



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Máster

***Análisis de la influencia de la
neurodinamia sobre la flexión plantar de
tobillo.***

Alumno: Marcos Zotes Castellanos

Tutor: Ricardo Blanco Méndez

Madrid, Julio de 2019

Resumen

Introducción: la Neurodinamia se define como la aplicación clínica de la mecánica y fisiología del sistema nervioso y su implicación con el sistema musculoesquelético, incluida en el mundo de la fisioterapia los últimos 35 años. Durante todos estos años, su utilización ha sido enfocada hacia la mejora del dolor, así como la mejora de los rangos de movimientos a través de su influencia en el sistema nervioso. En los últimos 10 años surge una nueva tendencia, que cuenta aún con poca evidencia, pero que relaciona la Neurodinamia con alteración de los valores de fuerza de los estructuras implicadas, con falta de consenso acerca de si es una relación encaminada hacia la ganancia o pérdida de fuerza.

Objetivo: el objetivo de este estudio cuasi-experimental es el de analizar como afecta la aplicación de una movilización neural sobre el nervio ciático en la variación de fuerza isométrica máxima de flexión plantar.

Método: en el estudio participan 10 sujetos, los cuales son sometidos a 3 mediciones llevadas a cabo en el dinamómetro computarizado Primus RS BTE y cuyos resultados serán sometidos a análisis estadístico.

Conclusión: los resultados indican que la realización de una movilización neural provoca un aumento en la capacidad de generar fuerza 10 minutos después de la realización de la técnica respecto a las otras dos mediciones: inmediatamente después de la movilización neural y la medición previa a la movilización.

Abstract

Introduction: Neurodynamics is defined as the clinical application of the mechanics and physiology of the nervous system and its involvement with the musculoskeletal system, included in the world of physiotherapy for the last 35 years. During all these years, its use has been focused on the improvement of pain, as well as the improvement of the range of movements through its influence on the nervous system. In the last 10 years there is a new trend, which still has little evidence, but which relates the Neurodynamics with alteration of the values of strength of the structures involved, with lack of consensus about whether it is a relationship aimed at the gain or loss of strength.

Objective: The objective of this quasi-experimental study is to analyze how the application of a neuronal mobilization on the sciatic nerve in the variation of the maximum isometric force of plantar flexion.

Methods: 10 subjects participated in the study, which are subjected to 3 measurements carried out on the computerized dynamometer Primus RS BTE and whose results will be subjected to statistical analysis.

Conclusion: the results indicate that the performance of a neural mobilization causes an increase in the capacity to generate strength 10 minutes after performing the technique with respect to the other two measurements: immediately after the neural mobilization and the measurement before to mobilization.

Índice

Resumen	2
Abstract	2
Índice de tablas	6
Índice de ilustraciones.....	6
Antecedentes y Estado actual del tema	7
Objetivos del Estudio	15
Hipótesis.....	16
Metodología.....	17
Diseño.....	17
Sujetos de Estudio.....	18
Variables	20
Hipótesis Operativa	21
Recogida, Análisis de Datos, Contraste de Hipótesis	21
Limitaciones del Estudio.....	22
Equipo Investigador.....	22
Plan de Trabajo	23
Diseño de la Intervención.....	23
Etapas de Desarrollo	24
Distribución de Tareas del Equipo Investigador	25
Lugar de Realización del Proyecto	25
Resultados.....	27

Discusión.....	34
Conclusión.....	37
Listado de Referencias	38
Anexos.....	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas.

TABLA 1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....	18
TABLA 2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN. ELABORACIÓN PROPIA	18
TABLA 3. VARIABLES DEPENDIENTES.ELABORACIÓN PROPIA	20
TABLA 4. VARIABLES INDEPENDIENTES. ELABORACIÓN PROPIA	21
TABLA 5. RECOGIDA DE DATOS, ELABORACIÓN PROPIA	22
TABLA 6. ETAPAS DE DESARROLLO. ELABORACIÓN PROPIA	25
TABLA 7. RESULTADOS DE LA FMIFPT (Newtons). ELABORACIÓN PROPIA	27
TABLA 8. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA VARIABLE FMIFPT EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE LA MEDICIÓN. ELABORACIÓN PROPIA	29
TABLA 9. PRUEBA DE NORMALIDAD.....	30
TABLA 10. ANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS.....	31
TABLA 11. PRUEBA DE ESFERICIDAD DE MAUCHLY	33

Índice de ilustraciones.

ILUSTRACIÓN 1. ESTRUCTURA DEL NERVIO PERIFÉRICO (18).....	8
ILUSTRACIÓN 2. RECORRIDO NERVIO CIÁTICO.....	9
ILUSTRACIÓN 3. ANATOMÍA RAMA NERVIO CIÁTICO POPLÍTEO INTERNO.....	10
ILUSTRACIÓN 4. ANATOMÍA RAMA NERVIO CIÁTICO POPLÍTEO EXTERNO	11
ILUSTRACIÓN 5. CAPTURA DE PANTALLA CALCULADORA GRANMO.....	19
ILUSTRACIÓN 6. PRIMUS RS BTE.....	20
ILUSTRACIÓN 7. POSICIÓN INICIAL MOVILIZACIÓN NEURAL	23
ILUSTRACIÓN 8. POSICIÓN FINAL MOVILIZACIÓN NEURAL.....	24

Antecedentes y Estado actual del tema

El sistema nervioso periférico (SNP) está compuesto por cientos de miles de células nerviosas (células gliales y neuronas) que están rodeadas por diferentes capas propias de los diferentes tejidos que conforman el cuerpo humano. Los diferentes troncos y raíces nerviosas que tenemos permiten la conexión de las diferentes estructuras corporales con el cerebro y la médula espinal, formados por nervios craneales y nervios espinales (como es el Nervio Ciático) cuyos elementos de transición son las raíces nerviosas. Estas flotan en líquido cefalorraquídeo (LCR), están cubiertas por vainas muy finas, que actúan como capas protectoras, y tienen una red arterial y venosa muy poco desarrollada por lo que pueden sufrir múltiples alteraciones del flujo sanguíneo. Debido a esto, su nutrición se debe un 35% vascular y un 58% de Líquido Céfalo Raquídeo. El sistema nervioso consume el 20% del oxígeno disponible en sangre, a pesar de constituir solo el 2% de la masa corporal.(1)(2)

Los nervios periféricos (NP) tiene la capacidad de elongarse la quinta parte de su tamaño, pero si estos sufren un estiramiento igual al 8% mantenido durante al menos media hora, se produciría un descenso del 50% de su vascularización. Si dicho estiramiento tiene lugar al 16%, se produciría un bloqueo irreversible de su conducción. Presentan grandes diferencias con los nervios del sistema nervioso central (SNC). (1)(2)

Cada nervio periférico consta de una disposición de haces de fibras nerviosas paralelas que pueden contener tanto axones aferentes como eferentes, mielínicos (conducción rápida gracias a los nódulos de Ranvier) o amielínicos (conducción lenta) y como capas más externas se encuentran rodeados por vainas de tejido conectivo. Por lo tanto, estos axones contienen las vainas, que sirven para sostener tanto las fibras nerviosas como su sistema vascular y linfático (1) (2). Entre otras funciones, estas estructuras proporcionan las propiedades mecánicas del Nervio Periférico y asegurar su continuidad anatómica mediante reservorios (3), que es una de las bases de la neurodinamia. La continuidad se da a nivel anatómico y mecánico por la disposición del tejido conjuntivo o bien químico y eléctrico por el que responde a las capacidades de conducción eléctrica axonal y al uso compartido de neurotransmisores en la sinapsis o relaciones interneuronales.

