



## **TRABAJO FINAL**

**Presentado para acceder al título de**

### **ESPECIALISTA EN KINESIOLOGIA Y FISIOTERAPIA DEL DEPORTE**

**Título: Efectos de un programa de estiramiento FNP y entrenamiento muscular excéntrico sobre la amplitud del ROM y ganancia muscular en un jugador de futsal con desgarros de isquiotibiales a repetición**

**Autor:**

**Lic. Nicolosi, Tomas – 39.120.412**

**Director:**

**Lic. Del Popolo, Augusto**

**Lugar:  
Rosario**

**Fecha de presentación  
26/10/2023**

**Firma autor**

## INDICE

I.	Abreviaturas .....	1
II.	Resumen .....	2
III.	Introducción .....	3
IV.	Objetivos .....	5
V.	Materiales y métodos .....	6
	a. Estrategia de búsqueda bibliográfica .....	6
	b. Generalidades del caso clínico .....	7
VI.	Desarrollo .....	11
	a. Análisis de la literatura .....	11
	i. Flexibilidad .....	11
	ii. Anatomía y evaluación clínica de los isquiotibiales ...	12
	iii. Lesión de isquiotibiales en el fútbol .....	14
	iv. Empleo de técnicas de flexibilidad y entrenamiento de la fuerza muscular .....	15
	b. Caso clínico .....	18
	i. Diagnóstico médico .....	18
	ii. Estudios complementarios .....	19
	iii. Evaluación inicial .....	20
	iv. Plan de tratamiento .....	22
VII.	Resultados .....	25
VIII.	Discusión .....	28
IX.	Conclusión .....	32
X.	Referencias bibliográficas .....	33
XI.	Anexo .....	39

## **I. ABREVIATURAS**

<b>ROM</b>	rango de amplitud articular
<b>CEA</b>	ciclo estiramiento acortamiento
<b>RX</b>	radiografía
<b>TAC</b>	tomografía axial computada
<b>RM</b>	resonancia magnética
<b>FNP</b>	facilitación neuromuscular propioceptiva
<b>CRAC</b>	contracción-relajación-agonista-contracción
<b>CR</b>	contracción-relajación
<b>MMII</b>	miembro inferior
<b>EPR</b>	elevación de pierna recta
<b>BSSR</b>	Test del cajón modificado
<b>AKE</b>	prueba de extensión activa de rodilla

## II. RESUMEN

**Introducción:** La flexibilidad y la fuerza muscular son dos de los componentes clave de la condición física y del rendimiento deportivo junto con la resistencia y la velocidad. Un déficit de ambos se ha asociado con una mayor predisposición a sufrir lesiones músculo-esqueléticas por sobreuso, afectando tanto a la funcionalidad como al rendimiento físico de la persona que la padece.

**Objetivo:** Determinar los efectos de un programa combinado de estiramiento y entrenamiento de la fuerza muscular sobre la amplitud del ROM (rango de amplitud articular) e incremento de la fuerza en un jugador de fútbol con desgarros de isquiotibial a repetición.

**Metodología:** Se realizó un caso clínico con evaluaciones antes y después de las 8 semanas de intervención, en la cual se aplicó un programa de entrenamiento de la fuerza con una técnica de flexibilidad FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva). La evaluación de la fuerza se llevó a cabo con dinamometría e isocinesia, mientras que para la flexibilidad se utilizó el test de AKE (prueba de extensión activa de rodilla), EPR (Elevación de Pierna Recta), BSSR (Test del cajón modificado) y Slump Test.

**Resultados:** Ganancias en el test de AKE del 27% (MMII izquierdo) y 38% (MMII derecho); EPR 14% (MMII izquierdo) y 18% (MMII derecho); BSSR 30% (MMII izquierdo) y 45% (MMII derecho); Slump Test negativo en ambas extremidades. Ganancias registradas de dinamometría en sedestación de isquiotibiales del 65% (MMII izquierdo) y 51% (MMII derecho); cuádriceps del 55% (MMII izquierdo) y 78% (MMII derecho) y en posición decúbito prono para isquiotibiales del 60% (MMII izquierdo) y 40% (MMII derecho). Ganancias registradas en isocinesia de cuádriceps del 20% (MMII derecho) y 8% (MMII izquierdo), e isquiotibial del 63% (MMII derecho) y 42% (MMII izquierdo).

**Conclusión:** la combinación de un trabajo de 8 semanas de fuerza excéntrica con estiramiento FNP incrementa la fuerza muscular y mejora los valores de extensibilidad y logra mantener los resultados obtenidos pasadas las 4 semanas de la intervención.

### III. INTRODUCCIÓN

El fútbol sala es un deporte de equipo complejo y dinámico que requiere que los jugadores combinen procesos de toma de decisiones y acciones intermitentes de alta intensidad como sprints, aceleraciones y desaceleraciones repentinas y cambios de dirección, llegando a recorrer más del 25% del total a altas velocidades. (1)

En los niveles más altos del deporte, la combinación de movimientos multiplanares repetidos de alta intensidad que se realizan durante el entrenamiento y competencia pueden colocar a los jugadores en alto riesgo de sufrir lesiones. Dentro de las principales que padecen los deportistas, encontramos a la lesión de isquiotibiales en la cima del ranking, ocasionada principalmente por déficit en la flexibilidad de dicho músculo y un desequilibrio de fuerzas con su músculo antagonista. Por ese motivo, es de gran importancia mantener estos parámetros en valores normales para así disminuir el porcentaje de lesiones y que el deportista esté el menor tiempo de baja. (2,3)

Para diagnosticar adecuadamente éste tipo de patología muscular lo más rápido y eficaz posible es indispensable reconocer cuáles son los signos y síntomas que se hallarían. En casos iniciales se presentan con dolor agudo, hinchazón e inflamación, debilidad e incapacidad funcional, decoloración en la zona, mientras que en estadíos más graves, a simple vista se aprecia un defecto en el músculo. (4)

Además, existen estudios de diagnóstico por imagen que nos ayudan a confirmar una lesión, dándonos más información sobre la zona y gravedad de la misma, siendo la ecografía y la resonancia magnética los de elección a la hora de obtener una correcta detección de la lesión. (5)

La flexibilidad muscular es uno de los elementos clave en la condición física y del rendimiento deportivo junto con la fuerza, la resistencia y la velocidad. Existen gran variedad de métodos de valoración de estos componentes que son realizados día a día por los distintos profesionales de la salud con el fin de mantener una correcta funcionalidad de la musculatura y así evitar bajas por lesión o reducción del rendimiento del atleta. (6)

Para retornar a los entrenamientos es fundamental lograr una correcta cicatrización muscular y normalizar los valores de extensibilidad y fuerza muscular del isquiotibial. Para eso el kinesiólogo dispone de un gran número de herramientas que están a su alcance para cumplir con dicho objetivo y mejorar estos dos valores. (3)

La FNP, es definida como un método que favorece o acelera el mecanismo neuromuscular mediante la estimulación de los propioceptores. Con ésta técnica se logra un estiramiento muscular bajo diversos patrones de movimiento y en puntos determinados de movilidad articular, con el objetivo de generar ganancias en fuerza muscular, flexibilidad articular y coordinación neuromuscular. (7)

La variante FNP de contracción-relajación-agonista-contracción (CRAC) ha dado resultados prometedores con el objetivo de generar ganancias en el rango de movimiento. Consiste en un estiramiento del músculo agonista seguido de una contracción isométrica del mismo, luego se realiza una contracción isométrica del antagonista y finalmente un nuevo estiramiento del agonista. (8)

En estos últimos años se han incorporado trabajos de entrenamiento de la fuerza excéntrica que han dado excelentes resultados tanto para lograr incrementos del rendimiento del deportista, cómo también para reducir el porcentaje de lesiones ocasionadas en entrenamiento y en competencia. No sólo el deportista incrementa sus valores de fuerza, sino que, además, mejora la extensibilidad de su musculatura. (9)

Por ese motivo, en relación a lo expuesto en ésta introducción se planteó el siguiente interrogante:

¿Qué resultados lograríamos conseguir sobre el rango de movimiento y fuerza muscular combinando un ejercicio de elongación FNP en complemento al entrenamiento de la fuerza excéntrica, con un programa de 8 semanas de duración, con 3 estímulos semanales en un jugador de futsal con desgarras a repetición de isquiotibial?

## **IV. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los efectos de un programa de estiramientos FNP y entrenamiento de la fuerza muscular excéntrica de 8 semanas en un jugador de futsal con desgarros de isquiotibial a repetición.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar los cambios sobre la amplitud de movimiento articular mediante las pruebas de AKE, BSSR, EPR, al inicio y al final del tratamiento.
- Determinar la evolución de la fuerza muscular del isquiotibial a través de la valoración con dinamometría manual y dispositivo isocinético.
- Valorar los cambios generados con el plan de tratamiento sobre la tensión neural durante la ejecución del Slump Test.
- Determinar si con la estrategia terapéutica de 8 semanas se logran mantener los niveles de extensibilidad de la musculatura ganados al mes de finalizado el programa.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### V.a. Estrategia de búsqueda bibliográfica con todos sus componentes

#### i. Palabras claves

Para la búsqueda de artículos científicos se utilizaron palabras claves. Éstas son las siguientes:

	MeSH	DeCS
MeSH	"Hamstring Muscles"	Músculos isquiosurales
DeCS	"Physical therapy modalities"	Terapia física
Términos libres	Futsal Indoor football Fútbol sala Hamstring injury Hamstring injuries Flexibility Stretching Flexibilidad Eccentric contraction	

**Tabla 1.** Términos MeSH, DeCS y libres

#### ii. Combinaciones de palabras claves

Se utilizaron operadores booleanos para combinar dichas palabras claves, ya que la búsqueda individual arrojaba como resultado una gran cantidad de artículos.

