



Universidad de Alcalá

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud
Departamento de Enfermería y Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

“Efecto del estiramiento pasivo combinado con
TENS en el dolor muscular post esfuerzo de
aparición tardía: estudio piloto”

Alumna: Mónica Campos Llácer

Tutor: Dr. Pedro de la Villa Polo, Catedrático de Fisiología

Alcalá de Henares, Junio de 2014



Universidad de Alcalá

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud

Departamento de Enfermería y Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

“Efecto del estiramiento pasivo combinado con
TENS en el dolor muscular post esfuerzo de
aparición tardía: estudio piloto”

Alumna: Mónica Campos Llácer

Tutor: Dr. Pedro de la Villa Polo, Catedrático de Fisiología

Firma del autor:

Vº Bº del tutor:

Alcalá de Henares, Junio de 2014

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi tutor Pedro de la Villa por su total disponibilidad y amabilidad durante todo este año. Ha sido un gusto encontrarse con personas en la Universidad que entienden la compatibilidad de los estudios con un trabajo. Muchísimas, muchísimas gracias.

A mi familia, en especial a mi madre y a mi tía, por todos esos mensajes a primera hora de la mañana que han hecho que me levantara en los momentos más difíciles.

A Dana, por sus maravillosas enseñanzas que cambiaron mi forma de ver la vida y abrieron un nuevo mundo de posibilidades.

A los compañeros de carrera que en algún momento se convirtieron en parte importante de mi vida y por los que ha merecido la pena luchar estos 4 años: Víctor, Vanesa, Carmen, Rebeca y Judit. Especialmente quiero agradeceréselo a Fer, por su apoyo incondicional y por haber plantado una flor cuando el terreno era del todo estéril y a Luis por intentar sacarme una sonrisa cada mañana.

A mis pequeñas grandes bailarinas por su participación en este proyecto y la enorme energía positiva que desprenden cada tarde de ensayo.

A Ernesto, por toda la paciencia que ha tenido conmigo que demuestra que fuiste eres y serás mi más bonita casualidad.

RESUMEN

Introducción: La danza clásica o ballet es un arte con una demanda física al nivel de deportes como el fútbol. Sus largas jornadas laborales y la intensidad de las mismas, provocan elevados índices de fatiga que en muchas ocasiones se acompaña del llamado dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía. Dicho dolor es experimentado desde las primeras 24-48 horas pudiendo llegar a perdurar hasta 10 días junto con rigidez muscular leve, pérdida de fuerza muscular, reducción en la amplitud del movimiento y alteración del rendimiento. El estiramiento pasivo es una técnica en fisioterapia que sirve para mantener o mejorar la extensibilidad muscular existente, y el TENS es una técnica del campo de la electroterapia cuyo fin es conseguir analgesia.

Objetivos: El objetivo del presente estudio es evaluar la eficacia de una técnica combinada de estiramientos pasivos y TENS en cuanto al dolor, contracción voluntaria máxima y actividad eléctrica muscular, tras inducir dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía, en bailarinas sanas.

Metodología y sujetos: Se trata de un estudio piloto experimental en el que participan 8 bailarinas amateur entre los 16 y los 30 años de edad, que realizan ballet al menos 3 horas a la semana. Se cita a los mismos sujetos para las pruebas sin tratamiento, y dos semanas después se realizan las mismas pruebas con tratamiento. Las variables que se evalúan son el dolor, la contracción voluntaria máxima y la actividad eléctrica muscular.

Resultados y discusión: El presente estudio parece tener resultados muy beneficiosos en cuanto al dolor. En cuanto a la contracción voluntaria máxima existe una ligera mejoría. Respecto a actividad eléctrica, no se obtienen resultados significativos. Se sugiere realizar estudios posteriores con mayor número de muestra y más prolongado en el tiempo.

Conclusiones: La terapia combinada de estiramiento pasivo y TENS parece tener efectos positivos sobre el dolor y la fuerza muscular en bailarinas clásicas, por lo que se recomienda realizar mayor investigación en este campo.