La estructura del nervio es la siguiente (4): Endoneuro: rodea la membrana basal. Actualmente no se conoce que esta estructura conste de vasos linfáticos, por lo que un edema profundo puede alterar su función. Es el encargado de mantener una homeostasis con una presión positiva para mantener la transmisión del impulso. Forma parte de todos los Nervios Periféricos, pero cuanto más superficial es el nervio, más gruesa es esta estructura.

Perineuro: es una cubierta fina que agrupa las fibras nerviosas. Entre sus principales funciones destaca la función protectora, pues actúa como barrera mecánica a fuerzas externas. A su vez ejerce de barrera difusora para mantener ciertas sustancias fuera del entorno interfascicular y es la última estructura en romperse después de un traumatismo. Si se altera la barrera de difusión, se reduce la capacidad de drenaje del edema, por lo que se produciría una anoxia aumentando la presión externa, que a su vez aumenta la proliferación de fibroblastos (tejido conectivo) por lo que se perderá la viscoelasticidad, se fibrosa y se perderá la función.

Epineuro: ocupa entorno al 30-78% del nervio, en el caso del Nervio Ciático es el 80%, por lo que varía en función del individuo y de la persona. Las funciones principales son absorción de presiones y facilitar el deslizamiento interfascicular. Es un tejido particularmente reactivo, disminuye la microcirculación si la presión es mayor de 20-30 mmHg (anoxia). La disminución de oxígeno (O₂) durante un pequeño periodo de tiempo no supone un problema, pero si esa falta de O₂ se alarga en el tiempo provoca un edema intraneural y una disminución del flujo axoplásmico. Existe una relación inversa entre el número y tamaño de los fascículos para garantizar la función. Esto supone que fascículos pequeños puedan huir de las diferentes fuerzas para garantizar la transmisión. Los fascículos se agrupan y desagrupan formando una red plexiforme que varía cada 10 milímetros.

Mesoneuro: es la zona de entrada de los vasos sanguíneos y permite al nervio deslizarse a lo largo del tejido adyacente.

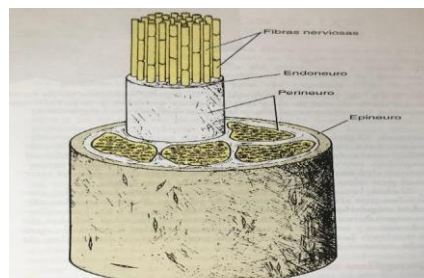


ILUSTRACIÓN 1. ESTRUCTURA DEL NERVI0 PERIFÉRICO

El plexo sacro es el plexo más largo del cuerpo, está compuesto por la anastomosis de los nervios espinales que van desde S1 hasta S4 y el tronco lumbosacro L4-L5 (5). Cada nervio espinal está conectado con la médula espinal por dos raíces: la anterior formada por fibras nerviosas que conducen impulsos nerviosos desde el Sistema Nervioso Central, motoras, denominadas eferentes. La posterior forma fibras nerviosas que conducen impulsos nerviosos hasta el Sistema Nervioso Central, sensitivas, denominadas aferentes.

El Nervio Ciático es el nervio más grande de todo el cuerpo humano, nace en el plexo sacro en las raíces nerviosas desde L4 hasta S4, con inervación tanto sensitiva como motora (1) (6). Este nervio se extiende a través de la pelvis, atravesando el foramen ciático mayor para inervar la pierna (7). También, aunque bajo la protección que le proporciona el glúteo mayor, en uno de los tramos más profundos por donde discurre, pasa entre la tuberosidad isquiática y el trocánter mayor. Continúa descendiendo atravesando la musculatura isquiotibial, inervando semitendinoso (raíz L4-S2), semimembranoso (raíz L4-S2), bíceps femoral (raíz L4-S1) y el aductor mayor (L2-L4).

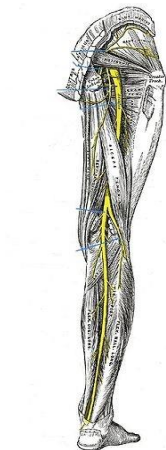


ILUSTRACIÓN 2. RECORRIDO NERVI0 CIÁTICO

En el hueco poplíteo, el Nervio Ciático se ramifica en dos ramas: el nervio ciático poplíteo interno que divide la fosa poplíteo y deja lateralmente a la arteria poplíteo. Este punto es fácilmente palpable si colocamos al paciente desde una posición en flexión de cadera, una flexión de rodilla, flexión dorsal y plantar de tobillo alternamente. Una vez que se dirige caudalmente hacia la pierna, se encuentra como tibial posterior. Este último desciende posteromedial hasta llegar al túnel tarsiano posterior (tendón tibial posterior, flexor común de

los dedos, flexor largo del dedo gordo y la arteria y vena tibial posterior). Antes de adentrarse en el retináculo medial, emite una ramificación llamada calcáneo medial que se dirige hacia la grasa del calcáneo (8)(9).

Una vez superado el túnel tarsiano, se divide en plantar medial y lateral, siendo el nervio de Baxter una ramificación de este último, el cual, proporciona algia que se atribuyen erróneamente al espolón, que frecuentemente da una sintomatología que puede confundirnos con una falsa fascitis plantar (10)(11). Cabe destacar el nervio sural, que es una ramificación cutánea del Nervio Ciático poplíteo interno antes de pasar a ser nervio tibial posterior en la pierna. Llega al pie pasando lateralmente al tendón Aquileo y posterior al maléolo externo (12).

Esta ramificación tendrá bastante importancia a la hora de realizar técnicas de Neurodinamia.

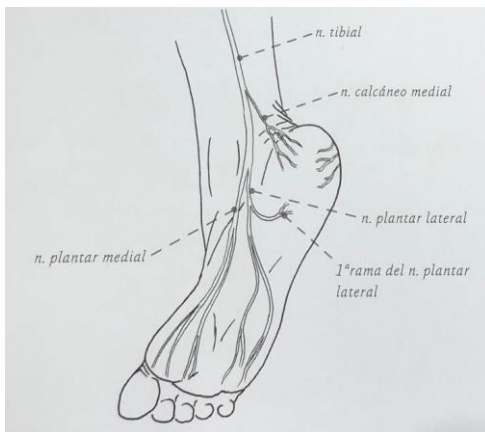


ILUSTRACIÓN 3. ANATOMÍA RAMA NERVIO CIÁTICO POPLÍTEO INTERNO

Y por otro lado el nervio ciático poplíteo externo o peroneo común (fibular) (13) que es palpable justo por detrás de la cabeza del peroné y en la parte lateral del hueco poplíteo. Se divide a su vez en peroneo superficial y peroneo profundo. El primero es visible y palpable a nivel del dorso del pie en inversión. Se dirige caudalmente dejando lateralmente al tendón de Soldevilla (fascículo del extensor común de los dedos que es denominado el tercer peroneo) (14). El segundo, es palpable en la parte lateral del extensor del primer dedo a nivel distal.

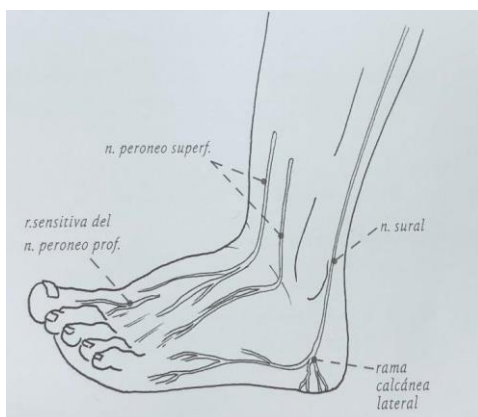


ILUSTRACIÓN 4. ANATOMÍA RAMA NERVIOS CIÁTICO POPLÍTEO EXTERNO

La Neurodinamia es definida por Shacklock (15)(16) como “la aplicación clínica de la mecánica y la fisiología del sistema nervioso, su relación entre ellas y su integración con la función del sistema musculoesquelético”. Esta definición se considera la actualización del término neurodinámica, que sirve como respuesta para combatir con el estricto mecanicismo y la idea del estiramiento del nervio sugerida por el término “tensión neural adversa”, el cual fue definido por Alf Breig como “el conjunto de respuestas fisiológicas y mecánicas anormales producidas por las estructuras del sistema nervioso cuando se valora su amplitud de movimiento normal y su capacidad de estiramiento” (16).

