

eISSN: 2452-5812

<http://jmh.pucv.cl/>

Recibido: 28/11/2024

Aceptado: 02/01/2025

Disponible: 22/01/2025

Publicado: 01/07/2025

Artículo de Revisión

Efectos de la Rehabilitación Convencional versus Rehabilitación con Realidad Virtual sobre el equilibrio en deportistas con Inestabilidad de Tobillo

Effects of Conventional versus Virtual Reality Rehabilitation on balance in athletes with Ankle Instability

Alvarez Barriga RU¹; Cantuña Vallejo PF¹

Correspondencia✉

Rodolfo Ubaldo Alvarez Barriga

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Fisioterapia, Ambato, Ecuador.

ralvarez7916@uta.edu.ec

Resumen

Objetivo: Analizar los efectos entre la rehabilitación convencional y de realidad virtual en la mejora del equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento, recopilando información que permita determinar el protocolo de entrenamiento con mejores resultados de recuperación, tanto en deportistas como personas en general con inestabilidad funcional “FAI” y crónica “CAI” de tobillo. **Métodos:** Se realizó una revisión sistemática de la literatura a partir de una búsqueda de ensayos clínicos y ensayos clínicos aleatorizados (ECA) publicados en las bases de datos Cochrane Library, PubMed y Google Scholar desde enero de 2019 hasta octubre del 2024, utilizando términos MeSH y siguiendo las directrices del método PRISMA. **Resultados:** De un total de 17 ECA, 2 ensayos abordaron a atletas con FAI, 7 estudios a atletas con CAI, 5 ensayos a participantes con FAI y 3 estudios a personas con CAI. Un total de 710 participantes conformaron esta revisión: 324 personas estuvieron dentro del grupo RV, 305 participantes pertenecieron al grupo GC y 81 personas fueron incluidas en el grupo control sin intervención. Se hallaron 8 protocolos de entrenamiento combinados para mejorar esta condición. **Conclusión:** Ambos tipos de intervención, tanto la rehabilitación convencional como de realidad virtual fueron efectivas, ya que en un periodo de entre 4 y 12 semanas mediante sus protocolos combinados de ejercicio lograron mejorar los parámetros anteriormente mencionados en el tobillo de los participantes.

Palabras clave: fisioterapia; realidad virtual; lesiones del tobillo; equilibrio postural; atletas

Abstract

Objective: Analyze the effects between conventional and virtual reality rehabilitation on the improvement of balance, postural control, proprioception, muscle strength and range of motion, gathering information to determine the training protocol with the best recovery results, both in athletes and people in general with functional FAI and chronic CAI ankle instability. **Methods:** A systematic review of the literature was performed based on a search of clinical trials and RCTs published in the Cochrane Library, PubMed and Google Scholar databases from January 2019 to October 2024, using MeSH terms and following the PRISMA method guidelines. **Results:** From a total of 17 RCTs, 2 trials addressed athletes with FAI, 7 studies addressed athletes with CAI, 5 trials addressed participants with FAI, and 3 studies addressed individuals with CAI. A total of 710 participants comprised the study: 324 people were in the group RV, 305 participants belonged to the group CG and 81 people were included in the control group without intervention. Eight combined training protocols were found to improve this condition. **Conclusion:** Both types of intervention, conventional and virtual reality rehabilitation were effective, since in a period of 4 to 12 weeks through their combined exercise protocols they managed to improve the previously mentioned parameters in the ankle of the participants.

Keywords: physical therapy; virtual reality; ankle injuries; postural balance; athletes

Puntos destacables

- Intervenciones convencionales y de realidad virtual, fueron efectivas para la rehabilitación de la inestabilidad crónica y funcional de tobillo.
- Las dosis prolongadas de intervención son efectivas para abordar déficits generales, mientras que los protocolos cortos e intensivos, permiten mejoras localizadas en criterios específicos de los parámetros evaluados en este estudio.
- Se recomienda emplear protocolos combinados para optimizar los resultados de recuperación en deportistas y personas en general con esta condición.

Introducción

La inestabilidad de tobillo se define como una afección compleja influenciada por alteraciones patomecánicas, sensoriales-perceptivas y motoras-conductuales interrelacionadas, que se caracterizan por presentar diversos síntomas persistentes como dolor, edema, limitación funcional, debilidad muscular, función disminuida y episodios recurrentes de inestabilidad tras una lesión aguda¹, siendo los atletas de élite y de deportes acrobáticos los grupos más afectados con esta condición².

A nivel mundial, la epidemiología de la inestabilidad de tobillo en deportistas indica que, el 85,9% de los atletas llegan a presentar esguinces de tobillo previos y la prevalencia de esta patología es del 64,6%². Además, también se menciona que las atletas femeninas tienen una prevalencia significativamente mayor de inestabilidad crónica de tobillo (CAI, por sigla en inglés: *chronic ankle instability*) que los atletas masculinos, por lo que las medidas de prevención de CAI deberían ser un foco de atención para los atletas de élite y acrobáticos, ya que tienen un mayor riesgo de desarrollar esta condición².

La rehabilitación convencional de la inestabilidad de tobillo, tanto en deportistas como personas en general es un enfoque fisioterapéutico que implica el uso combinado de técnicas y métodos que él o la terapeuta aplica directamente sobre la zona lesionada del paciente, con el fin de restaurar la función, mejorar la estabilidad, ayudar a recuperar el rango de movimiento, la propiocepción y fuerza muscular en la articulación del tobillo afectada^{3,4}. Este tipo de rehabilitación consta de intervenciones de ejercicios tradicionales como entrenamiento de fortalecimiento muscular y resistencia con theraband³⁻¹⁰, entrenamiento de equilibrio en superficies estables e inestables como tablas oscilantes o almohadillas de equilibrio^{3,5,6,8,9,11-15}, entrenamiento propioceptivo^{8-10,16-18} y entrenamiento neuromuscular¹⁹.

La rehabilitación con realidad virtual se destaca como una herramienta innovadora para mejorar la inestabilidad de tobillo tanto en deportistas como personas en general, esto debido a que se considera como un entrenamiento neuromuscular compuesto por dos aspectos de componentes físicos y neurocognitivos, que tienen el fin de mejorar las interacciones entre la mente y cuerpo, además de afectar positivamente la velocidad de procesamiento de la información y el equilibrio en estos grupos, por lo que su inclusión en los protocolos de rehabilitación es esencial, ya que nos proporciona un enfoque seguro y eficaz respaldado por fisioterapeutas²⁰.

Este tipo de rehabilitación se caracteriza por utilizar diversos programas y videojuegos como Nintendo Wii-Fit^{3,5,6,8}, Plataforma Biomecánica del Tobillo “BAPS”⁴, Catching Fish y Russian Block¹¹, Programa de Visualización “VIS”¹², Sistema de Entrenamiento de Rehabilitación Inteligente⁷, Biodex Balance System⁸, VR BOSS¹³, Kinect-Unity 3D⁹, Visión y Gafas Estroboscópicas^{14,15,18}, Biofeedback Visual¹⁶, Plataforma Vibratoria de cuerpo completo “WBT”¹⁷, Sonic Balance Pad¹⁰ y Neurofeedback¹⁹.

La rehabilitación convencional para la CAI, así como para la inestabilidad funcional de tobillo (FAI, por sigla en inglés: *functional ankle instability*) generalmente se basa en ejercicios físicos tradicionales, que favorecen a la mejora del equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y la amplitud de movimiento mediante el trabajo físico directo. Sin embargo, sus desventajas incluyen la limitada motivación y monotonía de los ejercicios. Por otro lado, la rehabilitación con realidad virtual

ofrece un enfoque más interactivo y dinámico, permitiendo a los deportistas y personas en general realizar ejercicios más atractivos y específicos en un entorno controlado, lo que puede mejorar el compromiso y la adherencia al tratamiento. Sin embargo, esta intervención puede ser costosa, y algunos participantes podrían no estar familiarizados con la tecnología, lo que limita su accesibilidad.

La importancia del presente estudio radica en la necesidad de mejorar la eficacia de los programas de rehabilitación para abordar la inestabilidad de tobillo, una lesión común pero problemática que afecta a deportistas y personas en general, disminuyendo significativamente su rendimiento y calidad de vida. En este contexto, realizar un artículo de revisión bibliográfica se vuelve fundamental, ya que permite sintetizar y evaluar estudios previos, optimizando tratamientos, facilitando la integración de herramientas innovadoras en la práctica clínica y contribuyendo al avance del conocimiento en fisioterapia y medicina deportiva. Además de educar a los fisioterapeutas sobre la importancia de seleccionar el tratamiento adecuado. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio se centra en analizar los efectos entre la rehabilitación convencional y de realidad virtual en la mejora del equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento, recopilando información que permita determinar el protocolo de entrenamiento con mejores resultados de recuperación tanto en deportistas como personas en general con FAI y CAI de tobillo.

Métodos

Diseño de Estudio y Estrategia de Búsqueda

Se desarrolló una revisión bibliográfica de la literatura sobre la comparación de los efectos entre la rehabilitación convencional y de realidad virtual en el equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento, tanto en deportistas como personas en general con inestabilidad de tobillo. La evidencia tomada en cuenta fue la publicada desde el 01 de enero de 2019 al 20 de octubre de 2024. La indagación y recopilación de información se llevó a cabo mediante el uso de bases de datos científicas, tales como Cochrane Library, PubMed y Google Scholar. Para este cometido se utilizó términos MeSH como: “Postural Balance”; “Virtual Reality”; “Ankle Injuries”; “Athletes” y “Physical Therapy”. Para una búsqueda eficiente se realizó una combinación de términos MeSH y operadores booleanos (AND y OR) arrojando las siguientes ecuaciones: (((physical therapy) OR (virtual reality)) AND (ankle injuries)) AND (postural balance) AND (athletes); (((physical therapy) AND (ankle injuries)) AND (postural balance)) AND (athletes); (((virtual reality) AND (ankle injuries)) AND (postural balance)) AND (athletes), hasta el 30 de octubre de 2024.

Criterios de Selección y Valoración del Estudio

Se consideró el enfoque PICOT (para formular una pregunta de investigación sobre la eficacia del tratamiento) para los criterios de selección y valoración de los estudios, mediante los siguientes procedimientos: 1. (Población) Se incluyeron estudios con poblaciones de deportistas y personas en general físicamente activas como niños/as, adolescentes o adultos/as jóvenes con edades entre los 7 y 37 años, con diagnóstico de FAI y CAI (sin considerar deterioro por edad). 2. (Intervención) En la intervención con realidad virtual “RV”, se abordaron artículos que incluyeran ejercicios con los programas y videojuegos Nintendo Wii-Fit, BAPS, Catching Fish y Russian Block, VIS, Sistema de Entrenamiento de Rehabilitación Inteligente, Biodex Balance System, VR BOSS, Kinect-Unity 3D, Visión y Gafas Estroboscópicas, Biofeedback Visual, WBT, Sonic Balance Pad y Neurofeedback. 3. (Comparación) En la intervención convencional “GC”, se integraron estudios que presenten entrenamientos de equilibrio en superficies estables e inestables como tablas oscilantes o almohadillas, entrenamiento de fortalecimiento muscular y resistencia con theraband, entrenamiento propioceptivo y neuromuscular. 4. (O: resultado) Se

incorporaron ensayos clínicos aleatorizados publicados en el idioma inglés, español o coreano en los últimos cinco años que evaluaran en sus resultados los parámetros de equilibrio (estático y dinámico, sensación de inestabilidad), control postural (estático y dinámico, longitud y velocidad del movimiento del centro de presión “COP”, sentido de posición articular “JPS” y estabilidad postural), propiocepción (oscilación postural-flexión plantar “FP”, dorsiflexión “DF”, inversión “INV” y eversión “EV”), fuerza muscular y amplitud de movimiento en “FP”, “DF”, “INV” y “EV”, dolor “EVA”, rendimiento funcional y capacidad del tobillo-pie para actividades cotidianas “ADL” y deportivas “S”. 5. (Tiempo) Los artículos incluidos en la investigación tuvieron un periodo de 4, 6, 8 y 12 semanas de intervención.

Se formuló la siguiente pregunta PICOT: ¿En deportistas y personas en general físicamente activas (niños/as, adolescentes y adultos/as jóvenes de 7 a 37 años) con diagnóstico de FAI y CAI, cómo se compara la intervención con realidad virtual utilizando programas como Nintendo Wii-Fit, Biodex Balance System, y otros dispositivos de RV frente a la intervención convencional (entrenamiento de equilibrio, propioceptivo, neuromuscular, fortalecimiento muscular y resistencia) en la mejora del equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento en un periodo de 4 a 12 semanas? Los artículos excluidos fueron guías prácticas, revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios de caso. La búsqueda se ha realizado siguiendo las directrices establecidas por el modelo PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)²¹. Se identificaron un total de 17.230 registros en las distintas bases de datos ya mencionadas. Luego de una exhaustiva revisión, aplicando los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron finalmente 17 artículos para esta revisión. El diagrama de flujo (Figura 1) detalla el proceso de selección de los artículos. Con base a los criterios de selección, 1 investigador (RUAB) se encargó de la lectura, revisión y selección final de los artículos de forma independiente, rigiéndose por los criterios de selección anteriormente expuestos.

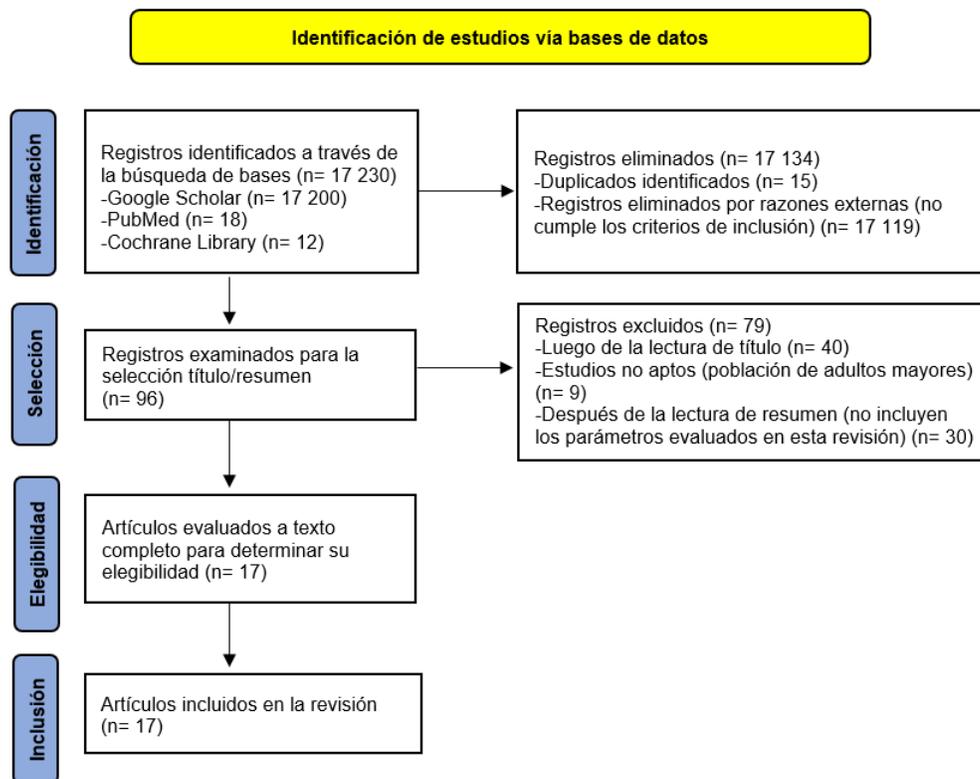


Figura 1. Diagrama de flujo de selección de los estudios (PRISMA 2020).

Valoración de la Calidad Metodológica

Se aplicó la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) para evaluar la calidad metodológica de los estudios, la cual consta de 11 criterios que se enfocan en el diseño del estudio, la calidad de la información y la validez de los resultados²². Los ensayos han sido catalogados de mala a excelente calidad metodológica según su puntuación; aquellos estudios con un puntaje < 4 se consideran de mala calidad, entre un puntaje de 4 a 5 de calidad regular, puntuaciones de 6 a 8 una buena calidad y puntuaciones de 9 a 10 una excelente calidad metodológica²³. La evaluación de los estudios incluidos a partir de la búsqueda se resume en la Tabla 1; si el ítem cumplía el criterio puntuaba 1, caso contrario o si fuese considerado un criterio dudoso puntuaba 0²².

