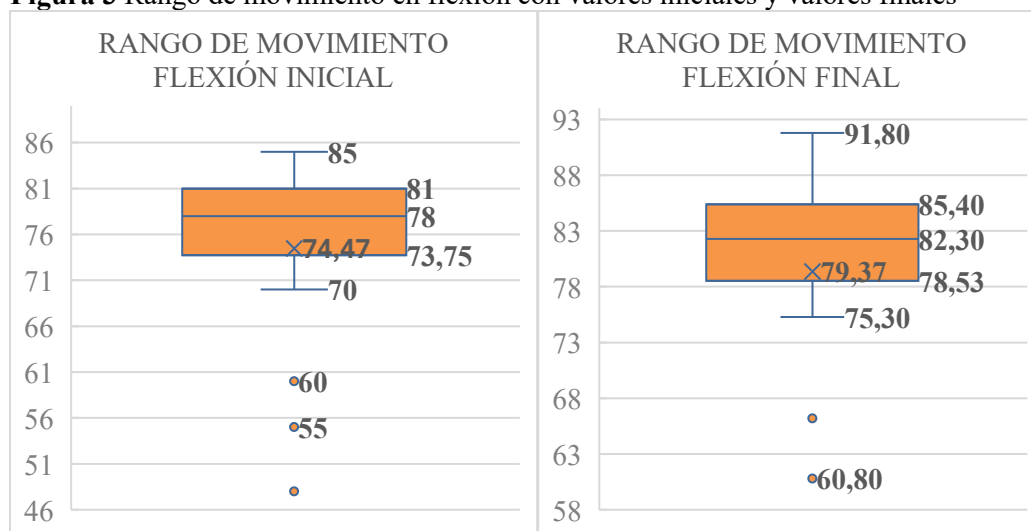


Figura 4 Rango de movimiento en extensión con valores iniciales y valores finales