La Neurodinámica lleva aplicándose en el ámbito de la fisioterapia durante aproximadamente 35 años, gracias a los estudios publicados por Dr. Alfred Breig, Geoffrey Maitland, Robert Elvey y David Butler. Este último autor, afirmó que, aunque con cualquier técnica de fisioterapia ya estamos movilizándolo el sistema nervioso, la movilización directa e indirecta del sistema nervioso será fundamental para un tratamiento exitoso.

Como se ha mencionado previamente, la neurodinamia tiene como objetivo mejorar la mecanosensibilidad y la fisiología del nervio. Esto es posible gracias a las técnicas que emplea (16):

Deslizamiento: consiste en el desplazamiento del nervio mediante las pruebas neurodinámicas. Esta técnica está dirigida a provocar un deslizamiento del nervio sobre sus tejidos adyacentes mediante la puesta en tensión del segmento proximal y una liberación de esta en el segmento distal, que posteriormente se invertirá la secuencia. Carlos López Cubas propone realizar entre 4-5 series de entre 5 y 30 repeticiones secuenciales, pero no se ha establecido un periodo de tiempo de tratamiento protocolizado, ya que cada persona

tiene un nivel de sensibilidad diferente y la línea entre el tratamiento efectivo y la irritación de las raíces nerviosas es muy pequeña.

Dichos movimientos de deslizamiento deben ser amplios, aunque no debemos reproducir los síntomas durante las técnicas y en caso de que se hiciera, deberían desaparecer tras la finalización de la terapia.

Está indicado para la reducción del dolor y la mejora de la movilidad (eliminan el temor del paciente por el movimiento), fases iniciales de tratamientos, tras técnicas neurodinámicas más avanzadas para reducir sus posibles efectos secundarios y para que el paciente pueda realizarlas individualmente tras acabar con el tratamiento completo. A nivel fisiológico es una técnica poco agresiva, mejora el rango articular, reduce la congestión venosa, limita la acción fibroblástica y minimiza el tejido cicatricial.

Tensión: consiste en el aumento de la tensión del SN, sin llegar a la máxima tensión ni superar los límites viscoelásticos que presenta el SN. A diferencia de la técnica anterior, en esta vamos a meter tensión simultáneamente en proximal y en distal o podemos mantener un punto fijo de los dos e ir dinamizando en el punto libre. Esta técnica está considerada después de pasar la fase de deslizamiento del nervio. Los beneficios e indicaciones que tiene esta técnica son que actúa sobre la rigidez cuando tenemos una patología o una disfunción neuromecánica con apenas sintomatología e irritabilidad, ya que mejora su viscoelasticidad. También mejora la resistencia a las diferentes fuerzas mecánicas que actúan sobre el nervio, como las compresiones, tracciones y/o incrementos de tensión.

Los objetivos que se tienen cuando se aplica la técnica de movilización neural, son reducir la mecanosensibilidad del tejido neural y reestablecer el equilibrio perdido entre el nervio y sus interfases mecánicas. Esto supone que cuando se tiene una disfunción neural, vamos a tener limitado el rango de movimiento. A su vez, al tener un rango de movimiento limitado y solicitar la estructura nerviosa, esta puede sufrir y provocar diferentes tipos de dolor, que tenemos que saber reconocer y tener en cuenta. Estos tipos de dolor son por un lado el (16) neuropático que es un dolor que es consecuencia directa de una lesión del sistema nervioso que provoca una activación de los nociceptores y cuya presencia no supone una protección (17). El dolor referido somático se define como un dolor sobre el cual no sabemos definirlo ni expresarlo con exactitud, y de origen desconocido. Las vías aferentes llegan al Sistema Nervioso Central, pero ante un dolor nociceptivo de gran intensidad, el cerebro sufre una confusión que provoca que la localización y descripción de este no se produzca de manera exacta. Y por último el dolor irradiado dolor que, en este caso, se transmite a lo largo de la estructura del nervio en todo su recorrido y tiene un mecanismo fisiopatológico diferente al del dolor referido.

De acuerdo con una revisión sistemática, llevada a cabo por Nery Dos Santos A.C et al en el año 2016, se analizan todos los estudios en donde se pone de manifiesto la electromiografía y la fuerza muscular tras recibir un tratamiento de Neurodinamia. (18)

Dicha revisión consta de varios artículos, todos ellos compuestos por sujetos sanos, tanto en miembros superiores como miembros inferiores, donde algunos analizaban los cambios a corto plazo y otros analizaban los datos en un periodo de tiempo mayor. Tras el análisis de los resultados de los estudios consultados tanto a corto como a largo plazo, no se obtuvo ningún tipo de consenso acerca de los beneficios o perjuicios de la realización de la técnica.

En los estudios que medían los resultados pocos minutos después de la realización de la técnica, apreciaron un aumento de la actividad electromiográfica, pero no se aprecia ni aumento ni disminución en la capacidad de generar fuerza.

De forma contraria, en uno de los estudios que forman parte de esta revisión, llevado a cabo por Lopes et al. Los resultados demostraron que únicamente con la realización de un minuto de Neurodinamia sobre el nervio femoral fue suficiente para aumentar la fuerza muscular generada por el cuádriceps.

Esta falta de consenso en cuanto a los resultados obtenidos en los diferentes estudios que forman parte de la revisión sistemática puede deberse a múltiples factores, como la diferencia en la realización del protocolo de trabajo, las diferentes técnicas utilizadas o el tiempo de aplicación de la técnica. (18)

Las conclusiones a las que se puede llegar también pueden estar influenciadas por el tipo de contracción muscular realizado (18)(19)(20). Así, en el estudio llevado a cabo por Elizabeth j et al trata de averiguar una mayor ganancia en la fuerza y en el torque en función del tipo de entrenamiento al que sean sometidos los sujetos, ya bien sea entrenamiento excéntrico o concéntrico, en relación con el grupo control. Para ello, un total de 60 sujetos fueron divididos aleatoriamente entre los tres grupos (excéntrico, concéntrico y grupo control), donde todos ellos fueron sometidos a una serie de test previos a comenzar su entrenamiento, donde se les midió tanto la fuerza en la extensión de rodilla como la actividad muscular de vasto interno y externo a través de electromiografía. El estudio duró 10 semanas, donde cada sujeto realizaba 3 entrenamientos por semana, un total de 30 sesiones, cada uno un tipo de entrenamiento en función del grupo al que habían sido asignados previamente. Los resultados obtenidos indicaron que cada tipo de entrenamiento generó mayor ganancia de fuerza únicamente en ese tipo de contracción, sin establecer

diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos, motivo por el cual no se pudo establecer que un entrenamiento excéntrico o concéntrico sea mejor para la ganancia de Fuerza. (20)

Tras analizar el tipo de contracción, y de acuerdo con el estudio llevado a cabo por Mi-Kyoung Kim et al, se trata de conocer la importancia de trabajar en cadena cinética abierta o cerrada y su relación con la ganancia de fuerza y actividad electromiográfica en el tobillo. En dicho estudio y tras el tipo de entrenamiento llevado al que fueron sometidos los sujetos, indican que hay diferencias significativas entre la medición pre y post entrenamiento, pero sin existir diferencias en cuanto a si se realiza en cadena cinética abierta o cerrada. Indica a su vez que no se aprecian diferencias significativas en la actividad electromiográfica. (21)

Cabe destacar la importancia del estudio llevado a cabo por Boyd BS et al en el año 2010, donde llegó a la conclusión de que la existencia de la enfermedad Diabetes Mellitus tipo 2 reducía la mecanosensibilidad en los pacientes que la sufrían, con el conjunto de alteraciones que todo eso conlleva. (22)

La falta de evidencia acerca de la influencia de una técnica de Neurodinamia y cómo afecta esta a la hora de generar fuerza, así como la falta de consenso a la hora de medir esta en cualquier tipo de contracción, justifica la realización de este estudio, pues es de interés clínico y puede aportar una evidencia y un avance importante para la comunidad sanitaria.

