



TESINA

Presentada para acceder al título de grado de la carrera de

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“Entrenamiento y evaluación propioceptiva de la articulación
de la rodilla en futbolistas con lesión del LCA”**

Autor:

Del Greco, Franco. N° de libreta 5265

Director:

Lic. Ignacio Lassaga

Sede: Rosario

Fecha de Presentación

24/07/2024

Firma del autor:

A small, square image showing a handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and includes the name 'Franco Del Greco' written below the main signature.

Resumen

Introducción: La lesión del ligamento cruzado anterior es la causa principal que lleva al futbolista a estar mayor tiempo fuera de competencia. Es aquí, donde la figura del kinesiólogo deportivo adquiere una gran relevancia al llevar adelante la rehabilitación. Según la bibliografía explorada, estas premisas han impulsado la búsqueda de herramientas evaluativas que permiten obtener mediciones de la propiocepción otorgando información objetiva con el propósito de poder desarrollar un plan de entrenamiento propioceptivo adecuado a fin de trabajar en la prevención y rehabilitación de esta lesión.

Objetivo general: El objetivo general de este estudio es analizar, a partir de una revisión bibliográfica, cuáles son los entrenamientos y las evaluaciones propioceptivas de la articulación de la rodilla con lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas.

Materiales y métodos: Se realizó un trabajo de revisión bibliográfica consultando los artículos publicados en las diferentes bases de datos, entre los años 2001 y 2023. Términos DeCs: propiocepción, entrenamiento, estudio de evaluación, ligamento cruzado anterior, fútbol. Términos MeSh: proprioception, trainig, assessment, anterior cruciate ligament, soccer.

Resultados: En cuanto al objetivo relacionado con los efectos de la lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas sobre la propiocepción de la rodilla, los distintos estudios analizados arrojaron los siguientes resultados: “La Prueba Cinestésica Pasiva y Activa” ha mostrado una reducción significativa del sentido de la posición en la extremidad operada para una posición de flexión de rodilla de 15 grados. Y en el “Sistema de Equilibrio Biodex” se ha observado que la extremidad operada de un futbolista tiene menor pérdida del centro de gravedad y mayor estabilidad que la extremidad de un futbolista sin lesión.

En relación al objeto de estudio basado en la sensibilidad y especificidad de las evaluaciones propioceptivas se encontró que la evaluación más utilizada es la “Prueba de equilibrio “Y”” ya que tiene un alto nivel de confiabilidad con un intervalo entre 91% - 99%.

Y con respecto al último objetivo de análisis relativo a los distintos métodos de entrenamiento propioceptivo a través de la implementación del Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento (PEP) en el calentamiento se podría

llegar a reducir el riesgo de lesiones del ligamento cruzado anterior, y parecería ser más beneficiosos si fuese aplicado en jugadoras de fútbol femenino jóvenes.

Conclusión: Los datos obtenidos indicaron que el uso de un programa de entrenamiento propioceptivo podría llegar a reducir el riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas femeninas jóvenes. En lo que respecta a las evaluaciones propioceptivas en jugadores de fútbol, si bien existen pruebas que cuentan con elevada fiabilidad y confianza, no hay una literatura sólida que respalde el uso de una evaluación por excelencia.

Índice

I) Introducción.....	1
II) Objetivos.....	4
III) Marco teórico	4
III.a. Recuerdo anatómico y biomecánico de la rodilla y del ligamento cruzado anterior	4
III.b. Propiocepción. Definición	6
III.b.1 Propioceptores.....	7
III.b.2 Huso muscular	8
III.b.3 Órgano tendinoso de Golgi	8
III.b.4 Receptores de la cápsula articular y los ligamentos articulares	9
III.b.5 Receptores de la piel.....	9
III.c. Reflejos y habilidad motora	9
III.d. Entrenamiento propioceptivo.....	10
III.e. Evaluación propioceptiva	12
IV) Justificación	16
V) Metodología	17
V.a. Palabras claves.....	17
V.b. Criterios	19
VI) Resultados.....	20
VI.a. Selección de artículos.....	20
VI.b. Resultados del primer objetivo específico	20
VI.c. Resultados del segundo objetivo específico	22
VI.d. Resultados del tercer objetivo específico	23
VI.d.1 Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento (PEP) ..	23
VI.d.2Entrenamiento Neuromuscular	24
VI.d.3 Entrenamiento con tablas de equilibrio	27
VI.d.4 Entrenamiento propioceptivo y coordinativo.....	31
VI.d.5 Programa de entrenamiento propioceptivo “FIFA”	31
VII) Discusión	54
VIII) Conclusión.....	58
IX) Referencias Bibliográficas.....	59
X) Anexos	64
X.a. Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento	

(PEP).....	64
X.b. Programa de calentamiento neuromuscular de Wálden et al	65
X.b.1 Programa de ejercicios de calentamiento de Soligard et al	70
X.c El programa de ejercicios de rodilla de Engebretsen et al	72
Programa de entrenamiento propioceptivo con tablas de equilibrio de Cerulli et al...	73
X.d Programa de entrenamiento coordinativo y propioceptivo en pretemporada de Knobloch et al.....	74

I. Introducción

El ámbito del deporte de competición supone la utilización máxima de las capacidades de quienes lo practican con la finalidad de obtener los mejores rendimientos que luego se traducirán en óptimos resultados. Para lograr este cometido, es necesario aplicar distintas metodologías de entrenamiento y evaluaciones deportivas las cuales serán utilizadas con el objetivo de optimizar al máximo la capacidad de cada jugador.

De esta forma el deportista elevaría su rendimiento físico, pero también evitaría lesiones en forma periódica. “Sabido es que los jugadores de fútbol de alto rendimiento se someten a rutinas de entrenamiento intensas donde se trabaja hasta el más mínimo detalle sin dejar nada al azar. Esto combinado con hábitos y modos de vida acordes, permite emplear todo el potencial que el deportista posee para la actividad en cuestión” ¹.

“En el proceso de búsqueda de estos rendimientos máximos suelen ocurrir lesiones que afectan la integridad física y el futbolista se ve obligado a interrumpir su ritmo de entrenamiento/competición normal, para adoptar una conducta que logre recuperar esas capacidades alteradas. Asimismo, las estadísticas científicas evidencian que los futbolistas se encuentran con mayor riesgo de lesión en la rodilla, en especial en el ligamento cruzado anterior” ².

Antes de comenzar a desarrollar esta investigación, es preciso brindar algunos conceptos básicos acerca de la rodilla.

“La rodilla es una articulación que une el hueso del muslo, el fémur, a la parte superior del hueso de la tibia. Está compuesta por huesos, cartílagos, músculos, ligamentos y tendones. Estas partes funcionan conjuntamente para que las piernas se flexionen, se extiendan y roten. Es una articulación de carga que soporta la mayor parte del peso corporal cuando la persona está de pie. A pesar de ser una articulación en sí, también se compone por dos articulaciones diferentes: -articulación femorotibial, donde las superficies en contacto son los cóndilos femorales con la tibia, y la -articulación femoropatelar, que está formada por la tróclea femoral y la parte posterior de la rótula” ³.

Además, “en el centro de la articulación se sitúan los ligamentos cruzados que se cruzan entre sí de manera oblicua, como la letra X. El ligamento cruzado anterior (LCA) emerge desde la superficie intercondílea anterior, justo por detrás de la inserción del menisco medial. Se extiende en dirección superior, posterior y lateral para insertarse en la parte posterior del lado medial del cóndilo lateral del fémur. Limita el rodamiento posterior (giro y traslación) de los cóndilos tibiales sobre la meseta tibial

durante la flexión y lo convierte en rotación pura (giro sobre sí mismo sin traslación). También previene el desplazamiento posterior del fémur sobre la tibia, así como la hiperextensión de la articulación de la rodilla. Cuando la articulación está flexionada en un ángulo recto, la tibia no puede ser traccionada hacia adelante porque está anclada por el LCA. También cabe decir que el LCA tiene un aporte sanguíneo relativamente pobre, lo cual trae aparejado una lenta cicatrización post intervención quirúrgica”⁴.

Ahora bien, la lesión del LCA es la causa que lleva al futbolista a estar mayor tiempo fuera de competencia, lo cual se ha convertido en el principal punto de partida de investigación para determinar las evaluaciones funcionales necesarias a fin de proyectar un plan de entrenamiento propioceptivo adecuado. “Lo notable es que la mayoría de los desgarros del LCA en jugadores de fútbol son de naturaleza sin contacto”². “El mecanismo de lesión del LCA sin contacto más común incluye una desaceleración con una alta torsión de extensión interna de la rodilla (con o sin perturbación) combinada con una rotación dinámica en valgo con el peso del cuerpo desplazado sobre la pierna lesionada y la superficie del pie fija en el suelo”⁵.

Cuando un futbolista de élite resulta lesionado, la figura del kinesiólogo deportivo adquiere un papel trascendental dado que es quien “para diseñar un programa eficaz deberá llevar a cabo una evaluación de la lesión completa, detallada y ordenada”¹.

Bajo la óptica de organización y desarrollo de la condición física del futbolista se puede realizar la siguiente afirmación: “los futbolistas necesitan de pruebas que los pongan en situación de stress máximo a las estructuras a evaluar, con el objetivo de crear una situación fáctica que demande las mismas (o muy similares) exigencias que el deportista deberá afrontar en la práctica de su disciplina; de esta manera la obtención de resultados satisfactorios indicará la aptitud para llevar adelante el deporte en cuestión”¹.

Estas son las llamadas “**Evaluaciones Funcionales**” las cuales “son de vital importancia a la hora de llevar adelante un plan de rehabilitación, especialmente en las últimas etapas donde el deportista es exigido de manera más intensa para conseguir la pronta reinserción a la competencia”¹.

Existen numerosas evaluaciones funcionales, pero en el presente trabajo se desarrollará en profundidad la evaluación funcional de la propiocepción de la articulación de la rodilla.

Antes de adentrarnos en este tema, es necesario primero describir qué es la propiocepción. “Podemos decir que la propiocepción se define como la apreciación de la posición de la articulación tanto de forma consciente como inconsciente, y además como la sensación de movimiento articular en el espacio y el rango de movimiento.

Para el desarrollo de esta información son fundamentales los husos musculares y los receptores tendinosos de Golgi”⁶.

“El realizar ejercicios propioceptivos, como actividad necesaria para restaurar el control neuromuscular, fue introducido inicialmente en programas de la rehabilitación. La razón de ser encuentra fundamento en lo siguiente. Los ligamentos contienen mecanorreceptores. Una lesión en un ligamento alteraría su información aferente. De modo que, el tratamiento terapéutico elegido necesariamente velará por restaurar esta función neurológica alterada. Más recientemente, las técnicas de acondicionamiento neuromuscular han evolucionado paulatinamente”⁷.

En este punto, es dable resaltar el rol especial que desempeña el kinesiólogo en la rehabilitación de futbolistas. En principio, “implica no dejar ningún aspecto del total de las capacidades sin evaluar para obtener datos concretos sobre cada una de ellas, y así poder efectuar un análisis global del deportista a los efectos de determinar el mejor rendimiento y/o para observar la evolución durante un plan de rehabilitación o durante un período de entrenamiento”¹.

“Ahora bien, para desarrollar un programa de rehabilitación de rodilla seguro y beneficioso es necesario seguir dos principios básicos. El primero de ellos comprende minimizar los efectos de la inmovilización y el segundo es someter a tensión de forma progresiva y con precaución los tejidos en proceso de curación para facilitar el retorno a la función normal. Teniendo en cuenta estos dos principios, el kinesiólogo podrá desarrollar un programa seguro, y el atleta podrá así completar el proceso que dará como resultado una rodilla sana y funcional”¹.

Por otro lado, actualmente el entrenamiento propioceptivo se utiliza también en la prevención de lesiones.

Para fundamentar y justificar esto, es digno de mención lo expuesto por el prestigioso autor Casáis Martínez⁸ “quien ha resaltado el papel de la propiocepción en la prevención y el tratamiento de las lesiones deportivas. Fundamenta que al sufrir lesiones articulares suelen afectarse mecanismos mecanorreceptores que inhiben la estabilización refleja neuromuscular normal de la articulación, lo que contribuye a que se reproduzcan las lesiones, así como el deterioro progresivo de la articulación. El mismo autor llegó a la conclusión de que las medidas preventivas que mayor evidencia científica ofrecen son el uso de vendajes funcionales, el entrenamiento de flexibilidad y de fuerza (especialmente el trabajo excéntrico), y el trabajo propioceptivo”⁸.

Para sostener este trabajo investigativo, se llevará a cabo un relevamiento bibliográfico sobre la forma en la que se debe evaluar y entrenar la propiocepción.

En base hasta lo aquí expuesto surgió el interés en realizar esta tesina, y en función de ello se planteó la hipótesis/pregunta-problema de la misma, la cual es:

"¿Cuáles son los entrenamientos y las evaluaciones propioceptivas de la articulación de la rodilla con lesión del ligamento cruzado anterior reconocidas por la literatura científica en futbolistas?".

II. Objetivos

II.a. Generales

- Analizar, a partir de una revisión bibliográfica, cuáles son los entrenamientos y las evaluaciones propioceptivas de la articulación de la rodilla con lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas reconocidas por la literatura científica.

II.b. Específicos

- Investigar los efectos de la lesión del LCA en futbolistas sobre la propiocepción de la rodilla.
- Determinar la sensibilidad y especificidad de las evaluaciones propioceptivas de la rodilla.
- Describir los ejercicios de rehabilitación del entrenamiento propioceptivo de la articulación de rodilla en futbolistas destinado a modificar y/o disminuir las tasas de re lesión del LCA.

III. Marco teórico

III.a. Recuerdo anatómico y biomecánico de la rodilla y del ligamento cruzado anterior

A modo de repaso, diremos que anatómicamente la estructura de la rodilla se presenta como una “bisagra” con una superficie convexa del lado proximal y otra cóncava del lado distal. En la rodilla pueden distinguirse dos compartimientos, uno medial cuya característica principal es la “estabilidad”, y otro lateral que se caracteriza por la “movilidad”.

Los componentes óseos que la rodilla posee son el fémur, la rótula y la tibia. Cabe aclarar que el peroné, aunque sea un hueso que estructura la pierna, no está directamente implicado en la composición de la misma.

Su funcionamiento óptimo depende de unas estructuras de fibrocartilago, las cuales conocemos como meniscos. Éstos desempeñan un papel fundamental en la biomecánica de la rodilla. En ellos se puede distinguir entre uno axial, que presenta una estructura delgada; y otro periférico, que forma un muro sólido, adherido a la cápsula sinovial.

Los meniscos cumplen varias funciones. Como las más importantes, podemos mencionar las siguientes:

- Su estructura flexible favorece la acción de amortiguación en la transmisión de las cargas.

- El tamaño y la morfología que poseen aumenta la superficie de contacto lo cual favorece y mejora la distribución de las fuerzas.

- Siendo superficies articulares y medios de unión, le otorgan estabilidad a la rodilla. Y a la vez le permite un comportamiento "plástico" en el transcurso de los movimientos de la misma.

- Por último y no menos importante, los meniscos participan en la "lubricación" de la articulación de la rodilla a través de la movilización del líquido sinovial.

En relación a lo que mencionamos con anterioridad, es importante hablar ahora acerca de los cóndilos femorales lateral y medial, que están conectados caudalmente, pero se encuentran separados por la fosa intercondílea donde se albergan los dos ligamentos cruzados de la rodilla, los cuales se llaman ligamento cruzado anterior (LCA) y ligamento cruzado posterior (LCP). Todas estas estructuras a nivel capsuloligamentario comparten la cápsula sinovial, incluyendo a la articulación femorrotuliana y femorotibial.

Los ligamentos cruzados de la rodilla tienen una disposición en forma de "X" en el plano sagital y frontal, estando siempre en tensión independientemente de la posición de flexo-extensión. Se caracterizan por ser muy potentes, y además están enroscados en diferentes haces de fibras lo que les permite mantener una tensión igualada, sea cual sea el grado de flexión de la articulación.

Por un lado, anatómicamente el LCA se ubica desde el área preespinal tibial hacia arriba, hacia atrás, y hacia fuera. Este recorrido bastante vertical le hace pasar muy cerca del fondo de la fosa intercondílea, con una aproximación máxima durante la hiperextensión de la rodilla.

La función del LCA es especialmente importante en la propiocepción de la rodilla, ya que sus lesiones conllevan una importante desafienciación articular.

La rotura del LCA puede producirse de varias formas, por flexión-valgo y rotación lateral (tracción pura), flexión-varo y rotación medial (tracción y enroscamiento con el LCP) o hiperextensión simple (tracción - compresión sobre la fosa intercondílea).

Por otro lado, el LCP desde su inserción tibial se dispone hacia arriba, hacia adelante y hacia dentro, con un recorrido más bien horizontal.

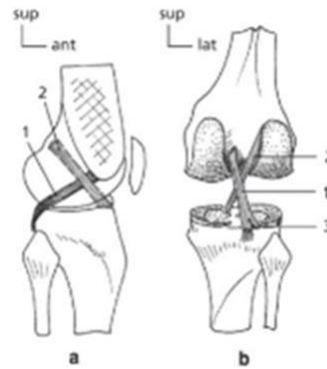


Figura 1. Cruzamiento de los ligamentos cruzados anterior (LCA) y posterior (LCP) en los planos sagitales (a) y frontal (b). LCP (1), LCA (2) ¹.

Estos poderosos ligamentos desempeñan un papel de guiado pasivo en los desplazamientos de los cóndilos femorales en flexión o tras la extensión.

De esta forma, durante la flexión, el LCA facilita el deslizamiento anterior de los cóndilos femorales y presenta un papel de refuerzo anterior frente a la rodadura de adelante de los cóndilos, por su inserción sobre el cóndilo lateral.

Del mismo modo, el LCP está implicado en el refuerzo del deslizamiento posterior de los cóndilos tras la flexión.

A modo distintivo además de lo explicado, el LCA está menos vascularizado que el LCP, lo cual debe tenerse en cuenta en relación con su cicatrización.

Es gracias al juego armónico de las estructuras óseas que componen la rodilla, junto a los meniscos y ligamentos, que aquella logra cumplir su función biomecánica.

El complejo articular de la rodilla da lugar a la articulación femorrotuliana y femorotibial. Estas articulaciones tienen claras posibilidades de movimiento en el plano sagital, mientras que, en el plano transversal cuando la misma se flexiona, aquellas se reducen significativamente. Por lo tanto, la situación que se presenta, a raíz de lo antedicho más arriba, es que la rodilla debe adaptarse en forma continua y constante a los requerimientos mecánicos de la articulación coxofemoral, y al complejo tobillo-pie los cuales inciden en el correcto funcionamiento de los miembros inferiores ¹⁰.

III.b. Propiocepción. Definición

Existen en la bibliografía científica diversos términos para referirse a la propiocepción tales como, sistema sensoriomotor, cinestesia, sistema neuromotor, sensibilidad articular y otros, que hacen referencia a un mismo sistema: "El Sistema Propioceptivo".

La palabra "propiocepción" fue introducida en 1906 por el neurofisiólogo inglés Charles Sherrington, quien describió a la propiocepción como la información sensorial

que contribuye al sentido de la posición propia y al movimiento ¹¹.

Este primario concepto se fue desarrollando a lo largo del tiempo, y hoy autores modernos definen a la propiocepción como la apreciación de la posición de la articulación tanto de forma consciente como de forma inconsciente, además de la sensación de movimiento articular en el espacio y el rango de movimiento ⁶.

La propiocepción proporciona diversas fuentes informativas. Parece que el sujeto las percibe a todas ellas de forma unificada gracias a la integración que realiza el sistema de procesamiento de la información. Pero además, la información propioceptiva integrada se unifica a su vez para el movimiento, con otras fuentes sensoriales como ser la información visual, para luego así concluir en un procesamiento superior. Para estos procesos de integración informativa de las fuentes sensoriales el aprendizaje del sujeto es decisivo. Básicamente en ese aprendizaje cognitivo lo que se realiza es un proceso de reducción de incertidumbre. Con la práctica se consigue integrar todas las fuentes propioceptivas en unidades mayores, que además se unen a la integración proporcionada por la fuente visual. Todo ello se aprecia en la estabilidad del gesto y en el control de la situación cada vez que la misma se repite ¹².

Sumando a lo anterior, se sabe que la propiocepción consciente es esencial para un funcionamiento apropiado de las articulaciones para cuando realizamos actividades de la vida diaria y cotidiana, así como en el desempeño de tareas laborales, pero sobre todo cuando hablamos de la práctica deportiva, que es el caso que nos ocupa en la presente investigación. Mientras que la propiocepción inconsciente modula la función muscular e inicia la estabilización refleja.

Agregamos que, el conocimiento y también la evidencia científica demostraron que una disminución de la propiocepción puede predisponer a una lesión articular. Esto ha llevado a los investigadores a considerar la agudeza propioceptiva antes de una temporada atlética, y después variar las intensidades y modos de ejercicio ¹³.

Hoy en día el término propiocepción ha evolucionado. Se conoce como la conciencia de posición y movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza de movimiento, la cual consta de tres componentes:

- a. Estatestesia: Provisión de conciencia de posición articular estática.
- b. Cinestesia: Conciencia de movimiento y aceleración
- c. Actividades eectoras: Respuesta refleja y regulación del tono muscular¹¹.

III.b.1 Propioceptores

Habiendo previamente definido su concepto, nos centraremos ahora en los tipos de propioceptores que tenemos los seres humanos.

Existen básicamente tres clases de receptores periféricos, los cuales incluyen receptores musculares, articulares y cutáneos, que responden a la deformación mecánica producida en los tejidos y envían esta información al Sistema Nervioso Central (de aquí en adelante SNC), modulando constantemente el sistema neuromuscular.

Esa información que se traduce en un estímulo y que viaja por las vías aferentes, genera sinapsis en el asta dorsal de la médula espinal, y de allí pasan directamente, o por medio de las interneuronas, a las neuronas alfa y gamma, las cuales controlan la información proveniente de la periferia.

La información aferente, también es procesada y modulada en otros centros de control en el sistema nervioso central como son el cerebelo y la corteza.

Trabajando en forma completamente subconsciente, el cerebelo tiene un rol esencial en la planificación y modificación de las actividades motoras.

Partiendo entonces de esta premisa, los tres tipos de mecanorreceptores, tienen un rol interactivo en el mantenimiento de la estabilidad articular ¹⁴.

III.b.2 Huso muscular

Este es un receptor sensorial, propioceptor, situado dentro de la estructura del músculo, que se estimula ante estiramientos lo suficientemente fuertes de éste. Mide la longitud (grado de estiramiento) del músculo, el grado de estimulación mecánica y la velocidad con que se aplica el estiramiento y manda la información al SNC. Su “función clásica” sería la inhibición de la musculatura antagonista al movimiento producido (relajación del antagonista para que el movimiento se pueda realizar de forma eficaz).

Ante velocidades muy elevadas de incremento de la longitud muscular, los husos proporcionan una información al SNC que se traduce en una contracción refleja del músculo denominado REFLEJO MIOTÁTICO O DE ESTIRAMIENTO, que sería un reflejo de protección ante un estiramiento brusco o excesivo (ejemplo: ante la inversión brusca de tobillo, hace que se contraigan los peroneos laterales como mecanismo eversor de defensa, disminuyendo el riesgo de producir lesiones por distensión ligamentaria) ¹.

III.b.3 Órgano tendinoso de Golgi

Se trata de receptores musculares de forma fusiforme, localizados en el colágeno de la unión mio-tendinosa, y posiblemente en los elementos contráctiles del músculo, conectados en serie con grupos de fibras musculares (aunque también se han encontrado en los ligamentos y también en los meniscos).

Se encargan de medir la tensión desarrollada por el músculo. Fundamentalmente, se activan cuando se produce una tensión peligrosa (extremadamente fuerte) en el complejo músculo-tendinoso, sobre todo si es de forma "activa" (generada por el sujeto y no por factores externos). Sería un reflejo de protección ante excesos de tensión en las fibras músculo-tendinosas que se manifiesta en una relajación de las fibras musculares. Así pues, sería el REFLEJO MIOTÁTICO INVERSO. Al contrario que con el huso muscular, cuya respuesta es inmediata, los órganos de Golgi necesitan un periodo de estimulación de unos 6-8 segundos para que se produzca la relajación muscular ¹.

III.b.4 Receptores de la cápsula articular y los ligamentos articulares

Parece ser que la carga que estos receptores soportan en relación a la tensión muscular ejercida, también activa una serie de mecanorreceptores capaces de detectar la posición y movimiento de la articulación implicada. Son propioceptores relevantes sobre todo cuando estas estructuras, cápsula y ligamentos, se hallan dañadas ¹⁵.

III.b.5 Receptores de la piel

Por último, estos receptores proporcionan información sobre el estado tónico muscular y sobre el movimiento, contribuyendo al sentido de la posición y al movimiento, sobre todo, de las extremidades, donde son muy numerosos ¹⁶.

III.c. Reflejos y habilidad motora

Un adecuado funcionamiento de la articulación de la rodilla implica adquirir con el tiempo, la posibilidad de desarrollar respuestas reflejas y una habilidad motora. Ésta conforma un grupo de movimientos sencillos y naturales combinados de un modo nuevo o poco habitual para conseguir un objetivo prefijado. Un movimiento específico requiere tanto movilidad como estabilidad de las partes del cuerpo.

Cada movimiento consiste en una combinación coordinada de diversas actividades articulares, y cada movimiento articular consiste en una combinación coordinada de las acciones musculares: contracción de los desplazadores motores primarios, relajación de los antagonistas, y apoyo de la contracción de sinergistas y fijadores. Estas combinaciones están mediadas por la información aferente recibida y procesada en el SNC, y convertida en las señales apropiadas que finalmente convergen en los fondos comunes de motoneuronas, provocando la actividad apropiada de cada músculo ¹⁷.

Esto requiere una función integradora precisa, que no alcanza para dejarla solamente en manos de los esfuerzos conscientes del ser humano. De aquí que la regulación se ha delegado en los mecanismos automáticos, donde la propiocepción

ocupa un lugar destacado.

Aunque el mecanismo de retroalimentación (feedback) ha sido considerado tradicionalmente el mecanismo primario de control neuromuscular, el mecanismo de anticipación o anterógrado (feedforward) que planifica programas de movimiento y activa la musculatura en base a las experiencias vividas anteriormente, también juega un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad articular.

Este mecanismo sugiere, que se desarrolla una construcción interna para la estabilidad articular y sufre continuas actualizaciones sobre la base de experiencias previas bajo condiciones conocidas ¹⁴.

Entonces, el objetivo último del aprendizaje motor, y más aún en deportistas, es el automatismo, la puesta en práctica de una habilidad con un mínimo de implicación consciente. Con este fin, la retroalimentación propioceptiva de cada movimiento o posición se convierte en la señal de entrada (estímulo condicionado) del siguiente, y el movimiento sigue adelante con un mínimo de dirección consciente.

De aquí que un entrenamiento propioceptivo adecuado sirve como potenciador de este mecanismo anterógrado.

III.d. Entrenamiento propioceptivo

La gran mayoría de la bibliografía publicada a nivel mundial destaca el valor del entrenamiento propioceptivo tanto para la prevención como para la rehabilitación de lesiones deportivas.

A través del entrenamiento propioceptivo, el atleta aprende a sacar ventajas de los mecanismos reflejos, mejorando los estímulos facilitadores que aumentan el rendimiento y disminuyendo las inhibiciones que lo reducen.

Así, reflejos como el de estiramiento que pueden aparecer ante una situación inesperada (por ejemplo, perder el equilibrio), pueden manifestarse de forma correcta (ayudan a recuperar la postura) o incorrecta (provocar un desequilibrio mayor). Con el entrenamiento propioceptivo, los reflejos básicos incorrectos tienden a eliminarse para optimizar la respuesta.

Por esto, la propiocepción desempeña un papel protector en la lesión aguda de rodilla por medio de la fijación refleja, es decir, se encuentra automatizado.

Las técnicas de entrenamiento deben ser diseñadas para desarrollar respuestas compensatorias neuromusculares individualizadas para cargas potencialmente desestabilizadoras que se pueden dar durante las diversas actividades deportivas y de la vida diaria. La aplicación de estas cargas deben ser determinadas y supervisadas por un profesional de una manera controlada.

Finalmente, el entrenamiento propioceptivo debe proveer la adquisición de

respuestas aprendidas para las actividades funcionales y que ellas puedan ser más exitosas, si son practicadas en el contexto funcional del deporte específico.

Los ejercicios a trabajar pueden ser los siguientes:

- Estímulos con técnicas de balance y entrenamiento de agilidad, tales como carreras de lanzamiento, aceleración y desaceleración repentina, desplazamientos laterales y tablas de balance. Estos pueden proveer al individuo mejoramiento en la propiocepción.

- Otras opciones de entrenamiento para mejorar la propiocepción de las extremidades inferiores, involucra superficies de soporte inestable, como la tabla rodante y la tabla inestable. Estas técnicas pueden ser modificadas, para que el individuo pueda experimentar las perturbaciones durante las actividades propias de su deporte. Estas actividades, generalmente progresan desde velocidades lentas a rápidas, desde baja a alta fuerza, y desde actividades controladas hasta actividades no controladas.

- También se pueden implementar ejercicios que faciliten las respuestas preparatorias y reactivas de los músculos. Estos ejercicios incluyen estabilización rítmica, durante los cuales el individuo es animado a mantener la posición articular mientras se aplica grados y direcciones variables de perturbación articular.

- Además, los ejercicios en los cuales se soportan pesos también son necesarios, por ejemplo, aquellos que se trabajan en cadena cinética cerrada.

En la bibliografía estudiada, el método más investigado por los autores, Gilchrist et al ³²., es el Programa de Prevención de Lesiones y Mejoras del Rendimiento (PEP, por sus siglas en inglés) que consiste en ejercicios de calentamiento, estiramiento, fortalecimiento, pliometría y agilidad, específicos del deporte en cuestión, para abordar posibles déficits en la fuerza y en la coordinación neuromuscular de los músculos estabilizadores de la articulación de la rodilla.

En definitiva, existe una infinidad de modos y ejercicios para entrenar la propiocepción. Lo más importante es que el entrenamiento debe asemejar las demandas del deporte sobre la articulación de la rodilla, ya que nos permite mejorar la fuerza, coordinación, equilibrio, tiempo de reacción ante situaciones determinadas, y a compensar la pérdida de sensaciones ocasionadas tras una lesión articular para evitar el riesgo de que ésta se vuelva a producir ¹.

III.e. Evaluación propioceptiva

Tal como se dijo, en el deporte en general la importancia de la propiocepción

ha sido bien establecida en la prevención, así como en la rehabilitación. De esta forma un futbolista elevaría su rendimiento físico, pero también podría colaborar con evitar la aparición de lesiones articulares, ya sea por motivos intrínsecos o extrínsecos, trayendo consigo alteraciones en el sistema propioceptivo. Es de público conocimiento, asimismo, según las estadísticas científicas, que los futbolistas se encuentran con mayor riesgo de lesión en la rodilla, en especial en el ligamento cruzado anterior.

Ahora bien, como ya se dijo más arriba, la lesión del LCA es la causa que lleva al futbolista a estar mayor tiempo fuera de competencia, lo cual se ha convertido en el principal punto de partida de investigaciones para determinar las evaluaciones funcionales necesarias a fin de proyectar un plan de entrenamiento propioceptivo adecuado.

“Lo notable es que la mayoría de los desgarros del LCA en jugadores de fútbol son de naturaleza sin contacto, este mecanismo de lesión incluye una desaceleración con una alta torsión de extensión interna de la rodilla (con o sin perturbación) combinada con una rotación dinámica en valgo con el peso del cuerpo desplazado sobre la pierna lesionada y la superficie del pie fija en el suelo”⁵.

Por lo tanto, cuando un futbolista resultase lesionado se necesita de pruebas que tengan el objetivo de crear situaciones muy similares a las que afronta en la práctica. Razón por la cual es necesario identificar las estrategias de evaluación de la propiocepción para examinar los mecanismos propioceptivos.

Existen diferentes métodos utilizados para evaluar la propiocepción que se mencionan en la literatura. A continuación, se mencionan algunas:

- Prueba de percepción del movimiento o cinestésica, la cual evalúa la capacidad de detección del movimiento para juzgar el grado de control ejercido por el sujeto sobre la posición de la rodilla en el espacio. En ella se mide la diferencia angular entre las dos rodillas en comparación con la rodilla del lado no traumático. La prueba se repite tres veces, para luego calcular el promedio. Se dice que la medición goniométrica ha demostrado su valor tanto en los inter como intra-examinadores. Esta evaluación se puede realizar de forma pasiva y activa¹⁸.

- Prueba de equilibrio realizada con el Sistema de Equilibrio Biodex que consiste en una plataforma de estabilidad que incluye un software que permite almacenar los resultados objetivos de las pruebas y comparar evaluaciones. La evaluación se realiza en ocho niveles diferentes de estabilidad durante un total de 30 segundos: el nivel 8 es el más estable y el nivel 1 es el más inestable. La plataforma Biodex proporciona una evaluación objetiva de la estabilidad postural utilizando tres índices: el índice de estabilidad global (OSI), el índice de estabilidad

antero-posterior (APSI) y el índice de estabilidad medial-lateral (MLSI). Estos índices se calculan utilizando el grado de oscilación de la plataforma, en el que valores bajos indican que el individuo tenga buena estabilidad ¹⁹.

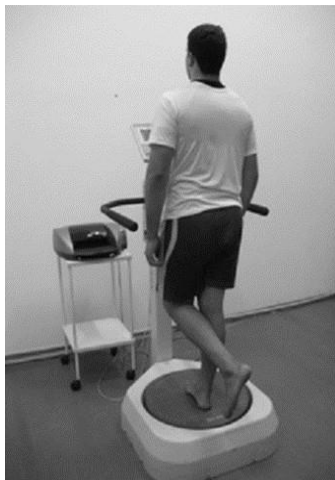


Figura 2. Biodesx ¹⁹.

- Prueba de equilibrio de excursión estelar (SEBT), la cual es una evaluación dinámica que requiere fuerza, flexibilidad y propiocepción. El objetivo de la SEBT es mantener la postura sobre una sola pierna mientras se llega lo más lejos posible con la pierna contralateral. Últimamente, la prueba se ha utilizado para identificar a los atletas con mayor riesgo de lesión en las extremidades inferiores. Los investigadores han sugerido el uso de la SEBT como prueba posterior a la rehabilitación para garantizar la simetría funcional dinámica ²⁰.

- Otra versión que utiliza los componentes del SEBT es la prueba de "equilibrio Y" desarrollada para mejorar la medición y estandarizar el rendimiento de la prueba. Se considera una evaluación de oro para el control neuromuscular, ya que tiene poco margen de error en la prueba, brinda confiabilidad y validez comprobadas, y analiza el movimiento en múltiples direcciones en un corto período de tiempo. Se suele realizar comparando con el miembro inferior contralateral, y además evalúa no solo el tobillo, sino también la extremidad inferior completa que se encuentra apoyada sobre la plataforma.

La prueba de equilibrio "Y" consiste en una plataforma de apoyo a la que se unen tres piezas de tubos de PVC en las direcciones de alcance anterior, posteromedial y posterolateral. Los caños posteriores se colocan a 135° del tubo anterior con 45° entre los posteriores. Cada tubo está marcado en incrementos de 5 milímetros para su medición. El sujeto empuja un objetivo (indicador de alcance) a lo largo de la tubería que estandariza la altura de alcance (es decir, qué tan lejos del suelo está el pie de alcance), y el objetivo permanece sobre la cinta métrica después de la realización de la prueba, lo que hace que la determinación de la distancia de

alcance sea más precisa. La posición inicial del pie de alcance está definida por el área inmediatamente entre la plataforma de pie y el tubo opuesto al pie de apoyo. (Figura 3).

La distancia máxima de alcance se mide mediante la lectura de la cinta métrica en el borde del indicador de alcance en el punto donde se alcanzaba la parte más distal del pie. El ensayo se descarta y se repite si el sujeto: 1) no mantuvo la postura unilateral en la plataforma (p. ej., tocó el suelo con el pie de alcance o se cayó de la plataforma de apoyo), 2) no mantuvo el contacto del pie de alcance con el indicador de alcance en el área objetivo mientras estaba en movimiento (p. ej., pateó el indicador de alcance), 3) usó el indicador de alcance para apoyar la postura (por ejemplo, colocó el pie encima del indicador de alcance), o 4) no pudo devolver el pie de alcance a la posición inicial bajo control. El orden específico de la prueba es en las direcciones anterior, posterolateral y posteromedial. Para el análisis de la distancia de alcance en cada dirección se utiliza el mayor alcance exitoso para cada dirección y para cada evaluador. Además, se suma la mayor distancia de alcance desde cada dirección para obtener una distancia de alcance compuesta para el análisis del rendimiento general en la prueba ²¹.



Figura 3. “Y Balance” ²¹.

- Evaluación de la capacidad de equilibrio la cual se realiza con tres tablas de equilibrio diferentes donde los sujetos mantienen la postura de una sola extremidad durante el mayor tiempo posible. En ella se cronometran tres ensayos de prueba en cada tabla de equilibrio y se considera el mejor ensayo para su posterior análisis ²².

- Para conocer datos sobre el balanceo postural, otro instrumento que se utiliza es la plataforma Footscan (figura 4), compuesta por una placa sensible a la presión conectada a un ordenador personal donde el software de la plataforma permite recopilar datos ²³.



Figura 4. Footscan ²³.

- Para medir el sentido de la posición articular (JPS) de la rodilla suele emplearse un inclinómetro digital de marca Limit, que recurre a métodos de error de reposicionamiento articular. Este método es ampliamente utilizado y se ha informado que tiene una alta confiabilidad ²⁴.

- Similar a la anterior, la propiocepción de la articulación de la rodilla también se mide con un dinamómetro isocinético Biodex de forma activa (figura 5). A grandes rasgos, se puede decir que es una máquina computarizada que mide parámetros de fuerza. Pero en este caso puntual se la utiliza para medir la posición articular de la rodilla.

Antes de comenzar la prueba, se debe elegir el método de corrección de gravedad del dinamómetro de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

En la evaluación primeramente, se realiza un calentamiento de 5 minutos en un cicloergómetro Monark a un ritmo moderado, seguido de un estiramiento dinámico de 10 minutos de los miembros inferiores. Luego se le pide a los sujetos que se sienten en la silla donde se los asegura con correas en los hombros, el pecho y las caderas. La orientación del asiento se fija en 90°, y el respaldo se inclina entre 70° y 85°. El brazo de palanca del dinamómetro se une al tobillo, y el eje de rotación del dinamómetro se alinea con la articulación de la rodilla. Durante los experimentos, a los sujetos se les vendan los ojos y se les provee el uso de auriculares para descartar pistas visuales y audibles.

Ahora bien, en cuanto a la evaluación en sí misma, es importante aclarar que la propiocepción de la rodilla se evalúa en ángulos objetivos de 30°, 45° y 60°. Entonces es necesario que el profesional que lleva a cabo la evaluación debe

explicarle al paciente cada uno de estos ángulos con la finalidad de que los memorice. Hecho esto, las piernas de los participantes se movilizan de manera pasiva a los ángulos objetivo (30°, 45° y 60° de flexión de rodilla), manteniendo las rodillas en la posición objetiva durante 5 segundos y luego se regresan a la posición inicial (90°). El orden de los 3 ángulos objetivos seleccionados se modifica aleatoriamente para evitar cualquier efecto de aprendizaje. Luego, se les pide a los participantes que extiendan sus rodillas hacia el ángulo objetivo previamente seleccionado. Finalmente, a los sujetos se les indica que presionen el botón de parada cuando se reproduzcan los ángulos de objetivo memorizados. Estas pruebas se realizan tres veces para cada ángulo objetivo. Cada ensayo de prueba se lleva a cabo tres veces después de un descanso de 30 segundos en un lugar tranquilo.

Para su análisis se registra el error medio de posicionamiento articular de los tres grados de error de medición desde la posición objetivo. El menor valor de error medio indica la mejor propiocepción de la rodilla ²⁵.



Figura 5. *Dinamómetro isocinético computarizado Biodex ²⁶.*

- Por último, el equilibrio estático postural también puede evaluarse mediante la prueba de equilibrio del soporte de cigüeña. En esta prueba, el sujeto se para sobre su pierna dominante. A los participantes se les indica que levanten y sostengan la pierna contralateral (lesionada) contra el lado medial de la rodilla de la pierna de apoyo mientras mantienen las manos en las crestas ilíacas. La prueba termina cuando el talón de la pierna afectada toca el suelo, las manos se desprenden de las caderas o el pie opuesto se retira de la pierna de apoyo. Esta prueba se realiza con los ojos abiertos y cerrados. Los jugadores realizan tres intentos y el mejor tiempo se registra para el análisis ²⁵.

IV. Justificación

“Se sabe que la propiocepción es una capacidad relacionada al equilibrio como respuesta refleja a una situación de movimiento anómala percibida, y un aspecto

fundamental a evaluar para poder así diagnosticar y definir la intervención fisioterapéutica. Pero existen entre los profesionales de fisioterapia grandes vacíos sobre los elementos conceptuales y los métodos de evaluación de la misma”⁹.

Esta afirmación es el punto de partida que impulsa a una búsqueda exhaustiva para comprobar si las pruebas de evaluación propioceptivas de rodilla en futbolistas con lesión del LCA que existen presentan valores o escalas para tener una relación entre lo que se puede considerar adecuado o normal, y así obtener datos para que el kinesiólogo pueda realizar una mejor evaluación del paciente y planificar un tratamiento propioceptivo de rehabilitación adecuado y específico a partir de la evidencia para disminuir las tasas de re lesión del LCA en futbolistas.

V. Metodología

Para llevar a cabo esta tesina se realizará, como se dijo antes, una revisión bibliográfica. Se consultará el material en la biblioteca virtual de la Universidad del Gran Rosario, como también artículos virtuales de las siguientes bases de datos: Biblioteca Virtual de Salud, Pubmed. Y además bibliografía impresa, para poder efectuar una actualización del tema y observar cuales son los instrumentos de evaluación utilizados.

En las bases de datos antes mencionadas se utilizarán las siguientes palabras claves:

V.a. Palabras claves

V.a.1. Términos DeCs:

- Propiocepción
- Entrenamiento
- Estudio de evaluación
- Estado funcional
- Articulación de la rodilla
- Ligamento cruzado anterior
- Fútbol

V.a.2. Términos MeSh:

- Proprioception
- Mentoring / Training
- Assessment
- Capacity evaluation
- Knee joint
- Anterior Cruciate Ligament
- Soccer

V.a.3. Términos libres en español:

- Posición Articular activa (JPS)
- Pruebas de movimiento pasivo (TTDPM)

V.a.4. Términos libres en Ingles:

- Joint position sense (JPS)
- Precision of threshold to detect passive motion (TTDPM)

Las siguientes palabras claves serán combinadas de la siguiente manera para la recolección de datos:

Combinaciones en español:

- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación"
- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación" AND "fútbol"
- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación" AND "LCA"
- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación" AND "articulación de la rodilla"
- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación" AND "articulación de la rodilla" AND "LCA".
- ✓ "propiocepción" AND "entrenamiento"
- ✓ "propiocepción" AND "entrenamiento" AND "estudio de evaluación"
- ✓ "propiocepción" AND "entrenamiento" AND "articulación de la rodilla"
- ✓ "propiocepción" AND "articulación de la rodilla" AND "fútbol"
- ✓ "propiocepción" AND "articulación de la rodilla" AND "ligamento cruzado anterior" AND "fútbol"
- ✓ "propiocepción" AND ("evaluación comparativa" OR "estudio de evaluación")
- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación" AND "JPS"
- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación" AND "JPS" AND "articulación de la rodilla"
- ✓ "propiocepción" AND "estudio de evaluación" AND "TTDPM"

Combinación en inglés:

- ✓ "proprioception" AND "assessment"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "soccer"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "anterior cruciate ligament"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "Knee joint"

- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "Knee joint" AND ("anterior cruciate ligament" OR "ACL")
- ✓ "proprioception" AND "mentoring"
- ✓ "proprioception" AND "training"
- ✓ "proprioception" AND ("mentoring" OR "training") AND "assessment"
- ✓ "proprioception" AND "training" AND "knee joint"
- ✓ "proprioception" AND "knee joint" AND "soccer"
- ✓ "proprioception" AND "knee joint" AND ("anterior cruciate ligament" OR "ACL") AND "soccer"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "knee joint" AND "soccer"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "JPS"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "JPS" AND "knee joint"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "TTDPM"
- ✓ "proprioception" AND "assessment" AND "TTDPM" AND "knee joint"

V.b. Criterios

Los criterios de inclusión utilizados fueron los siguientes:

Artículos que incluyan pacientes futbolistas entre 12 a 60 años con lesión del ligamento cruzado anterior cuya pre-rehabilitación o rehabilitación tenga aplicada evaluaciones y/o entrenamientos propioceptivos en la articulación de la rodilla, de ambos sexos, independientemente de la raza o nacionalidad de los mismos.

Y los de exclusión:

Artículos científicos que trataran otras enfermedades o lesiones que no comprometan a la rodilla, y que hayan sido publicados antes del año 2000.

VI. Resultados:

VI.a. Selección de artículos

Se recolectaron datos de las fuentes de búsqueda anteriormente mencionadas, a través de las palabras claves y sus respectivas combinaciones que también fueron nombradas en el apartado de metodología. Se obtuvo como resultado un total de 106 artículos, a los cuales posteriormente se les aplicaron los criterios de inclusión y exclusión, quedando así un remanente de 20 publicaciones científicas. Dentro de éstas se encontraron ensayos clínicos, ensayos controlados aleatorizados, dos estudios prospectivos, y un estudio de cohorte, estudio comparativo, estudio longitudinal y estudio transversal de cada uno. Los trabajos

incluidos para poder responder al primer objetivo específico de esta investigación contienen información de un total de 116 pacientes que fueron sometidos a evaluaciones propioceptivas de rodilla, donde 50 son jugadores de fútbol con cirugía de ligamento cruzado anterior, y 66 son jugadores de fútbol sanos y sin lesiones. En cuanto al segundo objetivo específico de esta revisión bibliográfica abarca a un total de 209 pacientes empleados para determinar la sensibilidad y especificidad de las evaluaciones propioceptivas de rodilla. Con respecto al tercer objetivo específico de esta tesis fueron incluidos 848.676 futbolistas, lo cual sirvió para poder describir los ejercicios del entrenamiento propioceptivo en la articulación de la rodilla.

VI.b. Resultados del primer objetivo específico

En cuanto al primer objetivo específico de esta exploración bibliográfica, las evaluaciones propioceptivas de rodilla que se encontraron en futbolistas luego de una lesión de LCA fueron, la Prueba Cinestésica Pasiva y Activa, y el Sistema de Equilibrio Biodex.

El estudio de Moussa Zouita et al ¹⁸., tuvo por objetivo realizar evaluaciones que consistieron tanto en una prueba isocinética, como una evaluación propioceptiva en modo pasivo y activo, y una prueba funcional de salto a una pierna del futbolista a los dos años del postoperatorio de la cirugía de ligamento cruzado anterior.

Así dió lugar a la evaluación propioceptiva, que en esta investigación se realizó con “La Prueba Cinestésica Pasiva y Activa”, y mediante la cual se obtuvieron los siguientes valores:

Los resultados se expresaron en términos de la diferencia existente entre la posición final y la posición inicial de la rodilla en diferentes grados 0°, 15° y 60°.

En la posición media, el ángulo medio de error de 15°, es de $5,5^{\circ} \pm 0,1^{\circ}$ en la rodilla operada y de $3,6^{\circ} \pm 1,5^{\circ}$ en el lado sano. Por lo tanto, la propiocepción no se restableció en los dos modos de evaluación (activo y pasivo) con un sentido de posición significativamente reducido en la extremidad operada en comparación con el grupo de referencia.

En la población control, la evaluación de la reproducción del ángulo en modo pasivo y activo mostró valores comparables entre las rodillas y para las diferentes posiciones angulares.

En la investigación de Castilho Alonso et al ²⁷., la propiocepción de rodilla fue evaluada en tres grupos. En la primera categoría, denominada “grupo cirugía”, compuesto por futbolistas operados de ligamento cruzado anterior, fueron evaluados entre los 21 a 59 meses, posteriores a la operación.

En el segundo grupo los futbolistas estaban sanos, es decir, sin lesión ni cirugía de miembros inferiores, agrupación que fue llamada “grupo no quirúrgico”.

El último grupo estaba formado por sujetos sedentarios, nombrado así “grupo sedentario”. En todos estos grupos, la evaluación fue realizada con el “Sistema de Equilibrio Biodex” (BBS), la cual consiste en una plataforma que posee distintos niveles de estabilidad donde el nivel ocho es el más estable y el nivel uno es el más inestable.

En los resultados encontrados, el lado operado (LO) del “grupo cirugía” presentó menor pérdida del centro de gravedad y mayor estabilidad en comparación con el lado no operado (LNO) para todos los índices de estabilidad en el nivel ocho del BBS.

El LO del “grupo cirugía” mostró menor pérdida del centro de gravedad y mayor estabilidad para todos los índices de estabilidad en el nivel dos del BBS en comparación con el “grupo no quirúrgico”.

Comparando el “grupo cirugía” y el “grupo no quirúrgico”, el primero demostró una mejor recuperación de la pierna operada con respecto al segundo.

La pierna operada del “grupo cirugía” exhibió más pérdida del centro de gravedad y menor equilibrio para todos los índices de estabilidad en comparación con el “grupo sedentario” en el nivel dos.

El “grupo sedentario” presentó menor pérdida del centro de gravedad y mayor equilibrio en todos los índices de estabilidad en los niveles ocho y dos en comparación con el “grupo no quirúrgico”.

Los autores igualmente consideran que la cirugía continúa afectando el desempeño funcional de la articulación, incluso después de un período suficiente para la reinervación completa del injerto. Además, esperaban que los futbolistas del “grupo de no quirúrgico” respondieran mejor a la prueba de equilibrio, con menos pérdida del centro de gravedad.

VI.c. Resultados del segundo objetivo específico

Con respecto al segundo objetivo específico de esta investigación bibliográfica, dentro de los estudios analizados, la Prueba de Equilibrio “Y” se considera un “gold standard” para el control neuromuscular, ya que hay poco margen de error en la prueba, tiene la mayor confiabilidad y validez comprobada para evaluar la propiocepción de la rodilla con un intervalo entre 91% - 99% . Este valor fue determinado por Plisky et al ²⁰. para la medición, y prueba el movimiento en múltiples direcciones en un corto período de tiempo, y ha sido implementado por dos autores más (Liebert ²¹, Daneshjoo et al ²⁵).

Así también el Sistema de Equilibrio Biodex tiene una alta fiabilidad y confiabilidad de prueba de un 89% según Castilho Alonso et al ²⁷., y también fue utilizado por otros dos autores (Kim Fukushi Yamada et al ¹⁹., Gioftsidou et al ²².).

Detrás de estas evaluaciones, el Dinamómetro Isocinético Biodex es probablemente una de las herramientas de estimación de la función muscular más utilizadas en el ámbito deportivo. Sin embargo, existe una limitada evidencia científica que justifica su uso como herramienta de precisión. Esta limitación se debe a que la medición de la confiabilidad y reproducibilidad puede estar condicionada por la capacidad de medida del dinamómetro, y también por el error del sujeto al realizar la prueba isocinética. Teniendo un valor de 70% de confianza dispuesto por Moussa Zouita et al ¹⁸., fue implementada por el último autor mencionado, y por Daneshjoo et al ²⁵.

En otras, como el Sentido de la Posición Articular (JPS) o Prueba de Percepción del Movimiento de la rodilla se mide con un inclinómetro digital mediante métodos de error de reposicionamiento articular. Este método es ampliamente utilizado y se ha informado que tiene una alta confiabilidad del 99% determinado por Seyedi et al ²⁴. Pero, en esta revisión se ha encontrado en un sólo estudio.

Otras pruebas halladas en la presente investigación, fueron las Tablas de Equilibrio, la Plataforma Footscan, la Prueba Cinestésica Pasiva y Activa y la Prueba de Equilibrio del Soporte de Cigüeña que fueron empleadas únicamente en un solo estudio cada una.

La evaluación de la estabilidad con Tablas de Equilibrio tiene un valor de confianza que va desde un 67% a 78% contemplado por Gioftsidou et al ²².

Los datos de balanceo postural que puede calcular la Plataforma Footscan según Pau et al. ²³ tienen una confiabilidad de un 95%.

La prueba cinestésica pasiva y activa tiene tanta precisión que el error de medición es de un grado según Moussa Zouita et al ¹⁸.

Por último, la Prueba de Equilibrio de Soporte de Cigüeña tiene una fiabilidad desconocida y carece de especificidad para Daneshjoo et al. ²⁵, ya que el sujeto durante la evaluación debe mantener el equilibrio de pie durante un máximo de un minuto, con lo cual la claudicación puede generarse a partir de la fatiga muscular.

VI.d. Resultados del tercer objetivo específico

En relación al tercer objetivo específico de esta revisión bibliográfica, y dentro de los estudios analizados, el Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento (cuya abreviatura en inglés se denomina PEP) fue el plan más utilizado por los autores para entrenar la propiocepción de la rodilla, siendo implementado por

cuatro de ellos. El segundo programa más empleado con la misma finalidad que la anterior, es el Entrenamiento Neuromuscular, el cual es aplicado por tres autores. En tercer lugar, el Entrenamiento con Tablas de Equilibrio que fue hallado en dos autores. Y, por último, el Entrenamiento Propioceptivo y Coordinativo, y el Programa de entrenamiento propioceptivo “FIFA 11+”, los cuales se encontraron en un sólo estudio cada uno.

VI.d.1 Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento (PEP)

Este programa fue estudiado en cuatro investigaciones, en las cuales se aplicó y describió el “Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento” (PEP). Este método consiste en ejercicios de calentamiento, estiramiento, fortalecimiento, pliometría y agilidad propios del fútbol para abordar posibles déficits en la fuerza y en la coordinación neuromuscular de los músculos estabilizadores que se encuentran alrededor de la articulación de la rodilla (ver X.a en anexo).

En cuanto a la dosificación del PEP, los autores *Gilchrist et al.*³², y *Quisquater et al.*³⁴ coinciden en aplicar este método treinta minutos por sesión en el calentamiento, y tres veces por semana durante doce semanas.

En cambio, *Rodríguez et al.*³⁶, considera que el uso de este programa no debe ser por más de veinte minutos por sesión en el calentamiento, tres veces por semana durante veinticuatro semanas, duración dada por la temporada de la competencia.

*Mandelbaum et al.*³⁵, como los anteriores también reemplaza el calentamiento tradicional por el PEP, implementándolo por veinte minutos y durante dos años.

En la totalidad de los estudios, se encontró que en los futbolistas que recibieron el PEP evidenció que los programas preventivos disminuyeron eficazmente el nivel y la incidencia de las lesiones deportivas, y sobre todo podrían disminuir significativamente los desgarros del LCA.

VI.d.2 Entrenamiento Neuromuscular

Este entrenamiento fue analizado en tres estudios, y si bien todos ellos demostraron que la aplicación de un programa de entrenamiento propioceptivo estructurado a lo largo de la temporada tienen el potencial para prevenir y disminuir las lesiones musculares y desgarros del ligamento cruzado anterior, hay que mencionar que en dos de los estudios los jugadores eran juveniles (entre 12 a 17 años), y en el estudio restante todos los jugadores eran mayores de 16 años.

La intervención de *Waldén et al.*²⁹, consistió en un programa de calentamiento neuromuscular de quince minutos que contenía ejercicios centrados en el control de la rodilla y la estabilidad del tronco llevado a cabo dos veces por semana durante toda la

temporada. Los seis ejercicios fueron una sentadilla con una pierna, un levantamiento pélvico, una sentadilla con dos piernas, el banco, la estocada y la técnica de salto/aterrizaje. Cada ejercicio se subdividió en cuatro pasos de dificultad progresiva y un ejercicio en pareja (ver X.b en anexo).

El hallazgo principal en este estudio fue que el programa de calentamiento neuromuscular de quince minutos redujo la tasa general de lesión del ligamento cruzado anterior en jugadoras de fútbol adolescentes en un 64%. Además, se observó un efecto preventivo de la lesión grave de rodilla y de cualquier lesión aguda de rodilla en los jugadores que completaron el programa al menos una vez a la semana.

Para Soligard *et al.*³¹, el programa de ejercicios de calentamiento utilizado para prevenir lesiones en futbolistas jóvenes fue realizado dos veces a la semana adicionándosele también el día del partido durante una temporada. Este programa tuvo los siguientes tres componentes. El primer componente consistió en los ejercicios de carrera a baja velocidad. La segunda parte incluyó ejercicios de fuerza, pliometría y equilibrio, cada uno con tres niveles de dificultad creciente. La última parte se basó en ejercicios de carrera a alta velocidad combinada con movimientos específicos de fútbol con cambios bruscos de dirección (ver X.b.1 en anexo).

En cuanto a esta investigación, se vio que en el grupo de intervención hubo un riesgo significativamente menor de lesiones en general. Aunque el resultado primario de reducción de la lesión de las extremidades inferiores no alcanzó a ser significativo, sí redujo el riesgo de lesiones graves y de lesiones por uso excesivo, así como también de lesiones en general. Esto indicaría que un programa de calentamiento estructurado puede prevenir lesiones en las jóvenes jugadoras de fútbol.

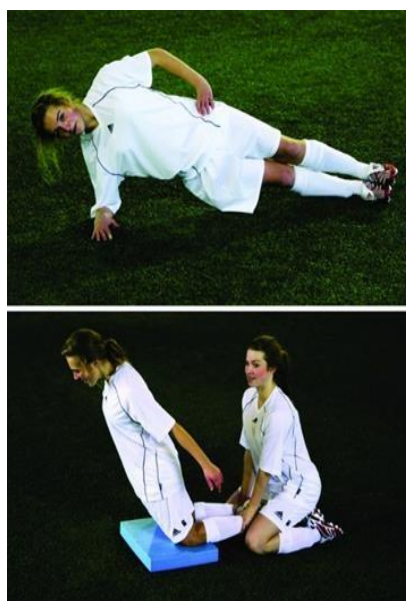


Figura 6. Dos ejemplos de ejercicios de fuerza. Arriba: ejercicio de plancha lateral. Abajo: la “parte inferior nórdica de los isquiotibiales”³¹.



Figura 7. Ejemplo de ejercicio de carrera que ilustra los objetivos clave de todos los ejercicios de carrera, salto, corte y aterrizaje: estabilidad central y alineación correcta de las extremidades inferiores. Izquierda: técnica correcta; derecha: técnica incorrecta con inclinación pélvica y alineación de rodilla en valgo hacia la derecha³¹.

El programa de intervención que utiliza *Finch et al.*³⁷, se aplicó en las sesiones de entrenamiento regulares durante dos temporadas. Éste incorporó dos modalidades generales de entrenamiento. El *entrenamiento del equilibrio*, por un lado, y el *entrenamiento de la técnica* para realizar acciones de paso lateral, cruce y aterrizaje, por el otro. Todos los ejercicios y sus progresiones se concentraron en trabajar los músculos que rodean la articulación de la rodilla, en mejorar estos patrones de activación muscular para aumentar la estabilidad de la rodilla, y en aumentar el ángulo de flexión de la rodilla durante la realización de la tarea. Un método común utilizado en la rehabilitación de la rodilla es la autopalpación de los músculos, de modo que los jugadores estén familiarizados con la activación de músculos específicos y, por lo tanto, aprendan cómo se siente la contracción conjunta de los músculos.

En el entrenamiento del equilibrio, la dificultad de la tarea progresa desde el entrenamiento propioceptivo estándar hasta la realización de acciones deportivas mientras el entrenador lo perturba. El propósito de perturbar a un jugador es estimular los mecanorreceptores de los ligamentos de la rodilla, mejorar el control voluntario del movimiento que conduce a una mejor estabilidad articular, reducir las cargas de los ligamentos, y reducir el riesgo de lesiones.

El programa de entrenamiento de perturbación implica una disposición de circuitos. Cada estación de circuito incluye un equipo diferente, como un mini trampolín, escalones aeróbicos, tablas de inclinación, tablas de bamboleo redondas y cuadradas, tablas de rodillos, discos de equilibrio (bosu) y fitball.

Hay diferentes ejercicios para realizar en cada estación, y los ejercicios se vuelven progresivamente más difíciles a medida que el jugador se vuelve más competente. Las progresiones típicas en cada estación incluye: realizar los ejercicios con los ojos abiertos a los ojos cerrados; hacer ejercicios sin que se aplique fuerza externa; atrapar y pasar un balón; realizar ejercicios mientras se empuja la tabla o a la persona. La mayoría de los ejercicios progresan desde el equilibrio sobre los dos pies, hasta un sólo pie, tratando incluso de mantener el equilibrio mientras se realizan movimientos como las sentadillas.

El entrenamiento de la técnica primero se practica sabiendo el jugador qué acciones debe llevar a cabo para lograr la técnica correcta. Luego, las acciones se realizan en situaciones en las que los jugadores no saben en qué dirección o cuándo se debe realizar la acción hasta justo antes de la ejecución, cuando se lo indica el entrenador. A medida que el jugador se vuelve más competente, pasa de realizar acciones de forma aislada a realizar acciones contra otros jugadores en un entorno de partida simulado.

Se sabe que las técnicas de paso lateral reducen la carga de los ligamentos de la rodilla y, por lo tanto, el riesgo de lesión. Las técnicas de paso lateral de cada jugador se graban en formato vídeo y se analizan con el software Silicon Coach. Este software cuenta con herramientas gráficas que permiten enfatizar las técnicas correctas e incorrectas. Utilizando datos de vídeo procesados, los jugadores son guiados lentamente a través de cada acción, identificando y practicando los factores importantes de la técnica que deben implementarse para que la acción sea más segura.

Estas intervenciones han reflejado tener el potencial de reducir la incidencia de lesiones con y sin contacto, ya que mejoran la resistencia de la rodilla a las fuerzas ejercidas sobre las articulaciones de las extremidades inferiores durante la práctica deportiva.

VI.d.3 Entrenamiento con tablas de equilibrio

Este entrenamiento se encontró contemplando en dos estudios. En la investigación de *Engebretsen et al.*³³, se examinó si se podía identificar a los jugadores con mayor riesgo de lesión mediante un cuestionario centrado en los antecedentes de lesiones y función articular/muscular, y también se estudió si los programas de entrenamiento con tablas de equilibrio dirigidos a jugadores con un mayor riesgo de lesión podrían prevenir las lesiones más comunes en el fútbol, entre ellas, las de LCA (ver X.c en anexo). En los resultados no hubo ningún efecto sobre el

riesgo de lesiones. Aún así cabe destacar que hubo una baja adherencia al programa de entrenamiento por parte de los jugadores de fútbol del grupo de intervención, pero sí se pudo identificar a los jugadores con mayor riesgo de lesión con el uso de un cuestionario.

La dosificación de este programa fue de tres veces por semana durante diez semanas a lo largo de la pretemporada, en sesiones de entrenamiento separadas del entrenamiento regular del equipo.

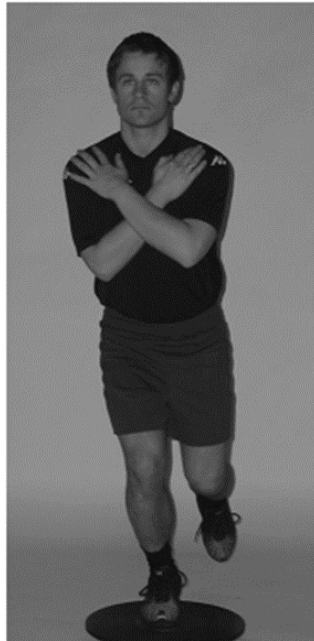


Figura 8. Ejemplo de ejercicio de rodilla. El ejercicio fue prescrito para realizarse con la rodilla en flexión y el peso sobre los dedos de los pies, con progresión gradual de la dificultad ³³.

Por su parte *Cerulli et al.* ²⁸, han indicado que su programa de entrenamiento propioceptivo con tablas de equilibrio (ver X.c.1 en anexo) tiene potencial para reducir la incidencia de lesiones del ligamento cruzado anterior en jugadores de fútbol. Sin embargo, consideran necesario seguir trabajando para optimizar estos protocolos de prevención con un enfoque multifacético y personalizado en función de las necesidades del jugador.

En cuanto a la dosificación de este programa, el entrenamiento con tablas de equilibrio se implementó durante veinte minutos por día y contó con cinco niveles de dificultad a lo largo de un mes. Así, cada nivel de entrenamiento se realizó durante tres a seis días, y cuando los atletas demostraron competencia en cada fase podían pasar al siguiente nivel de dificultad. Este programa se llevó adelante en el curso de tres temporadas.



Figura 9. *Descender de la tabla de equilibrio* ²⁸.



Figura 10. *Ejemplo del ejercicio de facilitación neuromuscular propioceptiva* ²⁸.

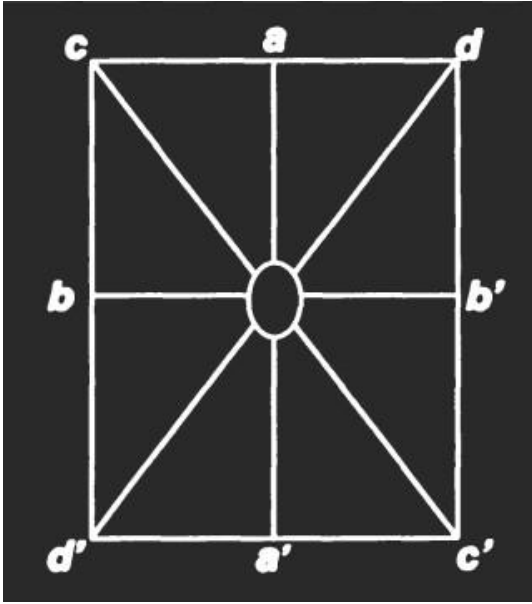


Figura 11. Configuración del tablero multiplanar ²⁸.

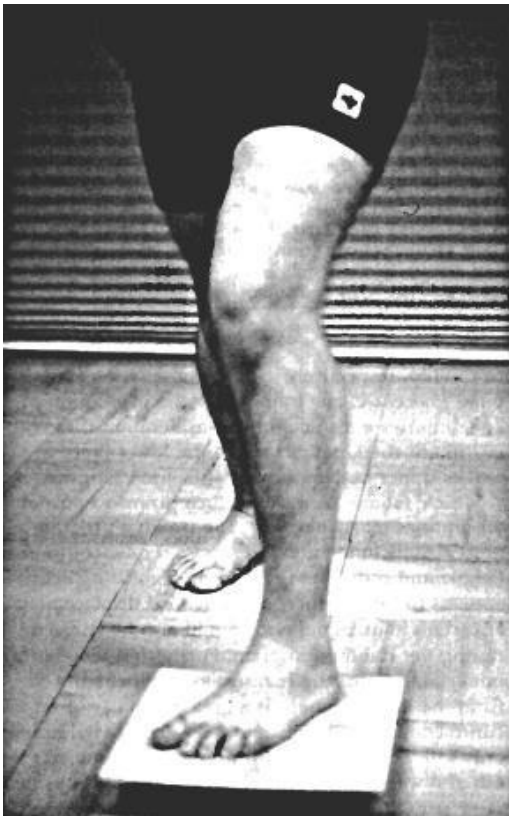


Figura 12. Uso de tablero multiplanar a lo largo del eje oblicuo ²⁸.



Figura 13. Mayor dificultad de entrenamiento con 2 tablas ²⁸.



Figura 14. Mayor dificultad saltando sobre el tablero de entrenamiento ²⁸.

VI.d.4 Entrenamiento propioceptivo y coordinativo

Un sólo estudio utilizó un programa de entrenamiento propioceptivo y coordinativo en la pretemporada y durante la temporada. Así *Knobloch et al.* ³⁸, demostró que el programa de entrenamiento coordinativo y propioceptivo (ver X.d en anexo) regular realizado conjuntamente con el entrenamiento técnico de fútbol, puede aumentar significativamente tanto la coordinación, como la altura y la distancia del salto, la potencia, y la movilidad de las jugadoras. Además, se pudo reducir significativamente la tasa de lesiones musculares, y no se observaron desgarros del ligamento cruzado anterior.

El protocolo se llevó a cabo regular y semanalmente, durante seis meses, con el inicio de la intervención en la pretemporada y continuado luego en la temporada.

VI.d.5 Programa de entrenamiento propioceptivo “FIFA”

El programa de prevención de lesiones desarrollado por la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA) fue valorado por un sólo estudio, contemplado por van Beijsterveldt ³⁰. El programa “FIFA 11+” hace hincapié en la estabilidad del tronco, el entrenamiento excéntrico de los músculos de los muslos, el entrenamiento propioceptivo, la estabilización dinámica y la pliometría con alineación de piernas rectas. Los diez ejercicios que incluyó fueron los siguientes: el banco, el banco lateral, los isquiotibiales, el esquí de fondo, el pase de pecho en posición de una sola pierna, la flexión hacia adelante en posición de una sola pierna, las figuras de ocho en posición de una sola pierna, los saltos sobre una línea, el zigzag shuffle y el salto.

Los entrenadores y jugadores del grupo de intervención se familiarizaron con el programa durante las cinco semanas anteriores al inicio de la temporada julio-agosto, después de lo cual el programa se implementó al menos dos veces por semana en las sesiones de práctica a lo largo de una temporada. Para los jugadores que están familiarizados con los ejercicios, el programa dura entre diez y quince minutos.

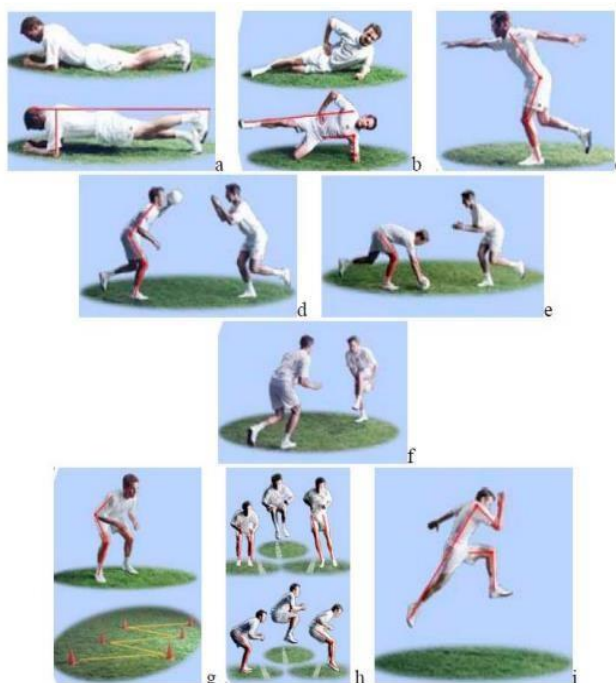


Figura 15. “FIFA 11+” ejercicios ³⁹.

Programa de ejercicios “FIFA 11+”.

Con la aplicación de este programa de ejercicios desarrollado por la FIFA, la incidencia de lesiones en general fue igual para el grupo control como para el grupo intervención. Por lo tanto, no hubo diferencias relevantes en la gravedad de las lesiones, pero sí se observó una diferencia significativa en la localización de las lesiones: los jugadores del grupo de intervención sufrieron menos lesiones en las rodillas.

LCA: ligamento cruzado anterior; GI: grupo intervención; GC: grupo control; BBS: Sistema de Estabilidad Biodex; PPI: programa de prevención de lesiones; OSI: índice de estabilidad global; APSI: índice de estabilidad antero-posterior; RSA: capacidad de sprint repetido; COP: tiempo del centro de presión; JPS: sentido de posición articular; SEBT: prueba de equilibrio de excursión estelar; PEP: Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento; NCAA: National Collegiate Athletic Association; FC: grupo de alto riesgo; LR: grupo de bajo riesgo.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
<p>Moussa Zouita et al.</p> <p>(18)</p>	2008	Estudio transversal	<p>Evaluar la recuperación del miembro inferior operado en deportistas tunecinos durante la prueba isocinética, la prueba de salto monopodal, y durante la evaluación propioceptiva en un seguimiento postoperatorio de dos años, con el fin de detectar una posible correlación entre los diferentes resultados obtenidos.</p>	<p>Muestra: 52 personas divididas en dos grupos. Por un lado, 26 atletas que se sometieron a cirugía del LCA (Grupo LCA), y, por otra parte, 26 se ofrecieron como voluntarios para nuestro estudio (GC).</p> <p>26 son jugadores de fútbol tunecinos de alto nivel sometidos a cirugía de LCA, estimada en un seguimiento de 24 meses.</p>	<p>Las evaluaciones consistieron en una prueba isocinética a una velocidad angular de 60° por segundo, una evaluación propioceptiva en modo pasivo y activo, y una prueba funcional, salto de longitud unipodal o salto a una pierna.</p>	<p>Permitió confirmar un déficit muscular del 16% en los isquiotibiales a favor del lado operado a los dos años del postoperatorio. Se observó una reducción significativa del sentido de la posición en la extremidad operada para una posición de flexión de rodilla de 15° grados en los modos de evaluación activa y pasiva. El rendimiento de la extremidad operada, en términos de distancia, tuvo un valor medio de simetría GLCA del 93,40 ± del 2,7%.</p> <p>A los dos años del postoperatorio, la exploración del deportista permite explicar, resultados discordantes entre el resultado anatómico y el resultado funcional expresado por el deportista</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
Castilho Alonso et al. (27)	2009	Ensayo clínico.	Comparar la pérdida del centro de gravedad y el equilibrio postural en futbolistas sedentarios y recreativos con y sin reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) utilizando el Sistema de Estabilidad Biodex (BBS).	<p>Muestra: 64 sujetos fueron divididos en tres grupos. El estudio fue realizado en el Instituto de Ortopedia y Traumatología, Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo y en el Hospital Cardíaco.</p> <p>Grupos: a) futbolistas que se sometieron a reconstrucción post-ligamento cruzado anterior; b) futbolistas sin lesión del ligamento cruzado anterior; y c) sujetos sedentarios.</p>	La prueba de equilibrio se realizó utilizando el BBS por el mismo evaluador para todos los grupos. La estabilidad varía según el nivel de resistencia (donde el nivel ocho es el más estable y el nivel uno es el menos estable). El nivel dos permitió una inclinación de hasta 20° en el plano horizontal en todas las direcciones. Se calcularon tres índices de estabilidad: anteroposterior, mediolateral y un índice de estabilidad general (suma de los dos primeros).	<p>En el lado operado (LO) del “grupo cirugía” presentó menor pérdida del centro de gravedad y mayor estabilidad en comparación con el lado no operado (LNO) para todos los índices de estabilidad en el nivel ocho del BBS.</p> <p>El LO del “grupo cirugía” mostró menor pérdida del centro de gravedad y mayor estabilidad para todos los índices de estabilidad en el nivel dos del BBS en comparación con el “grupo no quirúrgico”. Comparando el “grupo cirugía” y el “grupo no quirúrgico”, el primero demuestra una mejor recuperación de la pierna operada con respecto al segundo.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
Liebert R. (21)	2016	Ensayo clínico.	Evaluar la efectividad del programa de prevención de lesiones (PPI), sobre la fuerza central y la propiocepción para un equipo de fútbol femenino de una escuela secundaria de Missouri.	Muestra: 31 estudiantes de un equipo de fútbol de Missouri participaron del estudio y completaron el programa.	<p>Los ejercicios del PPI consistieron en: estocada común, el salto con una sola pierna, el peso muerto con una sola pierna, el lanzamiento de la pelota de fútbol y la carrera de lanzadera. La mayoría de los ejercicios fueron simples al principio y luego progresaron a un nivel avanzado. El desarrollo del PPI es de 15 minutos.</p> <p>La prueba de equilibrio "Y" fue aplicada antes y después de la temporada.</p> <p>Además, se les pidió a los jugadores que evalúen el programa completando una escala "Likert".</p> <p>Todos los datos fueron recogidos antes y después de la temporada.</p>	<p>Se observó una mejora general de la fuerza central y la propiocepción de los atletas.</p> <p>Se demostró que la incorporación de ejercicios en movimiento, no solo en planos estáticos, aumentan la fuerza central y la propiocepción, que son medidas conocidas para disminuir el riesgo de lesiones del LCA.</p> <p>Para evaluar la propiocepción se utilizó la prueba de equilibrio "Y", donde se comprobó una mejoría estadísticamente significativa en siete de las 12 medidas de la prueba.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
<p>Kim Fukushi Yamada et al. (19)</p>	<p>2012</p>	<p>Ensayo clínico.</p>	<p>Analizar los efectos de la mitad de un partido de fútbol sobre la capacidad funcional y la estabilidad de las extremidades inferiores en jóvenes futbolistas.</p>	<p>Muestra: Se analizaron 27 jugadores de fútbol del equipo masculino del Club Equipo Vila Guarani (São Paulo). Los atletas fueron evaluados durante una serie de 10 partidos amistosos celebrados por la tarde (3 pm) en junio y julio de 2011.</p>	<p>Los jugadores fueron sometidos a una evaluación de la capacidad funcional de sus extremidades inferiores utilizando un protocolo de prueba de salto (prueba de salto simple, prueba de salto triple, prueba de salto cruzado y prueba de salto cronometrado), y una evaluación de su nivel de estabilidad postural empleando el Sistema de Estabilidad Biodex (BBS) antes e inmediatamente después de un partido de fútbol que duró 45 minutos.</p>	<p>Se demostró que existe una disminución en la estabilidad de las extremidades inferiores en futbolistas jóvenes después de un partido de fútbol de 45 minutos, pero no se encontró el mismo resultado para la capacidad funcional.</p> <p>Los resultados del BBS mostraron que hubo una disminución en el índice de estabilidad global (OSI), y en el índice de estabilidad antero-posterior (APSI). Sin embargo, no hubo cambios significativos en el índice de estabilidad medio-lateral.</p> <p>En las pruebas de salto simple y triple, hubo una mayor capacidad funcional en la extremidad dominante en comparación con la extremidad no dominante en las comparaciones previas y posteriores al juego.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
<p>Gioftsido u et al. (22)</p>	<p>2006</p>	<p>Ensayo clínico.</p>	<p>Investigar los efectos de una sesión de entrenamiento de fútbol en la capacidad de equilibrio de los jugadores y evaluar si la efectividad de un programa de equilibrio se ve afectada por su rendimiento antes o después del entrenamiento regular de fútbol.</p>	<p>Muestra: 39 jóvenes futbolistas varones de la primera división griega. Estos fueron divididos aleatoriamente en tres grupos de sujetos (n = 13 cada uno), un grupo de control (grupo C), un grupo de entrenamiento que siguió un programa de equilibrio (12 semanas, 3 veces por semana, 20 minutos por sesión) antes del entrenamiento regular de fútbol (grupo TxB) y un grupo de entrenamiento que realizó el mismo programa de equilibrio después del entrenamiento de fútbol (grupo TxA).</p>	<p>Se utilizaron tablas de equilibrio de prueba estándar y el Sistema de Estabilidad Biodex (BBS) para evaluar la capacidad de equilibrio en los grupos C, TxB y TxA al inicio y después de completar el programa de equilibrio.</p>	<p>Se obtuvieron dos resultados principales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No se encontraron diferencias en la capacidad de equilibrio y la producción de momento articular de la rodilla entre el entrenamiento pre y post-fútbol. 2) El programa de equilibrio aumentó la capacidad de equilibrio en los grupos TxB y TxA, y la mejoría en el grupo TxA fue mayor que en el grupo TxB después del entrenamiento de fútbol. <p>El resultado 1, contrasta con la noción de un vínculo entre la fatiga inducida por una sesión de entrenamiento o partido de fútbol y las lesiones causadas por el deterioro del equilibrio, y el resultado 2, tiene implicaciones para el entrenamiento atlético y la rehabilitación.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
Plisky et al. (20)	2009	Ensayo clínico.	<p>Informar sobre el desarrollo y la confiabilidad de la prueba de equilibrio Y.</p>	<p>Muestra: 15 jugadores de fútbol universitarios masculinos, de la Universidad de Evansville, Indiana.</p> <p>Los sujetos fueron evaluados dentro de los 20 minutos posteriores a la práctica.</p>	<p>La prueba de equilibrio “Y” fue utilizada en los jugadores con seis ensayos en cada pierna en cada una de las tres direcciones de alcance (anterior, posteromedial y posterolateral) en relación con el pie de apoyo.</p> <p>La distancia máxima de alcance se midió mediante la lectura de la cinta métrica en el borde del indicador de alcance, en el punto donde se alcanzaba la parte más distal del pie.</p>	<p>La prueba de equilibrio “Y” ha demostrado una confiabilidad de buena a excelente con el equipo y los métodos estandarizados. Al establecer la fiabilidad de la prueba de equilibrio “Y”, los médicos de medicina deportiva pueden determinar mejor los déficits y las asimetrías en los individuos, así como ayudar en el proceso de toma de decisiones sobre el regreso al juego.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
Pau et al. (23)	2014	Ensayo clínico.	Evaluar los cambios de balanceo postural inducidos por la fatiga después de una prueba de campo controlada (capacidad de sprint repetido [RSA]) representativa de la actividad futbolística real en una cohorte de jóvenes jugadores de fútbol de élite.	<p>Muestra: 21 futbolistas masculinos de 2 equipos de Italia.</p> <p>El equilibrio estático se evaluó con un análisis postural-balanceo en posición vertical unípoda y bípeda antes y después de un protocolo de fatiga que consistía en una prueba de capacidad de sprint repetido (RSA) (6 repeticiones de sprints máximos de 2 veces × 15mts intercalados con 20 segundos de recuperación pasiva).</p>	<p>Los datos de balanceo postural se obtuvieron mediante una plataforma de presión Footscan, que contiene una placa conectada a una computadora donde el software permite recopilar información.</p> <p>Las principales medidas se obtienen en base a las series de tiempo del centro de presión (COP) adquiridas durante las pruebas experimentales, se mide el área de balanceo, la longitud de la trayectoria COP y el desplazamiento y la velocidad máximos del COP en las direcciones anteroposterior y mediolateral.</p>	<p>Se confirmó que incluso en atletas jóvenes, la fatiga pareció empeorar el rendimiento del equilibrio, como lo demuestra el aumento de los valores de la mayoría de los factores de balanceo después de la prueba RSA tanto en la postura unípoda como en la bípeda.</p> <p>Por lo tanto, la evaluación del equilibrio debe realizarse durante o al final de un partido para proporcionar una mejor idea de qué tipo de impedimentos posturales ocurren durante un juego y cuánto tiempo se necesita para recuperar el control neuromuscular completo.</p> <p>Los efectos adversos de la fatiga sobre el equilibrio, que son conocidos y documentados en la literatura, parecen afectar a los atletas jóvenes de manera similar a los observados en los adultos.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
Seyedi et al. (24)	2023	Ensayo clínico.	Investigar los efectos del programa de calentamiento "FIFA 11+" sobre la cinemática y JPS en jugadores de fútbol adolescentes masculinos y femeninos.	<p>Muestra: 40 jugadores de fútbol profesionales adolescentes de la Premier League Juvenil de Teherán, con al menos 3 años de experiencia regular en fútbol para considerar posibles abandonos y se asignaron aleatoriamente a los grupos de intervención y control.</p> <p>El grupo experimental (20 jugadores) realizó el programa "FIFA 11+" durante 8 semanas y el grupo control (20 jugadores) realizó su programa de calentamiento habitual.</p>	<p>La variable cinemática se midió utilizando un sistema de análisis de movimiento VICON.</p> <p>La propiocepción de las rodillas se mide por medio del sentido de posición articular (JPS) mediante un inclinómetro digital de marca "Limit" que utiliza métodos de error de reposicionamiento articular.</p>	<p>El principal hallazgo fue que 8 semanas de programa de calentamiento "FIFA 11+" tiene el potencial de mejorar el ángulo en valgo de la rodilla, que se ha considerado como el principal ángulo previsto para las lesiones del ligamento cruzado anterior.</p> <p>La segunda parte de los resultados indicó que 8 semanas del programa de calentamiento de "FIFA 11+" mejoraron significativamente el error JPS en comparación con el programa de calentamiento tradicional.</p> <p>Este resultado confirmó que el calentamiento con FIFA 11+ es superior a un programa de calentamiento regular cuando el objetivo es recuperar la agudeza propioceptiva de la rodilla, por lo tanto, puede afectar positivamente la prevalencia de lesiones en jugadores de fútbol masculinos.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Método	Resultados
<p>Daneshjoo et al. (25)</p>	<p>2012</p>	<p>Ensayo clínico.</p>	<p>Investigó los efectos del FIFA 11+, y del HarmoKnee, ambos programas de calentamiento populares, sobre la propiocepción y sobre el equilibrio estático y dinámico de los jugadores profesionales de fútbol masculino.</p>	<p>Muestra: 36 jóvenes varones (entre 17 y 20 años) que eran futbolistas profesionales de tres equipos profesionales de la Premier League, con al menos cinco años de experiencia en la práctica del fútbol a nivel profesional y entrenando regularmente sin antecedentes de lesión o enfermedad importante de miembros inferiores.</p> <p>Los jugadores de fútbol se dividieron aleatoriamente en grupos de 11+ (12), HarmoKnee (12) y control (12). Los programas se realizaron durante 2 meses (24 sesiones).</p>	<p>La propiocepción se midió bilateralmente a 30°, 45° y 60° de flexión de rodilla utilizando el Dinamómetro Isocinético Biodex.</p> <p>Los balances estáticos y dinámicos se evaluaron utilizando la prueba del rodal de cigüeña y la prueba de equilibrio de excursión estelar (SEBT), respectivamente.</p>	<p>Ambos programas de calentamiento mejoraron la propiocepción en la pierna dominante a 45° y 60° de flexión de rodilla. El mayor error de posicionamiento articular en la pierna no dominante fue a 30° de flexión de rodilla.</p> <p>El equilibrio estático (ojos abiertos y cerrados) en ambos grupos aumentó definitivamente. El equilibrio dinámico evaluado por SEBT también mostró una mejoría en ambos grupos, y el grupo HarmoKnee mostró una diferencia significativa en comparación con el grupo control.</p> <p>Se ha demostrado que los dos programas de calentamiento mejoran objetivamente la propiocepción y el equilibrio, lo que a su vez puede mejorar el rendimiento y prevenir lesiones, en particular lesiones en las extremidades inferiores.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Cerulli et al. (28)	2001	Estudio prospectivo controlado	Proporcionar una rutina interesante y desafiante que ponga al atleta en situaciones que obliguen a reaccionar a los cambios esperados e inesperados en el entorno. Utilizando las técnicas descritas, junto con otros enfoques innovadores, creemos que se puede reducir la incidencia de lesiones del LCA en jugadores de fútbol.	<p>Muestra: 600 jugadores de fútbol (equipos semi profesionales o amateurs), evaluamos el posible efecto preventivo del aumento gradual del entrenamiento propioceptivo durante 3 temporadas de fútbol.</p> <p>Un grupo de control de 300 jugadores fue entrenado de forma tradicional, sin ejercicios específicos de equilibrio, mientras que el grupo experimental de 300 jugadores siguió un programa de entrenamiento propioceptivo.</p>	Se empleó el “programa de entrenamiento propioceptivo con tablas de equilibrio”.	Durante 3 temporadas de fútbol, se registraron 10 lesiones de LCA verificadas artroscópicamente en el grupo entrenado propioceptivamente, mientras que 70 se registraron en el grupo entrenado tradicionalmente.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Waldén et al. (29)	2012	Ensayo controlado aleatorizado por conglomerados estratificados.	Evaluar la efectividad de un programa de calentamiento neuromuscular en la reducción de la tasa de lesión aguda de rodilla, en particular la lesión del ligamento cruzado anterior, en jugadoras de fútbol adolescentes.	Muestra: Se realizó un seguimiento de 230 clubes de fútbol suecos durante una temporada (en 7 meses durante 2009). Los participantes son 4564 jugadores de 12 a 17 años. En el grupo de intervención hay 2479 jugadoras de 121 clubes, y en el grupo control lo conforman 2085 jugadoras de 109 clubes.	Se desarrolló el “programa de entrenamiento neuromuscular”.	Siete jugadores (0,28%) en el grupo de intervención y 14 (0,67%) en el grupo control tuvieron una lesión del ligamento cruzado anterior en ese periodo. En el análisis final se observó una reducción del 64% en la tasa de lesión del ligamento cruzado anterior en el grupo de intervención.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Van Beijsterve Idt (30)	2012	Ensayo controlado aleatorizado por conglomerados.	Investigar el efecto del programa de prevención de lesiones 'The 11' sobre la incidencia y la gravedad de las lesiones en jugadores de fútbol amateur masculinos adultos.	<p>Muestra: 456 jugadores de fútbol amateur de alto nivel entre 18 y 40 años, de dos competiciones regionales de alto nivel en Holanda, fueron asignados aleatoriamente a una intervención (11 equipos con 223 jugadores) o grupo control (12 equipos con 233 jugadores).</p> <p>Al grupo de intervención se le indicó que realizara The11 en cada sesión de práctica durante una temporada de fútbol.</p>	<p>Se realizó el “programa de entrenamiento propioceptivo “FIFA 11”” en el grupo de intervención.</p> <p>Todos los participantes del grupo de control continuaron sus sesiones de práctica como de costumbre. Se invitó a los entrenadores del grupo de control a participar en un estudio sobre la incidencia de lesiones y las características de las sesiones de práctica.</p>	<p>En total, se registraron 427 lesiones, que afectaron a 274 de 456 jugadores (60,1%).</p> <p>El cumplimiento del programa de intervención fue bueno (cumplimiento del equipo = 73%, cumplimiento del jugador = 71%). Contrariamente a la hipótesis, la incidencia de lesiones fue casi igual entre los dos grupos de estudio: 9,6 por cada 1000 horas de deporte para el grupo de intervención y 9,7 para el grupo de control.</p> <p>No se encontraron diferencias significativas en la gravedad de las lesiones, pero se observó una diferencia significativa en la localización de las lesiones: los jugadores del grupo de intervención sufrieron significativamente menos lesiones de rodilla.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Soligard et al. (31)	2008	Ensayo controlado aleatorizado por conglomerados	Examinar el efecto de un programa integral de calentamiento diseñado para reducir el riesgo de lesiones en el fútbol juvenil femenino.	<p>Muestra: 1892 jugadoras de entre 13 y 17 años de 125 clubes de fútbol del sur, este y centro de Noruega. Participaron 1055 jugadoras en el grupo de intervención, y 837 jugadoras en el grupo control.</p> <p>Se realizaban dos sesiones a la semana más el día de partido durante una temporada.</p>	<p>Se llevó a cabo el “programa de entrenamiento neuromuscular” para el grupo de intervención.</p> <p>Pedimos a los clubes del <u>grupo de control</u> que calentarán como de costumbre durante la temporada y les informamos de que, si el programa de intervención evitaba lesiones, recibirían el mismo programa que el grupo de intervención en la temporada siguiente.</p>	<p>Durante una temporada, 264 jugadores presentaron lesiones relevantes: 121 jugadores en el grupo de intervención y 143 en el grupo control.</p> <p>En el grupo de intervención hubo un riesgo significativamente menor de lesiones en general. Aunque el resultado primario de reducción de la lesión de las extremidades inferiores no alcanzó significación, se redujo el riesgo de lesiones graves, lesiones por uso excesivo y lesiones en general. Esto indicó que un programa de calentamiento estructurado puede prevenir lesiones en las jóvenes jugadoras de fútbol.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Gilchrist et al. (32)	2008	Ensayo controlado aleatorizado .	Examinar si el uso del calentamiento alternativo (PEP) para mejorar el control neuromuscular y propioceptivo puede reducir el número de lesiones del LCA, específicamente las lesiones del LCA sin contacto, en atletas de fútbol femenino de la División I de la National Collegiate Athletic Association (NCAA).	Muestra: 61 equipos de fútbol femenino participantes de la División I de la NCAA, con 1435 jugadoras en total (852 atletas en el grupo control, y 583 en el grupo de intervención).	Para el grupo de intervención se aplicó el PEP. Mientras que a los equipos del grupo de control se les solicitó que realizarán su calentamiento habitual.	La tasa global de lesión del ligamento cruzado anterior entre los atletas intervenidos fue 1,7 veces menor que en los atletas control. La tasa de lesión del ligamento cruzado anterior sin contacto entre los atletas intervenidos fue 3,3 veces menor que en los atletas control. No se produjeron lesiones del ligamento cruzado anterior entre los atletas de intervención durante la práctica, frente a 6 entre los atletas de control. Las tasas de lesión del ligamento cruzado anterior sin contacto relacionadas con el juego en los atletas intervenidos se redujeron en más de la mitad. Los atletas intervenidos con antecedentes de lesión del ligamento cruzado anterior tendrían significativamente menos probabilidades de sufrir otra lesión del ligamento cruzado anterior en comparación con los atletas de control con antecedentes similares.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Engelbrecht et al. (33)	2008	Ensayo controlado aleatorizado	Investigar si las lesiones más comunes en el fútbol podrían prevenirse, y para determinar si un cuestionario simple podría identificar a los jugadores con mayor riesgo.	<p>Muestra: 508 jugadores que representaban a 31 equipos de 1ª, 2ª o parte superior de la 3ª división noruega.</p> <p>Se utilizó un cuestionario que indicaba lesiones previas y/o reducción de la función como criterios de inclusión para dividir a los jugadores en grupos de alto riesgo (FC) y de bajo riesgo (LR). Los jugadores de FC fueron asignados aleatoriamente individualmente a un grupo de intervención de HR (con 193 jugadores) o a un grupo de control de HR (con 195 jugadores). El grupo control quedó conformado por 120 jugadores.</p>	Se utilizó el “programa de entrenamiento propioceptivo con tablas de equilibrio”.	Los jugadores con un riesgo de lesión significativamente mayor pudieron ser identificados mediante el uso de un cuestionario, pero el cumplimiento de los programas de entrenamiento prescritos por parte de los jugadores fue bajo y no se pudo detectar ningún efecto de la intervención sobre el riesgo de lesión.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
<p>Quisquater et al. (34)</p>	<p>2013</p>	<p>Estudio comparativo.</p>	<p>Investigar la incidencia de lesiones de rodilla durante una década en la liga belga de fútbol e identificar los pronósticos de las lesiones del LCA.</p>	<p>Muestra: La Real Asociación Belga de Fútbol reclutó a un total de 833.396 jugadores de fútbol durante las temporadas 1999-2000 y 2009-2010. Se registraron un total de 56.364 lesiones: 31.563 (56%) en 2000 y 24.801 (44%) en 2010.</p>	<p>Las lesiones de rodilla totalizaron 9.971 casos (18%), de los cuales 5.495 en la primera temporada y 4.476 en la segunda: la incidencia disminuyó significativamente de 1,5 a 1,2 por cada 100 jugadores en 10 años.</p> <p>Se observó una reducción significativa en casi todos los tipos de lesión de rodilla, con la excepción de las lesiones del LCA, entre ambas temporadas.</p> <p>Los desgarros del LCA durante el intervalo de tiempo de 10 años aumentaron ligeramente, pero no significativamente, en un 7 % (293 frente a 318, es decir, 0,081 frente a 0,084 por 100 jugadores).</p>	<p>Las lesiones de rodilla representaron el 18 % de todas las lesiones en ambas temporadas. El 6% de todas las lesiones de rodilla fueron lesiones del LCA.</p> <p>Los hallazgos de la literatura concluyeron que las mujeres tienen un factor de riesgo reportado para lesiones del LCA de 2 a 6 veces más alto que sus contrapartes masculinas.</p> <p>Nuestros datos, junto con los datos de la literatura, indican claramente que los programas preventivos disminuyen eficazmente el nivel y la incidencia de las lesiones deportivas.</p> <p>Parece que se justifican programas de protección más específicos dirigidos al LCA, como el PEP, para disminuir la incidencia de desgarros del LCA, especialmente en mujeres y jugadores mayores de 18 años.</p>

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Mandelbaum et al. (35)	2005	Estudio de cohorte	Determinar si un programa de rendimiento neuromuscular y propioceptivo (PEP) fue efectivo para disminuir la incidencia de lesión del ligamento cruzado anterior dentro de una población seleccionada de jugadoras de fútbol juvenil competitivas.	<p>Muestra: Se estudió a las jugadoras de fútbol juvenil de una liga de fútbol del sur de California.</p> <p>En el año 2000 hubo 147 equipos de fútbol. Un total de 1041 mujeres de 52 equipos con edades comprendidas entre los 14 y los 18 años participaron en el grupo de intervención, y en el grupo de control consistió en las 1905 jugadoras de los 95 equipos restantes.</p> <p>En el año 2001 los equipos participantes fueron 157. En el cuál 844 atletas femeninas de 45 equipos corresponden al grupo de intervención, y 1913 atletas femeninas restantes de 112 equipos sirvieron como grupo de control.</p>	El grupo de intervención utilizó el PEP, y en el grupo de control siguió con su calentamiento tradicional.	Durante la temporada 2000, hubo una disminución del 88% en la lesión del ligamento cruzado anterior en los sujetos incluidos en comparación con el grupo control. En el año 2, durante la temporada 2001, hubo una reducción del 74% en los desgarros del ligamento cruzado anterior en el grupo de intervención en comparación con los controles emparejados por edad y habilidad.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Rodríguez et al. (36)	2018	Estudio prospectivo	Evaluar los cambios en la fuerza muscular en las extremidades inferiores y la alineación en valgo de la rodilla, utilizando el programa para prevenir lesiones y mejorar el rendimiento (PEP) para prevenir lesiones del LCA en jugadoras de fútbol durante una temporada completa.	Muestra: 20 jugadoras de fútbol de la Universidad Nacional Autónoma de México, de un equipo senior.	Durante 24 semanas se empleó el PEP a las jugadoras. Además, se analizaron los videos de la alineación dinámica del valgo de la rodilla y la fuerza máxima de los cuádriceps, isquiotibiales y gastrocnemios antes y después del entrenamiento. En 6 semanas se pudo evidenciar la eficacia del programa.	La fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales aumentó en la extremidad pélvica derecha. La mecánica del salto mejoró en el 20% de las jugadoras. Aunque las lesiones no disminuyeron durante este periodo, no se registró ninguna lesión de LCA. Si bien hasta el momento no existen reportes sobre la evaluación de la fuerza muscular y la técnica de salto con la aplicación del programa PEP, el entrenamiento neuromuscular y de equilibrio son importantes para prevenir lesiones de LCA. Aconsejamos que este programa se integre a las mujeres que practican fútbol.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Finch et al. (37)	2009	Ensayo controlado aleatorio.	Implementar una intervención de entrenamiento físico totalmente dirigida y probada para reducir el número de lesiones de rodilla relacionadas con el fútbol. Al hacerlo, evaluar la efectividad de la intervención en el contexto del mundo real del fútbol comunitario y determinar si las adaptaciones de entrenamiento neuronales y biomecánicas subyacentes están asociadas con un menor riesgo de lesiones.	<p>Muestra: 80 Jugadores adultos de clubes de fútbol australianos a nivel comunitario en dos estados australianos durante las temporadas de juego 2007-08.</p> <p>Un total de 20 equipos, se dividió 10 equipos en grupo control (G.C.), y 10 para el grupo intervención (G.I.).</p> <p>El programa de ejercicios se aplicó durante 2 años.</p>	<p>G.I.: Se les aplicó el programa de entrenamiento neuromuscular.</p> <p>G.C.: la mayoría de los futbolistas realizaron sesiones de entrenamiento regulares para prepararse para los partidos del fin de semana. Estas sesiones se centraron en la técnica del juego con fines de rendimiento y para mejorar el nivel de habilidad del juego, la forma física, la fuerza y el acondicionamiento.</p>	Estas intervenciones tienen el potencial de reducir la incidencia de lesiones con y sin contacto, ya que mejorarían la resistencia de la rodilla a las fuerzas ejercidas sobre las articulaciones de las extremidades inferiores durante dicho contacto.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra y grupos	Protocolo	Resultados
Knobloch et al. (38)	2005	Estudio longitudinal	La cuestión de esta investigación es hasta qué punto se puede cambiar el patrón de lesión después de una intervención de entrenamiento prospectivo con ejercicios propioceptivos y coordinativos en un equipo de fútbol de la Bundesliga durante media temporada.	Muestra: 22 jugadoras de fútbol del FC Bayern de Múnich fueron sometidas a un seguimiento intensivo durante una temporada en la primera Bundesliga femenina. La primera mitad de la temporada, de julio a diciembre de 2003, sirvió como media temporada de control, la segunda mitad de la temporada, de enero de 2004 a junio de 2004, como temporada de intervención con el inicio de la intervención de entrenamiento durante las vacaciones de invierno.	Se llevó adelante el programa de entrenamiento coordinativo y propioceptivo.	El entrenamiento coordinativo y propioceptivo regular realizado además del entrenamiento técnico de fútbol puede aumentar significativamente la coordinación, la altura y la distancia de salto, la potencia de lanzamiento y la movilidad durante una temporada. Después del inicio de la intervención adicional de entrenamiento propioceptivo-coordinativo, la alta tasa de lesiones musculares que provocaron interrupciones en el juego se redujo significativamente en un 400% en las jugadoras de fútbol en la primera Bundesliga en solo una temporada de la segunda mitad de la temporada. Si bien en la primera mitad de la temporada se produjeron tres lesiones graves de rodilla, incluidas dos roturas del ligamento cruzado anterior, no se observaron lesiones del ligamento cruzado en la segunda mitad de la temporada.

VII. Discusión

La investigación científica llevada a cabo en el presente trabajo fue impulsada para dar respuesta a la problemática presentada, en la cual se plantea cuáles son las evaluaciones y los entrenamientos propioceptivos de la articulación de la rodilla con lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas. Se ha buscado recopilar información acerca de diferentes estudios científicos que incluyan pacientes futbolistas con lesión del ligamento cruzado anterior cuya pre-rehabilitación o rehabilitación hayan aplicado evaluaciones y entrenamientos propioceptivos en la articulación de la rodilla.

A partir de la búsqueda bibliográfica realizada, y luego de la posterior aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se ha encontrado un total de veinte publicaciones científicas. En éstas se han hallado una mayor cantidad de artículos que llevan a cabo protocolos de entrenamiento propioceptivo, siendo once publicaciones en total. También se han descubierto nueve publicaciones que desarrollan evaluaciones propioceptivas. En ellos se han obtenido datos analíticos que versan sobre evaluaciones propioceptivas, de los cuales hubo sólo dos estudios que realizaron evaluaciones en futbolistas operados del ligamento cruzado anterior.

Resulta llamativo que, una cualidad como la propiocepción generalmente no es evaluada en los futbolistas con regularidad. En verdad, es algo necesario ya que, en una disciplina como el fútbol, los jugadores utilizan su pierna dominante para controlar la pelota, y su pierna no dominante asegura la estabilidad necesaria en el suelo para poder realizar de manera óptima una maniobra técnica requerida. Es por esto que sería importante realizar mayor cantidad de evaluaciones propioceptivas mediante las cuales se evalúe de forma previa a los jugadores manteniendo un especial enfoque atento a la prevención. Del mismo modo, es relevante que el jugador se someta a tales estudios cuando se encuentre en las condiciones óptimas para hacerlo, es decir, en el momento apto de la rehabilitación.

De esta manera, con la implementación de dichos estudios, se posibilita la comparación objetiva de los valores y resultados obtenidos en los mismos. Esto es de suma importancia, y beneficiaría a una gran parte de la población, ya que el fútbol es un deporte popular.

En relación a los métodos utilizados para evaluar la propiocepción, resulta que la evaluación que más se utiliza es la "Prueba de equilibrio "Y"" ya que tiene un alto nivel de confiabilidad con un intervalo entre 91% - 99%. Pero también se ha encontrado otro

dispositivo que tiene reportada una elevada confiabilidad del 99%, que es el "Sentido de la Posición Articular (JPS) o Prueba de Percepción del Movimiento". Sin embargo, esta última sólo fue utilizada en un estudio científico.

Más allá de que con esta investigación se comprobó la existencia de diversos métodos evaluativos, la "Prueba de equilibrio "Y"" es la más utilizada por ser de fácil aplicación, accesible y económica, ya que se necesitan elementos de bajos costos para poder llevarla adelante. Esto la convierte en la prueba por excelencia per se.

Además, debemos mencionar que en la bibliografía analizada se han encontrado solamente dos autores que han realizado evaluaciones en futbolistas con operación del LCA. Así es que autores como Moussa Zouita et al ^{18.}, han implementado "La Prueba Cinestésica Pasiva y Activa" la cual puede presentar un error de medición de un grado, y en los resultados ha mostrado una reducción significativa del sentido de la posición en la extremidad operada para una posición de flexión de rodilla de 15 grados. En definitiva, la práctica del fútbol parece influir en el perfil propioceptivo del deportista después de la cirugía del LCA.

Otros como Castilho Alonso et al ^{27.}, han utilizado como evaluación el "Sistema de Equilibrio Biodex", el cual presenta una elevada confiabilidad, y en los resultados encontrados se ha observado que la extremidad operada de un futbolista tiene menor pérdida del centro de gravedad y mayor estabilidad que la extremidad de un futbolista sin lesión. Posiblemente esto puede deberse a un mayor entrenamiento de la propiocepción en los sujetos con cirugía en comparación con los sujetos sanos.

En lo que respecta a la cirugía del LCA, es indudable que induce muchos cambios histológicos y fisiológicos. Todas estas variaciones influyen en el futbolista tanto en la rehabilitación como en su vuelta a la competencia, siendo lo más característico la disminución de la fuerza del cuádriceps y la alteración de la propiocepción. A consecuencia de estas modificaciones y de las exigencias propias del deporte, urge la necesidad de considerar implementar métodos de evaluaciones funcionales, precisas y reconocidas que permitan cuantificar el resultado para planificar la rehabilitación y recuperar a largo plazo el rendimiento de los futbolistas.

Otra cuestión a tener en cuenta, es la falta de estudios que mencionen y desarrollen el procedimiento de la técnica quirúrgica que se lleve a cabo. Sobre este tópico se han hallado al menos dos fuentes bibliográficas. Lógicamente, el abordaje y la técnica de reparación quirúrgica elegida para la reconstrucción del LCA puede variar los resultados. Sin dudas, esto podría repercutir en variables como el dolor, el rango de movimiento, el período de inmovilización postquirúrgico, de fuerza, y de la propiocepción.

Adentrándonos en el entrenamiento propioceptivo, que es otra de las variables objeto de este estudio, es indiscutible subrayar que el momento más beneficioso en el cual se aplican los entrenamientos propioceptivos es durante el calentamiento. Para Quisquater et al ^{34.}, y Rodríguez et al ^{36.}, la implementación del PEP en el calentamiento puede llegar a reducir el riesgo de lesiones del LCA, y puede ser aún más beneficioso para aquellos jugadores con antecedentes de lesión del LCA. Este programa se puede incorporar fácilmente en el entrenamiento de los jugadores, ya que no requiere ningún equipo especial o adicional, ni tampoco necesita de una gran capacitación del personal para implementarlo de manera efectiva.

Otro punto a tener en cuenta, es que en tres de los estudios analizados (Waldén et al ^{29.}, Soligard et al ^{31.}, y Mandelbaum et al ^{35.}) se ha demostrado que el efecto preventivo de los programas de entrenamiento propioceptivo es más beneficioso en jugadoras de fútbol femenino jóvenes, con edades que oscilan entre los 12 hasta los 17/18 años, ya que les permite entrenar y trabajar los patrones básicos de movimiento propios del deporte en cuestión, para así poder estar más preparadas y ser menos vulnerables a los saltos y cambios de direcciones que conlleva dicha disciplina. Sumado a lo anterior, también es conveniente comenzar con los programas para mejorar la fuerza y el control neuromuscular de los movimientos estáticos y dinámicos del fútbol tan pronto como sea posible en los niños y niñas, ya que están en una etapa donde mejor aprenden y captan estos estímulos. De esta manera, para los autores antes citados, así se reduce significativamente la tasa de lesiones del LCA en los jugadores de fútbol.

Cabe mencionar que los hallazgos en la literatura concluyeron que el género femenino es el factor de riesgo más importante para las lesiones del LCA en deportes como el fútbol, junto con la edad, las lesiones previas de rodilla, y seguramente también con el aumento en el número de mujeres que han empezado a practicar este deporte en la última década. Estadísticamente las jugadoras de fútbol tienen un riesgo de lesión de LCA de dos a seis veces más alto que los hombres, y la edad media de la lesión de LCA en mujeres es de 19 años, siendo de 23 años para los hombres. Probablemente esto se relaciona con la biomecánica de la mujer, que presenta un mayor valgo de rodilla, lo que estaría reproduciendo uno de los mecanismos de esta lesión.

Entonces, podemos decir que la relación del género, la edad y el entrenamiento con la incidencia de la lesión del LCA es fundamental para desarrollar un programa integral de entrenamiento neuromuscular y propioceptivo para disminuir las lesiones del LCA que se producen sobre todo en las futbolistas. Se ha propuesto que la estrategia de intervención más apropiada para lograr cambios neuromusculares y

biomecánicos es mediante un programa de ejercicios bien diseñados. Necesariamente debe incluir el entrenamiento propioceptivo junto con el entrenamiento pliométrico, de perturbaciones y de habilidades. El entrenamiento pliométrico tiene potencial para reducir el riesgo de lesiones, debido a las maniobras de salto y aterrizaje que tiene el fútbol y que se relacionan con la causa de lesiones del LCA. Por su parte, el entrenamiento de perturbaciones específicas de la rodilla, estimula mecanorreceptores de ligamentos en la rodilla que podría mejorar el control de movimiento, para dar mejor estabilidad de las articulaciones, y así, reducir las cargas de ligamentos y el riesgo de lesión. Por su lado, el entrenamiento de habilidades debe incluir ejercicios que garanticen que los jugadores estén familiarizados con dar pasos laterales “imprevistos” o “espontáneos”.

Así, un programa de entrenamiento neuromuscular y propioceptivo puede generar adaptaciones neuromusculares, reducir la carga de los ligamentos de la rodilla, y puede ser también beneficioso directamente en la disminución del número de lesiones del LCA sufridas en futbolistas.

Para finalizar se profundizará en tres aspectos:

- En la elaboración de esta problemática investigativa, se han ido presentando algunas limitaciones. Uno de ellos fue el hallazgo de más estudios que hablaban sobre entrenamiento propioceptivo y no de evaluaciones propioceptivas, con lo cual se concluye que hay poca investigación desarrollada en este tópico.

Tampoco se han encontrado datos que surjan de investigaciones hechas por las grandes ligas de fútbol mundial. Esto no se debe a que no se hayan realizado materialmente, sino que hay una suerte de mezquindad a la hora de compartir la información con la comunidad científica académica. Se puede suponer que la divulgación de estos datos afectaría el prestigio de las estrategias de entrenamiento de los grandes clubes de fútbol en afán de rendir en la alta competencia que los vincula.

Además, menciono la dificultad a la hora de hallar estudios que se hayan basado en la realización de evaluaciones propioceptivas en futbolistas con lesión de LCA. Si bien en la discusión se pudieron contrastar dos estudios que versan sobre la temática, de haber encontrado más información al respecto, el análisis sería más completo.

- En relación a las fortalezas del estudio se pudo recopilar información sobre una temática no tan estudiada como lo son las evaluaciones propioceptivas, se reporta la sensibilidad y especificidad de las mismas, y además permitió reunir datos de los distintos tipos de entrenamientos propioceptivos.

- Por último, el abordaje de este estudio investigativo, trae consigo como contribución la necesidad de implementar evaluaciones propioceptivas en futbolistas de manera constante y continuada en el tiempo, considerando hacerlo desde la

pretemporada hasta finalizar el torneo. De esta manera, se podrían comparar los datos obtenidos en las evaluaciones propioceptivas realizadas en los futbolistas entre el período pre lesión, es decir sanos, con respecto a los valores conseguidos luego de evaluarlos en el período de rehabilitación.

Resulta fundamental hacer hincapié en uno de los principales aportes de esta tesis. Quedó demostrado en esta investigación la importancia de comenzar a implementar protocolos de entrenamientos propioceptivos tanto en la prevención como durante la rehabilitación de los futbolistas en general debido a las ventajas y beneficios que les transfiere a los mismos. Así el deportista podría llegar a disminuir el riesgo de lesiones, y alcanzaría un mejor rendimiento.

VIII. Conclusión

Como consideración final, y en base a todo lo analizado durante esta revisión bibliográfica, se puede afirmar que el uso de un programa de entrenamiento propioceptivo durante la entrada en calor puede reducir el riesgo de lesión del LCA en futbolistas.

Sobre todo, sus efectos serían muy beneficiosos si fuese aplicado en jugadoras de fútbol femenino jóvenes en conjunto con la enseñanza de los patrones básicos de movimiento del fútbol.

Además, en los estudios existentes hay una marcada recomendación dada por los beneficios adicionales que trae aparejado realizar, junto con el entrenamiento propioceptivo, el entrenamiento de pliometría, de perturbaciones y de habilidades para reducir el riesgo de ruptura del LCA.

Finalmente, y en lo que respecta a las evaluaciones propioceptivas en futbolistas, si bien en la actualidad existen pruebas que cuentan con alta fiabilidad y confianza, cómo la “Prueba de Equilibrio Y”, no hay una literatura consistente que respalde el uso de una evaluación por excelencia que aporte resultados propioceptivos objetivos y permita establecer parámetros globales de medición de la aptitud propioceptiva en el fútbol. Por esto, no se debería descartar la existencia de futuras investigaciones que logren coordinar las limitaciones que poseen los estudios actuales en relación a las pocas evaluaciones propioceptivas realizadas en la práctica del fútbol, y también a los escasos reportes quirúrgicos de futbolistas lesionados de LCA, que consigan demostrar datos objetivos de las evaluaciones propioceptivas en la disciplina abordada.

IX. Referencias bibliográficas

1. Prentice, W. "Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva". 3era. ed. Barcelona: Ed. Paidotribo; Año 2001.
2. Delfico AJ, Garrett WE. "Mechanisms of injury of the ACL in soccer players". Clin Sport Med. 1998. [acceso 15 de junio de 2022]; (4):779-785. Disponible en: [Mechanisms of injury of the anterior cruciate ligament in soccer players - PubMed \(nih.gov\)](#)
3. Latarjet, M, Ruiz Liard A. "Anatomía humana". 4ta. ed. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana S.A.; 2006.
4. Moore, K; Dalley, A. "Anatomía con orientación clínica". 5ta. ed. Mexico: Ed. Médica Panamericana S.A.; 2008.
5. Boden BP, Dean GS. "Mechanisms of anterior cruciate ligament injury". Orthopedics. 2000. [acceso 21 de junio de 2022]; (6):573- 578. Disponible en: [Mechanisms of anterior cruciate ligament injury - PubMed \(nih.gov\)](#)
6. Navarro, G. Trabajo de propiocepción de hombro. Una orientación práctica. Apunts. Medicina de l'Esport. 2003 [8 de noviembre de 2023]; 38(142):17-26. Disponible en: [Trabajo de propiocepción de hombro. Una orientación práctica \(apunts.org\)](#)
7. Letha Y, ETTY G. "Neuromuscular training and injury prevention in sports". Clinical Orthopaedics and Related Research. 2003 [acceso 13 de abril de 2022]; (409): 53-60. Disponible en: [Neuromuscular training and injury prevention in sports - PubMed \(nih.gov\)](#)
8. Casáis Martínez, L. "Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física". Lesiones deportivas. 2008; 157(43): 30-40.
9. Efdeportes. [[Lecturas: Educación Física y Deportes \(efdeportes.com\)](#)]. Buenos Aires: Alvis, K; 2002 [acceso 18 de abril de 2022]. "Propuesta de un instrumento de evaluación de la propiocepción en adultos" [5 páginas]. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd48/propioc.htm>
10. Dufour M., Pillu M. Biomecánica funcional. Miembros, cabeza, tronco. 2da ed. Barcelona: Elsevier; 2018 [10 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.google.com.ar/books/edition/Biomec%C3%A1nica_Funcional_Miembros_Cabeza_T/C9zQDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=anatomia+y+biomecanica&printsec=frontcover
11. Saavedra Mercado P, Coronado Zarco R, Chavez Arias D, Díez García MP, Hernández S, Granados Rentería R et al. Relación entre fuerza muscular y

propiocepción de rodilla en sujetos asintomáticos. Medigraphic. 2003 [11 de noviembre de 2023]; 15 (1):17-23. Disponible en: [Relación entre fuerza muscular y propiocepción de rodilla en sujetos asintomáticos \(medigraphic.com\)](#)

12. Cano de la Cuerda R., Martínez Piédrola R., Miangolarra Page J. Control y aprendizaje motor. 1era ed. Madrid: Médica Panamericana; 2016 [22 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/510721514/Medica-Panamericana-Control-y-Aprendizaje-Motor>

13. Riemann, B., Myers, J. y Lephart, S. "Sensorimotor System Measurement Techniques". Journal of Athletic Training. 2002; 37(1): 85-98.

14. Benítez Sillero J, Poveda Leal J. La propiocepción como contenido educativo en primaria y secundaria en educación física. ADAL. 2010 [4 de noviembre de 2023];21: 24 - 28.

15. Astrand P., Rodahl K. Fisiología del trabajo físico. 3era. Ed. Madrid: Ed. Médica Panamericana; 1997.

16. Vega J. Propioceptores articulares y musculares. Biomecánica. 1999 [2 de noviembre de 2023]; 7 (13): 79 - 93. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/5435/article11.pdf>

17. MELAS I. El movimiento natural. Bases, desarrollo y ejercicios. 1era ed. Barcelona: Ed. Paidotribo; 1995.

18. Moussa Zouita A, Zouita S, Dziri C, Ben Salah F.Z., Zehi K. Isokinetic, functional and proprioceptive assessment of football players two years after surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee. ELSEVIER. 2008 [citado el 30 de noviembre de 2023]; 51: 248 - 256. Disponible en: [\[Isokinetic, functional and proprioceptive assessment of soccer players two years after surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee\] - PubMed \(nih.gov\)](#)

19. Kim Fukushi Yamada R, Gonçalves Arliani G, Peixoto Leão Almeida G, Manrique Venturine A, Veronese dos Santos C, Costa Astur D. The effects of one-half of a soccer match on the postural stability and functional capacity of the lower limbs in young soccer players. ELSEVIER. 2012 [citado el 2 de diciembre de 2023]; 67(12): 1361-1364. Disponible en: [The effects of one-half of a soccer match on the postural stability and functional capacity of the lower limbs in young soccer players - PMC \(nih.gov\)](#)

20. Plisky P. J., Gorman P.P., Butler R.J., Kiesel K.B., Underwood F.B., Elkins B. The Reliability of an Instrumented Device for Measuring Components of the Star Excursion Balance Test. North American Journal of Sports Physical Therapy. 2009 [citado el 30 de noviembre de 2023];4(2): 92-99. Disponible en: [The Reliability of an Instrumented Device for Measuring Components of the Star Excursion Balance Test](#)

[- PMC \(nih.gov\)](#)

21. Libert R. Establishment and Evaluation of an Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Program. National Association of Orthopaedic Nurses. 2016 [citado el 2 de diciembre de 2023];35(3):161-71. Disponible en: <https://alliedhealth.ceconnection.com/files/EstablishmentandEvaluationofanAnteriorCruciateLigamentInjuryPreventionProgram-1491393366173.pdf>

22. Gioftsidou A, Malliou P, Pafis G, Beneka A, Godolias G, Maganaris C.N. The effects of soccer training and timing of balance training. European Journal of Applied Physiology. 2006 [citado el 2 de diciembre de 2023]; 96(6):659-64. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16416322/>

23. Pau M, Ibba G, Attene G. Fatigue-Induced Balance Impairment in Young Soccer Players. Journal of Athletic Training. 2014 [citado el 2 de diciembre de 2023];49(4): 454-46. Disponible en: [Fatigue-Induced Balance Impairment in Young Soccer Players - PMC \(nih.gov\)](#)

24. Seyedi M, Zarei M, Daneshjoo A, Rajabi R, Shirzad E, Mozafaripour E, et al. Effects of FIFA 11+ warm-up program on kinematics and proprioception in adolescent soccer players: a parallel- group randomized control trial. Scientific Reports. 2023 [citado el 2 de diciembre de 2023]; 13: 5527. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10073194/>

25. Daneshjoo A, Mokhtar A.H, Rahnama N, Yusof A. The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players. Plos One. 2012 [citado el 3 de diciembre de 2023];7(12): e51568. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3520941/>

26. Ponte J.M, Donati R, Tourinho Filho H, Pasqualotti A. Descrição da avaliação de força muscular em idosas praticantes de atividades físicas. Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano. 2012 [citado el 3 de diciembre de 2023]; 9 (1): 59 - 66. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/276193429_Descricao_da_avaliacao_de_forca_muscular_em_idosas_praticantes_de_atividades_fisicas

27. Castilho Alonso A., D'Andréa Greve J.M., Camanho G.L. Evaluating the Center of Gravity of Dislocations in Soccer Players With and Without Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament Using a Balance Platform. ELSEVIER. 2009 [citado el 4 de febrero de 2024]; 64(3): 163-170. Disponible en: [Evaluating the Center of Gravity of Dislocations in Soccer Players With and Without Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament Using a Balance Platform - PMC \(nih.gov\)](#)

28. Cerulli G., Benoit D.L., Caraffa A., Ponteggia F. Propioceptive training and

prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2001 [citado el 4 de febrero de 2024]; 31 (11): 655-660. Disponible en: [Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer - PubMed \(nih.gov\)](#)

29. Waldén M., Atroshi I., Magnusson H., Wagner P., Hägglund M. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*. 2012 [citado el 15 de febrero de 2024]; 344: e3042. Disponible en: [Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial - PMC \(nih.gov\)](#)

30. van Beijsterveldt A., van de Port I., Krist M.R., Schmikli S.L., Stubbe J.H., Frederiks J.E., et al. Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*. 2012 [citado el 30 de enero de 2024]; 46(16):1114-8. Disponible en: [Effectiveness of an injury prevention programme for adult male amateur soccer players: a cluster-randomised controlled trial - PMC \(nih.gov\)](#)

31. Soligard T., Myklebust G., Steffen K., Holme I., Silvers H., Bizzini M., et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*. 2008 [citado el 23 de enero de 2024]; 337: a2469. Disponible en: [Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial - PMC \(nih.gov\)](#)

32. Gilchrist J., Mandelbaum B.R., Melancon H., Ryan G.W., Silvers H., Griffin L.Y., et al. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *American Journal of Sports Medicine*. 2008 [citado el 8 de marzo de 2024]; 36(8):1476-83. Disponible en: [A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players - PubMed \(nih.gov\)](#)

33. Engebretsen A.H., Myklebust G., Holme I., Engebretsen L., Bahr R. Prevention of injuries among male soccer players: a prospective, randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function. *American Journal of Sports Medicine*. 2008 [citado el 10 de febrero de 2024]; 36(6):1052-60. Disponible en: [Prevention of injuries among male soccer players: a prospective, randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function - PubMed \(nih.gov\)](#)

34. Quisquater L., Bollars P., Vanlommel L., Claes S., Corten K., Bellemans J. The incidence of knee and anterior cruciate ligament injuries over one decade in the Belgian soccer league. *Acta Orthopaedica Belgica*. 2013 [citado el 23 de enero de

2024]; 79: 541-546. Disponible en: [The incidence of knee and anterior cruciate ligament injuries over one decade in the Belgian Soccer League - PubMed \(nih.gov\)](#)

35. Mandelbaum B.R., Silvers H., Watanabe D.S., Knarr J.F., Thomas S.D., Griffin L.Y., et al. 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. 2005 [citado el 24 de febrero de 2024]; 33(7):1003-10. Disponible en: [Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up - PubMed \(nih.gov\)](#)

36. Rodríguez C., Echegoyen S., Aoyama T. The effects of "Prevent Injury and Enhance Performance Program" in a female soccer team. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2018 [citado el 4 de marzo de 2024]; 58(5):659-663. Disponible en: [The effects of "Prevent Injury and Enhance Performance Program" in a female soccer team - PubMed \(nih.gov\)](#)

37. Finch C., Lloyd D., Elliott B. The Preventing Australian Football Injuries with Exercise (PAFIX) Study: a group randomised controlled trial. Injury Prevention. 2009 [citado el 14 de febrero de 2024]; 15(3):e1. Disponible en: [The Preventing Australian Football Injuries with Exercise \(PAFIX\) Study: a group randomised controlled trial - PMC \(nih.gov\)](#)

38. Knobloch K., Martin-Schmitt S., Gösling T., Jagodzinski M., Zeichen J., Krettek C. Prospective proprioceptive and coordinative training for injury reduction in elite female soccer. Sportverletz Sportschaden. 2005 [citado el 26 de enero de 2024]; 19(3):123-9. Disponible en: [\[Prospective proprioceptive and coordinative training for injury reduction in elite female soccer\] - PubMed \(nih.gov\)](#)

39. Kilding A.E., Tunstall H., Kuzmic D. Suitability of FIFA's "The 11" Training Programme for Young Football Players - Impact on Physical Performance. Journal of Sports Science & Medicine. 2008 [citado el 10 de marzo de 2024]; 7(3):320-6. Disponible en: [Suitability of FIFA's "The 11" Training Programme for Young Football Players - Impact on Physical Performance - PMC \(nih.gov\)](#)

X. Anexos

X.a Programa de Prevención de Lesiones y Mejora del Rendimiento (PEP)

Componentes Básicos del Programa PEP.

1. Calentamiento: cincuenta yardas (cuarenta y cinco metros) cada uno:

- A. Trotar de línea a línea del campo de fútbol (de cono a cono)
- B. Lanzadera (de lado a lado)
- C. Carrera hacia atrás

2. Estiramiento (treinta segundos por dos repeticiones cada uno):

- A. Estiramiento de pantorrilla
- B. Estiramiento del cuádriceps
- C. Estiramiento de los isquiotibiales
- D. Estiramiento de la parte interna del muslo
- E. Estiramiento de los flexores de la cadera

3. Fortalecimiento:

- A. Estocadas caminando veinte yardas (dieciocho metros) por dos series
- B. Isquiotibial ruso (tres series por diez repeticiones)
- C. Elevaciones individuales de los dedos del pie (treinta repeticiones de cada lado)

4. Pliometría (veinte repeticiones cada una):

- A. Saltos laterales sobre un cono de dos a seis pulgadas (de cinco cm a quince cm)
- B. Saltos hacia adelante/atrás sobre un cono de dos a seis pulgadas (de cinco cm a quince cm)
- C. Saltos con una sola pierna sobre un cono de dos a seis pulgadas (de cinco cm a quince cm)
- D. Saltos verticales con cabezazos
- E. Salto de tijera

5. Agilidades:

- A. Carrera de ida y vuelta con carrera hacia adelante y hacia atrás cuarenta yardas (treinta y seis metros)
- B. Carreras diagonales cuarenta yardas (treinta y seis metros)
- C. Carrera de salto cuarenta y cinco a cincuenta yardas (cuarenta y uno a cincuenta metros)

X.b Programa de calentamiento neuromuscular de Waldén et al.

Ejercicio	Instrucciones	Repeticiones/duración
Sentadilla con una pierna	Hacer un movimiento lento con giro suave, pelvis horizontal y pie sin apoyo delante del cuerpo con cadera y rodilla ligeramente flexionadas	
Nivel A	Ubicar manos en las caderas	3x8-15 repeticiones
Nivel B	Sostener la pelota por encima de la cabeza con los brazos estirados	3x8-15 repeticiones
Nivel C	Ubicar manos en las caderas; y marcar con el pie sin apoyo justo por encima del suelo a las 12-02-04-06 en punto	3x5 repeticiones
Nivel D	Realizar una inclinación mientras se sostiene la pelota y dejar que la pelota toque el suelo fuera del pie de apoyo; Hacer un movimiento diagonal hacia arriba y levantar la pelota por encima de la cabeza con los brazos estirados en el lado contralateral	3x8-15 repeticiones
Ejercicio en pareja	El compañero de equipo se para ligeramente oblicuo frente a ti y la pelota se presiona entre los lados laterales de los pies de las piernas que no apoyan	3x5-10 repeticiones
Levantamiento pélvico:	En posición supina levantar la pelvis del suelo mientras se mantiene la espalda recta	

Ejercicio	Instrucciones	Repeticiones/duración
Nivel A	Mantener ambos pies en el suelo y las manos cruzadas sobre el pecho	3x8-15 repeticiones
Nivel B	Dejar un pie en el suelo y una pierna contralateral flexionada en la cadera y la rodilla 90° con ambas manos en la rodilla	3x8-15 repeticiones
Nivel C	Poner un pie en el balón de fútbol y una pierna contralateral flexionada en la cadera y la rodilla 90° con los brazos en el suelo a lo largo del cuerpo	3x8-15 repeticiones
Nivel D	Apoyar un pie en tierra y el otro en el aire; mantener la parte superior de los brazos en el suelo con los codos flexionados 90°; Empujar el pie de apoyo y aterrizar sobre el pie contralateral	3x8-15 repeticiones
Ejercicio en pareja	La compañera de equipo se para con las rodillas flexionadas y apoya el talón de uno de sus pies en sus manos; las manos sobre el pecho y levantar la pelvis	3x8-15 repeticiones
Sentadilla con dos piernas	Realizar un movimiento lento con giro suave, espalda recta y pies separados a la altura de los hombros con las plantas en contacto con el suelo	
Nivel A	Sostener la pelota frente al cuerpo con los brazos estirados	3x8-15 repeticiones

Ejercicio	Instrucciones	Repeticiones/duración
Nivel B	Ubicar manos en la cadera	3x8-15 repeticiones
Nivel C	Sostener la pelota por encima de la cabeza con los brazos estirados	3x8-15 repeticiones
Nivel D	Igual que en el nivel C, pero continuar moviéndose y levantarse sobre los dedos de los pies después de regresar a la posición inicial y permanezca brevemente en esa posición	3x8-15 repeticiones
Ejercicio en pareja	El compañero de equipo se para a su lado aproximadamente a 1 m de distancia, mirando en direcciones opuestas; sostener la pelota con una mano y la otra mano en la cadera; Aplicar una ligera presión sobre la pelota mientras realiza una sentadilla con la rodilla	3x8-15 repeticiones
El banco	Levantar el cuerpo y mantenerlo en línea recta	
Nivel A	En posición prona, apoyar en las rodillas y en la parte inferior de los brazos con los codos debajo de los hombros	15-30 segundos
Nivel B	Igual que el nivel A pero apoyar con soporte en la punta de los pies	15-30 segundos
Nivel C	Igual que en el nivel B, pero mover el pie hacia un lado y vuelve a la posición inicial; Lados alternativos	15-30 segundos

Ejercicio	Instrucciones	Repeticiones/duración
Nivel D	En posición decúbito lateral con apoyo en el pie y la parte inferior del brazo con el codo debajo del hombro y la otra mano en la cadera levantar la cadera del suelo, y permanecer brevemente en esa posición con buen control antes de volver lentamente a la posición inicial	5-10 repeticiones
Ejercicio en pareja	El compañero de equipo se para detrás de ti y sostiene tus pies o la parte inferior de las piernas; Levantar el cuerpo y caminar hacia adelante usando las manos en el suelo	15-30 segundos
La estocada	Dar un paso profundo con una elevación de rodilla marcada y un aterrizaje suave; La rodilla trasera no debe tocar el suelo	
Nivel A	Ubicar manos en las caderas; y avanzar con cada paso	3×8-15 repeticiones
Nivel B	Sostener la pelota frente al cuerpo con los brazos estirados; girar la parte superior del cuerpo y dar un paso hacia adelante y colocar la pelota lateralmente de la pierna	3×8-15 repeticiones
Nivel C	Sostener la pelota sobre la cabeza con los brazos estirados; Realizar una estocada hacia adelante y empuje hacia atrás con la pierna	3×8-15 repeticiones

Ejercicio	Instrucciones	Repeticiones/duración	
	delantera y regresar a la posición inicial		
Nivel D	Sostener la pelota frente al cuerpo con los brazos estirados; Realizar una estocada lateral y volver a la posición inicial	3×8-15 repeticiones	
Ejercicio en pareja	El compañero de equipo se para frente a ti a 5-10 m de distancia; Ejecutar una estocada hacia adelante mientras se realiza un saque de banda con el balón	3×8-15 repeticiones	
Salto/aterrizaje	Realizar un salto con un aterrizaje suave; Permanecer brevemente en posición de aterrizaje		
Nivel A	Pararse sobre una pierna con la rodilla ligeramente flexionada y las manos en las caderas; hacer un salto corto hacia adelante y aterrizar con el mismo pie; Saltar hacia atrás a la posición inicial	3x8-15 repeticiones	
Nivel B	Pararse sobre dos piernas separadas a la altura de los hombros con las manos en la espalda; hacer saltos laterales y aterrizar sobre un pie; Lados alternativos	3x8-15 repeticiones	
Nivel C	Dar unos pasos rápidos en el mismo lugar y hacer un salto corto recto hacia adelante, aterrizando en un pie	3×5 repeticiones	

Ejercicio	Instrucciones	Repeticiones/duración
Nivel D	Igual que el nivel C, pero cambiar de dirección y saltar a un lado (giro de 90°); Lados alternativos	3×5 repeticiones
Ejercicio en pareja	El compañero de equipo se para frente a ti aproximadamente a 5 m de distancia; Hacer un salto con las dos piernas y aterrizar sobre las dos piernas	3x8-15 repeticiones

X.b.1 Programa de ejercicios de calentamiento de Soligard et al.

Ejercicio	Repeticiones
I. Ejercicios de carrera, 8 minutos (calentamiento de apertura, en parejas; el curso consta de 6-10 pares de conos paralelos)	
Corriendo, en línea recta	2
Corriendo, con la cadera hacia afuera	2
Corriendo, con la cadera hacia adentro	2
Corriendo, dando vueltas	2
Corriendo y saltar	2
Corriendo rápido	2
II. Fuerza, pliometría, equilibrio, 10 minutos (uno de los tres niveles de progresión del ejercicio en cada sesión de entrenamiento):	
El tablón	
Nivel 1: ambas piernas	3×20-30 segundos

Ejercicio	Repeticiones
Nivel 2: piernas alternas	3×20-30 segundos
Nivel 3: elevación de una pierna	3×20-30 segundos
Plancha lateral	
Nivel 1: estático	3×20-30 segundos (cada lado)
Nivel 2: dinámico	3×20-30 segundos (cada lado)
Nivel 3: con elevación de piernas	3×20-30 segundos (cada lado)
Isquiotibiales nórdicos inferiores	
Nivel 1	3-5
Nivel 2	7-10
Nivel 3	12-15
Equilibrio de una sola pierna	
Nivel 1: sostener la pelota	2×30 segundos (cada pierna)
Nivel 2: lanzar la pelota con el compañero	2×30 segundos (cada pierna)
Nivel 3: socio de pruebas	2×30 segundos (cada pierna)
Sentadillas	
Nivel 1: con los talones levantados	2×30 segundos
Nivel 2: zancadas caminando	2×30 segundos
Nivel 3: sentadillas con una pierna	2×10 (cada pierna)
Saltarín	
Nivel 1: saltos verticales	2×30 segundos
Nivel 2: saltos laterales	2×30 segundos
Nivel 3: saltos al cajón	2×30 segundos

Ejercicio	Repeticiones
III. Ejercicios de carrera, 2 minutos (calentamiento final)	
Atropellar el terreno de juego	2
Ejecución delimitadora	2
Correr y cortar	2

X.c El programa de ejercicios de rodilla de Engebretsen et al., es el siguiente:

Semanas uno y dos

Tabla de Equilibrio

- Ambas piernas sobre la tabla, con los brazos cruzados, manteniendo siempre la posición rodilla sobre punta.
- Ejercicio similar, pero ahora realizado con 1 pierna.
- Ambas piernas sobre la tabla, haciendo rebotar una pelota de forma alterna con ambas manos, permaneciendo lo más quietos posible durante el ejercicio.
- Ambas piernas sobre el tablero, lanzando la pelota y atrapándola.

Almohadilla de Equilibrio

- Una pierna sobre la almohadilla, manteniendo el equilibrio durante 30 segundos alternando piernas.
- Camina sobre la plataforma, deteniéndose y manteniendo el equilibrio.
- Ejercicio de salto: desde fuera de la plataforma, aterrizando con piernas alternas.

Semanas tres y cinco

Tabla de Equilibrio

- Malabarismo con pelota realizado de pie sobre 1 pierna.
- Sentadillas a dos piernas, con posición de rodilla sobre los dedos de los pies

Almohadilla de Equilibrio

- Hacer rebotar la pelota alrededor de la almohadilla mientras está parado sobre una pierna.

Semanas seis y diez

Tabla de Equilibrio

- Ejercicios específicos de fútbol, haciendo malabares con el balón estando de pie sobre una pierna, combinando también tanto la tabla de equilibrio como almohadilla de equilibrio, colocándola encima de la tabla.

Almohadilla de Equilibrio

- Cerrar los ojos mientras estás parado sobre una pierna y otros ejercicios que incluyen aterrizar sobre una o dos piernas mientras saltas desde una caja/escalera.
- Sentadillas con una sola pierna y ejercicios de equilibrio cerrando los ojos.

Ejercicio de piso

Saltar con una sola pierna sobre un pie en un recorrido en zigzag imaginario.

X.c.1 Programa de entrenamiento propioceptivo con tablas de equilibrio de Cerulli et al.

Primeramente, se instruyó a los sujetos para que realizaran ejercicios de elevación anterior y posterior mientras estaban de pie en la tabla de entrenamiento. En este ejercicio, los sujetos utilizaron la pierna libre para bajarse de la tabla, apenas tocando el suelo con el pie libre, y luego volvieron a la posición de pie (figura 9). Esto se repitió de manera controlada y obligó a los jugadores a mantener el equilibrio en una amplia gama de ángulos de la articulación de la rodilla. Todos los sujetos también participaron en ejercicios de facilitación neuromuscular propioceptiva para el miembro inferior, asistidos por un técnico capacitado (figura 10). Estos ejercicios de facilitación neuromuscular propioceptiva se realizaron como parte de la rutina regular de estiramientos durante las sesiones de práctica. El técnico realizó estos ejercicios de rodilla y cadera con los sujetos en posición decúbito supino, y los ejercicios incluyeron movimientos pasivos de flexión y extensión, rotación interna-externa, movimientos de abducción-aducción de la articulación de la cadera, y flexión y extensión de la articulación de la rodilla, así como también combinaciones de los mismos. A continuación, se pidió a los sujetos que reprodujeran estos mismos patrones de movimiento sin ayuda, es decir, realizando movimientos activos. Estos ejercicios estuvieron destinados a aumentar la conciencia del sujeto sobre la posición de las extremidades; sin embargo, este efecto no se midió ni cuantificó.

También se enseñó a los sujetos una versión modificada del programa de facilitación neuromuscular descrito por Hervkou y Mksskan. Este consistió en el uso de una pizarra circular y rectangular. El tablero rectangular, con dos esferas colocadas oblicuamente o a lo largo de su eje longitudinal, permitió el movimiento a lo largo de tres ejes (figura 11), dependiendo de la posición inicial del paciente y de la colocación de la esfera. Se instruyó al sujeto para que realizara estocadas hacia adelante con flexiones profundas de rodillas utilizando la tabla rectangular a lo largo de los tres ejes. El sujeto debía mantener la alineación posicional de la rodilla por encima del pie sin rotación interna o externa de la cadera y control de la pronación y supinación del pie

(figura 12). El grado de dificultad se incrementó al bajar de una altura elevada sobre la tabla y al realizar la estocada hasta la flexión máxima de la rodilla. A continuación, el sujeto realizó el ejercicio bajándose de la tabla circular, manteniendo la pierna trasera sobre ella, sobre la tabla rectangular, o viceversa (figura 13).

Aunque no forma parte del programa de prevención original, es posible que se agreguen pruebas adicionales para aumentar aún más el grado de dificultad. Estos movimientos podrían colocar al atleta en situaciones seguras pero inestables que imitan los patrones de movimiento que se sabe que causan lesiones, como, por ejemplo, saltar sobre la tabla de entrenamiento, desafiando así al atleta a adaptarse a situaciones inesperadas (figura 14).

X.d Programa de entrenamiento coordinativo y propioceptivo en pretemporada de Knobloch et al.

Prueba de salto y alcance

En esta prueba se registra la distancia vertical entre la altura de alcance de la jugadora y la altura de salto después de un salto con dos piernas desde una posición agachada y sin carrera, por lo que la altura media de salto se determina después de realizar tres saltos (figura 16).



Figura 16. Prueba de salto y alcance ³⁸.

Tarea:

- La jugadora toca una pared con las yemas de los dedos.
- Estira el brazo hacia arriba y se marca la altura.
- Luego se aleja unos veinte a treinta cm de la pared.
- Posteriormente, salta con ambas piernas y se marca la altura del salto en el punto más alto en la pared.

Medición y evaluación:

- Se registra la distancia vertical entre la altura de alcance y la altura de salto.
- Se evalúa el promedio de tres saltos.

Triple salto

La jugadora se para con la punta de los dedos del pie en la línea de despegue con la pierna oscilante en la posición de zancada detrás de ella. Desde esta posición, se realizan tres saltos en la misma pierna uno tras otro, con un aterrizaje de una o ambas piernas. Aquí también se evalúa el promedio después de tres intentos (figura 17).



Figura 17. Triple salto ³⁸.

- La jugadora se para en la línea de despegue con la punta de los dedos del pie.
- La pierna oscilante se coloca en posición de zancada cargada detrás de ella.
- Desde esta posición, se realizan tres saltos uno tras otro sobre la misma pierna.
- Antes del primer salto, puede ganar impulso, pero sin levantar un pie del suelo.
- Puede aterrizar con una o ambas piernas.

Medición y evaluación:

- Se registra la trayectoria de salto recorrida.
- Se evalúa el promedio de tres saltos.

Coordinación

Aquí la jugadora se para con una pierna sobre un giroscopio con la pierna libre en flexión de cadera y rodilla de noventa grados. Se miden los segundos que permanece en el giroscopio sin perder el equilibrio por cada pierna. (Figura 18).



Figura 18. Coordinación en el giroscopio terapéutico ³⁸.

Tarea:

- La jugadora se para de pie con una pierna sobre la tabla.
- La extremidad libre se flexiona tanto la cadera como la rodilla a noventa grados.

Medición y evaluación:

- Se mide el tiempo que permanece sobre el giroscopio por cada lado.

Fuerza de lanzamiento

La jugadora se coloca sobre una línea para introducir un balón medicinal hacia el campo desde una posición de pie sin carrera. La distancia del saque de banda se mide con el balón medicinal. (Figura 19).



Figura 19. Fuerza de lanzamiento ³⁸.

Tarea:

- La jugadora se para sobre una línea.
- Luego, lanza el balón medicinal hacia el campo.
- Estando de pie y sin tomar carrera.

Medición y evaluación:

- Se mide la distancia donde llegó el balón medicinal.

Movilidad

En esta etapa del protocolo, la jugadora se acuesta boca arriba con una pierna extendida sobre la colchoneta y la otra pierna extendida hacia arriba. La movilidad de la articulación de la cadera se mide en ambas. (Figuras 20 y 21).



Figura 20 ³⁸.

Tarea:

- La jugadora se acuesta boca arriba.



Figura 21 ³⁸.

- Una pierna descansa extendida sobre la colchoneta.
- Y la otra se extiende hacia arriba flexionando tanto como sea posible en la articulación de la cadera.
- Ambas piernas están en plena extensión de la rodilla

Medición y evaluación:

- La movilidad de la articulación de la cadera se mide en ambas extremidades.

Programa de entrenamiento coordinativo y propioceptivo en temporada

Aquí los ejercicios incluyeron:

- a) Postura con una sola pierna en giroscopios hacia la derecha y hacia la izquierda.



Figura 22. Giroscopio terapéutico para el entrenamiento de la propiocepción del tronco y las extremidades inferiores ³⁸.

- b) Saltar con una sola pierna con la rodilla flexionada al aterrizar y equilibrarse hacia adelante.
- c) Saltar al pararse con una sola pierna con la rodilla flexionada al aterrizar y equilibrarse hacia atrás.
- d) Saltar la cuerda con ambas piernas.
- e) Saltar la cuerda con una pierna.
- f) Correr hacia atrás y hacia adelante.
- g) Correr hacia los lados.
- h) Saltar sobre ambas piernas con la parte delantera del pie.
- i) Saltar de lado en el soporte con una sola pierna.
- j) Sentarse en el giroscopio con el tronco en equilibrio.
- k) Saltar sobre una línea con la rodilla flexionada al aterrizar y balancearse hacia adelante.
- l) Postura en cuadrupedia sobre dos cojines de pelota en diagonal.