PALABRAS CLAVE: Fisioterapia, Estimulación Eléctrica Transcutánea del Nervio, Ejercicios de Estiramiento Muscular, Mialgia, Fuerza Muscular, Electromiografía.

ABSTRACT

Introduction: Classical dance or ballet is an art which can be as demanding as football in terms of physical expenditure. As a professional activity it requires long hours of intensive training and work resulting in a high fatigue rate. Sometimes, fatigue comes together with the so called delayed onset muscle soreness. This pain is experienced after the first 24-48 hours but can last up to ten days, together with slight stiffness in the muscles, loss of muscular strength, reduced range of movement and varying performance. Passive stretching is a physiotherapy technique which is used in order to keep or improve the existing muscular extension. TENS is a technique in electrotherapy used in order to obtain analgesia.

Objectives: the target of the current study is to evaluate the efficiency against pain of a dual technique combining passive stretching and TENS. In addition, the study sets out to measure the effectiveness of the technique relating to maximum voluntary muscular contraction and muscular electrical activity after having induced delayed onset muscle soreness in healthy dancers.

Methodology and individuals: for this experimental study we have chosen eight amateur female dancers aged between 16 and 30; they practice ballet at least three hours a week. Individuals are checked without having received any treatment and then after two weeks they are checked again after having had treatment. The variables evaluated are pain, maximum voluntary muscular contraction and muscular electrical activity.

Results and discussion: the current study suggests very useful results in terms of reducing pain. We can only observe a slight improvement in maximum voluntary muscular contraction. Regarding electrical activity, there are no significant results. There is scope for further studies, carried out with a higher number of individuals and over a longer period of time.

Conclusions: Applying a therapy that combines passive stretching and TENS seems to have positive effects in terms of reducing pain and enhancing the muscular strength of ballet dancers. Further research in this field is therefore recommended.

KEY WORDS: Physical Therapy Specialty, Transcutaneous Electric Nerve Stimulation, Muscle Stretching Exercises, Myalgia, Muscle Strength, Electromyography.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Fatiga muscular. Definición, causas y clasificación	1
1.2 Consecuencias de la fatiga en la danza clásica	2
1.3 El dolor muscular post-esfuerzo de aparición tardía.....	5
1.4 Mecanismos de producción del dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía	6
1.5 Estrategias de tratamiento del dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía.	8
1.6 Estimulación Eléctrica Nerviosa Transcutánea.....	11
1.7 Estiramiento pasivo	13
1.7.1 Consecuencias mecánicas del estiramiento	13
1.7.2 La unidad miotendinosa.....	14
2. HIPÓTESIS DE ESTUDIO	16
3. OBJETIVOS	17
4. METODOLOGÍA	18
4.1 Tipo de estudio y sujetos.....	18
4.4 Recursos materiales.....	19
4.4.1 Escala EVA	19
4.4.2 Dinamómetro	21
4.4.3 Electromiografía.....	22
4.5 Desarrollo del estudio	24
4.5.1 Hoja de información y consentimiento informado	24
4.5.2 Recopilación de datos: Valoración del dolor, contracción voluntaria máxima y registro electromiográfico.	24
4.5.3 Test de fatiga muscular, prueba de inducción de DOMPAT	28
4.5.4 Tratamiento con estiramiento.....	30
4.5.5 Tratamiento con TENS.....	33
4.6 Análisis estadístico.	33
5. RESULTADOS	34
5.1 Datos obtenidos en la escala visual analógica	35
5.2 Datos obtenidos en la dinamometría	39
5.3 Datos obtenidos en la electromiografía en el gemelo externo	43
5.4 Datos obtenidos en la electromiografía en gemelo interno.....	47
6. DISCUSIÓN	51
7. CONCLUSIONES	55
8. BIBLIOGRAFÍA	56
9. ANEXOS	59
9.1 Anexo 1: Hoja de información.....	59
9.2 Anexo 2: Consentimiento informado.....	63
9.3 Anexo 3: Consentimiento informado para menores de edad.....	64

ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ATP-CP: Sistema adenosín trifosfato-fosfocreatina.