##### **Combinación de términos en inglés:**

"Indoor football" [AllFields] OR futsal [AllFields] AND "hamstring injury" [AllFields]  
OR "hamstring injuries" [AllFields]

"Indoor football" [AllFields] OR futsal [AllFields] AND "Hamstring muscles" [MeSH]  
AND "Muscle stretching exercise" [MeSH]

Futsal [AllFields] AND "hamstring injury" [AllFields] OR "hamstring injuries"  
[AllFields] AND "physical therapy modalities" [MeSH]



"Indoor football" [AllFields] OR futsal [AllFields] AND flexibility [AllFields] OR stretching [AllFields]

"Eccentric contraction" [AllFields] AND "hamstring injury" [AllFields]

#### **Combinación de términos en español:**

"Futbol sala" [DeCS] AND "músculos isquiosurales" [DeCS] AND "ejercicios de estiramiento muscular" [DeCS]

"Futbol sala" [DeCS] AND "músculos isquiosurales" [DeCS] AND "terapia física" [DeCS] AND flexibilidad [DeCS]

#### **iii. Bases de datos de la literatura consultadas**

En este trabajo se llevó a cabo un estudio de caso, en donde la información necesaria para la búsqueda bibliográfica se tomó de las bases de datos Medline, ScIELO, Ibecs, LILACS y la biblioteca de la colaboración Cochrane.

#### **iv. Período de publicación analizado**

Para realizar una correcta filtración de artículos se estableció como límite de tiempo para la búsqueda artículos publicados entre los años 1993 y 2022.

### **V.b GENERALIDADES DEL CASO CLÍNICO EN RELACIÓN A LOS MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS ELEGIDOS**

Se propone evaluar la recuperación funcional de un jugador de futsal con desgarros a repetición del isquiotibial. Al paciente se le valoró la flexibilidad con el test de EPR, BSSR y el test de AKE, ya que poseen una elevada fiabilidad absoluta y autores recomiendan el uso de los mismos para monitorizar el nivel de flexibilidad de la musculatura isquiotibial (10,11,16). Los mismos se utilizaron para evaluar ambas extremidades al comienzo, al final y a las 4 semanas finalizado el plan de entrenamiento. Mientras que para evaluar la fuerza muscular se hizo con el equipo de dinamometría Valkyria Trainer Push Pull y de isocinesia Cybex Orthop 2. Los mismos se utilizaron para evaluar al comienzo y finalizado el plan de entrenamiento ambas extremidades.

#### **Medición de la flexibilidad:**

La medición de la extensibilidad del isquiotibial se realiza habitualmente por medio de test angulares por su gran especificidad, pero requieren de mayor cantidad de

materiales y experiencia, a diferencia de los test lineales, que valoran la distancia alcanzada en máxima flexión del tronco con rodillas extendidas, siendo una medición indirecta de los isquiotibiales. Las ventajas de estos últimos, al contrario de los test angulares, es que requieren de poco material y personal experimentado. (12)

Dentro de los test angulares más utilizados en la medición de la extensibilidad de los isquiotibiales encontramos principalmente al test de AKE y al EPR. Mientras que dentro de los test lineales habitualmente más empleados hallamos el BSSR. (12)

**AKE:** se utiliza para evaluar la longitud de los músculos isquiotibiales y el rango de extensión activa de la rodilla en posición de flexión de cadera. El paciente se acuesta decúbito supino sobre la camilla. A continuación, realiza una flexión activa de cadera y rodilla a 90°, mientras que la extremidad inferior no evaluada se mantiene en posición de extensión. Se coloca el inclinómetro en la tuberosidad tibial y se le pide que, con sus dos brazos tomando el muslo, extienda la rodilla tanto como fuera posible evitando la basculación de la pelvis y con el tobillo en relajación, y mantuviera la posición. (13)

**EPR:** ésta prueba estima la flexibilidad de la musculatura isquiotibial a través del ángulo de la flexión de cadera con rodilla extendida. El sujeto se coloca en decúbito supino sobre una camilla y se realiza una flexión pasiva coxofemoral, lenta y progresiva hasta llegar a su alcance máximo, con su tobillo a 90° de flexión plantar. Un examinador mantiene la pierna contralateral extendida y en contacto con la camilla, evitando la rotación lateral, así también como la rotación de la pelvis. Para determinar el ángulo de flexión se utiliza un inclinómetro que es colocado en la tuberosidad tibial. (14)

**BSSR:** con éste test podemos realizar una evaluación unilateral de la cadena posterior. El sujeto se sitúa en posición de sedestación, con una rodilla completamente en extensión y la otra en flexión de cadera y rodilla de 135° y 90°, respectivamente. La planta del pie de la pierna evaluada se colocó perpendicular al suelo y en contacto con el cajón de medición sit and reach. Durante la flexión de tronco, el paciente podía adoptar una posición de ligera abducción coxofemoral de la pierna no evaluada si ésta le incomodaba. (10)

**Slump test:** el objetivo de éste test es evaluar la mecanosensibilidad de los tejidos neuroconectivos de cabeza, cuello, tronco y miembros inferiores. El paciente se coloca en sedestación con pies colgados y rodillas a 90°. Con los brazos cruzados

en su espalda, el paciente procede a desplomar su cuerpo hasta que con su mentón toque su pecho, y desde esa posición valoramos la sensibilización. Si no duele, se le pide que realice una extensión de rodilla y tobillo. Si el paciente nota tensión en la zona posterior de su cuerpo el siguiente paso es evaluar si lo que genera ese malestar está ocasionado por una tensión neural o por una tensión muscular y para ello se le pide que lleve la cabeza hacia atrás (extensión). Si el malestar desaparece era tensión neural, y si no, tensión muscular. El procedimiento se realiza con ambas piernas por separado. (15)

### **Medición de la fuerza:**

**Dinamometría:** éste es un método de evaluación de la fuerza muscular máxima. Al paciente se lo medirá en dos posiciones:

En sedestación: en ésta posición evaluaremos la fuerza máxima de ambos cuádriceps e isquiotibiales. Para medir cuádriceps se colocará el dinamómetro por detrás de la extremidad a evaluar, sujetado con una cadena a la silla, de modo que el paciente al realizar la fuerza la rodilla no sobrepase los 90°. Mientras que para evaluar isquiotibiales, el dinamómetro se colocará por delante del mismo, sujetado a una columna con el fin de que, al realizar la fuerza, tampoco sobrepase los 90°. Al paciente se le pide que realice su máxima fuerza de contracción durante 5 segundos, y se procede a evaluar 4 veces cada grupo muscular.

En decúbito prono: los pies por fuera de la camilla, con el tobillo en posición neutra, el evaluador flexiona pasivamente la rodilla a 15° y coloca el dinamómetro en el talón del participante y se coloca un cinturón para la fijación alineado al eje de fuerza. Mientras que para la fijación manual el evaluador toma el equipo con ambas manos. A continuación, se le pide al paciente que realice una flexión de rodilla a su máximo posible durante 5 segundos, y se procede a evaluar 4 veces cada extremidad inferior. (16)

**Isocinesia:** los equipos de isocinesia permiten objetivar la fuerza y potencia muscular que generan los distintos grupos musculares. Además, permite realizar ejercicios a máxima intensidad y velocidad angular constante en todo el rango de movimiento y a su vez, minimiza el riesgo de carga por encima de la tolerancia del paciente. (17)

La fuerza muscular de cuádriceps e isquiotibiales se evaluará de la siguiente manera:

Después de una explicación metodológica de prueba, el paciente realiza una rutina de calentamiento de 5 a 10 minutos, que consiste en correr ligeramente o andar en bicicleta estática. Antes de cada prueba se instruye al jugador sobre el modo y procedimiento de la prueba específica y se le permite 3 repeticiones de práctica.

El paciente se coloca de modo que la cadera quede a 90° de flexión, asegurándose de que los ejes del equipo y la articulación de la rodilla estén alineados. Se fijan correas alrededor del muslo, cintura y tronco para minimizar el movimiento articular secundario.

La prueba se compone de 3 modos y velocidades diferentes. Primero, el paciente es evaluado durante 5 repeticiones de flexión y extensión concéntricas de rodilla a 60 grados/s. A esto le siguieron 10 repeticiones de flexo-extensión a 300 grados/s. Se registra el valor de torsión máximo más alto observado en todas las repeticiones realizadas para cada una de las pruebas. Entre cada prueba, se proporciona un mínimo de 60 segundos de descanso. (18)

## **VI. DESARROLLO**

### **a. Análisis de la literatura**

#### **i. Flexibilidad**

La flexibilidad es una habilidad indispensable para mover una articulación a través de todo el ROM requerido para una actividad o acción específica y es un componente básico del fitness para el rendimiento deportivo. Ésta es específica de cada articulación, acción muscular o movimiento, hallándose diferencias en cada articulación dentro de un mismo deporte, entre cada puesto específico, entre el lado dominante y no dominante y entre cada nivel competitivo en un mismo deporte. (19)

Ésta cualidad depende de muchos factores, algunos modificables (frecuencia e intensidad del estiramiento, elección de ejercicios y su ejecución, incremento de la fuerza y la preparación física general); mientras que otros no pueden ser modificados (genética, estructura corporal, patología o discapacidad, edad y sexo). (20)

Asimismo, una limitada flexibilidad ha sido asociada con una mayor predisposición a sufrir lesiones músculo-esqueléticas por sobreuso, afectando tanto a la funcionalidad como al rendimiento físico de la persona que la padece. El acortamiento de los isquiotibiales ha sido vinculado con el dolor lumbar, distensiones musculares, tendinopatías del tendón rotuliano y dolor femoropatelar, así como con daño muscular tras la aplicación de ejercicio excéntrico. (21)

En los deportes en donde se aplican actividades de salto, sprint, cambios de dirección y sentido con una alta intensidad del ciclo de estiramiento acortamiento (CEA) han demostrado presentar una tendencia al acortamiento, por la utilización de músculos poliarticulares, con gran variedad de movimientos funcionales y elevada concentración de fibras rápidas. Las actividades con una alta demanda del CEA requieren de una unidad músculo-tendón que sea lo suficientemente flexible para almacenar y expulsar una gran cantidad de energía elástica que beneficie al rendimiento deportivo y reduzca el riesgo de lesión. (21)

Como métodos de valoración de la flexibilidad existen gran variedad de test que se realizan día a día en las clínicas o clubes con diversos fines (evaluativos, preventivos o vuelta a la calma, entre otros). (11)

En su estudio, Baranda, P. junto a sus colegas Cejudo y Ayala, llegaron a la conclusión de que la prueba de EPR posee una elevada fiabilidad absoluta, y recomiendan el uso de la misma para monitorizar el nivel de flexibilidad de la musculatura isquiotibial, y que un cambio en los valores iniciales de flexibilidad mayor de 5.5% para este test tras la realización de un programa de intervención podría indicar que se ha producido un cambio significativo. (11)

