



Centre universitari adscrit a la



**Universitat
Pompeu Fabra**
Barcelona

**TRABAJO FINAL DEL MÁSTER EN ENTRENAMIENTO PERSONAL Y
READAPTACIÓN FÍSICO-DEPORTIVA**

Alumno: Ivan Coca Martínez
Tutor: Roger Font Ribas

Evaluación de la eficacia de un plan de entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva para la readaptación de futbolistas con reconstrucción del ligamento cruzado anterior en fase de return to training: estudio preliminar controlado no aleatorizado

Resumen

Castellano

En el mundo del fútbol, las acciones decisivas suelen involucrar el sistema anaeróbico y, a menudo, implican cambios de dirección de alta intensidad. El ligamento cruzado anterior (LCA) se lesiona frecuentemente en acciones sin contacto, lo que implica un largo período de recuperación. Investigaciones recientes destacan la importancia de complementar el modelo clásico de readaptación basado en la carga física con carga perceptivo-cognitiva, preparando así a los futbolistas para las situaciones de hipercomplejidad durante la competición. Este estudio tiene como objetivo evaluar la eficacia de un programa de entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva en jugadores de fútbol con lesión de LCA en fase de retorno al entrenamiento (RTT). Se llevó a cabo un estudio preliminar controlado no aleatorizado con 11 participantes, divididos en grupo experimental y control. Los participantes fueron sometidos a una batería de cinco pruebas para evaluar parámetros de fuerza, velocidad de reacción y preparación psicológica antes y después de la intervención de 7 semanas. La intervención consistió en dos sesiones semanales de entrenamiento en campo supervisadas y pautas de trabajo de fuerza y movilidad individuales. Los resultados obtenidos no fueron concluyentes a nivel estadístico; sin embargo, el grupo experimental presentó mejores resultados en 4 de las 5 pruebas realizadas. Las limitaciones del estudio sugieren la

necesidad de investigaciones futuras con muestras más grandes para obtener hallazgos representativos.

Palabras clave: Readaptación deportiva, rodilla, neurocognición, return to play, return to sport

Assessment of the effectiveness of a neuromuscular training plan with cognitive load for the rehabilitation of soccer players with anterior cruciate ligament reconstruction during the return to training phase: a preliminary non-randomized controlled study

English

In the world of football, decisive actions often involve the anaerobic system and frequently include changes of direction. The anterior cruciate ligament (ACL) is commonly injured during non-contact actions, leading to a long recovery period. Recent research highlights the importance of complementing the traditional physical load-based rehabilitation model with perceptual-cognitive load, thus preparing football players for the hypercomplex situations they will encounter during competition. This study aims to evaluate the efficacy of a neuromuscular training program with cognitive load in football players with ACL injuries during the return to training (RTT) phase. A preliminary non-randomized controlled study was conducted with 11 participants, divided into experimental and control groups. The participants underwent a battery of five tests to evaluate strength parameters, reaction speed, and psychological readiness before and after the 7-week intervention. The intervention consisted of two supervised on-field training sessions per week and individual strength and mobility work guidelines. The results were not statistically conclusive; however, the experimental group showed

better performance in 4 of the 5 tests conducted. The study's limitations suggest the need for future research with larger samples to obtain representative findings.

Keywords: sports rehabilitation, knee, neurocognition, return to play, return to sport

Introducción

El LCA es una estructura de colágeno que se origina en la pared medial del cóndilo femoral lateral y se inserta en la cara anterior de la superficie articular tibial ¹. La función principal del LCA es la de estabilizador estático de la rodilla ante movimientos de hiperextensión, translación anterior de la tibia y movimientos de rotación. También resiste movimientos de varo y valgo de rodilla en todos los grados de flexión ¹. En el LCA encontramos mecanorreceptores que tienen función sobre el control neuromuscular de la articulación ², por lo tanto, una lesión en esta zona va a implicar que además de una afectación mecánica y funcional de la rodilla, también encontraremos afectaciones al sistema nervioso central y a la vía aferente del sistema sensoriomotor ³.

El 70-80% de las lesiones de LCA en el fútbol se producen sin contacto, comúnmente cuando se producen desaceleraciones repentinas o recepciones de saltos. La incidencia de esta lesión es 6 veces mayor en partido que en entrenamiento⁴. La mayoría de las lesiones del LCA se producen cuando los patrones de movimiento perjudiciales se inician bajo presión en respuesta a un estímulo impredecible en un entorno dinámico, por ejemplo, un aterrizaje perturbado después de una disputa aérea por el balón ⁵. Estudios del mecanismo lesional a través del análisis de video determinan que los patrones más comunes en el fútbol se producen en acciones de presión, entrada (*tackled*) o chute ^{6,7}.

En la primera división masculina española (2010-2011 a 2019-2020) la lesión de LCA tuvo una incidencia de 0,0364 por 1000 horas de juego y supuso un tiempo medio de baja de 218,8 días⁸. Según datos publicados por la UEFA en estudios de lesiones en clubes Élite, el LCA presenta una incidencia de poco menos de 0,1 e implica unos 200 días de baja⁹. El sexo femenino tiene una tasa de incidencia de esta lesión 2,2 veces mayor que la de los hombres en el fútbol¹⁰.

Se ha identificado que ciertos déficits neuromusculares y biomecánicos son los principales contribuyentes a las lesiones de LCA sin contacto. Estos incluyen falta de control neuromuscular, dominancia de músculos de cuádriceps sobre isquiotibiales para estabilizar la rodilla, asimetrías entre extremidades, falta de estabilidad del core, fatiga neuromuscular y falta de preactivación (feedforward)¹¹.

El proceso de readaptación de la lesión debe ser un continuo sin fases donde los criterios son los que marcan la evolución. Ese proceso se inicia con la fase de rehabilitación, que se centra en recuperar el tejido lesionado y restaurar la salud general del deportista. La segunda fase es la de *Return to Training* (RTT), que tiene dos grandes objetivos, el primero es la prevención de una recaída y el segundo es maximizar el rendimiento para competir en situaciones específicas del deporte. Esta fase se diferencia en dos subfases: *Return to Activity*, donde se trabajan habilidades fundamentales a través de la fuerza y el entrenamiento neuromuscular de bajo impacto, por otro lado, la fase de *Return to Sport*, donde se pretende mejorar el rendimiento deportivo específico para terminar incorporándose al grupo. Finalmente, la fase de *Return to Competition* debe ir enfocada

al acoplamiento del deportista a la dinámica del equipo, preparándolo a nivel coordinativo, cognitivo y emocional para la competición ¹¹.

El objetivo final de un proceso de readaptación en deportes de situación debe ser que el deportista vuelva a la competición preparado para resistir cargas elevadas en situaciones de hipercomplejidad mientras se minimiza el riesgo de lesión¹¹. Para ello se debe reentrenar el movimiento, garantizando un rango de movimiento completo y la recuperación de los déficits de fuerza muscular ¹². Las demandas perceptivas del deporte también se deben tener en cuenta y por ello es necesario entrenar aspectos cognitivos propios del deporte. Es fundamental considerar las demandas cognitivas de los deportes de equipo y entender la compleja interacción entre las capacidades físicas y la toma de decisiones, ya que estas determinan el movimiento, el rendimiento y la vulnerabilidad a las lesiones⁴. La carga perceptivo/cognitiva y la carga física deben tener el mismo peso en un proceso de readaptación y prevención de lesiones ⁴.

Hipótesis y objetivos

Objetivos

Objetivo general:

Determinar la eficacia de un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva en jugadores de fútbol (hombres y mujeres) con reconstrucción de LCA en fase de RTT en comparación con un grupo control.

Objetivos específicos:

1. Determinar y comparar la fuerza isométrica de cuádriceps e isquiotibiales, en quilos, entre jugadores/as de fútbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT

- que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva y un grupo control.
2. Determinar y comparar el rendimiento en salto horizontal, en centímetros, entre jugadores/as de futbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva y un grupo control.
 3. Evaluar y comparar la velocidad de reacción, en segundos, en una prueba de agilidad entre jugadores/as de futbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva y un grupo control.
 4. Valorar y comparar el nivel de preparación psicológica, mediante una escala nominal de 0 a 100, de los jugadores/as de futbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva y un grupo control.

