

Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la fuerza, la estabilidad y el dolor percibido asociado al LCA en jugadoras de handball universitarias (BUAP)

Effects of strength training on strength, stability, and ACL-related perceived pain in university handball players (BUAP)

Abril García-Morales¹, Eric Esqueda-Valerio²

¹ *Licenciada en Cultura Física, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, 0009-0001-6541-3071^{ORCID}, abrilurigarcia@gmail.com*

² *Doctor en Ciencias de la Cultura Física, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México, 0000-0001-8970-1214^{ORCID}, eric.esquedav@uanl.edu.mx*

RESUMEN

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son una causa frecuente de abandono deportivo en mujeres que practican disciplinas de cambio de dirección como el handball. Aunque existen programas preventivos eficaces, su implementación en el ámbito universitario es irregular. Este estudio diseñó, aplicó y evaluó un programa de fortalecimiento y control neuromuscular enfocado en mecánica de aterrizaje, estabilidad lumbopélvica y control de valgo dinámico. Se realizó un diseño pre-post con grupo comparador natural durante un ciclo competitivo. El programa incluyó ejercicios de cadena posterior, core, cadera, propiocepción y pliometría progresiva, integrados al calentamiento y sesiones específicas. Los resultados mostraron mejoras notables en fuerza y estabilidad del complejo tronco-cadera-rodilla, además de una reducción del dolor durante saltos y cambios de dirección en el grupo intervención, a diferencia del control. No se registraron eventos adversos y la adherencia fue alta. Se concluye que la integración de este protocolo es factible, segura y beneficiosa, recomendándose su institucionalización.

Palabras clave: ligamento cruzado anterior; handball; lesión deportiva; prevención; entrenamiento neuromuscular; pliometría; control motor.

ABSTRACT

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries are a frequent cause of sports dropout among women who participate in change-of-direction disciplines such as handball. Although effective preventive programs exist, their implementation at the university level remains inconsistent. This study designed, implemented, and evaluated a strengthening and neuromuscular control program focused on landing mechanics, lumbopelvic stability, and dynamic valgus control. A pre-post design with a natural occurring comparison group was conducted over a competitive season. The program included posterior chain, core, and hip strengthening exercises, as well as progressive proprioceptive and plyometric training, integrated into warm-ups and specific sessions. Results showed notable improvements in trunk-hip-knee complex strength and stability, together with a reduction in perceived pain during jumping and change-of-direction tasks in the intervention group, compared to the control. No adverse events were reported, and participant adherence was high. The findings suggest that integrating this protocol is feasible, safe, and beneficial, supporting its institutional adoption.

Keywords: anterior cruciate ligament; handball; sports injury; prevention; neuromuscular training; plyometrics; motor control.

Citar como: García-Morales, A., & Esqueda-Valerio, E. (2025). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la fuerza, la estabilidad y el dolor percibido asociado al LCA en jugadoras de handball universitarias (BUAP) [Effects of strength training on strength, stability, and ACL-related perceived pain in university handball players (BUAP)]. CDEFIS Revista Científica, 3(6).

Recibido: 02 de agosto de 2025 / Aceptado: 17 de septiembre de 2025 / Publicado: 21 de octubre de 2025.



INTRODUCCIÓN

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) concentran un impacto deportivo y sanitario desproporcionado en jugadoras de deportes de equipo con demandas de salto, aterrizaje y cambios de dirección. Diversos estudios han demostrado que las mujeres presentan entre 2 y 8 veces mayor riesgo de lesión de LCA en comparación con los hombres, especialmente en deportes con demandas de salto, aterrizaje y cambios de dirección (Silvers-Granelli, 2021; McGrath & Waddington, 2015). En el balonmano femenino de élite, la incidencia de lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) se ha estimado en aproximadamente 0.86 lesiones por cada 1,000 horas de exposición, lo cual sugiere una prevalencia anual relevante entre jugadoras de alto nivel competitivo (Bikandi et al., 2019; Laver & Myklebust, 2014).

Estudios adicionales, como uno realizado en Noruega, han reportado valores similares cercanos a 0.77 lesiones/1,000 horas de juego para mujeres. Asimismo, investigaciones han señalado que hasta un 28 % de las lesiones de LCA en deportes de equipo ocurren en los primeros dos meses de temporada, lo cual subraya la necesidad de implementar medidas preventivas desde la pretemporada (Mouton et al., 2021; Sugimoto et al., 2016; Griffin et al., 2006). Estos hallazgos resaltan la urgencia de diseñar estrategias de prevención adaptadas al deporte universitario en México, particularmente en instituciones como la BUAP se evidencia en su equipo oficial de handball femenino, compuesto por jugadoras de estatura media y complexión variada, el equipo se expone principalmente a entrenamientos de campo y ajusta continuamente sus rutinas para optimizar el rendimiento. Compiten anualmente a nivel nacional, lograron medalla de bronce a nivel nacional, con la meta de mejorar su nivel competitivo.