CP: Fosfocreatina.

DOMPAT: Dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía.

TENS: Transcutaneous Electrical Nervious Stimulation (Estimulación Eléctrica Nerviosa Transcutánea).

GABA: ácido gamma-aminobutírico.

CGRP: péptido relacionado con el gen de la calcitonina.

Hz: Hercios.

μs: Micro segundos.

mA: mili amperios.

CC: Componente contráctil.

CES: Componente elástico en serie.

CEP: Componente elástico en paralelo.

EVA: Escala visual analógica.

N: Newtons.

Lb: Libras.

Kgf: Kilogramo- fuerza.

EMG: Electromiografía.

CVM: Contracción voluntaria máxima.

Cm: Centímetros.

RMS: Root mean square (media cuadrática).

SD: Standard deviation (desviación estándar).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ejecución de un <i>plié</i>	4
Figura 1.2 Ejecución de un <i>relevé</i>	4
Figura 1.3 Ejecución de un <i>tendue</i>	4
Figura 1.4 Modelo de Hill de la unidad miotendinosa.....	14
Figura 1.5 Unidad miotendinosa: componentes contráctiles y no contráctiles..	14
Figura 4.1 Escala visual analógica utilizada para la evaluación del dolor sufrido por los sujetos.....	20
Figura 4.2 Dinamómetro manual microFET2.	21
Figura 4.3 Registro de la actividad eléctrica muscular.	23
Figura 4.4 Pierna dominante de una bailarina.....	24
Figura 4.5 Colocación del dinamómetro para medir la contracción voluntaria máxima en tríceps sural	25
Figura 4.6 Mediciones a partir de las cuales se calcula la RMS.....	27
Figura 4.7 Esquema del test de fatiga.....	28
Figura 4.8 Esquema del desarrollo del estudio sin tratamiento	29
Figura 4.9 Esquema del desarrollo del estudio con tratamiento	29
Figura 4.10 Colocación del sujeto y del investigador durante el estiramiento pasivo del tríceps sural.....	31
Figura 4.11 Colocación del sujeto y del investigador durante el estiramiento pasivo específico del sóleo.....	32
Figura 5.1 Representación gráfica de los datos obtenidos en la escala visual analógica en el grupo sin tratamiento, para cada sujeto	37
Figura 5.2 Representación gráfica de los datos obtenidos en la escala visual analógica en el grupo con tratamiento, para cada sujeto.....	38
Figura 5.3 Representación gráfica de las medias obtenidas en la escala visual analógica de todos los sujetos en el grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.....	39
Figura 5.4 Representación gráfica de la media de los datos normalizados de la dinamometría.....	42
Figura 5.5 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en el grupo sin tratamiento, para cada sujeto	45

Figura 5.6 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en el grupo con tratamiento, para cada sujeto.	45
Figura 5.7 Representación gráfica de la media de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en el grupo sin tratamiento	46
Figura 5.8 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en el grupo sin tratamiento, para cada sujeto	49
Figura 5.9 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en el grupo con tratamiento, para cada sujeto	49
Figura 5.10 Representación gráfica de la media de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en el grupo sin tratamiento	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 Datos antropométricos de la muestra de sujetos.....	34
Tabla 5.2 Datos obtenidos en las mediciones de la escala visual analógica .	36
Tabla 5.3 Datos obtenidos mediante dinamometría en el grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.....	40
Tabla 5.4 Datos normalizados de la dinamometría del grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.	41
Tabla 5.5 Valores de la RMS obtenidos mediante electromiografía en grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento en el gemelo externo. ...	43
Tabla 5.6 Datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.	44
Tabla 5.7 Valores de la RMS obtenidos mediante electromiografía en grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento en el gemelo interno. ...	47
Tabla 5.8 Datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.	48

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Fatiga muscular. Definición, causas y clasificación

Se define la fatiga como “una alteración aguda del rendimiento durante el ejercicio, que incluye un aumento en el esfuerzo percibido, necesario para ejercer una fuerza o potencia deseada” (1), así como, “la reducción en la producción de fuerza muscular resultante de la disminución en el número de puentes cruzados que se unen simultáneamente en la etapa de generación de fuerza” (2).