Hipótesis

1. Hipótesis para el objetivo específico 1:

Se espera que los jugadores/as de futbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva presenten mejoras significativas mayores en la fuerza isométrica de cuádriceps e isquiotibiales que el grupo control

2. Hipótesis para el objetivo específico 2:

Se espera que los jugadores/as de futbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva presenten mejoras significativas mayores en la altura del salto vertical que el grupo control

3. Hipótesis para el objetivo específico 3:

Se espera que los jugadores/as de fútbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva presenten mejoras significativas mayores en la velocidad de reacción en relación al grupo control

4. Hipótesis para el objetivo específico 4:

Se espera que los jugadores/as de fútbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT que reciben un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva presenten mejoras significativas mayores en el test de preparación psicológica que el grupo control

Material y métodos

a. Diseño del estudio

Este trabajo se enmarca en un estudio preliminar controlado no aleatorizado, cuyo objetivo es evaluar el impacto de un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva en jugadores/as de fútbol con reconstrucción de LCA en fase de RTT. Aunque la muestra no alcanza el tamaño mínimo recomendado para un ensayo clínico definitivo, los resultados pretenden proporcionar información valiosa para el diseño de futuros estudios más amplios.

b. Población y muestra

- Definición de la población

Jugadores y jugadoras de fútbol que realizan el proceso de readaptación a través de la Mutualidad de Futbolistas de la Federación Catalana de Fútbol (FCF). Todos ellos se encuentran en una fase de RTT. Después de realizar la fase de rehabilitación en las

instalaciones de la mutualidad, pasan a realizar el entrenamiento en campo. El traumatólogo es quien presenta esta petición y da permiso al jugador/a para iniciar esta fase.

- Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión son (*Tabla 1*):

Tabla 1: Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Lesión LCA • > 4 meses post cirugía • Ausencia de dolor e inflamación • Tolerancia al impacto • Disponibilidad para entrenar martes y jueves de 16:00 a 17:00 en el campo de futbol municipal Can Aranyó- Agapito Fernández • Superación exitosa de los siguientes test¹³: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Passive Knee Extension ¹⁴ ▪ Passive Knee Flexion ¹⁵ ▪ Unipodal stance test ¹⁶ ▪ Functional Alignment Test ¹⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin lesión de LCA • < 4 meses post cirugía • Dolor o inflamación • Intolerancia al impacto • Sin disponibilidad para entrenar martes y jueves de 16:00 a 17:00 en el campo de futbol municipal Can Aranyó- Agapito Fernández • Resultado negativo en alguno de los siguientes test¹³: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Passive Knee Extension ¹⁴ ▪ Passive Knee Flexion ¹⁵ ▪ Unipodal stance test ¹⁶ ▪ Functional Alignment Test ¹⁷

- Métodos y lugar de selección de la muestra

Para formar los grupos de trabajo se presentó presencialmente el estudio a los participantes que cumplían los requisitos de inclusión y se les propuso formar parte del mismo. Esta presentación se realizó al finalizar uno de los entrenamientos de readaptación en el campo de futbol municipal Can Aranyó- Agapito Fernández.

Los participantes del grupo control son jugadores y jugadoras que por motivos diversos no pueden asistir de forma regular a los entrenamientos. Con ellos se contactó mediante llamada y se les presento el estudio, así como la posibilidad de formar parte del mismo.

Una vez cerrados los grupos, se crearon dos grupos de WhatsApp para enviar toda la información relacionada con el proyecto y tener una comunicación directa con los participantes.

- Tamaño de la muestra

El tamaño inicial de la muestra fue de 8 participantes para el grupo experimental y 5 para el grupo control (n=13). Tras realizar la intervención, 2 participantes fueron excluidos por no cumplir el criterio de inclusión de asistencia mínima, que se estableció en el 50% de las sesiones de campo.

El promedio de edad de los participantes del grupo control fue de $26,6 \pm 10,4$ años y el del grupo experimental de $24,0 \pm 8,0$ años.

Tabla 2: Tamaño de la muestra por grupos.

	Pre intervención (n)	Post intervención (n)
G. Experimental	8	6
G. Control	5	5
Total	13	11

c. Intervención

Los participantes del grupo experimental recibieron una intervención de 7 semanas donde se realizaron sesiones de entrenamiento presenciales en el campo de fútbol municipal Can Aranyó- Agapito Fernández y, por otro lado, se les pautó entrenamiento de movilidad y fuerza para realizar de forma individual (*Tabla 3*). El grupo control no recibió ninguna intervención específica durante el mismo período de tiempo. Cada semana se realizó tanto un control de asistencia para la sesiones de campo como para las pautas de fuerza y movilidad.

Tabla 3: Microciclo tipo de entrenamiento

MICROCICLO TIPO							
SEMANA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	MOBILIDAD	CAMPO	DESCANSO	CAMPO	MOBILIDAD	PAUTA FUERZA	DESCANSO

La intervención se basó en las directrices propuestas por Fort-Vanmeerhaeghe et al, ¹⁸ en la fase de *Return to Activity* complementadas con la aplicación de estímulos cognitivos⁴. El objetivo de esta fase es mejorar las habilidades de movimiento fundamentales (FMS) a través del trabajo de fuerza y el control neuromuscular de bajo impacto. La estructura de la sesión constó de una parte inicial de movilidad y activación seguido de un bloque de fuerza específica y un bloque de trabajo neuromuscular donde se trabajaron las FMS con carga cognitiva en algunas de las tareas. El trabajo siempre se realizó en parejas

Como ejercicios de movilidad se realizaron algunos de los propuestos en la *Pauta de movilidad (Anexo 1)* y para la activación previa al primer bloque se utilizaron algunos de los ejercicios de la *Pauta de fuerza (Anexo 2)*. Para estructurar el bloque de fuerza se tuvieron en cuenta los requerimientos deportivos del fútbol, que se determinan a través de 4 manifestaciones de la fuerza: de salto, de desplazamiento, de lucha y de acción con pelota ¹⁹.

Los bloques de fuerza se estructuraron con 3 ejercicios en función del gesto deportivo a trabajar (*Tabla 4*) y siguieron la siguiente estructura: ejercicio fundamental con carga externa de 10kg, ejercicio compensatorio o complementario y ejercicio de aplicación con resistencia (goma elástica). Se realizaron 3 series de 10 repeticiones en formato circuito.

Tabla 4: Bloques de ejercicios realizados en el bloque de fuerza

Gesto deportivo	Fundamental	Comple/Compe	Aplicación
Desplazamiento lineal (1)	Puente glúteo UNI	Step down	Desplazamiento frontal goma
Desplazamiento lateral (2)	Lunge lateral	Pres pallof	Desplazamiento lateral goma
Desaceleración (3)	Peso muerto UNI	Extensión de rodilla goma	Frenada frontal goma
Aceleración (4)	Lunge frontal	Leg curl goma	Aceleración goma
Salto (5)	Sentadilla pies asimétricos	Dorsiflexión tobillo goma	Salto con goma
Golpeo (6)	Sentadilla búlgara	Abducción de cadera goma	Gesto de pase con goma

El bloque de trabajo neuromuscular con carga cognitiva (Tabla 5) se planteó en formato circuito de estaciones por parejas. Los contenidos que se trabajaron fueron la estabilidad, los desplazamientos y la iniciación a situaciones específicas del deporte (SSS) con ejercicios que buscan replicar acciones específicas del fútbol pero con un impacto bajo. Todos los contenidos se describen en la propuesta de Fort-Vanmeerhaeghe et al,¹⁸.

Tabla 5: Estructura del bloque de entrenamiento neuromuscular

Estación	Contenido
1	Estabilidad estática
2	Estabilidad dinámica + Landing y saltos
3	Desplazamiento línea/COD
4	Desplazamiento lateral/COD
5	Acciones con balón
6	Acciones de lucha

Los ejercicios se modificaron en cada entrenamiento o se añadieron variantes para añadir estímulos distintos. En cada entrenamiento un mínimo de 3 estaciones incorporó estímulos cognitivos que implicaron ejercicios de reacción (*reaction drills*) y/o doble tarea (*dual task*)⁴. Se realizaron 2 series de 30" donde un miembro de la pareja tenía el

rol de ejecutante y el otro de analizador o distractor. No se midió la carga cognitiva con ningún indicador. En *Anexo 3* se puede ver una sesión ejemplo.

Los diferentes microciclos de la intervención se muestran en *Tabla 6*.