Durante ciertas etapas de la temporada, algunas jugadoras presentan episodios de dolor en la rodilla, lo que resalta la necesidad de un enfoque sistemático que potencie la preparación física específica, prevenga lesiones y mejore la consistencia en el rendimiento deportivo. En el handball universitario, la combinación de alta exposición competitiva, variaciones en la calidad del calentamiento, cargas acumuladas y posibles déficits neuromusculares, como control insuficiente del valgo dinámico, retraso en la activación isquiotibial o déficit de fuerza en abductores de cadera, eleva de manera significativa el riesgo de lesión y de dolor por sobreuso (Griffin et al., 2006; Herman et al., 2012; Myer et al., 2004). A pesar de la amplia difusión de programas preventivos, persisten brechas en su adopción sistemática, en la dosificación y en la adaptación a la realidad de microciclos (Mandelbaum et al., 2005; Cadens et al., 2021).

En este contexto, el presente trabajo plantea una intervención integrada al entrenamiento regular que prioriza componentes de fuerza, propiocepción y técnica de movimiento, con el propósito de optimizar la preparación física específica y disminuir indicadores de riesgo funcional y sintomatología vinculada a la rodilla.

MÉTODOS

Diseño del estudio: Se desarrolló un estudio pre-post con grupo comparador natural durante un periodo competitivo universitario (Achenbach et al., 2017; Zebis et al., 2016), seleccionando dos equipos femeniles de handball de características entrenables similares de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. La intervención se implementó en el equipo experimental, mientras que el equipo comparador mantuvo su preparación habitual.

Participantes y ética: Se incluyeron jugadoras universitarias de handball en activo, con edades entre 18 y 21 años, con al menos dos años de experiencia deportiva y entrenamiento regular (mínimo tres sesiones semanales), que presentaban molestias leves en la rodilla sin limitación funcional y sin antecedentes de lesión grave o cirugía previa en la extremidad dominante. Se excluyeron aquellas con dolor severo que impidiera entrenar o competir, que tuvieran un historial de lesiones significativas (p. ej., roturas de LCA, meniscales, luxaciones, fracturas o intervenciones quirúrgicas), o con experiencia insuficiente en la práctica deportiva. Se estableció como criterios de eliminación la intensificación del dolor o aparición de nuevas lesiones durante el protocolo, la falta de asistencia reiterada o incumplimiento injustificado de sesiones, modificaciones externas en el régimen de entrenamiento no notificadas, o la introducción de cambios que comprometen la validez de los resultados (p. ej., rehabilitación paralela o deficiencia técnica en la ejecución de pruebas).

El entrenamiento adicional aplicado al grupo experimental se desarrolló de manera integrada al calendario regular, en días distintos al trabajo convencional, con el fin de no interferir con la dinámica competitiva, es decir cada grupo trabajó tres días a la semana en diferentes horarios y días para que trabajaran por separado considerando que el grupo de control solo trabajó en campo. Se obtuvo el consentimiento informado de todas las participantes, así como la autorización de los cuerpos técnicos, asegurando en todo momento la confidencialidad y la seguridad de los datos proporcionados.

Intervención: El programa preventivo se estructuró en bloques progresivos (Arundale et al., 2018; Mandelbaum et al., 2005; Sugimoto et al., 2016; Cadens et al., 2021).

Tabla 1.

Bloques progresivos del programa preventivo.

