

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN FISIOTERAPIA**



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS EJERCICIOS  
NEURODINÁMICOS EN JUGADORAS DE VOLEIBOL.  
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.”**

**AUTOR:** VALERA SANTANA, MARCOS

**N.º EXPEDIENTE:** 0224

**TUTOR:** CARLOS LOZANO QUIJADA

**DEPARTAMENTO:** PATOLOGÍA Y CIRUGÍA

**ÁREA:** FISIOTERAPIA

**CURSO ACADÉMICO:** 2021-2022.

**CONVOCATORIA:** JUNIO 2022



## INDICE

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
Objetivos .....	9
<b>Material y método .....</b>	<b>10</b>
Diseño de estudio .....	12
Participantes .....	15
Intervenciones .....	15
Análisis estadístico .....	21
<b>Expectativas de futuro .....</b>	<b>23</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>25</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>26</b>

## RESUMEN

*Introducción:* Las tareas específicas del voleibol requieren de un calentamiento previo al partido o entrenamiento para lograr un rendimiento óptimo. La neurodinámica es una técnica que consiste en la movilización del tejido neural y parece ser una intervención beneficiosa si se incluye en el calentamiento. *Objetivo:* Evaluar los efectos de la movilización neural del nervio ciático y del femoral sobre el rango de movimiento activo de miembros inferiores y sobre el salto vertical en el calentamiento. *Material y método:* Se reclutarán jugadoras senior (+ 18 años) que practican voleibol en Alicante. Las jugadoras no serán aleatorizadas, recibiendo el mismo grupo una intervención de calentamiento clásico (trote durante 5 minutos + 3 series de sentadillas de 15 repeticiones) y otra intervención de calentamiento neurodinámico (trote durante 5 minutos + 3 series de sentadillas de 15 repeticiones + 4 series de 10 repeticiones con cada pierna de ejercicios neurodinámicos de tensión neural). La capacidad de salto vertical será medida con la *app* MyJump2 y el rango de movimiento activo de los miembros inferiores, medidos con la *app* DrGoniometer. Los resultados serán analizados estadísticamente considerando un 5% de nivel de significancia ( $p \leq 0.05$ ). *Expectativas de futuro:* Los resultados esperados de este estudio serán que con la inclusión de ejercicios neurodinámicos en el calentamiento se lograrían obtener mejores rendimientos en cuanto a la capacidad de salto vertical y la movilidad activa de las articulaciones de miembros inferiores frente a una rutina de calentamiento convencional.

**Palabras clave:** Ejercicio de calentamiento, Neurodinamia, Salto vertical, Rango del movimiento articular.

## ABSTRACT

*Introduction:* The specific tasks of volleyball require a warm-up prior to the game or training to achieve optimal performance. Neurodynamics is a technique that involves the mobilization of neural tissue and appears to be a beneficial intervention if it is included in the warm-up. *Objective:* To evaluate the effects of neural mobilization of the sciatic and femoral nerves on the active range of motion of the lower limbs and on the vertical jump during warm-up. *Material and method:* Senior players (+ 18 years old) who will practice volleyball in Alicante will be recruited. The players will not be randomized, with the same group receiving a classic warm-up intervention (jogging for 5 minutes + 3 sets of squats of 15 repetitions) and another neurodynamic warm-up intervention (jogging for 5 minutes + 3 sets of squats of 15 repetitions + 4 sets of 10 repetitions with each leg of neurodynamic exercises of neural tension). The vertical jump capacity will be measured with the MyJump2 app and the active range of movement of the lower limbs, measured with the DrGoniometer app. The results will be statistically analyzed considering a 5% significance level ( $p \leq 0.05$ ). *Future expectations:* The expected results of this study will be that with the inclusion of neurodynamic exercises in the warm-up, it would be possible to obtain better performances in terms of vertical jump capacity and active mobility of the lower limb joints compared to a conventional warm-up routine.

**Key words:** Warm-Up Exercise, Neurodynamics, Vertical jump, Range of motion, articular.

## INTRODUCCIÓN

El voleibol es un deporte olímpico donde juegan un equipo de 6 personas contra otro equipo de 6 personas, separados por una red. Las tareas específicas de voleibol tales como saltos, caídas, bloqueos y remates necesitan de la combinación de movimientos rápidos, los cuales son una gran demanda para el sistema musculo-esquelético y debido a la cantidad de tareas motoras combinadas a una ejecución muy rápida, las lesiones deportivas de la rodilla, tobillo y hombro son las más comunes dentro de este deporte (*Bere et al, 2015*). *Kilic et al, (2017)* determinó que las incidencias de lesiones deportivas relacionadas con el voleibol en Holanda son alrededor de 170.000 por año, siendo ésta superior a la media comparada con otros deportes, que es de 7,9 tratamientos por cada 100.000 horas jugadas.