Tabla 6: Resumen de la intervención por semanas y los bloques de fuerza realizados

INTERVENCIÓN							
SEMANA 1	LUNES 8/4	MARTES 9/4	MIÉRCOLES 10/4	JUEVES 11/4	VIERNES 12/4	SÁBADO 13/4	DOMINGO 14/4
		1		2			
SEMANA 2	LUNES 15/4	MARTES 16/4	MIÉRCOLES 17/4	JUEVES 18/4	VIERNES 19/4	SÁBADO 20/4	DOMINGO 21/4
		3		6			
SEMANA 3	LUNES 22/4	MARTES 23/4	MIÉRCOLES 24/4	JUEVES 25/4	VIERNES 26/4	SÁBADO 27/4	DOMINGO 28/4
		4		5			
SEMANA 4	LUNES 29/4	MARTES 30/4	MIÉRCOLES 1/5	JUEVES 2/5	VIERNES 3/5	SÁBADO 4/5	DOMINGO 5/5
		1		2			
SEMANA 5	LUNES 6/5	MARTES 7/5	MIÉRCOLES 8/5	JUEVES 9/5	VIERNES 10/5	SÁBADO 11/5	DOMINGO 12/5
		3		4			
SEMANA 6	LUNES 13/5	MARTES 14/5	MIÉRCOLES 15/5	JUEVES 16/5	VIERNES 17/5	SÁBADO 18/5	DOMINGO 19/5
		5		6			
SEMANA 7	LUNES 20/5	MARTES 21/5	MIÉRCOLES 22/5	JUEVES 23/5	VIERNES 24/5	SÁBADO 25/5	DOMINGO 26/5
		1		2			

MOBILIDAD	CAMPO	INDIVIDUAL
-----------	-------	------------

d. Variables y test de evaluación

La intervención se valoró a través de los resultados obtenidos en una batería de 5 tests (*Figura 1*) aplicados antes y después de las 7 semanas de intervención.

Leg extensión/leg curl isométrico

Se coloca al sujeto sentado a 90° de flexión de cadera y 60° de flexión de rodilla^{20,21} la posición se fija con una cuerda anclada al tobillo y la angulación de la rodilla con la opción *Nivel* de la aplicación *Medidas de IOS*. Se valora tanto la fuerza máxima de extensión (*Figura 1.A*), como de flexión de rodilla (*Figura 1.B*). El registro de la fuerza generada se realiza con la galga extensiométrica Suiff Pro²². Se realizan 3 repeticiones con la pierna lesionada: 1 de prueba y 2 válidas. La repetición se da por válida cuando el sujeto consigue mantener su máxima aplicación de fuerza durante 3 segundos sin oscilaciones significativas. Se utiliza el registro con mejores valores obtenidos.

Single Hop Test

Consiste en realizar un salto horizontal a una pierna²³. Se marca en el suelo una línea des de donde se iniciará el salto. La posición inicial es con la punta de la zapatilla por detrás de la línea, en apoyo unipodal y con las manos en la cintura. Se puede realizar impulso, pero sin levantar el pie del suelo, las manos siempre pegadas a la cintura. Se mide la distancia des de la línea de salida hasta el talón (*Figura 1.C*). Solo se realiza con pierna lesionada, se registran 2 intentos y se determina el promedio entre ellos.

Reactive 4 corner modificado

El test tiene como objetivo medir la velocidad de reacción promedio y es una adaptación del test de Wilk et al.,²⁴. Se utiliza la aplicación SwitchedOn, concretamente el programa “*Box sprint/Back pedal*” de la “*Demo Cognitive Agility Sesion*”. La configuración utilizada se puede ver en la *Figura 1.D*. El sujeto, que se sitúa en medio de un recuadro de 3m x 3m, debe tocar el mayor número de conos en 30 segundos mientras receptiona y devuelve con las manos un balón que le lanza una persona externa. El cono que se debe tocar viene determinado por la aplicación *SwitchedOn*, que cambia cada vez se toca uno de ellos (el cambio lo realiza manualmente una persona externa). Para obtener la velocidad de reacción se divide el tiempo (30s) entre el número de conos alcanzados.

ACL-RSI

Cuestionario para identificar la preparación psicológica de los participantes en relación a la vuelta al deporte²⁵. Se utiliza una escala de puntuación nominal donde 0 es preparación nula y 100 es preparación idea. Se utilizó el siguiente cuestionario:

[CUESTIONARIO ACL-RSI](#)

Los vídeos de los tests realizados se pueden encontrar aquí: [VIDEOS TESTS](#)

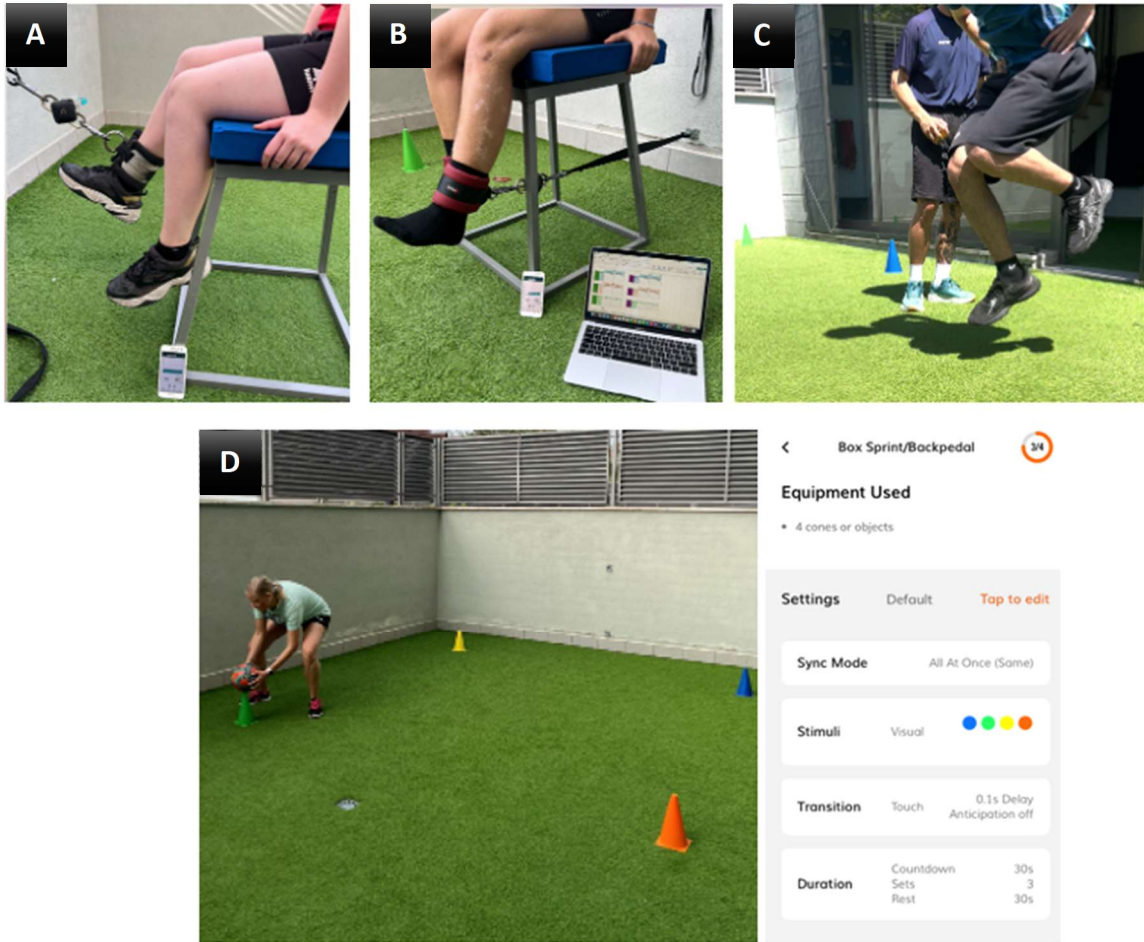


Figura 1: Tests de valoración utilizados. A: Leg extension ISO; B: Leg curl ISO; C: Single hop Test; reactive 4 corner modificado + configuración utilizado en la app SwitchedOn

Las variables de estudio fueron (Tabla 7):

Tabla 7: Definición de las variables

Tipo variable	Definición variable	Momento medición	Test	Instrumento	Unidad	Escala de medida
Fuerza máxima isométrica (dependiente)	Pico máximo de fuerza en isometría durante una contracción muscular voluntaria	PreTest: 18-22marzo	Leg extensión/leg curl	Galga Suiff Pro ²²	Quilos	Continua
Fuerza dinámica (dependiente)	Capacidad muscular de generar fuerza en un movimiento que implica un cambio en la longitud del músculo	PostTest: 27-31mayo	Single hop test	Cinta métrica	Centímetros	Continua

Velocidad de reacción (dependiente)	Intervalo de tiempo transcurrido des de que se presena un estímulo hasta que se completa una respuesta motora		Reactive 4 corner modificado	Cronómetro + App SwitchedOn	Segundos	Continua
Preparación psicológica (dependiente)	Preparación mental ante un desafío		ACL-RSI	Cuestionario ACL-RSI ²⁵	Escala 0 al 100	Discreta

e. Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas de este estudio incluyen el consentimiento informado obtenido de todos los participantes antes de su inclusión, asegurando así su voluntariedad y comprensión de los procedimientos. Se respetaron los principios de beneficencia y no maleficencia al implementar intervenciones diseñadas para mejorar la recuperación sin causar daño adicional. Además, se garantizó la confidencialidad de los datos personales y los resultados del estudio, conforme a las normativas éticas establecidas. El protocolo respetó los postulados bioéticos y principios éticos básicos de la Declaración de Helsinki (2008), el código deontológico de la profesión de la educación física y el deporte, la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento General (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