Objetivos del Estudio

Objetivo General: Analizar cómo afecta la aplicación de una técnica de neurodinamia sobre el nervio ciático en la variación de la fuerza máxima isométrica de flexión plantar del tobillo dominante.

Objetivos Específicos:

- Analizar la variación de la fuerza máxima isométrica de flexión plantar del tobillo dominante inmediatamente después de la aplicación de una técnica de neurodinamia sobre el nervio ciático.
- Analizar la variación de la fuerza máxima isométrica de flexión plantar del tobillo dominante 10 minutos después de la aplicación de una técnica de neurodinamia sobre el nervio ciático.

Hipótesis

La aplicación de la técnica de deslizamiento de neurodinamia sobre el nervio ciático, provocará inmediatamente después una pérdida de fuerza máxima isométrica de flexión plantar de tobillo y generará una ganancia de esta tras 10 minutos tras la aplicación de la técnica.

Metodología

Diseño

Para llevar a cabo este estudio de investigación se diseña un estudio analítico, cuasi-experimental, aleatorio, longitudinal, prospectivo, unicéntrico, donde se llevará a cabo una medición de tipo pre-post y sin enmascaramiento.

Se ha seleccionado este tipo de estudio para valorar la relación causa-efecto cuando se aplica una única técnica, para comprobar si los resultados obtenidos son los esperados tras la realización de esa misma técnica. Para llevarlo a cabo, se establece un estudio longitudinal, donde los sujetos de estudio serán sometidos a tres mediciones: una medición antes de ser sometidos a la técnica, otra inmediatamente después y la tercera 10 minutos después de haber realizado la técnica. Al ser un estudio con un único tipo de técnica, no será necesaria ningún tipo de aleatorización ni enmascaramiento, pues todos los sujetos de estudio pertenecerán al mismo grupo.

Para llevar a cabo el estudio se tiene en cuenta los principios éticos universales recogidos en el 2008 en la Declaración de la Asociación Médica Mundial, actualizados de la de Helsinki en el 1964, así como acogernos a la ley orgánica 03/2018, de 5 diciembre, de protección de datos. A su vez, se pedirá la aceptación por parte de la comisión de investigación de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, adscrita a la Universidad Pontificia Comillas, para que el estudio pueda desarrollarse en dicho centro.

Todos los sujetos que forman parte del estudio recibirán el consentimiento informado por escrito, que deberán firmar, y donde se les informará de los objetivos que tratamos de lograr en este estudio, como se va a llevar a cabo, cuál será la metodología que seguiremos, además de los protocolos y los riesgos que pudieran aparecer durante el transcurso del estudio. Se garantiza que todos los datos personales quedarán para el estudio y que estos no serán utilizados para otros medios sin su consentimiento. Todos ellos además recibirán el documento de revocación, en el que el paciente será informado de que podrá retirarse del estudio cuando lo desee sin ser necesario que estos den explicaciones ni recibir penalizaciones.

Sujetos de Estudio

Población de estudio: Sujetos sanos de entre 18 y 40 años, que no refieran ningún tipo de síntoma o signo de lesión en miembros inferiores.

Muestra de estudio: La muestra de estudio la compondrán aquellos sujetos que, tras cumplir los criterios de inclusión y exclusión, acepten su participación en el mismo.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN
Sujetos sanos
Edad comprendida entre 18 y 40 años.

TABLA 1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN. ELABORACIÓN PROPIA

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Sujetos que sean deportistas de élite.
Procesos quirúrgicos previo en miembros inferiores o columna lumbar
Lesiones musculares en miembros inferiores en los últimos 6 meses
Rotura parcial o total del tendón aquileo

TABLA 2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN. ELABORACIÓN PROPIA

La muestra de estudio se obtendrá a través de un muestreo no estratificado y consecutivo, ya que se seleccionarán los sujetos que cumplan con los criterios del estudio a medida que vayan apareciendo y poniéndose en contacto con el investigador principal vía correo electrónico tras la publicación de la invitación a participar en el estudio en varios periódicos de tirada nacional durante un periodo de tiempo determinado. Finalmente se incorporarán a un único grupo de estudio, donde todos los sujetos serán sometidos al mismo tipo de intervención.

Para calcular el tamaño necesario de nuestra muestra, aplicaremos la fórmula:

$$n = \frac{2k \times SD^2}{d^2}$$

SD: Desviación Típica

d: precisión

El cálculo del tamaño de la muestra se realizará usando el dato de SD obtenido en la fase pre-intervención del pilotaje de este estudio, debido a la ausencia de estudios que aporten datos objetivables con los que poder llevar a cabo un cálculo muestral.

The screenshot shows the GRANMO calculator interface for 'Medias : Medias apareadas (repetidas en un grupo)'. The input parameters are: Riesgo Alfa: 0.05 (selected), Tipo de contraste: bilateral (selected), Riesgo Beta: 0.05 (selected), Desviación estándar de las diferencias: 14.05, Diferencia mínima a detectar: 11.3, and Proporción prevista de pérdidas de seguimiento: 0.15. The results section shows two entries: one for a bilateral contrast with alpha=0.05 and beta=0.05, requiring 24 subjects, and another for a bilateral contrast with alpha=0.05 and beta=0.2, requiring 15 subjects.

ILUSTRACIÓN 5. CAPTURA DE PANTALLA CALCULADORA GRANMO

Tras utilizar la calculadora Granmo, y estableciendo un riesgo alfa de 0,05 y un riesgo beta de 0,2 en un contraste bilateral indica que se necesitan 15 sujetos para llevar a cabo el estudio, teniendo en cuenta la desviación estándar de nuestra primera medición. Debido al bajo número de sujetos que indica, se reduce el riesgo beta a 0,05, para tratar de tener mayor precisión en el estudio. Tras la reducción del riesgo betta, indica eu se necesitan 24 sujetos para llevar a cabo el estudio.

Variables

La Fuerza Máxima Isométrica será medida a través del dinamómetro computarizado Primus RS de BTE, que nos aportará datos medidos en Newton (N), en donde el sujeto será medido en tres momentos diferentes, en donde todos tendrán el mismo procedimiento. En cada medición realizará 3 contracciones isométricas máximas en el movimiento de flexión plantar de tobillo, con una duración de 6 segundos, y disponiendo de un periodo de descanso de 18 segundos entre repeticiones.

Comentado [rbm1]: Meter imagen



ILUSTRACIÓN 6. PRIMUS RS BTE

Para llevar el control de la duración de la técnica se utilizará el cronómetro RS PRO.