Realizar un calentamiento previo al partido o entrenamiento es indispensable para lograr un rendimiento óptimo (*McGowan et al, 2015*). Esto se consigue gracias al aumento de temperatura corporal, ya que existe una fuerte asociación entre la elevación de temperatura muscular y su producción de energía, pues un aumento de 1°C mejora el rendimiento del ejercicio posterior de entre un 2-5%, según el tipo y velocidad de contracción (*Bergh y Ekblom, 1979*). Además, en el estudio de *Gray et al, (2011)*, determinaron que el calentamiento produce un incremento del rendimiento de las fibras musculares, tanto en las tipo I como en las tipo II (según qué frecuencia de contracción es requerida debido a la tarea motora), debido a un aumento en la temperatura del músculo. *Tsurubami et al, (2020)* llegaron a la conclusión de que el rendimiento del salto se ve afectado por la intensidad de calentamiento y por la temperatura corporal, pues un calentamiento de 5 minutos al 70% de la frecuencia cardíaca mejoró la capacidad de salto. Una rutina de calentamiento básico en el fútbol puede durar entre 30 y 40 minutos, mientras que una rutina de calentamiento para corredores puede durar en torno a 19 minutos. Por consiguiente, las rutinas de calentamiento resultan de las experiencias personales de los atletas y entrenadores (*Mohr et al, 2004; Van Mechelen et al, 1993; Neiva et al, 2014*). La combinación de un largo número de variables, la complejidad de la relación entre ellas y la falta de un calentamiento estandarizado complican la caracterización de unas técnicas de calentamiento. Y aunque las rutinas de

calentamiento difieran mucho entre ellas, por lo general están típicamente compuestas por una actividad aeróbica submáxima, como podría ser el trote, para empezar a elevar nuestra temperatura corporal. Posteriormente podría seguirle movilizaciones activas de articulaciones en sus rangos de movimiento y estiramientos estáticos de los músculos. A continuación, se debería realizar un calentamiento dinámico y activo, con ejercicios más globales, como llevar las rodillas al pecho o los talones hacia el glúteo mientras se trota en línea recta, cambios de dirección, circundaciones de los hombros en sentido anterior y posterior mientras se trota en línea recta... etc. Por último, se deberían realizar ejercicios globales más específicos según el evento deportivo que se lleve a cabo a posteriori (*Behm y Chaouachi, 2011*).

En definitiva, durante el calentamiento nos centramos en preparar a nuestro corazón mediante un aumento progresivo de la frecuencia cardíaca para llevar a cabo una actividad deportiva posterior, en movilizar articulaciones y tener nuestros músculos listos mediante un calentamiento activo. Aunque, como observaron *Butler y Jones, (1991)* los nervios periféricos tienen características de movilidad y flexibilidad debido a su estructura visco elástica, como han sido encontrado en los músculos, y, por lo tanto, los nervios expuestos a diferentes eventos mecánicos deberían de ser capaces de adaptarse. El sistema nervioso periférico está expuesto a combinaciones de tensión, cizallamiento y fuerzas de compresión durante los movimientos y posturas de los segmentos corporales, ya que su organización estructural le permite funcionar tolerando y adaptándose a estas fuerzas en las actividades diarias y deportivas (*Martins et al, 2019*).

La neurodinámica es una intervención dirigida a restaurar la homeostasis dentro y alrededor del sistema nervioso, mediante la movilización del propio sistema nervioso o de las estructuras que rodean al nervio (*Basson et al, 2017*). La movilización neuronal facilita el movimiento entre estructuras neurales y su entorno a través de técnicas manuales o ejercicio, lo que favorece una mejor función y salud de los nervios al dispersar el líquido tisular y disminuir la presión intraneural, intentando reestablecer el equilibrio dinámico entre el movimiento relativo de los tejidos neurales y las interfaces mecánicas circundantes, promoviendo una función fisiológica óptima (*Ellis y Hing, 2008; Gilbert et al, 2015*).

Otros autores como *Pereira et al, (2021)*, *Martins et al, (2019)* y *Neto et al, (2017)* coinciden en que la aplicación de las técnicas de deslizamiento neural tiene una repercusión positiva en la ganancia de flexibilidad en miembros inferiores, además reduce el dolor y mejora la discapacidad, restaurando las respuestas mecánicas y fisiológicas normales del sistema nervioso al movimiento y evidencian que la movilización neural sirve para mejorar la flexibilidad en población sana. La movilización neural incluye las técnicas de deslizamiento y tensionales. El objetivo de la técnica de deslizamiento neural consiste en inducir un movimiento deslizante en el tronco nervioso en relación con los tejidos adyacentes. La técnica de deslizamiento neural aplica movimientos articulares a la estructura diana de forma proximal mientras libera el movimiento de forma distal, seguido de una combinación inversa. Al contrario, el objetivo de la intervención de tensión neural es de inducir tensión al tronco nervioso en relación a sus tejidos adyacentes. La técnica de tensión neural se aplica con movimientos articulares a la estructura diana de forma proximal y distal al mismo tiempo y en la misma dirección con el objetivo de incrementar la tensión del nervio (*Plaza-Manzano et al, 2020*). Si bien no existen suficientes estudios que comparen las respuestas de ambas técnicas, podrían afectar de manera diferente en las respuestas y procesos neurofisiológicos dependiendo del resultado de interés (*Martins C et al, 2019; Ferreira J et al, 2019*). Aunque la literatura científica avala el uso de las técnicas de neurodinamia en pacientes que sufren de alguna patología musculoesquelética derivada del sistema nervioso (*de Dios Pérez-Bruzón et al., 2021; Wise y Bettleyon, 2022*) existe una escasa evidencia que relacione el uso de la neurodinamia con el del rendimiento deportivo. En el estudio de *Aksoy et al, (2020)*, llegaron a la conclusión de que las técnicas de movilización neural del nervio ciático y del nervio femoral pueden ser utilizadas de una forma segura si se desea un incremento inmediato en el rendimiento del salto vertical con personas que no sufren ninguna patología de miembro inferior.

La hipótesis de estudio es que con la inclusión de ejercicios de neurodinamia en el calentamiento deportivo se lograrían obtener beneficios en la capacidad de salto vertical y el rango de movimiento activo de las articulaciones de los miembros inferiores en jugadoras de voleibol femenino frente a una rutina de calentamiento convencional.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar los efectos de un calentamiento neurodinámico frente a los efectos de un calentamiento convencional.