Resultados

Se incluyeron 17 estudios, 14 ensayos controlados aleatorizados^{3-5,7-9,11-14,15-18}, 1 ensayo clínico¹³ y 2 estudios piloto (ensayo controlado aleatorizado)^{6,12}. Estos ensayos abordaron distintas modalidades de entrenamiento tanto de rehabilitación convencional como de realidad virtual, entre los cuales se destacan los entrenamientos convencionales de equilibrio^{3,5,6,8,9,11-15}, propiocepción^{8-10,16-18}, neuromuscular¹⁹, fortalecimiento muscular^{3,5,6,8-10} y resistencia^{4,7} con theraband combinados con los siguientes programas de realidad virtual: Nintendo Wii-Fit^{3,5,6,8}, VIS¹², Biodex Balance System⁸, VR BOSS¹³, Kinect-Unity 3D⁹, Visión y Gafas Estroboscópicas^{14,15,18}, Biofeedback Visual¹⁶ y Neurofeedback¹⁹, Sonic Balance Pad¹⁰, Plataforma Vibratoria Power Plate Pro 5 Silver¹⁷, Videojuegos Catching Fish y Russian Block¹¹, BAPS⁴ y Sistema de Entrenamiento de Rehabilitación Inteligente⁷. La escala PEDro fue aplicada a los 17 artículos, de los cuales 5 estudios reflejaron una excelente calidad metodológica y 12 estudios una buena calidad metodológica, como se muestra en la Tabla 1. La alta frecuencia de la puntuación 8 indica que los estudios brindan una base aceptable y de buena calidad para respaldar la confiabilidad de este artículo de revisión.

Tabla 1. Calidad metodológica de los estudios incluidos con la aplicación de la Escala de PEDro.

| Autores | Criterios | | | | | | | | | | | Total | Clasificación |
|--|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | |
| (Mohammadi et al., 2023) ³ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | Buena |
| (Kim et al., 2019) ⁵ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 8 | Buena |
| (Kim et al., 2019) ⁶ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | Buena |
| (Spencer Cain et al., 2020) ⁴ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 8 | Buena |
| (Chuadthong et al., 2023) ¹¹ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | Buena |
| (Forsyth et al., 2022) ¹² | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | Excelente |
| (Liu et al., 2024) ⁷ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | Excelente |
| (Shousha et al., 2023) ⁸ | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | Excelente |
| (Kim et al., 2020) ¹³ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | Buena |
| (Li et al., 2020) ⁹ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | Buena |
| (Kim et al., 2021) ¹⁴ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | Excelente |
| (Shahani et al., 2024) ¹⁶ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 8 | Buena |
| (Uzlaşır et al., 2021) ¹⁵ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 9 | Excelente |
| (Kruatiwa et al., 2021) ¹⁷ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | Buena |
| (Uygun et al., 2023) ¹⁰ | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | Buena |
| (Yalfani et al., 2024) ¹⁹ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | Buena |
| (Choi et al., 2024) ¹⁸ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | Buena |

Abreviaturas criterios: 1= Elegibilidad de los sujetos; 2= Asignación aleatoria; 3= Ocultamiento de la asignación; 4= Comparabilidad inicial; 5= Cegamiento de los sujetos; 6= Cegamiento de los terapeutas; 7= Cegamiento de los evaluadores; 8= Medidas de resultados >85%; 9= Análisis por intención de tratar; 10= Comparación estadística; 11= Medidas puntuales y variabilidad; *Rangos= Mala Calidad (<4 Puntos); Calidad Regular (4 a 5 Puntos); Buena Calidad (6 a 8 Puntos); Excelente Calidad (9 a 10 Puntos).

La Tabla 2 muestra las características de los estudios incluidos de acuerdo con la rehabilitación utilizada. De un total de 17 ensayos clínicos Aleatorizados (ECA), 2 ensayos abordaron a atletas con FAI, 7 estudios a atletas con CAI, 5 ensayos a participantes con FAI y 3 estudios a personas con CAI. Un total de 710 participantes conformaron el presente estudio, de los cuales 324 personas estuvieron dentro del grupo de realidad virtual, 305 participantes pertenecieron al grupo convencional, mientras que 81 personas fueron incluidas en el grupo de control que no tuvo intervención; conformando un total de 90 atletas con CAI, 341 atletas con FAI, 150 personas con CAI y 129 participantes con FAI distribuidos aleatoriamente. Estos estudios incluyeron en su mayoría a deportistas y personas en general de género masculino.

Dentro de la rehabilitación convencional, 10 ensayos realizaron entrenamiento de equilibrio convencional mediante superficies estables e inestables, como tablas oscilantes o almohadillas de equilibrio^{3,5,6,8,9,11-15}; 6 estudios realizaron entrenamiento de fortalecimiento muscular en los movimientos de flexión plantar, dorsiflexión, inversión y eversión del tobillo mediante el uso de theraband o ejercicios de sentadilla^{3,5,6,8-10}; 2 ensayos realizaron entrenamiento de resistencia en los 4 movimientos anteriormente mencionados mediante el uso de theraband con distintos colores y grados de resistencia^{4,7}; 6 estudios realizaron entrenamiento propioceptivo mediante ejercicios de salto estáticos como dinámicos en posición monopodal, ya sea con ojos abiertos o cerrados^{8-10,16-18}, y 1 ensayo realizó entrenamiento neuromuscular mediante ejercicios específicos de equilibrio, fuerza y estabilidad, bajo la misma condición de ojos abiertos o cerrados¹⁹.

Dentro de la rehabilitación con realidad virtual, todos los estudios realizaron sus intervenciones combinando los programas de RV con ejercicios convencionales; 4 ensayos utilizaron el Nintendo Wii-Fit^{3,5,6,8}; 3 estudios utilizaron las Gafas Estroboscópicas^{14,15,18}; 1 ensayo utilizó BAPS⁴; 1 estudio utilizó los videojuegos Catching Fish y Russian Block¹¹; 1 ensayo utilizó el programa VIS¹²; 1 estudio utilizó el Sistema de Rehabilitación Inteligente basado en computadora, pantalla LCD, mecanismo de tracción de polea y tabla de equilibrio⁷; 1 ensayo utilizó el Biodex Balance System⁸, 1 estudio utilizó las gafas VR BOSS¹³; 1 ensayo utilizó el programa Kinect-Unity 3D⁹; 1 estudio utilizó el Biofeedback Visual¹⁶; 1 ensayo utilizó el Neurofeedback¹⁹; 1 estudio utilizó la plataforma vibratoria Power Plate Pro 5 Silver¹⁷ y 1 ensayo utilizó el Sonic Balance Pad¹⁰.

Tabla 2. Información de los estudios incluidos con rehabilitación convencional y de realidad virtual.