VARIABLES DEPENDIENTES	TIPO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	UNIDADES
<u>Fuerza Isométrica</u>	Cuantitativa Continua	Dinamómetro Isocinético	Newton (N)

TABLA 3. VARIABLES DEPENDIENTES. ELABORACIÓN PROPIA

VARIABLES INDEPENDIENTES	TIPO	UNIDADES
Momento De Medición	Cualitativa	0: pretratamiento
	Policotómica	1: postratamiento
		2: 10 minutos después del tratamiento

TABLA 4. VARIABLES INDEPENDIENTES. ELABORACIÓN PROPIA

Hipótesis Operativa

Hipótesis operativa para el objetivo “valorar cambios en la ganancia de Fuerza isométrica máxima en Flexión Plantar de tobillo al ser realizada una técnica de neurodinamia.”

- Hipótesis Nula (H0): no hay diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de Fuerza isométrica máxima en Flexión Plantar de tobillo en los sujetos, entre los valores obtenidos previa y posteriormente a ser sometidos a la técnica de neurodinamia.
- Hipótesis Alternativa (H1): hay diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de Fuerza isométrica máxima en Flexión Plantar de tobillo en los sujetos, entre los valores obtenidos previa y posteriormente a ser sometidos a la técnica de neurodinamia.

Recogida, Análisis de Datos, Contraste de Hipótesis

Recogida de datos:

Todos los datos de las mediciones de nuestra variable, tanto pre como post-tratamiento, quedarán recogidos en una tabla como la que se adjunta aquí, asignando una ID anónima a cada uno de nuestros sujetos.

ID	SEXO	LADO	MEDICIÓN 1	MEDICIÓN 2	MEDICIÓN 3

TABLA 5. RECOGIDA DE DATOS, ELABORACIÓN PROPIA

Debido a que cada uno de los sujetos será medido en 3 ocasiones, para analizar esos datos a través del programa SPSS statistics se llevará a cabo una ANOVA.

Limitaciones del Estudio

La principal limitación a la hora de llevar a cabo el estudio es el corto periodo de tiempo en el que tiene que ser desarrollado y llevado a cabo tanto la recogida.

Otra de las grandes limitaciones del estudio es la falta de unificación y de aleatorización de la muestra, pues al ser un estudio que se realiza de manera unicéntrica todos los sujetos del estudio son de la misma comunidad, mientras que si se tratase de un estudio multicéntrico se podría llevar a cabo con sujetos de diferentes comunidades, e incluso agrupar nuestra muestra en función de sexo, grupos de edad, etc.

Equipo Investigador

Para este estudio, el equipo investigador está compuesto por una única persona, Marcos Zotes Castellanos, que realiza todas las funciones relacionadas con el estudio, desde la recogida de datos, al análisis de datos a través de programas estadísticos y extraer las conclusiones de este.

Plan de Trabajo

Diseño de la Intervención

Para la intervención, los sujetos se sentarán en el borde de la camilla, quedando con la espalda totalmente recta. La altura de la camilla irá variando, dependiendo del sujeto, pero siempre debe ser la suficiente para que las piernas del sujeto no entren en contacto con el suelo. La técnica de Neurodinamia tendrá una duración de 5 minutos, que será controlado a través del cronómetro RS PRO.

POSICIÓN DE PARTIDA.

Sujeto en sedestación, flexión de cadera y rodilla de 90 grados, ambas piernas cuelgan de la camilla. Brazos agarrados a cada lado de la camilla y espalda recta. A partir de esa posición, iremos logrando una extensión de rodilla hasta que el sujeto indique la presencia de tensión neural, que comprobaremos con un movimiento de flexo-extensión de la cabeza.



ILUSTRACIÓN 7. POSICIÓN INICIAL MOVILIZACIÓN NEURAL

POSICIÓN FINAL.

Sujeto en sedestación, con la máxima extensión de rodilla posible, sin compensaciones de ningún tipo y con las manos agarradas a ambos lados de la camilla.



ILUSTRACIÓN 8. POSICIÓN FINAL MOVILIZACIÓN NEURAL

Etapas de Desarrollo

TAREAS	1 TRIMESTRE	2 TRIMESTRE	3 TRIMESTRE
DISEÑO DEL PROYECTO	X		
SELECCIÓN DE LA MUESTRA		X	
REUNIÓN CON LOS PARTICIPANTES		X	X
EVALUACIONES, TESTS Y MEDICIONES		X	X
RECOGIDA Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS		X	X

CONCLUSIONES			X
--------------	--	--	---

TABLA 6. ETAPAS DE DESARROLLO. ELABORACIÓN PROPIA

Todo el proceso de elaboración y el desarrollo del estudio ha tenido lugar en varias fases:

En la fase inicial, durante el primer trimestre, se ha llevado a cabo la elaboración de la pregunta PICO, además de llevarse a cabo la búsqueda de información estableciendo estrategias de búsquedas en las distintas bases de datos. A esta etapa pertenece también la elaboración del flujograma, los antecedentes y el estado actual del tema. También se elaboraron dentro de esta etapa los objetivos del estudio, así como la formulación de la hipótesis.

En la fase siguiente, durante el segundo trimestre, se diseñaron los protocolos de tratamiento que serán utilizados en nuestro estudio, la recogida de datos, así como la elaboración del documento de consentimiento informado.

Durante este segundo trimestre comienza la recogida de los sujetos, así como las reuniones con ellos y tienen lugar las primeras mediciones, proceso que se alargan hasta el tercer trimestre.

En este tercer trimestre finaliza la recogida de datos, y tiene lugar el análisis del mismo. Tras ello en este último trimestre realizaremos la publicación del estudio y de las conclusiones obtenidas en el mismo.

Distribución de Tareas del Equipo Investigador

El equipo investigador solo consta de un único investigador principal, por lo que será el encargado de llevar a cabo la colocación del paciente, así como la realización de la técnica de Neurodinamia, la recogida y análisis de datos, así como la publicación de los datos y conclusiones del estudio.

Lugar de Realización del Proyecto

El proyecto se llevará a cabo en la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia de San Juan de Dios, ubicado en la Avenida de San Juan de Dios, 1, 28350, Ciempozuelos, Madrid, y perteneciente a la Universidad Pontificia Comillas.

Todo el proceso de mediciones se llevará a cabo en el laboratorio de biomecánica presente en la escuela, donde utilizaremos el Dinamómetro Computarizado Primus RS de BTE y

donde los tiempos de la realización de la técnica de Neurodinamia serán controlados con el cronómetro RS PRO.

Todos los datos recogidos de los sujetos en estas mediciones serán analizados a través del programa estadístico IBM SPSS Statistics.

Resultados

A continuación, se muestra la tabla de recogida de datos.

ID	SEXO	DOMINANCIA	MEDICIÓN Pre (1)	MEDICIÓN Post (2)	MEDICIÓN 10 min (3)
MZ1	MUJER	DERECHO	18.7	24.4	40
MZ2	MUJER	DERECHO	55.7	52	56.6
MZ3	MUJER	DERECHO	53.8	70	72.4
MZ4	HOMBRE	DERECHO	29.3	27.5	32.6
MZ5	MUJER	DERECHO	40	45.5	42.4
MZ6	HOMBRE	DERECHO	28.1	26.1	33.7
MZ7	HOMBRE	DERECHO	26.2	22.5	53.2
MZ8	MUJER	DERECHO	48.6	54.5	78.3
MZ9	MUJER	IZQUIERDO	30.5	26.6	48.7
MZ10	HOMBRE	DERECHO	16.5	19.3	23.5

TABLA 7. RESULTADOS DE LA FMIFPT (Newtons). ELABORACIÓN PROPIA

Lo primero que se realiza es el análisis descriptivo de la variable en cada uno de los momentos de la medición.