### **Objetivos específicos**

Evaluar los efectos de ambos calentamientos sobre el rango de movimiento activo en rodilla, cadera y tobillo.

Evaluar los efectos de ambos calentamientos sobre el salto vertical.



## MATERIAL Y MÉTODO

Este proyecto tiene la aprobación del **Código de Investigación Responsable (COIR): TFG.GFI.CLQ.MVS.211231.**

Esta propuesta de intervención se realizó entre octubre de 2021 hasta junio de 2022 en el departamento de Patología y Cirugía de la facultad de Medicina de la Universidad Miguel Hernández.

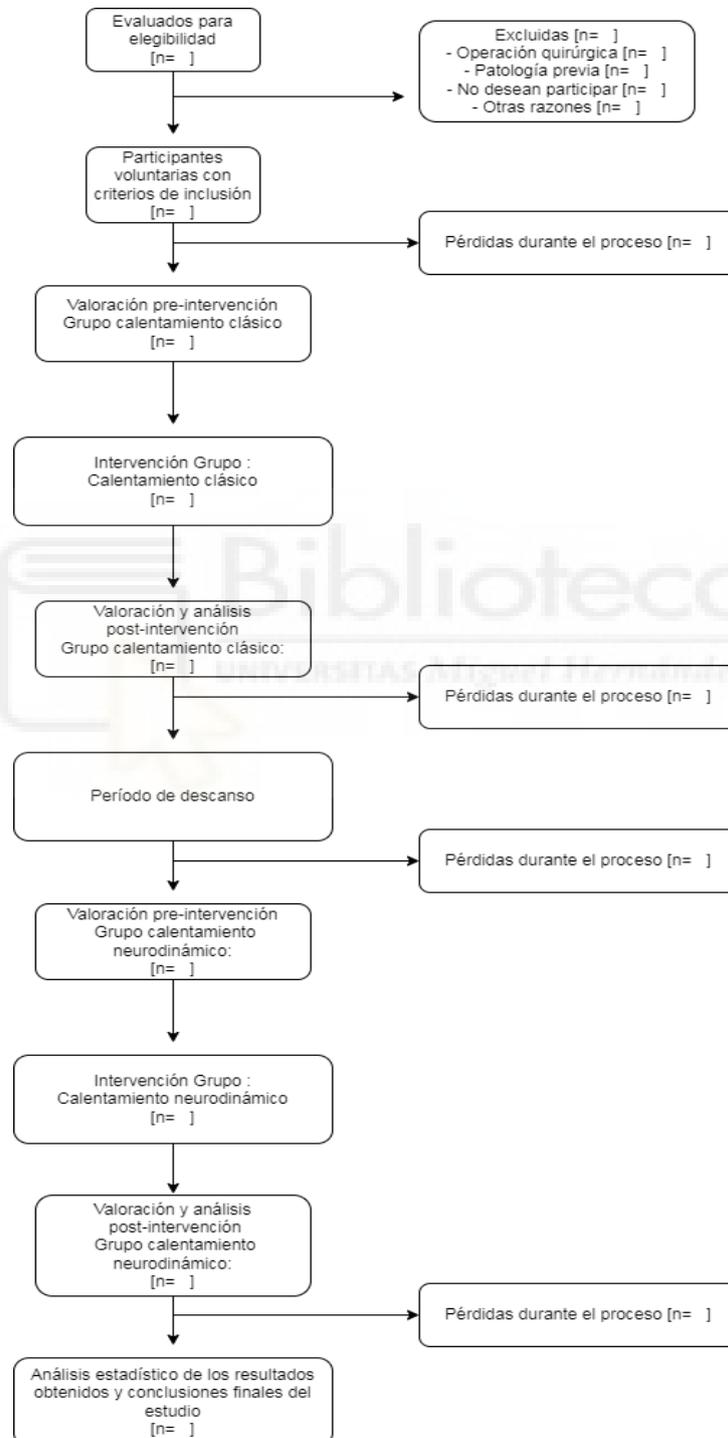
Se elaboraría un estudio piloto cuasi experimental, al no aleatorizar el tamaño muestral, donde contaríamos con la participación de diferentes equipos senior de voleibol femenino en la provincia de Alicante. Para llevar a cabo el trabajo se solicitaría la aprobación del estudio y se obtendría un consentimiento informado firmado de todas las jugadoras. Las jugadoras que cumplan con los criterios de inclusión serán incluidas en el estudio. Al considerar un tamaño muestral bajo, se decide incluir todo el grupo de jugadoras ( $n=$ \_\_) en dos grupos diferentes: grupo calentamiento clásico y grupo calentamiento neurodinámico. Se realizaría un calentamiento tipo (**imagen 1**), de acuerdo con el propuesto por *Behm y Chaouachi, (2011)* sin la inclusión de la neurodinamia. En otra sesión se realizaría el calentamiento incluyendo las mediciones con los ejercicios neurodinámicos incluidos. Se incluye un diagrama de flujo que resume el diseño del estudio (**figura 1**), un cronograma (**figura 2**) con las distintas fases de estudio y una infografía con el fin de dar a conocer este tipo de calentamiento neurodinámico y para que pueda ser utilizada en cualquier club de voleibol femenino (**figura 3**). Para las mediciones de intensidad del calentamiento nos basaremos en la escala de esfuerzo percibido de Borg (**anexo 1**), que, como exponen *Burkhalter, (1996)* y *Scherr, (2013)* es una herramienta psicofísica utilizada ampliamente para la evaluación subjetiva de la percepción del esfuerzo durante el ejercicio. Todas ellas llevarán a cabo un calentamiento de 5 minutos de trote alrededor de la media pista de voleibol (10/20 en escala Borg) + 3 series de sentadillas de 15 repeticiones con 1 minuto de descanso entre series previos a las pruebas de medición.