Según diferentes autores, las causas de la fatiga muscular pueden encontrarse o bien en el sistema nervioso central o en la unión neuromuscular. En cualquier caso, la fatiga depende del tipo, duración e intensidad de ejercicio de realizado (2,3).

- Ejercicio de corta duración e intensidad alta: La fatiga puede deberse a la depleción en los almacenes de ATP-CP, ya que la energía no puede obtenerse a través de la glucólisis o fosforilación oxidativa.
- Ejercicio de duración e intensidad media: La fatiga puede producirse por depleción en los almacenes de CP o por la producción de ácido láctico que disminuye el pH y reduce la glucólisis.
- Ejercicio de duración prolongada: La fatiga se relaciona con la depleción de glucógeno, la producción de iones calcio, la acumulación de amoníaco, la deshidratación y la hipoglucemia. Ésta última, afecta tanto al metabolismo muscular como al sistema nervioso central ya que obliga al cerebro a recurrir a la glucosa como fuente de energía.

Se puede clasificar la fatiga en tres categorías:

- La fatiga periférica: Es la que influye en los procesos contráctiles del músculo que tienen lugar durante la danza y el entrenamiento deportivo, o durante un trabajo funcional que requiera mantenimiento prolongado o repetición de una fuerza isométrica de intensidad alta o contracción isotónica (1,4).
- La fatiga central, por otro lado, se define como “el fallo para mantener la fuerza requerida o esperada para la función de salida de potencia que no se puede explicar únicamente por la disfunción en el propio músculo, si no que este fallo está asociado con alteraciones específicas en el sistema nervioso central que disminuyen la actividad muscular” (1). Factores psicológicos que pueden promover la fatiga central son la motivación y estímulos negativos (1,2, 4).
- Una combinación de ambas

1.2 Consecuencias de la fatiga en la danza clásica

Se considera a la danza clásica como un arte con una demanda física al nivel del fútbol (intensidad alta intermitente) (2) y una demanda psicológica tan fuerte como la de la tauromaquia(1).

La mayoría de lesiones en los bailarines clásicos, se producen en el tobillo y pie y sobre todo en periodos de funciones y largos ensayos. Según el estudio de Bizid *et al.* (5) la fatiga muscular localizada producida por contracciones repetitivas es suficiente para perturbar el control postural de un sujeto.

Respecto a los ensayos, se ha demostrado que hay un mayor índice de lesiones cuando nuevas piezas coreográficas son aprendidas por los bailarines ya que realizan un mayor número de repeticiones de los mismos pasos, es decir, cuando se ensaya hasta la sobrecarga y fatiga.

La duración de una clase varía entre los 90 y 120 minutos, y posteriormente comienzan los ensayos, sumando un total de unas 7 horas diarias de ambos (2,6). La intensidad de ejercicio durante una clase varía entre el 46% y el 80% de la máxima capacidad aeróbica, mientras que en los momentos de escenario se combinan periodos cortos de máximo esfuerzo, con periodos de descanso.

Una clase de ballet consta de dos partes, un calentamiento en la barra y una parte en el centro. El calentamiento, dura entre 5 y 10 minutos y está compuesto por ejercicios de intensidad baja: *pliés* (Figura 1.1) y *grand pliés*, *relevés* (Figura 1.2), *tendues* (Figura 1.3), *port de bras*, *rond de jambe*... Es por tanto el sistema aeróbico quien se está encargando de aportar las demandas de energía muscular. Durante el centro, los ejercicios son de corta duración (40 segundos) e intensidad alta y periodos de descanso entre 2 y 5 minutos, por tanto son ambos sistemas (aeróbico y anaeróbico) quienes están actuando.

