



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

## GRADO EN FISIOTERAPIA

**Efectos de un programa de ejercicio terapéutico dirigido a la región lumbo-pélvica para disminuir el valgo dinámico de rodilla en prevención de la rotura de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas: un proyecto de investigación.**

*Efectos dun programa de exercicio terapéutico dirixido á rexión lumbo-pélvica para diminuír o valgo dinámico de xeonllo en prevención da rotura de ligamento cruzado anterior en deportistas femininas: un proxecto de investigación.*

*Effects of a therapeutic exercise program aimed at the lumbo-pelvic region to reduce the dynamic knee valgus in the prevention of anterior cruciate ligament tear in female athletes: a research project.*



Facultade de  
Fisioterapia

**Estudiante:** Dña. Sandra Rodríguez González

**Directora:** Dña. Alba Pose Gontad

**Convocatoria:** Septiembre 2021

## ÍNDICE

<b>1. RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
2.1. Tipo de trabajo.....	8
2.2. Motivación personal.....	8
<b>3. CONTEXTUALIZACIÓN.....</b>	<b>9</b>
3.1. Antecedentes.....	9
3.1.1. Articulación de rodilla, ligamentos principales y el ligamento cruzado anterior.9	
3.1.2. Valgo dinámico de rodilla. ....	10
3.1.3. Rotura de ligamento cruzado anterior: mecanismo lesional, factores de riesgo y factores predisponentes. ....	10
3.1.4. Riesgo de lesión en mujeres. ....	12
3.1.5. Relación cadera y tronco – rodilla. ....	12
3.2. Justificación del trabajo.....	13
<b>4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
4.1. Hipótesis: nula y alternativa. ....	14
4.2. Pregunta de investigación.....	14
4.3. Objetivos: general y específico. ....	15
4.3.1. General: .....	15
4.3.2. Específicos:.....	15
<b>5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
5.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica. ....	16
5.2. Ámbito de estudio.....	17
5.3. Periodo de estudio.....	17
5.4. Tipo de estudio. ....	17
5.5. Criterios de selección. ....	17
5.6. Justificación del tamaño muestral. ....	18
5.7. Selección de la muestra.....	19
5.8. Descripción de las variables a estudiar.....	20
5.9. Mediciones e intervención. ....	21
5.9.1. Valoración inicial. ....	21
5.9.2. Descripción grupo intervención. ....	31
5.9.3. Descripción grupo control.....	36
5.9.4. Valoración final.....	37
<b>6. CRONOGRAMA Y PLAN DE TRABAJO.....</b>	<b>38</b>
<b>7. ASPECTOS ÉTICO-LEGALES. ....</b>	<b>39</b>
<b>8. APLICABILIDAD DEL ESTUDIO. ....</b>	<b>39</b>
<b>9. PLAN DE DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
<b>10. MEMORIA ECONÓMICA. ....</b>	<b>40</b>
10.1. Recursos necesarios.....	40
10.2. Posibles fuentes de financiación. ....	42
<b>11. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>43</b>
<b>12. ANEXOS. ....</b>	<b>46</b>
ANEXO 1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	46
ANEXO 2. HOJA DE INFORMACIÓN.....	49
ANEXO 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	51
ANEXO 4. FICHA DE EVALUACIÓN.....	52

ANEXO 5. FIFA 11+ .....	53
ANEXO 6. FICHA EVALUACIÓN TUCK JUMP TEST.....	54
ANEXO 7. FOTOGRAFÍAS EJERCICIO TERAPÉUTICO.....	55

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: factores de riesgo para lesiones de rodilla y/o LCA.....	11
Tabla 2: programa de ejercicio terapéutico.....	31
Tabla 3: cronograma y plan de trabajo.....	38
Tabla 4: revistas y factor de impacto.....	40
Tabla 5: recursos necesarios y distribución de presupuesto.....	41

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Imagen 1: proceso de selección de artículos.....	16
Imagen 2: tamaño muestral.....	19
Imagen 3: single leg squat test.....	22
Imagen 4: software de alineación de rodilla.....	24
Imagen 5: medición drop vertical jump.....	26
Imagen 6: medición fuerza isométrica de cuádriceps.....	27
Imagen 7: medición fuerza isométrica de isquiotibiales.....	27
Imagen 8: tuck jump test.....	28
Imagen 9: prueba de equilibrio en Y.....	30
Imagen 10: espacio de desarrollo del programa FIFA 11+.....	36

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AEF</b>	Asociación Española de Fisioterapeutas
<b>CAEI</b>	Comité Autonómico de Ética de la Investigación Clínica de Galicia
<b>CI</b>	Consentimiento Informado
<b>DVJ</b>	Drop vertical jump
<b>IMC</b>	Índice de Masa Corporal
<b>LCA</b>	Ligamento cruzado anterior
<b>LCP</b>	Ligamento cruzado posterior
<b>LLE</b>	Ligamento lateral externo
<b>LLI</b>	Ligamento lateral interno
<b>SLS</b>	Single leg squat
<b>UDC</b>	Universidade da Coruña
<b>WCPT</b>	World Confederation for Physical Therapy
<b>YBT</b>	Y balance test

## **1. RESUMEN.**

### **Introducción:**

La rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) es una patología que afecta a un gran número de deportistas. El periodo medio de recuperación completa, después de sufrir una rotura, es de un año. Las personas que han sufrido esta lesión tienen una alta probabilidad de no volver a la competición deportiva y si lo hacen es probable que su rendimiento disminuya. Para evitar esto, en la literatura científica se muestran gran cantidad de protocolos de entrenamiento enfocados en la prevención de la lesión de LCA, sin embargo, y a pesar de los buenos resultados que suelen dar, no existe un consenso sobre cuál es el que se debería utilizar. Uno de los enfoques más novedosos en cuanto a la prevención de esta lesión es el trabajo centrado en la musculatura proximal. Varios estudios avalan que la disfunción de la musculatura lumbo-pélvica afecta de manera negativa a los patrones de movimiento a nivel distal y que un enfoque en la prevención a este nivel puede ser óptimo para minimizar futuras lesiones.

### **Objetivo:**

Determinar los efectos de un programa de ejercicio terapéutico dirigido a la región lumbo-pélvica para disminuir el valgo dinámico de rodilla en prevención de la rotura de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas.

### **Material y método:**

Se propone un ensayo de campo aleatorizado y controlado a simple ciego en deportistas femeninas con valgo dinámico de rodilla. Serán distribuidas en 2 grupos: un grupo control y un grupo de intervención que realizará un programa de ejercicio terapéutico, centrado en la musculatura lumbo-pélvica, para disminuir el valgo dinámico de rodilla, medido con el test de la sentadilla a una sola pierna (SLS) y el test de salto vertical de caída bilateral (DVJ).

### **Palabras clave:**

Ligamento cruzado anterior, valgo dinámico, cadera, tronco, ejercicio terapéutico.

## **1. ABSTRACT.**

### **Background:**

Anterior cruciate ligament (ACL) rupture is a pathology that affects a large number of athletes. The average full recovery period after a rupture is one year. People who have suffered this injury have a high probability of not returning to sports competition, and if they do, their sport performance is likely to decrease. To avoid this, the scientific literature shows a large number of training protocols focused on the prevention of ACL injury, however, and despite the good results that they usually give, there is no consensus on which one should be used. One of the newest approaches to ACL injury prevention is to work on the proximal musculature. Several studies support that dysfunction of the lumbo-pelvic musculature negatively affects movement patterns at the distal level and also state that a focus on prevention at this level may be optimal to minimise future injuries.

### **Objective:**

To determine the effects of a therapeutic exercise program aimed at the lumbo-pelvic region to reduce the dynamic knee valgus in the prevention of anterior cruciate ligament rupture in female athletes.

### **Methods:**

A single-blind, randomised, controlled clinical trial is proposed in female athletes with dynamic knee valgus. They will be divided into 2 groups: a control group and an intervention group that will carry out a therapeutic exercise programme, focused on the lumbo-pelvic musculature, to reduce dynamic knee valgus, measured with the single-leg squat test (SLS) and the bilateral fall vertical jump test (DVJ).

### **Keywords:**

Anterior cruciate ligament, dynamic valgus, hip, trunk, therapeutic exercise.

## **1. RESUMO.**

### **Introdución:**

A rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) é una patoloxía que afecta a un gran número de deportistas. O periodo medio de recuperación completa, despois de sufrir unha rotura, é de un ano. As persoas que sofren esta lesión teñen unha alta probabilidade de non volver á competición deportiva e se o fan é probable que o seu rendemento diminúa. Para evitar isto, na literatura científica móstranse unha gran cantidade de protocolos de entrenamiento enfocados na prevención da lesión de LCA, sen embargo, e a pesar dos bos resultados que soen dar, non existe un consenso sobre cal é o que se debe utilizar. Un dos enfoques máis novedosos en canto á prevención desta lesión é o traballo centrado na musculatura proximal. Varios estudos avalan que a disfunción lumbo-pélvica afecta de maneira negativa aos patróns de movemento a nivel distal e que un enfoque na prevención a este nivel pode ser óptimo para minimizar futuras lesións.

### **Obxectivo:**

Determinar os efectos dun programa de exercicio terapéutico dirixido á rexión lumbo-pélvica, para disminuir o valgo dinámico de xeonllo, en prevención da rotura de ligamento cruzado anterior en deportistas femininas.

### **Material e método:**

Propónse un ensaio clínico aleatorizado e controlado a simple ciego en deportistas femininas con valgo dinámico de xeonllo. Serán distribuídas en 2 grupos: un grupo control e un grupo de intervención que realizará un programa de exercicio terapéutico, centrado na musculatura lumbo-pélvica, para disminuir o valgo dinámico de xeonllo, medido ca proba da sentadilla a unha soa perna (SLS) e a proba de salto vertical de caída bilateral (DVJ).

### **Palabras chave:**

Ligamento cruzado anterior, valgo dinámico, cadeira, tronco, exercicio terapéutico.

## **2. INTRODUCCIÓN.**

### **2.1. Tipo de trabajo.**

En este trabajo de fin de grado se plantea un proyecto de investigación en el cual se comparan dos propuestas de ejercicio terapéutico para modificar los factores de riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas con valgo dinámico. Ambas propuestas buscan el cambio de los factores de riesgo realizando diferentes ejercicios activos y revisados por fisioterapeutas. Los protocolos duran diez semanas y se diferencian en que uno de ellos se centra, exclusivamente, en la activación, fortalecimiento y control motor de abductores, rotadores externos de cadera y musculatura de core; mientras que el otro combina pliometría, fuerza, equilibrio y técnica de carrera.

### **2.2. Motivación personal.**

Mi interés por la fisioterapia viene desde muy pequeña, ya que practico deporte desde los 6 años. Esto me ha llevado a que a lo largo de mi vida haya tenido diferentes lesiones en las cuales he necesitado la fisioterapia para volver a mis prácticas deportivas.

Desde que entré en la carrera mi fascinación siempre fue enfocada a la rama de la fisioterapia traumatológica y deportiva. Pero durante este último año de carrera, en la asignatura de Estancias Clínicas II, mi visión y enfoque de la fisioterapia cambió gracias a las prácticas realizadas en el colegio María Mariño, donde la parálisis cerebral infantil llamó enormemente mi atención. Fue en ese momento cuando me planteé realizar el trabajo de fin de grado sobre esta patología, pero mis planes cambiaron rotundamente cuando una de mis compañeras de equipo, mientras jugaba un partido, se rompió el ligamento cruzado anterior en una acción sin contacto con ninguna rival. Además, en el partido siguiente, una jugadora del equipo contrario corrió la misma suerte.

Después de ver como esto estaba ocurriendo en el deporte que yo practico, fútbol sala femenino, con más de diez roturas de ligamento cruzado anterior en primera división y en solo un año, me pregunté qué se estaba haciendo desde la fisioterapia para que esto ocurriese lo menos posible y que podía aportar yo para ayudar a mis compañeras y al resto de deportistas femeninas.

Todo ello me ha llevado a realizar este trabajo donde en un primer lugar he buscado toda la información relacionada con la rotura de ligamento cruzado anterior en los

últimos años y que posteriormente me ha llevado a comparar una intervención propia con uno de los protocolos más comúnmente utilizados en la prevención de lesiones.

### **3. CONTEXTUALIZACIÓN.**

#### **3.1. Antecedentes.**

##### **3.1.1. Articulación de rodilla, ligamentos principales y el ligamento cruzado anterior.**

La rodilla es una articulación sinovial conformada por tres huesos: el fémur, la tibia y la rótula, el hueso sesamoideo más grande del cuerpo. Está compuesta por el extremo distal del fémur, el extremo proximal de la tibia y la rótula; y está envuelta por una cápsula articular (1).

En cuanto a la movilidad, la rodilla presenta dos grados de libertad. El primero de ellos se da en un eje transversal y son los movimientos de flexión y extensión; y el segundo en un eje longitudinal: la rotación axial, movimiento que se produce cuando la rodilla se encuentra flexionada. Adicionalmente, cuando la rodilla está en flexión presenta cierta holgura mecánica que permite movimientos de lateralidad (1).

A nivel ligamentario, principalmente, se encuentran el ligamento cruzado anterior (LCA), ligamento cruzado posterior (LCP), ligamento transverso, ligamento lateral interno (LLI) y ligamento lateral externo (LLE) (1).

Ambos ligamentos cruzados se encargan de la regulación de la movilidad/movimiento intrínseco articular. Asimismo, son los “órganos sensores” que informan a la musculatura periarticular e influyen en la posición de las superficies articulares, dirección y magnitud de las fuerzas y distribución de las tensiones articulares (2).

Además, el ligamento cruzado anterior se encarga de que no se produzca un desplazamiento anterior de la tibia con respecto al fémur, y de manera secundaria, de controlar el movimiento en varo, en valgo y la rotación (2).

Es un ligamento intraarticular en el que su inserción distal se encuentra a nivel de la región antero - medial del platillo tibial y proximalmente se inserta en la porción medial del cóndilo femoral lateral. Está formado por una estructura multifibrilar con diferentes fascículos que mantienen tensiones distintas según el grado de flexión de la articulación de la rodilla (2).

### **3.1.2. Valgo dinámico de rodilla.**

El eje mecánico del miembro inferior lo conforman los centros articulares de las articulaciones de la cadera, la rodilla y el tobillo, alineados en una misma recta. Anatómicamente, las caderas están más separadas entre sí que los tobillos, por lo que el eje mecánico del tren inferior es ligeramente oblicuo hacia abajo y adentro, constituyendo un ángulo de 3° con la vertical. En las mujeres este ángulo es más abierto, hecho que explica por qué el valgo fisiológico de la articulación de la rodilla sea más pronunciado en las mujeres (1).

Existen diferencias entre el valgo fisiológico y el valgo dinámico, siendo este último el colapso medial de la pierna. En este movimiento se producen rotación interna y aducción de cadera, desviación medial de la rodilla y abducción de la tibia (3). Por el contrario, el valgo fisiológico es el ángulo formado anatómicamente entre el extremo distal del fémur y el extremo proximal de la tibia el cual en su normalidad es de 6° (1).

El valgo dinámico es uno de los factores de riesgo de la rotura de ligamento cruzado anterior. En 2021, Larwa J. et al (4) realizaron una revisión sistemática en la que demostraron que el ángulo de valgo de rodilla durante el aterrizaje era mayor en los participantes que tenían una rotura de LCA (4). Los atletas con lesión en el LCA tuvieron un momento de abducción de rodilla 2,5 veces mayor. Este momento abductor predijo el estado de lesión del LCA con una sensibilidad del 78% y una especificidad del 73% (5).

### **3.1.3. Rotura de ligamento cruzado anterior: mecanismo lesional, factores de riesgo y factores predisponentes.**

En el año 2017, la Sociedad Alemana de la Rodilla realizó una investigación en la que analizaron diferentes estudios y observaron que entre el 72-95% de los casos de rotura de LCA ocurren en situaciones sin contacto, especialmente en los movimientos siguientes: (6)

- Aterrizaje posterior a un salto.
- Frenazo brusco.
- Cambio de dirección.
- Rotación sobre la rodilla con el pie plantado en el suelo.

En relación a la posición de la rodilla cuando se produce la rotura, diferentes estudios observan que se encuentra ligeramente flexionada (0°-30°), con rotación interna de

cadera y rotación externa tibial, formando el valgo dinámico de la rodilla; o con la rodilla en completa extensión y rotación interna tibial (6,7).

En estas posiciones, un factor importante a tener en cuenta es la alteración en los patrones de activación del tronco y los miembros inferiores, entre los que destacan el desequilibrio entre el cuádriceps y los isquiotibiales. Si en las diferentes posiciones se produce una contracción insuficiente de isquiotibiales y una activación de cuádriceps se producirá una traslación anterior tibial, aumentando así la tensión del LCA (6,7).

La dominancia de cuádriceps sobre isquiotibiales es uno de los múltiples factores de riesgo en la rotura de LCA. Estos factores se pueden dividir en dos subcategorías: no modificables y modificables y, acorde con lo publicado por la Sociedad Alemana de la Rodilla, se pueden observar en la siguiente tabla (6):

*Tabla 1: Factores de riesgo para lesiones de rodilla y/o LCA.*

<b>Factores de riesgo no modificables</b>	<b>Factores de riesgo modificables</b>
Edad: menor de 20 años.	Valgo dinámico.
Sexo: femenino.	Poca flexión de cadera y rodilla durante el aterrizaje.
Estado hormonal: fase preovulatoria sin anticoncepción.	Control deficiente de cadera y tronco.
Deportes: fútbol, balonmano y esquí alpino.	Debilidad de los flexores y abductores de la rodilla (en relación con los extensores de la rodilla).
Muesca intercondilar estrecha.	Activación retardada de los flexores.
Laxitud ligamentosa generalizada.	Déficits propioceptivos.
Pes pronatus valgus.	Fatiga muscular.
Suelo o césped sintético.	Mala condición física general.
Historial de lesiones musculares, tendinosas, de rodilla o de tobillo.	
Enfermedad infecciosa.	
Malas condiciones climáticas (deportes al aire libre).	

De todos ellos, especialmente el valgo dinámico en el momento de aterrizaje, se ha mostrado un factor de riesgo importante en las lesiones de LCA en atletas femeninas. Además diversos estudios actuales realizados con cadáveres han sugerido que es uno de los principales factores contribuyentes a las lesiones de LCA (8).

#### **3.1.4. Riesgo de lesión en mujeres.**

En la literatura actual se ha demostrado que las mujeres tienen entre dos y seis veces más probabilidades de sufrir una rotura de ligamento cruzado anterior que los hombres (9).

Se ha estudiado que las mujeres, durante la maduración, cambian la posición de aterrizaje, observando un mayor movimiento en valgo y una menor flexión de rodilla (4,10). Específicamente, muestran un aumento de los momentos de abducción de rodilla y una disminución de la relación de la fuerza entre los músculos isquiotibiales y cuádriceps en comparación con los hombres (11).

Dichos cambios biomecánicos han sido mencionados anteriormente como factores de riesgo modificables para la rotura de LCA (6).

Estos cambios, en la etapa de maduración, coinciden con el aumento de tasas de lesión de LCA en mujeres (10).

#### **3.1.5. Relación cadera y tronco – rodilla.**

Otro de los factores de riesgo mencionados anteriormente es el control deficiente de cadera y tronco. La debilidad y la falta de control de abductores y rotadores externos de cadera reducen la estabilidad pélvica, lo que puede llevar a un valgo dinámico excesivo de rodilla. Por otro lado, los músculos del tronco influyen en la estabilidad pélvica a través de las inserciones musculares (7).

En relación al tronco se ha considerado que su ángulo de inclinación lateral puede ser un predictor de riesgo de lesión de LCA con un alto grado de especificidad y sensibilidad en mujeres (12). En una revisión realizada en 2021 se ha observado que los atletas con mayor riesgo de lesión tienen una tendencia a tardar más en estabilizarse, mantienen su centro de masas más posterior a su base de apoyo y tienen ángulos medios laterales del tronco más altos (4).

Otro estudio publicado en los últimos años informa de la correlación que existe entre el momento de abducción de rodilla y el ángulo de inclinación lateral de tronco hacia la pierna de apoyo, tanto en aterrizajes a una sola pierna como durante un corte de paso lateral (8).

En torno a la cadera se ha demostrado que un control anormal o insuficiente en los planos frontal y transversal afecta a la alineación y dirección de las cargas de la rodilla en acciones en cadena cinética cerrada. Los movimientos de aducción y rotación

interna de cadera pueden llevar a un valgo dinámico de la rodilla, el cual tiene un mayor riesgo de lesión del LCA (13,14).

### **3.2. Justificación del trabajo.**

La lesión del ligamento cruzado anterior es uno de los temas más estudiados dentro de la fisioterapia. Hay literatura que habla acerca de los factores de riesgo, factores predisponentes, mecanismo lesional, tratamientos de prevención y tratamiento post-lesión.

A pesar de toda la información que se conoce al respecto, la rotura de ligamento cruzado anterior es una de las más comunes y que más tiempo deja a los deportistas fuera de su deporte, aproximadamente un año. Además, el 45% de los deportistas no vuelven a jugar después de la lesión y si lo hacen es probable que su rendimiento disminuya (15).

Por esa razón es importante que se siga investigando para encontrar el método de prevención más efectivo para los deportistas. Para ello, en este trabajo se busca la comparación entre uno de los protocolos más utilizados para la prevención de lesiones de miembros inferiores como es el FIFA 11+ y un trabajo de prevención centrado en la musculatura proximal.

El FIFA 11+ consta de un conjunto de ejercicios que debería sustituir al calentamiento habitual previo al entrenamiento o al partido; combina ejercicios de carrera, fuerza, pliometría y equilibrio. Por otro lado, el trabajo de prevención que se plantea en este proyecto consta de diferentes ejercicios que aumentan de dificultad conforme avanzan las semanas y se centran en un trabajo de core, rotadores externos y abductores de cadera.

El trabajo de musculatura proximal se ha demostrado útil para la prevención de lesión de ligamento cruzado anterior. En este estudio buscamos conocer si este trabajo es más efectivo que el protocolo FIFA 11+ en mujeres deportistas con un factor de riesgo previo, el valgo de rodilla dinámico.

## 4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

### 4.1. Hipótesis: nula y alternativa.

#### Hipótesis nula (H0):

Un programa de ejercicio terapéutico enfocado en el fortalecimiento – control motor de los abductores, rotadores externos de cadera y core NO provoca cambios estadísticamente significativos en el valgo dinámico de rodilla en mujeres deportistas, en comparación con el programa FIFA 11+.

#### Hipótesis alternativa (H1):

Un programa de ejercicio terapéutico enfocado en el fortalecimiento – control motor de los abductores, rotadores externos de cadera y core provoca cambios estadísticamente significativos en el valgo dinámico de rodilla en mujeres deportistas, en comparación con el programa FIFA 11+.

### 4.2. Pregunta de investigación.

Se plantea la siguiente pregunta de investigación: **¿Un programa de ejercicio terapéutico centrado en el fortalecimiento y control motor de la musculatura central, los abductores y los rotadores externos de cadera mejora de forma significativa el valgo dinámico, como factor de riesgo de rotura de LCA, en mujeres deportistas en comparación con un grupo control que realiza un protocolo FIFA 11+?**

Esta pregunta se desarrolla a partir de la pregunta PICO:

- Situación, paciente o grupo de pacientes con una misma condición clínica (*Patient*): deportistas femeninas con valgo dinámico medido con la prueba de single leg squat.
- Intervención (*Intervention*): programa de ejercicio terapéutico centrado en el fortalecimiento y control motor de musculatura core, rotadores externos de cadera y abductores.
- Comparación (*Comparison*): grupo control que realiza el protocolo FIFA 11+.
- Resultado (*Outcome*): disminución del valgo dinámico como factor de riesgo para la rotura de LCA.

### **4.3. Objetivos: general y específico.**

#### **4.3.1. General:**

Determinar la eficacia de un programa de ejercicio terapéutico en cadera y core para mujeres deportistas con valgo dinámico, para la disminución de este, en comparación con un programa de ejercicio convencional de prevención de lesiones.

#### **4.3.2. Específicos:**

- Determinar cuál de los programas de ejercicio terapéutico muestra mayor eficacia en la disminución del valgo dinámico de rodilla valorados con el Single Leg Squat (SLS) y Drop Vertical Jump (DVJ).
- Determinar cuál de los programas de ejercicio terapéutico muestra mayor eficacia en equilibrar la relación de fuerza cuádriceps – isquiotibiales.
- Determinar cuál de los programas de ejercicio terapéutico muestra mayor eficacia en la mejora del desequilibrio neuromuscular de miembros inferiores valorado con el Tuck Jump Test.
- Determinar cuál de los programas de ejercicio terapéutico muestra mayor eficacia medido con el Y balance test.

## 5. METODOLOGÍA.

### 5.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica.

Se realiza una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos de ámbito sanitario para analizar la máxima evidencia disponible actual acerca del tema de estudio. La búsqueda se realiza en el mes de Julio de 2021 en las siguientes bases:

- PUBMED NCBI.
- SPORTDiscuss.
- SCOPUS.

La búsqueda se limitó a los idiomas castellano e inglés, estudios realizados en seres humanos, publicados en los últimos 5 años y que se hubiera estudiado en mujeres.

Se utilizan los siguientes términos de búsqueda en título y resumen: anterior cruciate ligament injuries, prevention, resistance training, motor control, core muscles, hip abductors, hip external rotators, dynamic valgus y knee abduction. Se utilizaron los operadores booleanos AND y OR.

En conjunto con todos los resultados de las bases de datos se han encontrados 82 artículos. De estos se han eliminado 8 artículos duplicados, dejándolo en 74 artículos.

De todos ellos, para recopilar la información para el estudio se han seleccionado 35 artículos.

*Imagen 1: proceso de selección de artículos.*



En el anexo 1 se puede consultar la estrategia de búsqueda más específica.

## **5.2. Ámbito de estudio.**

El proyecto se realizará en uno de los pabellones de deportes del Concello de A Coruña.

Las participantes serán mujeres deportistas federadas tanto a nivel nacional como a nivel autonómico que, durante la temporada, entrenen 3 o más veces a la semana; con edades comprendidas entre los 18 y los 30 años y que quieran participar de forma voluntaria.

## **5.3. Periodo de estudio.**

La previsión para la realización de la investigación es de dos años, desde abril de 2022 hasta abril de 2023.

El periodo de intervención con las participantes se realizará desde el 1 de julio hasta el 15 de septiembre de 2022.

## **5.4. Tipo de estudio.**

Se propone el diseño de un estudio analítico experimental de tipo ensayo de campo controlado aleatorizado a simple ciego, en paralelo, longitudinal y prospectivo; como más adecuado para dar respuesta a la pregunta de investigación.

El estudio constará de dos grupos, un grupo control y un grupo experimental. Los participantes serán asignados de forma aleatoria a cada uno de los grupos (aleatorizado) y no serán conocedores del grupo al que pertenecen (simple ciego).

Se trata de un estudio analítico ya que pretende estudiar una relación causa-efecto, en el cual a cada grupo de pacientes se le administra una medida terapéutica diferente (paralelo), observando una secuencia temporal entre las variables (longitudinal) y donde se evalúa el impacto posterior a recibir cada uno de los programas de ejercicio terapéutico (prospectivo).

## **5.5. Criterios de selección.**

### Criterios de inclusión:

- Mujer deportista con ficha en un equipo a nivel autonómico o nacional que entrene 3 o más días a la semana.
- Valgo dinámico de rodilla en el Single Leg Squat Test.
- Edad entre 18-30 años.

- Mujeres con un índice de masa corporal menor a  $30 \text{ kg/m}^2$ .
- Participar de manera voluntaria y firmar un consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

- Individuos con patología estructural de cadera o rodilla.
- Individuos con antecedentes de fractura o cirugía en los miembros inferiores.
- Individuos con síntomas lumbo-pélvicos o en los miembros inferiores durante el periodo de estudio.
- Mujeres embarazadas.
- Toma anticonceptivos orales.
- Hiperlaxitud.

**5.6. Justificación del tamaño muestral.**

El objetivo del estudio va a ser establecer un contraste entre ambas hipótesis anteriormente explicadas, hipótesis nula y alternativa. Para determinar el tamaño muestral se emplea *la calculadora de tamaño muestral*, herramienta creada por la Unidad Epidemiológica Clínica y Bioestadística del CHUAC.

Se busca un nivel de confianza del 95%, lo cual indica que existe un riesgo de no aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ), es decir, cometer un error tipo I, como máximo del 5%. Además, continuando con esta misma metodología, se establecerá una potencia estadística del 80%, con un riesgo de cometer un error tipo II como máximo del 20%. Esto representa que no rechazar la hipótesis nula siendo esta falsa en la población es como máximo de un 20%.

Se emplea el valor de 4,1 de desviación típica (16) para un grupo de sujetos en los valores del ángulo pico en la proyección del plano frontal de la rodilla en un aterrizaje bilateral durante el test DVJ.

Por otra parte, el valor mínimo de la diferencia que se desea detectar debe establecer en función de estudios empíricos previos. Ante la ausencia de estos, se tomará como cambio clínicamente significativo una diferencia igual o mayor a 4,1, es decir, una desviación típica.

Imagen 2: tamaño muestral.

COMPARACIÓN DE DOS MEDIAS (Se pretende comparar si las medias son diferentes)	
Indique número del tipo de test	
Tipo de test (unilateral o bilateral)	2 BILATERAL
Nivel de confianza o seguridad (1- $\alpha$ )	95%
Poder estadístico	80%
Precisión (d) (Valor mínimo de la diferencia que se desea detectar, datos cuantitativos)	4,10
Varianza ( $s^2$ ) (De la variable cuantitativa que tiene el grupo control o de referencia)	16,81
<b>TAMAÑO MUESTRAL (n)</b>	<b>16</b>
<b>EL TAMAÑO MUESTRAL AJUSTADO A PÉRDIDAS</b>	
Proporcion esperada de pérdidas (R)	20%
<b>MUESTRA AJUSTADA A LAS PÉRDIDAS</b>	<b>20</b>

Necesitamos una muestra de, como mínimo, 20 voluntarias en cada grupo de intervención, **40 participantes** en total. Esto se debe a la estimación de un 20% de posibles pérdidas a lo largo del estudio.

### 5.7. Selección de la muestra.

Para la selección de la muestra de las deportistas que participarán en el estudio se recurrirá a clubs con equipos femeninos de A Coruña que militen en competiciones nacionales o autonómicas. Se les hará llegar la información vía email y a través de charlas. Una vez hayan aceptado participar se mantendrá una reunión con los representantes de los clubs interesados para exponerles en detalle todo el proceso y se les propondrá colaborar con el estudio sin ánimo de lucro.

Posteriormente nos reuniremos con el cuerpo técnico y las jugadoras de los clubs interesados para facilitarles toda la información necesaria, tanto oral como escrita. Una vez finalizada la reunión las jugadoras interesadas en participar en el estudio serán citadas para fechas posteriores (anexo 2).

La distribución de las participantes en cada uno de los grupos se realizará a través de un muestreo aleatorio simple. De esta forma cada sujeto tiene la misma probabilidad de ser incluido en uno u otro grupo. Para esta aleatorización se utilizará el programa EPIDAT 4.2.

Las participantes del estudio estarán distribuidas en 2 grupos, un grupo de intervención y un grupo control.

El grupo de intervención realizará un programa de ejercicio terapéutico centrado en la región lumbo-pélvica a lo largo de 10 semanas, realizando tres sesiones supervisadas por semana, y separadas por 24 horas.

El grupo control realizará el protocolo FIFA 11+ el cual también realizará durante 10 semanas, con tres sesiones semanales.

Ambos grupos serán sometidos a una valoración inicial y final, y en ellas se realizarán el single leg squat test, pasaremos el test de Ryder y el test de alineación de rodilla, el Drop Vertical Jump test, mediremos la fuerza isométrica de cuádriceps y de isquiotibiales, pasaremos el Tuck Jump Test y el Y Balance Test.

#### 5.8. Descripción de las variables a estudiar.

<b>Variables dependientes</b>	Valor	Material y método
Variable valgo dinámico de rodilla apoyo bilateral	Grados	DVJ
Variable valgo dinámico de rodilla apoyo unipodal	Grados	SLS
Variable diferencias fuerza cuádriceps – isquiotibiales	Nm	Dinamómetro
Variable desequilibrio neuromusculares en MMII (pliometría)	Puntos	Tuck jump test
Variable control de cadera	Cm	Y test
<b>Variables independientes</b>	Valor	Material y método
Datos sociodemográficos	➤ Edad (años)	➤ Entrevista
Variables antropométricas	➤ Peso (kg.) ➤ Talla (m.) ➤ IMC (kg/m <sup>2</sup> ) ➤ Hiperlaxitud (puntos)	➤ Báscula ➤ Tallímetro ➤ Calculadora ➤ Test Brighton
Variables grupos	➤ Grupo intervención ➤ Grupo control	➤ Software estadístico

## 5.9. Mediciones e intervención.

### 5.9.1. Valoración inicial.

Durante la primera sesión con las participantes recibirán una hoja de información acerca del proyecto (anexo 2) y el consentimiento informado (anexo 3). Este último lo tendrán que firmar para formar parte del proyecto especificando que es de forma voluntaria y libre.

Seguidamente, los fisioterapeutas recogen todas las variables independientes en la ficha de valoración (anexo 4).

A continuación, para determinar si la participante cumple los criterios de inclusión, realizaremos una prueba para determinar si la deportista presenta **VALGO DINÁMICO**:

- Sentadilla a una sola pierna (Single leg squat)

En 2014, Mauntel et al (17) realizaron un estudio para determinar si la observación visual de la sentadilla a una pierna (SLS) podía detectar de manera fiable el valgo dinámico de rodilla, factor de riesgo de rotura del ligamento cruzado anterior.

Para ello este estudio comparó un sistema de seguimiento de movimiento electromagnético para rastrear la cinemática tridimensional de las extremidades inferiores (gold standard) con la observación visual en tiempo real de la ubicación de la rótula con respecto al primer radio (17).

Este estudio demostró que la observación visual del desplazamiento medial de la rodilla es capaz de distinguir los ángulos máximos en valgo de la rodilla entre individuos durante una sentadilla a una sola pierna (17).

Descripción de la prueba:

Se realiza una sentadilla a una pierna hasta una profundidad de 60° de flexión de rodilla. Se coloca un bloque para contactar con la masa del glúteo en esos 60°.

Se realizan 5 repeticiones de cada pierna. Durante la prueba los individuos tienen un descanso de 30 segundos entre cada uno de los ensayos.

- Participantes en apoyo monopodal con la rodilla contraria flexionada 90°, la cadera 45° y las manos cruzadas en el pecho.

- Con un metrónomo ajustado a una frecuencia de 60 latidos por minuto para controlar la velocidad de la prueba.
- Se les indica que realicen una sentadilla durante 2 golpes del metrónomo hasta que los glúteos contacten con el bloque y el regreso a la posición inicial en 2 golpes.

Se considera que las participantes tienen valgo dinámico si el punto medio de la rótula cruza medialmente el primer radio en al menos 3 de 5 repeticiones de la prueba. (17).

Para que dicha prueba se considere exitosa el participante debe: [1] mantener la posición adecuada, [2] realizar la sentadilla hasta que los glúteos contacten con el bloque, [3] completar la tarea en el ritmo adecuado, [4] no tocar el suelo con la otra pierna, [5] que no contacten las piernas entre ellas, [6] mantener el talón en contacto con el suelo y [7] completar la tarea con movimiento fluido (17).

*Imagen 3: Single leg squat test.*



Una vez comprobado que la deportista presenta valgo dinámico de rodilla, se realizarán dos test para determinar si existe **DEFORMIDAD ESTRUCTURAL EN CADERA O RODILLA:**

- Test de Ryder:

Ruwe et al (18) en 1992 describieron un test para determinar si existe torsión anterior del cuello femoral. De esta forma, consideran que esto ocurre si el ángulo medido es superior a 15°. Para la medición del mismo, el proceso llevado a cabo es el siguiente:

- El participante se posiciona en decúbito prono sobre la camilla con las rodillas en flexión de 90°.
- El fisioterapeuta se coloca de pie al lado contralateral a evaluar, palpando el trocánter mayor, mientras que realiza una rotación interna de cadera.
- El punto en el que la prominencia máxima del trocánter mayor se palpa indica que el cuello del fémur es paralelo al suelo.
- Los ángulos obtenidos entre la vertical verdadera y el eje de la bisectriz de la tibia representan el ángulo de anteversión femoral. (18)

En este estudio se excluirán a las participantes que en este test presenten un ángulo igual o superior a 20°.

- Test de alineación de rodilla:

El test de alineación de rodillas se va a realizar con un software, a través del cual se realizan una fotos a las participantes desde un plano frontal y el programa analiza la existencia o no de deformidades en la rodilla (19).

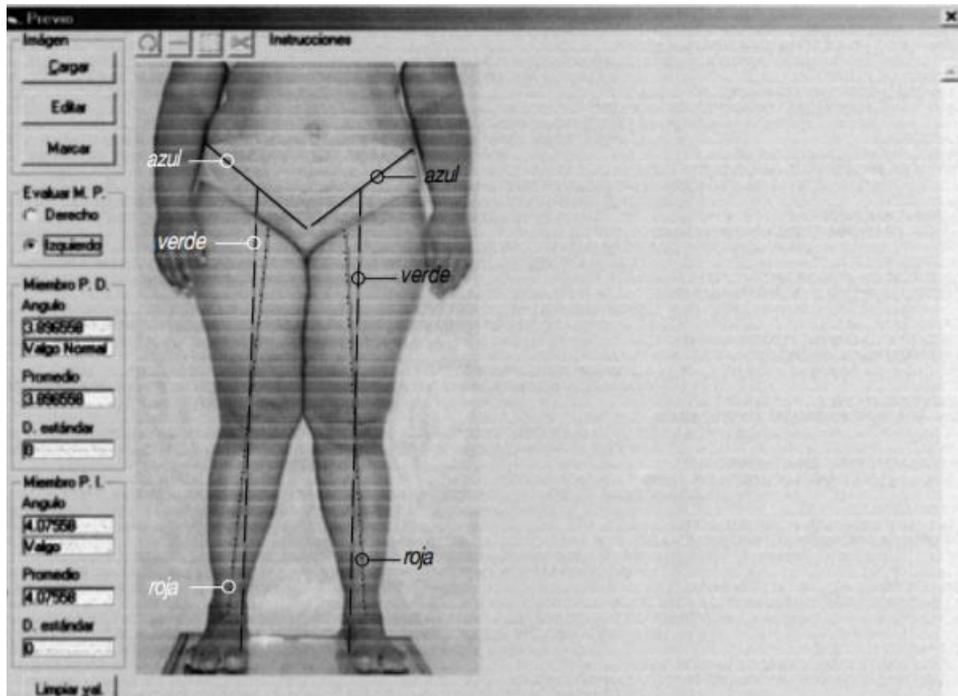
Para tomar las fotografías se estandarizó una distancia de un metro y medio entre la cámara y la participante (19).

Cuando están cargadas las fotografías en el software se marcan tres puntos anatómicos de referencia (19):

- Punto medio entre la espina ilíaca antero-superior y la sínfisis púbica.
- Centro del polo inferior de la rótula.
- Parte media de la articulación del tobillo, punto medio de una línea imaginaria entre maléolo interno y externo.

Se determina que existe anormalidad del eje mecánico cuando el ángulo es mayor a 4°.

Imagen 4: software de alineación de rodilla.



Por último, una vez que los sujetos han cumplido los criterios de selección van a realizar una serie de test donde se evalúan diferentes factores de riesgo para lesión de LCA. Para la valoración del valgo dinámico emplearemos el “Drop Jump Test”, analizaremos la relación de fuerza entre cuádriceps e isquiotibiales, evaluaremos los desequilibrios neuromusculares de los miembros inferiores en una prueba de pliometría con el “Tuck Jump Test” y pasaremos un test para valorar la posible alteración neuromuscular de la cadera con el “Y Balance Test”.

- Salto vertical de caída bilateral (Drop Vertical Jump):

El test de salto vertical de caída bilateral (DVJ) es una de las tareas más ampliamente utilizada y reportada en la literatura, desde los años 2000 hasta la actualidad, para evaluar la mecánica de aterrizaje para comparar diferentes poblaciones: entre mujeres y hombres (20), mujeres con y sin lesión de LCA (21) o antes y después de un programa de entrenamiento (20–22).

Durante este test es fundamental la evaluación de la alineación del cuerpo durante el aterrizaje, lo cual es muy importante en cuanto a las lesiones de las extremidades inferiores sin contacto, como las lesiones del ligamento cruzado anterior (23).

También es interesante para evaluar una tarea dinámica semejante a la que el participante se puede encontrar en su actividad deportiva, una tarea con un

movimiento posterior inmediato, como es un aterrizaje y un salto vertical posterior (24). Además es una prueba que tiene una gran repetibilidad entre días y entre pruebas (25,26).

En cuanto a la medición del test, Peebles et al realizaron un estudio en el que buscaban un nuevo método para evaluar la cinemática de aterrizaje en entornos que no son de laboratorio (16).

Para ello comparaban un análisis de video 2D con una captura de movimiento en 3D, el cual es el gold standard para la medición de movimiento en laboratorio. Además, realizaban una comparación entre dos formas de calcular las ubicaciones de los centros de las articulaciones y una comparación entre un aterrizaje en laboratorio controlado y en entorno que no es de laboratorio (16).

En este trabajo se van a calcular los centros articulares utilizando marcadores anatómicos, de manera que en el plano frontal el centro de la articulación de la cadera se estima utilizando los marcadores de las crestas ilíacas derecha e izquierda (27). El centro de articulación de la rodilla con el punto medio entre los marcadores de los epicóndilos femorales y mediales. Por último, el centro del tobillo se estima con el punto central entre los marcadores de los maléolos (16).

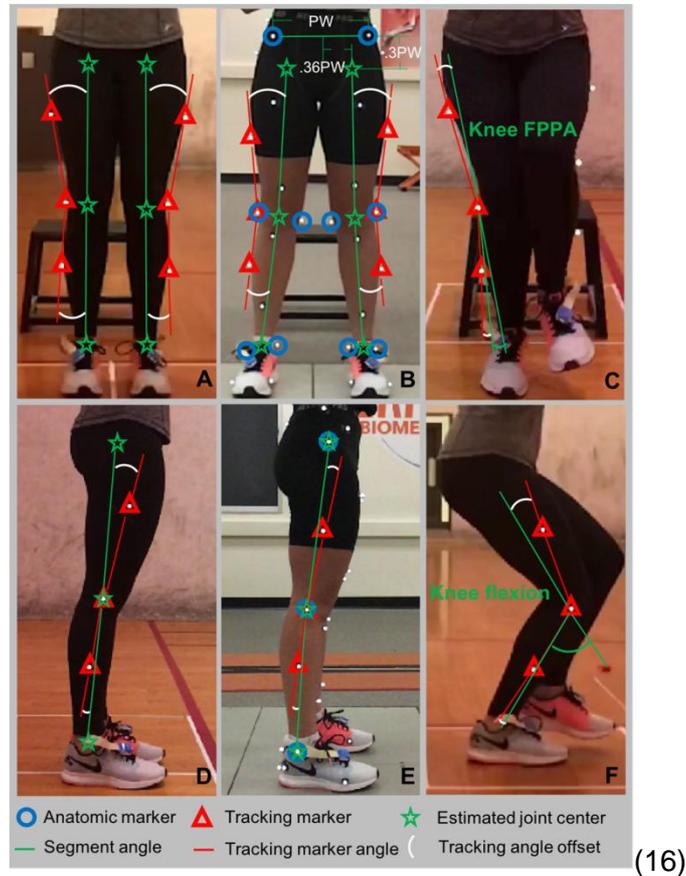
En un primer momento se realiza una prueba estática donde se determina un ángulo de compensación entre la línea que conecta los marcadores de seguimiento con la línea que conecta los centros articulares. Este ángulo de compensación se agrega posteriormente a la línea que conecta los marcadores de seguimiento durante el test para estimar la verdadera orientación anatómica de los segmentos (16).

Esta digitalización de los marcadores durante los vídeos se realiza con el programa AVADS, el cual permite rastrear los marcadores de forma manual o automática y postprocesar la cinemática de los marcadores pudiendo crear ángulos de segmento y otros valores cinemáticos (28).

Después de realizar las marcaciones correspondientes hacemos el test:

La participante se coloca sobre una caja pliométrica de 31 cm de alto, se le pide que se deje caer directamente desde la caja contactando con ambos pies al mismo tiempo en el suelo y realizar rápidamente un salto vertical al máximo esfuerzo (20).

Imagen 5: medición drop vertical jump.



- Fuerza isométrica máxima de cuádriceps e isquiotibiales:

La relación de activación y fuerza entre cuádriceps e isquiotibiales es un factor de riesgo importante para la lesión de ligamento cruzado anterior (6).

La falta o disminución de activación de isquiotibiales durante un aterrizaje provoca una reducción de la estabilidad de la articulación de la rodilla alterando la fuerza de cizallamiento anterior de la tibia. Si esta fuerza viene acompañada de una mayor activación del cuádriceps se produce una compresión de la articulación tibiofemoral y aumenta el desplazamiento anterior de la tibia, poniendo más en tensión al LCA. Por el contrario si existe una cocontracción de los cuádriceps – isquiotibiales o una contracción mayor de isquiotibiales se produce una estabilización de la tibia, lo cual protege la articulación de la rodilla (6,7).

Debido a esto, es de interés para este estudio determinar cuál de los programas de ejercicio mejora esta relación.

Realizaremos una prueba isométrica de cuádriceps y de isquiotibiales con la rodilla en 90°.

Las pruebas se realizarán con ambos miembros inferiores y se harán dos pruebas de cada, cogiendo los valores más altos. Entre cada una de las pruebas se dará a cada individuo entre 2 – 3 minutos de descanso.

Cuádriceps:

- Sedestación con las piernas fuera de la camilla, hueso poplíteo en contacto con el borde de la camilla.
- Se colocará la banda del dinamómetro en el tercio distal de la pierna, por encima de los maleolos.
- El individuo intentará realizar la extensión de la rodilla con la máxima fuerza.

Isquiotibiales:

- Decúbito prono con los pies por fuera de la camilla.
- Se colocará la banda del dinamómetro en el tercio distal de la pierna, por encima de los maleolos.
- Con la rodilla en posición de 90°, el individuo intentará realizar la flexión de la rodilla con la máxima fuerza.

*Imagen 6: medición fuerza isométrica de cuádriceps.*



*Imagen 7: medición fuerza isométrica de isquiotibiales.*



- Tuck Jump Test:

En 2008 Myer et al realizaron un estudio para determinar el riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior mediante el Tuck Jump (29).

En este estudio utilizaron la evaluación del Tuck Jump para identificar los desequilibrios neuromuscular y los errores en la técnica de aterrizaje de los miembros inferiores durante una tarea pliométrica (29).

El test se realiza de la siguiente manera:

Los participantes comienzan con los pies a la anchura de los hombros, inician una ligera inclinación anterior del tronco mientras hacen una extensión de los brazos hacia atrás, a continuación balancean los brazos hacia delante mientras hacen un salto máximo con las rodillas al pecho. Cuando se encuentran en el punto más alto del salto deben llevar ambos muslos a la misma altura y paralelos al suelo, al igual que en el aterrizaje que deben contactar los pies al mismo tiempo en el suelo. Por último, en cuanto contacten los pies con la superficie deben comenzar el siguiente salto (29).

Para completar el test deben realizar saltos seguidos durante 10 segundos sobre una marca en el suelo que se pondrá antes de comenzar.

*Imagen 8: tuck jump test*



(30)

En cuanto a la medición del test se realiza con un sencillo cuestionario evaluación (anexo 6).

En este cuestionario resaltan 6 errores comunes que pueden aparecer durante la realización del test:

1. Colpaso medial de rodilla.
2. No exista posición paralela de los muslos en la parte superior del vuelo.

3. No haya sincronización de ambas extremidades inferiores durante el vuelo.
4. Aterrizar con los pies demasiado juntos.
5. Aterrizar en una posición escalonada.
6. No aterrizar con los pies al mismo tiempo.

- Y Test de equilibrio (Y Balance Test):

En 2009 Plisky describe un protocolo de medición para la estabilidad postural dinámica, sencillo, eficiente y con fiabilidad inter e intra-observador. Este test es desarrollado a partir del Star Excursión Balance Test (31–33).

Descripción del test:

Se realiza el test descalzo, con la persona en apoyo monopodal en la plataforma y con 3 intentos en cada dirección antes de realizar el test.

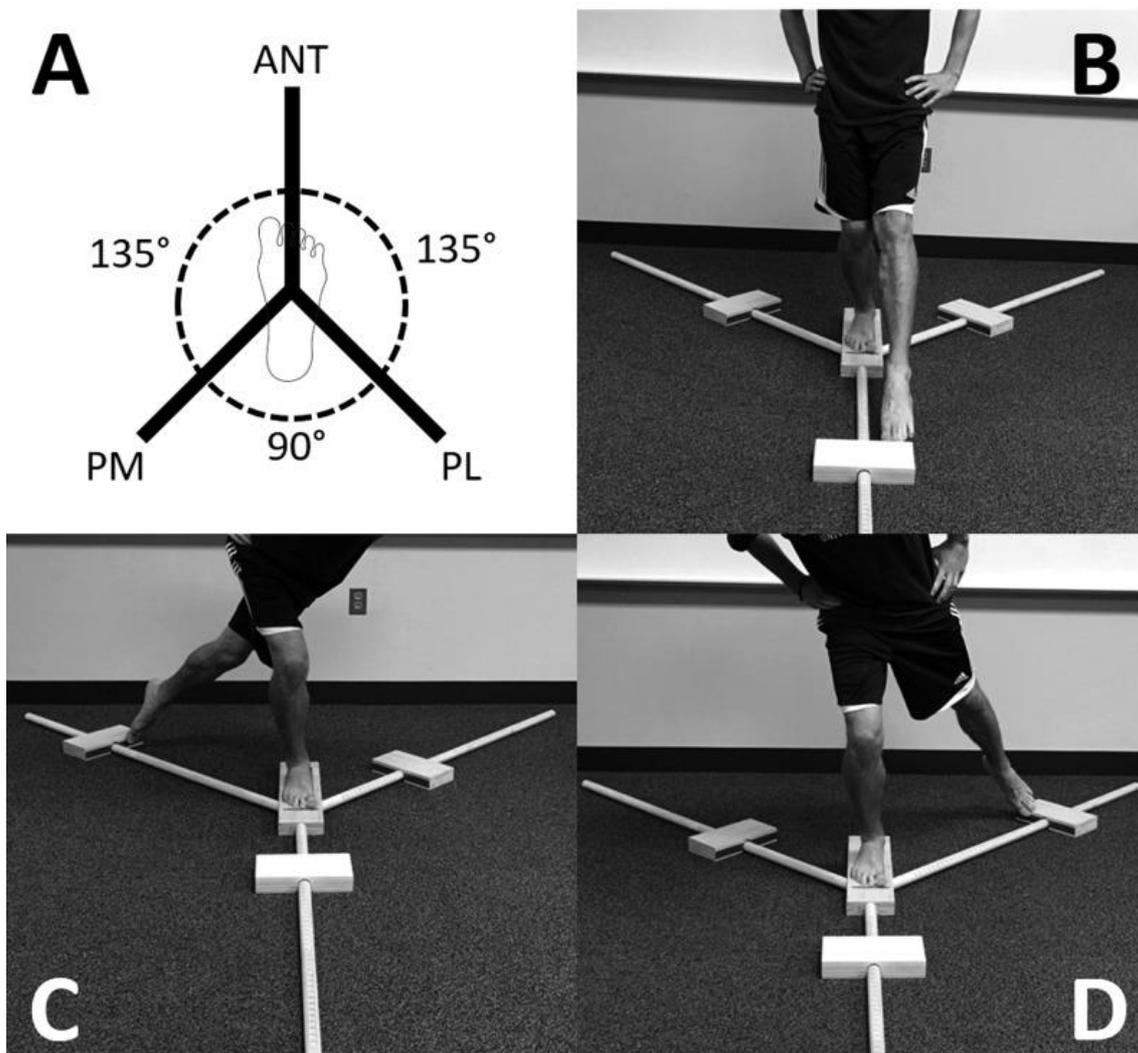
Está permitido el movimiento del pie de apoyo, pero sin levantarlo y el movimiento del cuerpo. No está permitido apoyar el pie en el suelo o en el indicador.

Se repetirá la prueba en caso de que exista una caída de la plataforma o una pérdida de equilibrio que suponga apoyarse en el suelo o en un indicador.

La medición de este test se realiza mediante la máxima distancia alcanzada en cada una de las direcciones: anterior, postero-medial y postero-lateral. Para cada dirección se realizan 3 medidas y el resultado final es la media de las 3.

Los valores dentro de la normalidad en mujeres son: anterior 70,3 +- 3,9 cm; postero-lateral 92,6 +- 8,0 cm y postero-medial 93,3+- 7,3 cm (32).

Imagen 9: Prueba de equilibrio en Y



(34)

A) Configuración, B) Alcance anterior (ANT), C) Alcance posterolateral (PL), D) Alcance posteromedial (PM).

Tras la valoración inicial, se realiza el proceso de aleatorización generando un grupo intervención y un grupo control. El grupo intervención realizará un programa centrado en la musculatura lumbo-pélvica, mientras que el grupo control realizará el programa FIFA 11+.

### 5.9.2. Descripción grupo intervención.

A continuación, los participantes asignados al grupo de intervención realizarán el programa de ejercicio terapéutico mencionado posteriormente (anexo 7) (3,35).

Estos participantes se dividirán en grupos de entre 4-8 personas en función de la disponibilidad de las franjas horarias. Cada grupo estará supervisado por dos fisioterapeutas.

El estudio se realizará en un periodo de 10 semanas, donde la primera y la última sesión se realizarán las valoraciones iniciales y finales, respectivamente.

Se harán 3 sesiones/semana, sin posibilidad de realizar dos sesiones en días consecutivos para garantizar el descanso necesario.

La duración de las sesiones oscilará entre los 30 minutos y una hora.

*Tabla 2: programa de ejercicio terapéutico (3,35).*

<b>Semana 1 y 2</b>	1. Entrenamiento de los músculos transverso del abdomen y multifidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 repeticiones con 20 segundos de cocontracción isométrica.</li> <li>- Progresión: aumento de 5 segundos de contracción.</li> </ul>
	2. Abducción y rotación externa de cadera con la rodilla en extensión en decúbito lateral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 series de 20 rep, contracción isométrica de 5 segundos.</li> <li>- Resistencia: peso del tobillo.</li> <li>- Carga inicial: 20% de 1 RM.</li> <li>- Progresión del ejercicio: aumento de 0,5 kg.</li> </ul>
	3. Isométrico de abducción y rotación externa de cadera en bipedestación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 series de 20 repeticiones con 5 segundos de contracción.</li> <li>- Progresión: aumento 2 segundos de contracción.</li> </ul>

	4. De pie con una sola pierna sobre una plataforma inestable	- 3 series de 30 segundos. - Cocontracción del transverso del abdomen y del multífido.
	5. Abducción de cadera y rotación externa con ligera flexión de rodilla y cadera en de cúbito lateral.	- 2 series de 20 repeticiones, con 5 segundo de contracción. - Resistencia: banda elástica. - Carga inicial: 2 niveles de resistencia elástica inferiores al 1 RM. - Progresión: aumento 1 nivel de resistencia elástica.
<b>Semana 3, 4 y 5</b>	1. Abducción y rotación externa de cadera con rodilla extensión en decúbito lateral.	- 3 series de 12 repeticiones. - Carga inicial: 75% de 1RM. Progresión del ejercicio: aumento de 0,5 kg.
	2. Plancha frontal y laterales	- 5 series de 30 segundos. - Progresión: aumento de 5 segundos.
	3. Abducción de cadera y rotación externa con ligera flexión de rodilla y cadera en de cúbito lateral.	- 3 series de 12 repeticiones. - Carga inicial: 1 nivel de resistencia inferior al 1RM. - Progresión del ejercicio: aumentar 1 nivel resistencia elástica.
	4. De pie con una sola pierna sobre una plataforma inestable	- 3 series de 30 segundos. - Perturbación externa con balón medicinal (aumenta

		contracción excéntrica de aductor y rotador externo de cadera).
	5. Caída pélvica en bipedestación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 series de 12 repeticiones.</li> <li>- Resistencia: peso del tobillo.</li> <li>- Carga inicial: 75% de 1RM.</li> <li>- Progresión del ejercicio: aumento de 1 a 2 kg.</li> </ul>
	6. Rotación externa de cadera en cadena cinética cerrada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 series de 12 repeticiones.</li> <li>- Resistencia: banda elástica.</li> <li>- Carga inicial: 1 nivel de resistencia elástica inferior al 1 RM.</li> <li>- Progresión del ejercicio: aumentando 1 nivel de resistencia elástica.</li> </ul>
	7. Peso muerto con una sola pierna.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 series de 12 repeticiones.</li> <li>- Resistencia: banda elástica.</li> <li>- Carga inicial: 1 nivel de resistencia elástica inferior al 1 RM.</li> <li>Progresión: aumenta 1 nivel de resistencia elástica.</li> </ul>
	8. Chunch inverso en pelota suiza	- 2 series de 20 segundos.
<b>Semana 6, 7 y 8</b>	1. Caída pélvica en bipedestación	- Igual que en las semanas 3, 4 y 5.

	2. Plancha frontal y lateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 series de 45 a 60 segundos.</li> <li>- Progresión: aumento de 5 segundos.</li> </ul>
	3. Abducción y rotación externa de cadera con rodilla extensión en decúbito lateral.	- Igual que las semanas 3, 4 y 5.
	4. De pie con una sola pierna sobre una plataforma inestable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 series de 30 segundos.</li> <li>- Perturbación externa con balón medicinal (aumenta contracción excéntrica de aductor y rotador externo de cadera).</li> </ul>
	5. Rotación externa de cadera en cadena cinética cerrada.	- Igual que en la semana 3, 4 y 5.
	6. Abducción de cadera y rotación externa con ligera flexión de rodilla y cadera en de cúbito lateral.	- Igual que en la semana 3 a 5.
	7. Peso muerto con una sola pierna.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Igual que en la semana 3, 4 y 5.</li> <li>- Resistencia elástica alrededor de la rodilla del miembro de apoyo para favorecer la abducción y rotación externa de cadera.</li> </ul>
	8. Estocada hacia delante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 series de 12 repeticiones.</li> <li>- Sin carga.</li> <li>- Resistencia elástica alrededor de la rodilla del</li> </ul>

		miembro anterior para favorecer abducción y rotación externa de cadera.
<b>Semanas 9 y 10</b>	1. Flexión de tronco lateral de pie con una sola pierna con mancuerna	- 2 series de 15 repeticiones de cada pierna. - Carga inicial: 5 kg. - Progresión: aumentar carga hasta 7,5 kg.
	2. Chunch inverso en pelota suiza	- 2 series de 30 segundos.
	3. Sentadilla con una pierna.	- 3 series de 12 repeticiones. - Sin carga. - Resistencia elástica alrededor de la rodilla del miembro anterior para favorecer abducción y rotación externa de cadera.
	4. Caminata lateral con banda de resistencia	- 2 series de 20 repeticiones. - Progresión: más 5 repeticiones a cada lado
	5. Puente con tacones clavados en la bola suiza	- 2 series de 20 segundos. - Progresión: 10 segundos más de contracción.
	6. De pie en apoyo unipodal con abducción de cadera.	- 2 series de 20 repeticiones. - Resistencia: banda elástica. - Progresión: más 10 repeticiones
	7. De pie en apoyo	- 2 series de 20

	unipodal con aducción de la pierna.	repeticiones. - Resistencia: banda elástica. - Progresión: más 10 repeticiones
	8. De pie en apoyo unipodal con patada.	- 2 series de 20 repeticiones. - Resistencia: banda elástica. - Progresión: más 10 repeticiones

### 5.9.3. Descripción grupo control.

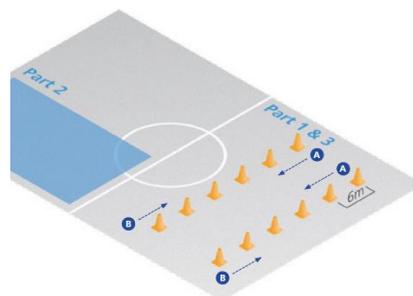
El grupo control seguirá el programa FIFA 11+ y se ajustarán a los tiempos y los ejercicios que vienen marcado para cada una de las sesiones (anexo 5) (36).

El programa FIFA 11+ fue desarrollado por un grupo de expertos en el que incluyeron ejercicios destinados a reducir el riesgo de lesión dentro de una sesión de entrenamiento. Se compone de tres partes: una primera parte de ejercicios de carrera con estiramientos activos, una segunda parte con ejercicios centrados en la fuerza, el equilibrio y la pliometría y, por último, una tercera parte con ejercicios de carrera de velocidad de modera a alta combinados con movimientos de cambios de dirección.

Se ha demostrado que el programa reduce significativamente el riesgo de sufrir lesiones, y en caso de sufrirlas son menos graves. Además es eficaz en jugadores de fútbol de diferentes edades y niveles (36).

Para la realización del programa serán necesarios doce conos y una zona amplia donde poder realizar los ejercicios correspondientes.

*Imagen 10: espacio de desarrollo del programa FIFA 11+.*



El grupo control realizará los entrenamientos los mismos días que el grupo intervención: 3 días a la semana, durante 10 semanas.

Los entrenamientos, al igual que con el grupo intervención, serán supervisados por dos fisioterapeutas en grupos reducidos de entre 4-8 participantes.

#### **5.9.4. Valoración final.**

Tras las 10 semanas de estudio, en la última sesión haremos las mediciones correspondientes. Se volverán a realizar los test descritos en la valoración inicial: Single leg squat y Drop vertical jump para el control del valgo dinámico, la relación de fuerza de cuádriceps-isquiotibiales con contracción isométrica, el desequilibrio neuromuscular con una prueba de pliometría con el Tuck Jump test y la estabilidad postural y valoración funcional de la cadera con el Y balance test.

## 6. CRONOGRAMA Y PLAN DE TRABAJO.

A continuación, en la tabla 3 se muestra el cronograma y plan de trabajo a realizar para el desarrollo del estudio. Se determina el tiempo estimado en el que se va a realizar cada una de las tareas.

Tabla 3. Cronograma y plan de trabajo.

AÑO	2022						
MES	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
Solicitud de permisos							
Selección de la muestra y aleatorización							
Intervención							
Análisis estadístico							

AÑO	2022			2023	
MES	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Resultados y conclusiones					
Difusión de resultados					

## 7. ASPECTOS ÉTICO-LEGALES.

Para la realización del estudio será necesaria la aprobación del **Comité Autonomo de Ética de la Investigación Clínica de Galicia (CAEI)**, así como ser sometido al Comité de ética de la UDC.

Al inicio del estudio todos los participantes recibirán la hoja de **consentimiento informado** (anexo 3), de acuerdo con la **ley 41/2002**, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. Asimismo, recibirán una hoja informativa relativa a las características de la investigación (anexo 2).

Para la preservación de la integridad de los participantes, todos los datos recogidos serán tratados conforme a la **Ley Orgánica 3/2018**, de 5 de diciembre, de **Protección de Datos de Carácter Personal**.

También será necesario conocer y seguir los artículos establecidos en la **ley 44/2003**, de 21 de noviembre, de ordenación de las profesiones sanitarias.

Finalmente, destacar que durante la realización del estudio se cumplirá la **ley 14/2007**, del 3 de junio, de investigación biomédica; así como se respetarán los principios éticos de la **declaración de Helsinki** relativos a los derechos humanos y bioética.

## 8. APLICABILIDAD DEL ESTUDIO.

Con este proyecto se pretende estudiar la eficacia de un programa de ejercicio terapéutico en la prevención de la lesión de ligamento cruzado anterior, en mujeres, en comparación con el programa FIFA 11+.

Si se confirma la hipótesis alternativa, se ampliará y mejorará la información existente acerca de la estabilización, fuerza y control motor proximal como uno de los enfoques preventivos principales en la lesión de LCA. Además, se compara con uno de los programas más comúnmente utilizados para la prevención de lesiones en miembros inferiores, lo que apoyaría aún más la puesta en práctica que se plantea en este proyecto.

El hecho de obtener resultados positivos nos ayudaría a intentar reducir el número de mujeres deportistas que sufren esta lesión, proporcionando una alternativa eficaz para la reducción de los factores de riesgos, inculcando la importancia de la estabilización central y de cadera para la prevención de lesiones de rodilla.

Por último, podría contribuir a reducir las operaciones quirúrgicas, el tiempo de rehabilitación y las complicaciones posteriores habituales de esta lesión.

## 9. PLAN DE DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Finalizada la intervención se realiza el análisis de los datos obtenidos y se elaboran las conclusiones, tras las cuales comienza el plan de difusión. Este plan comienza el mes de diciembre de 2022, dándose a conocer en primer lugar a todos los participantes y clubs voluntarios.

Seguidamente, los resultados y conclusiones se darán a conocer en congresos y revistas del ámbito científico, médico y deportivo.

Congresos:

- Congreso de la World Confederation for Physical Therapy (WCPT).
- Congreso Europeo de Fisioterapia.
- Congreso Nacional de Fisioterapia de la AEF.
- Congreso Internacional de Fisioterapia y Deporte.

Revistas:

- Physiotherapy.
- Physical Therapy in Sport.
- Sports Medicine.
- Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.

Tabla 4: revistas y factor de impacto.

Revista	Factor de impacto
Physiotherapy	3.358
Physical Therapy in Sport	2.365
Sports Medicine	8.551
Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy	3.166

## 10. MEMORIA ECONÓMICA.

### 10.1. Recursos necesarios.

Para la realización de este proyecto se producirán diferentes gastos, los cuales irán dirigidos a recursos materiales, recursos humanos y otros gastos. Los **recursos**

**materiales**, tanto inventariables como fungibles, se describen en la tabla X, junto con el presupuesto dirigido a tales fines.

Los **recursos humanos** de este proyecto son la participación de la investigadora principal, una fisioterapeuta y un matemático especializado en bioestadística. La investigadora principal y la fisioterapeuta se encargarán de las valoraciones y la intervención. El matemático especializado en bioestadística se encargará del análisis estadístico y de la recogida de los datos.

Respecto a la **infraestructura** necesaria, el proyecto se llevará a cabo en uno de los pabellones de la ciudad de A Coruña, el cuál será donado por el Ayuntamiento de A Coruña.

*Tabla 5: recursos necesarios y distribución del presupuesto.*

Concepto	Precio (euro)
<b>1. RECURSOS MATERIALES INVENTARIABLES</b>	
Ordenador portátil	300
Teléfono móvil	140
Impresora Epson multifunción	85
Cinta métrica	4,5
Báscula con tallímetro	175
Calculadora Casio FX – 82MS – 2	12,85
Cronómetro	3,95
Metrónomo	15,5
Camilla	700
Y Balance test KIT	250
Pesas	70
Fit ball	80
Plataformas inestables	120
Bandas elásticas	30
Conos (12 Uds)	17
<b>2. RECURSOS MATERIALES FUNGIBLES.</b>	
Paquete de bolígrafos.	4,5
Paquetes de folios.	7
Cinta adhesiva.	2
<b>3. RECURSOS HUMANOS</b>	
Investigadora principal	2.000

Fisioterapeuta	2.000
Matemático, especialista en bioestadística	500
<b>4. OTROS GASTOS:</b>	
Viajes y dietas	2.500
Inscripción a congresos	1500
Impresión de pósters	200
Imprevistos	2000
<b>TOTAL</b>	<b>12.717,3</b>

## 10.2. Posibles fuentes de financiación.

Fuentes públicas:

- Diputación de A Coruña.
- Universidade de A Coruña.
- Consellería de Sanidade de Galicia.

Fuentes privadas:

- Convocatoria del programa de apoyo a la investigación y a la creación cultural de la Fundación BBVA. Este programa fomenta la ciencia y la cultura desde el año 2014, financiando proyectos a jóvenes investigadores.
- Fundación Mapfre: ofrece subvenciones anuales para investigadores que buscar llevar a cabo programas de investigación en el área de promoción de la salud.
- Obra social La Caixa: financia investigaciones para contribuir al progreso y bienestar de la sociedad en ciencias de la vida y de la salud.

## 11. BIBLIOGRAFÍA.

1. Kapandji AI. Fisiología Articular. Tomo 2. Miembro inferior. Panamericana; 400 p.
2. Forriol F, Maestro A, Vaquero Martín J. El Ligamento cruzado anterior: morfología y función. Trauma Fundación Mapfre. Volumen 19. 2008;7-18.
3. Ferri-Caruana A, Prades-Insa B, Serra-AÑÓ P. Effects of pelvic and core strength training on biomechanical risk factors for anterior cruciate ligament injuries. J Sports Med Phys Fitness. agosto de 2020;60(8):1128-36.
4. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(7).
5. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. J Bone Joint Surg Am. agosto de 2004;86(8):1601-8.
6. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). Arch Orthop Trauma Surg. 1 de enero de 2018;138(1):51-61.
7. Haddas R, Hooper T, James CR, Sizer PS. Volitional Spine Stabilization During a Drop Vertical Jump From Different Landing Heights: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury. J Athl Train. diciembre de 2016;51(12):1003-12.
8. Chijimatsu M, Ishida T, Yamanaka M, Taniguchi S, Ueno R, Ikuta R, et al. Landing instructions focused on pelvic and trunk lateral tilt decrease the knee abduction moment during a single-leg drop vertical jump. Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med. noviembre de 2020;46:226-33.
9. Peebles AT, Dickerson LC, Renner KE, Queen RM. Sex-based differences in landing mechanics vary between the drop vertical jump and stop jump. J Biomech. 22 de mayo de 2020;105:109818.
10. Otsuki R, Benoit D, Hirose N, Fukubayashi T. Effects of an Injury Prevention Program on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factors in Adolescent Females at Different Stages of Maturation. J Sports Sci Med. 15 de abril de 2021;20(2):365-72.
11. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1 de julio de 2009;17(7):705-29.
12. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. Am J Sports Med. julio de 2007;35(7):1123-30.

13. Hewett TE, Ford KR, Xu YY, Khoury J, Myer GD. Effectiveness of Neuromuscular Training Based on the Neuromuscular Risk Profile. *Am J Sports Med.* julio de 2017;45(9):2142-7.
14. Dix C, Arundale A, Silvers-Granelli H, Marmon A, Zarzycki R, Snyder-Mackler L. BIOMECHANICAL MEASURES DURING TWO SPORT-SPECIFIC TASKS DIFFERENTIATE BETWEEN SOCCER PLAYERS WHO GO ON TO ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY AND THOSE WHO DO NOT: A PROSPECTIVE COHORT ANALYSIS. *Int J Sports Phys Ther.* diciembre de 2020;15(6):928-35.
15. Petushek EJ, Sugimoto D, Stoolmiller M, Smith G, Myer GD. Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes. *Am J Sports Med.* junio de 2019;47(7):1744-53.
16. Peebles AT, Arena SL, Queen RM. A new method for assessing landing kinematics in non-laboratory settings. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med.* mayo de 2021;49:21-30.
17. Mauntel TC, Frank BS, Begalle RL, Blackburn JT, Padua DA. Kinematic differences between those with and without medial knee displacement during a single-leg squat. *J Appl Biomech.* diciembre de 2014;30(6):707-12.
18. Ruwe PA, Gage JR, Ozonoff MB, DeLuca PA. Clinical determination of femoral anteversion. A comparison with established techniques. *J Bone Joint Surg Am.* julio de 1992;74(6):820-30.
19. Olmedo-Buenrostro BA, Jiménez-Herrera C, Valadez-Meneses R, Díaz-Giner VR, Trujillo-Hernández B, Trujillo X, et al. Evaluación de la alineación en rodillas mediante un software. *Rev Investig Clínica.* 2012;64(2):144-53.
20. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* octubre de 2003;35(10):1745-50.
21. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr. RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):492-501.
22. Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):51-60.
23. Hewett TE, Ford KR, Xu YY, Khoury J, Myer GD. Utilization of ACL Injury Biomechanical and Neuromuscular Risk Profile Analysis to Determine the Effectiveness of Neuromuscular Training. *Am J Sports Med.* diciembre de 2016;44(12):3146-51.
24. Scarborough DM, Linderman SE, Cohen VA, Berkson EM, Eckert MM, Oh LS. Neuromuscular Control of Vertical Jumps in Female Adolescents. *Sports Health.* 30 de mayo de 2019;11(4):343-9.
25. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Reliability of landing 3D motion analysis: Implications for longitudinal analyses. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(11):2021-8.

26. Mok K-M, Petushek E, Krosshaug T. Reliability of knee biomechanics during a vertical drop jump in elite female athletes. *Gait Posture*. 2016;46:173-8.
27. Bell AL, Brand RA, Pedersen DR. Prediction of hip joint centre location from external landmarks. *Hum Mov Sci*. 1989;8(1):3-16.
28. Peebles AT, Carroll MM, Socha JJ, Schmitt D, Queen RM. Validity of Using Automated Two-Dimensional Video Analysis to Measure Continuous Sagittal Plane Running Kinematics. *Ann Biomed Eng*. 1 de enero de 2021;49(1):455-68.
29. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Tuck jump assessment for reducing anterior cruciate ligament injury risk. *Athl Ther Today*. 2008;13(5):39-44.
30. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent ACL injury in female athletes. *Strength Cond J*. 1 de junio de 2011;33(3):21.
31. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North Am J Sports Phys Ther NAJSPT*. mayo de 2009;4(2):92-9.
32. Alnahdi AH, Alderaa AA, Aldali AZ, Alsobayel H. Reference values for the Y Balance Test and the lower extremity functional scale in young healthy adults. *J Phys Ther Sci*. diciembre de 2015;27(12):3917-21.
33. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. *Mil Med*. noviembre de 2013;178(11):1264-70.
34. Powden CJ, Dodds TK, Gabriel EH. THE RELIABILITY OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST AND LOWER QUARTER Y-BALANCE TEST IN HEALTHY ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther*. septiembre de 2019;14(5):683-94.
35. Baldon R de M, Serrão FV, Scattone Silva R, Piva SR. Effects of functional stabilization training on pain, function, and lower extremity biomechanics in women with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. abril de 2014;44(4):240-51, A1-8.
36. Nuhu A, Jelsma J, Dunleavy K, Burgess T. Effect of the FIFA 11+ soccer specific warm up programme on the incidence of injuries: A cluster-randomised controlled trial. *PLoS ONE*. 24 de mayo de 2021;16(5):e0251839.

## 12. ANEXOS.

### ANEXO 1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.

#### Términos de búsqueda:

- Ligamento cruzado anterior – anterior cruciate ligament (MESH)
- LCA – ACL (TIAB)
- Rotura ligamento cruzado anterior – anterior cruciate ligament tear (TIAB)
- Lesión ligamento cruzado anterior – anterior cruciate ligament injuries (MESH)
- Prevención – prevention (MESH)
- Estabilidad – stability (TIAB)
- Control motor- motor control, motor learning, neuromuscular control (TIAB)
- Core muscles (TIAB) – Abdominal Muscles (MESH)
- Abductores de cadera – hip abductors (TIAB), gluteus medius (TIAB)
- Rotadores externos de cadera – hip external rotators (TIAB)
- Valgo dinámico – Dynamic valgus (TIAB), knee abduction (TIAB)

#### Búsquedas:

BASE DE DATOS	PUBMED NCBI
<b>Ecuación de búsqueda</b>	("Resistance Training"[MeSH Terms] OR "Abdominal Muscles"[MeSH Terms] OR "Stability"[Title/Abstract] OR "Motor Control"[Title/Abstract] OR "Motor Learning"[Title/Abstract] OR "Neuromuscular Control"[Title/Abstract] OR "Core Muscles"[Title/Abstract] OR "Hip Abductors"[Title/Abstract] OR "Gluteus Medius"[Title/Abstract] OR "Hip External Rotators"[Title/Abstract] OR "Dynamic Valgus"[Title/Abstract] OR "Knee Abduction"[Title/Abstract] OR "Physical Therapy Modalities"[MeSH Terms] OR "Physical Therapy Specialty"[MeSH Terms] OR "physical therapy department, hospital"[MeSH Terms]) AND ("Anterior Cruciate Ligament"[MeSH Terms] OR "Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH Terms] OR "ACL"[Title/Abstract] OR "Anterior Cruciate Ligament Tear"[Title/Abstract]) AND ("prevention and control"[MeSH Subheading] OR "Primary Prevention"[MeSH Terms] OR "Accident Prevention"[MeSH Terms])
<b>Tipo de búsqueda</b>	Búsqueda avanzada
<b>Límites</b>	<u>Fecha de publicación:</u> últimos 5 años.

	<u>Especie</u> : Humanos. <u>Idioma</u> : Castellano e Inglés. <u>Sexo</u> : Femenino
<b>Resultados obtenidos</b>	55
<b>Artículos seleccionados</b>	20

**BASE DE DATOS SPORTDISCUSS**

<b>Ecuación de búsqueda</b>	(((TI Resistance Training OR Abdominal Muscles OR Stability OR Motor Control OR Motor Learning OR Neuromuscular Control OR Core Muscles OR Hip Abductors OR Gluteus Medius OR Hip External Rotators OR Dynamic Valgus OR Knee Abduction OR Physical Therapy Modalities OR Physical Therapy Specialty) AND ((AB (Resistance Training OR Abdominal Muscles OR Stability OR Motor Control OR Motor Learning OR Neuromuscular Control OR Core Muscles OR Hip Abductors OR Gluteus Medius OR Hip External Rotators OR Dynamic Valgus OR Knee Abduction OR Physical Therapy Modalities OR Physical Therapy Specialty))) OR (TI (Resistance Training OR Abdominal Muscles OR Stability OR Motor Control OR Motor Learning OR Neuromuscular Control OR Core Muscles OR Hip Abductors OR Gluteus Medius OR Hip External Rotators OR Dynamic Valgus OR Knee Abduction OR Physical Therapy Modalities OR Physical Therapy Specialty)))) AND (((TI Anterior Cruciate Ligament OR Anterior Cruciate Ligament Injuries OR Anterior Cruciate Ligament Tear OR ACL) AND ((AB (Anterior Cruciate Ligament OR Anterior Cruciate Ligament Injuries OR Anterior Cruciate Ligament Tear OR ACL)) OR (TI (Anterior Cruciate Ligament OR Anterior Cruciate Ligament Injuries OR Anterior Cruciate Ligament Tear OR ACL)))) AND ((AB Prevention AND Control OR Primary Prevention OR Accident Prevention) AND ((TI (Prevention AND Control OR Primary Prevention OR Accident Prevention)) OR (AB (Prevention AND Control OR Primary Prevention OR Accident Prevention)))) AND ((TI Resistance Training OR Abdominal Muscles OR Stability OR Motor Control OR Motor Learning OR Neuromuscular Control OR Core Muscles OR Hip Abductors OR Gluteus
-----------------------------	--

	Medius OR Hip External Rotators OR Dynamic Valgus OR Knee Abduction OR Physical Therapy Modalities OR Physical Therapy Specialty) AND ((AB (Resistance Training OR Abdominal Muscles OR Stability OR Motor Control OR Motor Learning OR Neuromuscular Control OR Core Muscles OR Hip Abductors OR Gluteus Medius OR Hip External Rotators OR Dynamic Valgus OR Knee Abduction OR Physical Therapy Modalities OR Physical Therapy Specialty)) OR (TI (Resistance Training OR Abdominal Muscles OR Stability OR Motor Control OR Motor Learning OR Neuromuscular Control OR Core Muscles OR Hip Abductors OR Gluteus Medius OR Hip External Rotators OR Dynamic Valgus OR Knee Abduction OR Physical Therapy Modalities OR Physical Therapy Specialty)))))) AND (Females OR Woman)
<b>Tipo de búsqueda</b>	Búsqueda avanzada
<b>Límites</b>	<u>Fecha de publicación:</u> últimos 5 años. <u>Idioma:</u> Castellano e Inglés. <u>Sexo:</u> Femenino
<b>Resultados obtenidos</b>	17
<b>Artículos seleccionados</b>	10

**BASE DE DATOS SCOPUS**

<b>Ecuación de búsqueda</b>	TITLE-ABS-KEY ( ( "Resistance Training" OR "AbdominalMuscles" OR "Stability" OR "Motor Control" OR "Motor Learning" OR "Neuromuscular Control" OR "Core Muscles" OR "Hip Abductors" OR "Gluteus Medius" OR "Hip External Rotators" OR "Dynamic Valgus" OR "Knee Abduction" OR "Physical Therapy Modalities" OR "Physical Therapy Specialty" OR "physical therapy department, hospital" ) AND ( "Anterior Cruciate Ligament" OR "Anterior Cruciate Ligament Injuries" OR "ACL" OR "Anterior Cruciate Ligament Tear" ) AND ( "prevention and control" OR "Primary Prevention" OR "Accident Prevention" ) )
<b>Tipo de búsqueda</b>	Búsqueda avanzada
<b>Límites</b>	<u>Fecha de publicación:</u> últimos 5 años. <u>Especie:</u> Humanos. <u>Idioma:</u> Castellano e Inglés. <u>Sexo:</u> Femenino
<b>Resultados obtenidos</b>	10
<b>Artículos seleccionados</b>	5

## **ANEXO 2. HOJA DE INFORMACIÓN.**

### **HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE**

**Título:** Efectos de un programa de ejercicio terapéutico dirigido a la región lumbo-pélvica en prevención de la rotura de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas: un proyecto de investigación.

**Investigadores que lo llevan a cabo:** Sandra Rodríguez González, alumna de Fisioterapia en la Universidad de A Coruña.

El objetivo de este documento es ofrecer información sobre un estudio de una alumna de la Facultad de Fisioterapia de A Coruña en el que se le invita a participar. Dicho estudio será realizado en un pabellón, a concretar, de la ciudad de A Coruña. La participación en este estudio es totalmente voluntaria y puede abandonar la investigación en cualquier momento sin dar ningún tipo de explicación ni consecuencia para usted.

#### **¿Cuál es el propósito del estudio?**

El objetivo de este estudio es determinar los efectos de un programa de ejercicio terapéutico dirigido a la región lumbo-pélvica en prevención de la rotura de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas.

#### **¿En qué consiste su participación?**

Realizará durante 10 semanas 3 sesiones donde trabajará la musculatura mencionada anteriormente. Previo a esto, en una primera sesión, se realizará una valoración inicial para comprobar si cumple los criterios de inclusión y para recoger sus datos en caso de que ser incluido en el estudio. Además deberá firmar su consentimiento informado. En la última sesión se desarrollará una valoración final, similar a la inicial, para la recogida de datos posteriores a la intervención.

#### **¿Qué riesgos o inconvenientes presenta?**

No existe ningún riesgo para usted ni con respecto a los test y pruebas como a la intervención que realizará.

#### **¿Se publicarán los resultados?**

Los resultados del estudio podrán ser publicados en congresos y/o revistas científicas, siempre respetando la confidencialidad de los datos de las participantes.

**¿Cómo puedo contactar con el equipo que lleva a cabo el estudio?**

Usted puede contactar con la investigadora Sandra Rodríguez González a través del correo electrónico [sandra.rodriquez.gonzalez@udc.es](mailto:sandra.rodriquez.gonzalez@udc.es)

**¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!**

### **ANEXO 3. CONSENTIMIENTO INFORMADO.**

#### **DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA LA PARTICIPACIÓN EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:** Efectos de un programa de ejercicio terapéutico dirigido a la región lumbo-pélvica en prevención de la rotura de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas: un proyecto de investigación.

**Investigadora:** Sandra Rodríguez González.

Mediante la firma de este consentimiento confirmo que:

- He leído y comprendido el documento resumen entregado. Además, he preguntado todas las dudas que me han surgido a partir del mismo y soy conocedor de la metodología, el tratamiento y los objetivos del estudio.
- Comprendo que tanto mi participación en el estudio es voluntaria y, por lo tanto, puedo abandonar el mismo cuando lo crea conveniente sin necesidad de dar explicaciones y sin ninguna consecuencia.
- Acepto que mis datos personales sean empleados en las condiciones mostradas en las hojas de información para fines específicos del proyecto.
- He sido informado de que todos los datos adquiridos en el estudio serán confidenciales y se tratarán conforme establece la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Presto libremente mi conformidad para participar en este proyecto.

D/Dña..... con DNI.....  
acepta la participación en el estudio teniendo en cuenta las consideraciones anteriores.

En A Coruña, a ..... de ....., de 20.....

Firmado (participante):

Firmado (investigadora):

#### ANEXO 4. FICHA DE EVALUACIÓN.

## FICHA DE EVALUACIÓN

### EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO TERAPÉUTICO DIRIGIDO A LA REGIÓN LUMBO-PÉLVICA EN PREVENCIÓN DE LA ROTURA DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN DEPORTISTAS FEMENINAS.

<b>Nombre y apellidos:</b>		
<b>Nº:</b>	<b>Grupo:</b>	
<b>Fecha y hora:</b>		
<b>Edad:</b>	<b>Deporte:</b>	
<b>Peso (kg):</b>	<b>Talla (m):</b>	<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>):</b>
Antecedentes de fracturas y/o procesos quirúrgicos en miembro inferior.	<input type="checkbox"/>	<b>SI</b>
	<input type="checkbox"/>	<b>NO</b>
Sintomatología actual lumbo-pélvica o de miembro inferior	<input type="checkbox"/>	<b>SI</b>
	<input type="checkbox"/>	<b>NO</b>
Está embarazada	<input type="checkbox"/>	<b>SI</b>
	<input type="checkbox"/>	<b>NO</b>
Toma anticonceptivos orales.	<input type="checkbox"/>	<b>SI</b>
	<input type="checkbox"/>	<b>NO</b>
Está federada en un equipo autonómico o nacional y entrena 3 días a la semana o más	<input type="checkbox"/>	<b>SI</b>
	<input type="checkbox"/>	<b>NO</b>

**ANEXO 5. FIFA 11+.**

11+

1ª PARTE

EJERCICIOS DE CARRERA · 8 MINUTOS

1 CORRER EN LÍNEA RECTA

**1 CORRER EN LÍNEA RECTA**  
Ejercer la carrera en línea recta a 10 pasos de cada jugador en el centro del campo, con una separación de jugadores de 10 metros. Cada jugador debe avanzar al ritmo de su propio ritmo. **Repetir por 2 minutos.**

2 CORRER CADERA HACIA AFUERA

**2 CORRER CADERA HACIA AFUERA**  
Correr en línea recta, con una zancada que sea lo suficientemente amplia para mantener la rodilla y el tobillo alineados. **Repetir por 2 minutos.**

3 CORRER CADERA HACIA DENTRO

**3 CORRER CADERA HACIA DENTRO**  
Correr en línea recta, con una zancada que sea lo suficientemente estrecha para mantener la rodilla y el tobillo alineados. **Repetir por 2 minutos.**

4 CORRER CIRCULOS

**4 CORRER CIRCULOS**  
Correr hacia adelante en una línea recta y luego girar a la izquierda y correr en círculo. **Repetir por 2 minutos.**

5 CORRER CONTACTO CON EL HOMBRO

**5 CORRER CONTACTO CON EL HOMBRO**  
Correr hacia adelante y luego girar a la izquierda y correr en círculo. **Repetir por 2 minutos.**

6 CORRER HACIA DELANTE Y HACIA ATRÁS

**6 CORRER HACIA DELANTE Y HACIA ATRÁS**  
Correr hacia adelante y luego girar a la izquierda y correr en círculo. **Repetir por 2 minutos.**

2ª PARTE

FUERZA · PLIOMETRÍA · EQUILIBRIO · 10 MINUTOS

LEVEL 1

7 APOYO EN ANTEBRAZO ESTÁTICO

**7 APOYO EN ANTEBRAZO ESTÁTICO**  
Apoyarse en los antebrazos y mantener el equilibrio. **Repetir por 2 minutos.**

LEVEL 2

7 APOYO EN ANTEBRAZO ALTERNANDO PIERNAS

**7 APOYO EN ANTEBRAZO ALTERNANDO PIERNAS**  
Apoyarse en los antebrazos y mantener el equilibrio. **Repetir por 2 minutos.**

LEVEL 3

7 APOYO EN ANTEBRAZO LEVANTAR UNA PIERNA

**7 APOYO EN ANTEBRAZO LEVANTAR UNA PIERNA**  
Apoyarse en los antebrazos y mantener el equilibrio. **Repetir por 2 minutos.**

8 APOYO EN ANTEBRAZO LATERAL ESTÁTICO

**8 APOYO EN ANTEBRAZO LATERAL ESTÁTICO**  
Apoyarse en los antebrazos laterales y mantener el equilibrio. **Repetir por 2 minutos.**

9 ISQUIOTIBIALES INTERMEDIO

**9 ISQUIOTIBIALES INTERMEDIO**  
Apoyarse en los isquiotibiales y mantener el equilibrio. **Repetir por 2 minutos.**

10 EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA LANZANDO EL BALÓN

**10 EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA LANZANDO EL BALÓN**  
Apoyarse en una sola pierna y lanzar el balón. **Repetir por 2 minutos.**

11 GENUFLEXIONES HASTA LA PUNTA DE LOS PIES

**11 GENUFLEXIONES HASTA LA PUNTA DE LOS PIES**  
Realizar sentadillas hasta tocar los dedos de los pies. **Repetir por 2 minutos.**

12 SALTOS VERTICALES

**12 SALTOS VERTICALES**  
Saltar verticalmente. **Repetir por 2 minutos.**

13 SALTOS LATERALES

**13 SALTOS LATERALES**  
Saltar lateralmente. **Repetir por 2 minutos.**

14 GENUFLEXIONES ZANCADAS

**14 GENUFLEXIONES ZANCADAS**  
Realizar sentadillas con una zancada amplia. **Repetir por 2 minutos.**

15 GENUFLEXIONES EN UNA PIERNA

**15 GENUFLEXIONES EN UNA PIERNA**  
Realizar sentadillas con una sola pierna. **Repetir por 2 minutos.**

16 SALTOS ALTERNADOS

**16 SALTOS ALTERNADOS**  
Saltar alternando piernas. **Repetir por 2 minutos.**

3ª PARTE

EJERCICIOS DE CARRERA · 2 MINUTOS

13 CORRER EN TODO EL TERRENO

**13 CORRER EN TODO EL TERRENO**  
Correr en todo el terreno. **Repetir por 2 minutos.**

14 CORRER SALTOS ALTOS

**14 CORRER SALTOS ALTOS**  
Correr con saltos altos. **Repetir por 2 minutos.**

15 CORRER CAMBIO DE DIRECCIÓN

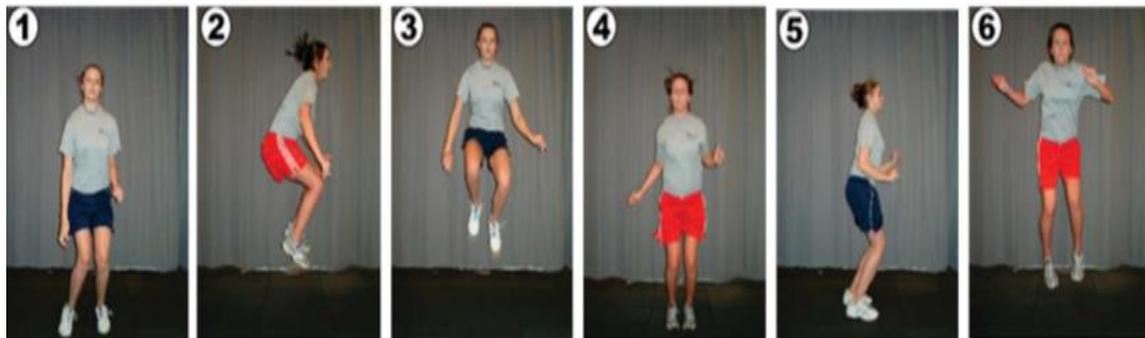
**15 CORRER CAMBIO DE DIRECCIÓN**  
Correr cambiando de dirección. **Repetir por 2 minutos.**

MY GAME IS FAIR PLAY

F-MARC FOOTBALL FOR HEALTH

## ANEXO 6. FICHA EVALUACIÓN TUCK JUMP TEST.

Tuck Jump Assessment	Pre	Mid	Post	Comments
<b><u>Knee and Thigh Motion</u></b>				
① Lower extremity valgus at landing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
② Thighs do not reach parallel (peak of jump)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
③ Thighs not equal side-to-side (during flight)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b><u>Foot Position During Landing</u></b>				
④ Foot placement not shoulder width apart	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
⑤ Foot placement not parallel (front to back)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
⑥ Foot contact timing not equal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Excessive landing contact noise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b><u>Plyometric Technique</u></b>				
8. Pause between jumps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Technique declines prior to 10 seconds	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Does not land in same footprint (excessive in-flight motion)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Total _____	Total _____	Total _____	

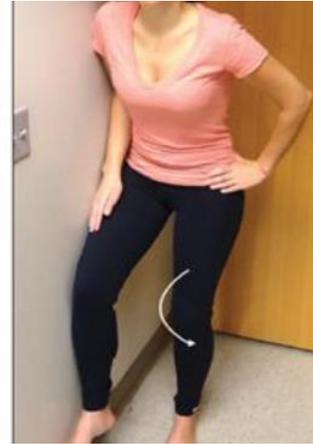


## ANEXO 7. FOTOGRAFÍAS EJERCICIO TERAPÉUTICO.

**Activación transverso del abdomen y el entrenamiento de los músculos multifidos**



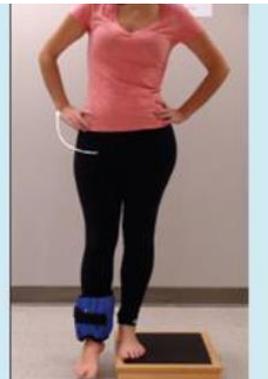
**Isométricos de abducción y rotación externa de cadera en bipedestación**



**Puente lateral (A) y el puente ventral (B)**



**Caída pélvica bipedestación**



**Abducción, rotación externa y extensión de cadera en decúbito lateral**



**Abducción y rotación externa de cadera con ligera flexión de la rodilla y de cadera en decúbito lateral**

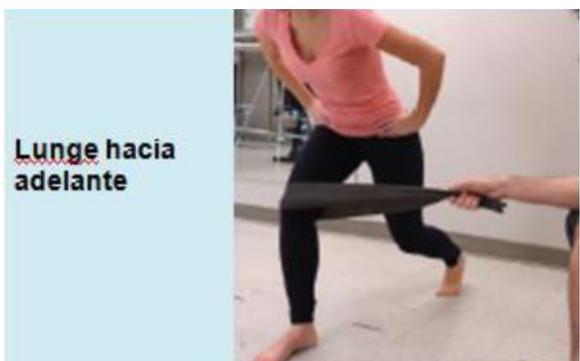


**Rotación externa de cadera en cadena cinética cerrada**





**Single-leg de pie en una plataforma inestable**



**Sentadilla unipodal**



**Puente con tacones clavados en la bola suiza**



**Crunch inverso en pelota suiza**