**Imagen 1:** Ejemplos ejercicios calentamiento. Behm y Chaouachi, 2011.

## Diseño de estudio

Este es un estudio protocolo de un ensayo clínico controlado no aleatorizado (diseño intra-grupo) que compara el uso de un calentamiento convencional con un programa de calentamiento que también incluye neurodinamia.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del diseño de estudio.

# Cronograma

	SEMANA 1	SEMANA 2-4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
Aprobación de estudio	★				
Sesión informativa y reclutamiento de pacientes		★			
Obtención del consentimiento informado		★			
1º sesión: Realización del experimento por parte del grupo de calentamiento clásico			★		
2º sesión: Realización del experimento por parte del grupo neurodinámico				★	
Comparación estadística y resolución de hipótesis					★

**Figura 2:** Cronograma que resume las distintas fases del protocolo de estudio.



Figura 3: Infografía.

## **Participantes**

Los criterios de inclusión serán: Ser jugadora del equipo durante la temporada actual y ser mayor de edad (a partir de 18 años).

Los criterios de exclusión serán: Haber sufrido alguna operación quirúrgica de miembro inferior en el último año, tener una patología previa o actual de miembro inferior en los últimos 6 meses, jugadoras que por voluntad propia no deseen participar en el estudio y jugadoras que no sean incluidas por otras razones a tener en cuenta.

## **Intervenciones**

### **Mediciones del equipo de voleibol**

Las variables generales de los sujetos serán (**tabla 1**): Peso, medido con una báscula. Altura, medido con un metro. Índice de masa corporal (IMC), que viene dado de dividir los valores de altura y peso. Edad. Las variables específicas de los sujetos serán: Capacidad de salto vertical y rango de movimiento activo de cadera, rodillas y tobillo.

**Tabla 1.** Variables específicas de cada sujeto

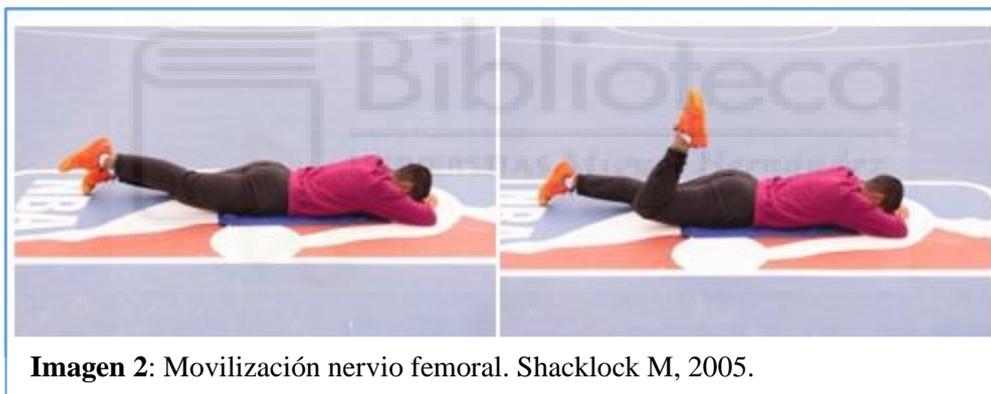
SUJETO N°:		EDAD:				ALTURA:				PESO:							
Variables específicas		Calentamiento Clásico								Calentamiento Neurodinámica							
		Pre				Post				Pre				Post			
		Intento 1		Intento 2		Intento 1		Intento 2		Intento 1		Intento 2		Intento 1		Intento 2	
Salto vertical CMJ																	
Salto vertical CMJ free arms																	
Pierna dominante / No dominante		D	No D	D	No D	D	No D	D	No D	D	No D	D	No D	D	No D	D	No D
Rango de movimiento activo (RMA) cadera	Flexión																
	Extensión																
	Aducción																
	Abducción																
	Rotación interna																
	Rotación externa																
RMA rodilla	Flexión																
	Extensión																
RMA tobillo	Flexión plantar																
	Flexión dorsal																

Esta tabla (**tabla 1**) será rellena en la pre-intervención e inmediatamente después, en la post-intervención, para ser analizada estadísticamente.

### **Intervención: Técnicas de tensión neural para el nervio femoral y el nervio ciático**

**Calentamiento neurodinámico:** las técnicas de movilizaciones del nervio femoral y del nervio ciático serán aplicadas basándonos en las recomendaciones de *Shacklock, (2005)* con un total de 4 series de 10 repeticiones con cada pierna, siendo estos rangos de series y de repeticiones suficientes para provocar un efecto (*Pereira et al, 2021*).

**Tensión del nervio femoral.** La técnica será realizada en una posición en decúbito prono, con la cadera en ligera hiperextensión. La tensión será aplicada llevando la rodilla a la máxima flexión posible, incluyendo la flexión plantar del tobillo hasta notar tensión en la parte delantera del muslo producido por el mismo movimiento (**imagen 2**).



**Imagen 2:** Movilización nervio femoral. Shacklock M, 2005.

**Tensión del nervio ciático.** La técnica será realizada en una posición en decúbito supino, con la rodilla en extensión. Partiendo desde aquí, se realizará una flexión de cadera y una dorsiflexión de tobillo, hasta notar el estrés en la parte posterior de la pierna producido por propio movimiento (**imagen 3**).