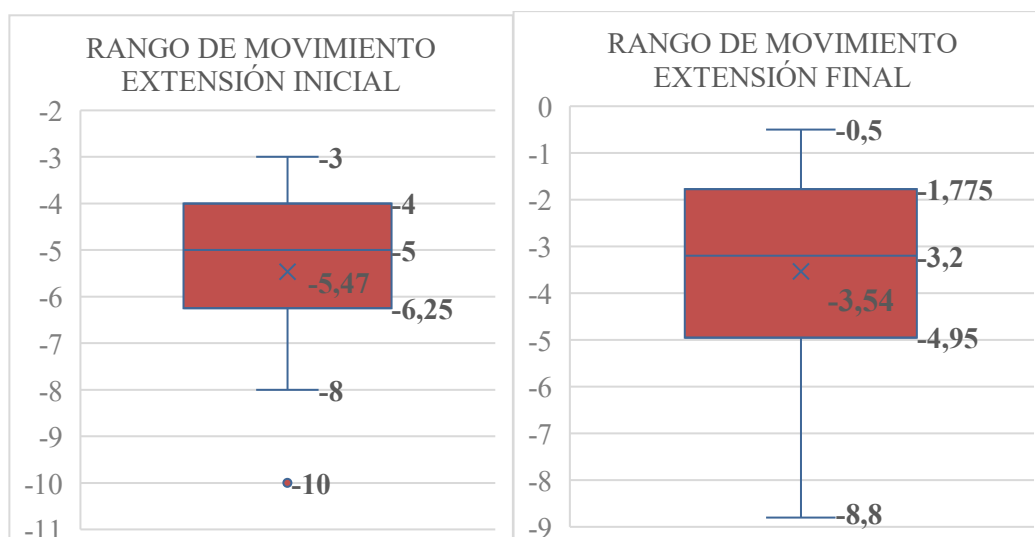


Figura 5 Perímetro de cuádriceps con valores iniciales

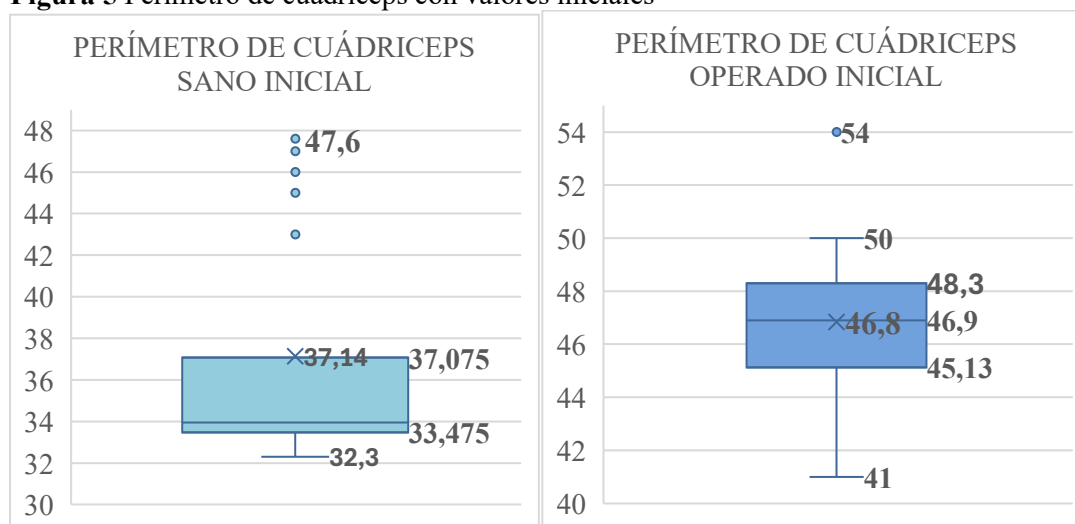


Figura 6 Perímetro de cuádriceps con valores finales

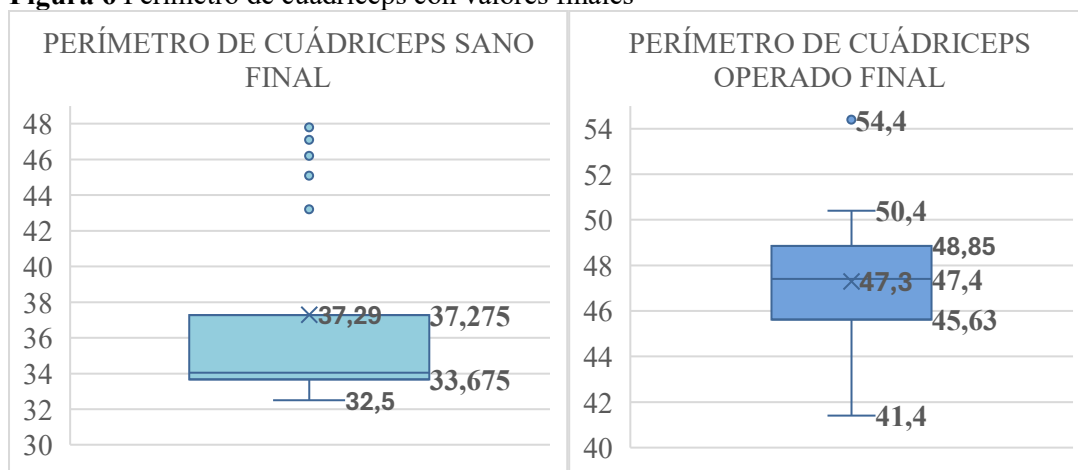


Figura 7 Perímetro de gastrocnemios con valores iniciales

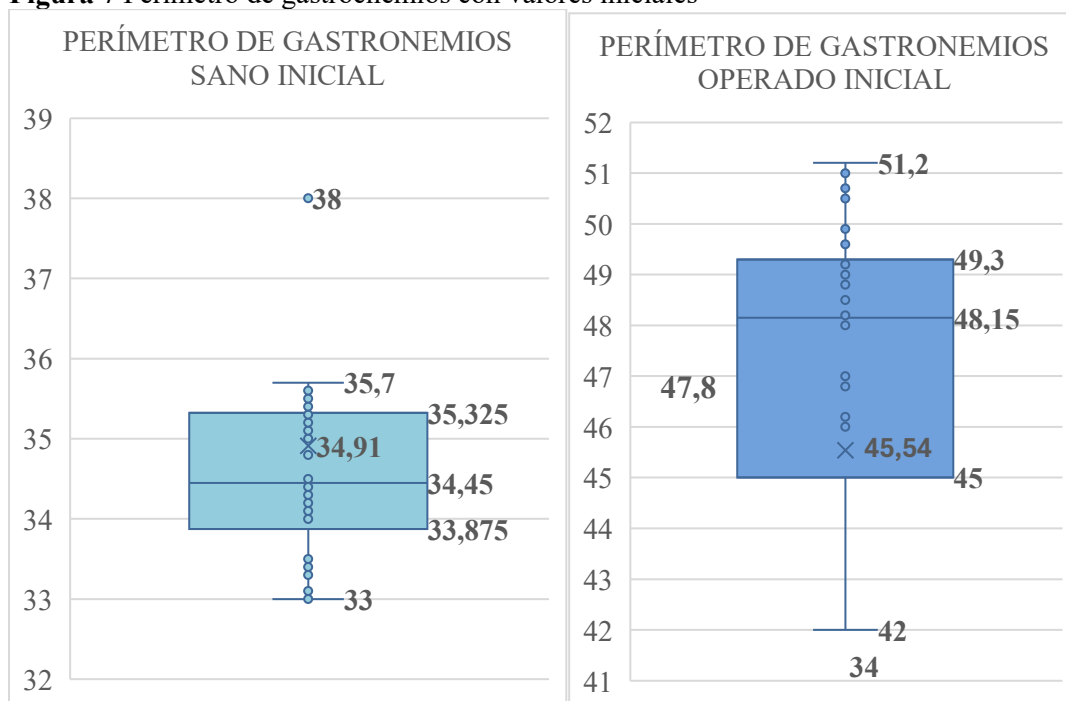


Figura 8 Perímetro de gastrocnemios con valores finales

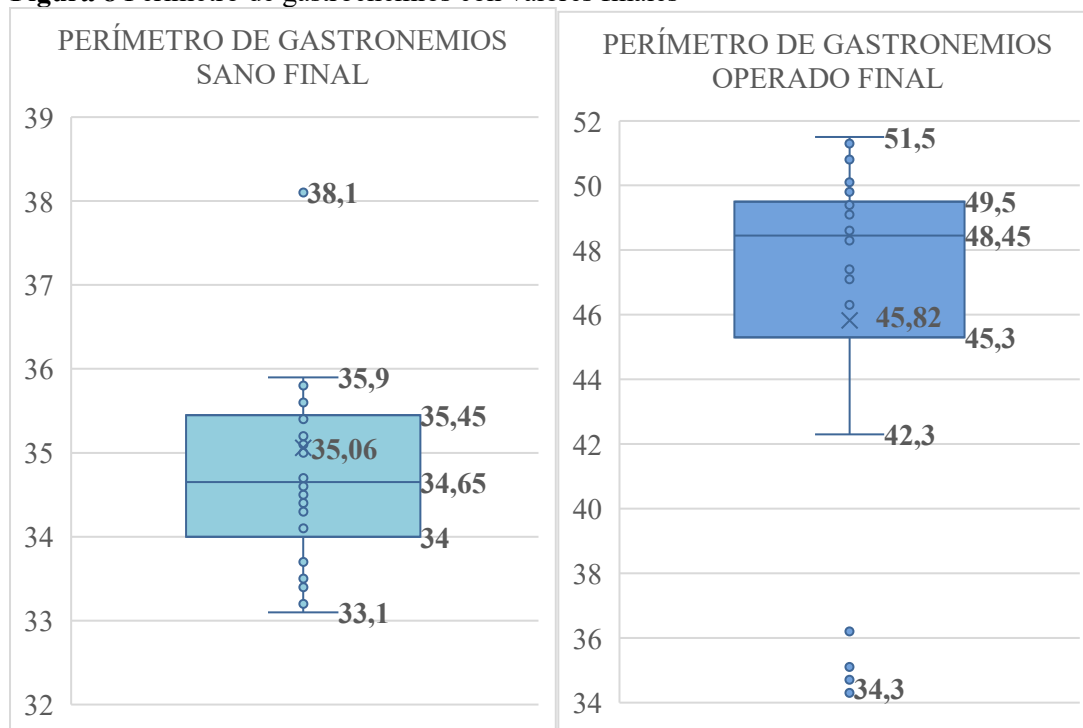


Figura 9 Escala de EVA con valores iniciales y Finales

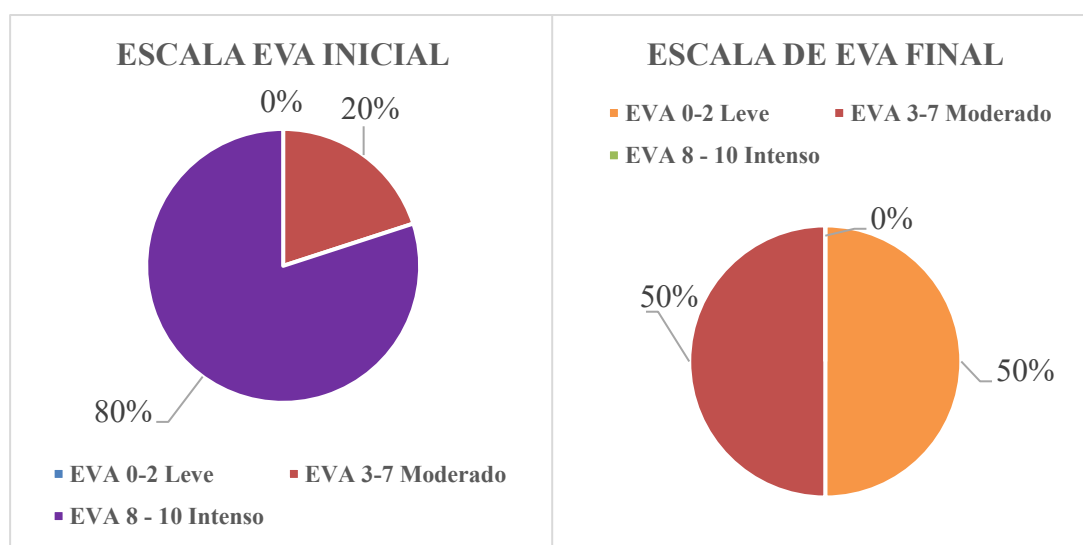


Tabla 1 Encuesta de conocimiento de *Cross Education*

Preguntas	Respuestas			Total	Porcentajes		
	A	B	C		A	B	C
1	18	4	8	30	60,0%	13,3%	26,7%
