

**Eficacia de las Técnicas de Activación Muscular como  
herramienta fisioterapéutica para la rehabilitación de la  
tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de  
voleibol: protocolo de ensayo clínico aleatorizado.**

Hélène Françoise Daniele

Grado de Fisioterapia, Cuarto Curso

Tutor: Màrius Duran Hortolà

Trabajo final de grado

Protocolo de investigación

Universitat Ramon Llull, Facultat de Ciències de la Salut Blanquerna

Curso 2021-2022

Barcelona, el 14.01.2022

## Índice

1. Título.....	5
2. Resumen.....	5
2.1. Objetivo.....	5
2.2. Metodología.....	5
2.3. Palabras claves.....	5
3. Title.....	6
4. Summary.....	6
4.1. Objectives.....	6
4.2. Methodology.....	6
4.3. Keywords.....	6
5. Antecedentes.....	7
5.1. La tendinopatía rotuliana. Epidemiología.....	7
5.2. Etiopatología, factores de riesgo y diagnóstico.....	8
5.3. Tratamientos.....	10
5.3.1. Farmacológico.....	10
5.3.2. El entrenamiento rehabilitador de fisioterapia.....	11
5.3.3. Técnicas mínimamente invasivas (MIT) y cirugía.....	15
5.3.4. Técnicas de Activación Muscular. Evidencia científica y bases terapéuticas.....	16
5.4. Justificación.....	20
6. Evidencia bibliográfica.....	22
7. Pregunta de Investigación.....	27
8. Objetivos.....	27
8.1. Objetivo general.....	27
8.2. Objetivos Específicos.....	27
9. Metodología.....	27
9.1. Diseño del estudio.....	27
9.2. Población, criterios de selección.....	28
9.2.1. Participantes.....	28
9.2.2. Criterios de Selección.....	28
9.2.3. Reclutamiento.....	29
9.2.4. Cálculo del tamaño de la muestra.....	30
9.3. Diagrama de flujo.....	30
9.4. Organización del Protocolo.....	31
9.5. Descripción de las intervenciones.....	32

9.5.1. Sesiones MAT (Pre- fase, Fase 1 y 2).....	32
9.5.2. Sesiones ET Fase 1.....	33
9.5.3. Sesiones ET Fase 2.....	34
9.6. Variables de resultados.....	35
9.6.1. Variables independientes.....	35
9.6.2. Variables dependientes.....	36
9.7. Recogida de datos.....	38
9.8. Análisis de datos.....	38
9.9. Limitaciones del estudio.....	38
10. Consideraciones Éticas.....	39
11. Plan de trabajo.....	40
11.1. Cronograma del estudio.....	41
12. Recursos necesarios.....	42
12.1. Recursos humanos y distribución de las tareas.....	42
12.2. Recursos materiales.....	43
12.3. Presupuesto.....	44
13. Aplicabilidad y utilidad de los resultados.....	45
13.1. Relevancia del proyecto y beneficios de su realización.....	45
14. Plan de difusión de los resultados.....	45
15. Anexos.....	47
Anexo I: Representación del estado tendinoso “Reactivo sobre degenerativo”.....	47
Anexo II: Test de carga Single Leg Decline Squat.....	47
Anexo III: Cuestionario de valoración VISA-SP (Spain Versión).....	48
Anexo IV: Ilustración del programa de incorporación de la carga progresiva al tendón.....	50
Anexo V: Gráfico de las contribuciones del SNC, musculatura y estructura del tendón en adaptación.....	50
Anexo VI: Etapas de la técnica MAT.....	51
Anexo VII: Escala Numérica del dolor e intensidad del entrenamiento.....	55
Anexo VIII: Hoja informativa del estudio.....	56
Anexo IX: Hoja de Consentimiento Informado.....	58
Anexo X: Hoja de recogida de datos de los participantes.....	60
Anexo XI: Descripción del Protocolo.....	61
Anexo XII: Registro 1ª sesión MAT (Pre-Fase).....	63
Anexo XIII: Registro de las sesiones MAT (Fase 1,2).....	64
Anexo XIV: Test muscular MAT (Pre-fase, Fase 1,2).....	65
Anexo XV: Descripción de los test musculares.....	68

<b>Anexo XVI: Ejercicios terapéuticos isométricos (Fase 1,2).....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo XVII: Hoja de registro diario del dolor de las sesiones ET (Fase 1,2).....</b>	<b>72</b>
<b>Anexo XVIII: Hoja de registro de las sesiones HSRT (Fase 2):.....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo XIX: Hoja de instrucciones a destinación de los entrenadores para las sesiones ET.....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo XX: Hoja de compromiso de confidencialidad y protección de los datos. ....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo XXI: Organización y repartición de la muestra.....</b>	<b>77</b>

## **1. Título.**

Eficacia de las Técnicas de Activación Muscular (MAT) como herramienta fisioterapéutica en la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol: protocolo de ensayo clínico aleatorizado.

## **2. Resumen.**

### **2.1. Objetivo.**

Determinar si un protocolo combinando MAT con ejercicio terapéutico es más eficaz que un protocolo de ejercicios terapéuticos solo para la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol.

### **2.2. Metodología.**

Ensayo clínico longitudinal prospectivo aleatorizado y evaluador cegado. 32 deportistas semiprofesionales de voleibol seleccionados y distribuidos aleatoriamente en: un grupo experimental (n=16) recibiendo un tratamiento MAT asociado con ejercicios terapéuticos recomendados por la literatura científica, y un grupo control (n=16) recibiendo solamente el protocolo de ejercicios terapéuticos. El protocolo se realizará en 27 intervenciones repartidas en 9 semanas con una frecuencia de 3 sesiones por semana. La variable principal es el estado de recuperación y las secundarias: el dolor (diario, periódico) y la funcionalidad. Se añade el rango articular activo y la fuerza (escala numérica) durante los tests MAT para el grupo experimental. Serán evaluadas en momentos distintos según la variable: al inicio, durante y al final del periodo de tratamiento, también en 2 ocasiones: a las 12<sup>a</sup> y 24<sup>a</sup> semanas post- intervención.

### **2.3. Palabras claves.**

*tendinopatía rotuliana, valoración muscular manual, atletas, ejercicio, rehabilitación funcional.*

### **3. Title.**

Efficacy of Muscle Activation Techniques as a physiotherapeutic tool in the rehabilitation of patellar tendinopathy in semi-professional volleyball athletes: randomized clinical trial protocol.

### **4. Summary.**

#### **4.1. Objective.**

To determine if a protocol combining MAT with therapeutic exercise is more effective than an therapeutic exercise protocol alone for the rehabilitation of patellar tendinopathy in semi-professional volleyball athletes.

#### **4.2. Methodology.**

Randomized, prospective longitudinal clinical trial and blinded evaluator. 32 semi-professional volleyball athletes selected and randomly distributed into: an experimental group (n = 16) receiving a MAT treatment associated with therapeutic exercises recommended by the scientific literature, and a control group (n = 16) receiving only the therapeutic exercise protocol. The protocol will be carried out in 27 interventions spread over 9 weeks at a frequency of 3 sessions per week. The main variable is the recovery level and the secondary variables: pain (daily, periodic) and functionality. Active joint range and strength (numerical scale) were added during MAT tests for the experimental group. They will be evaluated at different times depending on the variable: at the beginning, during and at the end of the treatment period, also on 2 occasions: at the 12th and 24th week post-intervention.

#### **4.3. Keywords.**

*patellar tendinopathy, manual muscle testing, athletes, exercises, functional rehabilitation.*

## **5. Antecedentes.**

### **5.1. La tendinopatía rotuliana. Epidemiología.**

La tendinopatía rotuliana o patelar (TR) es un trastorno músculo esquelético generalmente crónico, asociado a una disfunción del tendón rotuliano y dolor localizado en la parte inferior de la rótula. (1). Este dolor incrementa con la carga por mayor demanda de los extensores de rodilla, particularmente en actividades que almacenan y liberan energía. El dolor aparece al aumentar la carga y desaparece casi de inmediato al retirarla. No suele existir dolor en reposo. (1,2)

La denominación “rodilla de saltador”, introducida por Blazina et al. en 1973 es comúnmente usada para la TR (junta a la del tendón cuadriceps) debido a una incidencia mayor en deportes de salto. Esta lesión ocurre durante actividades repetitivas con carga de alto impacto: saltar, aterrizar, cambios rápidos de dirección en deportes como el voleibol o baloncesto, saltos de atletismo, tenis o fútbol. (1,3)

Con la gravedad de los síntomas, se ven afectadas actividades de la vida cotidiana como ponerse de cuclillas, subir o bajar escaleras, levantarse, sentarse o permanecer sentado. (1) En deportistas, puede tener repercusiones importantes y limitar la actividad física, incluso poner fin a una carrera en atletas por la dificultad a encontrar un protocolo de recuperación efectivo. (3)

La prevalencia de las tendinopatías en general supone un 30% de las patologías músculo-esqueléticas y se sitúa alrededor de los 14,2% para la TR. (4). Se ve una tendencia clara en cuanto a la población afectada que es la población atlética, entre 15-30 años, especialmente hombres, de salto con fuertes demandas del tendón (voleibol y baloncesto los primeros) y en espacio cerrado (“indoor”). (1,2,3)

Los estudios demostraron que la prevalencia de TR es sustancialmente más elevada en atletas de élite que en atletas aficionados siendo de 44,6% en jugadores de voleibol y 31,9% en jugadores de baloncesto masculinos profesional (contra respectivamente 11,8% y 14,4% en no profesional) que informan síntomas. Estos deportistas experimentan una disminución de su

rendimiento y ausencias prolongadas y recurrentes de entrenamientos y partidos. (2,3) Se ve que, aunque la mayoría de los jugadores buscarán tratamiento y modificarían su actividad, el 49% sufrirá de recidivas, más de un tercio no volverá al deporte en los seis meses y más del 50% abandonará la práctica deportiva por síntomas persistentes. (3,4).

## **5.2. Etiopatología, factores de riesgo y diagnóstico.**

Antiguamente, se hablaba de la TR como siendo una patología inflamatoria del tendón denominándose “tendinitis”. Sin embargo, los investigadores evidenciaron la ausencia de signos inflamatorios sino más bien degenerativos en el tejido tendinoso (5), lo que llevó a cambiar el término de “tendinitis” por “tendinosis”. Finalmente, Maffulli et al. propusieron el término “tendinopatía” para hacer referencia a las patologías producidas en el tendón. (1).

La evidencia actual reivindica el perfil histopatológico inflamatorio presente (no predominante) durante todas etapas de la tendinopatía, aunque no haya signos clínicos clásicos evidentes de inflamación. (1,5)

En efecto, el examen con ultrasonidos pone de manifiesto tres cambios patológicos evocados por Cook en su modelo Continuum (Tendinopatía reactiva con signos inflamatorios, deterioro del tendón y tendinopatía degenerativa). En este modelo, el estado del tendón puede progresar o recular aproximándose a la curación o al revés a la degeneración. (4, 6)

Suele coexistir dentro del tendón degenerado una zona normal y zona degenerada (desprovista de propiedades mecánicas, incapaz de percibir carga, tampoco de responder a ellas ya que estas células son apoptóticas). Se piensa que esta zona degenerada tiene una estructura insuficiente para aguantar la carga, lo que lleva a sobrecargar la zona normal del tendón provocando nueva fase reactiva en esta zona. Cook habla de estado reactivo sobre patología degenerativa (Anexo I). Sin embargo, los tendones patológicos pueden adaptarse positivamente, creando más estructuras de fibras alineadas (EFA) en su zona normal, aumentando su grosor, compensando así la zona de fibras desordenadas. (6)

El modelo de Cook es lo más aceptado, pero es poco probable que explique completamente todos los aspectos de la etiopatología del tendón y sus vínculos con el dolor y la función, ya que estos procesos y relaciones son complejos. (3)

Conceptualmente, tal como la mayor parte de las patologías por sobreuso, la TR resultaría de la inferencia de factores predisponentes que pueden ser intrínsecos o extrínsecos. (7). El factor extrínseco dominante es la sobrecarga mecánica, pero influyen varios otros. Con respecto al deporte, podemos destacar el tipo de terreno y la incorrecta gestión del entrenamiento con una progresión inadaptada en las cargas y los tiempos de entrenamiento (carga repetitiva del ciclo estiramiento-acortamiento al nivel miotendinoso). Los factores intrínsecos representan un tema amplio en el cual encontramos: alteraciones musculares y biomecánicas del miembro inferior, desequilibrios agonista-antagonista, variabilidades antropométricas, variables sistémicas (enfermedades crónicas, metabólicas), excitabilidad corticoespinal alterada, disfunciones hormonales etc. (2,3,7) La identificación sistemática de los factores de riesgo modificables de TR es esencial para desarrollar programas de prevención específicos. (2)

El diagnóstico es principalmente clínico mediante una anamnesis detallada que descartará patologías con un patrón sintomático similar (síndrome femoropatelar: SFP, inflamación grasa Hoffa, etc) y un examen físico. Este último suele incluir un test incremental de cargas, lo más famoso siendo la sentadilla unilatéral en plano inclinado (anexo II).

A la observación, es habitual observar la atrofia de los cuádriceps y músculos de la pantorrilla en comparación con el lado contralateral tal como la alteración de la función de la cadena cinética de la pierna afectada. (1,3,4) Aunque la sensibilidad a la palpación del tendón no se considera válida para el diagnóstico, se suele notar una hiperalgesia mecánica a la presión, local y generalizada (vía algometría), sugiriendo una sensibilización tanto periférica como central del sistema nervioso (SN). (1)

Diferentes herramientas permiten visualizar el tendón: la ecografía de caracterización del tejido o UTC (Ultrasound Tissue Caracterización) enseña sus propiedades estructurales tridimensionales, la sonoelastografía se centra

en sus propiedades mecánicas (rigidez) y la resonancia magnética tiene la precisión para detectar ciertos cambios estructurales intratendinoso. Estas técnicas proporcionan las imágenes para complementar el diagnóstico y descartar una patología del peritendón o rotura, pero quedan secundarias por la ausencia de correlación entre síntomas y realidad a la imagen. (1,8)

En efecto, los pacientes pueden recuperarse al nivel de dolor y función, aunque las imágenes sigan iguales, o pueden tener síntomas sin patología observable. Es decir que, el dolor tendinoso está relacionado parcialmente con la función (fuerza y control motor), los cambios en la función sucediendo también con cambios estructurales del tendón, con o sin presencia de dolor. (8)

En cuanto a la clasificación de la TR, la escala Victorian Institute of Sport Assessment (VISA-P) (anexo III) es la más usada y corresponde a un cuestionario breve relativo al dolor, función y capacidad para realizar deporte. Tiene una impedancia elevada, por tanto, se usará a una frecuencia mensual para monitorizar dolor y función. (1)

### **5.3. Tratamientos.**

Se considera que existe un vacío de información en relación con la rehabilitación de la TR en atletas: la etiopatología no se acaba de entender del todo y a pesar de los medios de rehabilitación excelentes teniendo en cuenta los aspectos neuro-estructurales de la lesión, la respuesta al tratamiento es muy variable y muchas veces refractaria (recuperación incompleta y recidivas) lo que obliga los profesionales de salud y los pacientes a recurrir a terapias alternativas. La primera línea de manejo es el tratamiento conservador (farmacología y fisioterapia) hasta llegar a técnicas más invasivas, la última siendo la cirugía. (1,5)

#### **5.3.1. Farmacológico.**

Se usa en las primeras etapas de la lesión con un propósito principalmente analgésico y antiinflamatorio. Los AINES (antiinflamatorios no esteroideos) y APAP (paracetamol), los corticoesteroides (pudiendo usarse en inyección) se suelen utilizar para reducir inflamación y dolor y son útiles a corto plazo (7 a 14 días) para permitir una vuelta parcial a la actividad. (1)

Fredberg et al, en un estudio aleatorizado con inyección de corticosteroides sugiere que todavía la cuestión de la tendinitis-tendinosis queda sin resolver: la disminución significativa en el grosor del tendón y del dolor en una semana pudiendo explicarse más por una reducción en un proceso inflamatorio y no por un cambio en un proceso degenerativo puro. (3)

En cambio, su uso a largo plazo es muy controvertido por el deterioro que pueden provocar en el tendón (atrofia y potencial ruptura) alterando la estructura de la matriz extracelular del tendón y del músculo (se supone que la respuesta inflamatoria a la carga está disminuida). (9)

### **5.3.2. El entrenamiento rehabilitador de fisioterapia.**

Representa la parte fundamental de la rehabilitación. Actualmente, se enfoca en el aumento progresivo de la tolerancia a la carga del tendón, abordando el principio de reducción del dolor. (3,10). A continuación, se expone los diferentes entrenamientos involucrados en el tratamiento de la TR:

- **Ejercicio isométrico (ISOM)**

Se necesita un trabajo de “fuerza-resistencia” por encima de 70% RM (repetición máxima) o un trabajo aeróbico superando el 75% del VO<sub>2</sub> max durante más de 10 minutos para desencadenar los mecanismos de hipoalgesia inducidos por el ejercicio (HIE). El músculo puede ganar volumen y fuerza independientemente de la intensidad, pero el tendón requiere esta intensidad de contracción superior a 70% para mejorar estructura y función. Los ISOM permiten despertar HIE mediante el reclutamiento de unidades motoras de alto umbral, con un trabajo de baja intensidad superior a 3 minutos lo que limita el dolor para posteriormente trabajar a mayor intensidad e incorporar ejercicios isotónicos.

Se ha demostrado que 5 repeticiones de 45 segundos de ISOM de cuádriceps en una máquina de extensión de rodilla al 70% RM reduce el dolor en el tendón durante 45 segundos post-ejercicio, lo que puede estar asociado con la reducción de la inhibición del cuádriceps en la corteza motora que se da en la TR. (11)

Si no se dispone de equipo de gimnasio, Rio et al elaboraron un ejercicio de sentadilla española isométrica con correa rígida como alternativa muy interesante. (13).