Bloque	Objetivo principal	Grupo(s) muscular(es)	Ejemplos de ejercicios	Frecuencia / Progresión
1. Fuerza de cadena posterior	Mejorar fuerza y resistencia de la musculatura posterior	Isquiotibiales, glúteo mayor, erectores espinales	Peso muerto rumano, puente de glúteo, hip thrust, curl de isquiotibiales	veces/semana, aumentando carga y repeticiones según tolerancia
2. Control lumbopélvico y estabilidad proximal	Estabilizar tronco y cadera, prevenir valgo dinámico	Core, abductores y rotadores de cadera	Plancha frontal y lateral, dead bug, clam shell, monster walk con banda	Integrado a calentamiento y bloques específicos; progresión en duración y complejidad
3. Propiocepción y control postural	Mejorar equilibrio y reacción ante perturbaciones	Sistema neuromuscular global (tronco y miembros inferiores)	Sentadillas sobre bosu, balance en un pie, desplazamientos en superficies inestables, ojos abiertos/cerrados	2-3 veces/semana; aumentar inestabilidad, tiempo y estímulos visuales
4. Pliometría y mecánica de aterrizaje	Optimizar saltos, absorción de impacto y técnica de aterrizaje	Cuádriceps, glúteos, isquiotibiales, core	Salto bilaterales y unipodales, drop jumps, box jumps, enfoque en alineación rodilla-cadera-tobillo y ángulo de flexión de rodilla	2-3 veces/semana; progresar altura, distancia y complejidad de saltos

Evaluaciones e instrumentos: Se registraron indicadores mediante: (a) una bitácora de fuerza/estabilidad con hitos técnicos y cargas externas; (b) la escala visual análoga (EVA) (Hayes y Patterson, 1921); y (c) un instrumento funcional de rodilla de uso extendido para estimar capacidad percibida (Barber-Westin, Noyes, & McCloskey, 1999). Se documentaron adherencia y eventos adversos.

Análisis: Se compararon cambios pre-post intra-grupo y tendencias entre grupos en los indicadores funcionales y en el dolor, priorizando la relevancia clínica (magnitud del cambio y transferencia a gestos del juego) y la seguridad del proceso (adherencia y ausencia de eventos adversos).

RESULTADOS

Participaron 24 jugadoras (edad 18–21 años, $M = 19.5$). El grupo experimental ($n=12$) acumuló 2160 h de entrenamiento (180 h/jugadora), mientras que el grupo control ($n=12$) sumó 1080 h (90 h/jugadora). Se realizó un programa de fuerza y entrenamiento neuromuscular enfocado en la prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior durante 12 semanas, y un grupo control con 12 jugadoras, que solo llevó a cabo entrenamiento de campo convencional.

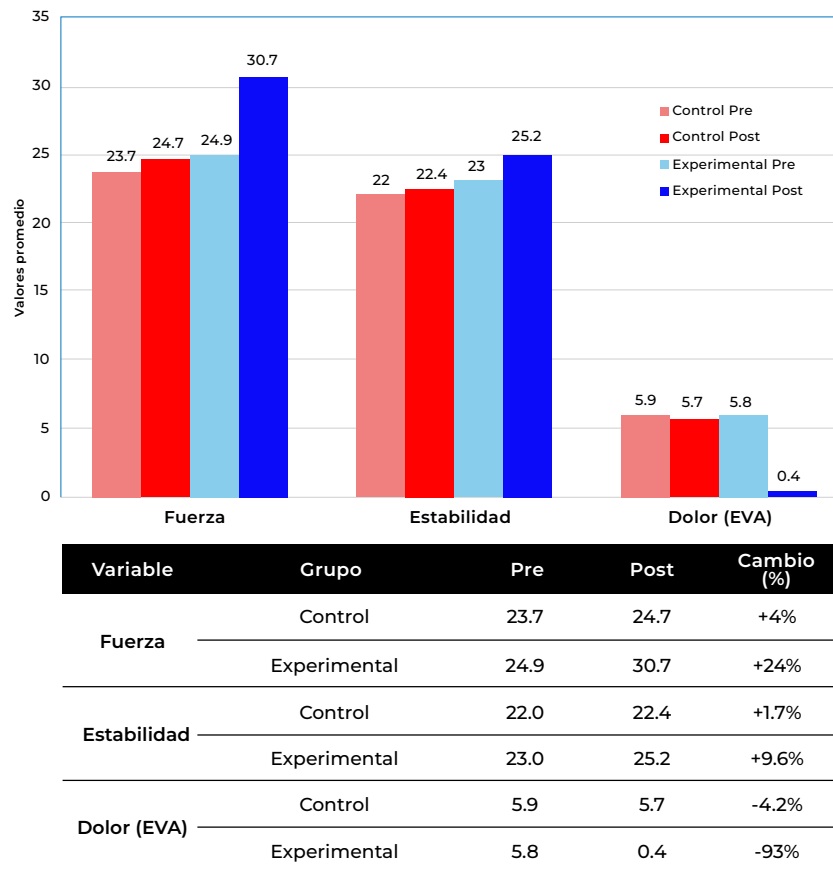
Previo a la intervención, se aplicó una escala de dolor para conocer si hay presencia de molestia en las jugadoras, ésta prueba mide la intensidad de dolor en una escala que va de 0 (dolor mínimo) a 10 (dolor máximo). De igual forma se aplicó una bitácora de pruebas para evaluar la condición inicial de las jugadoras en términos de fuerza y estabilidad en las piernas. Al finalizar el programa, se realizó una nueva evaluación para determinar los efectos del entrenamiento y si aún existía presencia de dolor en caso que se había indicado al inicio.