Durante las actuaciones, la intensidad de ejercicio es parecida a la del centro de la clase. Es por ello que la fatiga se debe al aumento en las cantidades de lactato que producen una disminución en la fuerza muscular (2).

Una vez producida la fatiga muscular, la habilidad para llevar a cabo movimientos complejos se reduce, y esto puede desembocar en “una técnica pobre, falta de alineación corporal, biomecánica ineficiente y aumento del estrés en músculos y articulaciones que solo pueden tolerar un cierto límite hasta que se lesionan” (6).



Figura 1.1 Ejecución de un *plié*. [Tomada de (7)].



Figura 1.2 Ejecución de un *relevé*. [Tomada de: (8)].



Figura 1.3 Ejecución de un *tendue*. [Tomada de (9)].

1.3 El dolor muscular post-esfuerzo de aparición tardía

El dolor muscular de aparición tardía (DOMPAT) se define como “una lesión por esfuerzo muscular de tipo I que se caracteriza por la sensibilidad o rigidez a la palpación y/o movimiento”(10) .El sujeto puede experimentar rigidez muscular leve, o dolor severo que limita el movimiento (10) pérdida de fuerza muscular, reducción en la amplitud del movimiento, aumento de la tasa metabólica en reposo y alteración del rendimiento (11).

El dolor se localiza en la región distal del músculo y se convierte en difuso entre las 24-72 horas después del ejercicio (10,11). La localización del dolor puede explicarse por una alta concentración de receptores musculares en el tejido conectivo de la unión miotendinosa. Además, las fibras musculares se colocan de manera oblicua justo antes de la unión miotendinosa, lo que las convierte en más vulnerables a la hora de resistir fuerzas de tracción.

El DOMPAT se produce por un fuerte trabajo muscular asociado con actividad excéntrica, la cual se define como un alargamiento del músculo durante una contracción simultánea (10). Con lo cual, si la carga externa es mayor que la capacidad del músculo para resistirla activamente, el músculo se alarga y se genera tensión activa.

Además durante la contracción excéntrica, los puentes cruzados se separan con más fuerza, ya que se rompen los enlaces de actina y miosina antes de la relajación. Es por ello, que se genera una mayor tensión por unidad motora activa y el riesgo de lesión en la unión miotendinosa aumenta (10).

1.4 Mecanismos de producción del dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía.

Existen varias teorías sobre los mecanismos de producción de DOMPAT (10).

✚ Teoría del ácido láctico

Esta teoría sostiene que tras cesar el ejercicio, se sigue produciendo ácido láctico, que se acumula como producto tóxico del metabolismo (cristales de lactato) creando dolor. Esta teoría ha sido rechazada, ya que se demostró que los niveles de lactato volvían a su nivel basal 1 hora después del ejercicio y por lo tanto no podía explicar el dolor producido durante las 24 y 72 horas después del ejercicio.

✚ Teoría del espasmo muscular

Dicha teoría se introduce tras observar actividad en los músculos en reposo tras la actividad excéntrica, que sugiere un espasmo localizado en dicha musculatura. Debido a este espasmo, se produce compresión de los vasos, isquemia y acumulación de sustancias sensibilizantes. Esta teoría no ha sido confirmada por estudios posteriores.

✚ La teoría del daño en el tejido conectivo

Esta teoría apoya que las fibras tipo I son más robustas que las fibras tipo II, lo que las convierte en más susceptibles al estiramiento y a la tensión excesiva. Este hecho, podría dar explicación al dolor muscular. Se han realizado estudios midiendo la hidroxiprolina e hidroxilisina en la orina. Estos aminoácidos componen el colágeno y aparecen en la orina después del ejercicio como consecuencia de la degradación del mismo si ha existido un uso excesivo o daño tisular. Sin embargo los resultados no fueron concluyentes para dar apoyo a la teoría del daño en el tejido conectivo.