En otro estudio, Rodriguez, FA y Cols, evalúan la fiabilidad de dos pruebas: sit-and-reach modificado y test del cajón modificado para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala, encontrando mejores resultados en la segunda prueba. (10)

Cameron D. M. y Cols. realizaron un estudio en dónde establecieron que la prueba de AKE puede ser una alternativa útil a la prueba EPR para proporcionar una indicación fiable de la longitud de los músculos isquiotibiales. (22)

## **ii. Anatomía y evaluación clínica de los isquiotibiales**

El isquiotibial es un grupo muscular de la región posterior del muslo que está compuesto por tres músculos:

- **Semimembranoso:** que tiene origen en la tuberosidad del isquion y se inserta distalmente por medio de tres tendones. Uno directo que se inserta en la tibia; otro reflejo que se dirige hacia el canal tibial; y el tercero es el recurrente que se inserta en la porción externa del fémur. Éste es flexor de pierna, y extensor y rotador interno de muslo. Inervado por el nervio ciático mayor.
- **Semitendinoso:** se origina en la tuberosidad del isquion y tiene inserción en la pata de ganso, en el extremo superior de la tibia. Es flexor de la pierna, extensor de muslo y rotador interno, y está inervado también por el nervio ciático mayor.
- **Bíceps femoral:** tiene dos orígenes, la cabeza larga en la tuberosidad del isquion junto al semitendinoso; y la cabeza corta en el intersticio de la línea áspera. Se inserta en la apófisis estiloides del peroné y mediante un haz tendinoso en la tuberosidad externa de la tibia. Es flexor de la pierna y extensor de muslo, y es el único rotador externo de la pierna que se inserta en el muslo. Al igual que los otros dos músculos, está inervado por el ciático mayor. (23)

El origen de una lesión muscular puede ser directo, tras una contusión o traumatismo, con o sin laceración del músculo; e indirecto por estiramiento y contracción, al aplicar una fuerza mayor a la que el músculo puede soportar. La gran parte de las lesiones musculares se producen durante una contracción muscular excéntrica. Por éste motivo, es fundamental tener en cuenta la importancia de minimizar los factores de riesgo, tanto intrínsecos como extrínsecos. (24)

Atendiendo a criterios clínicos, en la que se tendrá en cuenta el dolor, la incapacidad y el pronóstico, se pueden distinguir 3 grados según la gravedad de la lesión muscular:

**1. Grado I o leves:** con escasa inflamación y dolor, poca pérdida de fuerza y escasa restricción de la movilidad. Tienen una buena evolución y pronóstico.

**2. Grado II o moderadas:** en estas lesiones se produce un mayor daño muscular con una intensidad media de dolor. Existe una pérdida de la capacidad de contracción.

**3. Grado III o graves:** aparecen cuando hay una rotura completa del músculo lo que conlleva un dolor intenso y pérdida íntegra de la contracción muscular. (23)

El diagnóstico de las lesiones musculares se basa en la clínica, fundamentalmente en la anamnesis, indagando sobre los antecedentes personales, momento lesional y de aparición del dolor; inspeccionar si existe tumefacción y/o equimosis, presencia de deformidad o depresión en el músculo. Además, debemos realizar una exploración física del área afectada y pruebas de funcionalidad muscular y articular, tanto pasivas como activas y resistidas. La palpación nos ayudará a valorar la lesión y su evolución. Nos ayuda a determinar la presencia y el nivel de dolor, si hay aumento del tono y si se producen espasmos musculares a la presión. (23)

Para complementar al examen clínico del paciente debemos sumar métodos de diagnóstico por imagen. La radiografía (Rx) tiene un rol muy limitado, especialmente en la etapa aguda, aunque puede ser de utilidad para detectar calcificaciones. La tomografía axial computada (TAC) también es de uso limitado, estando indicada para los casos en que se han detectado calcificaciones mediante Rx y no ha sido posible determinar su exacta localización. La ecografía y la resonancia magnética (RM) son los exámenes de elección; la decisión de cual

utilizar depende de la experiencia del radiólogo y de la disponibilidad de equipamiento apropiado. (5)

La curación muscular es un proceso que depende de la magnitud de la lesión y por lo general tarda desde 3 hasta 16 semanas. En éste proceso participa la capacidad de regeneración muscular y la cicatrización fibrosa. Todas las lesiones musculares curan con fibrosis en mayor o menor grado. Cuando éstas lesiones no son tratadas adecuadamente, el resultado es una cicatriz fibrosa-retráctil que constituye una complicación, determinando nuevas zonas de transición anatómicas que predisponen a re-desgarros. (25,26)

Luego de la evaluación inicial, la ecografía tiene una importante función en la monitorización del proceso de curación. Permite establecer con precisión la velocidad y estadio de curación, con lo que disminuye de manera significativa la posibilidad de una nueva lesión. (25,26)

### **iii. Lesión de isquiotibiales en el fútbol**

El fútbol sala es considerado un deporte de alta intensidad, presentando movimientos acíclicos variados y de corta duración que exigen cada vez más de atletas con una óptima condición física. Durante los partidos, los atletas cambian de dirección cada 3.28 segundos, realizando alrededor de 18 actividades y recorriendo entre 105 y 160.2 metros por minuto. Entre el 20-26 % de dichas distancias se hacen con una intensidad superior al 85 % de la frecuencia cardíaca máxima. (27)

Tanto la ejecución de sprints, como la capacidad de salto son unas de las cualidades más importantes y determinantes en la práctica de éste deporte, ya que deben de realizarse a máximas velocidades en cortos períodos de tiempo. Éstas acciones exigen grandes niveles de fuerza con un adecuado control motor y coordinación intramuscular e intermuscular. Dentro de los grupos musculares de mayor exigencia en éste tipo de esfuerzos encontramos a los isquiotibiales como uno de los principales. Este grupo muscular es sometido a una gran exigencia del ciclo estiramiento-acortamiento, e involucran esfuerzos con gran variedad de movimientos y una elevada concentración de las fibras musculares rápidas, lo que requiere que el músculo sea lo suficientemente flexible para almacenar y expulsar energía elástica, beneficiando el rendimiento y disminuyendo la posibilidad de sufrir lesiones. (27)



En los últimos años éste deporte ha tenido un gran incremento en su popularidad. Hoy en día, compite con el fútbol de campo en cuanto al riesgo de lesiones musculares de sus jugadores, y esto se atribuye a la naturaleza del juego, en donde manejan niveles de actividad muy intensos a altas velocidades, en un campo de juego mucho más pequeño con una superficie más dura. (4)

Generalmente, los isquiotibiales se lesionan principalmente en la carrera, debido a un cambio intenso y brusco desde una contracción excéntrica máxima a una contracción concéntrica durante la desaceleración de la extensión de rodilla. Esto ocurre en la fase final del balanceo, provocando una elongación de la estructura muscular asociada a una carga y/o contracción, siendo el bíceps femoral el mayormente afectado. (28)

En el último tiempo se hizo hincapié en los desequilibrios existentes entre grupos musculares agonistas y antagonistas lo que, ocasiona una asinergia al realizar un movimiento rápido y brusco y produce una lesión. En éste caso el isquiotibial trabaja en conjunto con el cuádriceps, y al ser el isquiotibial el más débil de ambos, suele ser el primero en lesionarse. (24)

Junge A. y Cols. recolectaron información sobre todas las lesiones que ocurrieron en 3 mundiales de futsal, en donde se reportaron un total de 165 lesiones, lo que equivale a 195,6 lesiones por cada 1000 horas de juego. El 69,7% de las lesiones fueron en la extremidad inferior, y de ese total, el 17,6% correspondió a lesiones de los isquiotibiales. (29)

En otro estudio realizado en el 2017 se recolectó información de todas las lesiones que ocurrieron durante 5 años en la selección española de futsal masculino, en donde arrojó como resultado que la estructura corporal más lesionada fueron los isquiotibiales, ocurriendo principalmente en el entrenamiento y por mecanismos intrínsecos, donde la fatiga fue el factor más influyente. (30)

#### **iv. Empleo de técnicas de flexibilidad y entrenamiento de la fuerza muscular**

Para tener una correcta recuperación en una lesión de los isquiotibiales existen gran variedad de métodos y técnicas que logran efectos positivos y una vuelta al campo lo más pronta posible.

Se han propuesto programas de estiramiento para la mejora de la flexibilidad de la musculatura isquiosural después de haber analizado diferentes parámetros de la carga de entrenamiento: técnica; frecuencia; duración aislada del estiramiento; volumen total por sesión de entrenamiento y longitud de los programas. (21)

En un estudio realizado en el 2007 por Bertolla y Cols, evaluaron la flexibilidad de jugadores de futsal sub-20 mediante un programa de 4 semanas con el método pilates. En donde hallaron resultados favorables en cuanto a la mejora de la flexibilidad de los isquiotibiales de manera inmediata al finalizar la sesión y con efectos que persistieron, en menor medida, a los 15 días. Por lo tanto, es una alternativa efectiva tanto en la prevención como en la recuperación de lesiones provocadas por un acortamiento muscular. (31)

Ayala y Cols en el 2010 llevaron a cabo un estudio con el propósito de determinar la progresión de la flexibilidad isquiosural a través del rango de movimiento de la flexión de cadera durante 8 semanas, con un programa de estiramientos activos en 10 jugadoras de alto rendimiento de fútbol sala, sin lesión previa. En el mismo llegaron a la conclusión que un programa de estiramientos activos con una duración de 8 semanas y frecuencia semanal de 3 sesiones es muy efectivo para mejorar el ROM de la flexión de cadera. (32)

Para disminuir la rigidez músculo-tendinosa e incrementar el ROM, los programas de entrenamientos de la flexibilidad que utilizan técnicas FNP han demostrado ser los más efectivos. (7)

La técnica de FNP es un método que estimula a los propioceptores logrando beneficios sobre el mecanismo neuromuscular. Puede ser utilizada para aumentar la fuerza, la flexibilidad y la coordinación. Se caracteriza por combinar alternadamente, contracciones musculares seguidas de fases de relajación, trabajando tanto con el músculo agonista como también con su antagonista. Se suelen realizar estiramientos con el objetivo de inhibir el reflejo miotático, seguido de contracciones isométricas para estimular a los órganos tendinosos de Golgi y activar el reflejo de inhibición autógena. (7)