En los anexos(*Anexo 4*) se proporciona el documento informativo detallado para los participantes y el formulario de consentimiento informado, validando el proceso ético y legal del estudio.

f. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software RStudio, Versión 2023.12.1+402 (2023.12.1+402). Primeramente, se hizo el análisis descriptivo de las 5 variables (promedio, intervalos de confianza, mediana, mínimo, máximo, varianza y desviación estándar) de cada grupo en los dos momentos temporales (pre y post). La normalidad de las distribuciones de las variables se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk para cada grupo. Finalmente, se llevó a cabo una prueba ANOVA de dos factores para determinar los efectos de la intervención. Se estableció un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

Resultados

En el análisis descriptivo de las variables medidas se observaron mejores resultados en los dos grupos y en todas las variables. En la mayoría de los tests, el grupo experimental presentó mejoras más elevadas que el grupo control. Para analizar estos datos se diferenciaron dos categorías y se le aportaron valores para diferenciar el grupo (0 = Experimental; 1 = Control) y el momento de la medición (Pre = 0; Post = 1).

En cuanto a la fuerza isométrica en leg extension (*Figura 2*), el grupo experimental mostró un incremento de la media de 39,12 kg pre intervención a 53,55 kg post intervención, lo que representa un aumento de 14,43 kg. En contraste, el grupo control pasó de una media de 43,12 kg a 49,72 kg, incrementando en 6,6 kg (*Tabla 8*).

Tabla 8: Estadística descriptiva Leg extension

Grupo	Pre-Post	Media	IC_Inferior	IC_Superior	Mediana	Minimo	Maximo	Varianza	SD
0	0	39,12	35,90	42,34	38,70	34,40	45,10	15,32	3,91
0	1	53,55	46,30	60,80	52,15	42,40	66,30	77,71	8,82
1	0	43,12	25,94	60,30	45,80	17,40	64,70	324,82	18,02

1	1	49,72	31,35	68,09	40,50	27,70	70,40	371,37	19,27
---	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

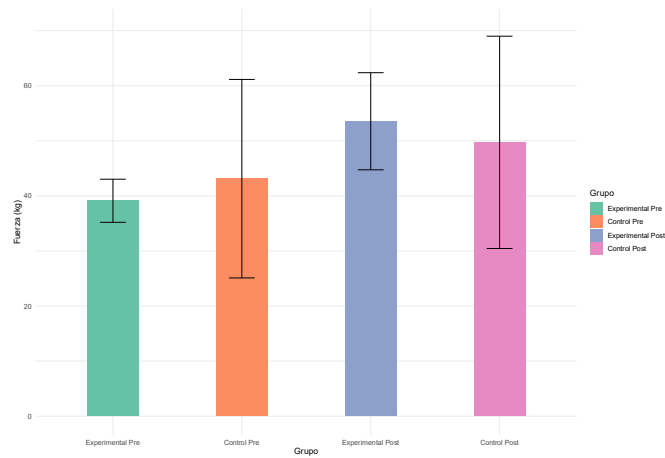


Figura 2: Media y desviación estándar de Leg extension por grupo y momento de medición

En la fuerza isométrica en leg curl, el grupo experimental también evidenció un aumento mayor (Figura 3), con la media incrementando de 27kg pre-intervención a 33,08 kg post intervención, un incremento de 6,08 kg. El grupo control, por su parte, mostró un aumento de 4,62 kg, pasando de 22,94 kg a 27,56 kg post-intervención (Tabla 9).

Tabla 9: Estadística descriptiva Leg curl

Grupo	Pre-Post	Media	IC_Inferior	IC_Superior	Mediana	Minimo	Maximo	Varianza	SD
0	0	27	21,50	32,50	26,75	19,40	35,20	44,76	6,69
0	1	33,08	28,16	38,00	32,90	26,50	41,00	35,79	5,98
1	0	22,94	14,44	31,44	19,70	13,30	35,20	79,44	8,91
1	1	27,56	18,89	36,23	30,20	14,50	37,30	82,74	9,10

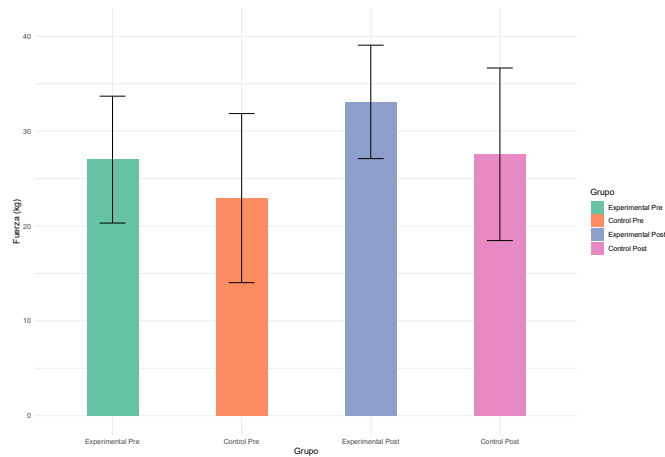


Figura 3: Media y desviación estándar de Leg curl por grupo y momento de medició

En el rendimiento en single hop test (Figura 4) se reflejaron mejoras notables, especialmente en el grupo experimental, que pasó de una media de 108 cm pre intervención a 132,25 cm post intervención, representando un aumento de 24,25 cm. El grupo control, aunque también mejoró, mostró un incremento más modesto de 5,45 cm, pasando de 102,3 cm a 107,75 cm (Tabla 10).

Tabla 10: Estadística descriptiva single hop test

Grupo	Pre-Post	Media	IC_Inferior	IC_Superior	Mediana	Minimo	Maximo	Varianza	SD
0	0	108	86,38	129,62	112,75	73,00	134,50	690,80	26,28
0	1	132,25	112,80	151,70	134,38	99,25	155,25	558,98	23,64
1	0	102,30	67,68	136,92	86,00	63,00	149,50	1318,45	36,31
1	1	107,75	84,61	130,89	107,75	73,00	137,75	588,84	24,27

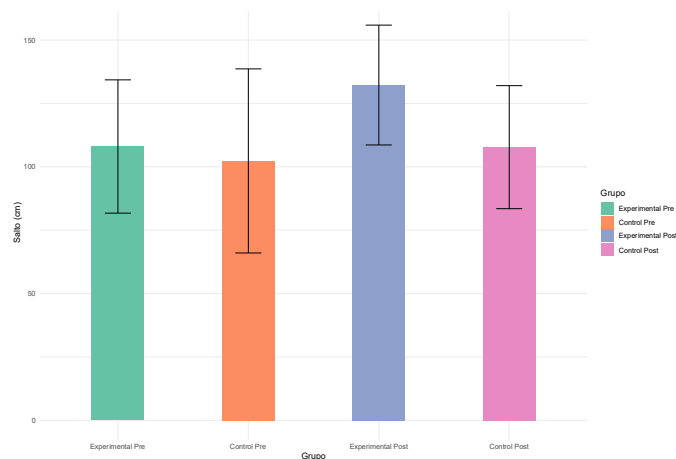


Figura 4: Media y desviación estándar de single hop test por grupo y momento de medición

En la prueba *reactive 4 corner modificado*, se observó una reducción en la velocidad de reacción más significativa en el grupo experimental (*Figura 5*), que redujo su media de 2,77s pre intervención a 2,11s post intervención, lo que indica una mejora de 0,66s. El grupo control mejoró en menor medida, con una reducción de 0,43 s, pasando de 2,88s a 2,45s post intervención (*Tabla 11*).