Teoría del daño muscular

Esta teoría defiende que el dolor se produce por la alteración en la línea Z (componente contráctil del tejido muscular) después de la actividad excéntrica. Este hecho aumenta en las fibras tipo II que poseen líneas z más estrechas y débiles. Además de lo anterior, se estimulan los nociceptores del músculo, arteriolas, capilares y unión miotendonosa, lo que conduce a la sensación de dolor.

Teoría inflamatoria

Esta teoría sostiene que se produce una respuesta inflamatoria después de actividad excéntrica repetida, y que los picos de edema coinciden con los picos de dolor del DOMPAT.

Teoría del flujo enzimático

Esta teoría propone que el calcio, se acumula fuera del retículo sarcoplasmático y produce daño muscular. Debido a este hecho, se inhibe la respiración celular en la mitocondria, regenerándose ATP para transportar el calcio al retículo sarcoplasmático. Además se cree que la acumulación de calcio activa a proteasas y fosfolipasas que causan mayor lesión al sarcolema con la producción de leucotrienos y prostaglandinas.

Actualmente, el consenso general de los investigadores, es que ninguna teoría por sí sola puede explicar la aparición del DOMPAT.

1.5 Estrategias de tratamiento del dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía.

Todas las teorías sobre los mecanismos de producción del DOMPAT, han motivado a los investigadores a probar diferentes técnicas de tratamiento para aliviar el dolor y reestablecer la actividad funcional lo antes posible. Dentro de estas técnicas se incluyen: la crioterapia, el estiramiento, los antiinflamatorios, el ultrasonido, la electroterapia, la homeopatía, el masaje, la compresión, el oxígeno hiperbárico y el ejercicio (10, 11,12) .

Crioterapia

La aplicación superficial de frío produce un descenso en la temperatura del tejido que excita a las fibras adrenérgicas produciendo vasoconstricción. Por lo tanto reduce la inflamación y la formación de edema. Sin embargo, estudios como los de Jones y Quigley (10) han mostrado poca evidencia de la crioterapia en la magnitud del dolor o en la facilitación de su recuperación. Otros estudios como el de Roswell *et al.* evidencian una percepción menor de fatiga y dolor muscular sin cambios en los índices de daño muscular e inflamación (13).

Estiramientos

El estiramiento pasivo se cree que disminuye el espasmo muscular citado anteriormente en la teoría que le da nombre. Autores como Bobbert *et al.* (10) añaden que el estiramiento reduce el edema que se acumula en la zona de daño tisular. El estudio de Ghasemi *et al.* en jugadoras de baloncesto concluye que tanto el estiramiento pasivo como el descanso tiene resultados positivos en la electromiografía(14). Sin embargo, estudios que han investigado el estiramiento antes, después o antes y después del ejercicio excéntrico no han tenido resultados concluyentes.

Antiinflamatorios

Los antiinflamatorios no esteroideos previenen la formación de endoperóxidos y prostaglandinas, con lo que disminuye la respuesta inflamatoria y el edema que producirían dolor. Los efectos en el DOMPAT han sido beneficiosos, pero se debe tener en cuenta que el uso prolongado de este tipo de sustancias puede tener consecuencias perjudiciales como úlceras de estómago, fallo renal y daño en el hígado, por lo que no es recomendable abusar de ellas (10).

Ultrasonido

Este tratamiento aumenta el flujo sanguíneo y el calentamiento del tejido. Los estudios de Hasson *et al.* Y Ciccone *et al.* han mostrado resultados mixtos (10).