| Autores/Año | Muestra | Intervención | Resultados | Conclusión |
|---|--|--|---|--|
| <i>Equilibrio dinámico y Sensación de Inestabilidad</i> | | | | |
| Mohammadi et al. (2023) ³ | Se asignaron aleatoriamente 54 jugadores de baloncesto masculinos con edades entre 19 y 25 años y diagnóstico de FAI a los grupos RV (n= 27) y GC (n= 27). | Todos los deportistas realizaron ejercicios con Nintendo Wii-Fit en el grupo RV, mientras que el grupo GC realizó ejercicios en tablas de equilibrio y fuerza con theraband. Las intervenciones se realizaron durante 10 minutos, tres días a la semana por 4 semanas. | Ambos grupos de intervención tuvieron mejoras significativas en el equilibrio dinámico en las direcciones Ant, AM, Med, PM, Post, PL, Lat y AL en el post-test en comparación con el pre-test, mejorando el equilibrio y la sensación subjetiva de inestabilidad del tobillo según los datos proporcionados (p<0.05). | Este estudio concluye que determinar el protocolo de rehabilitación más eficaz para esta condición es difícil, ya que ambos protocolos de entrenamiento fueron eficaces para reducir la sensación subjetiva de inestabilidad y mejorar el equilibrio en jugadores de baloncesto con FAI. |
| Forsyth et al. (2022) ¹² | Se incluyeron 17 participantes universitarios masculinos con edades entre 18 y 22 años y diagnóstico de CAI, los cuales fueron asignados | El grupo VIS realizó entrenamiento convencional de equilibrio con la adición de retroalimentación visual en tiempo real utilizando capturas de movimiento y entorno virtual no inmersivo en perspectiva de tercera persona, mientras que el grupo NO-VIS realizó | Los resultados del estudio demostraron que después de 4 semanas de intervención, el grupo VIS tuvo mejoras significativas en el equilibrio dinámico en las direcciones Ant, AM, Med, PM, Post, PL, Lat y AL, reduciendo los índices de | Los resultados de este estudio piloto respaldan la viabilidad y la seguridad del entrenamiento combinado de equilibrio con VIS en personas con CAI, lo que sugiere que este podría ser un enfoque eficaz para el |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
| | aleatoriamente a los grupos de entrenamiento con el programa VIS (n= 10) y entrenamiento sin visualización NO-VIS (n= 7). | entrenamiento convencional de equilibrio. Los programas de entrenamiento se completaron de manera quincenal durante 10 minutos en un período de 4 semanas. | inestabilidad de tobillo y presentando un nivel elevado de disfrute comparado con el grupo NO-VIS (p<0.05). | entrenamiento basado en esta condición. |
| Shousha et al. (2023) ⁸ | Se incluyeron 90 niños futbolistas masculinos con edades entre 8 a 10 años y diagnóstico de CAI, los cuales fueron asignados aleatoriamente a tres grupos de intervención con (n= 30) participantes en cada grupo: un grupo GC, un grupo de RV y un grupo de entrenamiento de equilibrio Biodex BBT. | El grupo GC realizó entrenamiento convencional de fuerza con theraband en conjunto con equilibrio y propiocepción, mientras que los grupos RV y BBT utilizaron el Nintendo Wii-Fit y Biodex Balance System combinados con el mismo protocolo de entrenamiento convencional respectivamente. Todos los participantes recibieron el tratamiento por 30 minutos, 3 veces cada semana durante 3 meses. | Los resultados del estudio demuestran que después de 3 meses “12 semanas” de intervención, los grupos RV y BBT mostraron mejoras significativas en los índices de equilibrio OASI, APSI, MLSI y CAIT en comparación al grupo GC (p<0.05). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de RV y BBT (p>0.05). | En conclusión, los hallazgos del estudio demostraron que los entrenamientos de RV y BBT, combinados con el entrenamiento convencional de fuerza, equilibrio y propiocepción, tienen un efecto terapéutico evidente en la mejora del equilibrio en casos de CAI en niños futbolistas. |
| <i>Equilibrio Dinámico y Estático</i> | | | | |
| Kim et al. (2019) ⁵ | Se asignaron aleatoriamente 21 estudiantes universitarios con 20 años (Hombres = 5, Mujeres = 16) y diagnóstico de FAI a los grupos de RV (n= 10) y GC (n= 11). | En el grupo RV los participantes realizaron ejercicios de fuerza y equilibrio utilizando el Nintendo Wii Fit Plus, mientras que el grupo GC realizó cuatro ejercicios de fuerza utilizando theraband y ejercicios de equilibrio. Los programas se realizaron durante 20 minutos cada uno, tres veces por semana durante 4 semanas. | Los resultados demuestran que después de 4 semanas de intervención, el ejercicio de RV fue significativamente inferior en la dirección general del equilibrio estático y en los niveles 2,4 y 8 del equilibrio dinámico en comparación al ejercicio convencional (p<0.05). | Este estudio ha demostrado que el ejercicio de realidad virtual fue significativamente inferior al ejercicio convencional. Sin embargo, los autores creen que las intervenciones de RV pueden utilizarse como una opción para mejorar el equilibrio en estudiantes universitarios con FAI, aunque este artículo carezca de algunas pruebas. |
| Kruatiwa et al. (2021) ¹⁷ | Se incluyeron 36 jugadores de baloncesto, fútbol, netball y balonmano con edades de 18 a 23 años (Hombres = 15, Mujeres = 21) y diagnóstico de FAI, los cuales fueron asignados aleatoriamente a tres grupos con (n= 12) participantes en cada grupo: grupo de entrenamiento de propiocepción PPT, grupo WBT y grupo control CG que no tuvo intervención. | El grupo PPT realizó ejercicios propioceptivos convencionales, el grupo WBT realizó equilibrio estático con una sola pierna en dos posturas (elevación del talón con una sola pierna y sentadilla con una sola pierna a 60°) mediante el uso de la plataforma vibratoria Power Plate Pro-5 Silver, donde la intensidad aumentó gradualmente cada 2 semanas, mientras que el grupo CG no tuvo intervención. Los grupos tuvieron las intervenciones por 30 minutos, 3 veces cada semana durante 6 semanas consecutivas. | Los resultados del estudio demuestran que tanto el grupo PPT como el grupo WBT mejoraron significativamente el equilibrio dinámico en las direcciones Ant y PL en comparación con el grupo control después de 6 semanas de intervención (p<0.05). Sin embargo, en la comparación entre grupos, el grupo WBT tuvo mejoras significativas en el equilibrio estático en superficies estables y inestables, mientras que el grupo PPT solo tuvo una mejoría en superficies inestables (p<0.05). | La conclusión del estudio indica que tanto el programa PPT como el programa WBT son efectivos para mejorar el equilibrio estático y dinámico en atletas con FAI durante un período de 6 semanas, con un efecto superior observado en el programa WBT en comparación con el PPT. |

*Equilibrio estático y dinámico, Rendimiento funcional, Capacidad del tobillo y pie en ADL-S, Fuerza muscular, Amplitud de movimiento,**Dolor*

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| Spencer Cain et al. (2020) ⁴ | 43 adolescentes masculinos con edades entre 15 a 18 años y diagnóstico de CAI fueron asignados aleatoriamente en bloques a los grupos de banda de resistencia (n= 12), grupo BAPS (n= 10), grupo combinado (n= 10) y CG (n= 11). | Los protocolos se completaron por 10 minutos, 3 veces cada semana durante 4 semanas. El grupo de la banda de resistencia realizó 3 series de 10 repeticiones de FP, DF, INV y EV del tobillo con theraband. El grupo BAPS realizó 5 ensayos de rotaciones en el sentido horario y antihorario de las agujas del reloj, cambiando de dirección cada 10 segundos durante cada ensayo de 40 segundos. El grupo combinado completó los programas de la banda de resistencia y BAPS durante cada sesión. El grupo CG no tuvo intervención. | Los resultados del estudio demostraron que los 3 grupos experimentales tuvieron mejoras significativas en el equilibrio estático y dinámico en las direcciones Ant, AM, Med, PM y PL conjuntamente con el rendimiento funcional y la capacidad del tobillo y pie, tanto en actividades cotidianas como deportivas en comparación al grupo control, pero sin diferencias significativas para determinar una intervención superior ($p>0.05$). | Los tres grupos de rehabilitación demostraron una mejoría en comparación con el grupo de control, aunque la evidencia fue demasiado limitada para respaldar una intervención superior. Durante un período de 4 semanas, cualquiera de las intervenciones individuales o la intervención combinada se pueden utilizar para combatir los déficits residuales asociados con CAI en una población de atletas adolescentes. |
| Chudthong et al. (2023) ¹¹ | 60 niños/as con edades entre 7 y 12 años (Hombres= 35, Mujeres = 25) con diagnóstico de CAI, fueron asignados aleatoriamente a los grupos AVG (n=30) y GC (n=30). | El grupo AVG realizó un programa de ejercicios con los videojuegos Catching Fish y Russian Block, mientras que el grupo GC realizó un programa de ejercicios terapéuticos de equilibrio tradicionales adaptado al Star Excursion Balance Test SEBT. Ambos grupos realizaron sesiones de ejercicio en casa, programados para realizarse 3 veces cada semana con sesiones de 30 minutos, durante un total de 4 semanas. Las evaluaciones se realizaron al inicio y al final del programa. | Los resultados del estudio indican que después de 4 semanas de intervención, el grupo AVG presentó mejoras significativas el equilibrio estático en condiciones de ojos abiertos EO o cerrados EC conjuntamente con la capacidad de equilibrio del tobillo-pie en ADL-S en comparación al grupo GC ($p<0.05$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento funcional y la fuerza muscular entre ambos grupos ($p>0.05$). | Este estudio concluyó que el ejercicio con AVG mediante el uso de videojuegos puede ser una forma eficaz de mejorar la capacidad de equilibrio del tobillo, especialmente en las condiciones de ojos abiertos o cerrados EO y EC en niños con CAI. |
| Liu et al. (2024) ⁷ | Se reclutaron 34 adultos jóvenes con edades entre 30 a 37 años (Hombres = 18, Mujeres = 16) y diagnóstico de FAI para el estudio, los cuales fueron divididos en dos grupos: un grupo GC (n = 18) y un grupo de observación (OG) (n = 16). | Ambos grupos recibieron entrenamiento convencional de resistencia con theraband, mientras que el grupo OG adicionalmente utilizó un sistema de entrenamiento de rehabilitación inteligente desarrollado por el equipo de investigación. La intervención duró 6 semanas, con sesiones de entrenamiento realizadas una vez al día durante 30 minutos en días alternos. | Los resultados del estudio indican que después de 6 semanas de intervención, el grupo OG tuvo mejoras significativas en el equilibrio dinámico, además de aumentar la fuerza muscular y amplitud de los movimientos de FP, DF, INV y EV del tobillo, reduciendo eficazmente el dolor en pacientes con esta condición, en comparación al grupo GC ($p<0.05$). | Este estudio concluyó, que el entrenamiento convencional de resistencia combinado con el Sistema de Rehabilitación Inteligente puede mejorar la fuerza muscular y amplitud de movimiento activo de la articulación del tobillo, mejorar el equilibrio dinámico y reducir eficazmente el dolor en pacientes con FAI. |
| Li et al. (2020) ⁹ | Se reclutó a un total de 36 deportistas masculinos con edades entre 14 a 15 años y diagnóstico de | El grupo OG utilizó tecnología de realidad virtual Kinect y plataforma Unity 3D para construir un entorno virtual inestable basado en el entrenamiento de equilibrio, propiocepción y fuerza muscular | Los resultados de este estudio demostraron que después de 6 semanas de intervención, el grupo OG mostró mejoras significativas en el equilibrio y en la función del | Este estudio concluye que la incorporación de RV durante el entrenamiento de equilibrio tradicional para CAI puede permitirles a los deportistas obtener un mejor efecto de entrenamiento, |

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| | CAI, los cuales fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: grupo de observación (OG) y grupo GC, con (n=18) personas en cada grupo. | tradicional, mientras que el grupo GC solo realizó entrenamiento tradicional sin el equipo de realidad virtual. Las intervenciones se realizaron por 20 minutos, tres veces cada semana en un periodo de 6 semanas. | tobillo en ADL-S en comparación al grupo GC ($p<0.05$). | mejorar el equilibrio, control postural y la función del tobillo, además de brindarles a los fisioterapeutas una nueva idea de rehabilitación. |
| Kim et al. (2021) ¹⁴ | Se incluyeron 73 participantes con edades entre 27 a 29 años (Hombres = 42, Mujeres = 31) y diagnóstico de CAI, los cuales fueron asignados a tres grupos: grupo de equilibrio tradicional (BT) (n=25), grupo de Gafas Estroboscópicas (BTSV) (n=24), y un grupo CG (n=24). | El grupo BT realizó entrenamiento de equilibrio multimodal tradicional, el grupo BTSV realizó entrenamiento de equilibrio multimodal en adición a gafas estroboscópicas, mientras que el grupo CG no tuvo intervención. Las intervenciones se realizaron durante 20 minutos, tres veces cada semana por un periodo de 6 semanas. | Los resultados del estudio demostraron que tanto el grupo BT como el grupo BTSV experimentaron mejoras significativas en el rango de movimiento de la dorsiflexión del tobillo y el equilibrio en comparación con el grupo CG en todas las medidas de resultado primarias según los datos proporcionados ($p<0.05$). Sin embargo, en las comparaciones entre los grupos BT y BTSV no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$). | La conclusión del estudio indica que los pacientes con CAI pueden beneficiarse de un entorno de rehabilitación visualmente desafiante, creado mediante visión estroboscópica SV incorporada al entrenamiento de equilibrio BT, lo que sugiere que la SV puede ser una estrategia útil para mejorar los enfoques de rehabilitación en adultos jóvenes con CAI. |
| <i>Fuerza Muscular</i> | | | | |
| Kim et al. (2019) ⁶ | Se reclutaron 20 adultos/as jóvenes con edades entre 21 a 22 años (Hombres = 15, Mujeres = 5) y diagnóstico de FAI, los cuales fueron asignados aleatoriamente a los grupos VRAI (n= 10) y TRI (n= 10). | Ambos grupos realizaron un programa de ejercicios de 20 minutos, 3 veces por semana durante 4 semanas. El grupo VRAI realizó ejercicios de fortalecimiento con Nintendo Wii-Fit Plus, mientras que el grupo TRI siguió un protocolo tradicional de fortalecimiento muscular y equilibrio. | Los resultados del estudio demuestran que después de 4 semanas de intervención, el grupo VRAI mostró menor ganancia de fuerza muscular que el grupo TRI en los movimientos de flexión plantar, dorsiflexión, eversión e inversión del tobillo ($p<0.05$). | Los efectos del entrenamiento VRAI para mejorar la fuerza muscular en FAI no fueron tan efectivos en comparación al entrenamiento convencional. Sin embargo, los autores recomiendan que el entrenamiento de VRAI puede agregarse al programa de entrenamiento convencional como una opción para rehabilitar esta condición. |
| <i>Control Postural, Propiocepción, Equilibrio Dinámico y Capacidad del Tobillo-Pie en ADL-S</i> | | | | |
| Kim et al. (2020) ¹³ | Participaron un total de 24 adultos/as jóvenes con edades entre 28 a 31 años (Hombres = 13, Mujeres = 11) y diagnóstico de FAI. De estos, (n=13) pertenecieron al grupo RV y (n=11) al grupo GC. | El grupo RV realizó ejercicios de equilibrio utilizando las gafas de realidad virtual VR BOSS (Smartpia, Seúl, Corea), mientras que el grupo GC realizó entrenamiento de equilibrio tradicional en tablas oscilantes y almohadillas de equilibrio. Las intervenciones se realizaron durante 30 minutos, tres veces cada semana por un periodo de 4 semanas. | Los resultados de este estudio demostraron que después de 4 semanas de intervención, ambos grupos experimentaron una reducción significativa en la longitud y velocidad de movimiento del centro de presión sin diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que ambos métodos de entrenamiento son igualmente efectivos, según los datos proporcionados ($p>0.05$). | La conclusión del estudio fue que tanto el entrenamiento de RV como el de GC redujeron la FAI y mejoraron el equilibrio conjuntamente con el control postural de los participantes. Esto sugiere que, bajo las mismas condiciones de duración y frecuencia de entrenamiento, ningún método de entrenamiento es superior al otro en términos de efectividad. |
| Shahani et al. (2024) ¹⁶ | Se incluyeron 30 jugadores de | El grupo BV realizó ejercicios propioceptivos con Biofeedback | Los resultados del estudio demostraron que después de | Este estudio concluye que el uso de BV, puede tener un |

| | | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|---|
| | <p>voleibol, balonmano y fútbol sala masculinos con edades entre 20 a 25 años y diagnóstico de CAI, los cuales fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: grupo con BV (n= 15) y grupo PPT (n= 15).</p> | <p>visual, mientras que el grupo PPT realizó ejercicios propioceptivos tradicionales sin Biofeedback. Los participantes realizaron un calentamiento de 5 minutos antes de las evaluaciones en bicicleta estática. Las intervenciones se realizaron por 25 minutos, 3 veces cada semana durante 8 semanas.</p> | <p>8 semanas de intervención, el grupo BV tuvo mejoras significativas en el control postural estático y dinámico en las direcciones: Ant, PM y PL, mientras que el grupo PPT solo tuvo mejorías en la propiocepción de los movimientos de flexión plantar y dorsiflexión del tobillo, según los datos proporcionados ($p<0.05$).</p> | <p>impacto sutil pero significativo en la percepción del cuerpo de los atletas, particularmente en el control postural estático y dinámico. En la mayoría de los resultados, el tamaño del efecto es pequeño; por esta razón, cuando los ejercicios propioceptivos se combinan con BV, los atletas lo pueden utilizar para realizar ligeras mejoras en su rendimiento deportivo.</p> |
| Uzlaşır et al. (2021) ¹⁵ | <p>Se incluyeron 39 atletas de fútbol, baloncesto, balonmano, voleibol y atletismo masculinos con edades entre 18 a 25 años y diagnóstico de CAI, los cuales fueron divididos en tres grupos: un grupo con gafas estroboscópicas SG (n= 13), un grupo sin gafas estroboscópicas NSG (n= 13) y un grupo CG (n= 13).</p> | <p>El grupo SG combinó el entrenamiento de equilibrio convencional con el uso de gafas estroboscópicas, el grupo NSG realizó entrenamiento de equilibrio convencional, mientras que el grupo CG no recibió entrenamiento. Las intervenciones se realizaron por 15 a 20 minutos, tres veces cada semana por un periodo de 6 semanas.</p> | <p>Los resultados del estudio demostraron que después de 6 semanas de intervención, el grupo SG presentó mejoras significativas en la actividad cortical mediante los valores de Theta y Alpha, además de la velocidad de movimiento del centro de presión COP-v en comparación a los otros grupos ($p<0.05$).</p> | <p>Este estudio concluye que un programa de entrenamiento de equilibrio convencional de 6 semanas combinado con SG puede ser clínicamente beneficioso, no sólo para mejorar los parámetros de equilibrio en atletas con CAI, sino también en fases de actividad deportiva específica de rehabilitación para reducir la entrada visual de los atletas y aumentar su control motor.</p> |
| Uygun et al. (2023) ¹⁰ | <p>Se incluyeron 30 adultos/as jóvenes con edades entre 20 a 21 años (Hombres = 9, Mujeres = 21) y diagnóstico de FAI, los cuales fueron asignados a dos grupos: un grupo de equilibrio convencional BP (n = 15) y un grupo experimental SP (n = 15).</p> | <p>Ambos grupos realizaron un programa de ejercicios propioceptivos y de fortalecimiento muscular para mejorar la capacidad de equilibrio. El grupo BP entrenó con una almohadilla de equilibrio convencional "Airex Balance Pad", mientras que el grupo SP utilizó una almohadilla de equilibrio sónica "Evosonic". El programa de ejercicios se aplicó tres veces a la semana, durante aproximadamente 30 minutos por sesión, durante un total de 4 semanas.</p> | <p>Los resultados del estudio demostraron que después de 4 semanas de entrenamiento, el grupo SP mostró mejoras significativas en la propiocepción y el equilibrio dinámico en las direcciones: AL, PMR, PML, PLR y PLL, además del salto de longitud con la pierna derecha-Right, en comparación al grupo BP ($p<0.05$).</p> | <p>La conclusión del estudio sugiere que el ejercicio propioceptivo y de fuerza muscular convencional del tobillo sobre una superficie inestable sónica de vibraciones SP, es efectiva para mejorar la propiocepción y el equilibrio dinámico en personas con FAI.</p> |
| Yalfani et al. (2024) ¹⁹ | <p>Se incluyeron 63 jugadores de fútbol y baloncesto masculinos con edades entre 18 a 25 años con diagnóstico de CAI, los cuales fueron</p> | <p>El grupo RV combinó el entrenamiento neuromuscular convencional con el dispositivo de neurofeedback ProComp Infiniti de 8 canales ProComp Infiniti, Procomp2, Thought Technology, Ltd y el software Biograph Infiniti versión 5.0. El grupo NG solo realizó entrenamiento neuromuscular</p> | <p>Los resultados del estudio demostraron que después de 8 semanas de intervención los índices de oscilación postural tanto en bipedestación como en posición monopodal ya sea con ojos abiertos EO o cerrados EC, mostraron una disminución significativa en</p> | <p>La conclusión del estudio sugiere que el neurofeedback se aplique como una terapia complementaria a la rehabilitación convencional de CAI, ayudando a reducir los índices de oscilación postural en los atletas.</p> |

| | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|
| | distribuidos aleatoriamente a 3 grupos: un grupo de control CG (n= 21), un grupo de combinación NG + RV (n= 21) y un grupo de entrenamiento neuromuscular NG (n= 21). | convencional, mientras que el grupo CG no tuvo intervención. Los entrenamientos se realizaron durante 8 semanas, con 3 sesiones por semana, cada una de 30 minutos. | los grupos neuromuscular NG y combinado RV en comparación al grupo control, con un mejor efecto en el grupo combinado RV según los datos proporcionados ($p < 0.05$). | |
| Choi et al. (2024) ¹⁸ | Se incluyeron 40 deportistas de atletismo masculinos con edades entre 22 a 23 años y diagnóstico de CAI, los cuales fueron distribuidos en dos grupos: El grupo de retroalimentación propioceptiva PFT (n= 20) y el grupo de gafas estroboscópicas PFT + SG (n= 20). | El grupo PFT realizó ejercicios de salto para la estabilización y el equilibrio, mientras que el grupo de gafas estroboscópicas PFT + SG, realizó el mismo entrenamiento de ejercicios de salto convencionales combinado con el uso de las gafas estroboscópicas “Senaptec, Beaverton, Oregon”. Las intervenciones se realizaron durante tres veces a la semana por 8 semanas, con una duración de 30 minutos cada sesión. | Los resultados demostraron que después de una intervención de 8 semanas, el grupo de gafas estroboscópicas PFT + SG mostró varias mejoras significativas, como el sentido de la posición articular JPS, la estabilidad postural BVT y la funcionalidad general, ya sea en actividades cotidianas ADL-S en comparación al grupo convencional PFT según los datos proporcionados ($p < 0.05$). | Este estudio sugiere que la retroalimentación visual y propioceptiva combinada con las gafas estroboscópicas puede ser beneficiosa para reducir el riesgo de lesiones recurrentes como la CAI, además de mejorar el rendimiento deportivo de los atletas en deportes que requieren movimientos dinámicos con cambios de dirección. |

Abreviaturas: FAI, inestabilidad funcional de tobillo; CAI, inestabilidad crónica de tobillo; GC-TRI, grupo convencional; CG, grupo control; RV-VRAI, realidad virtual; Ant, anterior; AM, anterior-medial; Med, medial; PM, posterior-medial; Post, posterior; PL, posterior-lateral; Lat, lateral; AL, anterior-lateral; BAPS, sistema de plataforma biomecánica de tobillo; EO, ojos abiertos; EC, ojos cerrados; PMR, posterior-medial derecha; PML, posterior-medial izquierda; PLR, posterior-lateral derecha; PLL, posterior-lateral izquierda; Right, derecha; OASI, índice de estabilidad general; APSI, índice de estabilidad anterior-posterior; MLSI, índice de estabilidad medial-lateral; CAIT, herramienta de inestabilidad de tobillo Cumberland; AOFAS, escala tobillo-retropié; FAAM, medida de capacidad de tobillo y pie; SV, visión estroboscópica; COP-v, velocidad del centro de presión; ADL, actividades cotidianas; S, actividades deportivas.

Discusión

Los hallazgos principales de los estudios incluidos en esta revisión demostraron que las intervenciones que combinan programas de realidad virtual con entrenamiento convencional contribuyen de manera significativa a la mejora del equilibrio, fuerza muscular, propiocepción, control postural y amplitud de movimiento, tanto en deportistas como personas en general con CAI y FAI.

Se obtuvieron diversas conclusiones sobre la efectividad de estos métodos combinados. En primer lugar, el equilibrio fue el más abarcado dentro de los estudios, no obstante, no todos se evaluaron con los mismos programas de realidad virtual, por lo tanto, los resultados obtenidos en los casos concuerdan y en otros difieren entre sí; por ejemplo, tres estudios^{3,8,12} con calidad de 7 y 9 (Tabla 1), que evaluaron el equilibrio, uno en FAI y dos en CAI mediante los programas Nintendo Wii-Fit, VIS y Biodex Balance System combinados con entrenamientos de fuerza muscular, equilibrio y propiocepción, concuerdan que el equilibrio dinámico después de 4 y 12 semanas de intervención presenta mejoras significativas en las direcciones anterior, anterior-medial, medial, posteromedial, posterior, posterolateral, lateral, anterolateral y anteroposterior del tobillo en comparación al grupo convencional. Sin embargo, dos estudios difieren los resultados anteriormente mencionados, ya que la investigación de Kruatiwa et al.¹⁷ con calidad 8 (Tabla 1), después de una intervención de 6 semanas mediante el uso de una plataforma vibratoria combinada con entrenamiento propioceptivo en atletas con FAI, evidenciaron que hubo mejorías en las direcciones:

anterior y posterolateral del equilibrio dinámico, además del equilibrio estático en superficies estables e inestables en comparación con el grupo convencional. Mientras que el estudio de Spencer Cain et al.⁴ con calidad 8 (Tabla 1), después de una intervención de 4 semanas mediante el uso de la BAPS combinada con entrenamiento de resistencia en adolescentes con CAI, demostraron que aparte de mejorar el equilibrio dinámico en todas las direcciones, también hubo mejoras significativas en el equilibrio estático y rendimiento funcional del tobillo en comparación al grupo convencional, dando como conclusión que estas dos últimas intervenciones son más efectivas para rehabilitar el equilibrio en ambos tipos de inestabilidad, ya sea en deportistas como personas en general.

El segundo criterio más evaluado en la bibliografía fue el control postural, dos estudios que evaluaron este criterio, específicamente la longitud y velocidad de movimiento del centro de presión difieren en sus resultados, ya que la investigación de Uzlaşır et al.¹⁵ con calidad 9 (Tabla 1), después de 6 semanas de intervención mediante el uso de Gafas Estroboscópicas combinado con entrenamiento de equilibrio en atletas con CAI, evidenciaron que solo hubo mejorías en la velocidad de movimiento del centro de presión en comparación al grupo convencional. Mientras que el estudio de Kim et al.¹³ con calidad 7 (Tabla 1), después de 4 semanas de intervención mediante el uso de las gafas de realidad virtual VR BOSS combinado con entrenamiento de equilibrio en personas con FAI, demostraron que aparte de mejorar la velocidad también hubo mejoras significativas en la longitud de movimiento del centro de presión en comparación al grupo convencional, dando como conclusión que este último protocolo es más efectivo y puede utilizarse para rehabilitar estos parámetros del control postural en ambos tipos de inestabilidad. Además, tres estudios con calidad de 7 y 8 (Tabla 1), que evaluaron este criterio en atletas con CAI mediante el uso de los programas Kinect-Unity 3D, Biofeedback Visual y Gafas Estroboscópicas combinados con entrenamientos de equilibrio, propiocepción y fuerza muscular también difieren entre sus resultados, ya que Li et al.⁹ en su estudio, después de 6 semanas de intervención evidenciaron que hubo mejorías en el rendimiento funcional y la capacidad del tobillo para actividades cotidianas y deportivas en comparación al grupo convencional. Por su parte, en el estudio de Shahani et al.¹⁶, después de 8 semanas de intervención se mostraron mejorías en el control postural estático y dinámico en comparación al grupo convencional. Mientras que el estudio de Choi et al.¹⁸ demuestra que de todos los resultados anteriormente mencionados, aparte de mejorar el control postural estático y dinámico también hubo mejorías en el rendimiento funcional, la velocidad de movimiento del centro de presión y la capacidad del tobillo tanto en actividades cotidianas como deportivas en comparación al grupo convencional, dando como conclusión que este último protocolo es más efectivo y puede utilizarse para rehabilitar el control postural en CAI.

Hay discrepancias con respecto al tercer criterio evaluado como lo es la propiocepción, ya que los dos estudios que se encargaron de su análisis mostraron resultados diferentes entre sí. En el estudio de Uygun et al.¹⁰ con calidad 8 (Tabla 1), después de 4 semanas de intervención mediante el uso del Sonic Balance Pad “Evosonic” combinado con ejercicios propioceptivos y de fortalecimiento muscular en personas con FAI, evidenciaron que hubo una disminución significativa de errores en la propiocepción, tanto en la dorsiflexión derecha como en la flexión plantar izquierda del tobillo en comparación al grupo convencional. Mientras que la investigación de Yalfani et al.¹⁹ con calidad 8 (Tabla 1), después de 8 semanas de intervención mediante el uso de Neurofeedback combinado con entrenamiento neuromuscular en atletas con CAI, indicaron que hubo una disminución significativa en los índices de oscilación postural tanto en la bipedestación como en la posición monopodal con los ojos abiertos y cerrados, dando como conclusión que ambos protocolos son efectivos y pueden utilizarse para rehabilitar la propiocepción en ambos tipos de inestabilidad.

El cuarto criterio evaluado fue la fuerza muscular, dos estudios que evaluaron este criterio en personas con FAI difieren entre sus resultados, ya que la investigación de Kim et al.⁶ con calidad 7 (Tabla 1), después de 4 semanas de intervención mediante el uso del Nintendo Wii-Fit combinado con

entrenamiento de fuerza muscular, evidenciaron que solo hubo mejoría en la fuerza muscular del movimiento de flexión plantar en comparación al grupo convencional. Mientras que el estudio de Liu et al.⁷ con calidad 10 (Tabla 1), después de 6 semanas de intervención mediante el uso de un sistema de rehabilitación inteligente basado en computadora, pantalla LCD, mecanismo de tracción de polea y tabla de equilibrio combinado con entrenamiento de resistencia, demostraron que aparte de mejorar la fuerza muscular del movimiento de flexión plantar, también hubo mejorías en los movimientos de dorsiflexión, inversión y eversión del tobillo en comparación al grupo convencional, dando como conclusión que este último protocolo es el más efectivo y puede utilizarse para rehabilitar la fuerza muscular en personas con FAI.

El último criterio evaluado fue la amplitud de movimiento, dos estudios que evaluaron este criterio difieren entre sus resultados, ya que la investigación de Kim et al.¹⁴ con calidad 9 (Tabla 1), después de 6 semanas de intervención mediante el uso de Gafas Estroboscópicas combinado con entrenamiento de equilibrio en personas con CAI, evidenciaron que solo hubo mejoría en la amplitud del movimiento de dorsiflexión del tobillo en comparación al grupo convencional. Mientras que el estudio de Liu et al.⁷ con calidad 10 (Tabla 1), después del mismo periodo de intervención mediante el uso del sistema de rehabilitación inteligente mencionado en el anterior criterio combinado con entrenamiento de resistencia en personas con FAI, demostraron que aparte de mejorar la amplitud del movimiento de dorsiflexión, también aumentaron la amplitud de los movimientos de flexión plantar, inversión y eversión del tobillo en comparación al grupo convencional, dando como conclusión que este último protocolo es más efectivo y puede utilizarse para rehabilitar la amplitud de movimiento en pacientes con ambos tipos de inestabilidad.

Con respecto a las intervenciones, en el equilibrio, los protocolos de 12 semanas con programas como Biodex Balance System, aplicados en sesiones de 30 minutos, tres veces por semana, mostraron mejoras significativas en múltiples direcciones del tobillo, sugiriendo que dosis prolongadas son más adecuadas para abordar déficits generales en esta área. Por otro lado, intervenciones cortas e intensivas, como las de sesiones de 15 minutos, tres veces cada semana por 4 semanas con BAPS, lograron mejoras específicas en equilibrio estático y rendimiento funcional, destacando su capacidad para atender objetivos concretos. En el Control Postural, intervenciones con sesiones de 30 minutos, tres veces cada semana por 4 semanas con VR BOSS generaron mejoras puntuales en la velocidad y longitud de movimiento del centro de presión. Sin embargo, protocolos más extensos, como el de 8 semanas con sesiones de 15 a 20 minutos, tres veces cada semana con las Gafas Estroboscópicas, lograron mejoras tanto en el rendimiento funcional del tobillo, la velocidad de movimiento del centro de presión y la capacidad del tobillo-pie en ADL-S, indicando que estas dosis prolongadas son más efectivas para abordar de forma integral los déficits posturales. En Propiocepción, programas de corta duración, como las 4 semanas de intervención con sesiones de 30 minutos, tres veces cada semana, utilizando el Sonic Balance Pad, redujeron errores específicos en dorsiflexión y flexión plantar, enfocándose en mejoras localizadas. En contraste, intervenciones de 8 semanas con sesiones de 30 minutos, tres veces cada semana, aplicando Neurofeedback mostraron reducciones significativas en los índices de oscilación postural, reflejando que protocolos prolongados tienen un mayor impacto en aspectos generales de la propiocepción. Para la fuerza muscular, intervenciones cortas, como las de 4 semanas con sesiones de 20 minutos, tres veces cada semana, utilizando el Nintendo Wii-Fit, lograron resultados específicos en la mejora de la flexión plantar. Por su parte, protocolos de 6 semanas con sesiones de 30 minutos en días alternos, aplicando el Sistema de Rehabilitación Inteligente permitieron mejoras en una gama más amplia de movimientos, incluyendo dorsiflexión, inversión y eversión, destacando que las dosis más prolongadas son ideales para una recuperación más integral de este parámetro. En la amplitud de movimiento, las Gafas Estroboscópicas en 6 semanas de intervención con sesiones de 20 minutos, tres veces cada semana, mejoraron

específicamente la dorsiflexión de tobillo, mientras que el Sistema de Rehabilitación Inteligente en el mismo periodo de intervención también generaron mejoras en una amplia gama de movimientos, incluyendo la flexión plantar, inversión y eversión. Esto sugiere que las dosis prolongadas son más efectivas para tratar limitaciones generales de la movilidad articular.

Dentro de las proyecciones para este estudio, se recomienda que futuras investigaciones se enfoquen en incrementar el tamaño de las muestras para poder mejorar la generalización de los resultados, así como en estandarizar los test de evaluación para el equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento, permitiendo una comparación más precisa entre los estudios. Además, es crucial realizar seguimientos a largo plazo para analizar la sostenibilidad de los hallazgos observados en los parámetros evaluados en este estudio. También sería eficaz explorar el costo-beneficio de los programas y videojuegos utilizados en esta investigación, para asegurar su accesibilidad en contextos clínicos para personas en general y deportivos para los atletas.

Limitaciones y fortalezas

Esta revisión presentó varias limitaciones. En primer lugar, la mayoría de los estudios analizados incluyeron menos de 60 participantes, lo que limita la generalización de los hallazgos a poblaciones más amplias. Además, se utilizaron test heterogéneos para evaluar el equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento, dificultando la comparación directa de resultados entre las investigaciones. Otra limitación relevante es que la mayoría de los artículos presentaron un diseño experimental a corto plazo en un periodo de 4 a 12 semanas, lo que impide evaluar los efectos a largo plazo de las intervenciones. Como fortalezas de este estudio, se incluyeron artículos de buena y excelente calidad metodológica, lo que permitió demostrar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en este campo. Además, al considerar tanto la rehabilitación convencional como de realidad virtual, el estudio explora una amplia gama de intervenciones terapéuticas que abren la puerta a futuras investigaciones sobre la combinación de enfoques tradicionales y tecnológicos en la rehabilitación de FAI y CAI. Otra fortaleza relevante es que esta investigación al enfocarse en deportistas y personas en general, como niños, adolescentes y adultos jóvenes, ofrece recomendaciones específicas tanto deportivas para los atletas como clínicas para las personas en general, contribuyendo a la mejora del equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento en estos tipos de población.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio demostraron que ambas intervenciones, tanto la rehabilitación convencional como la rehabilitación mediante realidad virtual para CAI y FAI fueron efectivas, ya que en un periodo de entre 4 y 12 semanas, sus protocolos de entrenamiento combinado lograron mejorar el equilibrio, control postural, propiocepción, fuerza muscular y amplitud de movimiento del tobillo en deportistas y personas en general. Además, se evidenció que las dosis prolongadas de intervención en un periodo de 6 a 12 semanas son efectivas para abordar déficits generales, mientras que los protocolos cortos e intensivos en un periodo de 4 semanas, permiten mejoras localizadas en criterios específicos de los parámetros evaluados en este estudio. Se recomienda utilizar protocolos combinados con el fin de poder optimizar los resultados de recuperación en deportistas y personas en general con esta condición.

Referencias

1. Hertel J, Corbett RO. An updated model of chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2019; 54(6):572-588. [DOI:10.4085/1062-6050-344-18](https://doi.org/10.4085/1062-6050-344-18)
2. Zhang C, Chen N, Wang J, et al. The Prevalence and Characteristics of Chronic Ankle Instability in Elite Athletes of Different Sports: A Cross-Sectional Study. *J Clin Med*. 2022; 11(24). [DOI:10.3390/jcm11247478](https://doi.org/10.3390/jcm11247478)
3. Mohammadi N, Hadian MR, Olyaei GR. Compare the Effect of Traditional and Virtual Reality Training on Subjective-sense of Instability and Balance in Basketball-players with Functional Ankle Instability: Matched Randomized Clinical Trial. *J Biomed Phys Eng*. 2023; 13(3):269-280. [DOI:10.31661/jbpe.v0i0.2007-1146](https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2007-1146)
4. Spencer Cain M, Ban RJ, Chen YP, Geil MD, Goerger BM, Linens SW. Four-week ankle-rehabilitation programs in adolescent athletes with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2020; 55(8):801-810. [DOI:10.4085/1062-6050-41-19](https://doi.org/10.4085/1062-6050-41-19)
5. Kim KJ, Heo M. Comparison of virtual reality exercise versus conventional exercise on balance in patients with functional ankle instability: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2019; 32(6):905-911. [DOI:10.3233/BMR-181376](https://doi.org/10.3233/BMR-181376)
6. Kim K, Choi B, Lim W. The efficacy of virtual reality assisted versus traditional rehabilitation intervention on individuals with functional ankle instability: a pilot randomized controlled trial. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2019; 14(3):276-280. [DOI:10.1080/17483107.2018.1429501](https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1429501)
7. Liu X, He M, Hu R, Chen Z. Randomized controlled trial study of intelligent rehabilitation training system for functional ankle instability. *Sci Rep*. 2024; 14(1). [DOI:10.1038/s41598-024-55555-y](https://doi.org/10.1038/s41598-024-55555-y)
8. Shousha TM, Abo-Zaid NA, Hamada HA, Abdelhamid Abdelsamee MY, Behiry MA. Virtual reality versus Biodex training in adolescents with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Archives of Medical Science*. 2023; 19(4):1059-1068. [DOI:10.5114/aoms/134635](https://doi.org/10.5114/aoms/134635)
9. Li Y, Gao Y. Effects of balance training based on Kinect somatosensory interactive technology on the balance ability of patients with chronic ankle instability. *Web of Proceedings*. Published online 2020. [DOI:10.25236/icbsis.2020.047](https://doi.org/10.25236/icbsis.2020.047)
10. Uygun MN, Yang DK, Moon JS, Park DS. Effects of Ankle Stabilization Exercises Using Sonic Balance Pad on Proprioception and Balance in Subjects with Ankle Instability. *Healthcare (Switzerland)*. 2023;11(18). [DOI:10.3390/healthcare11182544](https://doi.org/10.3390/healthcare11182544)
11. Chuadthong J, Lekskulchai R, Hiller C, Ajjimaporn A. A Home-Based Exercise Program With Active Video Games for Balance, Motor Proficiency, Foot and Ankle Ability, and Intrinsic Motivation in Children With Chronic Ankle Instability: Feasibility Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*. 2023; 11(1). [DOI:10.2196/51073](https://doi.org/10.2196/51073)
12. Forsyth L, Bonacci J, Childs C. A pilot randomised control trial of the efficacy of stability-based training with visualisation for people with chronic ankle instability. *Med Biol Eng Comput*. 2022; 60(4):1199-1209. [DOI:10.1007/s11517-022-02533-z](https://doi.org/10.1007/s11517-022-02533-z)
13. Kim SH, Gwak YJ, Kim DJ, Park SH, Shin YJ, Kim SJ. The Effects of Virtual Reality Training and Traditional Balance Training on Balance in Patients with Functional Ankle Instability. *Korea Science*. 2020; 18(2):183-194. [DOI:10.21598/JKPNFA.2020.18.2.183](https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2020.18.2.183)
14. Kim KM, Estudillo-Martínez MD, Castellote-Caballero Y, Estepa-Gallego A, Cruz-Díaz D. Short-term effects of balance training with stroboscopic vision for patients with chronic ankle instability: A single-blinded randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(10). [DOI:10.3390/ijerph18105364](https://doi.org/10.3390/ijerph18105364)

15. Uzlaşır S, Özdiraz KY, Dağ O, Tunay VB. The effects of stroboscopic balance training on cortical activities in athletes with chronic ankle instability. *Physical Therapy in Sport*. 2021; 50:50-58. DOI:10.1016/j.pts.2021.03.014
16. Shahani O, Majelan AS, Yazdi NK. Restoring stability and proprioception: the use of postural re-education and proprioceptive exercises for chronic ankle instability in athletes. *Sport Sci Health*. Published online 2024. DOI:10.1007/s11332-024-01221-9
17. Kruatiwa N, Yimlamai T. Effects of Two Rehabilitation Programs on Dynamic Balance in Athletes with Functional Ankle Instability. *Journal of Exercise Physiology Online - JEP*. 2021; 24. Accessed November 2, 2024. DOI:10.1177/19417381231219198
18. Choi H, Kim H, You J (Sung) H. Effects of Balance Training with Stroboscopic Glasses on Joint Position Sense, Postural Stability, and Functional Performance Testing in Chronic Ankle Instability National Athletes: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *J Mech Med Biol*. Published online August 20, 2024. DOI:10.1142/s0219519424400402
19. Yalfani A, Azizian M, Gholami-Borujeni B. Adding Neurofeedback Training to Neuromuscular Training for Rehabilitation of Chronic Ankle Instability: A 3-Arm Randomized Controlled Trial. *Sports Health*. 2024; 16(5):797-807. DOI:10.1177/19417381231219198
20. Elaraby AER, Shahien M, Jahan AM, Etoom M, Bekhet AH. The Efficacy of Virtual Reality Training in the Rehabilitation of Orthopedic Ankle Injuries: A Systematic Review and Meta-analysis. *Advances in Rehabilitation Science and Practice*. 2023; 12:117957272311516. DOI:10.1177/11795727231151636
21. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*. 2021; 372. DOI:10.1136/bmj.n71
22. *Escala PEDro-Español.*; 2016. Accessed November 4, 2024. <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale/>
23. Foley NC, Teasell RW, Bhogal SK, Speechley MR. Stroke Rehabilitation Evidence-Based Review: Methodology. *Top Stroke Rehabil*. 2003; 10(1):1-7. Accessed November 4, 2024. DOI:10.1310/Y6TG-1KQ9-LEDQ-64L8

Afiliaciones

¹Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Fisioterapia, Ambato, Ecuador.

Declaración de Autoría

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación y metodología: Rodolfo Ubaldo Alvarez Barriga; Supervisión, revisión, redacción y edición del borrador original: Rodolfo Ubaldo Alvarez Barriga y Paul Fernando Cantuña Vallejo.

Conflicto de Interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.



Copyright (c) 2025 Journal of Movement and Health. Este documento se publica con la política de Acceso Abierto. Distribuido bajo los términos y condiciones de Creative Commons 4.0 Internacional <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.