Damos un espacio a una técnica llamativa: la restricción el flujo sanguíneo que permite conseguir analgesia a corto plazo entrenando a una intensidad de máximo 30% RM sin irritar el tendón. (14)

- **Ejercicio excéntrico (EE).**

El EE representa la intervención más investigada y popular, considerada por muchos autores como el estándar de oro para la rehabilitación de la TR. El principio del EE es la baja de la tensión al nivel miotendinoso de manera activa (la unión miotendinosa se alarga mientras el músculo se contrae) y se va aumentando la fuerza de tracción progresivamente respetando los tiempos de regeneración. Se genera carga tensional excéntrica en el tendón, estimulando los mecanoreceptores de los tenocitos y así la reestructuración de las fibras de colágeno. (3)

Un programa de sentadillas excéntricas en declive unilateral o bilateral consiguió muy buenos resultados en varios estudios. Permite reclutar al máximo el mecanismo extensor de rodilla y el declive (25° de media en los estudios) permitiría elevar la fuerza del tendón a un 40% a la vez que se efectúa flexión de rodilla entre 60-70 grados. (1)

Sin embargo, se puso de manifiesto que el uso del EE en TR podría ser agresivo particularmente en periodo de temporada deportiva además de no tener en cuenta posibles debilidades que puede padecer la cadena cinética, por ejemplo, la debilidad de pantorrilla. (1,3)

- **Entrenamiento de resistencia lenta pesada “Heavy Slow Resistance training” (HSRT).**

Este tipo de trabajo permite que el tendón se someta a mayores volúmenes de carga (70-85% RM), a velocidad lenta, con menos repeticiones. Esto se traduce por un mayor tiempo bajo tensión lo que conduce a una mayor adaptación del tendón y una reducción del dolor. (4,15). El protocolo HSR sustituye al protocolo excéntrico e implica ejercicios excéntricos y concéntricos bilaterales

como la sentadilla libre, prensa en máquina o de tipo “hack”. Se empieza con cargas máximas manejables con más repeticiones para evolucionar hacia cargas submáximas con menos repeticiones.

El HSRT obtiene resultados similares o superiores al EE, alargados en el tiempo y con mayor satisfacción por los pacientes (70% contra 22%) para mejorar la función de la rodilla y reducir el dolor. (15)

- **Entrenamiento integral de vuelta al deporte.**

Algunos autores sugieren que en vez de usar solamente una forma de entrenamiento de fuerza sería más interesante un enfoque que refleje la función del tendón en todas sus destrezas: carga a diferentes niveles de intensidad y tipos de contracción, variedades en los escenarios de movimiento y de adaptación al ambiente según la especificidad deportiva. Este tipo de entrenamiento permite a los atletas continuar con su deporte y habilidades específicas siempre que se controlen los niveles de dolor. (16,17)

Con la misma intención, Mascaro et al. establecieron en 2018 una estrategia de rehabilitación de la TR destinado a la vuelta al deporte, basándose en aumentar la carga en el tendón gradualmente en volumen, intensidad y frecuencia incluyendo ISOM y trabajo de fuerza pesado lento, pero también agregando ejercicios “funcionales”, de velocidad y pliométricos para constituir un tratamiento completo (anexo IV). Los autores insisten en el carácter holístico de la TR y en la necesidad de individualizar y adaptar la recuperación como de tener en cuenta los factores psicológicos y contextuales. (10)

Las etapas de rehabilitación evidenciadas por los últimos estudios siguen el patrón siguiente:

- *Modulación del dolor y manejo de la carga:* reducir el volumen, frecuencia y el tipo de actividad (que almacenan energía) y con ISOM. Es importante comenzar introducir carga desde el momento de la lesión porque su eliminación completa sería perjudicial para la reparación del tendón. (3)

- *Ejercicios de fortalecimiento y progresión de la carga:* La progresión media en la carga recomendada por los autores es de un 10% semanal, pero puede progresar hasta un 25% mientras no haya dolor. (3,8)

- *Fortalecimiento “funcional” y regreso al deporte*: mejora del patrón de movimiento, cadena cinética, actividad pliométrica específicas al deporte. (2) La exposición a estímulo como el salto tiene que hacerse paulatinamente para no despertar mecanismos de protección de parte del SN. (8,10)

- **Entrenamiento de resistencia en máquinas isoinerciales.**

El uso de máquinas isoinerciales se ha visto interesante para la respuesta (sobrecarga excéntrica) que proporciona. No obstante, esta misma respuesta no es fácilmente controlable durante los cambios contracción-relajación (a más fuerza concéntrica, mayor será la fuerza de retorno excéntrica) lo que incrementa el riesgo de lesión. Además, tal como las máquinas isocinéticas, tienen un perfil de resistencia poco compatible con el movimiento humano por lo cual es importante usarlas en combinación con otros estímulos (pesos libres etc.). (18)

- **Ejercicio y sistema nervioso central (SNC).**

Existen estudios que demuestran que los atletas de salto con TR son mejores saltadores que los atletas sin TR. Además, tienen a la vez mayor activación y mayor inhibición cortical lo que es paradójico y sospecha una grande descompensación entre vías excitatorias e inhibitorias de activación muscular (como si pisáramos el freno y el acelerador a la vez). Esto se debería a tácticas adaptativas disminuyendo las exigencias motoras (necesidad de protección del tendón) a la vez de permitir la realización del gesto (deseo competitivo y rendimiento). (19)

Estos déficits sensoriales y motores presentes inicialmente en la TR unilateral se acaban observando bilateralmente (en las dos piernas) lo que refuerza la implicación del SNC en la TR y sugiere la necesidad de rehabilitar también la extremidad contraria. Un estudio muy interesante de Rio habla de un tipo de Entrenamiento Neuroplástico del Tendón que consiste en un entrenamiento de fuerza asociado con estímulo auditivo o visual que marcan el ritmo de ejecución de contracción en fase excéntrica y concéntrica lo que aumenta la excitabilidad y reduce la inhibición corticoespinal del cuádriceps tanto de la rodilla afectada

que sana. Tiene por consecuencia una mejora de los mapas cerebrales, fuerza muscular y reducción del dolor. (19)

Esta información indica que se debe realizar una rehabilitación centrada en mejorar el sistema sensoriomotor. Un estudio reciente ilustra gráficamente (Anexo V) que los cambios en el sistema neuromuscular (SNM) contribuirían mayoritariamente a corto plazo cuando los cambios en los tejidos ocurrirían más a largo plazo durante el proceso de recuperación. (20)

- **Técnicas complementarias.**

Se suelen usar: crioterapia (analgesia y freno del proceso neovascularización), masaje transversal profundo (reorganización de los fibroblastos), Terapia de Ondas de Choque Extracorpóreas (analgesia, regeneración tisular, eliminación de calcificaciones), pero sus efectos parecen mayores combinados a otras terapias que aislados. (1,3)

### **5.3.3. Técnicas mínimamente invasivas (MIT) y cirugía.**

- Entre las que implican pinchazo, encontramos la electrólisis con aguja percutánea (PNE) y la punción seca (DN). Pretenden estimular la actividad celular y la formación de colágeno además de intervenir en la biomecánica de los tendones para conseguir la reorganización de la matriz. (3,21)

- Entre las que implican inyección, encontramos la escleroterapia (Polidocanol) con objetivo de esclerosar el vaso inyectado y el nervio que transmite nocicepción del tendón. Aparecieron también métodos de medicina regenerativa con inyección de plasma rico en plaquetas (PRP) y células madre mesénquimas. Estas técnicas se han visto opciones interesantes en caso de TR refractarias, pero no tienen un beneficio terapéutico establecido. (1,21)

Un Metanálisis centrándose en las MIT llegó a la conclusión que todos los estudios que las asociaron con ejercicio terapéutico se mostraron efectivas para la TR. (21)

La cirugía se considera en última intención para las TR muy avanzadas (más de 6 meses de fracaso terapéutico) y en casos de desgarros parciales o totales. Sin embargo, varias interrogaciones se plantean sobre como la cirugía

mejora la función del tendón por los pocos vínculos entre la manifestación de anomalías en imágenes y la evaluación clínica post-cirugía. (3,4)

Al final, toda intervención desarrollada con el único objetivo de cambiar la estructura del tendón podría ser mal enfocada: pudiera resultar más conveniente incrementar la tolerabilidad a la carga en su zona sana y no focalizarse tanto en su zona degenerada (potencialmente irreversible). Además, muchas veces, estos tendones patológicos tienen más cantidad de tejido sano que otros tendones completamente sanos. (8, 10, 12, 19)

#### **5.3.4. Técnicas de Activación Muscular. Evidencia científica y bases terapéuticas.**

En la literatura científica, se observa un interés progresivo para la evaluación de la función muscular y la integridad neuromusculoesquelética. Hoy en día, disponemos de numerosos métodos de valoración muscular manual que aportan informaciones cualitativas y cuantitativas de sus parámetros biomecánicos y neurofisiológicos. (22,23)

La prueba manual muscular o **Manual Muscle Testing (MMT)** es una herramienta de diagnóstico muy extendida en el mundo (En 2015, se reportó más de 1 millón de profesionales usando alguna forma de MMT) tal como su campo de aplicación: neurología, cuidados intensivos, fisioterapia. (24).

El Dr Lovett (1915) la utilizó por 1ª vez para evaluar la debilidad muscular en niños con poliomielitis. En esta época las pruebas eran rudimentarias y sin real validez. (23)

Posteriormente Kendall y Kendall (1949) describió metodologías específicas para aislar y probar músculos individuales o grupos de músculos en la publicación "*Muscles testing and function with posture and pain*". Este tipo de MMT es la que se usa actualmente en clínica. Se centra en evaluar la fuerza muscular, en una clasificación de 6 grados (0-5) que va desde la parálisis ("Desaparecido, no se siente contracción") hasta la máxima potencia ("normal, el músculo puede mantener la posición de prueba contra una presión fuerte"). (22, 23)

Georges Goodheart, un quiropràctic, fomentó en 1960 una nueva perspectiva de MMT, la kinesiología aplicada (AK-MMT) en la que testea músculos específicos para valorar la función neuromuscular. AK-MMT relaciona una entrada neuropropioceptiva alterada a problemas estructurales (y funcionales) pero también químicos, y disfunciones mentales. Otra diferencia entre AK-MMT y el MMT de Kendall es que en AK-MMT, se considera el músculo como "fuerte" ("facilitado") o "débil" ("inhibido") valorando el músculo pre y post-tratamiento. (23,25)

Actualmente existen diferentes formas de realizar MMT. Es el caso del Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental que aplica una escala de 11 grados para valorar la función neuromuscular desde casos neuro/miopatológicos hasta personas sanas. Para mejorar la confiabilidad, los tests se repiten por segundo evaluador. (23)

Conable y Rosner describieron las relaciones de fuerza entre terapeuta y paciente:

- la *"prueba de realización"* (*"make test"*) concéntrica, la persona empuja contra el examinador que mantiene una resistencia fija.
- la *"prueba de ruptura"* (*"break test"*) excéntrica, la persona tiene que aguantar contra una acción de empuje de parte del examinador que va aumentando progresivamente.

Existen variantes como por ejemplo cuando el paciente empieza empujando fusionándose en una *"prueba de ruptura"* con el examinador. (25,26)

La función muscular se evalúa por mediciones biomecánicas objetivas y reproducibles (dinamometría manual y máquina isocinética). Pero en comparación con los MMT, tiene un costo elevado además de un gasto de tiempo imprescindible para mediciones correctas. La capacidad de medir correctamente varios músculos en poco tiempo convirtió los MMT en una habilidad esencial para muchos profesionales. (26)

La valoración manual vía dinamómetro es la MVIC (máxima contracción voluntaria isométrica), que según autores tienen una sensibilidad superior a pequeños cambios neuromusculares en comparación con MMT, pero necesita un mayor tiempo de contracción ISOM (6 segundas contra 4 para MMT) para

obtener resultados rigurosos lo que genera mayor fatigabilidad muscular. Los MMT permiten de manera efectiva detectar un músculo débil o fuerte sin tener que llegar al umbral de fatiga neuromuscular. (27)

La fiabilidad y validez de los MMT para evaluar desajustes en la fuerza muscular, se contrasta por la característica subjetiva (percepción de la resistencia ofrecida, perfil temporal de la aplicación de fuerza) y poco reproducible de los MMT (31,32). Además, se remarcó una confusión en la revisión entre evidencia de MMT y AK-MMT ya que solamente se consideren validos los aspectos de evaluación neuromusculoesqueléticos (no químicos, mentales etc.). (28)

Considerando exclusivamente dichos aspectos, un estudio de 2018 situó los MMT entre arte y ciencia, afirmando la necesidad un buen entrenamiento en sus habilidades para hacerlas validas, fiables y reproducibles. (29)

Según Walter (1988), independientemente de los métodos o equipamientos usados para estandarizar el MMT: *“la mayoría de las pruebas musculares (...) no evalúan la potencia que puede producir un músculo; más bien, evalúan como el sistema nervioso controla la función muscular”*. (23) Es decir que, cuando se realiza un test, se está comprobando la habilidad del SN de adaptar la fuerza muscular a los cambios generados por la presión aplicada por el examinador. Un SN funcionando óptimamente podrá adaptar de forma eficaz y eficiente la actividad muscular a las demandas del test. Esto, Alan Beardall lo entendió creando la “Kinesiología Clínica” y los test NPR (“neuro proprioceptive response test”). (30)

El propósito de este trabajo es estudiar un nuevo enfoque terapéutico basándose en el MMT y los NPR. **MAT (“Muscle Activation Techniques)** fueron creado por Greg Roskopf (junto al Dr Craig Buhler) mientras trabajaba en equipos profesionales de Fútbol y Baloncesto. Son un conjunto de tests y procedimientos manuales muy precisos basados en biomecánica y neurofisiología, que valoran y tratan desequilibrios musculares no compensados restableciendo la conexión entre el SN y muscular. Se parte del principio que el lenguaje de los músculos y el SN son las fuerzas y que el SNM percibe deformaciones y responde con tensión. (30,31)

MAT mejora la **función muscular**, la capacidad de generar fuerza de cada músculo con la magnitud adecuada y en el momento preciso (“timing de contracción”). Procura equilibrar las fuerzas internas y externas de cada articulación en cada una de las posiciones a las que puede llegar consiguiendo una buena estabilidad tanto en estático como en dinámico. (30,31). Las etapas de MAT se explican en Anexo VI.

Un músculo sobrecargado por estrés, trauma, trabajo excesivo, puede ver su entrada propioceptiva alterada (sensibilidad y capacidad de regulación de los husos musculares), desajustando el circuito gamma y alterando sus capacidades contráctiles. Se puede producir inhibición que es una respuesta neurológica y se manifiesta especialmente en los extremos del rango contráctil. Cuando el músculo se mueve hacia posiciones de acortamiento, se vuelve ineficiente a la hora de generar tensión (activar la musculatura). Esto provoca inestabilidad en la articulación particularmente cuando se sitúa en estos rangos de movimientos extremos. Cuando el organismo se entera de la inestabilidad, la musculatura opuesta se tensa para proteger la articulación de ser movida hacia el rango extremo. (*Reflejo de inhibición recíproca de Sherrington*). (30, 32,33)

MAT contempla el exceso de tensión muscular como un mecanismo de protección del cuerpo, como un síntoma secundario a la debilidad. Restablecidas las propiedades contráctiles del músculo, se gana estabilidad lo que provoca la relajación de la musculatura tensa: no tiene más necesidad de proteger la articulación generando tensión donde antes había inestabilidad. Desde MAT, los términos “débil” y “debilidad” se refieren solamente a músculos “débiles neurológicamente” o “inhibidos”. (30,31)

Es importante mencionar que es una técnica basada en la biomecánica, cuyo objetivo no es eliminar dolor, ya que éste puede tener diversas causas complejas, no solo un componente físico. Sin embargo, el fortalecimiento muscular y la estabilidad articular generada con la activación puede influir muy positivamente en los procesos asociados a los mecanismos del dolor (estrecha relación entre función muscular y dolor vía Gate control, “brain map”). (32,33)

#### 5.4. Justificación.

Cada vez más, los estudios relacionan las tendinopatías a alteraciones propioceptivas que por lo tanto van más allá que alteraciones solamente estructurales. Aunque el tendón puede sufrir alteraciones significativas (continuum Cook), el SN se ve generalmente afectado. El mapa cortical del cuádriceps podría ser “borroso” (alteración cortical) y se podría haber perdido control motor en otras zonas del sistema. En efecto, las aferencias proviniendo de la rodilla podrían ser alteradas y es probable que las áreas motoras se fíen más de los inputs aferentes de zonas neurosensoriales intactas. Esto facilitará la formación de patrones motores compensatorios de parte del SNM que limitará su variabilidad incrementando el estrés sobre el tendón perpetuando las señales nociceptivas. (6,12,17,19,20)

Al final, la TR sería una patología plurifactorial, o sea: un sistema motor alterado, una lesión tendinosa local y un sistema dolor-nocicepción perturbado (signos de sensibilización periférica y central), con relaciones de dependencia-independencia y siempre influenciada por factores contextuales y sistemas de creencias.

De lo anterior y a vista de los antecedentes epidemiológicos, se despertó el interés de realizar un ensayo clínico estudiando la técnica MAT combinada al ejercicio terapéutico para rehabilitación de la TR en jugadores masculinos semiprofesionales de Voleibol.

- MAT permitiría al inicio del protocolo, identificar en cada deportista las zonas vulnerables que carecen un buen control neuropropioceptivo, corrigiéndolas antes de someter el deportista al programa de ejercicios terapéuticos.