**Imagen 3:** Movilización nervio ciático. Shacklock M, 2005.

**Variables cuantitativas: Salto vertical.** Estas mediciones se realizarán sin calzado deportivo, para que no intervenga de forma directa en las mediciones. Para las mediciones del salto vertical se utilizará la *app* denominada MyJump2, que según los estudios de *Balsalobre-Fernández et al, (2015,)* *Haynes et al, (2019)* y *Gallardo-Fuentes et al (2016)*, fue desarrollada para calcular la altura de salto a partir del tiempo de vuelta usando la grabación de vídeo a alta velocidad facilitada en el iPhone. Los resultados obtenidos mostraron que la altura de salto CMJ puede ser evaluada fácil, precisa y seguramente usando esta *app* para el iPhone. Dentro del programa de MyJump2, cada jugadora tendrá creado su perfil, con sus datos y marcas personales. Las realizaciones de la prueba serán de dos intentos cada prueba, con un descanso de 2' entre ellas:

**CMJ- “Counter Movement Jump”.** Salto vertical con contra movimiento: Atletas en bipedestación con las manos a nivel de la cadera, realizarán una sentadilla para posteriormente producir un salto vertical (**imagen 4**)



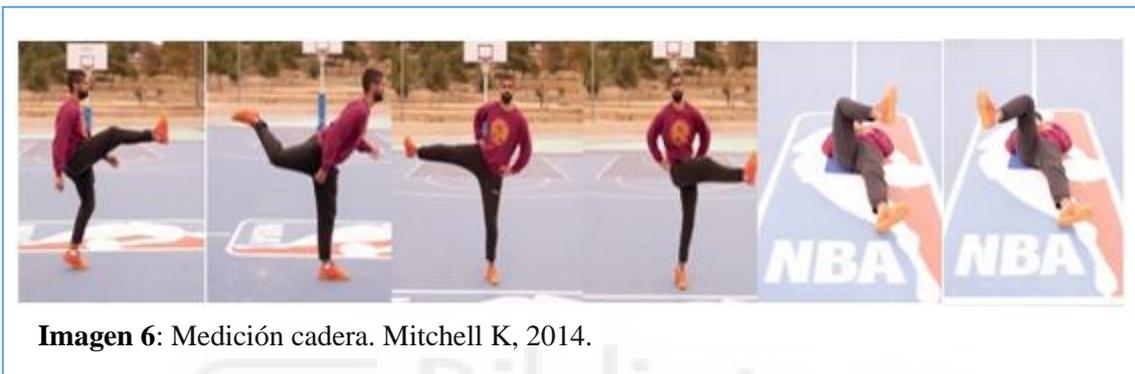
**CMJ Free arms:** Misma tipología que el salto anterior, solo que ahora las atletas pueden ayudarse del impulso de los brazos (**imagen 5**):



**Variables cuantitativas: Rango de movimiento activo de cadera, rodilla y tobillo**

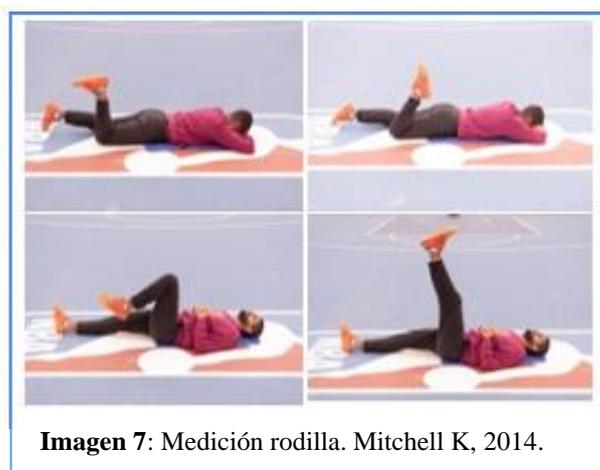
Medidas con la *app* DrGoniometer, que como observó *Mitchell et al, (2014)*, esta aplicación resultó ser una herramienta eficaz para las medidas de los rangos articulares, basado en la toma de fotografías:

**Cadera:** Para medir la flexión y extensión de cadera, las atletas partirán en bipedestación y llevarán la pierna completamente extendida lo más arriba (flexión) o atrás (extensión) que puedan. Para medir la abducción y adducción de cadera, las atletas partirán en bipedestación y llevarán la pierna hacia el lateral, separándola de su cuerpo (abducción) o aproximándola todo lo que puedan hacia la línea media de su cuerpo (adducción). Para medir la rotación interna y externa de cadera, las atletas partirán en posición de decúbito supino y flexión de cadera y rodilla de 90 grados. Desde aquí, llevarán el pie hacia medial (rotación externa) o hacia lateral (rotación interna) (**imagen 6**).



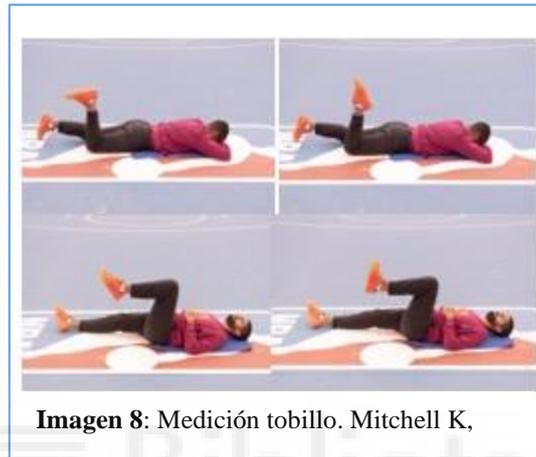
**Imagen 6:** Medición cadera. Mitchell K, 2014.

**Rodilla:** Para medir la flexión de rodilla, las atletas partirán en posición de decúbito prono, con la pierna totalmente extendida. Desde aquí, llevarán el talón del pie lo más cerca de su glúteo (Flexión). Para medir la extensión de rodilla, las atletas partirán en posición de decúbito supino, con la cadera flexionada a 90 grados. Desde aquí, extenderán la pierna todo lo que puedan (extensión) (**imagen 7**).



**Imagen 7:** Medición rodilla. Mitchell K, 2014.

**Tobillo:** Para medir la flexión plantar de tobillo, las atletas partirán en posición de decúbito prono, con la rodilla flexionada a 90 grados. Desde aquí, realizarán una flexión plantar del pie, llevando los dedos del pie hacia el techo. Para medir la flexión dorsal de tobillo, las atletas partirán en posición de supino, con la cadera flexionada a 90 grados. Desde aquí, acercarán los dedos de los pies hacia la tibia (**imagen 8**).



**Imagen 8:** Medición tobillo. Mitchell K,

### **Análisis estadístico**

Se realizará el análisis estadístico sobre los valores obtenidos tanto en el grupo de calentamiento clásico y calentamiento neurodinámico independientemente uno del otro, y luego se analizará de forma conjunta. Primero, en el grupo de calentamiento clásico, mediante el test de Shapiro-Wilk se constatará si el conjunto de datos sigue una distribución normal en la pre-intervención y en la post-intervención y, en base al resultado, el siguiente paso será el análisis de las medias mediante el test T para datos apareados o el test de rangos de Wilcoxon para saber si las diferencias de las medias tienen un efecto significativamente estadístico sobre la capacidad de salto vertical y el rango de movimiento articular de miembros inferiores. Los mismos pasos se llevarán a cabo en el grupo calentamiento neurodinámico. Luego, una vez obtenido los resultados de ambos grupos por separado y según el resultado obtenido, se pasará a valorar ambas intervenciones de forma conjunta. En este caso, se volverá a realizar el test

Shapiro-Wilk para comprobar que los datos siguen una distribución normal, y en base al resultado, se utilizará el test T para datos apareados o el test de rangos de Wilcoxon para comprobar si la intervención del grupo calentamiento neurodinámico produce efectos significativamente mayores que la intervención del grupo calentamiento clásico.



## EXPECTATIVAS DE FUTURO DE ESTA PROPUESTA DE ESTUDIO

A pesar de que todavía existe poca literatura científica sobre los efectos de movilización neural en el rendimiento deportivo (*Waldhelm et al, 2019*) varios estudios (*Sharma et al, 2016; Martins et al, 2019; Pereira et al, 2021*) concluyen que las técnicas de movilización neural mejoran la flexibilidad de los músculos isquiosurales, lo que sugiere seguir investigando sobre la posibilidad de incluir ejercicios de movilización del nervio ciático para mejorar la flexibilidad de los músculos isquiosurales sin obtener un efecto negativo en el rendimiento deportivo.

Las técnicas de deslizamiento o tensión neural junto a un programa de estiramiento estático fueron más efectivas en la ganancia de flexibilidad de los músculos isquiosurales frente a un programa de estiramiento estático por sí solo (*Sharma et al, 2016*). *Castellote-Caballero et al, (2014)*, encontraron que el deslizamiento neural fue superior a los estiramientos estáticos de isquiosurales en cuanto a la mejora aguda de la flexibilidad de estos músculos en individuos con el síndrome de isquiosurales cortos. A pesar de que en este estudio se optó por el deslizamiento del nervio en lugar de los estiramientos dinámicos del nervio tal y como los hemos propuesto en este trabajo, ello nos lleva a plantear la posibilidad de que un tipo de trabajo neurodinámico pueda ser más apropiado en unos deportes o en otros, en función de los requisitos deportivos, y por tanto futuros trabajos podrían plantear investigar más específicamente en ello.

Actualmente, al conocimiento de los autores, solo existe un estudio que mida directamente la relación entre movilización neural (utilizando la técnica de carga tensional) y el rendimiento de salto vertical. *Aksoy et al, (2020)*, encontraron que las técnicas de neurodinamia provocaron un incremento inmediato en el rendimiento del salto vertical y sugiere que estas técnicas pueden ser utilizadas en personas que no sufren problemas de miembros inferiores para conseguir un mejor rendimiento deportivo. Es cierto que cabe resaltar que en este estudio no hubo un grupo control para comparar, y las pruebas se realizaron con calzado deportivo, lo cual puede influir en las pruebas de salto vertical. *Hough et al, (2009)*, encontraron en competidores de edad universitaria un incremento significativo en la ganancia de altura de salto vertical siguiendo un programa de ejercicios de estiramiento dinámicos comparado con

ejercicios de estiramiento estáticos. Resultados similares obtuvo *Fletcher (2010)* con jugadores de fútbol semi-profesionales. Cabe destacar la similitud que puede existir entre el calentamiento tipo dinámico y los ejercicios neurodinámicos. Y aunque las finalidades de ambas sean diferentes, al movilizar un segmento corporal de forma dinámica no estamos movilizándolo concretamente solo un músculo o solo un nervio, sino que los tejidos son inherentes al movimiento que se realiza, y debido a esto, los estiramientos dinámicos pueden provocar respuestas en los nervios periféricos (*Thomas E et al, 2021*). Por lo tanto, al realizar ejercicios neurodinámicos estamos movilizándolo también los tejidos adyacentes y viceversa. Sí que, en contraposición, la literatura científica actual avala el uso de ejercicios neurodinámicos del nervio femoral frente a los ejercicios de estiramiento estático de isquiosurales (*Satkunskiene D et al, 2020; López L et al, 2019; Bonser RJ et al, 2017*) con el objetivo de tener un mayor movimiento de rango activo. Por lo que, futuras líneas de investigación podrían abordar sobre si la sustitución de los ejercicios de estiramiento estático por parte de ejercicios neurodinámicos provocarían una mejora en el rendimiento deportivo.

Cabe mencionar que nuestro estudio se ha centrado en el calentamiento antes de llevar a cabo la actividad física. Se podría considerar también el incluir la neurodinamia como un método de enfriamiento activo en el enfriamiento después de la actividad física, conociendo los efectos ya mencionados anteriormente que tiene sobre el cuerpo humano, ya que, según *Romero-Moraleda B, et al (2017)*, la movilización neurodinámica es un tratamiento efectivo en reducir la percepción del dolor después de la dolencia muscular retrasada inicialmente, o en inglés, *Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS)*. Son varias las intervenciones que se llevan a cabo a la hora de realizar un enfriamiento activo, entre otras el estiramiento estático, y más recientemente, el uso del *foam rolling*, aunque la mayoría de la evidencia indica que las intervenciones utilizadas como técnicas de enfriamiento activo no reducen significativamente el dolor muscular ni mejoran la recuperación de marcadores indirectos de daño muscular, propiedades contráctiles neuromusculares, rigidez musculo tendinosa, rango de movimiento, concentraciones hormonales sistémicas o medidas de recuperación psicológica (*Van Hooren y Peake, 2018*).

## ANEXOS:

### ESFUERZO PERCIBIDO

- 01
- 02
- 03 EXCESIVAMENTE LIVIANO
- 04
- 05 LIVIANÍSIMO
- 06
- 07 MUY LIVIANO
- 08
- 09 LIVIANO
- 10
- 11 NI LIVIANO NI PESADO
- 12
- 13 PESADO
- 14
- 15 MUY PESADO
- 16
- 17 PESADÍSIMO
- 18
- 19 EXCESIVAMENTE PESADO
- 20

**Anexo 1:** Escala para medir el esfuerzo de Borg. Burkhalter. (1996).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aksoy CC, Kurt V, Okur İ, Taspınar F, Taspınar B. **The immediate effect of neurodynamic techniques on jumping performance: A randomised double-blind study.** J Back Musculoskelet Rehabil. 2020;33(1):15-20.
- Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. **The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance.** J Sports Sci. 2015;33(15):1574-9.
- Basson A, Olivier B, Ellis R, Coppieters M, Stewart A, Mudzi W. **The Effectiveness of Neural Mobilization for Neuromusculoskeletal Conditions: A Systematic Review and Meta analysis.** J Orthop Sports Phys Ther. 2017 Sep;47(9):593-615.
- Behm DG, Chaouachi A. **A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance.** Eur J Appl Physiol. 2011 Nov;111(11):2633-51.
- Bere T, Kruczynski J, Veintimilla N, Hamu Y, Bahr R. **Injury risk is low among world-class volleyball players: 4-year data from the FIVB Injury Surveillance System.** Br J Sports Med. 2015 Sep;49(17):1132-7.
- Bergh U, Ekblom B. **Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles.** Acta Physiol Scand. 1979;107(1):33-7.
- Bonser RJ, Hancock CL, Hansberger BL, Loutsch RA, Stanford EK, Zeigel AK, et al. **Changes in Hamstring Range of Motion After Neurodynamic Sciatic Sliders: A Critically Appraised Topic.** J Sport Rehabil. 2017 Jul;26(4):311-315.
- Burkhalter, N. **Evaluación de la escala Borg de esfuerzo percibido aplicada a la rehabilitación cardíaca.** Revista Latino-americana De Enfermagem - REV LATINO-AM ENFERMAGEM. 1996.
- Butler DS, Jones MA. **Mobilization of nervous system.** Edinburg: Churchill Livingstone; 1991. 44-82.
- Castellote-Caballero Y, Valenza M, Puenteadura E, Fernández-de-Las-Peñas C, Albuquerque-Sendín F. **Immediate effects of neurodynamic sliding versus muscle stretching on hamstring flexibility in subjects with short hamstring syndrome.** J Sports Med. 2014.

de Dios Pérez-Bruzón J, Fernández-de-Las-Peñas C, Cleland JA, Plaza-Manzano G, Ortega-Santiago R.

**Effects of neurodynamic interventions on pain sensitivity and function in patients with multiple sclerosis: a randomized clinical trial.** *Physiotherapy*. 2021; Apr 22;115:36-45

Ellis RF, Hing WA. **Neural mobilization: a systematic review of randomized controlled trials with an analysis of therapeutic efficacy.** *J Man Manip Ther*. 2008;16(1):8-22.

Ferreira J, Bebiano A, Raro D, Martins J, Silva AG. **Comparative Effects of Tensioning and Sliding Neural Mobilization on Static Postural Control and Lower Limb Hop Testing in Football Players.** *J Sport Rehabil*. 2019 Nov 1;28(8):840-846.

Fletcher IM. **An investigation into the effects of different warm-up modalities on specific motor skills related to soccer performance.** *J Strength Cond Res*. 2010; 24(4):2096-2101.

Gallardo-Fuentes F, Gallardo-Fuentes J, Ramírez-Campillo R, Balsalobre-Fernández C, Martínez C,

Caniuqueo A, et al. **Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes.** *J Strength Cond Res*. 2016 Jul;30(7):2049-56.

Gilbert KK, Roger James C, Apte G, Brown C, Sizer PS, Brismée JM, Smith MP. **Effects of simulated neural mobilization on fluid movement in cadaveric peripheral nerve sections: implications for the treatment of neuropathic pain and dysfunction.** *J Man Manip Ther*. 2015 Sep;23(4):219-25.

Gray SR, Soderlund K, Watson M, Ferguson RA. **Skeletal muscle ATP turnover and single fibre ATP and PCr content during intense exercise at different muscle temperatures in humans.** *Pflugers Arch*. 2011;462(6):885-93.

Haynes T, Bishop C, Antrobus M, Brazier J. **The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance.** *J Sports Med Phys Fitness*. 2019 Feb;59(2):253-258.

Hough PA, Ross EZ, Howatson G. **Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity.** *J Strength Cond Res*. 2009;23:507-512

- Kilic O, Maas M, Verhagen E, Zwerver J, Gouttebauge V. **Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature.** Eur J Sport Sci. 2017 Jul;17(6):765-793.
- López L, Torres JR, Rubio AO, Torres I, Cabrera I, Valenza MC. **Effects of neurodynamic treatment on hamstrings flexibility: A systematic review and meta-analysis.** Phys Ther Sport. 2019 Nov; 40:244-250.
- Martins C, Pereira R, Fernandes I, Martins J, Lopes T, Ramos L, et al. **Neural gliding and neural tensioning differently impact flexibility, heat and pressure pain thresholds in asymptomatic subjects: A randomized, parallel and double-blind study.** Phys Ther Sport. 2019 Mar;36:101-109
- McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. **Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications.** Sports Med. 2015 Nov;45(11):1523-46.
- Mitchell K, Gutierrez SB, Sutton S, Morton S, Morgenthaler A. **Reliability and validity of goniometric iPhone applications for the assessment of active shoulder external rotation.** Physiother Theory Pract. 2014 Oct;30(7):521-5
- Mohr M, Krstrup P, Nybo L, Nielsen J, Bangsbo J. **Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time.** Scand J Med Sci Sports 2004;14(3):156–162.
- Neiva H, Marques M, Barbosa M., Izquierdo M, & Marinho, D. **Warm-Up and Performance in Competitive Swimming.** Sports Medicine, 2013; 44(3), 319–330.
- Neto, T, Freitas, R, Marques, M, Gomes, L, Andrade, R, & Oliveira, R. **Effects of lower body quadrant neural mobilization in healthy and low back pain populations: A systematic review and meta-analysis.** Musculoskeletal Science and Practice, 2017; 27, 14–22.
- Pereira A, Teixeira C, Pereira K, Ferreira L, Marques M, Silva AG. **Neural Mobilization Short-Term Dose Effect on the Lower-Limb Flexibility and Performance in Basketball Athletes: A Randomized, Parallel, and Single-Blinded Study.** J Sport Rehabil. 2021 May 25:1-7.
- Plaza-Manzano G, Cancela-Cilleruelo I, Fernández-de-Las-Peñas C, Cleland JA, Arias-Burúa JL, Thoomes

de-Graaf M, et al. **Effects of Adding a Neurodynamic Mobilization to Motor Control Training in Patients With Lumbar Radiculopathy Due to Disc Herniation: A Randomized Clinical Trial.** Am J Phys Med Rehabil. 2020 Feb;99(2):124-132.

Romero-Moraleda B, La Touche R, Lerma-Lara S, Ferrer-Peña R, Paredes V, Peinado AB, et al.

**Neurodynamic mobilization and foam rolling improved delayed-onset muscle soreness in a healthy adult population: a randomized controlled clinical trial.** PeerJ. 2017 Oct 13;5.

Satkunskiene D, Khair RM, Muanjai P, Mickevicius M, Kamandulis S. **Immediate effects of neurodynamic nerve gliding versus static stretching on hamstring neuromechanical properties.** Eur J Appl Physiol. 2020 Sep;120(9):2127-2135.

Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. **Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity.** Eur J Appl Physiol. 2013 Jan;113(1):147-55

Shacklock M. **Clinical neurodynamics.** 1st ed. Philadelphia: Elsevier Health Science; 2005. 268-288.

Sharma S, Balthillaya G, Rao R, Mani R. **Short term effectiveness of neural sliders and neural tensioners as an adjunct to static stretching of hamstrings on knee extension angle in healthy individuals: A randomized controlled trial.** Phys Ther Sport. 2016 Jan; 17:30-7

Thomas E, Bellafiore M, Petrigna L, Paoli A, Palma A, Bianco A. **Peripheral Nerve Responses to Muscle Stretching: A Systematic Review.** J Sports Sci Med. 2021 Mar 8;20(2):258-267

Tsurubami R, Oba K, Samukawa M, Takizawa K, Chiba I, Yamanaka M, Tohyama H. **Warm-Up Intensity and Time Course Effects on Jump Performance.** J Sports Sci Med. 2020 Nov 19;19(4):714-720

Van Hooren B, Peake JM. **Do We Need a Cool-Down After Exercise? A Narrative Review of the Psychophysiological Effects and the Effects on Performance, Injuries and the Long-Term Adaptive Response.** Sports Med. 2018 Jul;48(7):1575-1595.

van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC, Voorn WJ, de Jongh HR. **Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises.** Am J Sports Med. 1993 Sep-Oct;21(5):711-9.

Waldhelm A, Gacek M, Davis H, Saia C, Kirby B. **Acute effects of neural gliding on athletic performance.** Int J Sports Phys Ther. 2019 Jul;14(4):603-612.

Wise S, Bettleyon J. **Neurodynamics Is an Effective Intervention for Carpal Tunnel Syndrome.** J Sport Rehabil. 2022 Dec 30:1-4.