Los resultados evidencian una mejora significativa en la fuerza y la estabilidad en las jugadoras que participaron en el programa de entrenamiento adicional. Dichas diferencias se aprecian con porcentajes en la Gráfica 1 (específicamente en la tabla descriptiva que la acompaña), donde el grupo experimental mostró incrementos notables en las variables de fuerza y estabilidad en comparación con el grupo control.

El análisis comparativo entre grupos evidenció que el programa de entrenamiento adicional tuvo un efecto positivo considerable en las jugadoras del grupo experimental. En la variable de fuerza, el grupo experimental incrementó sus valores promedio en un 24%, frente al 4% del grupo control. De manera similar, en la variable de estabilidad, el grupo experimental mejoró en un 9.6%, mientras que el control lo hizo apenas en 1.7%. Finalmente, en cuanto al dolor percibido (EVA), se observó una reducción del 93% en el grupo experimental, lo que contrasta con el grupo control, donde no se apreciaron cambios relevantes (–4.2%).

Grafica 1.

Resultados comparativos entre grupo experimental y grupo de control.



Estos resultados reflejan que el entrenamiento adicional no solo mejoró la condición física, sino que también tuvo un impacto directo en la disminución del dolor reportado por las jugadoras.

DISCUSIÓN

Los resultados respaldan la eficacia de protocolos neuromusculares multicomponente que abordan simultáneamente fuerza de cadena posterior, control lumbopélvico, propiocepción y técnica de aterrizaje, especialmente en mujeres con mayor susceptibilidad a patrones de valgo dinámico y desbalances isquiotibiales-cuádriceps (Myer, Ford, & Hewett, 2004; Sugimoto et al., 2016). La integración al microciclo competitivo, con progresiones claras y criterios técnicos observables, es clave para mantener la adherencia y favorecer la transferencia al juego. Estandarizar el calentamiento, incluir saltos con enfoque en alineación y amortiguación, y fortalecer abductores/rotadores de cadera e isquiotibiales constituye un marco reproducible y seguro (Griffin et al., 2006; Herman et al., 2012).

Los datos muestran una tendencia al mantenimiento o a un leve aumento en la escala EVA de pre a post en la mayoría de las jugadoras; no obstante, las jugadoras 8 y 12 presentaron incrementos más notorios en comparación con el resto. Esto sugiere que el entrenamiento de campo, por sí solo, podría requerir la incorporación de otros elementos auxiliares o bien una adaptación del modelo propuesto en la presente investigación. Asimismo, la diferencia en la exposición total al entrenamiento representa una limitante: el grupo experimental acumuló 2160 horas en conjunto (180 horas promedio por jugadora), incluyendo programa de fuerza y entrenamiento de campo, mientras que el grupo control sumó únicamente 1080 horas (90 horas promedio) con entrenamiento de campo exclusivo.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Arundale et al., (2018), quienes destacan que la efectividad preventiva depende no solo de la carga total, sino también de la integración de componentes neuromusculares, siempre y cuando exista una dosificación adecuada para evitar fatiga o sobrecarga.

Se recomienda que futuras evaluaciones incorporen medidas instrumentadas de cinemática y cinética, pruebas de campo validadas y seguimiento a medio plazo (incidencia de lesiones y disponibilidad para competir) para robustecer la evidencia de efectividad en contextos reales (Mandelbaum et al., 2005).

CONCLUSIONES

Implementar un programa de prevención del LCA basado en entrenamiento de fuerza y control neuromuscular en jugadoras universitarias de handball es factible, seguro y clínicamente útil para mejorar la fuerza, la estabilidad y reducir el dolor percibido asociado a gestos de alta demanda. La integración institucional del protocolo, su inclusión en el calentamiento y el monitoreo de la progresión técnica son recomendables para consolidar los beneficios durante la temporada.

Sin embargo, la diferencia en la exposición total al entrenamiento entre grupos y los casos individuales de aumento de dolor indican que el entrenamiento de campo por sí solo no es suficiente para prevenir lesiones en todas las atletas. Además, la falta de mediciones instrumentadas y seguimiento a medio plazo limita la evidencia sobre la efectividad a largo plazo del programa de fuerza.