Kay A. y Cols. analizaron los efectos agudos de la técnica contracción-relajación (CR), estiramientos estáticos y contracciones isométricas máximas en 17 deportistas recreacionales, encontrando significativas mejoras de ROM y reducción de la rigidez músculo-tendinosa sobre la técnica FNP. (33)

Similares resultados fueron encontrados por Konrad A. y Cols. sobre ganancias en el ROM y disminución de la rigidez de las propiedades viscoelásticas de la estructura tendinosa en 25 sujetos activos sanos que fueron tratados con técnicas de CR y CRAC. (34)

En otro estudio, Villarejo D. y Cols evaluaron los efectos de un programa de estiramiento con la técnica CRAC sobre la capacidad de salto y el rango de movimiento en 21 jugadores de elite de futbol sala. Obtuvieron que un programa de estiramiento con dicha técnica se trata de un método eficaz para mejorar la extensibilidad muscular y la capacidad de salto vertical. (8)

Portilla-Dorado y Cols en 2019 evaluaron la potencia de salto en jugadores de futbol sala después de la utilización del rodillo de espuma y la FNP en la musculatura isquiotibial. (27). Tanto el rodillo de espuma como la FNP parecen ser eficaces en la mejora de la potencia de salto después de una intervención de 8 semanas con un estímulo semanal de tres veces por semana. Además, encontraron que el comportamiento muscular durante el salto después de una intervención de entrenamiento de la flexibilidad de dicha musculatura parece ser efectiva para mejorar la capacidad de reclutamiento motor. (27)

El futsal se trata de un deporte de elevada sollicitación del CEA de la musculatura del miembro inferior. Tras análisis de la literatura científica se observa que la técnica de estiramiento CRAC, además de producir mejoras en el ROM, ésta puede ser la técnica más adecuada para disminuir la rigidez tendinosa y aumentar la capacidad de aprovechamiento de la energía elástica. (27)

Para el programa se utilizará el método la técnica CRAC. Se eligió la misma ya que es sencilla y lo puede realizar el paciente por su cuenta sin control estricto del evaluador. Deberá realizar la técnica de la siguiente manera: 15" de estiramiento del agonista, 6" de contracción del agonista, 15" de la contracción del antagonista y 15" de estiramiento del agonista. (8)

Por su otra parte, el entrenamiento de la fuerza ha sido una estrategia muy utilizada como complemento a la carga específica, y recientemente la incorporación del trabajo con sobrecargas excéntricas está dando grandes resultados tanto en la prevención y recuperación de lesiones, como en la mejora del rendimiento deportivo. (9)

Las adaptaciones neuromusculares derivadas de éste entrenamiento son muy rápidas, ya que permite aumentar el umbral de rotura del músculo y su capacidad para absorber cargas y se puede incidir de forma selectiva sobre las fibras de contracción rápida. (9)

Nunes R. y Cols evaluaron la fuerza muscular por medio de equipos de isocinesia y encontraron que uno de cada dos jugadores de futsal de élite tenía desequilibrios

de fuerza entre el cuádriceps y el isquiotibial de una misma extremidad, lo que podría incrementar el riesgo de sufrir lesiones en los isquiotibiales. (35)

Existe evidencia consistente de que el entrenamiento excéntrico es un método efectivo para aumentar la flexibilidad de las extremidades inferiores. Se asocia también con beneficios que incluyen reducción en el dolor, la discapacidad y la recurrencia de lesiones, así como alteraciones en el torque máximo y mejoras en el rendimiento deportivo. (36)

Delahunt E. y Cols establecieron que la aplicación del ejercicio “nordic hamstring” mejora la fuerza excéntrica del músculo, optimiza la cinemática con un control más prolongado en la caída y mejora parámetros neuromusculares durante un gesto motor. (37)

Russell T. y Cols evaluaron la flexibilidad en adolescentes con acortamiento de la cadena posterior tras la aplicación de un programa de ejercicios excéntricos de 6 semanas de duración y hallaron ganancias en la flexibilidad de los isquiotibiales aumentando el rango de extensión activa de la rodilla. (38)

La mayoría de deportes presentan la combinación de contracciones concéntricas y excéntricas. Los programas de entrenamiento que no incorporan ejercicios de este tipo, podrían tener carencias en cuanto a la preparación del deportista para soportar las acciones excéntricas que abundan en la práctica deportiva. (9)

Por esta razón, los ejercicios con sobrecarga excéntrica deben ser un complemento básico en la preparación de un deporte como el fútbol sala, ya que el jugador durante el partido debe realizar movimientos de este tipo, cambios de dirección, saltos y lanzamientos. (9)

## **b. Caso clínico**

### **i. Diagnóstico médico**

El paciente es un adolescente de 20 años de edad que juega al futsal en Club Nueva Aurora. Durante el primer semestre del año 2022, el paciente sufre una serie de desgarros a repetición de ambos isquiotibiales en el transcurso de tres (3) meses, tres (3) en su extremidad derecha y uno (1) de su izquierda lo que ocasionó que tenga muy poco rodaje en competencia durante dicho año.

El paciente en el transcurso de sus lesiones realizó 35 sesiones de kinesiología en consultorio, alternando altas y bajas entre los desgarros. En dónde le aplicaron magnetoterapia y electroterapia, terapia manual en toda la zona afectada.

Finalizada la etapa de kinesiología en consultorio, y al no haber logrado una constancia óptima en los entrenamientos y partidos jugados, se decide relegar al deportista al gimnasio con el objetivo de mejorar la clínica de sus desgarros a repetición y evitar futuras lesiones en el campo de juego. Momento en el cual se procede a reevaluar al paciente y dar inicio al plan de entrenamiento combinado de estiramientos FNP y entrenamiento de la fuerza muscular excéntrica.

## **ii. Estudios complementarios**

Con el fin de obtener una confirmación de la lesión del paciente se le realizaron, en el transcurso de sus desgarros, 4 ecografías y una RM. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en dichos estudios complementarios:

### Ecografía

MMII izquierdo

- 1) 26/03/22: desgarró de 9 mm, a nivel del tercio superior del bíceps femoral, con presencia de edema.

MMII derecho

- 2) 05/05/22: desgarró de 10 mm, a nivel de la región isquiotibial en su tercio medio y presencia de edema.
- 3) 26/05/22: desgarró de 16 mm, de tipo fibrilar. Edema. Hematoma de 10 mm.
- 4) 29/06/22: imagen ecogénica focal de 8 mm en la región del tercio medio del plano profundo del músculo semitendinoso, en relación a resolución de desgarró fibrilar, sin presentar calcificaciones ni adherencias.

### Resonancia Nuclear magnética

RM de MMII derecho. 06/08/22: presencia de líquido que rodea a la vaina de los músculos isquiotibiales, con compromiso de la unión miotendinosa del bíceps femoral, con una alteración que presenta una extensión cefalocaudal de 23 mm y que sugiere probable desgarró miofascial. Esto se asocia a edema del cuerpo muscular, tanto del bíceps como del semitendinoso. Engrosamiento y líquido que rodea al nervio ciático mayor.

### iii. Evaluación inicial

En la exploración inicial manifestó un leve malestar a la presión en la zona del último desgarró que padeció y una sensibilización generalizada en ambos isquiotibiales, compatible con una sobrecarga muscular. Además, presenta acortamiento de la musculatura de los isquiotibiales de ambas extremidades, que le imposibilita hasta el gesto básico de sentarse recto con las piernas estiradas.

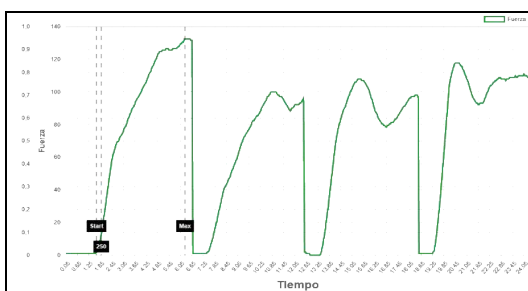
Previo al comienzo del plan se le explicó al paciente detalladamente como iba a ser el procedimiento de todo el programa, con una duración de 8 semanas y que el objetivo inicial era el de obtener ganancias en flexibilidad y fuerza muscular. También se le explicaron todos los ejercicios y el estiramiento FNP que debía realizar al final de cada sesión de entrenamiento.

Para la evaluación de flexibilidad y fuerza, se aplicaron los test mencionados en el apartado anterior. Los mismos arrojaron los siguientes resultados:

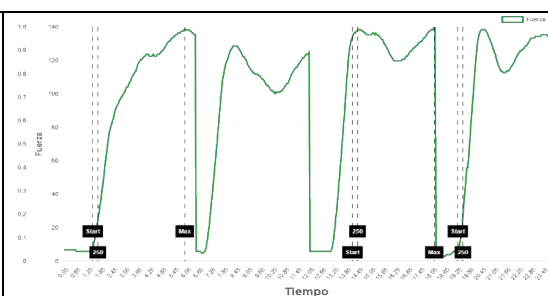
	AKE	EPR	BSSR	SLUMP	DINAMOMETRIA	ISOCINESIA	
<b>MMII derecho</b>	53°	67°	6.5 cm	(+)	<b>Cuádriceps:</b> 247 N	<b>Cuádriceps:</b> 4780 J	
					<b>Isquiotibial en sedestación:</b> 138 N		<b>Isquiotibial:</b> 3892 J
					<b>Isquiotibial en decúbito pron:</b> 121 N		
<b>MMII izquierdo</b>	56°	70°	6 cm	(+)	<b>Cuádriceps:</b> 268 N	<b>Cuádriceps:</b> 4373 J	
					<b>Isquiotibial en sedestación:</b> 132 N		<b>Isquiotibial:</b> 3990 J
					<b>Isquiotibial en decúbito pron:</b> 100 N		

**Tabla 2.** Resultados obtenidos en la primera evaluación

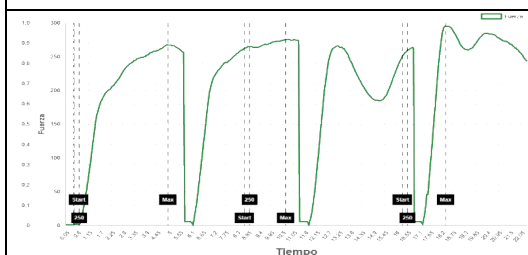
## Imágenes extraídas de la evaluación final de dinamometría



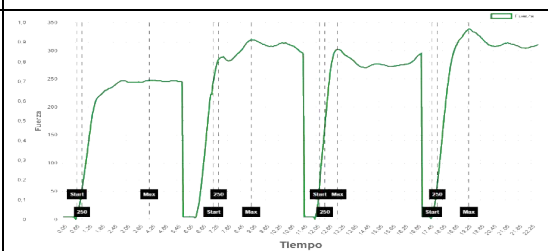
**Imagen 1.** Isquiotibial izquierdo en sedestación.