Electroterapia

La aplicación de pequeñas corrientes eléctricas ha sido utilizada para la recuperación de fracturas y heridas. Sin embargo, existen muy pocos estudios que hayan aplicado microcorriente o TENS en lesiones músculo-esqueléticas. Weber *et al.* (10) utilizaron TENS durante 30 minutos a baja frecuencia y duración de pulso larga y evidenciaron reducción en el dolor y mejora en la extensión de codo 48 horas después del ejercicio. Se propuso que el TENS en bajas frecuencias y duración de pulso altas, estimula liberación de beta-endorfina de la glándula pituitaria, que promueve la liberación de cortisol, estimulando la gluconeogénesis, síntesis de proteínas, movilización de ácidos grasos y supresión de la respuesta inflamatoria.

Sin embargo, aunque el TENS ha mostrado efectos positivos en el dolor y el rango de movimiento, no se ha podido demostrar que aumente la concentración de cortisol. Con las corrientes interferenciales hubo resultados similares a los del TENS (10). Actualmente los distintos autores proponen una mayor investigación en este campo, con grupos control, para eliminar el efecto placebo.

Homeopatía

La sustancia homeopática más conocida es el Arnica, por sus propiedades antiinflamatorias, antibióticas y analgésicas. Estudios recientes muestran un beneficio mínimo respecto al DOMPAT (10).

Masaje

La hipótesis sobre los efectos del masaje, es que aumenta el flujo sanguíneo, reduciendo la producción de prostaglandinas, disminuyendo así el proceso inflamatorio. Al llegar más oxígeno al músculo, se genera ATP que transporta el calcio dentro del retículo sarcoplásmico. Los resultados obtenidos de los estudios son inconsistentes y esto puede deberse a la amplia variedad de técnicas de masaje y duración de las mismas entre otros (10,11).

Compresión

Autores como Kraemer *et al.* (10) concluyen que la compresión continua es efectiva en el DOMPAT, sin embargo se necesita más investigación para confirmar este hecho.

Terapia con oxígeno hiperbárico

Autores como Harrison *et al.* , Mekjavic *et al.* y Staples *et al.* (10) utilizan este tipo de tratamiento en sus investigaciones y no llegan a resultados concluyentes.

Ejercicio

El ejercicio es una de las terapias más efectivas para reducir el DOMPAT. Sin embargo sus efectos son transitorios y cuando cesa la actividad, se reanuda el dolor. Sus efectos pueden deberse a la ruptura de las adherencias en los músculos doloridos, aumento del flujo sanguíneo que provoca la eliminación de sustancias de desecho nocivas, y liberación de endorfinas.

También se cree que el ejercicio produce un estímulo aferente en las unidades sensoriales de bajo umbral (fibras Ia, Ib y II) y puede interferir con la sensación de dolor producida en las fibras III y IV, reduciendo así la sensación de dolor.

El tratamiento que se va a llevar a cabo en el presente estudio es una terapia combinada de estiramientos pasivos y TENS, por lo que se profundiza en dichas técnicas a continuación.

1.6 Estimulación Eléctrica Nerviosa Transcutánea

La estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS), son corrientes de baja frecuencia muy usadas en la práctica clínica tanto para dolores agudos como crónicos. En 1965 Wall y Sweet estimulan los nervios infraorbital y ulnar, y es entre 1967 y 1970, cuando se introducen las prácticas con TENS (15,16).

Su mecanismo de acción se basa en el bloqueo de los canales de sodio y en la disminución de la excitabilidad de las fibras nerviosas tipo C. También se cree que modifica la liberación de GABA, CGRP, sustancia P, adrenalina, serotonina y alanina (15,16).

Dentro de sus características físicas, destaca que son corrientes de baja frecuencia (1-1000Hz). La corriente aplicada es alterna con una duración de fase e intensidad ajustable. Por tanto se puede variar la frecuencia, utilizar una corta duración de fase (10-250 μ s), y regular la intensidad entre 1 y 80 mA.

La intensidad se puede regular entre 1-80 mA.