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
Medición 1	Media		34,740	4,4434
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	24,688	
		Límite superior	44,792	

	Media recortada al 5%	34,589	
	Mediana	29,900	
	Varianza	197,438	
	Desviación estándar	14,0513	
	Mínimo	16,5	
	Máximo	55,7	
	Rango	39,2	
	Rango intercuartil	25,6	
	Asimetría	,380	,687
	Curtosis	-1,271	1,334
Medición 2	Media	36,840	5,4689
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	24,469
		Límite superior	49,211
	Media recortada al 5%	35,972	
	Mediana	27,050	
	Varianza	299,085	
	Desviación estándar	17,2941	
	Mínimo	19,3	
	Máximo	70,0	
	Rango	50,7	
	Rango intercuartil	28,7	
	Asimetría	,878	,687
	Curtosis	-,539	1,334
Medición 3	Media	48,140	5,5297

95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	35,631	
	Límite superior	60,649	
Media recortada al 5%		47,833	
Mediana		45,550	
Varianza		305,778	
Desviación estándar		17,4865	
Mínimo		23,5	
Máximo		78,3	
Rango		54,8	
Rango intercuartil		27,1	
Asimetría		,519	,687
Curtosis		-,475	1,334

TABLA 8. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA VARIABLE FMIFPT EN CADA UNO DE LOS MOMENTOS DE LA MEDICIÓN. ELABORACIÓN PROPIA

La tabla superior engloba la estadística descriptiva de las 3 mediciones, donde todas ellas están compuestas por un total de 10 mediciones.

En la medición 1 observamos como la media es de 34,74 N, con límites inferiores y superiores de 24,688 N y 44,792 N respectivamente. A su vez los valores máximo y mínimo son 55,7 y 16,5, por lo que el rango es de 39,2 N. El coeficiente de la curtosis es $-1,271$, lo que indica que estamos ante una curva platicúrtica, donde la mayoría de los datos se encuentran distanciados de la media, y encontraremos una curva achatada.

En la medición 2 observamos como la media es de 36,840 N, con límites inferiores y superiores de 24,469 N y 49,211 N respectivamente. A su vez los valores máximo y mínimo son 70,0 y 19,3, por lo que el rango es de 50,7 N. El coeficiente de la curtosis es $-0,539$, lo

que indica que estamos ante una curva platicúrtica, donde la mayoría de los datos se encuentran distanciados de la media, y encontraremos una curva achatada.

En la medición 3 observamos como la media es de 48,140 N, con límites inferiores y superiores de 35,631 N y 60,649 N respectivamente. A su vez los valores máximo y mínimo son 78,3 y 23,5, por lo que el rango es de 54,8 N. El coeficiente de la curtosis es $-0,475$, lo que indica que estamos ante una curva platicúrtica, donde la mayoría de los datos se encuentran distanciados de la media, y encontraremos una curva achatada.

Posteriormente y para comprobar si la muestra responde a una distribución normal o no, se selecciona el test de Shapiro-Wilk puesto que la muestra es menor de 30 sujetos ($N < 30$).

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Medición 1	,219	10	,193	,916	10	,326
Medición 2	,305	10	,009	,854	10	,065
Medición 3	,129	10	,200 [*]	,957	10	,749

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

TABLA 9. PRUEBA DE NORMALIDAD

A través de esta prueba se observa como el valor de significación de todas las mediciones es superior a 0.05, por lo que podemos afirmar que siguen una distribución normal, puesto que los valores obtenidos son 0.326, 0.065 y 0.749, todos ellos superiores a 0.05

Tras obtener estos datos, realizaremos una prueba de contraste paramétrica, en este caso, realizaremos un ANOVA de medidas repetidas. Para ello se toma una potencia estadística del 95% y un nivel de significación del 5%.

A la hora de realizar el ANOVA de muestras repetidas, aplicaremos el filtro de Bonferroni para que agrupe las variables 2 a 2 y así podamos comparar cada una de las variables con las otras dos.

Comparaciones por parejas

Medida: MEASURE_1

(I) mediciones	(J) mediciones	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-2,100	2,037	,989	-8,076	3,876
	3	-13,400*	3,406	,010	-23,391	-3,409
2	1	2,100	2,037	,989	-3,876	8,076
	3	-11,300*	3,499	,031	-21,563	-1,037
3	1	13,400*	3,406	,010	3,409	23,391
	2	11,300*	3,499	,031	1,037	21,563

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

TABLA 10. ANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla superior, se analizan los resultados en función de los valores de significación obtenidos.

En la comparación por parejas, se observa que el valor de significación entre la medida 1 y la 2 es 0.989 ($p > 0.05$) por lo que se acepta la Hipótesis nula (H_0) donde no hay diferencias estadísticamente significativas entre la primera y la segunda medición.

Asimismo, observamos que el valor de significación entre la medida 1 y la 3 es de 0.010 ($p < 0.05$) por lo que se rechaza la Hipótesis nula (H_0) y se acepta la Hipótesis alternativa (H_1) que indica que hay diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de fuerza entre la primera y la tercera medición.

A su vez, comparamos la medida 2 y la 3, donde el valor de significación es 0.031 ($P < 0.05$) por lo que se rechaza la Hipótesis nula (H_0) y se acepta la Hipótesis alternativa (H_1) que indica que hay diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de fuerza entre la segunda y la tercera medición.

Además de esto, se comprueba si cumple con la esfericidad a través de la prueba de Mauchly, para comprobar que no hay diferencias entre varianzas.

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Medida: MEASURE_1

Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Medición	,690	2,966	2	,227	,763	,888	,500

Prueba la hipótesis nula que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Interceptación

Diseño dentro de sujetos: medición

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos dentro de sujetos.

TABLA 11. PRUEBA DE ESFERICIDAD DE MAUCHLY

Se observa el valor de significación obtenido en la prueba de Mauchly, 0.227 ($P > 0.05$), por lo que se establece que cumple con la esfericidad y no hay diferencias entre las varianzas.

Discusión

La Neurodinamia es un conjunto de movimientos que pretenden valorar las capacidades mecánicas, así como la morfofisiología del sistema nervioso que está siendo sometido a la misma. Con la Neurodinamia testamos la meanosensibilidad del tejido neural, a través de la reproducción de síntomas. Pese a ello, hay muchos factores que alteran e influyen dicha reproducción de síntomas, que pueden salir a la luz incluso en sujetos asintomáticos.

(15)(16)

Por ello, nos encontraremos ante diferentes teorías, siendo las más destacadas las de Shacklock y Butler.

Shacklock propone que se realicen una serie de movimientos correspondientes a una técnica Neurodinámica hasta que se alcance la aparición de los síntomas y la respuesta.

Por su parte, Butler propone una acumulación de información basada en la reproducción de síntomas o diferencias con miembro contralateral, hasta que este justificada la fuente neurogénica y sea la única hipótesis válida.

Por ello y poniendo en común ambas teorías, debemos tratar de conseguir reproducir síntomas, establecer una diferenciación estructural que nos permitan saber si estamos ante una respuesta neurogénica, todo ello apoyado de evidencia externa si es posible, diagnóstico por imagen.

Asociando la Neurodinamia con la fuerza, hay estudios que tratan de comprobar si hay relación directa entre esa sollicitación de los diferentes tejidos y la fuerza.

Uno de los más reciente fue realizado en ratas con dolor neuropático, en el año 2014, llevado a cabo por Martínez Santos F et al donde los resultados obtenidos indican que en aquellas ratas en las que se realiza técnica de Neurodinamia mejoran la capacidad motriz y de locomoción significativamente respecto al grupo que no recibió ningún tipo de tratamiento. A su vez, comprobaron que había un aumento del 172% en la generación de fuerza tetánica del tibial anterior, así como una disminución en los niveles de las células receptoras de dolor, asociado con el tratamiento de Neurodinamia. (23)

A su vez, en otro estudio anterior, realizado en el año 2010 y llevado a cabo por Lopes RSD et al trataban de buscar relación entre la elongación muscular y movilización neural sobre la

capacidad de generar fuerza del cuádriceps. En este artículo, participan 39 sujetos masculinos que son divididos en 3 grupos de 13 sujetos cada uno. Un grupo fue sometido a una elongación estática durante 30 segundos, otro grupo a movilización neural y el tercero era un grupo control. En los resultados obtenidos, apreciaron una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo que fue sometido a movilización neural respecto a los otros dos grupos, donde además el grupo que fue sometido a una elongación estática redujo su capacidad de generar fuerza.