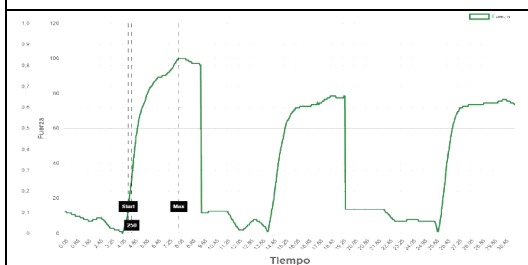
**Imagen 2.** Isquiotibial derecho en sedestación.



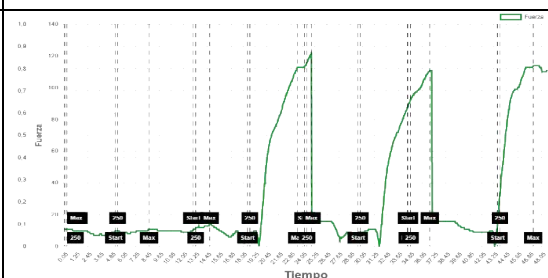
**Imagen 3.** Cuádriceps izquierdo en sedestación.



**Imagen 4.** Cuádriceps derecho en sedestación.



**Imagen 5.** Isquiotibial izquierdo en decúbito prono.



**Imagen 6.** Isquiotibial derecho en decúbito prono.

Finalizada la etapa de evaluación se procede al inicio del plan de tratamiento, el cual tuvo una duración de 8 semanas con 3 estímulos semanales de entrenamiento en gimnasio, en donde se realizaron tanto ejercicios de movilidad, de fuerza muscular y de estiramiento. Dicho armado del plan se realizó junto al preparador físico del plantel.

#### iv. Plan de tratamiento

<b>Parte inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 minutos de bicicleta vertical</li> <li>- Extensión de rodilla con cadera a 90° en decúbito supino 3x10</li> <li>- Deslizamiento posterior con rodillas extendidas en bipedestación 3x10</li> <li>- Flexión de tronco con un MMII apoyado sobre barra en bipedestación 3x10</li> <li>- Elevación de MMII unilateral con rodilla extendida en decúbito supino 3x10</li> </ul>
<b>Parte principal</b>	Ejercicios de fuerza
<b>Parte final</b>	Elongación FNP

**Tabla 3.** Programa general del plan de tratamiento

La parte inicial del entrenamiento se realizó de igual manera para las 8 semanas del plan de tratamiento.

A continuación se detalla lo realizado en la parte principal, semana tras semana:

<b>SEMANA I – 3” excéntricos</b>	<b>SEMANA II – 3” excéntricos</b>
Estocada s/peso 3x6	Estocada 3x6 c/12kg
Peso muerto 3x6 c/50kg	Peso muerto 3x6 c/55kg
Máquina de isquiotibiales 3x6 c/10kg	Máquina de isquiotibiales 3x6 c/10kg
Peso muerto unipodal 3x6 c/10kg	Peso muerto unipodal 3x6 c/14kg
Puente glúteo con deslizamiento s/peso 3x6	Puente glúteo con deslizamiento s/peso 3x6
Puente glúteo con talones elevados 3x6 c/35kg	Puente glúteo con talones elevados 3x6 c/35kg
En adicional al programa, trotó 30’ al 50% 2 veces en la semana	En adicional al programa, trotó 30’ al 50% y sumó sentadillas 4x5 (60-65-70-75kg) 2 veces en la semana



<b>SEMANA III – 4” excéntricos</b>	<b>SEMANA IV – 4” excéntricos</b>
Estocada 3x6 c/12 kg	Estocada 3x6 c/18kg
Peso muerto 3x6 c/55kg	Peso muerto 3x6 c/55kg
Máquina de isquiotibiales 3x6 c/10kg	Máquina de isquiotibiales 3x6 c/10kg
Peso muerto unipodal con elevación en cajón 3x6 c/14kg	Peso muerto unipodal con elevación en cajón 3x6 c/18kg
Puente glúteo con deslizamiento s/peso 3x6	Puente glúteo con deslizamiento sin descenso de cadera s/peso 3x6
Puente glúteo con talones elevados 3x6 c/45kg	Puente glúteo con talones elevados 3x6 c/45kg
En adicional al programa, trotó 30’ al 50% y sumó sentadillas 4x5 (60-65-70-75kg) 2 veces en la semana	En adicional al programa, trotó 30’ al 60% y sumó sentadillas 4x5 (60-70-75-80kg) 2 veces en la semana. En ésta semana volvió a los entrenamientos con el plantel, pero sin toque de pelota.

<b>SEMANA V – 4” excéntricos</b>	<b>SEMANA VI – 4” excéntricos</b>
Estocada con elevación en cajón 3x6 24kg	Estocada con elevación en cajón 3x8 c/24kg
Peso muerto 3x6 c/55kg	Peso muerto 3x7 c/60kg
Máquina de isquiotibiales 3x6 c/12kg	Máquina de isquiotibiales 3x8 c/12kg
Peso muerto unipodal con elevación en cajón 3x8 c/18kg	Peso muerto unipodal con elevación en cajón 3x8 c/20kg
Puente glúteo con deslizamiento sin descenso de cadera s/peso 3x6	Puente glúteo con deslizamiento sin descenso de cadera s/peso 3x8
Puente glúteo con talones elevados 3x6 c/45kg	Puente glúteo con talones elevados 3x7 c/50kg
Nordic hamstring 3x4 (3” excéntrica)	Nordic hamstring 3x5 (4” excéntrica)
En adicional al programa sumó sentadillas 4x5 (60-70-75-80kg) y volvió por completo a los entrenamientos con el plantel, 2 veces en la semana	En adicional al programa sumó sentadillas 4x5 (60-70-80-82kg) 2 veces en la semana y jugó un partido amistoso

<b>SEMANA VII – 4” excéntricos</b>	<b>SEMANA VIII – 4” excéntricos</b>
Estocada con elevación en cajón 3x7 c/30kg	Estocada con elevación en cajón 3x7 c/34kg
Peso muerto 3x8 c/60kg	Peso muerto 3x8 c/65kg
Máquina de isquiotibiales 3x7 c/15kg	Máquina de isquiotibiales 3x7 c/15kg
Peso muerto unipodal con elevación en cajón 3x7 c/24kg	Peso muerto unipodal con elevación en cajón 3x7 c/28kg
Puente glúteo con deslizamiento sin descenso de cadera s/peso 3x8	Puente glúteo con deslizamiento sin descenso de cadera s/peso 3x8
Puente glúteo con talones elevados 3x7 c/60kg	Puente glúteo con talones elevados 3x7 c/60kg
Nordic hamstring 3x6 (4” excéntrica)	Nordic hamstring 3x6 (4” excéntrica)
En adicional al programa, sumó sentadillas 4x5 (60-70-80-85kg) y trotó 30’ al 50% 2 veces en la semana	En adicional al programa, trotó 30’ al 50% y sumó sentadillas 4x5 (60-70-80-85kg) 2 veces en la semana

**Tabla 4.** Plan de tratamiento detallado semanalmente

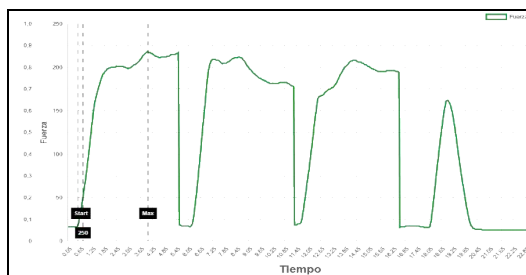
## VII. RESULTADOS

Finalizada la semana 8 de tratamiento se volvió a evaluar al paciente con los test descritos previamente, encontrándose resultados positivos en todos ellos.

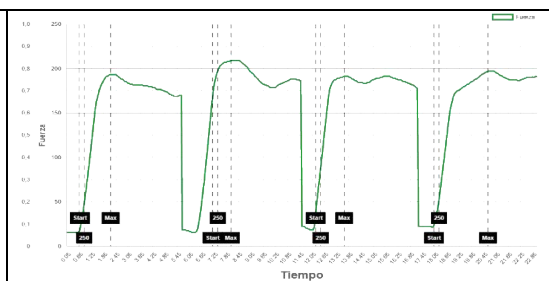
	AKE	EPR	BSSR	SLUMP	DINAMOMETRIA	ISOCINESIA
<b>MMII derecho</b>	73°	79°	9.5 cm	(-)	<b>Cuádriceps: 439</b>	<b>Cuádriceps: 5736 J</b>
					<b>Isquiotibial sedestación: 209</b>	<b>Isquiotibial: 6344 J</b>
					<b>Isquiotibial en decúbito prono: 169</b>	
<b>MMII izquierdo</b>	71°	80°	8 cm	(-)	<b>Cuádriceps: 414</b>	<b>Cuádriceps: 4723 J</b>
					<b>Isquiotibial sedestación: 218</b>	<b>Isquiotibial: 5666 J</b>
					<b>Isquiotibial en decúbito prono: 160</b>	

**Tabla 5.** Resultados obtenidos tras las 8 semanas del plan de entrenamiento.

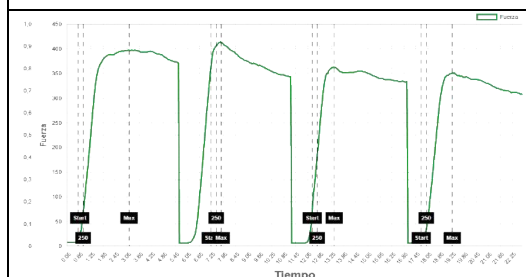
Imágenes extraídas de la evaluación final de dinamometría



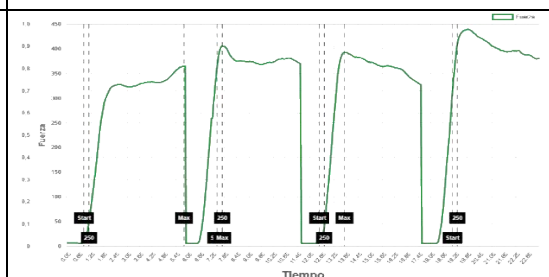
**Imagen 7.** Isquiotibial izquierdo en sedestación.