Futuros estudios podrían considerar la dosificación del entrenamiento de fuerza, incorporar medidas objetivas de biomecánica, realizar seguimiento longitudinal de lesiones y evaluar la adherencia al programa. Esto permitirá establecer con mayor precisión los efectos del entrenamiento de fuerza y neuromuscular sobre la prevención de LCA, la mejora de la estabilidad y la reducción del dolor, asegurando su transferencia al rendimiento deportivo.

REFERENCIAS

- Achenbach, L., Krutsch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krutsch, W. (2017). Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1901–1908. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4758-5>
- Arundale, A. J. H., Bizzini, M., Giordano, A., Hewett, T. E., Logerstedt, D. S., Mandelbaum, B., Scalzitti, D. A., Silvers-Granelli, H., & Snyder-Mackler, L. (2018). Exercise-based knee and anterior cruciate ligament injury prevention. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(9), A1–A42. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.0303>
- Barber-Westin, S. D., Noyes, F. R., & McCloskey, J. W. (1999). Rigorous statistical reliability, validity, and responsiveness testing of the Cincinnati Knee Rating System in 350 subjects with uninjured, injured, or anterior cruciate ligament- reconstructed knees. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(4), 402–416.
- Bikandi, U., Urtasun, A., & Esain, I. (2019). Injury incidence and injury patterns by category, surface and season period in female handball players. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 14(1), 227. <https://doi.org/10.1186/s13102-019-0142-8>

- Cadens, M., Planas, A., Matas, S., & Peirau, X. (2021). Preventive training of anterior cruciate ligament injuries in female handball players: A systematic review. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 146, 68–77. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.08)
- Griffin, L. Y., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Bahr, R., Beynnon, B. D., Demaio, M., Dick, R.W., Engebretsen, L., Garrett, W. E., Hannafin, J. A., Hewett, T. E., Huston, L. J., Ireland, M. L., Johnson, R. J., Lephart, S. M., Mandelbaum, B. R., Mann, B. J., Marks, P. H., Marshall, S. W., Myklebust, G., Noyes, F. R., Powers, C. M., Shields, C. J., Shultz, S. J., Silvers, H., Slauterbeck, J., Taylor, D. C., Teitz, C. C., & Wojtys, E. M. (2006). Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *American Journal of Sports Medicine*, 34(9), 1512–1532. <https://doi.org/10.1177/0363546506286866>
- Hayes, M. H. S., & Patterson, D. G. (1921). Experimental development of the graphic rating method. *Psychological Bulletin*, 18, 98–99.
- Herman, K., Barton, C., Malliaras, P., & Morrissey, D. (2012). The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, requiring no additional equipment, to prevent lower extremity injuries during sport participation: A systematic review. *BMC Medicine*, 10, 75. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-75>
- Herman, K., Barton, C., Malliaras, P., & Morrissey, D. (2012). The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, requiring no additional equipment, to prevent lower extremity injuries during sport participation: A systematic review. *BMC Medicine*, 10, 75. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-75>
- Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. J. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *American Journal of Sports Medicine*, 33(7), 1003–1010. <https://doi.org/10.1177/0363546504272261>
- Mouton, C., Gokeler, A., Urhausen, A., Nührenbörger, C., & Seil, R. (2021). High incidence of anterior cruciate ligament injuries within the first 2 months of the season in amateur team ball sports. *Sports Health*, 13(1), 19417381211014140. <https://doi.org/10.1177/19417381211014140>
- McGrath, T. M., & Waddington, G. (2015). The female ACL: Why is it more prone to injury? *Journal of Orthopaedic Research and Physiotherapy*, 1(1), 1–4. <https://doi.org/10.12968/jorp.2015.1.1.1>
- Laver, L., & Myklebust, G. (2014). Handball injuries: Epidemiology and injury characterization. In M. N. Doral & J. Karlsson (Eds.), *Sports injuries: Prevention, diagnosis, treatment, and rehabilitation* (pp. 1–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41794-3_1
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2004). Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(4), 352–364. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-39.4.352>
- Silvers-Granelli, H. (2021). Why female athletes injure their ACL's more frequently? *International Journal of Sports Physical Therapy*.
- Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D. B., Pepin, M. J., Micheli, L. J., & Hewett, T. E. (2016). Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: Meta-regression analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(20), 1259–1266. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095596>
- Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Hölmich, P., & Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: A randomized controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 50(9), 552–557. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094776>