Tabla 11: Estadística descriptiva *reactive 4 corner modificado*

Grupo	Pre-Post	Media	IC_Inferior	IC_Superior	Mediana	Minimo	Maximo	Varianza	SD
0	0	2,77	2,47	3,06	2,73	2,31	3,33	0,13	0,36
0	1	2,11	1,92	2,31	2,00	1,88	2,50	0,06	0,24
1	0	2,88	2,35	3,41	3,00	2,00	3,33	0,31	0,55
1	1	2,45	2,16	2,75	2,50	2,00	2,73	0,09	0,31

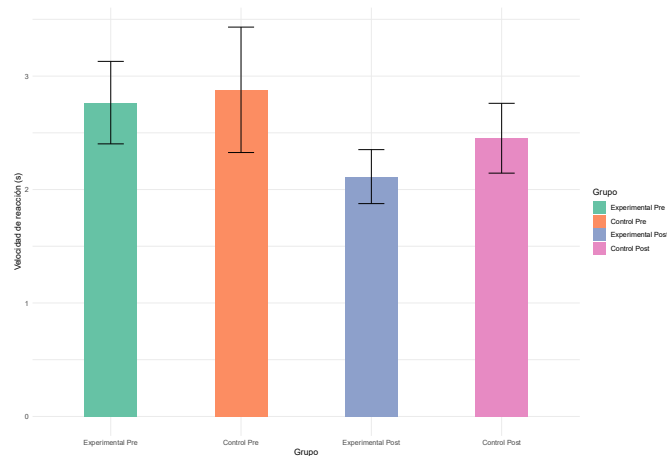


Figura 5: Media y desviación estándar de *reactive 4 corner modificado* por grupo y momento de medición

Finalmente, en la cuestionario ACL-RSI (*Figura 6*), el grupo experimental mostró un incremento en la media de 66 puntos pre intervención a 71 post intervención, un aumento de 5 puntos. El grupo control también mejoró, pasando de una media de 64 a 72,6, lo que representa un incremento de 8,6 puntos (*Tabla 12*).

Tabla 12: Estadística descriptiva cuestionario ACL-RSI

Grupo	Pre-Post	Media	IC_Inferior	IC_Superior	Mediana	Minimo	Maximo	Varianza	SD
-------	----------	-------	-------------	-------------	---------	--------	--------	----------	----

0	0	51,78	80,22	63,50	42,00	92,00	298,80	17,29	51,78
0	1	54,58	87,42	75,50	46,00	94,00	398,40	19,96	54,58
1	0	44,94	83,06	55,00	46,00	88,00	399,50	19,99	44,94
1	1	53,70	91,50	73,00	50,00	96,00	392,80	19,82	53,70

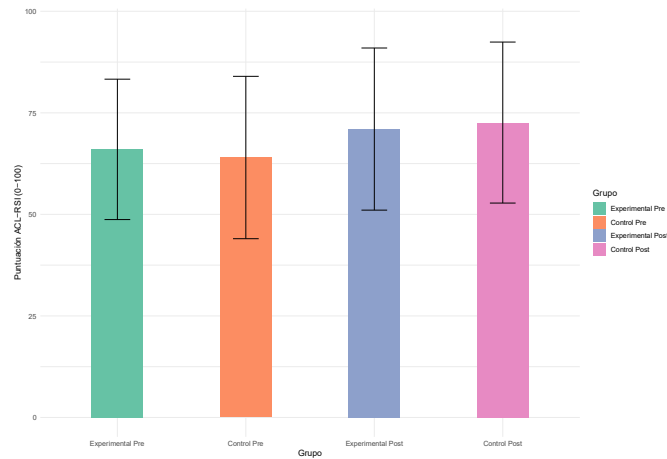
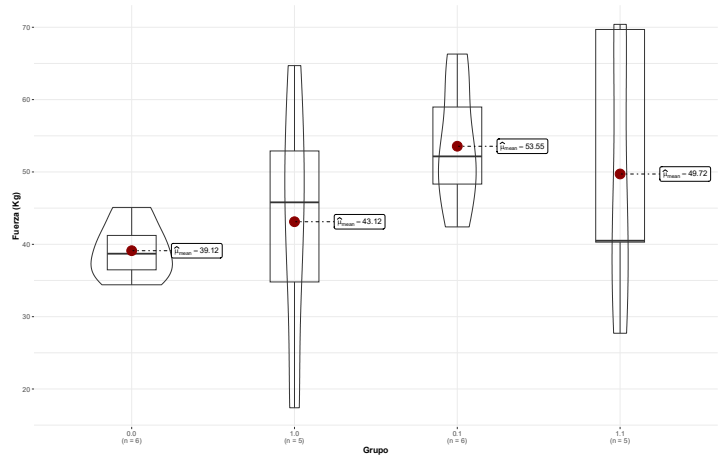


Figura 6: Media y desviación estándar del cuestionario ACL-RSI por grupo y momento de medición

Las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk realizadas para las 5 variables en ambos grupos (experimental y control) y en ambos momentos (pre y post) mostraron que, en todos los casos, los p-valores fueron mayores a 0.05. Por lo que se asumió que los datos seguían una distribución normal y en consecuencia se podía aplicar una prueba paramétrica.

La prueba estadística que se realizó fue una Anova de dos factores de medidas repetidas para comparar los efectos entre condiciones. A continuación, se presentan los gráficos realizados a través de los datos obtenidos al realizar la ANOVA de cada test, el factor de estudio ha sido el de la interacción entre el factor 'Categoría' (grupo) y 'Pre-Post'. En caso del *reactive 4 corner modificado* también se ha analizado 'Pre-Post' como factor único.

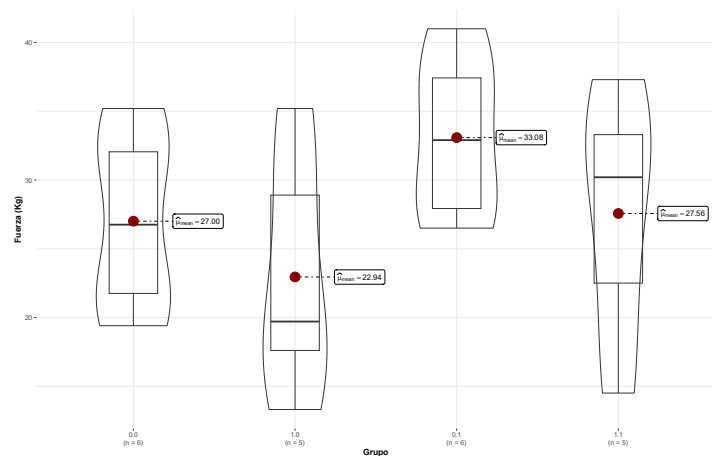
No hubieron diferencias significativas entre la categoría y el momento de medición en el test *leg extension* ($F = 0,463, p = 0,5047$) (Figura 7).



Factor	Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr (>F)
Categoria	1	0	0	0	0,9881
Pre-Post	1	650,2	650,2	3,601	0,0739
Categoria:Pre-Post	1	84	83,7	0,463	0,5047
Residuals	18	3250	180,5		

Figura 7: ANOVA de dos factores para Leg extension de la variable interacción 'Categoría:Pre-Post'

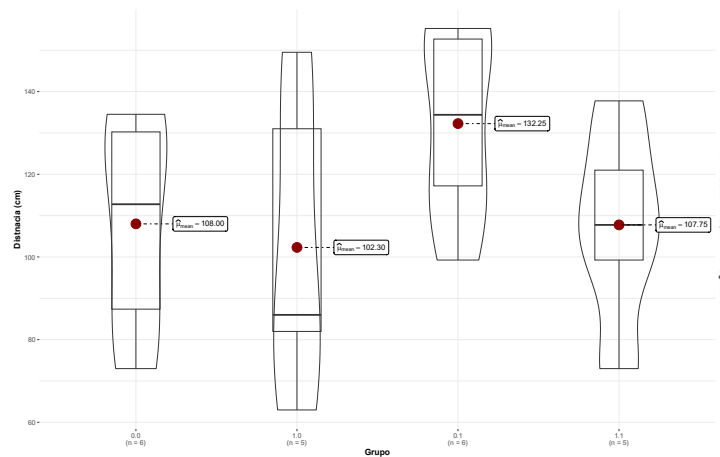
Tampoco hubieron diferencias significativas entre la categoría y el momento de medición en el test *leg curl* ($F = 0,05, p = 0,826$) (Figura 8).



Factor	Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr (>F)
Categoria	1	125,2	125,24	2,144	0,16
Pre-Post	1	161,5	161,46	2,764	0,114
Categoria:Pre-Post	1	2,9	2,92	0,05	0,826
Residuals	18	1051,5	58,41		

Figura 8: ANOVA de dos factores para Leg curl de la variable interacción 'Categoria:Pre-Post'

No se observaron diferencias significativas entre la categoría y el momento de medición en el test single hop test ($F = 0,625, p = 0,439$) (Figura 9).

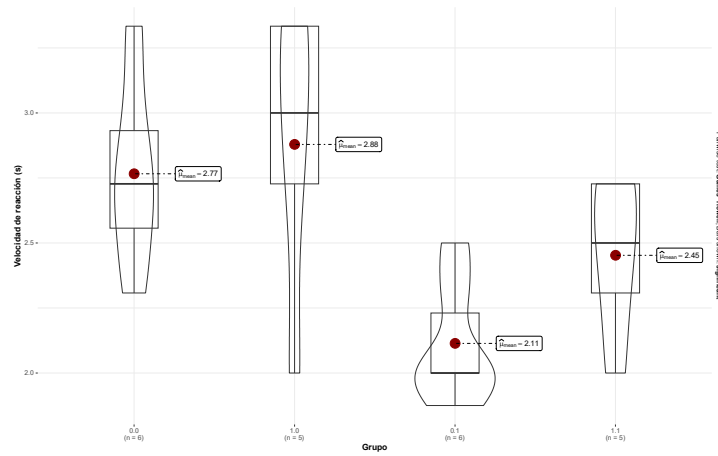


Factor	Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr (>F)
Categoria	1	1244	1244	1,613	0,22
Pre-Post	1	1356	1356	1,759	0,201
Categoria:Pre-Post	1	482	482	0,625	0,439
Residuals	18	13878	771		

Figura 9: ANOVA de dos factores para single hop test de la variable interacción 'Categoria:Pre-Post'

No hubieron diferencias significativas entre la categoría y el momento de medición en el reactive 4 corner modificado ($F = 0,492, p = 0,49212$) (Figura 10). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los momentos pre y post intervención ($F =$

11,745, $p = 0,00301$). El tamaño del efecto y los intervalos de confianza obtenido a través de Cohen's d fueron $1.44 \mid [0.48, 2.38]$ (Figura 11).



Factor	Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr (>F)
Categoría	1	0,278	0,278	1,966	0,17787
Pre-Post	1	1,6608	1,6608	11,745	0,00301**
Categoría:Pre-Post	1	0,0695	0,0695	0,492	0,49212
Residuals	18	2,5452	0,1414		

Figura 10: ANOVA de dos factores para reactivo 4 corner modificado de la variable interacción 'Categoría:Pre-Post'

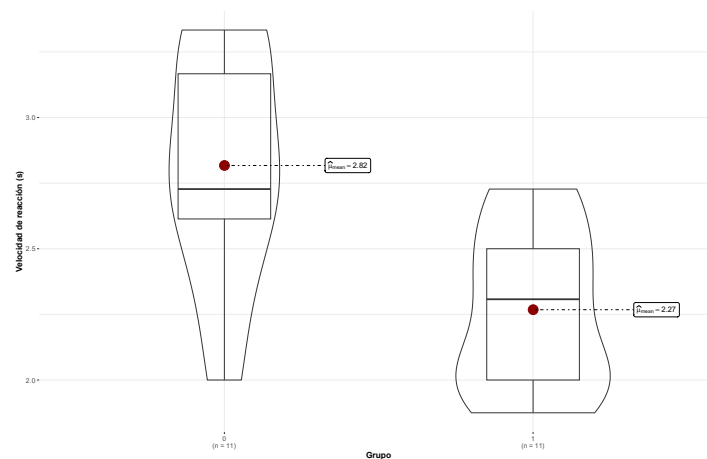
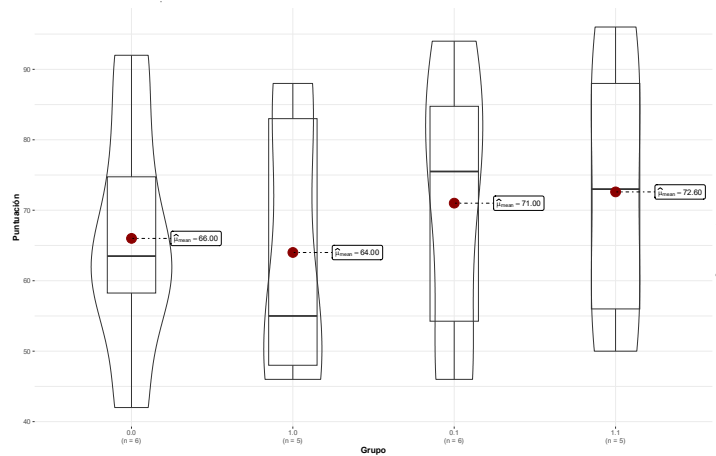


Figura 11: ANOVA de dos factores para reactivo 4 corner modificado de la variable 'Pre-Post'

Igual que los demás análisis observados, no hubieron diferencias significativas entre la categoría y el momento de medición en el cuestionario ACL-RSI ($F = 0,048$, $p = 0,829$) (Figura 11).



Factor	Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr (>F)
Categoría	1	0	0,2	0,001	0,981
Pre-Post	1	242	242,2	0,655	0,429
Categoría:Pre-Post	1	18	17,7	0,048	0,829
Residuals	18	6655	369,7		

Figura 12: ANOVA de dos factores para cuestionario ACL-RSI de la variable interacción 'Categoría:Pre-Post'

Resumidamente, las diferencias que se pretendían analizar para dar respuesta al objetivo no han resultado ser significativas. Cabe mencionar que los tests que han presentado unos unos valores de p menores son *single hop test* (0,439) y *reactive 4 corner modificado* (0,492). Por el contrario, el test que ha presentado mayor valor de p ha sido el ACL-RSI (0,829).

Discusión

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de un programa de entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva para futbolistas con reconstrucción

de LCA en fase de RTT. Los resultados principales indican que no han habido diferencias significativas en ninguna de las variables de medición, aun así, el grupo experimental exhibió mayores mejoras en la fuerza isométrica de cuádriceps e isquiotibiales, en el rendimiento en el salto horizontal y en la velocidad de reacción en el *reactive 4 corner modificado* que el grupo control. Aparecieron diferencias significativas en los resultados obtenidos entre el pre y el post del test *reactive 4 corner modificado*, si bien estos resultados no tienen en cuenta el grupo sino el momento temporal en el que se realizó la medición, es por ello que estas diferencias no se pueden atribuir a la intervención realizada.

En relación a los resultados obtenidos en las pruebas de fuerza isométrica máxima (*Leg extension: $F = 0,463$, $p = 0,5047$; Leg curl: $F = 0,05$, $p = 0,826$*), no aparecieron diferencias significativas entre grupos. Estos resultados son similares a otras investigaciones donde utilizaron la fuerza isométrica para conocer las diferencias entre una rehabilitación de LCA supervisada y en el hogar, los déficits fueron menores en los que realizan entrenamiento supervisado pero no hubo estadística significativa²⁶. Esto sugiere que varios métodos pueden ser eficaces para las ganancias de fuerza. En caso de los resultados de este estudio, podría ser que el aumento en los niveles de fuerza no haya sido significativo debido a varios factores. Entre ellos podrían estar la posible ineficacia de la rutina de fuerza diseñada, la dificultad para aplicar una carga externa adecuada, la baja adherencia de los participantes a realizar estos ejercicios de manera autónoma o la calidad del movimiento durante la ejecución por parte de los participantes.

El single hop test tampoco ha presentado las diferencias esperadas. Pese a que el grupo experimental ha mejorado notablemente más que el grupo control ($\Delta\text{Media} = 24,25$ vs $\Delta\text{Media} = 5,45$) las diferencias siguen sin ser significativas ($F = 0,625$, $p = 0,439$). En este caso el bajo tamaño muestral puede haber tenido gran influencia en los resultados. Estos hallazgos sugieren que las pruebas de salto horizontal pueden no ser consistentes como indicadores únicos para evaluar la función del LCA después de una lesión ²⁷. Líneas futuras de investigación con un tamaño muestral más amplio deberían comparar los resultados de salto horizontal con los de salto vertical para corroborar la investigación de Kotsifaki et al.,²⁸, que afirma que métricas de rendimiento en el salto vertical, como la altura y el índice de fuerza reactiva, pueden detectar de manera más efectiva las diferencias entre las extremidades que la distancia de salto horizontal. Posiblemente la utilización de ambos saltos podría ser una buena herramienta de valoración en este proceso.

Los resultados en la comparativa de grupos del *reactive 4 corner modificado* no han presentado resultados significativos ($F = 0,492$, $p = 0,49212$) pese a que el grupo experimental ha reducido en mayor media su velocidad de reacción respecto al grupo control ($\Delta\text{Media} = -0,652$ vs $\Delta\text{Media} = -0,426$), que también la ha reducido. Este dato nos indica que los participantes del grupo experimental han sido más ágiles que el grupo control, ya que han sido capaces de responder al estímulo presentado en menos tiempo. Por tanto, resalta una mejora en las capacidades perceptivo-cognitivas que va a tener que manifestar en su vuelta a la competición y reafirma la importancia de incluir esta carga en procesos de readaptación ⁴.

Donde sí se han presentado diferencias significativas ha sido en relación al momento de medición (Pre-Post), donde $F = 11,745$ y $p = 0,00301$. Aunque el tamaño del efecto obtenido fue considerable (1.44), el intervalo de confianza fue amplio ([0.48, 2.38]), lo que indica que hay cierta incertidumbre sobre la magnitud exacta del efecto. Esto puede deberse a un tamaño de muestra pequeño o a una alta variabilidad en los datos. Una de las posibles explicaciones de este hallazgo puede ser la familiarización con el test por parte de los participantes, reafirmando que la familiarización con ejercicios específicos puede llevar a obtener mejores resultados²⁹. Con el objetivo de eliminar este posible factor se sugiere que en futuras investigaciones se realice un período de aprendizaje previo y familiarización con la actividad para garantizar unos resultados válidos. En relación a la herramienta de medición (*SwitchedOn*), puede ser una buena alternativa a sistemas más sofisticados como *Nearpod* o similares, ya que nos permite medir tareas con implicación cognitiva y perceptiva de manera sencilla. La literatura actual no recoge estudios en relación a su uso y validación, por ello líneas futuras de investigación deberían abordar este análisis.

Por último, en el cuestionario ACL-RSI ($F = 0,048$, $p = 0,829$) ha sido el único test donde el grupo control ha presentado un mayor incremento de los resultados que el grupo experimental, aunque muy poco relevantes. Sugiriendo que la intervención no influyó de manera diferencial en la preparación psicológica para el retorno al deporte. Estos resultados manifiestan la importancia de medir las respuestas psicológicas en relación a la vuelta al deporte²⁵ y sugieren que las variables físicas no pueden predecir (o de manera muy débil) los resultados en la escala ACL-RSI³⁰, ya que la mejora de los

resultados en los tests de fuerza y velocidad de reacción no ha ido acompañada de un aumento en la puntuación ACL-RSI.

Esta investigación respalda la evidencia que cuestiona la consistencia de las pruebas utilizadas para determinar la condición del deportista en fases de retorno al deporte después de la lesión de LCA^{4,24}, dándole importancia a evaluaciones de factores neuromusculares relacionados con funciones cognitivas y perceptivas para complementar evaluaciones de fuerza.

En definitiva, tras la aplicación de la intervención durante 7 semanas con una muestra reducida no podemos afirmar que el entrenamiento basado en la propuesta de entrenamiento neuromuscular¹⁸ con carga cognitiva⁴ haya sido efectiva a nivel estadístico. Cabe destacar que los valores de p más bajos han sido *single hop test* (0,439) y *reactive 4 corner modificado* (0,492), es decir, aquellos tests que miden variables que se relacionan más con aspectos neuromusculares con carga cognitiva, que ha sido la base de esta intervención.

Por último, cabe mencionar algunas de las limitaciones del presente estudio, como el tamaño reducido de la muestra, la variabilidad en la asistencia de los participantes y posibles inconsistencias en la ejecución técnica de los ejercicios. Estas limitaciones podrían haber afectado la capacidad del estudio para detectar efectos significativos. Tampoco se han aplicado distinciones de sexo ni principios de individualización¹⁸, ya que el programa ha sido el mismo para todos los participantes, sin tener en cuenta necesidades específicas ni adaptaciones. Se sugiere que futuras investigaciones aborden

estos aspectos con muestras más amplias y períodos de intervención más prolongados para validar los hallazgos observados. Además, sería beneficioso mejorar la adherencia al programa de entrenamiento y estandarizar la ejecución técnica de los protocolos de intervención para fortalecer la validez de los resultados.

Conclusiones

El entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva complementado con trabajo de fuerza y movilidad puede ayudar a mejorar parámetros de rendimiento y funcionalidad como la fuerza, el salto y velocidad de reacción en futbolistas con reconstrucción de LCA en fase de RTT. No obstante, no se puede afirmar que estas mejoras sean mayores que las que podrían lograr otros tipos de entrenamiento. Estos hallazgos destacan la importancia de continuar explorando y comparando distintos enfoques de entrenamiento para optimizar la rehabilitación y el retorno al deporte después de lesiones como la reconstrucción de LCA. Los resultados también resaltan cómo la familiarización con las pruebas puede haber influido en las mejoras observadas en el test *reactive 4 corner modificado*. Las limitaciones del estudio sugieren la necesidad de investigaciones futuras con muestras más grandes y períodos de tiempo más largos para poder obtener hallazgos representativos.

Aplicabilidad práctica

Pese a la falta de resultados significativos en la investigación, la intervención ha tenido un impacto positivo para los participantes del grupo experimental. Es por ello que se podría presentar esta propuesta como metodología de trabajo en Clínica Esportiva Prosport para el tratamiento de esta lesión con todos los futbolistas que se encuentren

en fase de RTT y tengan a su disposición este servicio ofrecido por la Mutualidad de Futbolistas de la FCF.

También se puede utilizar esta batería de tests como criterios objetivos para progresar de fase en esta lesión. Esto nos permitirá cuantificar las mejoras de rendimiento de cada individuo en su proceso de readaptación y nos servirá de indicador para poder progresar en este proceso hacia fases más avanzadas.

Agradecimientos

Quiero expresar un especial agradecimiento a mi tutor Roger Font por su ayuda y predisposición a lo largo de este estudio. Agradezco también a la Clínica Esportiva Prosport por el cese de material de medición y el uso de sus instalaciones, así como a CE Vila Olímpica por facilitar el campo para los entrenamientos. Finalmente, extendo mi gratitud a mi compañero Oscar Martínez por su asistencia en las mediciones de los tests.

Referencias bibliográficas

1. Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior Cruciate Ligament Injury. *Curr Sports Med Rep.* 2014;13(3):186-191. doi:10.1249/JSR.0000000000000053
2. van Melick N, van Cingel REH, Brooijmans F, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1506-1515. doi:10.1136/bjsports-2015-095898

3. Kakavas G, Malliaropoulos N, Bikos G, et al. Periodization in Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation: A Novel Framework. *Medical Principles and Practice*. 2021;30(2):101-108. doi:10.1159/000511228
4. Paul D, Akenhead R. Agility Training: A Potential Model for the Reduction and Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Strength Cond J*. 2018;40(1):98-105.
5. Brophy RH, Stepan JG, Silvers HJ, Mandelbaum BR. Defending Puts the Anterior Cruciate Ligament at Risk During Soccer. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. 2015;7(3):244-249. doi:10.1177/1941738114535184
6. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, et al. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *Br J Sports Med*. 2020;54(23):1423-1432. doi:10.1136/bjsports-2019-101247
7. Waldén M, Krosshaug T, Bjørneboe J, Andersen TE, Faul O, Hägglund M. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *Br J Sports Med*. 2015;49(22):1452-1460. doi:10.1136/bjsports-2014-094573
8. Requejo P, Pineda C, Medina I. Anterior cruciate ligament ruptures in Spanish soccer first division: An epidemiological retrospective study. *Knee*. 2023;41:48-57.
9. Bahr R, Clarsen B, Ekstrand J. Why we should focus on the burden of injuries and illnesses, not just their incidence. *Br J Sports Med*. 2018;52(16):1018-1021. doi:10.1136/bjsports-2017-098160






10. Montalvo AM, Schneider DK, Yut L, et al. "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2019;53(16):1003-1012. doi:10.1136/bjsports-2016-096274
11. Fort-Vanmeerhaeghe A, Arboix-Alió J, Montalvo AM. Return-to-sport following anterior cruciate ligament reconstruction in team sport athletes. Part I: From initial injury to return-to-competition. *Apunts Sports Medicine.* 2021;56(212):100362. doi:10.1016/j.apunsm.2021.100362
12. Buckthorpe M. Recommendations for Movement Re-training After ACL Reconstruction. *Sports Medicine.* 2021;51(8):1601-1618. doi:10.1007/s40279-021-01454-5
13. Cooper R HM. *ACL Melbourne ACL Rehabilitation Guide 2.0.*
14. Sachs RA, Daniel DM, Stone M Lou, Garfein RF. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1989;17(6):760-765. doi:10.1177/036354658901700606
15. Norkin C, D. C. White. *Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry ;* 1995.
16. Springer B, Marin R, Cyhan T. *Normative Values for the Unipedal Stance Test with Eyes Open and Closed.* Vol 30.; 2007. <http://journals.lww.com/jgpt>
17. Crossley KM, Zhang WJ, Schache AG, Bryant A, Cowan SM. Performance on the Single-Leg Squat Task Indicates Hip Abductor Muscle Function. *Am J Sports Med.* 2011;39(4):866-873. doi:10.1177/0363546510395456
18. Fort-Vanmeerhaeghe A, Arboix-Alió J, Montalvo AM. Return-to-sport following anterior cruciate ligament reconstruction in team sport athletes. Part II:

- Progressive framework. *Apunts Sports Medicine*. 2022;57(213):100361.
doi:10.1016/j.apunsm.2021.100361
19. Pons Alcalá E, Martín García A, Guitart Trench M, et al. Entrenamiento en deportes de equipo: el entrenamiento optimizador en el Fútbol Club Barcelona. *Apunts Educación Física y Deportes*. 2020;(141):55-66. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/4).142.07
20. Lampros RE, Tanaka MJ. Return to Play Considerations After Patellar Instability. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2022;15(6):597-605. doi:10.1007/s12178-022-09792-1
21. Nevot-Casas O, Pujol-Marzo M, Moreno-Planes B, Fort-Vanmeerhaeghe A. Neuromuscular fatigue effects on Hamstring to Quadriceps Ratio in young female players. *Apunts Sports Medicine*. 2020;55(208):137-142. doi:10.1016/j.apunsm.2020.08.001
22. Illera-Domínguez V, Albesa-Albiol L, Castizo-Olier J, et al. Reliability and validity of a low-cost, wireless sensor and smartphone app for measuring force during isometric and dynamic resistance exercises. *PLoS One*. 2024;19(3):e0298859. doi:10.1371/journal.pone.0298859
23. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med*. 1991;19(5):513-518. doi:10.1177/036354659101900518
24. Wilk K, Thomas ZM, Arrigo CA, Davies GJ. The Need To Change Return to Play Testing in Athletes Following ACL Injury: A Theoretical Model. *Int J Sports Phys Ther*. 2023;18(1). doi:10.26603/001c.67988

25. Webster KE, Feller JA, Lambros C. Development and preliminary validation of a scale to measure the psychological impact of returning to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Physical Therapy in Sport*. 2008;9(1):9-15. doi:10.1016/j.ptsp.2007.09.003
26. Syed RIB, Hangody LR, Frischmann G, Kós P, Kopper B, Berkes I. Comparative Effectiveness of Supervised and Home-Based Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Competitive Athletes. *J Clin Med*. 2024;13(8):2245. doi:10.3390/jcm13082245
27. Davies WT, Myer GD, Read PJ. Is It Time We Better Understood the Tests We are Using for Return to Sport Decision Making Following ACL Reconstruction? A Critical Review of the Hop Tests. *Sports Medicine*. 2020;50(3):485-495. doi:10.1007/s40279-019-01221-7
28. Kotsifaki A, Van Rossom S, Whiteley R, et al. Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. *Br J Sports Med*. 2022;56(9):490-498. doi:10.1136/bjsports-2021-104692
29. Paul DJ, Gabbett TJ, Nassis GP. Agility in Team Sports: Testing, Training and Factors Affecting Performance. *Sports Medicine*. 2016;46(3):421-442. doi:10.1007/s40279-015-0428-2
30. Dombrowski N, Cleary CJ, Bernard CD, Vopat BG, Herda AA. Psychological Readiness Is Weakly Related to Physical Function Tests at Return to Sport for Men and Not at All for Women Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Rehabilitation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2024;40(6):1870-1878. doi:10.1016/j.arthro.2023.11.029

Anexos

Pauta de movilidad


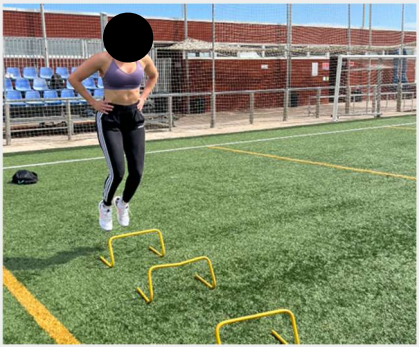

  			
PAUTA MOVILIDAD			
1	 <p>MOVILIDAD DE CADERA (90-90)</p>	5	 <p>ROTACIÓN INTERNA + EXTERNA DE CADERA</p>
2	 <p>ROTACIÓN EXTERNA DE CADERA</p>	6	 <p>ADUCTORES</p>
3	 <p>ROTACIÓN INTERNA DE CADERA</p>	7	 <p>ISQUIOTIBIALES + FLEXORES CADERA</p>
4	 <p>FLEXIÓN-EXTENSIÓN DE RODILLA</p>	8	 <p>DORSIFLEXIÓN DE TOBILLO</p>

Pauta de fuerza

  			
PAUTA FUERZA			
1	 <p style="text-align: center;">PUENTE DE GLÚTEO UNI</p>	6	 <p style="text-align: center;">ELEVACIÓN DE TALONES UNI CON Y SIN FLEXIÓN DE RODILLA</p>
2	 <p style="text-align: center;">PUENTE DE ISQUIO UNI</p>	7	 <p style="text-align: center;">WALL DRILL</p>
3	 <p style="text-align: center;">PLANCHA LATERAL + ABD</p>	8	 <p style="text-align: center;">LUNGE</p>
4	 <p style="text-align: center;">SUPERMAN</p>	9	 <p style="text-align: center;">EXCÉNTRICO DE CUÁDRICEPS</p>
5	 <p style="text-align: center;">WALL SQUAT ISO</p>	10	 <p style="text-align: center;">ESTABILIDAD UNI</p>

Ejemplo sesión

BLOQUE 1			
Gesto deportivo	Fundamental	Comple/Compe	Aplicación
Salto (5)	Sentadilla pies asimétricos 10kg (3x10)	Dorsiflexión tobillo goma (3x10)	Salto resistido con goma (3x6)

BLOQUE 2			
Posta	Contenido	Ejercicio	
1	Estabilidad estática	Estabilidad sobre elemento inestable + pase	
2	Estabilidad dinámica/Landing/ pliometría	Saltos de vaya frontales	
3	Desplazamiento línea/COD	Escalera de coordinación lineal evitando los conos que va colocando el compañero en el camino	

4	Desplazamiento lateral/COD	Espejo con movimientos laterales (copiar movimientos del compañero)	
5	Acciones con balón	Conducción respondiendo al estímulo auditivo que presenta el compañero (ir al color marcado)	
6	Acciones de lucha	Proteger balón con perturbaciones del compañero	
2 x 30s			

Documento informativo y el formulario de consentimiento informado de los participantes

INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES

El/la estudiante Ivan Coca Martínez del Máster Universitario en Entrenamiento Personal y Readaptación Físico-Deportiva, dirigido/a por Roger Font Ribas está llevando a cabo el proyecto de *Evaluación de la eficacia de un plan de entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva para la readaptación de futbolistas con reconstrucción del ligamento cruzado anterior en fase de return to training: estudio preliminar controlado no aleatorizado*.

El proyecto tiene como Determinar la eficacia de un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva en jugadores de fútbol (hombres y mujeres) con reconstrucción de LCA en fase de RTT en comparación con un grupo control. En primer lugar, se realizará una recogida de datos mediante la aplicación del 5 tests y, en segundo lugar, después de la intervención de 7 semanas se reevaluarán los test. En el proyecto participan los siguientes centros de investigación: Clínica Esportiva Prosport i Mutualitat Catalana de Futbolistes. En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para formar parte del estudio realizando los test planteados, ya que usted cumple los siguientes criterios de inclusión:

- Lesión LCA
- > 4 meses post cirugía
- Ausencia de dolor e inflamación
- Tolerancia al impacto
- Disponibilidad para entrenar martes y jueves de 16:00 a 17:00 en el campo de fútbol municipal Can Aranyó- Agapito Fernández
- Superación exitosa de los siguientes test¹³:
 - Passive Knee Extension ¹⁴
 - Passive Knee Flexion ¹⁵
 - Unipodal stance test ¹⁶
 - Functional Alignment Test ¹⁷

Esta colaboración implica participar en el estudio. Inicialmente aceptando y firmando el consentimiento informado, realizando los test pre y post intervención y, en caso de formar parte del grupo experimental, llevar a cabo la intervención basada en un entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos

datos quedarán protegidos mediante un sistema de encriptación y almacenados en un servidor seguro. Únicamente el investigador principal y el personal autorizado tendrán acceso a estos datos, y se comprometen a mantener la confidencialidad de la información recopilada.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle.

CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés propio,

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PADRE, MADRE o TUTOR/A LEGAL], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés de [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE],

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto de *Evaluación de la eficacia de un plan de entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva para la readaptación de futbolistas con reconstrucción del ligamento cruzado anterior en fase de return to training: estudio preliminar controlado no aleatorizado*, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir

negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

[CUANDO PROCEDA:] Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto de *Evaluación de la eficacia de un plan de entrenamiento neuromuscular con carga cognitiva para la readaptación de futbolistas con reconstrucción del ligamento cruzado anterior en fase de return to training: estudio preliminar controlado no aleatorizado*
2. Que [NOMBRE DEL ESTUDIANTE] y su director/a [NOMBRE DEL DIRECTOR/A] puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En Barcelona, a [DIA/MES/AÑO]

[FIRMA PARTICIPANTE]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL DIRECTOR/A]