2	24	6	0	30	80,0%	20,0%	0,0%
3	17	7	6	30	56,7%	23,3%	20,0%
4	20	7	3	30	66,7%	23,3%	10,0%
5	20	6	4	30	66,7%	20,0%	13,3%
6	24	6	0	30	80,0%	20,0%	0,0%
7	25	5	0	30	83,3%	16,7%	0,0%
8	28	2	0	30	93,3%	6,7%	0,0%
9	28	2	0	30	93,3%	6,7%	0,0%
10	28	2	0	30	93,3%	6,7%	0,0%

A = De acuerdo

B = Indiferente

C = En desacuerdo

CONCLUSIONES

El programa de *Cross Education* aplicado en pacientes postquirúrgicos de LCA, durante el período de inmovilización, ha demostrado mejorar la fuerza muscular, el rango articular, la masa muscular y reducir el dolor. Esto refleja una mejora importante en su bienestar general y en el tiempo de recuperación del paciente. Los participantes mostraron además una buena adherencia al tratamiento y niveles óptimos de satisfacción post intervención.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés para la publicación del presente artículo científico.

Financiamiento

Los autores declaran que no recibieron financiamiento para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Academia Ifses. (2022, abril 13). Escala EVA, ¿Cómo Interpretar el Dolor del Paciente? IFSES.

<https://ifses.es/escala-eva/>

Asociación Médica Mundial. (2024, diciembre). WMA - The World Medical Association-Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas con participantes humanos. Asociación Médica Mundial. <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>



- Bowen, W., Frazer, A. K., Tallent, J., Pearce, A. J., & Kidgell, D. J. (2022). Unilateral Strength Training Imparts a Cross-Education Effect in Unilateral Knee Osteoarthritis Patients. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(4), 77. <https://doi.org/10.3390/jfmk7040077>
- Büyükaşar, E., Başar, S., & Kanatli, U. (2020). Proprioception following the Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Tibialis Anterior Tendon Allograft. *The Journal of Knee Surgery*, 33(7), 722-727. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1684010>
- Calvert, G. H. M., & Carson, R. G. (2022). Neural mechanisms mediating cross education: With additional considerations for the ageing brain. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 132, 260-288. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.025>
- Carroll, T. J., Herbert, R., Munn, J., & Lee, M. (2025). Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechanisms. *ResearchGate*, 101(5), 1514-1522. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00531.2006>
- Cirer-Sastre, R., Beltrán-Garrido, J. V., & Corbi, F. (2017). Contralateral Effects After Unilateral Strength Training: A Meta-Analysis Comparing Training Loads. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(2), 180-186. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5465979/>
- Cuyul-Vásquez, I., Álvarez, E., Riquelme, A., Zimmermann, R., & Araya-Quintanilla, F. (2022). Effectiveness of Unilateral Training of the Uninjured Limb on Muscle Strength and Knee Function of Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cross-Education. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(5), 605-616. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0204>
- Del Vecchio, A., Enoka, R. M., & Farina, D. (2024). Specificity of early motor unit adaptations with resistive exercise training. *The Journal of Physiology*, 602(12), 2679-2688. <https://doi.org/10.1113/JP282560>
- Evans, J., Mabrouk, A., & Nielson, J. I. (2025). Anterior Cruciate Ligament Knee Injury. En StatPearls. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499848/>
- Forbes, R., Pottanankal, A., Kitano, T., Ong, B., & Rynne, J. (2025). How does patient education fit into physiotherapy? <https://uq.pressbooks.pub/patient-education-essentials-physiotherapy/chapter/how-patient-education-fit-physiotherapy/>



- Green, L. A., & Gabriel, D. A. (2018). The effect of unilateral training on contralateral limb strength in young, older, and patient populations: A meta-analysis of cross education. *Physical Therapy Reviews*, 23(4-5), 238-249. <https://doi.org/10.1080/10833196.2018.1499272>
- Harput, G., Ulusoy, B., Yildiz, T. I., Demirci, S., Eraslan, L., Turhan, E., & Tunay, V. B. (2019). Cross-education improves quadriceps strength recovery after ACL reconstruction: A randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 27(1), 68-75. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5040-1>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Howatson, G., Zult, T., Farthing, J. P., Zijdwind, I., & Hortobagyi, T. (2013). Mirror training to augment cross-education during resistance training: A hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00396>
- Kacprzak, B., Stańczak, M., Surmacz, J., & Hagner-Derengowska, M. (2024). Biophysics of ACL Injuries. *Orthopedic Reviews*, 16, 126041. <https://doi.org/10.52965/001c.126041>
- Karcz, M., Abd-Elsayed, A., Chakravarthy, K., Aman, M. M., Strand, N., Malinowski, M. N., Latif, U., Dickerson, D., Suvar, T., Lubenow, T., Peskin, E., D'Souza, R., Cornidez, E., Dudas, A., Lam, C., Farrell II, M., Sim, G. Y., Sebai, M., Garcia, R., ... Deer, T. (2024). Pathophysiology of Pain and Mechanisms of Neuromodulation: A Narrative Review (A Neuron Project). *Journal of Pain Research*, 17, 3757-3790. <https://doi.org/10.2147/JPR.S475351>
- Lecce, E., Conti, A., Del Vecchio, A., Felici, F., Scotto di Palumbo, A., Sacchetti, M., & Bazzucchi, I. (2025). Cross-education: Motor unit adaptations mediate the strength increase in non-trained muscles following 8 weeks of unilateral resistance training. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1512309>
- López Oliva, J. O., Vargas Chaves, I., & Alarcón Peña, A. (2022). La historia clínica: Un medio de prueba estelar en los procesos de responsabilidad médica. *Revista Jurídica Mario Alario D'Filippo*, 14(27), 137-154. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8982817>



- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2015). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN SOCIAL CUANTITATIVA. https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2015/142929/metinvsoccua_cap3-12a2015.pdf
- Magnus, C. R. A., Arnold, C. M., Johnston, G., Haas, V. D.-B., Basran, J., Krentz, J. R., & Farthing, J. P. (2013). Cross-Education for Improving Strength and Mobility After Distal Radius Fractures: A Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(7), 1247-1255. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.03.005>
- Panesso, M. C., Trillos, M. C., & Guzmán, I. T. (2018). BIOMECÁNICA CLÍNICA DE LA RODILLA. Editorial Universidad del Rosario Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano, 39. <https://core.ac.uk/download/pdf/86435349.pdf>
- Sanders, T. L., Maradit Kremers, H., Bryan, A. J., Larson, D. R., Dahm, D. L., Levy, B. A., Stuart, M. J., & Krych, A. J. (2016). Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction: A 21-Year Population-Based Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(6), 1502-1507. <https://doi.org/10.1177/0363546516629944>