En otro estudio llevado a cabo por Véras LST et al en el año 2012 en sujetos con lepra, trataron de comprobar la influencia de una movilización neural y la electromiografía de superficie. Para ello un total de 56 pacientes fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos, uno compuesto por 29 sujetos que serían sometidos a movilización neural y otro de 27 que formarían parte del grupo control. Entre los resultados obtenidos, cabe destacar el aumento de la actividad electromiográfica del grupo que fue sometido a movilización neural, respecto al grupo control, con diferencias estadísticamente significativas. También se apreció un aumento estadísticamente significativo en la fuerza desarrollada en el movimiento de extensión horizontal y de flexión de rodilla, entre la medición pre y post tratamiento dentro del grupo de movilización neural. (24)

Por último, en el estudio más actual llevado a cabo en humanos, desarrollado en el año 2012 por Araújo BF et al se trató de comprobar la influencia de la movilización neural en la ganancia de fuerza en el movimiento de prensión manual. Para ello contaron con 20 sujetos que fueron divididos en dos grupos. Al primer grupo se le sometió a una técnica de movilización neural sobre los nervios mediano, cubital y radial durante la primera semana, y fueron sometidos a una técnica de estiramiento normal. El segundo grupo recibió el mismo tratamiento, pero en orden inverso. Tras las dos semanas, fueron medidos a través de un dinamómetro manual antes del tratamiento, inmediatamente después, 20 minutos después y 1 hora después de la intervención. Los resultados obtenidos en este estudio contradicen los resultados obtenidos en todos los estudios anteriores, pues no se establecen diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de fuerza en ningún momento y en ninguno de los dos grupos. (25)

La diferencia principal entre este estudio y los demás estudios fue la medición de la fuerza, donde en todos los demás fue realizada en diferentes modelos de dinamómetros computarizados y en este estudio se llevó a cabo en un dinamómetro manual.

En nuestro estudio, se comprueba la eficacia de una técnica de neurodinamia en la ganancia de fuerza en el movimiento de flexión plantar, medida a través del dinamómetro computarizado PRIMUS RS de BTE.

Este dinamómetro ha sido evaluado y validado para la medición de la fuerza de la prensión manual, así como para medir el torque velocidad. A pesar de esto, no hay estudios aún que se hayan parado a evaluar y validar la utilización de este para movimientos isocinéticos. (26)(27)

En nuestro estudio, se realiza una medición de fuerza máxima isométrica en el movimiento de flexión plantar. Los resultados obtenidos indican que hay diferencias estadísticamente significativas entre la medición 3 (10 minutos después de la movilización neural) obteniendo un valor medio de 48,140 N respecto a la medición 1 (antes de la movilización neural) con un valor de 34,740 N y la movilización 2 (inmediatamente después de la movilización neural) con un valor medio de 36,840 N. A su vez, se puede apreciar un aumento entre el momento de medición 2 y el momento de medición 1, pero sin llegarse a establecer diferencias estadísticamente significativas.

Los resultados obtenidos coinciden con todos los resultados obtenidos en los estudios realizados previamente y medidos en un dinamómetro computarizado, que indican que la realización de una técnica de Neurodinamia reporta un aumento en la capacidad de generar fuerza de la musculatura implicada en dicha movilización. Asimismo, los resultados contradicen a los resultados obtenidos en el año 2012 por Araújo BF et al en el movimiento de prensión manual y medido a través de un dinamómetro manual. (23)(24)(25)(26)

Conclusión

- Tras la realización de este estudio piloto, se ha llegado a un conjunto de conclusiones extraídas de la información y los datos obtenidos, analizados y contrastados en función de la pregunta de investigación planteada en el inicio del estudio.
- El estudio tiene como objetivo analizar la influencia de la realización de una movilización neural sobre una única variable, fuerza máxima isométrica, en un único grupo de intervención.
- El valor de fuerza máxima isométrica en el movimiento de flexión plantar obtenido pasados 10 minutos desde la realización de la técnica de movilización neural presenta diferencias estadísticamente significativas respecto al valor de fuerza obtenido inmediatamente después de ser realizada la técnica de movilización neural.
- El valor de fuerza máxima isométrica en el movimiento de flexión plantar obtenido pasados 10 minutos desde la realización de la técnica de movilización neural presenta diferencias estadísticamente significativas respecto al valor de fuerza obtenido previamente a ser realizada la movilización neural.
- El valor de fuerza máxima isométrica en el movimiento de flexión plantar de tobillo obtenido inmediatamente después fue mayor al valor de esta misma variable obtenido previamente a la realización de la técnica, pero sin que se aprecien diferencias estadísticamente significativas.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, podemos concluir que la realización de una movilización de neural sobre el nervio ciático produce un aumento en la fuerza máxima isométrica de flexión plantar después de que transcurran 10 minutos desde la realización de la técnica respecto a la medición previa a la técnica y la medición inmediatamente después.
- Estos datos alcanzados en un estudio piloto no son concluyentes para toda la población, pero si genera la necesidad de realizar este mismo estudio con un mayor espectro y con mayor muestra, para tratar de extraer unas conclusiones extrapolables al resto de la población, aplicable tanto para sujetos sanos como la posibilidad de llevarlo a cabo en otro tipo de sujetos con algún tipo de lesión y comprobar si los resultados obtenidos en este estudio también se dan al aumentar la muestra y modificar el tipo de sujetos que formen parte del estudio.

Listado de Referencias

- (1) Bäumer P, Weiler M, Bendszus M, Pham M. Somatotopic fascicular organization of the human sciatic nerve demonstrated by MR neurography. *Neurology* 2015 Apr 28;84(17):1782- 1787.
- (2) Snell RS. *Neuroanatomía clínica*. 7th ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2010.
- (3) Topp KS, Boyd BS. Peripheral nerve: from the microscopic functional unit of the axon to the biomechanically loaded macroscopic structure. *J Hand Ther.* 2012Apr-Jun;25(2):142- 51.
- (4) Carles Munné. *Neurodinamica: movilizaciones del Sistema nervioso periferico*. Fisiocus Mar-2018
- (5) Anatomía del plexo sacro. Available at: <https://dolopedia.com/articulo/anatomia-del-plexo-sacro-1>. Accessed Jan 20, 2018.
- (6) Butler DS, Mathenson J. *The sensitive nervous system*. Adelaide: Noigroup; 2000.
- (7) Ortiz Sánchez VE, Charco Roca LM, Soria Quiles A, Zafrilla Disla E, Hernandez Mira F. [Pyrimidal syndrome and anatomical variations as a cause of insidious sciatic pain]. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2014 Nov;61(9):521-524
- (8) Rade M, Kononen M, Vanninen R, Marttila J, Shacklock M, Kankaanpaa M, et al. 2014 young investigator award winner: In vivo magnetic resonance imaging measurement of spinal cord displacement in the thoracolumbar region of asymptomatic subjects: part 2: comparison between unilateral and bilateral straight leg raise test. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39(16):1294-300.
- (9) Deco G, Rolls ET. Neurodynamics of Biased Competition and Cooperation for Attention: A Model With Spiking Neurons. *Journal of Neurophysiology* 2005 Jul 1;94(1):295-313.
- (10) Urban LM, MacNeil BJ. Diagnostic Accuracy of the Slump test for Identifying Neuropathic Pain in the Lower Limb. *J Orthop Sports Phy Ther.* 2015;45(8):596-603.
- (11) Boyd BS, Villa PS. Normal inter-limb differences during the straight leg raise neurodynamic test: a cross sectional study. *BMC musculoskeletal disorders* 2012 Dec 10;13(1):245.
- (12) Walsh J, Hall T. Reliability, validity and diagnostic accuracy of palpation of the sciatic, tibial and common peroneal nerves in the examination of low back related leg pain. *Man Ther.* 2009;14(6):623-9.
- (13) Fingleton CP, Dempsey L, Smart K, Doody CM. Intraexaminer and interexaminer reliability of manula palpation and preasure algometry of the lower limb nerves in asymptomatic subjects. *J Manipulative Physiol Ther.* 2014;37(2):97-104
- (14) Mark TG, Osei D, Delos D, Taylor S, Warren RF, Weiland AJ. Peripheral nerve injuries in sports related surgery: presentation, evaluation, and management. *The journal of bone & Join surgery.* 2012;94(16):e121