- MAT podría intervenir también a lo largo del protocolo. Se ha visto que durante la rehabilitación de la TR se debe controlar la carga al máximo e ir progresando en intensidad (variable mas importante), volumen y frecuencia. (10). Esta progresión se haría mejor chequeando y monitorizando regularmente el estado funcional de la musculatura de los deportistas, proporcionando estímulos que mantienen el SNM bien calibrado. (32) De esta manera, se garantiza la seguridad de cada entrenamiento ya que una mala gestión de los parámetros anteriores comprometerá el proceso de recuperación. (10,33)

Esta propuesta se centra en tratar una posible causa de la TR y tiene un abordaje preventivo donde la mayoría de los estudios se centran en tratar el síntoma (tejido). Parece interesante enfocarse en identificar cuáles son los músculos que podrían disfuncionar y hacer que este tendón rotuliano regule mejor la carga y no se tense en exceso. Por esto, MAT podría ser una herramienta fisioterapéutica muy interesante para una recuperación efectiva y completa.

Personalmente, creo que MAT son unas técnicas valiosas en la medida que tiendan en optimizar el control sensorio motor, fundamental hoy en día en rehabilitación. Además, dichas técnicas son eminentemente prácticas, tienen un espectro de intervención amplio y son agradecidas por los resultados que proporcionan. Por esto mi interés y elección para que se conozcan.

## **6. Evidència bibliogràfica.**

- 1-** Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E. Patellar Tendinopathy: clinical Diagnosis, Load Management, and Advice for Challenging Case Presentations. *J Orthop Sport PhysTher.* 2015 Nov;45(11):887–898.
- 2-** Sprague AL, Smith AH, Knox P, Pohlig RT, Grävare Silbernagel K. Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018 Jul;52(24):1575–1585.
- 3-** Reinking MF. Current concepts in the treatment of patellar tendinopathy. *Int J Sports Phys Ther.* 2016 Dec;11(6):854–66.
- 4-** Muaidi QI. Rehabilitation of patellar tendinopathy. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2020 May;20(4):535–540.
- 5-** Millar NL, Murrell GAC, McInnes IB. Inflammatory mechanisms in tendinopathy – towards translation. *Nature Reviews Rheumatology* [Internet]. 2017 Jan 25 [citado 2019 Oct 19];13(2):110–22. Recuperado a partir de: <https://www.nature.com/articles/nrrheum.2016.213>
- 6-** Cook JL, Rio E, Purdam CR, Docking SI. Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? *British Journal of Sports Medicine* [Internet]. 2016 Apr 28;50(19):1187–91. Recuperado a partir de: <https://bjsm.bmj.com/content/50/19/1187>
- 7-** Malliaras P, O'Neill S. Potential risk factors leading to tendinopathy. *Apunts Medicina de l'Esport* [Internet]. 2017 Apr [citado 2019 Nov 14];52(194):71–7. Recuperado a partir de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1886658117300269>
- 8-** Docking SL, Cook J. How do tendons adapt? Going beyond tissue responses to understand positive adaptation and pathology development: A narrative review. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2019 Sept;19(3):300–310.
- 9-** Carroll CC. Analgesic Drugs Alter Connective Tissue Remodeling and Mechanical Properties. *Exerc Sport Sci Rev.* 2016 Jan;44(1):29–36.
- 10-** Mascaró A, Cos MÀ, Morral A, Roig A, Purdam C, Cook J. Load management in tendinopathy: Clinical progression for Achilles and patellar

tendinopathy. Apunts Medicina de l'Esport [Internet]. 2018 Jan [cited 2019 Oct 23];53(197):19–27. Available from:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1886658117300580>

**11-** Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. British Journal of Sports Medicine [Internet]. 2015 May;49(19):1277–83. Recuperado a partir de: <https://bjsm.bmj.com/content/49/19/1277.short>

**12-** Rio E, Moseley L, Purdam C, Samiric T, Kidgell D, Pearce AJ, et al. The Pain of Tendinopathy: Physiological or Pathophysiological? Sports Medicine [Internet]. 2013 Sep;44(1):9–23. Recuperado a partir de: <https://www.bodyinmind.org/wp-content/uploads/Rio2013.pdf>

**13-** Rio E, Purdam C, Girdwood M, Cook J. Isometric Exercise to Reduce Pain in Patellar Tendinopathy In-Season: ¿Is It Effective “on the Road”? Clin J Sport Med. 2019 May;29(3):188–192.

**14-** Hughes L, Patterson SD. Low intensity blood flow restriction exercise: Rationale for a hypoalgesia effect. Med Hypotheses. 2019 Nov; 132: 109370.

**15-** Lim HY, Wong SH. Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review. Physiother Res Int. 2018 Jul;23(4): e1721.

**16-** Malliaras P, Kamal B, Nowell A, Farley T, Dhamu H, Simpson V, et al. Patellar tendon adaptation in relation to load-intensity and contraction type. Journal of Biomechanics. 2013 Jul;46(11):1893–1899.

**17-** Bartlett R, Wheat J, Robins M. Is movement variability important for sports biomechanists? Sports Biomechanics. 2007 May;6(2):224–43.

**18-** Gual G, Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D, Tesch P. Effects of In- Season Inertial Resistance Training with Eccentric Overload in a Sports Population at Risk for Patellar Tendinopathy. Journal of Strength and Conditioning Research. 2016 Jul;30(7):1834–1842.

- 19-** Rio E, Kidgell D, Lorimer Moseley G, Gaida J, Docking S, Purdam C, et al. Tendon neuroplastic training: Changing the way we think about tendon rehabilitation: A narrative review. *Br J Sports Med*. 2015 Sep;50(4):209–215.
- 20-** Rio E, Docking SL. Adaptation of the pathological tendon: you cannot trade in for a new one, but perhaps you don't need to? *Br J Sports Med*. 2017 Jul; 52(10):622–623.
- 21-** López-Royo MP, Ortiz-Lucas M, Gómez-Trullén EM, Herrero P. The effectiveness of minimally invasive techniques in the treatment of patellar tendinopathy: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2020 Sep 7; 2020:1–16.
- 22-** Hislop HJ, Avers D, Brown M, Daniels L, Worthingham C. Daniels & Worthingham Técnicas de balance muscular: Técnicas de exploración manual y pruebas funcionales. Editorial: Madrid Etc.: Elsevier; 2014.
- 23-** Bittmann FN, Dech S, Aehle M, Schaefer LV. Manual Muscle Testing- Force Profiles and Their Reproducibility. *Diagnosics (Basels)*. 2020 Nov;10(12): 996.
- 24-** Jensen AM. Estimating the prevalence of use of kinesiology-style manual muscle testing: A survey of educators. *Advances in Integrative Medicine* [Internet]. 2015 Aug;2(2):96–102. Recuperado a partir de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221295881500089>
- 25-** Conable KM, Rosner AL. A narrative review of manual muscle testing and implications for muscle testing research. *JChiropr Med*. 2011 Sep;10(3):157–65.
- 26-** Garcia SC, Dueweke JJ, Mendias CL. Optimal joint positions for manual isometric muscle testing. *J Sport Rehabil*. 2016 Nov; 25(4):1–13.
- 27-** Meldrum D, Cahalane E, Conroy R, Fitzgerald D, Hardiman O. Maximum voluntary isometric contraction: reference values and clinical application. *Amyotroph Lateral Scler*. 2007 Jan;8(1):47–55.
- 28-** Haas M, Cooperstein R, Peterson D. Disentangling manual muscle testing and Applied Kinesiology: critique and reinterpretation of a literature review. *Chiropractic & Osteopathy* [Internet]. 2007 Aug 23 [cited 2019 Aug 6];15(1). Reuperado a partir: <https://chiromt.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-1340-15-11>.

- 29-** Lewinson RT, Ganesh A, Yeung MMC. The Biomechanics of Manual Muscle Testing in the Neuromuscular Exam. *Can J Neurol Sci.* 2018 Aug; 45(5):518–21.
- 30-** Roskopf G. Jumpstart into MAT: how to use muscle activation techniques. Denver: archangel Ink; 2020.
- 31-** Leal L, Martínez D, Sieso E. Fundamentos de la mecánica del ejercicio. Barcelona: Resistance Institute; 2014.
- 32-** Mihailoff GA, Haines DE. Principios de neurociencia: aplicaciones básicas y clínicas. Barcelona, España: Elsevier; 2019.
- 33-** Proske U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev.* 2012 Oct;92(4):1651–1697.
- 34-** An-Wen C, M. T Jennifer, G. A Douglas, Andreas L, C. G Peter, Karmela K-J, et al. Declaración SPIRIT 2013: definición de los elementos estándares del protocolo de un ensayo clínico. *Rev Panam Salud Pública;*38(6), dic 2015 [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2022 Jan 2]; Available from: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/18567>
- 35-** Balsalobre-Fernández C, Marchante D, Muñoz-López M, Jiménez SL. Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences.* 2017 Jan 18;36(1):64–70.
- 36-** Lepley LK, Palmieri-Smith RM. Quadriceps Strength, Muscle Activation Failure, and Patient-Reported Function at the Time of Return to Activity in Patients Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction : A Cross-sectional Study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2015 Dec;45(12):1017–25.
- 37-** Svensson M, Lind V, Löfgren Harringe M. Measurement of knee joint range of motion with a digital goniometer : A reliability study. *Physiotherapy Research International.* 2018 Dec 27;24(2): e1765.

- 38-** Admin. Journal Impact Factor List 2021 – JCR, Web Of Science (PDF, XLS) [Internet]. Journal Impact Factor. 2021. Available from: <https://impactfactorforjournal.com/jcr-2021/>
- 39-** Zwerver J, Bredeweg SW, Hof AL, Purdam C. Biomechanical analysis of the single-leg decline squat COMMENTARY. British Journal of Sports Medicine [Internet]. 2007 Feb 20 [cited 2019 Nov 10];41(4):264–8. Available from : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2658963/>
- 40-** Hernandez-Sanchez S, Hidalgo MD, Gomez A. Cross-cultural adaptation of VISA-P score for patellar tendinopathy in Spanish population. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy [Internet]. 2011 Aug 1 [cited 2021 Jan 31];41(8):581–91. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21765223/>
- 41-** Martinez D. Caparros G. Torres A. Kick off NMIT (Neuro Muscle Interaction Testing). Manual of Muscles Testing. Barcelona; Jun 2021.
- 42-** Modelo hoja informativa y consentimiento informado [Internet]. Disponible en: <https://www.url.edu/es/investigacion-e-innovacion/la-investigacion-en-la-url/comite-de-etica-de-la-investigacion-de-la-url>
- 43-** Martinez J, Flores M, Morales JM, Luque A. Pain-Related Fear, Pain Intensity and Function in Individuals With Chronic Musculoskeletal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Pain. 2019;20(12):1394–415.
- 44-** Valet M, Sprenger T, Boecker H, Willloch F, Rummeny E, Conrad B, et al. Distraction modulates connectivity of the cingulo-frontal cortex and the midbrain during pain - an fMRI analysis. Pain. 2004;109:399–408.
- 45-** Lee M, Carroll TJ. Cross Education. Sports Medicine. 2007;37(1):1–14.

## **7. Pregunta de Investigación.**

¿Es MAT combinado con ET un protocolo más eficaz que un protocolo de ET solo para la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de Voleibol?

*Hipótesis:* Un protocolo combinando MAT con ET es más eficaz que un protocolo fisioterapéutico convencional para la recuperación de la tendinopatía rotuliana en jugadores semiprofesionales de Voleibol.

## **8. Objetivos.**

### **8.1. Objetivo general.**

Determinar si un protocolo combinando MAT con ET es más eficaz que un protocolo de ET solo para la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol.

### **8.2. Objetivos Específicos.**

- Constatar si mejoran el ROM activo y la fuerza muscular en los jugadores del grupo experimental (GE) en zonas donde los tenían afectados y relacionarlos con los resultados de las otras variables.
- Conseguir una mejoría de la funcionalidad y del dolor significativa en el GE en comparación con el grupo control (GC).
- Observar y comparar el estado de recuperación de los deportistas a lo largo del estudio para los 2 grupos.

## **9. Metodología.**

### **9.1. Diseño del estudio. (34)**

Se realizará un ensayo clínico longitudinal aleatorizado prospectivo con grupo control y evaluador cegado, donde el 3º fisioterapeuta encargado de la recogida de datos está enmascarado. El proceso de aleatorización se realizará vía una función prevista a tal efecto dentro de las funciones matemáticas del programa Excel.

El estudio se compone de 2 grupos, un grupo experimental (GE) que recibirá el tratamiento MAT combinado con ejercicios terapéuticos (ET) y un grupo control (GC) que recibirá solamente el programa de ejercicios terapéuticos. Los jugadores serán repartidos de manera aleatoria en cada grupo con una ratio de asignación 1:1. Previo a la aplicación del protocolo, se solicitará la aprobación del estudio por parte del Comité Ética de la Investigación (CEI) de la Universidad Ramón Llull.

## **9.2. Población, criterios de selección.**

### **9.2.1. Participantes.**

Jugadores de voleibol indoor semiprofesionales masculinos con ficha de la Federación Catalana de Voleibol y con TR unilateral sintomática, diagnosticados por el médico vinculado a la Federación de acuerdo con los criterios de inclusión indicados en el apartado siguiente.

### **9.2.2. Criterios de Selección.**

- **Criterios de inclusión.**

- Sujetos del **punto 9.2.1** entre 15 y 30 años.
- El diagnóstico se hará por:
  - **Exploración física** que incluirá un diagnóstico diferencial (SFP, inflamación grasa Hoffa, etc) y revelará dolor localizado en el polo inferior de la rodilla, con un valor entre 4-7 en la escala numérica del dolor: NPS: "Numeric Pain Scale" (Anexo VII) durante el test SLDS: "Single leg decline squat test" (Anexo II).
  - **Cuestionario VISA-SP** con un resultado entre 40-70 puntos (la media siendo 54,8 +/- 13,3 en el estudio de adaptación del VISA-P). (Anexo III) (54).
- Entrenarán por lo menos 3 días a la semana y por lo menos 2h por entrenamiento.
- Con un mínimo de 3 meses de evolución.
- Habiendo firmado el documento de consentimiento informado (CI).

- **Criterios de exclusión.**

- No cumplir con los criterios de inclusión mencionados anteriormente.
- Seguir otras terapias físicas que podrían interferir con los resultados del estudio.
- Consumir analgésicos (otros que AINES), drogas o seguir tratamientos farmacológicos contraindicados o que afecten las propiedades del tendón (antibióticos, infiltraciones de corticoides).
- Haber seguido cualquier terapia de regeneración del tendón (PRP, células madre...) durante los últimos 2 meses.
- Con cualquiera intervención quirúrgica de la rodilla previa.
- Con otra patología en la rodilla.

### **9.2.3. Reclutamiento.**

Una vez se haya obtenido la aprobación por parte del CEI de la Universidad Ramón LLull, contactaremos la Federación Catalana de Voleibol mediante correo electrónico para informarla de la pertinencia del proyecto y pedirle su contribución. Una vez el compromiso de colaboración sea establecido, la Federación procederá al proceso de reclutamiento de los jugadores y solicitará a los 30 clubs afiliados de Barcelona y su área metropolitana su cooperación y participación en el proyecto.

El médico deportivo de la federación (o mutua deportiva) se encargará de realizar la selección de los jugadores de acuerdo con los criterios de inclusión instaurados. Un fisioterapeuta capacitado será escogido para evaluar la mayoría de las variables y acudirá al lugar de estudio solamente los días de valoración. Los entrenadores de Voleibol federados (autorización federativa de nivel 2) participarán en el estudio.

Los deportistas seleccionados recibirán una hoja explicativa del estudio (Anexo VIII) y serán invitados a una reunión informativa donde la investigadora principal les comentará los detalles prácticos del estudio y los potenciales riesgos relacionados a cada intervención. De la misma manera, se les

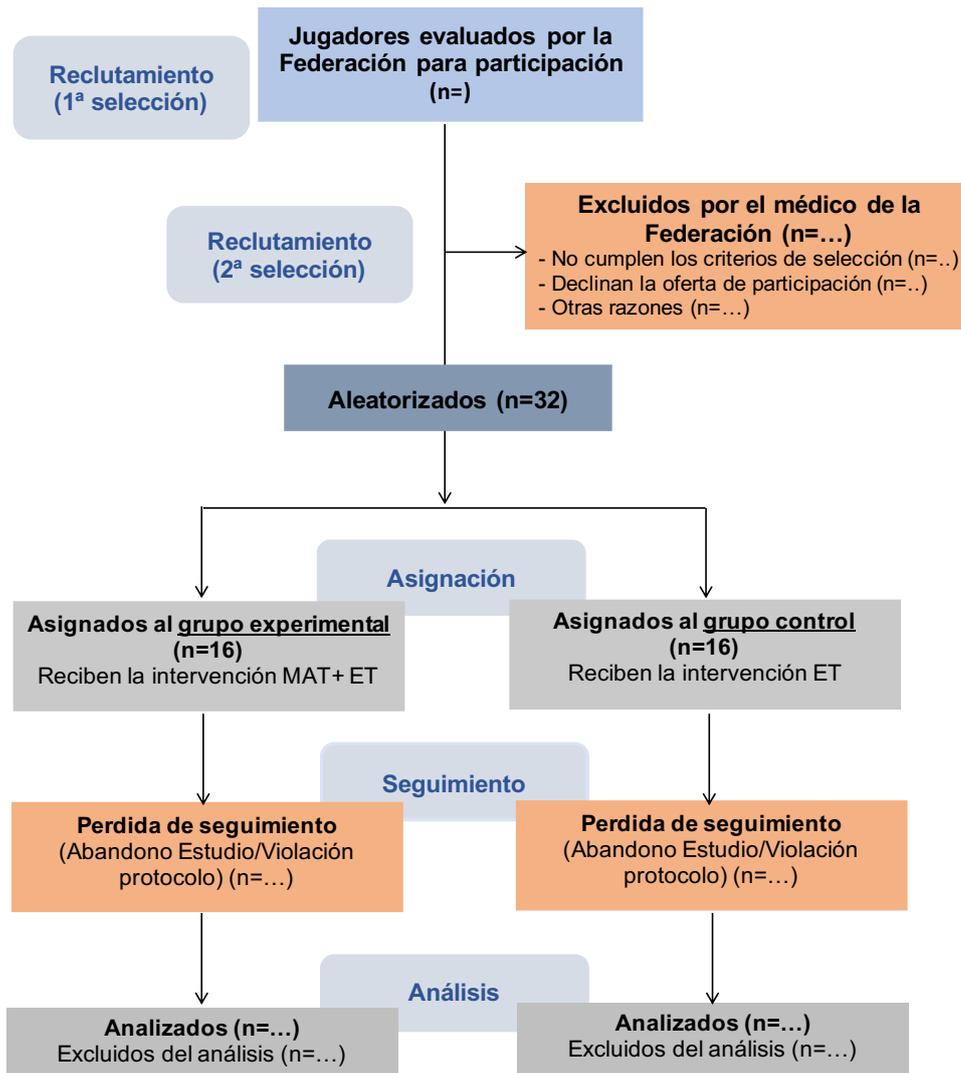
comunicará la posibilidad de abandonar el estudio en cualquier momento y se resolverán dudas o preocupaciones acerca del protocolo. Finalmente, los que aceptan formar parte de la investigación deberán dar su consentimiento por escrito mediante la firma del documento previsto a este efecto (Anexo IX). Cumplidos estos pasos, cada deportista será asignado de manera aleatoria a uno de los 2 grupos de tratamiento y rellenará una hoja con sus datos sociodemográficos (Anexo X).

#### 9.2.4. Cálculo del tamaño de la muestra.

Dadas las características del estudio y con el objetivo de que sea técnicamente realizable, se estima un mínimo de muestra de 32 jugadores.

#### 9.3. Diagrama de flujo.

Figura N°1: Diagrama de flujo del estudio.



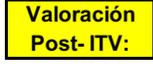
### 9.4. Organización del Protocolo.

(Descripción del Protocolo Anexo XI).

Tabla N°1: Organización del protocolo de investigación.

GE : MAT 1ª sesión + 27 ITV (MAT+ ET) GC: 27 ITV (ET)								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
INTERVENCIÓN	PRE-FASE	FASE 1: MANEJO DOLOR (1 semana)						
	Evaluación GE	1ªVal+ITV GE/GC	Semana 1: ISOM					
	MAT 1ª sesión	MAT ISOM	/	MAT ISOM	/	MAT ISOM	/	
	FASE 2: RECUPERACIÓN FUNCIONAL (8 semanas)							
	Semana 2: HSRT (3 series, 12RM= 65% carga max)							
	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	/	
	Semana 3 a 4: HSRT (4 series, 10RM= 78,6% carga max)							
	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	/	
	Semana 5 a 6: HSRT (4 series, 8RM= 80,4% carga max)							
	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	/	
	Semana 7 a 9: HSRT (4 series, 6RM= 85,8% carga max)							
					ITV+Val FIN GE/GC			
	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	MAT HSRT	ISOM	/	
	Post-ITV	FASE 3: SEGUIMIENTO (+ 3 semanas+ 12 semanas)						
Valoración Post- ITV								

<b>ITV:</b> Intervención	<b>POST- ITV:</b> Post- Intervención
<b>GE:</b> Grupo Experimental	<b>GC:</b> Grupo Control. <b>ET:</b> Ejercicio Terapéutico
	<b>1ª sesión MAT individual GE:</b> evaluación general completa miembros inferior y tronco
	<b>1ª sesión Valoración GE/GC y 1ª ITV:</b> MAT+ISOM (GE), ISOM (GC)
	<b>Sesión MAT individual GE:</b> específica y adaptada a cada jugador establecida durante la 1ª sesión
	<b>Sesiones ET isométricos GE/GC</b>
- 1 sesión de 5 ET ISOM grupal supervisada <b>durante la ITV.</b>	
- 2 sesiones de 4 *ET ISOM individual <b>en casa</b> durante el día con 2h mínimo entre ellas. * eliminar ET 1 (necesidad maquina)	
	<b>Sesiones ET de resistencia lenta pesada GE/GC</b>
	<b>Sesiones ET isométricos GE/GC</b>
- 2 sesiones de 4 *ET ISOM individual <b>en casa</b> durante el día con 2h mínimo	
	<b>ITV final:</b> MAT+HSRT (GE), HSRT (GC) y <b>Valoración al final de la ITV:</b> 9ª semana (GE/GC)
	<b>Valoraciones de seguimiento al final de la 12ª y 24ª semana (GE/GC)</b>

## 9.5. Descripción de las intervenciones.

### 9.5.1. Sesiones MAT (Pre- fase, Fase 1 y 2).

- Durante la pre-fase, los 2 fisioterapeutas especialista MAT realizarán una evaluación completa de los músculos de las extremidades inferiores y columna de cada jugador del GE siguiendo la etapa 1 del punto 3 del Anexo VI rellenando el registro inicial MAT (Anexo XII). Determinarán cuales son los músculos que funcionan inadecuadamente y anotarán su fuerza subjetiva sobre una escala de 0 a 3 (0-1: Débil/ 2: Media/ 3: Buena). Registrarán también vía medición con goniómetro digital, los grados del ROM asociados comparándolos bilateralmente.

Al final de esta primera sesión, cada jugador tendrá establecida una hoja personal de sus músculos débiles (Anexo XIII). Serán apuntados solamente los que tienen fuerza 0-1-2 y/o con diferencia ROM bilateral  $>10^\circ$ .

- En las fases 1 y 2, se aplicarán todas las etapas del punto 3 del anexo VI en los músculos apuntados: después test y reactivación, se volverán a testear y se medirá de nuevo el ROM de la posición asociada, buscando alguna mejoría y diferencia bilateral. Se usarán ejercicios complementarios con o sin máquinas para reforzar una zona o músculo en concreto.

- **Precisiones técnicas para la realización de los test.**

1- Antes de empezar los test MAT, el fisioterapeuta informará al paciente en que consiste la evaluación, cuál es su objetivo para que el jugador se familiarice con la técnica.

2- Para cada “escenario de fuerzas”, enseñará al paciente qué respuesta espera, qué zona quiere priorizar y qué musculatura debe sentir.

Llegará con el jugador al “punto de encuentro” y realizará a continuación un “in-crescendo” buscando “ganancia neurológica”. (punto 2 anexo VI).

- **Test musculares MAT.**

Durante la 1ª sesión de evaluación, se realizarán 32 test considerados los más relevantes en caso de TR (en miembros inferiores y columna que son las zonas

más propensas a impactar la rodilla cuando aquellas sufren disfunciones. Sin embargo, se detallarán e ilustrarán solamente 20 test por limitación en la extensión del trabajo. No se incluyen todas las variantes con las diferentes componentes de aislamiento de fibras, pero se consideran incluidas si necesario durante el protocolo. (Anexo XIV).

Los test descritos en Anexo XV se harán con el paciente en diferentes posiciones: decúbito prono (DP), supino (DS), lateral (DL) y en sedestación (SED) dependiendo del test. La contracción requerida en cada test será de 2-3 segundos.

### 9.5.2. Sesiones ET Fase 1.

Tabla N°2: Parámetros de los ET Fase 1.

Número ET por sesión	%Carga Max (Intensidad)	Progresión tiempo contracción ISOM por ET	Progresión grado flexión	Cantidad de serie por ET	Tiempo descanso entre cada serie de ET--cada sesión	Sesiones por día à Repartición sesiones
4-5 ISOM	80%	20'' - 60''	45-90°	1	1'-2'--Min 2h	3 sesiones → 1 durante intervención (1 a 5) → 2 durante el día (excepto ET 1*)

\* Se necesita máquina Leg Extensión

- **ET ISOM fase 1. (Anexo XVI)**

1. Leg extensión unilateral (con maquina MedEX)

2. Wall sit bilateral (45-90°).

3. Catalan squat bilateral (45°-90)

4. Wall sit unilateral (45°-90°).

5. Lunge bilateral a 90°con estrés activo (afecta la pierna atrás).

- **Progresión en las sesiones ET ISOM (presencial y casa).**

El deportista se auto-monitoriza y rellena la hoja de registro diario de dolor (anexo XVII) sacando el promedio de dolor sentido durante las 3 sesiones de

un mismo día. También apuntara el tiempo de contracción ISOM alcanzado como referencia para la sesión siguiente.

Si DOLOR < 4 (NPS) después horas siguientes o en el SDLS del día siguiente: Subir el tiempo de contracción isométrico y el grado de flexión.

Si 4 < DOLOR < 6 después horas siguientes o en el SDLS del día siguiente: Mantener los parámetros anteriores y si persiste, bajarlos

Si DOLOR > 6 después horas siguientes o en el SDLS del día siguiente: bajar los parámetros anteriores.

### 9.5.3. Sesiones ET Fase 2.

Tabla N°3: Parámetros de los ET Fase 2.

Número ET por sesión	Progresión % Carga Max (Intensidad)	Progresión en Serie por ET	Progresión en repetición por ET	Tiempo Contracción	Tiempo descanso entre cada serie -- ET	Sesión por día
4 ISOM	/ -80 %	/ (1 serie)	/	40"-60" ISOM	2' -- /	2 en casa (ET 2 A 5)
3 HSRT	65% - 85,8%*	3 a 4	15 a 6	3"/3" ISOT	2'-3'--5'	

\*12RM= 65% → 10RM=78,6% → 8RM=80,4% → 6RM=85,8%

- **Cálculo 1 repetición maxima (1RM).**

El entrenador calculará la 1 RM al inicio de la 1ª sesión HSRT para cada jugador y para cada uno de los 3 ejercicios. Por esto, usará la aplicación móvil My Lift (validada por "Journal of Sports Science") y se calcularán las cargas correspondientes a las otras RM. (Se registrán las cargas: "Peso" en el Anexo XVIII). Este cálculo se podrá aproximar mejor a la fuerza real del jugador cuando el dolor se haga menor y se tiene que volver a ajustar cada 2 semanas.

My Lift App usa a relación velocidad-fuerza y algoritmos para calcular la 1RM. Utiliza la cámara de alta velocidad del móvil para medir la velocidad a la que se está realizando el ejercicio: se grava 1 repetición del ejercicio deseado con 4 cargas submáximas y se selecciona su inicio y su final con la navegación imagen-a-imagen de la aplicación. (35)

- **ET fase 2: isotónicos lentos del protocolo HSRT. (Anexo XVIII)**

### **1. Leg Press bilateral      2. Squat.      3. Hack Squat**

- **Progresión en las sesiones HSRT.**

- Durante la realización de los ejercicios HSRT, los sujetos son autorizados a alcanzar un nivel de dolor 5 NPS, pero el dolor tendrá que desaparecer antes la sesión siguiente y ser inferior a 4 en el SDLS del día siguiente.

- Si es el caso, se mantendrá a la sesión siguiente la carga de la semana correspondiente, si el dolor persiste tendremos que ajustar la carga o las actividades diarias o deportivas para volver a encontrar el umbral doloroso precedente.

- El deportista dispondrá de una hoja de control del dolor de cada sesión realizada, para cada uno de los 3 ejercicios y para cada etapa de progresión en las cargas. Controla también la carga de cada etapa y ejercicio apuntando el peso que le corresponde (Anexo XVIII). Esta hoja ayudará al paciente a sacar el promedio de dolor de las sesiones HSRT y rellenar la parte correspondiente de la hoja de seguimiento general (Anexo XVII).

- **Progresión entre las sesiones ISOM casa.**

El deportista se auto-monitoriza y sigue rellenando la hoja de seguimiento. (Anexo XVII). Puede comentar dificultades al entrenador durante sesión HSRT.

**PS:** En todas las fases, se trabajarán siempre las 2 piernas (educación cruzada “cross transfer”: ganancia neurológica significativa en extremidad contralateral no entrenada) (punto 1 Anexo XIX).

#### **9.6. Variables de resultados.**

Las variables escogidas se dividirían en independientes y dependientes.

##### **9.6.1. Variables independientes.**

Es aquella variable que provoca un cambio en la variable dependiente, por lo tanto, corresponde a la intervención MAT+ ET en GE y solamente ET en el GC.

**Tabla N° 4:** Variables Independientes

Variables Independientes	Tipo de variables
Tratamiento MAT+ET/Tratamiento ET	Variable cualitativa dicotómica

- **Variables sociodemográficas:**

**Tabla N° 5:** Variables sociodemográficas

Variables sociodemográficas	Tipo de variables
Altura, Peso, IMC, Edad,	Cuantitativa continua
Duración por entrenamiento	Cuantitativa continua
Años practica deportiva	Cuantitativa continua
Número entreno y partido por semana	Cuantitativa continua
Número episodios previos TR	Cuantitativa discreta
Intensidad entreno (lev/ mod/ int)	Cualitativa ordinal
Pierna dominante (Izq./ Dcha.)	Cualitativa nominal
Lesiones/Cirugías previas EEII	Cualitativa nominal

### 9.6.2. Variables dependientes.

Son variables que, si la técnica es buena y útil se modificarán con la intervención realizada.

**Tabla N° 6:** Variables dependientes

Variables dependientes	Tipos de variables	Medio de medición
Funcionalidad	Cuantitativa continua	VISA-SP
Dolor diario	Cuantitativa continua	NPS + SDLS
Dolor periódico	Cuantitativa continua	NPS + SDLS
Fuerza subjetiva + ROM	Cuantitativa continua	Escala 0-3 + Goniómetro
Recuperación (completa/parcial)	Cualitativa nominal	NPS+SDLS+ VISA-SP+ gonio/ dinamómetro+ máquina LE

- **Variable principal.**

- **Recuperación (completa/parcial).**

Se considera una recuperación completa si se cumplen los criterios siguientes:

1- Fuerza muscular del cuádriceps con un déficit < 10% entre la extremidad inferior afectada y la sana. Se medirá vía dinamómetro isocinetico y máquina de extensión de piernas (LE).

La prueba de realizará de la siguiente manera: Paciente colocado con las caderas a 90° de flexión, la espalda apoyada y la extremidad de prueba sujeta de forma segura al dinamómetro. Realizará 3 extensiones de rodilla

concéntricas voluntarias máximas, pasando de 90° de flexión a extensión completa de rodilla, a 60°/s. Se proporciona estímulo verbal y retroalimentación visual en tiempo real para ayudar a facilitar el esfuerzo máximo. Este procedimiento se completa para ambas extremidades, con el orden de prueba compensado para minimizar el “efecto de aprendizaje”. (36)

2- ROM activo de flexión de rodilla con un déficit < 10% entre la extremidad inferior afectada y la sana. Se medirá vía goniómetro digital. (37)

3- NPS nunca > 3 en el SDLS test y durante los entrenamientos y partidos. El jugador es capaz de realizar todos los entrenamientos y todos los partidos sin limitaciones por el dolor y tiene un resultado en VISA-SP entre 95 y 100%.

Se valorará al final de la ITV, a la 12ª y 24ª semana. *Se puede pasar de cumplir los criterios a no cumplirlos y se considerará el resultado de igual manera.*

- **Variables secundarias.**

- **Fuerza subjetiva y ROM activo de los tests MAT (GE).**

Evaluación de la fuerza percibida por el evaluador de los músculos débiles y del rango articular activo de las zonas limitadas encontradas en cada deportista comparando bilateralmente. Punto 9.5.1.

- **Funcionalidad en la vida diaria y en el deporte. (Anexo II)**

Evaluación vía el cuestionario Victorian Institute of Sport Assessment-Patella versión SPAIN (VISA-SP). Valora la severidad de la TR con 8 preguntas relativas al dolor, la función y la discapacidad para hacer deporte. El test tiene un máximo de 100 puntos (sujeto asintomático) y un mínimo de 0 (discapacidad máxima). Una alteración funcional se considera debajo de 80 y el cambio mínimo clínicamente significativo es de 13 puntos.

- **Intensidad del dolor (continua y periódico).**

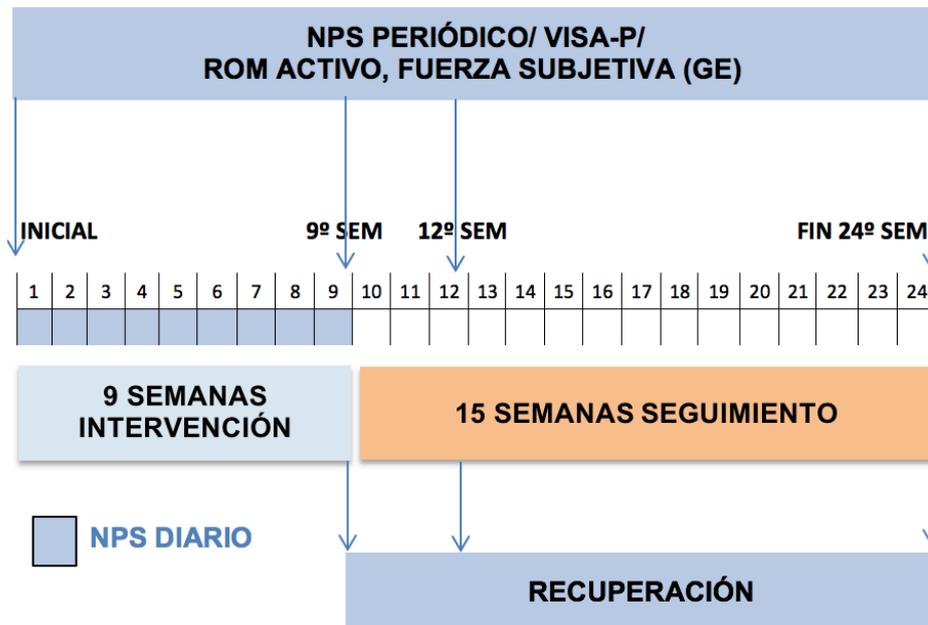
1- Evaluación diaria del promedio dolor durante la intervención.

2- Evaluación del dolor en momentos específicos.

La escala NPS usada para la valoración del dolor está descrita en Anexo VII.

## 9.7. Recogida de datos.

Figura N°2: Línea temporal de recogida de las variables dependientes



## 9.8. Análisis de datos.

Todo el registro de datos será introducido en una hoja de cálculo Excel (Office versión 2019) para posteriormente ser procesados por un estadístico a través del programa SPSS versión 25.0 para Windows. Se realizará en primer lugar un estudio descriptivo de todas las variables (media, moda, mediana, desviación estándar) en los grupos E y C. A continuación, se observará si existen diferencias significativas entre los grupos de estudio. Por fin, se procederá a analizar todos los resultados cruzando todas las variables.

## 9.9. Limitaciones del estudio.

1- Tamaño de la muestra: muestra pequeña debido a la particularidad muy adaptativa e individual de las ITV. Esto implica que no sea totalmente representativa de la población escogida además de aumentar sesgos de selección en el momento de constituir la muestra.

2- Variabilidad subjetiva de las sesiones MAT por tener 2 fisioterapeutas MAT con riesgo de sesgos en el GE (evaluador dependiente). Este riesgo se encuentra también durante las sesiones de ET en el GE en comparación con el GC por tener entrenadores diferentes.

3- Posibles problemas de constancia o adherencia parcial al protocolo por parte del participante por tener que realizar ejercicios en casa y rellenar registros de manera autónoma.

4- Dificultad de protocolizar la MAT en la selección de los tests y para establecer una ITV reproducible y transferible a todos los sujetos del estudio. Esta limitación se debe en parte a la infinidad de maneras que tiene el SN para compensar y difícilmente se repite una misma compensación de un individuo al otro (unicidad de la persona, lesiones antiguas y zonas vulnerables).

5- Imposibilidad de comparar los resultados con estudios similares por no encontrar investigaciones sobre MAT (seguramente debido al punto anterior)

6- El programa de ET escogido puede no ser lo mejor porque existen cantidades de programas (y ET) con una progresión más funcional y más control de los parámetros de volumen, intensidad y carga, pero hubiera sido difícil al nivel práctico de combinarlo con MAT. Siendo un estudio pionero en la combinación de los mismos, se ha elegido un programa estandarizado, eficaz y con buena adherencia.

7- Limitación para controlar la carga a la que se someten los participantes durante los entrenamientos y durante su día a día.

8- Una característica del dolor superior a 3 meses es que suele ir de mano con una sensibilización central y por lo tanto con cambios en el estado de ánimo, sueño y otras funciones cerebrales de orden superior (ya que el SNC está más solicitado que de costumbre). Por tanto, hubiese sido interesante valorar aspectos relacionados con la calidad de vida o quinesofobia.

## **10. Consideraciones Éticas.**

Tanto el planteamiento como la ejecución del estudio se hará respetando los 3 principios de la Bioética (beneficencia, autonomía y justicia) recogidos en la Declaración de Helsinki de 1964 (actualizada en 2013) y como explicado antes, con el permiso del CEI de la Universidad Ramón Llull teniendo en cuenta los requisitos imprescindibles para su aprobación.

Como está explicado anteriormente, será necesario obtener el CI firmado por escrito de todos los participantes del estudio según la Ley 41/2002 que mencionará su participación voluntaria, sin compromiso y estipulará claramente su derecho de interrumpir el estudio en cualquier momento, sin aviso previo y sin ninguna justificación. El paciente será sensibilizado a lo que conlleva participar al estudio antes de consentirlo: objetivo, procedimientos empleados en los tratamientos con sus potenciales riesgos y beneficios. En el caso de tener abandonos de unos participantes, se registrarán el motivo causal y sus datos dejarán de ser tratados.

Por otra parte, los datos de los sujetos siguiendo el estudio serán registrados con confidencialidad y protección por el equipo investigador (asignación de un número de identificación, datos almacenados en un disco duro encriptado con copia de seguridad en un USB drive evitando fugas de información) según la Ley Orgánica del 3/2018 sobre Protección de Datos de carácter personal. Además, de acuerdo con la Ley 41/2002, los datos referentes al estudio serán conservados durante por lo menos 5 años después la última intervención.

Por fin y para asegurar la validez de los resultados, el equipo investigador declarará no tener ningún conflicto ético y/o e intereses relacionados con el estudio. El anexo XX representa el documento de compromiso asegurando lo anterior que tienen que firmar el investigador principal (IP) y sus colaboradores.

## **11. Plan de trabajo.**

La duración de este estudio será de 15 meses y se llevará a cabo desde inicio de febrero 2022 hasta final de mayo 2023. Se dividirá en 4 etapas detalladas en el cronograma del **11.1**.

En cuanto al lugar de ejecución del estudio, se contactará el gimnasio “Wunder Training”, uno de los 3 centros de Barcelona que dispone de máquinas MedEX con ventaja de disponerlas en nombre suficiente para el estudio. Además, este centro tiene la capacidad de acogida y el material suficiente para realizar todas las sesiones necesarias y está acreditado por el Departamento de Salut de la Generalitat de Catalunya desde 2012.

### 11.1. Cronograma del estudio.

		TABLA Nº 7: CRONOGRAMA DEL ESTUDIO																																																																											
		FEBRERO 2022				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO 2023																											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																								
		<b>DISEÑO DEL PROYECTO</b>																																																																											
Búsqueda bibliográfica		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■																			
Envío documento al comité ética y obtención de los permisos		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■															
Creación y elaboración del proyecto		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■											
		<b>PREPARACIÓN DEL PROYECTO</b>																																																																											
Intercambio con la Federación y proceso de reclutamiento de los jugadores		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■															
Reclutamiento profesionales del estudio + infraestructura de acogida		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■											
Reunión telemática con Federación y organización pasos siguientes		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■											
Reunión con jugadores: entrega hoja informativa y firma CI, respuesta a dudas		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■							
Aleatorización y asignación grupos, recogida de datos jugadores		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■							
Reunión equipo: firma doc. confidencialidad, asignación tareas		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■							
Formación del equipo investigador		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
Reunión pre- intervención equipo: Briefing		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
		<b>PROTOCOLO= INTERVENCIÓN + SEGUIMIENTO</b>																																																																											
Evaluación inicial INTERVENCIÓN		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■							
Intervención 2 grupos		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
Evaluación final INTERVENCIÓN		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
Evaluación 12 semanas		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
Evaluación final ESTUDIO		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
		<b>ANÁLISIS DE DATOS</b>																																																																											
Recogida y organización de los datos		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■							
Análisis estadístico		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
Elaboración e informe final de los resultados		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■			
		MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO																											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																
Redacción de conclusiones		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■											
Redacción artículo científico en vista de publicarlo en revista fisioterapéutica		■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■											
		<b>DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO EN JORNADAS, CONGRESOS DE FISIOTERAPIA y REVISTAS CIENTIFICAS (POST- ESTUDIO)</b>																																																																											

## **12. Recursos necesarios.**

### **12.1. Recursos humanos y distribución de las tareas.**

- **Investigadora principal (IP)**, Hèlène Françoise Daniele para:

1- Reclutar los 2 fisioterapeutas MAT y el estadístico conforme a las características del estudio.

2- Ponerse en contacto con los responsables de la Federación de Voleibol (encargados de seleccionar los 2 entrenadores, el 3º fisioterapeuta e intercambiar con los clubs afiliados y con el médico de la Federación) y posteriormente relacionarse directamente con estos diferentes profesionales.

3- Formar a los entrenadores (educación al dolor, uso maquinas MedEX, instrucciones Anexo XIX) y Fisioterapeutas para uniformizar y optimizar las sesiones. Formar todo el equipo a reglas de seguridad.

4- Supervisar el desarrollo del estudio y la coordinación entre los diferentes profesionales del estudio.

5- Gestionar potenciales situaciones conflictivas o imprevistas pudiendo afectar el buen funcionamiento del estudio o llevar a la mala aplicación de los procedimientos.

6- Entregar y registrar informáticamente las hojas informativas, el CI y los compromisos de confidencialidad antes el inicio del protocolo. Registrará también la hoja de datos de cada participante atribuyendo respectivamente a cada uno un número de identificación.

7- Gestionará conjuntamente con el estadístico la recogida de datos y su posterior análisis y se encargará de elaborar la comunicación y la publicación del estudio.

- **1 médico deportivo (de la federación)** para:

1- Realizar la historia clínica y selección de los jugadores según los criterios diseñados por la coordinadora del estudio. **(2 grupos)**

- **2 fisioterapeutas MAT (graduados al último nivel de MAT con por lo menos 5 años de experiencia)** para:

1- Enseñar a los jugadores el procedimiento MAT.

2- Establecer registro MAT individual al final de la 1ª sesión y registrar la evolución en el ROM y fuerza al final de la ITV, 12 y 24 semanas. **(GE)**

3- Realizar las sesiones MAT de acuerdo con el protocolo.

○ **2 entrenadores deportivos de voleibol** para:

1- Supervisar las sesiones de ET respetando el protocolo y siguiendo las instrucciones definidas en el Anexo XIX.

2- Monitorizar los parámetros de progresión y asegurar la seguridad física de cada jugador.

3- Recuperará cada primer día de semana las hojas de registro de dolor diario de cada jugador (NPS diario) y las transmitirá al estadístico. **(1 por GE/ 1 por GC)**

○ **1 fisioterapeuta** para evaluar la mayoría de las variables:

1- Aplicar el test de provocación de dolor (NPS periódico), dar a rellenar el test VISA-SP y registrar los resultados al inicio, al final de la ITV, 12ª y 24ª semana.

2- Ira determinando el estado de recuperación de cada jugador al final de la ITV, 12ª y 24ª semana.

3- Irá transmitiendo los resultados al estadístico a medida que avance el estudio. **(2 grupos)**

○ **1 estadístico** para:

1- Realizar bases de datos y actualizar aquellas que se relacionan con los valores de las variables del estudio a lo largo del estudio. Si hay abandono/retirada de un jugador, registrará sus últimos datos.

2- Hacer el análisis estadístico.

3- Realizar la aleatorización de la muestra para la constitución de los grupos.

### **12.2. Recursos materiales.**

- Material de medición: 2 Goniómetros digitales, dinamómetro Biodex System 3.

- 2 camillas de Fisioterapia Eco Postural plegables para las sesiones MAT.

- Máquinas: 2 Leg Press MedEX, 2 Leg Extension MedEX, 2 Hack Squat MedEX.

- Material de gimnasio: 2 barras olímpicas con discos de diferentes pesos, 2 espalderas, 2 cintas elásticas.

- Material de oficina: ordenador portátil donde se centralizará la información, impresora, hojas y bolígrafos, pendrive y disco duro.
- Material de higiene: Gel hidro alcohólico, liquido desinfectante, toallas para desinfectar el material entre cada uso, sábanas individuales.

### 12.3. Presupuesto.

El Anexo XXI representa la organización y repartición de la muestra en vista de optimizar los recursos (materiales y humanos) y por lo tanto el presupuesto

**Tabla N° 8: Presupuesto del estudio**

Presupuesto sobre instalaciones			
ESPACIO	Nº	PRECIO	TOTAL
Bono alquiler Gimnasio Wunder Training (Sala + material)	1	40€/h (nº de hora =79.5h)	€ 3.180,00
Sala reunión/ formación Wunder Training	1	20€/h (nº de hora =14h)	€ 280,00
Presupuesto profesional			
PROFESIONAL	Nº	PRECIO	TOTAL
Fisioterapeuta 1 MAT	1	28 €/h (nº de hora = 62h)	€ 1.736,00
Fisioterapeuta 2 MAT	1	28 €/h (nº de horas= 62h)	€ 1.736,00
Fisioterapeuta 3 (Evaluad	1	cedido por Federación	€ -
Estadístico	1	28 €/h (nº de horas = 25)	€ 700,00
Medico deportivo	1	cedido por Federación	€ -
Entrenador (grupo experimental)	1	cedido por Federación	€ -
Entrenador (grupo control)	1	cedido por Federación	€ -
Presupuesto Material			
MATERIAL	Nº	PRECIO	TOTAL
Material de medición		cedido por Federación	€ -
Materiales Gimnasio+ higiene		Incluido en el bono del gimnasio	€ -
Material oficina			
Ordenador portátil	1	del Investigador principal	€ -
Pack Impresora + 2 tóner	1	140€/ unidad	€ 140,00
Disco duro externo	1	60€/unidad	€ 60,00
Pen drive 32 GB	1	15€/ unidad	€ 15,00
Bolígrafos pack 50	1	6.43€/unidad	€ 6,43
Pack papel A4 500 hojas	1	9€ / unidad	€ 9,00
Camilla plegable fija madera C3200 M61 (ECO POSTURAL)	2	303.24€/unidad	€ 606,48
Presupuesto final:			€ 8.462,48

### **13. Aplicabilidad y utilidad de los resultados.**

#### **13.1. Relevancia del proyecto y beneficios de su realización.**

Este estudio es el primero en la literatura científica en estudiar las técnicas de activación muscular como herramienta fisioterapéutica para el tratamiento del deportista con TR. La TR y tendinopatías en general, son objeto a una inmensa investigación que siempre choca con limitaciones a la hora de una recuperación completa y duradera.

MAT tienen un paradigma innovador por interactuar con el SN, evaluando la función muscular y proporcionando neurología (propiocepción) en zonas que carecen de control motor. MAT no solamente podría acelerar los procesos de recuperación, sino que también tiene esta dimensión preventiva que falta a la investigación en tendinopatía por incrementar el umbral de tolerancia al estrés mecánico de los músculos y así evitar potenciales lesiones o recidivas.

La obtención de unos resultados favorables con la realización del proyecto, podría abrir nuevas puertas de investigación dentro del campo de las tendinopatías, en su rehabilitación y prevención.

Más allá de esta afección, podrían constituir un recurso muy útil en el ámbito sanitario para toda población y patologías músculo esqueléticas y para mejorar el rendimiento deportivo dotando el cuerpo de recursos (coordinación inter/intra muscular) para gestionar óptimamente las fuerzas externas.

MAT tienen también la ventaja de poder realizarse fácilmente, sin necesidad de material costoso, tan solo una camilla y dos manos además de no ser invasiva o dolorosa para el paciente. Sin embargo, son unas técnicas que difícilmente se pueden protocolizar, por esto, serán los resultados del estudio que decidirán si merece la pena invertir más en ellas.

### **14. Plan de difusión de los resultados.**

Después la redacción del artículo científico, se irán difundiendo los resultados del estudio:

- Primero, se realizarán charlas informativas en las facultades de Fisioterapia de Cataluña y al Instituto Nacional del Ejercicio Físico de Barcelona y Lleida,

durante las jornadas dedicadas a la rehabilitación deportiva. También, se podrá intervenir en algunos eventos organizados por la Federación Catalana de Voleibol.

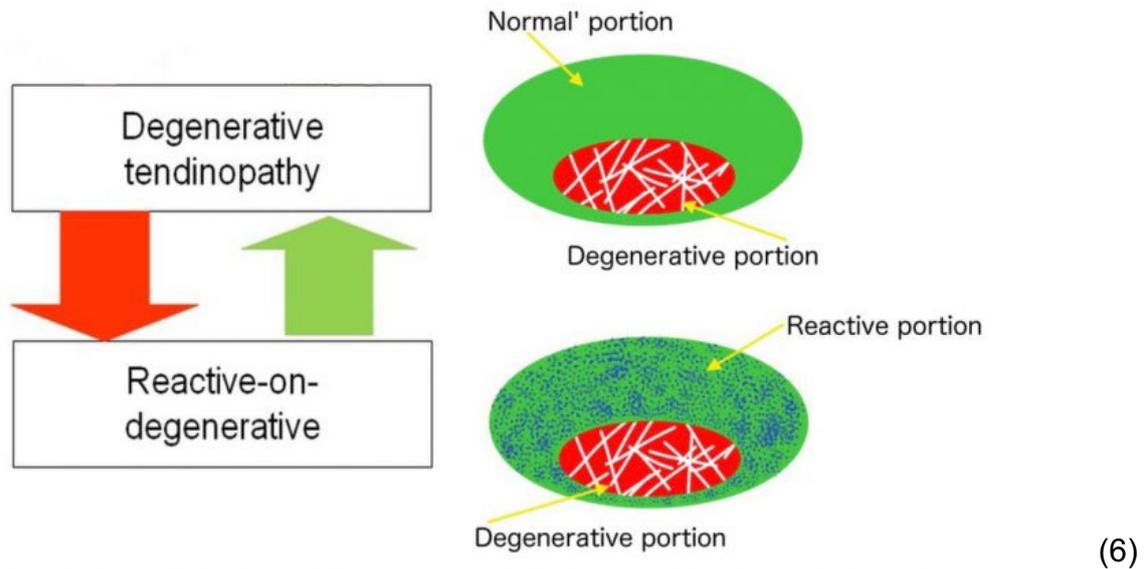
- Si lo anterior tiene éxito, se presentará el estudio en congresos como el Congreso Nacional de Prevención de Lesiones Deportivas o el Congreso Internacional de Fisioterapia y del Dolor que suelen suceder cada año.
- La siguiente intención será publicar el estudio en revistas relacionadas con la fisioterapia y el deporte con factores de impacto (FI) modestos y finalmente con mayor influencia. La tabla siguiente presenta los FI 2021 y previsual (en 5 años) según el “Journal Citation Report” (JCR), de las revistas donde se desea divulgar. (38)

**Tabla N° 9: Factores de impacto de las revistas internacionales**

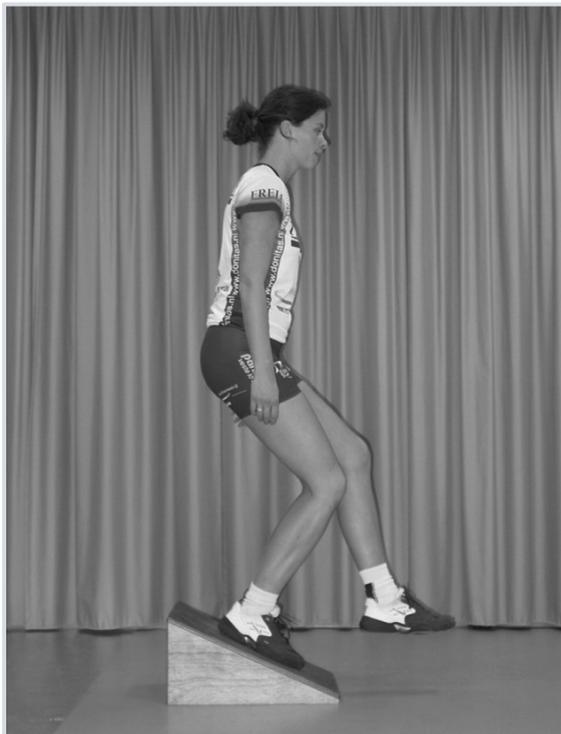
<b>Revistas científicas</b>	<b>FI: 2021 (JCR)</b>	<b>FI: 2026 (JCR)</b>
British Journal of Sports Medicine	13.8	7.084
Journal of Sports and Health Science	7.179	6.701
Journal of Physiotherapy	7.000	9.27
Journal of Orthopaedic & Sports Physical therapy	4.751	5.084
Journal of Science and Medicine in Sports	4.319	5.237
Physiotherapy	3.358	4.21
Physical Therapy & Rehabilitation Journal	3.021	4.365
International Journal of Sports Physical therapy	2.55	3.54
Physical Therapy in Sports	2.365	2.792
Apunts Medicina de l'Esport	0.5	0.531

## 15. Anexos.

### Anexo I: Representación del estado tendinoso “Reactivo sobre degenerativo”.



### Anexo II: Test de carga Single Leg Decline Squat.



**Figura N°3: Test de semisentadilla en plano inclinado.**

Estando en bipedestación sobre la pierna afectada con declive de 25°, el paciente deberá hacer sentadilla hasta 90° si posible manteniendo el tronco recto. El test se hace también sobre la pierna no afectada. Para cada pierna, el ángulo máximo de flexión de rodilla conseguido será registrado con el dolor asociado en la NPS. De una perspectiva diagnóstica, el dolor tiene que quedarse a la unión tendón/hueso y no propagarse durante el test. (39)

## Anexo III: Cuestionario de valoración VISA-SP (Spain Versión).

*Cuestionario de valoración VISA-P (Victorian Institute of Sports Assessment) : TEN DINOPATÍA ROTULIANA*

Este es un cuestionario para la valoración de la gravedad de los síntomas en individuos con tendinopatía rotuliana. El término "dolor" en el cuestionario hace referencia a la zona específica del tendón rotuliano.

Para indicar su intensidad de dolor, por favor, marque de 0 a 10 en la escala teniendo en cuenta que 0 = ausencia de dolor y 10 = máximo dolor que imagina.

1.- ¿Durante cuántos minutos puede estar sentado sin dolor?

0-15 min	15-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	>120 min
0	2	4	6	8	10

PUNTOS

2.- ¿Le duele al bajar escaleras con paso normal?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

3.- ¿Le duele la rodilla al extenderla completamente sin apoyar el pie en el suelo?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

4.- ¿Tiene dolor en la rodilla al realizar un gesto de "zancada" →  
(flexión de rodilla tras un movimiento amplio hacia delante con carga completa del peso corporal sobre la pierna adelantada)



Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

5.- ¿Tiene problemas para ponerse en cuclillas?

Sin problemas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

6.- ¿Le duele al hacer 10 saltos seguidos sobre la pierna afectada o inmediatamente después de hacerlos?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso/ Incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

*Cuestionario de valoración VIS A-P (Victorian Institute of Sports Assessment) : TEN DINOPATÍA ROTULIA NA*

7.- ¿Practica algún deporte o actividad física en la actualidad?

PUNTOS

- 0  No, en absoluto
- 4  Entrenamiento modificado y/o competición modificada
- 7  Entrenamiento completo y/o competición, pero a menor nivel que cuando empezaron los síntomas
- 10  Competición al mismo nivel o mayor que cuando empezaron los síntomas

8.- Por favor, conteste A, B o C en esta pregunta según el estado actual de su lesión:

- Si no tiene dolor al realizar deporte, por favor, conteste sólo a la pregunta 8A
- Si tiene dolor mientras realiza el deporte pero éste no le impide completar la actividad, por favor, conteste únicamente la pregunta 8B
- Si tiene dolor en la rodilla y éste le impide realizar deporte, por favor, conteste solamente la pregunta 8C

8A.- Si no tiene dolor mientras realiza deporte, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o practicando?

PUNTOS

- |              |               |               |               |              |
|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 0-20 minutos | 20-40 minutos | 40-60 minutos | 60-90 minutos | > 90 minutos |
| 6            | 12            | 18            | 24            | 30           |

8B.- Si tiene cierto dolor mientras realiza deporte pero éste no obliga a interrumpir el entrenamiento o la actividad física, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o haciendo deporte?

PUNTOS

- |              |               |               |               |              |
|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 0-15 minutos | 15-30 minutos | 30-45 minutos | 45-60 minutos | > 60 minutos |
| 0            | 5             | 10            | 15            | 20           |

8C.- Si tiene dolor que le obliga a detener el entrenamiento o práctica deportiva, ¿cuánto tiempo puede aguantar haciendo el deporte o la actividad física?

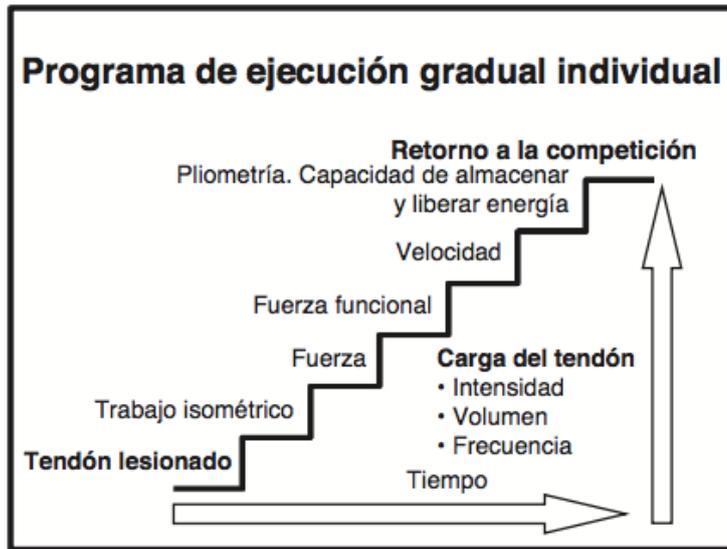
PUNTOS

- |      |              |               |               |              |
|------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Nada | 0-10 minutos | 10-20 minutos | 20-30 minutos | > 30 minutos |
| 0    | 2            | 5             | 7             | 10           |

**Puntuación Total:**  /100

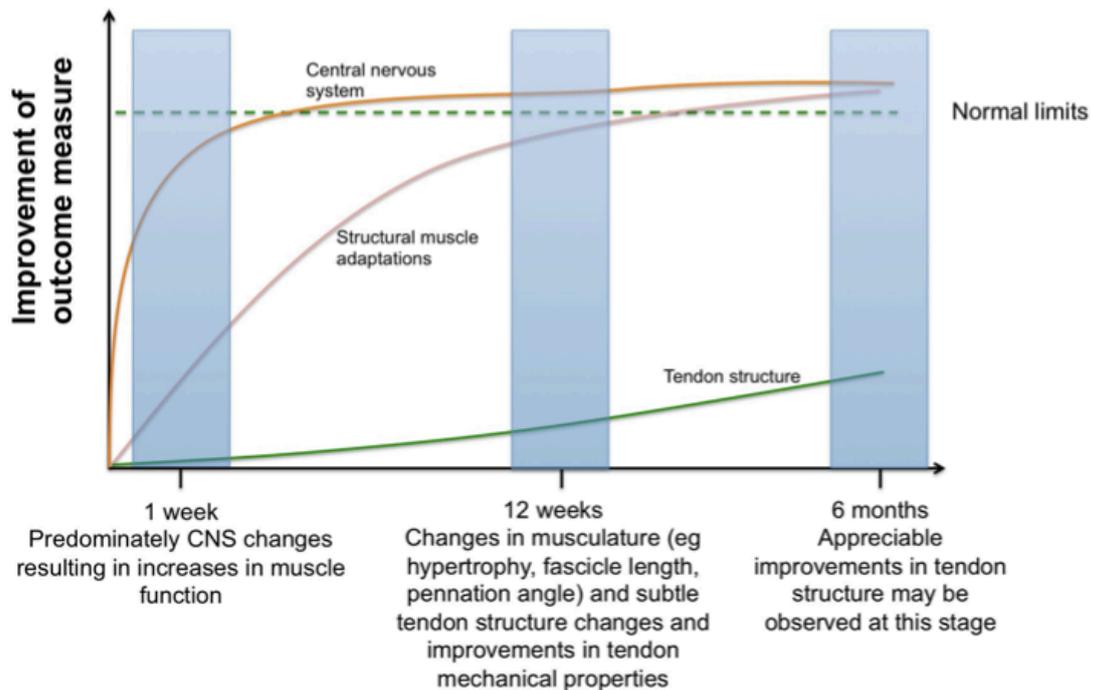
Nombre:..... Fecha: .....

**Anexo IV: Ilustración del programa de incorporación de la carga progresiva al tendón.**



(10)

**Anexo V: Gráfico de las contribuciones del SNC, musculatura y estructura del tendón en adaptación.**



Durante la 1ª semana de rehabilitación, cualquier mejora en la función es prioritariamente debida a cambios neuroplásticos en respuesta a la carga. Un incremento en la contribución del sistema muscular se vio aproximadamente en 6 a 12 semanas. Cualquier mejora apreciable en la estructura del tendón puede venir en un tiempo más largo a causa de la actividad metabólica lenta del tendón. Sin embargo, no hace falta normalizar la estructura para llegar a una adaptación positiva. (20)

## Anexo VI: Etapas de la técnica MAT.

### 1. Modelo MAT registrado (30)

- **Etapa 1: Evaluación del rango de movimiento (ROM).**

Se hace en **posición de máximo acortamiento** (uno de los signos de un músculo inhibido es una disminución del ROM activo que puede realizar sobre la articulación que actúa) y comparando ambos lados del cuerpo. La falta de movilidad dada por una falta de estabilidad es obvia cuando se detectan **asimetrías bilaterales**.

Objetivo: detectar rango articulares limitados y formular hipótesis de los músculos que no funcionan bien.

- **Etapa 2: Test de respuesta neuropropioceptiva.**

Estos test se hacen en posición de **máximo acortamiento** porque es cuando un músculo es lo más vulnerable al nivel propioceptivo.

Cuando un músculo se acorta, se acortan también sus husos musculares (parte central sensitiva y extremos) disminuyendo el disparo de aferencias hacia el SNC haciendo que se pierda propiocepción. Esto sucede porque sólo están estimuladas las motoneuronas alfa. Se necesita otro sistema de regulación para que se mantenga calibrado el huso mientras el músculo se vaya acortando: son las motoneuronas gamma responsable de contraer los extremos contráctiles de las fibras intrafusales dando lugar al estiramiento de la zona central de dichas fibras. (32,33)

Si se detectan **asimetrías de ROM**, se realizan **tests manuales musculares contra resistencia en todos los músculos (de la extremidad) implicados en el movimiento**. El activador aplica una fuerza de aproximadamente 10 kg, perpendicular al brazo de palanca, en sentido y dirección opuesta a la función muscular a evaluar. Si el paciente no puede resistir a esta fuerza “ahora” manteniendo una **contracción isométrica durante 2”**, significa que el músculo testeado falla.

Objetivos:

- 1- Priorizar e intentar aislar la acción específica de un músculo reduciendo o eliminando la participación de los músculos sinergistas o de mecánica similar
- 2- Confirmar sobre un grupo específico de músculos si realmente existe o no disfunción en uno o varios de ellos.

- **Etapa 3: Reactivación.**

Los músculos detectados “débiles/inhibidos” luego serán activados mediante:

- **Palpación manual propioceptiva** (estimulación de la **unión miotendinosa** de los músculos débiles).
- **Ejercicios ISOM de baja intensidad** (en posiciones de max acortamiento, 6” de contracción/6” relajación, 6 repeticiones). Tienen un **objetivo neurológico** (restablecer la correcta entrada gamma); por esto es importante respetar el nivel de intensidad bajo para no crear compensaciones (que se crearían también vía ejercicios ISOT que no harán caso al sistema propioceptivo).

Objetivo: facilitar al nivel propioceptivo la identificación de la nueva posición del movimiento y favorecer la activación del SNC que estimulará la contracción del músculo concernido.

- **Etapa 4: Valoración de los efectos de la intervención “re-test”**

Se repiten los tests del punto 2 en los músculos “débiles” y se reevalúa el ROM.

Objetivo: Comprobar la eficacia de la intervención (aumento de fuerza y del ROM)

- **Etapa 5: Refuerzo muscular.**

Después de activar (manualmente y con isométricos), se refuerzan los nuevos patrones con entrenamiento específico, a veces con máquinas específicas. (MedEX, Nautilus).

En esta etapa, lo imprescindible de parte del activador es conocer los perfiles de resistencia y dominar la biomecánica del ejercicio para proporcionar **estímulos adecuados** y lograr influir sobre la **dinámica interna** no visible desde fuera (= estudio de las fuerzas y movimientos intra-articulares imperceptibles al ojo humano).

## 2. Evolución en la realización de los tests (32,41)

- La evaluación del ROM (Etapa 1) se suele usar como “puerta de entrada” en la detección de disfunciones musculares en un fin de estructurar dicha intervención. Sin embargo, es importante no basar todo el proceso en él: se pueden detectar problemas musculares en sitios donde no hay restricción de ROM y una mejora en el ROM no significa mejora de la función muscular. Por lo tanto, se podría priorizar directamente los tests musculares (Etapa 2) y usar el ROM como habilidad complementaria.

- Con los últimos avances, la noción de “**escenario de fuerzas**” se substituye al término “test”, siendo más representativo de la realidad de la intervención:

→ Durante la realización del test, se ha de llegar al “**punto de encuentro**”: es el escenario en el cual se busca el equilibrio de fuerzas en una dirección concreta asegurando la comprensión mutua entre terapeuta y paciente antes de desafiar la musculatura para comprobar su repuesta. Si se empieza a retar la fuerza del paciente sin haber establecido claramente qué dirección se busca y qué articulación(es) debe intervenir, será mucho más fácil que el paciente compense sobreponiéndose este reto.

→ Tras montar el escenario del test, se realiza un “**in-crescendo**”: se sigue evaluando la capacidad que tiene la musculatura para seguir acortándose de forma activa respondiendo adecuadamente. Se hace incrementando el nivel de fuerza a través de pequeños movimientos concéntricos en los planos de trabajo secundarios buscando **ganancia neurológica**. Durante este proceso, es importante que la fuerza siga siendo limpia y sin compensaciones o co-contracciones.

- El “test” y “re-test” (etapas 2 y 4) no tienen que ser concebido simplemente como una evaluación de fuerza, pero como un **ejercicio de isometrías progresivas acumulativas (del máximo acortamiento hasta un ROM cada vez más alcanzable)** para sacar lo mejor posible del músculo que valoramos y no colapsar el sistema.

- Al final, no se trata de **cuánta** fuerza, sino de precisión (direcciones de fuerza, centros de masas, consistencia entre la fuerza, timing y posición), focalización

(foco interno/externo), posibles interacciones (anticipar las compensaciones, comportamiento del sistema de palancas humana), percepción (observar las diferentes acciones motoras, no tener ideas preconcebidas del resultado del test), adaptación (individualizar el test a la especificidad de la persona).

### **3. Modelo MAT actualizado** (32,41)

Con las aportaciones del punto anterior, la progresión en las etapas sería:

- **Etapa 1: Test de respuesta neuropropioceptiva bilateral.**

Se testea directamente la capacidad de un músculo de generar fuerza (desde el máximo acortamiento hasta ROM más alcanzables, en los dos lados del cuerpo) para un movimiento determinado analizando también si hay una diferencia de ROM bilateralmente. Se aplicarán los conceptos técnicos del punto anterior.

- **Etapa 4: Re Test bilateral.**

Igual que etapa anterior.

- **Etapas 3 y 5 igual que punto 1.**

Este segundo modelo es el que aplicaremos durante el protocolo de intervención.

**Anexo VII: Escala Numérica del dolor e intensidad del entrenamiento.**

Tabla N°10: Escala del dolor numérica correlacionada con la intensidad del entrenamiento				
0	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10
Dolor Ausente	Dolor leve	Dolor moderado	Dolor intenso	Máximo dolor
		modificante de función		
Intensidad segura		Excesiva intensidad		

Elaboración propia inspirada del (10): graduación del dolor por grupos de valores: 0 ausencia dolor, 1-2-3 leve, 4-5-6 moderado, > 7 severo traduciendo una modificación en la función del tendón.

## Anexo VIII: Hoja informativa del estudio.

### INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES

Los miembros del equipo de investigación **“MAT en tendinopatía rotuliana”**, dirigido por **Hélène Françoise DANIELE**, estamos llevando a cabo el proyecto de investigación: **“Eficacia de las Técnicas de Activación Muscular (MAT) como herramienta fisioterapéutica en la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol: ensayo clínico aleatorizado.”**.

MAT son unas técnicas a base de tests, palpación y ejercicios de baja intensidad que procuran restablecer la conexión entre el SN y los músculos detectados débiles neurológicamente y así corregir los desequilibrios musculares al origen de dolor y lesiones. Este proyecto tiene por objetivo **determinar si estas técnicas combinadas con ejercicio fisioterapéutico mejoran la recuperación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol.**

Para esto, cada participante será asignado aleatoriamente a uno de los 2 grupos siguientes: un 1<sup>a</sup> grupo que recibirá una intervención MAT combinada a un programa de ejercicios terapéuticos, un 2<sup>a</sup> grupo recibirá solamente el programa de ejercicios. En el proyecto participa la **Federación Catalana de Voleibol** en colaboración con los clubs de voleibol de Barcelona y sus ciudades anexas. En el contexto de esta investigación le pedimos su colaboración para que participe al presente estudio ya que usted cumple los siguientes criterios de inclusión siguientes:

- **Ser jugador masculino semiprofesionales de voleibol indoor**
- **Tener entre 15 y 30 años**
- **Haber sido diagnosticado con tendinopatía rotuliana unilateral por médico capacitado y con más de 2 meses de evolución,**
- **Entrenar por lo menos 3 días a la semana y por lo menos 2 horas por entrenamiento.**

**- Haber firmado el documento de consentimiento informado.**

Esta colaboración implica participar en **las 3 fases del protocolo**, es decir:

- las **2 primeras fases de intervención** que corresponden al tratamiento de tendinopatía: tendrá una duración de 9 semanas, se iniciará y se acabará por una sesión de valoración.
- la **3ª y última fase de post- intervención** que corresponden al seguimiento: tendrá una duración de 15 semanas dónde se realizará dos valoraciones: una a las 12ª semana y una al final del protocolo es decir a las 24ª semana.

Todos los participantes tendrán asignado un código que evitará la identificación directa del participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación, siendo tratadas de manera confidencial bajo la responsabilidad del investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante **un acceso securizado mediante clave de acceso al disco duro que será encriptado tal como el pendrive de respaldo**, y únicamente tendrán acceso a los mismos la IP y el estadístico encargados de gestionarlos.

Se podrá dirigir en cualquier momento al IP o la institución del cual pertenece, para ejercer sus derechos que reconoce la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. En la página web de la institución al cual pertenece el IP encontrará más información sobre su política de protección de datos y la forma de ejercer sus derechos.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda. Puede contactar con nosotros a través del formulario que encontrará en nuestra página web: **[www.estudio.mat.tendinopatiarotuliana.com](http://www.estudio.mat.tendinopatiarotuliana.com)**.

(42)

## Anexo IX: Hoja de Consentimiento Informado.

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo: NOMBRE.....

APELLIDOS.....

mayor de edad, con DNI....., actuando en nombre e interés propio

#### DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto **“Eficacia de las Técnicas de Activación Muscular (MAT) como herramienta fisioterapéutica en la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol: ensayo clínico aleatorizado.”** del que se me ha entregado la hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado/a de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos y de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales.

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos identificadores sean suprimidos, exceptuando que se podrían conservar si se anonimizan de manera que no se pueden vincular a mi persona. **Durante todo el estudio y posterior a ello:** Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

**DOY MI CONSENTIMIENTO A:**

Participar en el proyecto **“Efectividad de las Técnicas de Activación Muscular (MAT) como recurso fisioterapéutico en la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol”**.

Que el equipo de investigación: **“MAT en tendinopatía rotuliana”** y a la Dra. **Hélène Françoise DANIELE** como investigadora principal, puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en el Reglamento General de Protección de Datos y en la ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y normativa complementaria.

Que el equipo **“MAT en tendinopatía rotuliana”** conserve todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los términos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recogidos.

En....., el.....del 2022

**FIRMA PARTICIPANTE**

**FIRMA DE LA IP**

(42)

## **Anexo X: Hoja de recogida de datos de los participantes.**

### **- DATOS PERSONALES.**

- Nombre:
- Edad y Fecha de nacimiento:
- Club deportivo:
- Móvil de contacto y Correo electrónico:

### **- DATOS ANTROMÉTRICOS.**

- Peso (kg):
- Altura (cm):

### **- DATOS DEPORTIVOS.**

- Posición ocupada en el terreno:
- Número de entrenamientos por semana:
- Duración media de cada entrenamiento:
- Intensidad de los entrenamientos:      Leve.      Moderada.      Elevada.
- Número de partidos por semana:
- Pierna dominante:

### **- HISTORIAL LESIONAL.**

- Número de episodios previos de tendinopatía rotuliana:
- Lesiones músculo esqueléticas previas (ser lo más preciso posible):
- Intervenciones quirúrgicas previas relacionadas:

En....., el.....de 2022.

Firma del participante

## **Anexo XI: Descripción del Protocolo.**

Para llegar a los objetivos planteados, se eligió diseñar un protocolo con un periodo de intervención y post- intervención de **24 semanas, repartido en 3 fases:**

1- Las **2 primeras FASES** corresponden a las **9 semanas de intervención (ITV)** con **27 sesiones** para cada grupo:

- La **FASE 1** durará **1 semana**: (precedida por la 1ª sesión MAT evaluativa el lunes para el GE). Contará ET ISOM, 3 sesiones por día (1 de ITV; las otras en casa) los martes, jueves y sábado para los 2 grupos. Para el GE, las sesiones MAT se realizarán justo antes a cada sesión de ET ISOM de ITV es decir 1 sesión los mismos días.

Esta fase que tiene objetivo de disminuir el dolor es importante para la fase 2 para el cálculo correcto de las RM ya que el dolor podría limitar el jugador y no reflejar su real capacidad a generar fuerza.

- La **FASE 2** durará **8 semanas** y combina a días alternos el programa HSRT modificado \* (con MAT para GE) con ET ISOM:

→ Los **ET ISOM** serán iguales que los de la fase 1, pero las sesiones se reducirán a 2 por día y solo se realizarán en casa (no habrá sesiones de ITV) respetando la regla de las 2h mínimo entre cada sesión. Tendrán lugar los martes, jueves y sábado para los dos grupos.

→ El **programa HSRT (High Slow Resistance Training) modificado\*** que se eligió por su simplicidad de aplicación, sus resultados eficientes y progresión precisa y motivante lo que procura adherencia y satisfacción elevada.

Se trata de realizar 3 sesiones de 3 ejercicios bilaterales isotónicos 3 veces a la semana con aumento progresivo en la carga basada en las RM. Ocurrirán a días alternos con los ET ISOM o sea el lunes, miércoles y viernes para los 2 grupos. Para el GE, las sesiones MAT se realizarán justo antes de cada sesión HSRT es decir 1 sesión los mismos días.

\*Adaptaremos el programa HSRT para las necesidades del estudio. Reduciremos de 4 semanas el tiempo del programa de base añadiendo la 1ª

semana de ET ISOM previa lo que permetrà calcular con mayor precisión la 1RM de cada jugador (que el cálculo correcto no sea sesgado por el dolor) y poder empezar directamente el programa a 65% de carga máxima. Además, el alterno con ET ISOM optimizara la progresión en las cargas durante el tiempo.

Esto nos permitirá hacer valoración **al final de la ITV (a las 9 semanas)**, y un **seguimiento a las 12 semanas (3 meses)** (que es el tiempo necesario normalmente para poder valorar cambios en la funcionalidad del deportista) y **a las 24 semanas (6 meses)** (tiempo potencialmente necesario para poder notar cambios estructurales en el tendón).

2- La **3ª FASE** corresponde al **seguimiento post-ITV**, serán **sesiones de valoración**, y como se menciona anteriormente se hará 3 semanas después de la ITV seguida de 12 semanas.

**PS:** Los jugadores seguirán entrenando en paralelo del protocolo en su Club respetivo, pero se aconsejará durante las 3 primeras semanas disminuir la frecuencia (2 veces x semana), intensidad y volumen de los entrenamientos. Los ejercicios funcionales con aumento de velocidad y ejercicios pliométricos y de saltos con almacenamiento de energía deberán ser reducidos durante este periodo.

## Anexo XII: Registro 1ª sesión MAT (Pre-Fase).

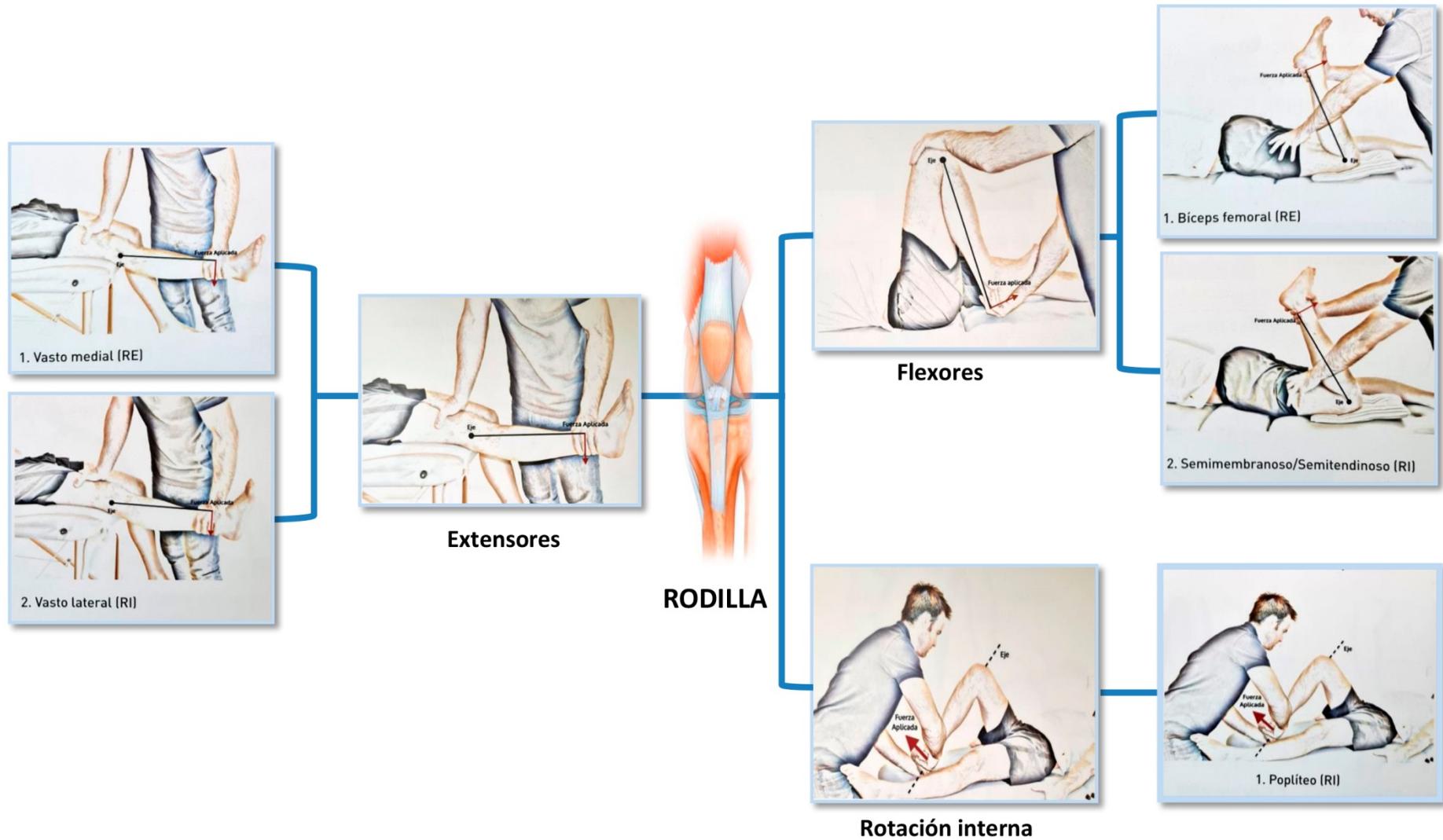
Tabla Nº11: Registro 1a Sesión MAT					
Número de identificación:					
Músculos	Evaluación fuerza muscular (0-1-2-3) 0-1: Débil / 2: con falta / 3: Buena		Evaluación ROM (grados)		Reactivación (Si/No) Fuerza 0-1-2 y/o diferencia ROM > 10°
	Derecho	izquierdo	Derecho	izquierdo	
<b>Músculos columna:</b>					
Recto ant abdomen					
Oblicuo externo					
Oblicuo interno					
Transverso fibras sup					
Transverso fibras inf					
Iliocostal					
Cuadrado lumbar					
Multifidos					
<b>Músculos cadera:</b>					
Recto ant cuádriceps					
Sartorio					
Grácil					
Iliopsoas					
TFL					
Pectíneo					
Glúteo mayor					
Glúteo medio fib medias					
Glúteo medio fib ant					
Glúteo medio fibras post					
Aductor largo					
Add mayor					
Pelvitrocantericos					
<b>Músculos rodilla:</b>					
Vasto interno					
Vasto lateral					
Bíceps femoral					
Semitendinoso/ membranoso					
Poplíteo					
<b>Músculos tobillo:</b>					
Gastrocnemios					
Tibial ant					
Peroneo corto					
Peroneo largo					
Tibial post					

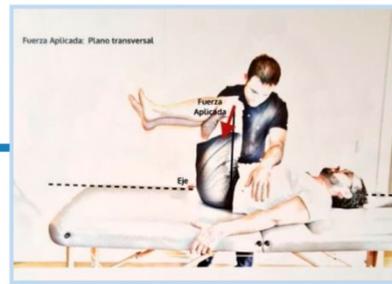
**Anexo XIII: Registro de las sesiones MAT (Fase 1,2).**

**Tabla Nº 12: Registro individual sesiones MAT (ejemplo para un paciente con 8 músculos deficientes)**

Número de identificación:										
Músculos débiles	Evaluación fuerza muscular PRE-reactivación (0-1-2-3) 0-1: Débil/ 2: Media/ 3: Buena		Evaluación ROM PRE- reactivación (grados)		Reactivación (Si/No) Fuerza 0-1-2 y/o diferencia ROM > 10°	Evaluación fuerza muscular POST- reactivación		Evaluación ROM POST reactivación		Ejercicios previstos
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo		Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	
<b>Sesiones 1</b>										
Oblicuo externo										
Cuadrado lumbar										
Iliopsoas										
Glúteo mayor										
Vasto interno										
Poplíteo										
Gastrocnemios										
Tibial post										
<b>Sesiones 2..</b>										
Mismos 8 músculos										
<b>..Sesiones 27</b>										

**Anexo XIV: Test muscular MAT (Pre-fase, Fase 1,2). (41)**





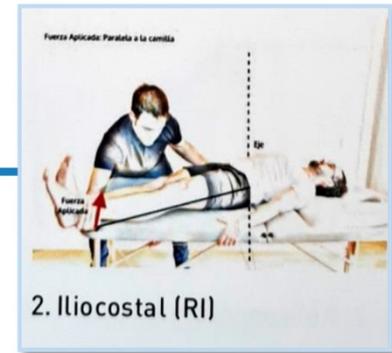
Rotación

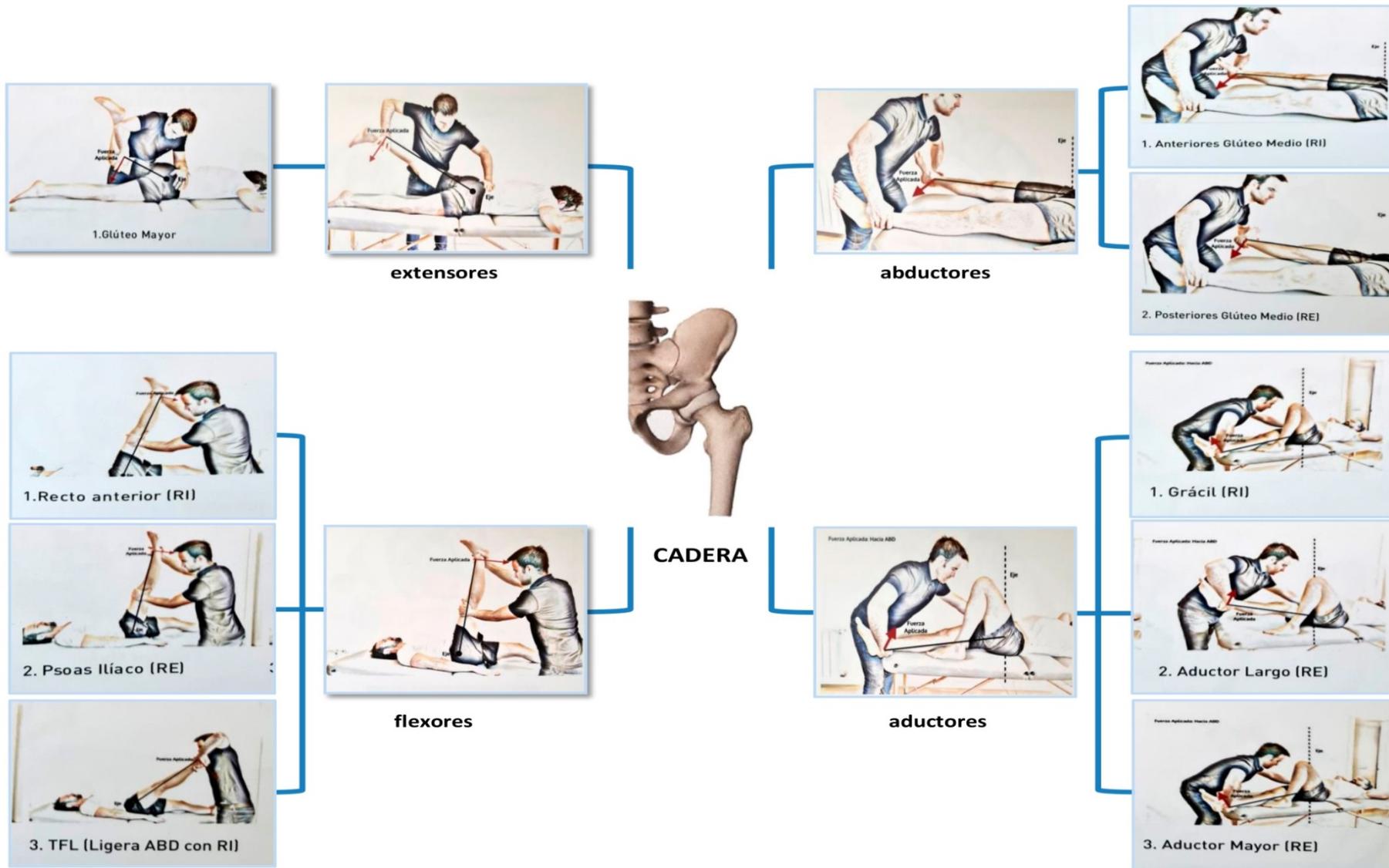


COLUMNA VERTEBRAL



flex. lateral





## **Anexo XV: Descripción de los test musculares.**

La mano que no ejerce la fuerza en general no fija, bloquea o ejerce resistencia, solo estabiliza el evaluador y da feedback al paciente (P).

- **CADERA:**

**Extensores de cadera:** P en DP, con la mano del evaluador colocada al nivel ilíaco.

- Extensión (Ext) (test genérico): con el P manteniendo estirada la pierna a 30° de extensión, se aplica fuerza a 90° sobre extremo distal de la articulación TP (tibio-peroneal).

- Glúteo mayor: con la rodilla flexionada a 90°, se aplica fuerza a 90° sobre el extremo distal del fémur descoaptando. (Variante con las 2 manos descoaptando y aplicando fuerza a 90°)

**Flexores de cadera:** P en DS, colocando la extremidad inferior a valorar en flexión (una mano del evaluador sobre la rodilla en Ext, la otra al nivel extremo distal de la articulación TP).

- Flexión (Flex) (test genérico): con el P manteniendo la rodilla en extensión, aplicamos una fuerza hacia abajo perpendicular al extremo anterior distal de la articulación TP.

- Recto anterior (Flex + rotación interna RI): igual que lo anterior con el P manteniendo la cadera en RI antes de aplicar fuerza contraria.

- Psoas ilíaco (Flex + rotación externa RE): igual que lo anterior colocando la cadera en RE antes de aplicar fuerza contraria.

- Tensor de la fascia lata (Flex + ligera abducción: abd + RI): igual que lo anterior con el P manteniendo la cadera en RE + se aplica ligera abd antes de aplicar fuerza contraria oblicua. En este caso, se coloca la mano en el extremo distal de la articulación TP de la pierna contralateral.

**Abductores de cadera:** P en DS, colocando una mano sobre el 1/3 medio tibial de la extremidad inferior contralateral.

- Glúteo medio (test genérico): Con pierna estirada, aplicamos la fuerza hacia adducción (add) perpendicularmente sobre la parte lateral del tobillo de la extremidad inferior a evaluar.

- Glúteo medio fibras Ant (Abd + componente Flex/RI): igual que lo anterior con P manteniendo cadera en Flex/RI antes de aplicar fuerza contraria (add).

- Glúteo medio fibras Post (Abd + componente Ext/RE): igual que lo anterior con P ejerciendo RE cadera suave vía contracción del glúteo mayor (**se genera RE reversa por cambio volumétrico**) que soltará antes aplicar fuerza. Esto es para que el P “no se vaya de pelvis” (riesgo que nos cambie el plano del test y que influyen los flexores cadera).

Mantendremos la cadera en ligera Flex para que el P pueda ejercer la componente extensora y ejerceremos fuerza hacia arriba y add (vector oblicuo interno).

**Aductores de cadera:** P en DS, colocando una mano sobre la espina ilíaca antero superior (EIAS) de la extremidad a valorar.

- Add (test genérico): con rodilla en Ext, aplicamos la fuerza hacia abd perpendicular sobre la parte interna del tobillo de la extremidad inf a evaluar.

- Grácil (Add + RI): igual que lo anterior, el P manteniendo RI cadera antes de aplicar fuerza de vector opuesto.

- Aductor Largo (Add + Flex+ RE): igual que lo anterior, con Flex cadera para alinear el músculo en el plano frontal, el P manteniendo RE cadera antes de aplicar fuerza de vector opuesto.

○ **RODILLA:**

**Extensores de rodilla:** P en SED, se coloca una mano en 1/3 distal del fémur y con la pierna estirada se aplica fuerza hacia Flex perpendicular a nivel del extremo distal de la tibia. (test genérico).

- Vasto Medial (Ext + RE): igual que anterior con RE activa de rodilla antes de aplicar fuerza contraria.

- Vasto Lateral (Ext + RI): igual que anterior con RI activa de rodilla antes de aplicar fuerza contraria.

**Flexores de rodilla:** P en DS, con Flex cadera y rodilla, una mano colocada sobre la rótula.

- Bíceps femoral (Flex + RE): P en DS con rodilla Flex y manteniendo activamente la componente RE, se coloca mano en extremo proximal del muslo, se aplica fuerza contraria a nivel posterior del tobillo.

- Semimembranoso/Semitendinoso (Flex + RI): igual con componente RI.

**Rotadores de rodilla**: P en DS, con la cadera de la extremidad a valorar flexionada y la rodilla a 90° de flexión.

- Poplíteo (RI tibial): se coloca el pie en el aire en flexión dorsal y add, con una mano sobre el calcáneo y se aplica con la otra mano (posicionada lo más cerca de los maléolos) una fuerza hacia RE perpendicular al borde medial del pie (rotación tibia sobre su eje longitudinal). Me puedo fijar en el giro de la tuberosidad tibial.

○ **COLUMNA:**

**Rotadores de Columna**: P en DS agarrándose a los bordes externos de la camilla, una mano en costillas inf contralat (1 y 2). P en SED con Flex ligera de rodilla (o al borde camilla), una mano en costillas inf (3).

1- Transverso fibra inf (Rot homolat columna): Se coloca la pierna a valorar en triple Flex y se lleva hemipelvis y el lado de columna a valorar en rotación homolat y se aplica una fuerza perpendicular sobre la parte medial de la rodilla en el plano transversal.

2- Oblicuo interno (Rot + Flex homolat columna): igual que lo anterior, pero aplicando una fuerza en plano transversal ligeramente oblicuo.

3- Transverso fibras sup (Rot contralat columna): Se lleva el lado de columna a valorar en rotación contralat y se aplica una fuerza rotacional sobre la parte lateral del antebrazo en el plano transversal.

**Flexores de columna**

- Cuadrado lumbar (flexión homolat columna): P en DS, se colocan las piernas juntas del lado a valorar con columna recta, el pubis apuntando hacia maléolos, la mano proximal del evaluador fija el trochanter mayor contralateral del lado a testear para generar pivote y apertura. Se pide al P que haga una Ext lumbar máxima y mantenga las piernas juntas (evita compensar con abd cadera) y se aplica una fuerza paralela a la camilla hacia Flex contralat.

- Iliocostal (Flex homolat columna + RI cadera): igual con la cadera del lado homolat a valorar en RI.

- Multifidos (Flex homolat + RE cadera): igual con la cadera del lado homolat a valorar en RE.

**Anexo XVI: Ejercicios terapéuticos isométricos (Fase 1,2).**



1. Leg extension unilateral (MedEX)



2. Wall sit bilateral 45 - 90°.



3. Catalan squat bilateral 45°- 90°.



4. Wall Sit unilateral 45°- 90°.



5. Lunge bilateral a 90° con estrés activo (afecta pierna atrás)

(10)

## Anexo XVII: Hoja de registro diario del dolor de las sesiones ET (Fase 1,2).

### Número Identificación:

1- Apuntar **cada día** el **promedio del dolor** sentido durante el día de ejercicios (ISOM/HSRT) y el **tiempo de contracción\*/grado flexión\*\*** hasta no > 4 para los ejercicios ISOM.

2- Referirse a la *Escala Numérica de Dolor* para adaptar **cada sesión ISOM**.

- **DOLOR < 4 después horas siguientes o en SDLS del día siguiente:** Subir el tiempo/ flexión
- **4 < DOLOR <6 después horas siguientes o en SDLS del día siguiente:** Mantener el tiempo/ flexión y si persiste, bajar parámetros anteriores.
- **DOLOR > 6 después horas siguientes o en el SDLS del día siguiente:** Bajar el tiempo/ flexión

Y **cada sesión HSRT**.

- **DOLOR > 5 durante sesión y no desaparece antes la sesión siguiente**  
o **DOLOR > 4 SDLS día siguiente:** Bajar la carga **SINO** seguir progresión pautada.

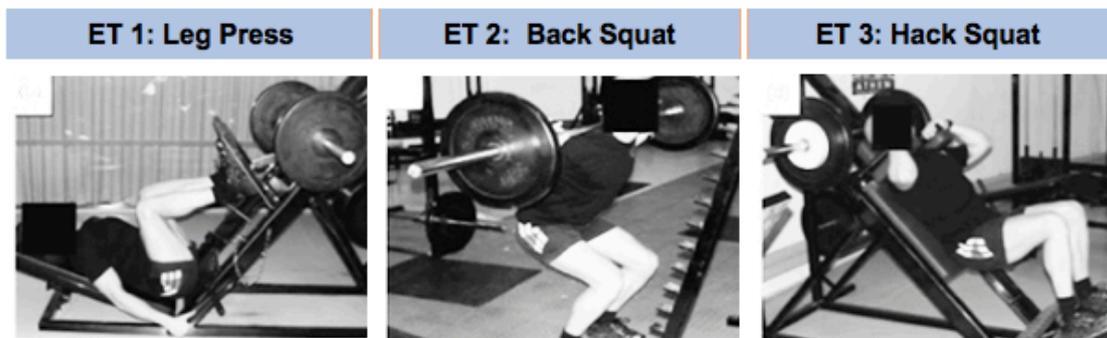
Tabla N°13: Auto-monitorización de las sesiones de ejercicios terapéuticos							
*segundos de contracción hasta no > 4 para los ISOM							
** Grado de flexión/extensión aplicado al tendón solo ISOM							
		Lun	Mar	Miér	Jue	Vier	Sáb
Semana 1	Dolor medio		/		/		/
	Tiempo*/flexión**						
Semana 2	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
Semana 3	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
Semana 4	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
Semana 5	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
Semana 6	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
Semana 7	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
Semana 8	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
Semana 9	Dolor medio						
	Tiempo/flexión	/		/		/	
<b>ANOTACIONES:</b>							

## Anexo XVIII: Hoja de registro de las sesiones HSRT (Fase 2):

Número de identificación:

Semanas	Repeticiones	% RM
2	12	65
3-4	10	78,6
5-6	8	80,4
7-9	6	85,8

Dolor autorizado durante ET	Ejecución de los ET
Un dolor de 5 está permitido durante los ET, pero tiene que haber desaparecido antes de la sesión siguiente.	Cada repetición dura 6 segundos: 3 de subida y 3 de bajada



→ 3 veces por semana	→ 3 series (Semana 2) / 4 series (otras semanas)
→ 3 min de reposo entre cada serie	→ 5 min de reposo antes ET siguiente

Semana 2					Semana 3-4				
	Dolor sesión 1	Dolor sesión 2	Dolor sesión 3	Peso		Dolor sesión 1	Dolor sesión 2	Dolor sesión 3	Peso
ET 1					ET 1				
ET 2					ET 2				
ET 3					ET 3				

Semana 5-6.					Semana 7-9				
	Dolor sesión 1	Dolor sesión 2	Dolor sesión 3	Peso		Dolor sesión 1	Dolor sesión 2	Dolor sesión 3	Peso
ET 1					ET 1				
ET 2					ET 2				
ET 3					ET 3				

## Anexo XIX: Hoja de instrucciones a destinación de los entrenadores para las sesiones ET.

### 1- Durante las fases 1 y 2:

- **Educar al jugador al dolor** y promover **su participación en la monitorización de los parámetros de progresión** (carga de entrenamiento, tiempo, velocidad) facilitando su implicación en el programa de entrenamiento y su sentido de pertenencia.
- Supervisar las sesiones de ET: Aplicará **técnicas de distracciones del foco de atención\*** (frases motivacionales, doble tarea: incorporar elementos lúdicos como pelotas voleibol etc) para disminuir la actividad cerebral en zonas vinculadas con el dolor y, por lo tanto, la hipervigilancia del jugador. (43,44)
- Siempre entrenar el lado contralateral de igual manera por el fenómeno de **“cross educación”** visto durante la formación. (45)
- Facilitar el uso de **estímulos auditivos externos como metrónomos** que marcará el tiempo bajo tensión para los ET ISOM y el ritmo de contracción (3” concéntrico/ 3” excéntrico) para los ET HSRT.

Cada deportista tendrá que disponer de su móvil para usar un metrónomo de 60 bpm (mejor impacto lóbulo temporal).

*Figura N°4: Metrónomo de Youtube*



## 2- Durante la fase 1:

- Supervisar las sesiones de ET ISOM presenciales (buena ejecución, seguridad):
  - 1- ayudar el deportista a adaptar el grado de flexión de 45- 90° en función de su dolor.
  - 2- ser atento a evitar la fatiga muscular: el temblor muscular durante la ejecución es una señal de fatiga y hay que parar el ejercicio, **registrar el tiempo en la hoja de registro diario** para empezar de esta base a la sesión siguiente.
- Recordar a los pacientes que tienen que realizar 2 otras sesiones durante el mismo día fuera de la intervención respetando un mínimo de 2h entre cada sesión y **rellenando la hoja de registro diario del dolor**.
- Registrar **los promedios de dolor diario de la hoja de registro** de cada paciente antes de empezar la fase 2.

## 3- Durante fase 2:

- Supervisar las sesiones **de ET HSRT** (buena ejecución, seguridad, repartición, turnos y sincronización en las máquinas).

En particular, **recuerdo sobre el funcionamiento de las MedEX** evocado en formación: hemos optado por este tipo de máquinas por su calidad (baja fricción, progresión en las cargas, bajo efecto inercial que consigue en el desplazamiento de sus pesos) y **perfil de resistencia más asimilable a lo que nos encontramos en la realidad** (curvas de fuerza ajustadas al cuerpo humano), lo que nos interesa para acercarnos de un perfil más funcional durante el protocolo.

Sin embargo, aunque proporcionan seguridad, se están adaptando a la fuerza del individuo, es decir que no tienen la velocidad constante de una máquina isocinética. Por esto, tendremos que ir educando al participante a mantener esta velocidad durante todo el recorrido y ser prudente durante las transiciones concéntrica/excéntrica para no estresar el tendón.

- Ayudar si necesario el paciente a **rellenar la hoja de seguimiento HSRT** prevista para estas sesiones. (carga y dolor)
- Calcular al inicio de la 1ª sesión de HSRT, las RM de cada jugador y cada ejercicio y ayudarles a **rellenar la parte correspondiente a “Peso” de la hoja de registro HSRT**. Volver a valorar las RM cada 2 semanas

## **Anexo XX: Hoja de compromiso de confidencialidad y protección de los datos.**

Dra Hélène Françoise DANIELE, declara :

- Que acepta participar, supervisar y coordinar el estudio: **“Eficacia de las Técnicas de Activación Muscular (MAT) como herramienta fisioterapéutica en la rehabilitación de la tendinopatía rotuliana en deportistas semiprofesionales de voleibol: ensayo clínico aleatorizado.”**.
- Que el estudio sigue las reglas éticas aplicables a los estudios de este tipo.
- Que acepta la responsabilidad de Investigadora Principal con las reglas éticas relacionadas con los estudios de este tipo.
- Que dispone de los recursos humanos y materiales suficientes realizar este estudio y que dicho estudio no interfiere en la ejecución de otros tipos de estudios o en su trabajo diario.
- Que se compromete a que cada participante sea tratado y controlado en conformidad con lo establecido en el protocolo permitido por el Comité Ético de la Investigación de la Universidad Ramón LLULL.
- Que se compromete a cumplir la Ley Orgánica 15/99, de Protección de Datos de Carácter Personal durante todo el estudio.
- Que se compromete a cumplir la Ley 41/2002 relativa a la conservación de los datos.
- Que no está implicado en ningún conflicto ético y/o e intereses relacionados con el estudio.

Colaborarán: (nombre de los profesionales del estudio)  
que se comprometen a lo mismo anteriormente citado.

En....., el.....de 2022

Firma IP:

Firma de los miembros del equipo colaborador:

## Anexo XXI: Organización y repartición de la muestra.

### Organización y repartición de la muestra para cada intervención

**Muestra:** 32 jugadores

**1a sesión MAT individual:** 30 min (1 sesión)

**Sesión MAT individual:** 15 min (27 sesiones)

**Sesión ET grupal:** 30 min de ISOM o HSRT (27 sesiones)

**Crupo experimental (GE) : 16 jugadores**

#### Sesión MAT inicial (9h - 13h) 2 turnos = 4h

**1º turno  
(9h -11h)  
8 jugadores**

**MAT (9h):**

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 1** (2h)

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 2** (2h)

**2º turno  
(11h -13h)  
8 jugadores**

**MAT (11h):**

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 1** (2h)

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 2** (2h)

#### Intervenciones siguientes (MAT + ET) 2 turnos = 2h30

**1º turno  
(9h -11h)  
8 jugadores**

**MAT (9h):**

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 1** (1h)

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 2** (1h)

**ET (10h):**

8 jugadores : **Entrenador GE** realiza sesión ET grupal (30 min)

**2º turno  
(10h -11h:30)  
8 jugadores**

**MAT (10h):**

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 1** (1h)

4 jugadores : **fisioterapeuta MAT 2** (1h)

**ET (11h):**

8 jugadores : **Entrenador GE** realiza sesión ET grupal (30 min)

**Crupo control (GC) : 16 jugadores**

#### Intervenciones ET 2 turnos = 1h

**1º turno  
(9h -9h:30)  
8 jugadores**

**ET (9h):**

**Entrenador GC** realiza sesión ET grupal (30 min)

**2º turno  
(9h:30 -10h)  
8 jugadores**

**ET (9h30):**

**Entrenador GC** realiza sesión ET grupal (30 min)