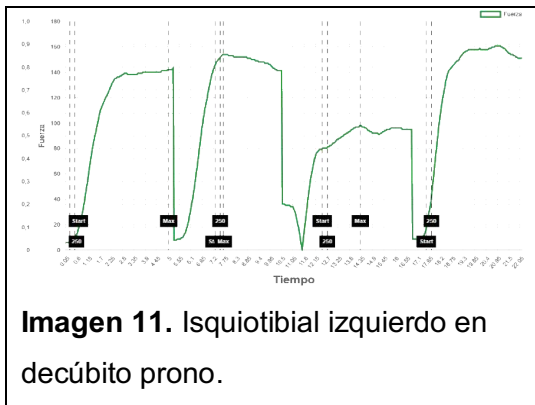
**Imagen 8.** Isquiotibial derecho en sedestación.



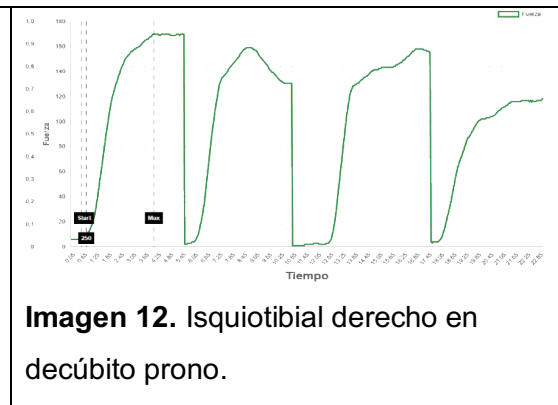
**Imagen 9.** Cuádriceps izquierdo en sedestación.



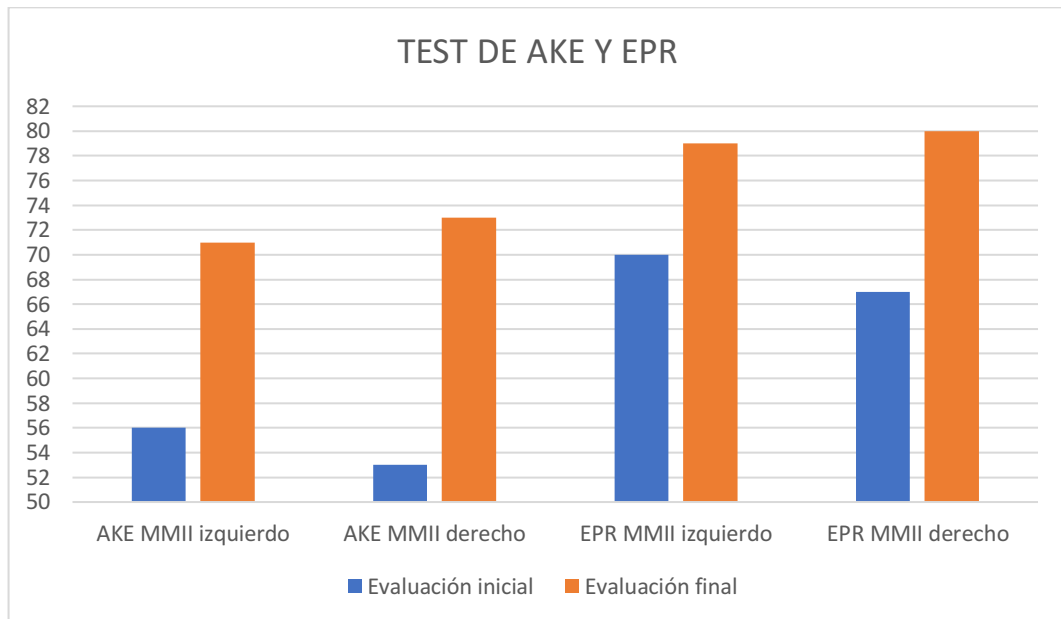
**Imagen 10.** Cuádriceps derecho en sedestación.



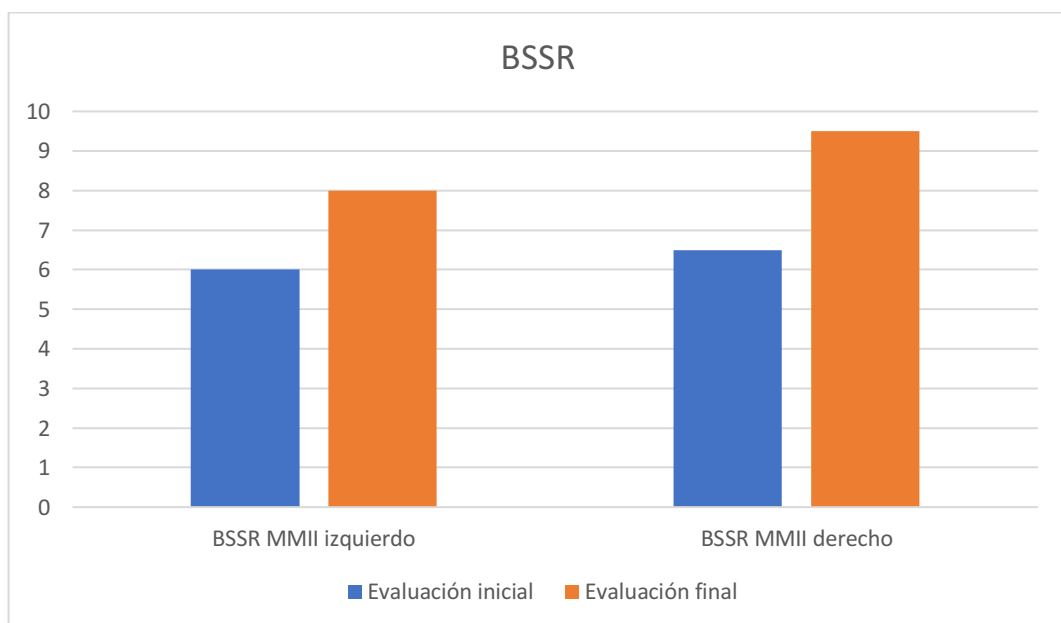
**Imagen 11.** Isquiotibial izquierdo en decúbito prono.



**Imagen 12.** Isquiotibial derecho en decúbito prono.



**Gráfico 1.** Resultados obtenidos durante las 8 semanas en los test de AKE y EPR



**Gráfico 2.** Resultados obtenidos durante las 8 semanas en el test BSSR

A las 4 semanas de la evaluación final se volvieron a medir los valores de los test de flexibilidad arrojando resultados favorables, teniendo como referencia el mantenimiento de lo ganado durante todo el plan de entrenamiento.

	<b>AKE</b>	<b>EPR</b>	<b>BSSR</b>	<b>SLUMP</b>
<b>MMII derecho</b>	71°	77°	9.1 cm	(-)
<b>MMII izquierdo</b>	70°	78°	7.6 cm	(-)

**Tabla 6.** Resultados obtenidos tras 4 semanas posteriores a la evaluación final

## VIII. DISCUSION

Los estudios incluidos en el trabajo final arrojaron diversas conclusiones que, según el tipo de técnica, se van a lograr efectos tanto positivos como negativos o poco significativos. Hay que tener en claro que no hay una rutina estandarizada de elección para lograr cambios significativos en el ROM y en la fuerza. Además, la calidad de estudios encontrados en las bases de datos en dónde se evaluaba a ésta población de deportistas es escasa y por éste motivo se debe incrementar a futuro, para así conseguir resultados más específicos.

A la hora de analizar la duración del plan de tratamiento, Portilla-Dorado y Cols (27) eligieron una dosificación de 3 estímulos semanales durante 8 semanas siguiendo las recomendaciones de Ayala et al (32), teniendo en total 24 estímulos. Estos plantearon la hipótesis de que esa duración es suficiente para lograr ganancias significativas en el ROM, finalizando con resultados favorables ambos investigadores.

En cambio, Villarejo et al. (8) plantearon un programa de estiramientos de 4 semanas, con 5 estímulos por cada una, dando un total de 20 sesiones y obtuvieron, al igual que Portilla-Dorado y Ayala, resultados significativos en su investigación.

En éste trabajo se siguieron las recomendaciones dadas por Ayala y Cols, obteniendo resultados alentadores en las variables evaluadas, pero de todos modos se podría concluir que aplicar un programa de entre 4 y 8 semanas, con 20 a 24 estímulos en total podría dar ganancias favorables en el ROM.

Otra de las variables que se tuvieron en cuenta en éste trabajo fue la mecanosensibilidad alterada del paciente, que arrojó en primera instancia una respuesta anómala en el Slump Test, dando positivo en ambas extremidades. Dicha alteración podría haber estado presente debido a una alteración del movimiento activo del deportista y a modificaciones en la postura ocasionadas por los desgarros reiterados y el acortamiento de la cadena posterior.

A pesar de que no se aplicaron en sí técnicas de neurodinamia, se logró mejorar la sintomatología del paciente con la rutina aplicada. Esto da a entender que los ejercicios que tienen como fin aumentar el rango de movimiento de la extremidad pueden, a su vez, dar beneficios en cuánto al correcto deslizamiento neural y a mejoras en la mecanosensibilidad.

LaRoche y Connolly establecieron que las mejoras en la flexibilidad después de programas cortos de flexibilidad han sido vinculadas a incrementos en el ROM como consecuencia de la mejora en la tolerancia al estiramiento sin cambios aparentes en las propiedades musculares elásticas y en la actividad neuromuscular (39).

Es probable que el incremento de la flexibilidad observado en éste estudio sea el resultado de una mejora en la tolerancia al estiramiento. Pero a diferencia de Ayala (32), que el sólo aplicó técnicas de flexibilidad, en éste trabajo final se complementó con ejercicios de fuerza muscular con predominio excéntrico, en dónde uno de los beneficios de trabajar de ésta forma correctamente se encuentran en las ganancias de la flexibilidad del deportista.

En referencia al sostenimiento de los resultados obtenidos por los programas de técnicas de flexibilidad aplicados, Ayala et al (32) concluye que los valores de flexibilidad isquiosural alcanzados al final de las 8 semanas de aplicación del programa de estiramientos activos mostraron un descenso significativo transcurridas las 4 semanas del cese del mismo. A diferencia de Rubley y Cols (40) que han sugerido que las ganancias obtenidas en la flexibilidad son retenidas durante al menos 3 semanas tras el cese de todo programa de entrenamiento de la flexibilidad.

Por otro lado, en aquellos que aplicaron entrenamiento excéntrico con el objetivo de lograr ganancias en la flexibilidad (28,41) llegaron a dos conclusiones completamente desiguales. Alvarez-Ponce et al (28) concluyeron que a las 6 semanas de seguimiento, durante las cuáles continuaron con su entrenamiento y competencia deportiva con normalidad, se perderían los efectos logrados en la longitud muscular provocados por el ejercicio excéntrico. Mientras que Brughelli et al (41) establece que los efectos del ejercicio excéntrico podrían mantenerse hasta 23 semanas posteriores a la intervención.

En el presente trabajo se volvió a evaluar a las 4 semanas finalizado el plan de tratamiento, luego de la recolección y el análisis de los datos, se halló una pérdida de los valores ganados de entre el 1.5 % y 5.2 %, pero a diferencia de las intervenciones de los autores nombrados previamente, aquí se aplicaron en conjunto técnicas de flexibilidad con ejercicios excéntricos, por ende, no sería lo adecuado comparar resultados.

Con el fin de objetivar la fuerza y la potencia muscular que generan los cuádriceps e isquiotibiales del deportista y determinar si la fuerza muscular generada se

encuentra dentro de los rangos normales se lo evaluó con dos herramientas: dinamometría manual e isocinesia, antes y después de la intervención.

Con el equipo de dinamometría el paciente fue evaluado en tres posiciones, dos de las cuáles se enfocaron a los isquiotibiales, en sedestación y decúbito prono en camilla, mientras que la otra sólo evaluó al cuádriceps en sedestación. Los resultados arrojados posterior a las 8 semanas de intervención fueron positivos, con incrementos superiores al 40%. Lo que significa que el tipo de entrenamiento aplicado al paciente genera cambios favorables en cuanto al incremento de la fuerza isométrica máxima. De todos modos, no hay que quedarse únicamente con éste tipo de evaluación ya que cómo se dijo previamente, toma en consideración únicamente a la fase isométrica. Por ese motivo, el sujeto también fue evaluado con equipos de isocinesia.

En la evaluación isocinética se considera una relación óptima entre un 80-85% de la fuerza de isquiotibiales en relación a los cuádriceps y entre un 8-10% de diferencia a favor de la pierna hábil.

La relación cuádriceps/isquiotibial de la pierna derecha fue del 81% a favor de los cuádriceps, y del 91% en la pierna izquierda. Al comparar ambos cuádriceps e isquiotibiales se encontró que, el cuádriceps izquierdo tenía un 9% menos de fuerza en comparación al derecho, mientras que en el isquiotibial derecho se halló una reducción del 2% en comparación al izquierdo.

Finalizada la intervención, la evaluación arrojó los siguientes resultados: la relación cuádriceps/isquiotibiales de la pierna derecha determina que los isquiotibiales se encontraron al 110% de la fuerza de los cuádriceps, mientras que de la pierna izquierda el valor fue de 119%. Al comparar la fuerza muscular entre ambos cuádriceps se evidencia que el cuádriceps izquierdo tiene un déficit del 17%, mientras que en cuanto a los isquiotibiales hay un déficit del 11% del izquierdo.

A pesar de que hubo una diferencia notable de todos los grupos musculares, en dónde hubo un incremento del 64% en el isquiotibial derecho y un 42% del izquierdo, la relación cuádriceps/isquiotibiales se invirtió por completo. Esto se debe a que se focalizó en gran medida en el trabajo de los isquiotibiales para tratar el acortamiento muscular y el déficit de fuerza y se dejó de lado en parte el trabajo sobre cuádriceps. Por lo tanto, al plan de tratamiento que se le aplicó al paciente se le debe sumar un programa de fortalecimiento de cuádriceps que vaya a la par,



para que la relación entre ambos grupos musculares se mantenga estable y evitar desbalances de fuerza que a larga podrían desencadenar otro tipo de lesión.

## **IX. CONCLUSIÓN**

Los resultados de este Trabajo Final muestran que la aplicación de un programa de estiramientos de FNP y entrenamiento de la fuerza excéntrica de 8 semanas en un jugador de futsal con desgarros de isquiotibial a repetición mejoran la fuerza muscular y la flexibilidad de los isquiotibiales. Los cambios sobre la flexibilidad mostraron ser duraderos a las 4 semanas finalizado el tratamiento. Dado el diseño del trabajo, estos datos deberían corroborarse con futuras investigaciones que incluyan un mayor número de casos.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Silva N, Travassos B, Gonçalves B, Brito J, Abade E. Pre-match Warm-Up Dynamics and Workload in Elite Futsal. *Frontiers in Psychology* [Internet]. 2020 [citado 23 de diciembre de 2022];11. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.584602>
2. Ruiz-Pérez I, López-Valenciano A, Jiménez-Loaisa A, Elvira JLL, De Ste Croix M, Ayala F. Injury incidence, characteristics and burden among female sub-elite futsal players: a prospective study with three-year follow-up. *PeerJ* [Internet]. 2019 [citado 23 de diciembre de 2022];705-8. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.7717/peerj.7989>
3. Ribeiro-Alvares JB, Dornelles MP, Fritsch CG, de Lima-E-Silva FX, Medeiros TM, Severo-Silveira L, et al. Prevalence of Hamstring Strain Injury Risk Factors in Professional and Under-20 Male Football (Soccer) Players. *J Sport Rehabil*. 1 de marzo de 2020;29(3):339-45.
4. Pfeiffer RP, Mangus BC. Las lesiones deportivas. [Internet]. 2da edición. Paidotribo; 2007. 422 p. Disponible en: [https://www.academia.edu/8715074/\\_Ronald\\_P\\_Pfeiffer\\_Brent\\_C\\_Mangus\\_Las\\_Lesiones\\_Deportivas](https://www.academia.edu/8715074/_Ronald_P_Pfeiffer_Brent_C_Mangus_Las_Lesiones_Deportivas)
5. González G. Lesiones musculares deportivas. Diagnóstico por imagen. *K J*. 2012;10:8.
6. Cejudo A, Robles-Palazón FJ, Baranda PS de. FÚTBOL SALA DE ÉLITE: DIFERENCIAS DE FLEXIBILIDAD SEGÚN SEXO [Elite futsal: sex-based differences in players' flexibility]. *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte* [Internet]. 2019 [citado 16 de mayo de 2022];15(1):37-48. Disponible en: <https://e-balonmano.com/ojs/index.php/revista/article/view/415>
7. Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A. El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Rev Andal Med Deporte* [Internet]. 1 de septiembre de 2012 [citado 23 de diciembre de 2022];5(3):105-12. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-el-entrenamiento-flexibilidad-tecnicas-estiramiento-X1888754612647166>
8. Villarejo D, Belmonte J, Cejudo A, Elvira J. Efectos de un programa de estiramientos FNP sobre el salto y la flexibilidad en jugadores profesionales de

fútbol sala. SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte [Internet]. 2019 [citado 16 de mayo de 2022];8(2):35-42. Disponible en: <https://revistas.um.es/sportk/article/view/391731>

9. Sánchez-Sánchez J. Efectos de un entrenamiento con cargas excéntricas sobre el rendimiento en jugadores de fútbol sala. 2016;6(1):57-66. Disponible en: <https://revistas.um.es/sportk/article/view/280411>

10. Rodríguez FA, Andújar M del PS de B. Fiabilidad absoluta de las pruebas sit and reach modificado y back saber sit and reach para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores de fútbol sala. Apunts: Medicina de l'esport [Internet]. 2011 [citado 16 de mayo de 2022];46(170):81-8. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6141260>

11. Andújar M del PS de B, Cejudo A, Rodríguez FA. Fiabilidad absoluta del test de elevación de la pierna recta en jugadores de fútbol sala. Kronos: revista universitaria de la actividad física y el deporte [Internet]. 2012 [citado 16 de mayo de 2022];11(2):54-60. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6278058>

12. Luque Suárez A. pdfslide.net. [citado 23 de diciembre de 2022]. (PDF) Relación entre el test de elevación de pierna recta y el test ángulo poplíteo en la medición de la extensibilidad isquiosural. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/relacion-entre-el-test-de-elevacion-de-pierna-recta-y-el-test-angulo-popliteo.html>

13. Camerlingo C. Correlation between hamstring muscle tightness and incidence of low back pain in female students at Jouf University, Saudi Arabia [Internet]. European Review. 2022 [citado 23 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.europeanreview.org/article/30127>

14. Vaquero-Cristóbal R, Muyor JM, Alacid F, López-Miñarro PA. Efecto de un Programa de Estiramientos de la Musculatura Isquiosural en Futbolistas. International Journal of Morphology [Internet]. septiembre de 2012 [citado 23 de diciembre de 2022]; 30(3):1065-70. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0717-95022012000300049&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-95022012000300049&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

15. Pellicciari L, Paci M, Geri T, Piscitelli D, Baccini M. Mobilization of the contralateral limb in Slump position: effects on knee extension in healthy adult

subjects. Acta Biomed [Internet]. 2019 [citado 23 de diciembre de 2022];90(3):245-52. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233740/>

16. van der Made AD, Paget LDA, Altink JN, Reurink G, Six WR, Tol JL, et al. Assessment of Isometric Knee Flexor Strength Using Hand-Held Dynamometry in High-Level Rugby Players Is Intertester Reliable. Clin J Sport Med. 1 de septiembre de 2021;31(5):e271-6.

17. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial [Internet]. 2020. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31351901/>

18. Van Dyk N, Roald Bahr P MSc, Rodney Whiteley M PhD. Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Cohort Study [Internet]. 2016. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546516632526>

19. Perfil de flexibilidad de la extremidad inferior en jugadores de fútbol sala / Normative data of Lower-limb muscle flexibility in futsal players. [Internet]. [citado 23 de diciembre de 2022]. Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista55/artperfil503.htm>

20. (92) Flexibilidad extremaguia completa de estiramientos para artes marciales por sang h kim | Nadie En El Mundo - Academia.edu [Internet]. [citado 23 de diciembre de 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/25040479/Flexibilidad\\_extremaguia\\_completa\\_de\\_estiramientos\\_para\\_artes\\_marciales\\_por\\_sang\\_h\\_kim](https://www.academia.edu/25040479/Flexibilidad_extremaguia_completa_de_estiramientos_para_artes_marciales_por_sang_h_kim)

21. Rodríguez FA. Efecto de un programa de estiramientos activos sobre el rango de movimiento de la flexión de cadera en jugadores de fútbol sala [Internet] [<http://purl.org/dc/dcmitype/Text>]. Universidad Católica San Antonio de Murcia; 2012 [citado 16 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=118895>

22. Cameron DM, Bohannon RW. Relationship between active knee extension and active straight leg raise test measurements. J Orthop Sports Phys Ther. mayo de 1993;17(5):257-60.

23. Van Grieken RD. Lesiones músculo tendinosas en el medio deportivo [Internet]. 2017. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM016321.pdf>

24. casadellibro [Internet]. 2015 [citado 23 de diciembre de 2022]. TRAUMATOLOGIA DEPORTIVA EN EL FUTBOL | JUAN JOSE LOPEZ MARTINEZ | Casa del Libro. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-traumatologia-deportiva-en-el-futbol/9788499105673/2535859>
25. Soto Pérez J. Clasificación ecográfica de los desgarros musculares. 2008;121-8. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/anaradmex/arm-2008/arm082g.pdf>
26. Muñoz S. Lesiones musculares deportivas: correlación entre anatomía y estudio por imágenes. 2017;23:154-75. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-93082018000100022](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082018000100022)
27. Portilla-Dorado E, Villaquirán-Hurtado A, Molano-Tobar N. Potencia del salto en jugadores de fútbol sala después de la utilización del rodillo de espuma y la facilitación neuromuscular propioceptiva en la musculatura isquiosural. Rev Acad Colomb Cienc Ex Fis Nat [Internet]. 2019 [citado 16 de mayo de 2022];43(167):165. Disponible en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/846>
28. Álvarez-Ponce D, Guzmán-Muñoz E. Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes. Arch med deporte [Internet]. 2019 [citado 23 de diciembre de 2022];19-24. Disponible en: [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or03\\_alvarez\\_ponce.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or03_alvarez_ponce.pdf)
29. Junge A, Dvorak J. Injury risk of playing football in Futsal World Cups. Br J Sports Med. diciembre de 2010;44(15):1089-92.
30. Martínez-Riaza L, Herrero-Gonzalez H, Lopez-Alcorocho JM, Guillen-García P, Fernandez-Jaen TF. Epidemiology of injuries in the Spanish national futsal male team: a five-season retrospective study. BMJ Open Sport & Exercise Medicine [Internet]. 2017 [citado 16 de mayo de 2022];2(1):e000180. Disponible en: <https://bmjopensem.bmj.com/content/2/1/e000180>
31. Bertolla F, Baroni BM. Effects of a training program using the Pilates method in flexibility of sub-20 indoor soccer athletes. Rev Bras Med Esporte [Internet]. 2007;13:5. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/8wZrYLxNKPwV74zqdz5sHK/?format=pdf&lang=en>

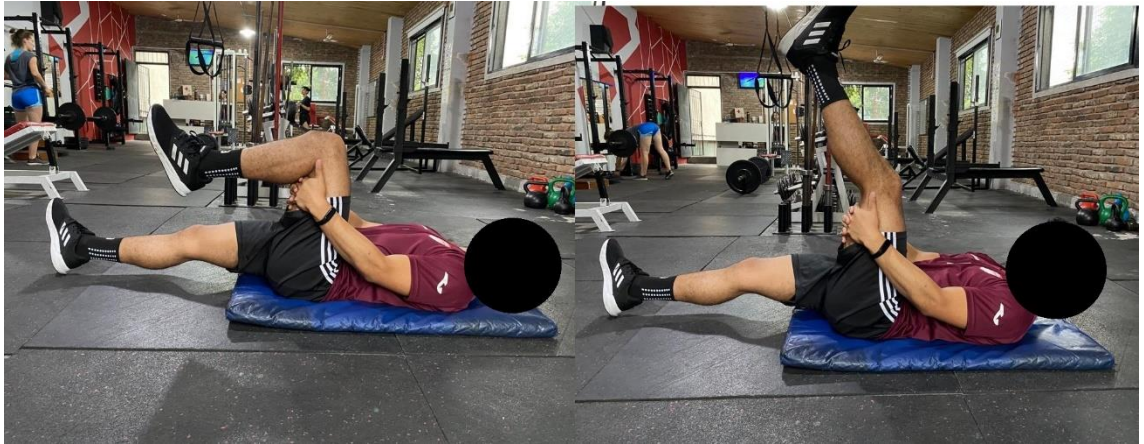
32. Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A, De Ste Croix M. Efecto de un programa de estiramientos activos en jugadoras de fútbol sala de alto rendimiento. (Effect of Active Stretching on Hip Flexion Range of Motion in Female Professional Futsal Players). CCD [Internet]. 2010 [citado 16 de mayo de 2022];5(15):159-67. Disponible en: <http://ccd.ucam.edu/index.php/revista/article/view/105/98>
33. Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazevich AJ. Effects of Contract–Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle–Tendon Mechanics. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [Internet]. octubre de 2015 [citado 23 de diciembre de 2022];47(10):2181. Disponible en: [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2015/10000/Effects\\_of\\_Contract\\_Relax,\\_Static\\_Stretching,\\_and.21.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2015/10000/Effects_of_Contract_Relax,_Static_Stretching,_and.21.aspx)
34. Konrad A, Gad M, Tilp M. Effect of PNF stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [Internet]. 2015 [citado 23 de diciembre de 2022];25(3):346-55. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sms.12228>
35. Nunes RFH, Dellagrana RA, Nakamura FY, Buzzachera CF, Almeida FAM, Flores LJF, et al. ISOKINETIC ASSESSMENT OF MUSCULAR STRENGTH AND BALANCE IN BRAZILIAN ELITE FUTSAL PLAYERS. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. febrero de 2018 [citado 23 de diciembre de 2022];13(1):94-103. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5808018/>
36. O’Sullivan K, McAuliffe S, DeBurca N. The effects of eccentric training on lower limb flexibility: a systematic review. *Br J Sports Med* [Internet]. 1 de septiembre de 2012 [citado 23 de diciembre de 2022];46(12):838-45. Disponible en: <https://bjsm.bmj.com/content/46/12/838>
37. Delahunt E, McGroarty M, De Vito G, Ditroilo M. Nordic hamstring exercise training alters knee joint kinematics and hamstring activation patterns in young men. *Eur J Appl Physiol*. abril de 2016;116(4):663-72.
38. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males. *J Athl Train* [Internet]. 2004 [citado 23 de diciembre de 2022];39(3):254-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC522148/>
39. LaRoche DP, Connolly DAJ. Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. *Am J Sports Med*. junio de 2006;34(6):1000-7.

40. Rubley MD, Brucker JB, Knight KL, Ricard MD, Draper DO. Flexibility Retention 3 Weeks after a 5-Day Training Regime. *Journal of Sport Rehabilitation* [Internet]. 1 de mayo de 2001 [citado 23 de diciembre de 2022];10(2):105-12. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/10/2/article-p105.xml>
41. Brughelli M, Mendiguchia J, Nosaka K, Idoate F, Arcos AL, Cronin J. Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Phys Ther Sport*. mayo de 2010;11(2):50-5.



## XI. ANEXOS

### EJERCICIOS DEL PLAN DE TRATAMIENTO



**Extensión de rodilla con cadera a 90° en decúbito supino**



**Deslizamiento posterior con rodillas extendidas en bipedestación**



**Flexión de tronco con un MMII apoyado sobre barra en bipedestación**



**Elevación de MMII unilateral con rodilla extendida con banda elástica en decúbito supino**



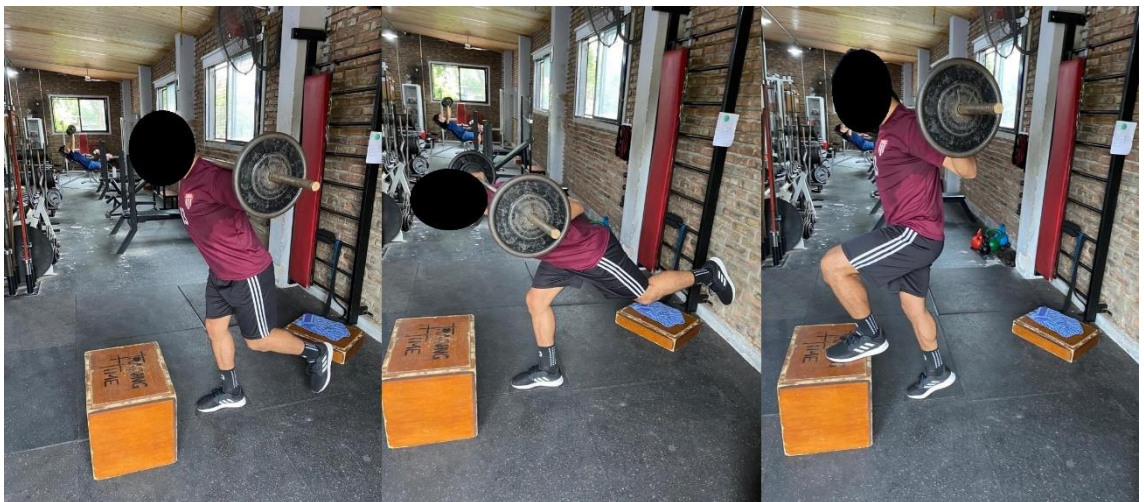
**Estocada con elevación final en cajón**



**Peso muerto bipodal**



**Máquina de isquiotibiales**



**Peso muerto unipodal con elevación final en cajón**



**Puente glúteo con deslizamiento sin descenso de cadera**



**Puente glúteo con talones elevados**



**Nordic hamstring**