- (15) Shacklock MO. Clinical neurodynamics: a new system of musculoskeletal treatment, Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann; 2005.
- (16) Article J. López-Cubas C. Consideraciones para la positividad en las pruebas neurodinámicas. *Fisioterapia y Divulgación*. 2014;2(4):32-9.
- (17) Haanpaa M, Attal N, Backonja M, Baron R, Bennett M, Bouhassira D, et al. NeuPSIG guidelines on neuropathic pain assessment. *Pain*. 2011;152(1):14-27.
- (18) Alan Carlos Nery dos Santos, Jefferson Petto, Sidney de Souza Oliveira, Mário César Carvalho Tenório, Cloud Kennedy Couto Sá. Electromyography activity and muscle strength after treatment with neural mobilization: a systematic review. 2016.
- (19) Yasuo Kawakami, Yoshiho Ichinose, Tetsuo Fukunaga. Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. *Journal of Applied Physiology* 1998 Aug 1,;85(2):398-404
- (20) Elizabeth J. Higbie, Kirk J. Cureton, Gordon L. Warren III, Barry M. Prior. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology* 1996 Nov 1,;81(5):2173-2181.
- (21) Kim M, Kong B, Yoo K. Effects of open and closed kinetic-chain exercises on the muscle strength and muscle activity of the ankle joint in young healthy women. *Journal of Physical Therapy Science* 2017;29(11):1903-1906.
- (22) Boyd BS, Wanek L, Gray AT, Topp KS. Mechanosensitivity during lower extremity neurodynamic testing is diminished in individuals with Type 2 Diabetes Mellitus and peripheral neuropathy: a cross sectional study. *BMC neurology* 2010 Aug 28,;10(1):75.
- (23) Santos FM, Grecco LH, Pereira MG, Oliveira ME, Rocha PA, Silva JT, et al. The neural mobilization technique modulates the expression of endogenous opioids in the periaqueductal gray and improves muscle strength and mobility in rats with neuropathic pain. *Behavioral and brain functions : BBF* 2014 May 13,;10(1):19.
- (24) Vêras LST, Vale, Rodrigo Gomes de Souza, Mello DBd, Castro, José Adail Fonseca de, Lima V, Trott A, et al. Electromyography function, disability degree, and pain in leprosy patients undergoing neural mobilization treatment. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 2012 Feb;45(1):83-88.
- (25) Abstract. *Clinical Endocrinology* 2018 Jun;89:4-94.
- (26) Shechtman O, MacKinnon L, Locklear C. Using the BTE Primus(R) to Measure Grip and Wrist Flexion Strength in Physically Active Wheelchair Users: An Exploratory Study. *The American journal of occupational therapy : official publication of the American Occupational Therapy Association* 2001 Jul;55(4):393-400
- (27) Törpel A, Becker T, Thiers A, Hamacher D, Schega L. Intersession Reliability of Isokinetic Strength Testing in Knee and Elbow Extension and Flexion Using the BTE PrimusRS. *Journal of sport rehabilitation* 2017 Jul 1;26(4).

Anexo 1. DOCUMENTO DE INFORMACIÓN AL PACIENTE.

Comparar la ganancia de fuerza en el movimiento de flexión dorsal tras una técnica de neurodinamia.

Investigador principal: Marcos Zotes Castellanos

Centro: Universidad Pontificia Comillas: Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia "San Juan de Dios".

Yo, Marcos Zotes Castellanos, fisioterapeuta por la Universidad Pontificia Comillas, me dirijo a usted para informarle de la existencia del estudio previamente citado e invitarle a su participación. Dicho estudio está aprobado por el Comité de Ética conforme a la legislación vigente y siguiendo las normas de buena práctica de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial.

Con este documento, queremos que reciba toda la información necesaria para su participación. Para ello, rogamos lea este documento con atención y en caso de duda no dude en preguntarnos para que le podamos aclarar las posibles dudas que pudieran surgir o sino, le invitamos a que pregunte las personas que usted crea conveniente.

La participación en este estudio es absolutamente voluntaria y podrá abandonar el estudio en cualquier momento si así lo desea. Debe saber también que tanto la participación como el abandono, estará exento de coste económico.

Usted tiene derecho a conocer a qué intervención se expone y las posibles complicaciones que se pudieran dar.

Mediante este estudio se pretende observar la ganancia de fuerza muscular tras la realización de una técnica neurodinámica sobre el Nervio Ciático. Para poder comprobarlo, se llevará a cabo una medición con el sistema PRIMUS BTS.

La medición se dividirá en tres fases. Una de ellas antes de realizar la técnica de Neurodinamia, otra inmediatamente después de su realización y una final después de que hayan transcurrido 10 minutos. Todas las mediciones llevadas a cabo se realizarán en una única sesión.

El DINAMÓMETRO PRIMUS BTS será colocado paralelamente a la región tibial, en la cara externa, y donde el fulcro coincidirá con el maléolo externo, para hacerlo coincidir con la estructura anatómica donde nace el movimiento a medir.

La colocación y utilización del dinamómetro PRIMUS BTS será de acuerdo con el protocolo.

Colocación del sujeto:

Sentado en la silla que forma parte del equipo del dinamómetro PRIMUS BTS, anclando la pierna que realizará la acción a la silla para tratar de evitar compensaciones y permitiendo las compensaciones del resto del cuerpo que el paciente considere oportunas.

Si tiene alguna duda sobre si puede o no puede participar en el estudio, le rogamos que se ponga en contacto con nosotros

Gracias por su colaboración.

Anexo 2. CONSENTIMIENTO INFORMADO.

D. Marcos Zotes Castellanos, Fisioterapeuta de la Universidad Pontificia de Comillas en la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, con DNI 45688773-D, declaro haber facilitado al participante en el estudio toda la información necesaria en los distintos documentos para integrarse en el mismo, y confirmo que reúne las condiciones necesarias para ello.

En Madrid, ade.....de 2019. Firma:

A RELLENAR POR EL PACIENTE:

D/Dª..... con DNI..... declaro que he leído, me han resuelto todas las dudas y preguntas surgidas durante el período de información de forma satisfactoria y se me ha entregado una copia del Documento de Información al paciente.

Soy plenamente consciente y se me ha explicado el objetivo del estudio. Además, declaro que no oculto información al investigador, que mis datos reportados acerca de mi estado de salud son verdaderos y que reúno los criterios de inclusión propuestos para el estudio.

Al mismo tiempo, declaro la confidencialidad de mis datos y que, en caso de tener la voluntad de abandonar el estudio, seré libre de poder hacerlo en cualquier momento y circunstancia; por tanto, doy mi consentimiento para participar en este estudio.

En Madrid, a.....de.....de 2019. Firma: