



FACULTAD DE CIENCIAS SOCIOSANITARIAS

Departamento de Ciencias de la Actividad Física y del
Deporte

**Efecto del programa HarmoKnee sobre factores de riesgo
de lesión de rodilla y variables de rendimiento en
jugadores de fútbol**

Francisco Javier Robles Palazón

Director:

Dr. D. Francisco Ayala Rodríguez

Junio, 2015

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fin de máster será analizar los efectos del programa HarmoKnee sobre varios factores de riesgo modificables de lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) (estabilidad dinámica global de la extremidad inferior, cinemática del salto y caída, ratio de fuerza isométrica de la abducción y aducción de cadera, rango de movimiento de la flexión de cadera, de la flexión de rodilla y dorsiflexión del tobillo) y variables de rendimiento (sprint, altura de salto vertical, longitud de salto horizontal, y agilidad) en jugadores de fútbol de categoría juvenil. Un total de 22 jugadores de fútbol de edades comprendidas entre 16-18 años y de categoría juvenil serán reclutados. Este estudio de investigación presentará un diseño cuasi-experimental pre-test y post-test con grupo control y doble sesión pre-test y post-test. En cada sesión de valoración los participantes serán invitados a efectuar pruebas de campo para evaluar los factores de riesgo anteriormente citados siguiendo un orden pre-establecido. Posteriormente, los participantes serán aleatoriamente distribuidos en dos grupos; control y experimental. El grupo control seguirá con su rutina habitual de entrenamiento, mientras que el grupo experimental realizará el programa HarmoKnee con una frecuencia de 3 veces por semana durante un periodo de 4 semanas. Tras el periodo de intervención, los datos serán analizados empleando una prueba ANOVA de medidas repetidas intra-grupo e inter-grupo.

Palabras clave: calentamiento, lesión rodilla, fútbol, rendimiento, factores de riesgo, LCA.

ABSTRACT

The aim of this project is to analyze the effects of HarmoKnee program on several anterior cruciate ligament (ACL) injury modifiable risk factors (global dynamic stability of the lower extremity, jumping and falling kinematics, the ratio of isothermal force during hip adduction and abduction, as well as the range of motion in hip and knee flexion, and ankle dorsiflexion), and performance variables (sprint, height in vertical jump, length in horizontal jump and agility) on young football players. In order to achieve this, we gathered 22 junior football players, aged between 16 and 18. This research will defend a pre-test and post-test quasi-experimental design; including control group and double pre-test and post-test sessions. On each assessment, the participants will be asked to complete some field tasks; these will test the previous risk factors following a pre-established order. Afterwards, they will be randomly distributed in two groups: control and experimental. Control group will go on with the common training routine, whereas experimental group will follow the HarmoKnee program three times a week for four weeks. After this interventional period, the data will be analyzed by using a repeated measures ANOVA intra-group and inter-group.

Keywords: warm-up, knee injury, football, performance, risk factors, ACL.

1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es uno de los deportes más populares en todo el mundo, con más de 265 millones de practicantes, la mayoría de ellos niños y adolescentes (Federación Internacional de Fútbol Asociado [FIFA], 2006). A pesar de los numerosos beneficios que la práctica deportiva ha demostrado sobre el estado de salud de los niños y adolescentes, las altas demandas físicas del fútbol colocan a sus practicantes en una situación más vulnerable para sufrir una lesión en comparación con sus iguales no deportistas (Maffulli, Longo, Gougoulías, Loppini, y Denaro, 2010). En este sentido, las lesiones pueden contrarrestar los efectos positivos de la participación deportiva si el niño y/o adolescente se ve forzado a abandonar la misma como consecuencia de los efectos residuales derivados de las lesiones (Longo, Lamberti, Maffulli, y Denaro, 2011).

La mayor parte de las lesiones derivadas de la práctica del fútbol en adolescentes (12-18 años) ocurren en las extremidades inferiores, particularmente en las articulaciones del tobillo y rodilla (Bastos, Vanderlei, Vanderlei, Júnior, y Pastre, 2013). Específicamente, las lesiones que ocurren en la articulación de la rodilla, principalmente los desgarros y rupturas del ligamento cruzado anterior (LCA), son las que mayor preocupación generan en los profesionales de la Medicina y Ciencias del Deporte. La preocupación con este tipo de lesiones en el mundo del fútbol no se explica exclusivamente por su elevada y creciente prevalencia (11,7 casos por cada 100.000 horas de exposición [Comstock, Collins, y McIlvain, 2013]), sino también por la prolongada duración de sus síntomas (presentan una media de 170 días de baja deportiva [Wright et al., 2007]), la dificultad a la hora de recuperar su funcionalidad normal (inestabilidad articular y osteoartritis crónica degenerativa [Lohmander, Englund, Dahl, y Roos, 2007]) así como por su elevada tasa de recaídas (25% de los casos sufren una recaída un año después del retorno a la competición [Paterno, Rauh, Schmitt, Ford, y Hewett, 2012]) y abandono prematuro de la

práctica deportiva (30-35% de los adolescentes no regresan a sus deportes originarios [LaBella et al., 2014]).

Así, y dada la gran magnitud de este problema, existe una clara necesidad de desarrollar medidas preventivas destinadas a evitar y/o reducir el número y el impacto que las lesiones del LCA de la rodilla poseen sobre los jugadores de fútbol jóvenes (niños y adolescentes). Recientemente, Kiani et al. (2010) han diseñado un programa de prevención de lesiones denominado "HarmoKnee" destinado a ser utilizado como calentamiento previo a la práctica del fútbol (entrenamiento y competición). El programa HarmoKnee focaliza la atención en la mejora de los principales factores de riesgo modificables de las lesiones de rodilla, y más específicamente en aquellos relacionados con los desgarros y rupturas del LCA (e.j.: estabilidad dinámica global de la extremidad inferior, control de la rodilla durante acciones de salto y caída, fuerza excéntrica, rango de movimiento articular,...). Para ello, el programa cuenta con 5 apartados o bloques de ejercicios bien definidos y seleccionados de acuerdo a la evidencia científica existente así como a la extensiva experiencia práctica de numerosos entrenadores y profesionales del mundo del fútbol: (1) calentamiento, (2) activación muscular, (3) equilibrio, (4) fuerza y (5) estabilidad del core. La popularidad de este programa de calentamiento en el mundo del fútbol amateur (niños y adolescentes) ha experimentado un enorme crecimiento en los últimos años debido a su sencillez, austeridad de los recursos materiales que se precisan para su puesta en marcha y sobre todo a que ha demostrado ser eficaz en la reducción del número de lesiones de rodilla registradas durante un año deportivo (Kiani et al., 2010).

Aunque el objetivo principal del programa HarmoKnee es la prevención de lesiones de rodilla, el conocimiento de los efectos crónicos que dicho programa provoca en los factores de riesgo modificables de lesión de LCA podría ayudar en la identificación y comprensión del mecanismo potencial que se encuentra detrás de la reducción en la incidencia de lesiones demostrada en estudios previos. En este sentido, únicamente tres

estudios (desde el conocimiento de los autores) han analizado el efecto crónico del programa HarmoKnee sobre factores de riesgo de lesión del LCA (Daneshjoo, Mokhtar, Rahnama, y Yusof, 2012a y 2012b; Daneshjoo, Rahnama, Mokhtar, y Yusof, 2013). Específicamente, estos estudios analizaron el efecto de 8 semanas de aplicación del programa HarmoKnee sobre el ratio funcional de fuerza isocinética de la flexión y extensión de rodilla (Daneshjoo et al., 2012a), fuerza isométrica de la flexión y extensión de rodilla (Daneshjoo et al., 2013) y estabilidad dinámica global de la extremidad inferior (Daneshjoo et al., 2012b), informando de resultados contradictorios.

Por otro lado, conocer si los jugadores podrían tener efectos positivos adicionales sobre variables de rendimiento deportivo (e.j. potencia de salto, sprint, agilidad) como consecuencia de la aplicación sistemática del programa HarmoKnee podría ser de gran ayuda para consolidar su implantación como calentamiento previo a la práctica del fútbol. Sorprendentemente, los efectos crónicos del programa HarmoKnee sobre el rendimiento apenas han sido tratados. El estudio de Daneshjoo, Mokhtar, Rahnama, y Yusof (2013) es el único precedente, donde se analizó el efecto de este programa sobre el sprint, agilidad y salto vertical, informando de ausencia de mejoras significativas con respecto al grupo control, que continuó con su calentamiento habitual.

Por todo ello, son necesarios más estudios científicos que analicen el efecto crónico del programa HarmoKnee sobre factores de riesgo de lesión de LCA y variables de rendimiento a fin de evidenciar su implantación continuada como rutina de calentamiento previa a la práctica del fútbol. Así, el objetivo principal de este trabajo final de máster será analizar los efectos del programa HarmoKnee sobre varios factores de riesgo modificables de lesión del LCA (estabilidad dinámica global de la extremidad inferior, cinemática del salto y caída, ratio de fuerza isométrica de la abducción y aducción de cadera, rango de movimiento de la flexión de cadera, de la flexión de rodilla y dorsiflexión del tobillo) y

variables básicas de rendimiento (sprint, altura de salto vertical, longitud de salto horizontal, y agilidad) en jugadores de fútbol de categoría juvenil.

2. MÉTODO

2.1. Participantes

Un total de 22 jugadores de fútbol de edades comprendidas entre 16-18 años y de categoría juvenil participarán en el presente estudio. Todos los participantes procederán de dos equipos con similar nivel competitivo, y serán instados a mantener su régimen habitual de práctica deportiva durante toda la fase experimental. De este modo, todos los jugadores continuarán con su entrenamiento habitual, siguiendo mismas actividades, cargas, volúmenes e intensidades, con la única variación del protocolo de calentamiento a realizar (HarmoKnee o Tradicional). Previo al comienzo del presente estudio, los participantes serán informados de la metodología, de los propósitos y de los posibles riesgos del mismo, y firmarán, tanto ellos como sus padres o representantes legales, una hoja de consentimiento, además de rellenar un informe sobre el historial de lesiones.

Como criterios de exclusión se establecerán: (a) presentar alteraciones en las estructuras ligamentosas de la rodilla, tales como desgarros o rupturas en los últimos 6 meses previos al presente procedimiento exploratorio; y (b) no asistir a tres o más sesiones de entrenamiento durante todo el proceso de intervención. Este proyecto respetará en todo momento los principios de la Declaración de Helsinki. Así, antes de ser evaluados, todos los participantes serán informados verbalmente y por escrito de los posibles riesgos y procedimientos del presente estudio y deberán firmar un consentimiento informado que deberá ser aprobado por el Comité Ético y Científico en Investigación en Humanos de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Alicante, España).

2.2. Procedimiento

El presente estudio de investigación presentará un diseño cuasi-experimental pre-test y post-test con grupo control y doble sesión pre-test y post-test. Este diseño permitirá una mejor interpretación de los resultados, ya que se podrá minimizar el sesgo de variabilidad inter-sesión de las pruebas de valoración.

Antes de comenzar con la intervención, se realizará una valoración inicial (pre-test) a todos los jugadores que de manera voluntaria acepten participar en el estudio. Estos pre-test se efectuarán durante dos sesiones de aproximadamente 2 horas cada una, estableciendo un periodo de tiempo entre ellas de 5-7 días. En cada una de las dos sesiones de pre-test se repetirán las mismas pruebas de valoración en el mismo orden (Figura 1).

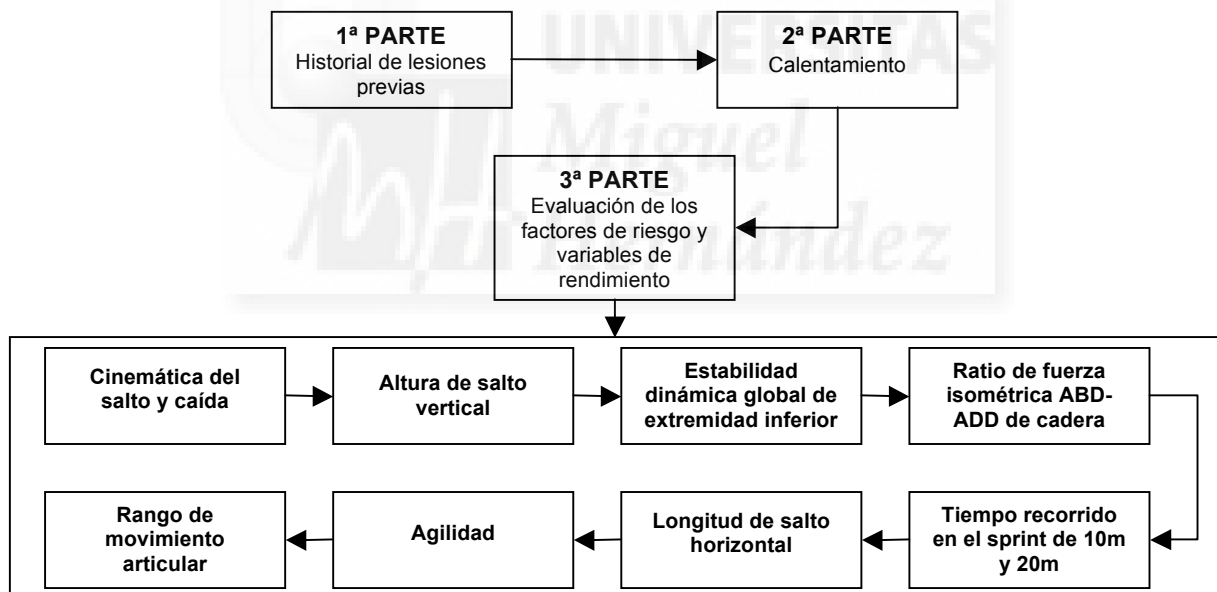


Figura 1. Estructura de la sesión de valoración de los factores de riesgo y variables de rendimiento.

Para realizar estas dos sesiones de evaluación, se seguirá un modelo de trabajo en circuito, de tal forma que los participantes serán distribuidos en grupos de 4-5 componentes e irán ejecutando cada una de las pruebas establecidas bajo la supervisión de examinadores expertos, quienes alentarán verbalmente a los participantes para favorecer la concentración y esfuerzo en el desempeño de las mismas. Todas las sesiones de evaluación comenzarán con un calentamiento estandarizado de 10-15

minutos aproximadamente, que incluirá ejercicios de carrera, movilidad articular y estiramientos dinámicos.

Una vez completados los pre-test, los jugadores se distribuirán de manera aleatoria en dos grupos: (1) el grupo HarmoKnee ($n = 11$) y (2) el grupo control ($n = 11$), con idéntica proporción de jugadores de un mismo equipo en ambos grupos. A continuación se realizará una Prueba T para muestras independientes para evitar que existan diferencias estadísticamente significativas inicialmente entre grupos, y se procederá al apareo de los mismos en caso de que fuera necesario. La intervención se llevará a cabo 3 veces por semana durante un periodo de 4 semanas. De este modo, todos los participantes que completen el estudio habrán presenciado entre 10 y 12 sesiones de entrenamiento. Será uno de los investigadores quien dirija el calentamiento del grupo HarmoKnee a los jugadores correspondientes durante todo el proceso, asegurándose así de la correcta ejecución del programa. Mientras tanto, el grupo control continuará con su rutina de calentamiento habitual.

Por último, tras el periodo de intervención se utilizarán dos sesiones para la medición de los post-test, que serán organizadas durante la primera y la segunda semana posterior al último día de intervención –estableciendo un periodo de tiempo entre sesión de 5-7 días–.

2.3. Evaluación de los factores de riesgo de lesión del LCA

2.3.1. Estabilidad dinámica global de la extremidad inferior

Para evaluar la estabilidad dinámica global de la extremidad inferior se utilizará el Y-Balance Test (Gribble, Hertel, y Plisky, 2012). Se trata de una prueba estructurada en tres partes en función del plano del movimiento: anterior, posteromedial y posterolateral. El ejecutante se colocará sobre la plataforma situando el extremo distal del pie apoyado sobre la línea de partida. Al mismo tiempo, intentará alcanzar la mayor distancia posible desplazando el cajón correspondiente con su pierna libre; siempre realizando

movimientos controlados, con el pie en continuo contacto con el cajón desplazado y manteniendo las manos en la cadera (Figura 2). El orden establecido para la prueba será: derecha anterior, izquierda anterior, derecha posteromedial, izquierda posteromedial, derecha posterolateral, e izquierda posterolateral. El participante dispondrá de tres ensayos en cada uno de los planos, que serán descartados y repetidos si no es capaz de mantener la posición unilateral en la plataforma o desplaza el cajón mediante golpes.

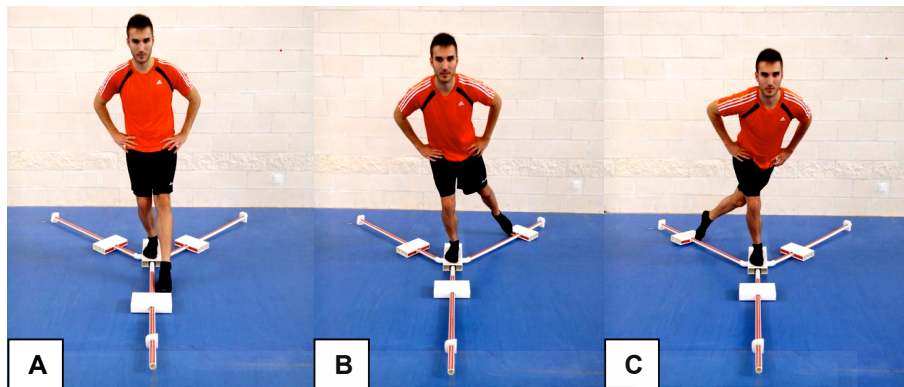


Figura 2. Y-Balance Test: anterior (A), posteromedial (B) y posterolateral (C).

La media de los dos máximos valores obtenidos será la utilizada para el posterior análisis estadístico. Además, estos valores serán normalizados para cada uno de los participantes en función de su longitud de pierna ($[\text{distancia alcanzada}/\text{longitud de pierna}] \times 100$). La longitud de la pierna será determinada como la distancia entre la espina ilíaca antero-superior y la parte distal del maléolo medial del tobillo con el participante en posición de decúbito supino sobre una camilla. Estos valores normalizados serán igualmente empleados para el cálculo de los índices bilaterales y el valor compuesto. Los índices bilaterales para cada una de las 3 direcciones serán calculados dividiendo el valor normalizado de la extremidad inferior dominante entre la no dominante. Por su parte, el valor compuesto para cada extremidad será determinado como la suma del valor normalizado obtenido en las 3 direcciones y su posterior división entre 3.

2.3.2. Cinemática del salto y caída

La cinemática de la caída tras un salto será evaluada mediante la realización de acciones de caída y salto o “drop vertical jump” (DVJ) siguiendo el procedimiento

establecido por Padua, Marshall, Boling, Thigpen, Garrett, y Beutler (2009). Esta acción de DVJ implicará que los participantes salten desde una superficie de 40 cm de altura hacia una plataforma de contacto situada en el suelo, aterrizando con ambos pies, y saltando inmediatamente después del contacto hacia arriba tan alto y rápido como sea posible.

Tras completar un periodo de familiarización con la técnica y dinámica de la prueba (realización práctica de 3-5 intentos), cada participante realizará 2 acciones de DVJ, con un periodo de descanso entre acciones de 30 s. Una grabación de video frontal y lateral será adquirida mediante un sistema de cámaras de alta velocidad (Casio Exilim F1; 300 fps) que serán colocadas de acuerdo al protocolo establecido para la prueba (Figura 3).

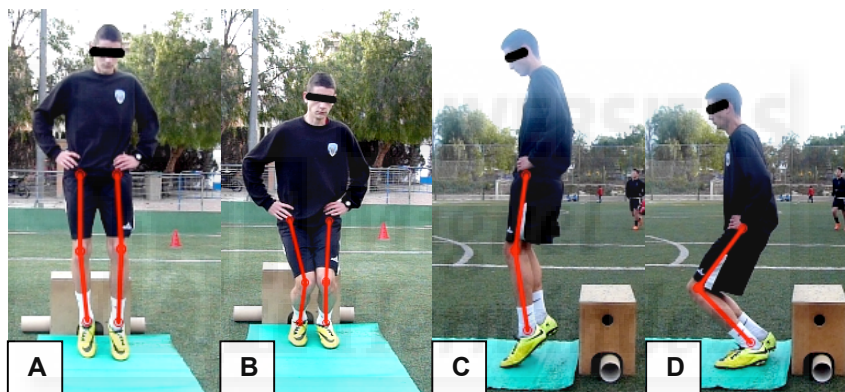


Figura 3. Cinemática del salto y caída “DVJ”: vista frontal en el contacto inicial (A), vista frontal en máxima flexión de rodillas (B), vista lateral en el contacto inicial (C) y vista lateral en máxima flexión de rodillas (D).

La biomecánica de la caída será evaluada de acuerdo a la escala “Landing Error Scoring System” que está compuesta por un total de 17 ítems (Padua et al., 2009). Dentro de esta escala, un conjunto de 6 ítems están destinados a la valoración de la posición del tronco y extremidad inferior en el momento del contacto inicial con el suelo (ítems 1-6). Otro conjunto de 5 ítems están destinados a evaluar errores en el posicionamiento de los pies durante el contacto con el suelo (ítems 7-11). Un tercer conjunto de ítems evalúan el movimiento del tronco y extremidad inferior entre el contacto inicial con el suelo y el momento de máxima flexión de rodilla (ítems 12-14) o el momento de máximo valgo de rodilla (ítem 15). Finalmente, 2 ítems globales evalúan el movimiento completo en el plano sagital y la percepción general del evaluador de la calidad del aterrizaje (ítems 16 y 17).

Los resultados de esta escala (expresados en número de errores) serán registrados como variables continuas así como variables categóricas siguiendo la escala cualitativa propuesta por sus creadores: pobre (> 6 errores), moderado (de 4 a 6 errores) y bueno o excelente (< 4 errores).

2.3.3. Rango de movimiento articular

Se valorará el máximo rango de movimiento pasivo de los núcleos articulares de la cadera (flexión con rodilla extendida), rodilla (flexión) y el tobillo (flexión dorsal con rodilla extendida) de la pierna dominante y no dominante. Además se determinaran los ratios bilaterales de cada uno de los movimientos articulares que serán evaluados.

Estas variables de rango de movimiento articular serán registradas siguiendo la metodología desarrollada por Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala, y Santonja (2014). Las medidas obtenidas con esta metodología han demostrado presentar valores elevados de validez (índice de correlación de Pearson > 0.9) y fiabilidad (estándar error de la medida $< 6^\circ$), además de que el procedimiento exploratorio presume de ser sencillo, rápido y cómodo tanto para los investigadores como para las personas evaluadas.

En este sentido, los participantes serán instados a realizar 2 intentos máximos para cada una de las 3 pruebas de valoración (descritas gráficamente en la Figura 4) y segmento corporal (dominante y no dominante) de forma aleatoria. Sin embargo, cuando una diferencia mayor del 5% sea observada entre el valor de cada par de intentos, un tercer intento será realizado, seleccionando el valor medio de los dos intentos cuyos resultados sean más próximos para el posterior análisis estadístico.



Figura 4. Rango de movimiento articular: flexión dorsal de tobillo con rodilla extendida (A), flexión de rodilla (B) y flexión de cadera con rodilla extendida (C).

Durante cada uno de los 2 intentos, un investigador conducirá el test moviendo pasivamente la pierna evaluada a través de todo el rango de movimiento, mientras que un investigador auxiliar proporcionará una correcta estabilización de la pelvis.

Para la ejecución de todas estas pruebas de valoración del rango de movimiento articular se utilizará una camilla ajustable y un LumboSant. Como instrumento de medición se utilizará un inclinómetro ISOMED Unilevel con varilla extensible telescópica.

Se permitirá un periodo de descanso de 30 s entre las pruebas de valoración con un descanso de aproximadamente 10 s entre cada uno de los dos intentos máximos para cada prueba.

El resultado final de cada intento máximo para cada una de las pruebas de valoración será determinado por uno o varios de los siguientes criterios: (1) el investigador principal es incapaz de ejecutar de forma lenta y progresiva (sin tirones) el movimiento articular evaluado debido a la elevada resistencia desarrollada por el/los grupo/s muscular/es estirados durante la maniobra exploratoria; (2) el participante avisa de sentir tensión o una sensación de estiramiento muscular que acarrea un disconfort importante; y/o (3) ambos investigadores aprecian algún movimiento de compensación que incrementa el rango de movimiento.

2.3.4. Ratio de fuerza isométrica abducción / aducción de cadera

La máxima fuerza isométrica unilateral de la abducción y aducción de cadera (dominante y no dominante) será evaluada utilizando un dinamómetro portátil (Lafayette Manual Muscle Testing System) con el participante en decúbito supino y cadera en posición neutra (0° de flexión y abducción). El dinamómetro manual será calibrado al comienzo de cada prueba y se seguirá la metodología de evaluación propuesta por Thorborg, Petersen, Magnusson, y Hölmich (2010).

Así, un experimentado investigador llevará a cabo todas las valoraciones de la máxima fuerza isométrica de la abducción y aducción de cadera. A los participantes se les

permitirá estabilizarse en la posición de decúbito supino a través del agarre con sus manos de los extremos laterales de la camilla. El examinador aplicará resistencia en un punto fijo (maléolo externo [abducción de cadera] e interno [aducción de cadera] del tobillo) y el participante ejecutará, entonces, una máxima contracción voluntaria isométrica (MVIC) de la abducción (primer intento) y aducción (segundo intento) de cadera durante 5 s en contra del dinamómetro sujetado por el examinador. Después de que el participante ejecute estas primeras MVIC de familiarización con la prueba, y tras 2 min de descanso, los participantes realizarán 3 MVIC de la abducción y aducción de cadera de forma alternativa y separadas entre sí por 30 s de descanso. Los participantes serán verbalmente animados a empujar/traccionar lo más fuerte posible el dinamómetro portátil mediante el empleo de palabras clave tales como “vamos, vamos, empuja, empuja, muy bien, relaja”. La media de los 2 valores más altos de MVIC para ambos movimientos será seleccionada para el posterior análisis estadístico. Además, se calcularán los ratios bilateral de fuerza isométrica de la abducción y aducción de cadera mediante el cociente entre el valor seleccionado para el segmento dominante (numerador) y el no dominante (denominador).

2.4. Evaluación de las variables de rendimiento físico-deportivo

2.4.1. Longitud de salto horizontal

La batería de test conocida como Single-Legged Hop Test está compuesta por 4 test de salto horizontal unipodales: longitud de un salto, longitud de triple salto cruzado, longitud de triple salto lineal y tiempo en completar 6 m. De esta batería, serán utilizados los test de longitud de un salto y longitud de triple salto lineal. Además, estos dos test se complementarán con la tradicional prueba de longitud de salto horizontal bipodal. En todos ellos, los participantes ejecutarán dos ensayos no consecutivos, que serán descartados y repetidos si se despegan las manos de la cintura durante el procedimiento

o si no se logra aterrizar de manera controlada. La media de los ensayos será utilizada para el posterior análisis estadístico.

2.4.2. Tiempo recorrido en el sprint de 10 m y 20 m

Los test de 10m y 20m sprint serán utilizados para valorar la aceleración y la velocidad de carrera de los participantes, respectivamente. Para ello, los sujetos contarán con dos ensayos, con un periodo de recuperación de 2-3 minutos. La posición de partida será de pie, con la pierna dominante adelantada. Las células fotoeléctricas Wirless serán las encargadas de recoger el tiempo empleado por los participantes en recorrer ambas distancias. Las medias de los tiempos obtenidos serán utilizadas para el posterior análisis.

2.4.3. Agilidad

Para evaluar la agilidad de los sujetos se empleará el test Illinois, un test utilizado en estudios previos con futbolistas (Daneshjoo et al., 2013; Katis y Kellis, 2009; Vescovi y McGuigan, 2008) y que ha mostrado un elevado coeficiente de correlación intraclase (ICC = 0.94) (Katis y Kellis, 2009). La zona en la que se desarrolla esta prueba cuenta con 10 m de longitud –divididos por cuatro conos en intervalos de 3.3 m en el sector central– y 5 m de anchura –que separa las líneas de salida y llegada–. El sujeto comenzará el test tumbado en decúbito prono, con las manos a nivel de los hombros. A la voz de “ya”, el cronómetro será activado manualmente por el examinador y el participante comenzará la prueba. Una célula fotoeléctrica Wirless situada sobre la línea de llegada será la encargada de parar el tiempo en el momento en que el ejecutante finalice el test. Los sujetos contarán con dos ensayos, con un periodo de recuperación de 2-3 minutos. La media de los tiempos obtenidos será utilizada para el análisis.

2.4.4. Altura de salto vertical

La altura de salto vertical será calculada aprovechando los saltos efectuados durante la evaluación de la cinemática de la caída tras un salto. Así, una plataforma de contacto (Globus Ergo Jump) y su correspondiente procesador (Globus Ergo Tester) registrará la

altura de salto tomada como referencia para el análisis estadístico.

2.5. Intervención

2.5.1. HarmoKnee

Los jugadores pertenecientes al grupo HarmoKnee participarán en una sesión de familiarización con el programa previa al comienzo del estudio. Además, durante todo el periodo de intervención, un investigador será el encargado de dirigir el calentamiento asegurándose de la correcta ejecución de los ejercicios. La duración total será de aproximadamente 20-25 min, durante los cuales se desarrollarán los 5 apartados o bloques de ejercicios con los que cuenta el calentamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de ejercicios y duración del programa HarmoKnee.

Ejercicio	Duración
Calentamiento Correr ($\geq 4-6$ min), correr hacia atrás con las puntas de los pies (aprox. 1 min), Skipping (aprox. 30 s), técnica de presión defensiva (aprox. 30 s), uno y uno: carrera zigzag hacia delante y técnica de presión defensiva en zigzag hacia atrás (≥ 2 min).	≥ 10 min
Activación muscular Activación de gemelos, cuádriceps, isquiosurales, flexores de cadera, aductores y lumbares y musculatura de la cadera (aprox. 4 s para cada pierna/lado).	Aproximadamente 2 min
Equilibrio Salto horizontal bipodal delante-atrás, salto lateral unipodal, salto horizontal unipodal delante-atrás y salto vertical bipodal con o sin balón (aprox. 30 s por ejercicio).	Aproximadamente 2 min
Fuerza Zancadas en el sitio, curl de isquiosural en parejas y sentadillas unipodales (aprox. 1 min por ejercicio).	Aproximadamente 4 min
Estabilidad del core Encorvamiento abdominal, puente frontal y puente lumbar (aprox. 1 min por ejercicio).	Aproximadamente 3 min

2.5.2. Calentamiento tradicional

Los jugadores que pertenezcan al grupo control, mientras tanto, desarrollarán el calentamiento tradicional que habitualmente practican. Este calentamiento estará compuesto por 3 principales bloques de ejercicios: (1) carrera continua, (2) movilidad articular y (3) estiramientos.

2.6. Análisis estadístico

Previo a todo análisis estadístico, la distribución normal de los datos será comprobada a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov. Una estadística descriptiva de todas las variables será llevada a cabo a través del cálculo de la media y desviación típica.

La fiabilidad inter-sesión de cada una de las variables analizadas será calculada empleando los resultados obtenidos en las dos sesiones de valoración inicial llevadas a cabo y siguiendo el procedimiento estadístico descrito por Hopkins (2000). Así, se calcularán los estadísticos de fiabilidad índice de correlación intraclass (ICC_{2K}), error típico de la medida (expresado como coeficiente de variación [CV_{ET}]).

Un análisis factorial (2x2) de medidas repetidas ANOVA será utilizado para analizar y comparar las respuestas del programa HarmoKnee y el calentamiento tradicional para cada variable. La puntuación de cambio de cada uno de los participantes será expresada como un porcentaje de la línea de base a través del análisis de los valores transformados logarítmicamente, para reducir el sesgo derivado de la no-uniformidad del error. Los errores de medida y las respuestas individuales expresadas como coeficientes de variación (CV) también serán estimados. Además, el análisis determinará las posibilidades de que los efectos derivados sean sustanciales o triviales cuando se introduce un valor para el menor cambio significativo. Así, el CV intra e inter-sesión determinado durante la evaluación inicial será considerado el menor cambio sustancial para las comparaciones intra e inter-grupo. El valor de alfa será $p < 0.05$.

Los descriptores cualitativos propuestos por Batterham y Hopkins (2006) serán utilizados para interpretar las probabilidades (inferencias clínicas basadas en las posibilidades de umbral de perjuicio y beneficio de 0.5% y 25%) de que el verdadero efecto sea perjudicial, trivial o beneficioso: <1% casi nada; 1-4%, muy poco probable; 5-24%, poco probable o probablemente no; 25-74%, posiblemente o puede ser; 75-94%, probable o probablemente; 95-99%, muy probable; >99%, casi seguro. El tamaño del

efecto o “effect sizes” (ES) también será calculado para determinar la magnitud de las diferencias entre los grupos o las condiciones experimentales para cada variable utilizando el método previamente descrito por Cohen (1988) (es decir, ES de ≤ 0.4 = pequeño; 0.41-0.7 = moderado; > 0.7 = grandes magnitudes de cambio, respectivamente).



3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bastos, F. N., Vanderlei, F. M., Vanderlei, L. C., Júnior, J. N., y Pastre, C. M. (2013). Investigation of characteristics and risk factors of sports injuries in young soccer players: a retrospective study. *International Archives of Medicine*, 6(14), 1-6.
- Batterham, A. M., y Hopkins, W. G. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 50-57.
- Cejudo, A., Sainz de Baranda, P., Ayala, F., y Santonja, F. (2014). Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscle flexibility in futsal and handball players. *Physical Therapy in Sport*, 16(2), 107-113.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Comstock, R, Collins, C., y McIlvain, N. (2013). National High-School Sports-Related Injury Surveillance Study, 2011-2012 School Year Summary. Columbus, OH: The Research Institute at Nationwide Children's Hospital; 2010. Recuperado desde: www.nationwidechildrens.org/cirp-rio-study-reports.
- Daneshjoo, A., Mokhtar, A. H., Rahnama, N., y Yusof, A. (2012a). The effects of injury preventive warm-up programs on knee strength ratio in young male professional soccer players. *PLOS ONE*, 7(12), 1-7.
- Daneshjoo, A., Mokhtar, A. H., Rahnama, N., y Yusof, A. (2012b) The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players. *PLOS ONE*, 7(12), 1-10.
- Daneshjoo, A., Mokhtar, A. H., Rahnama, N., y Yusof, A. (2013). Effects of the 11+ and Harmoknee warm-up programs on physical performance measures in professional soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 489-496.

- Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A. H., y Yusof, A. (2013). Effectiveness of injury prevention programs on developing quadriceps and hamstrings strength of young male. *Journal of Human Kinetics*, 39, 115-125.
- FIFA (2006). FIFA big count 2006: 270 million people active in football. Recuperado desde: www.fifa.com/aboutfifa/media/newsid=529882.html.
- Gribble, P. A., Hertel, J., y Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339-357.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.
- Katis, A., y Kellis, E. (2009) Effects of small-sided games on physical conditioning and performance in young soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 374-380.
- Kiani A, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeberg R, Michaëlsson K, y Byberg L (2010). Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives of Internal Medicine*, 170(1), 43-49.
- LaBella, C. R., Hennrikus, W., Hewett, T. E., Brenner, J. S., Brookes, M. A., Demorest, R. A., et al. (2014). Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention. *Pediatrics*, 133(5), 1437-1450.
- Lohmander, L. S., Englund, P. M., Dahl, L. L., y Roos, E. M. (2007). The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries osteoarthritis. *American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1756-1769.
- Longo, U. G., Lamberti, A., Maffulli, N., y Denaro, V. (2011). Tissue engineered biological augmentation for tendon healing: a systematic review. *British Medical Bulletin*, 98(1), 31-59.

- Maffulli, N., Longo, U. G., Gougoulas, N., Loppini, M., y Denaro, V. (2010). Long-term health outcomes of youth sports injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 44(1), 21-25.
- Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett W. E., y Beutler, A. I. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: The JUMP-ACL study. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 1996-2002.
- Paterno M. V., Rauh M. J., Schmitt L. C., Ford K. R., y Hewett T. E. (2012). Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury after primary ACL reconstruction and return to sport. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(2), 116-121.
- Thorborg, K., Petersen, J., Magnusson, S. P., y Hölmich, P. (2010). Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 493-501.
- Vescovi, J. D., y McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97-107.
- Wright, R. W., Dunn, W. R., Amendola, A., Andrish, J. T., Bergfeld, J., Kaeding, C. C., et al. (2007). Risk of tearing the intact anterior cruciate ligament in the contralateral knee and rupturing the anterior cruciate ligament graft during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective cohort study. *The American Journal of Sports Medicine*, 35, 1131-1134.