Existen dos tipos de TENS:

- TENS convencional: la intensidad debe mantenerse justo por debajo del límite del dolor. Produce una excitación indolora, parestesia y una sensación de hormigueo agradable.
- TENS ráfaga: la intensidad se debe subir hasta que aparecen contracciones musculares fuertes y visibles.

Para que se produzca un bloqueo eficiente de las fibras tipo C los parámetros deben ser los siguientes:

- Duración del pulso: corto, entre 60 y 180 μ s, sin pasar de 220 μ s.
- Forma del impulso: rectangular
- Fase de compensación: 0
- Frecuencia: entre 1 y 200 Hz.
- Colocación de los electrodos: Normalmente se colocan sobre los puntos de dolor.

En el presente estudio se utiliza un TENS de tipo convencional (frecuencias altas y amplitudes bajas) recomendado en procesos agudos por su efecto analgésico. Dicho efecto aparece a los 2-3 minutos del tratamiento. Se debe tener en cuenta el fenómeno de acomodación que se produce a los 5-10 minutos del inicio del tratamiento, y se debe subir la intensidad hasta que se vuelva a sentir la sensación de "hormigueo" agradable.

Así mismo se utiliza una frecuencia de 110 Hz, duración de pulso de 150 μ s durante 20 minutos y la intensidad con el comando de "hormigueo agradable".

1.7 Estiramiento pasivo

Se define un estiramiento como la acción mecánica que sirve para mantener o mejorar la extensibilidad existente, realizando un esfuerzo de tracción sobre la unidad funcional miotendinosa: músculo y tendón (17).

Existen 3 tipos de estiramiento, dependiendo de la fuerza que se ejerce sobre la estructura miotendinosa:

- ✚ **Pasivo:** La fuerza es externa al músculo que se pretende estirar. Puede estar realizada por otra persona, o de manera autopasiva por el individuo.
- ✚ **Activo:** La fuerza se produce por contracción del grupo muscular antagonista al músculo que se quiere estirar.
- ✚ **Tensión activa:** Cuyo objetivo es estirar estructuras tendinosas. Para ello se coloca el grupo muscular en situación de pre-alargamiento pasivo y se solicita contracción muscular del mismo (17).

1.7.1 Consecuencias mecánicas del estiramiento

En términos generales, un cuerpo sometido a un esfuerzo de tracción poco importante, experimenta una deformación elástica, que desaparece cuando cesa el esfuerzo de sollicitación. Sin embargo, si el esfuerzo de tracción es más intenso se produce un alargamiento mucho mayor que puede durar incluso cuando cesa el esfuerzo de sollicitación. Es la denominada deformación plástica.

1.7.2 La unidad miotendinosa

La unidad miotendinosa es una estructura heterogénea que se compone de componentes contráctiles (miofilamentos de actina y miosina: CC) y componentes no contráctiles (capas conjuntivas: CEP, tendones, estrías Z, y sarcoplasma: CES), como se encuentra recogido en la Figura 1.4.

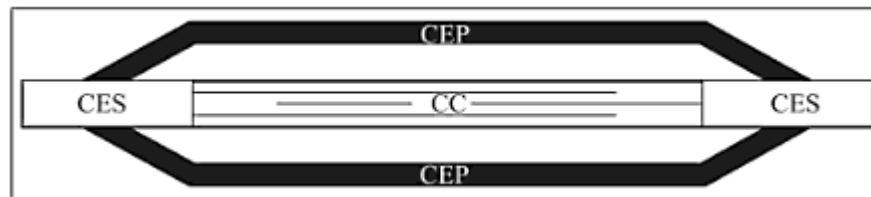


Figura 1.4 Modelo de Hill de la unidad miotendinosa. [Tomada de (17)].

En la figura anterior, se puede observar que la unidad miotendinosa tiene 3 componentes extensibles en sentido longitudinal, sus extremos son no contráctiles, y la parte central contráctil es más extensible que las dos restantes (Figura 1.5).

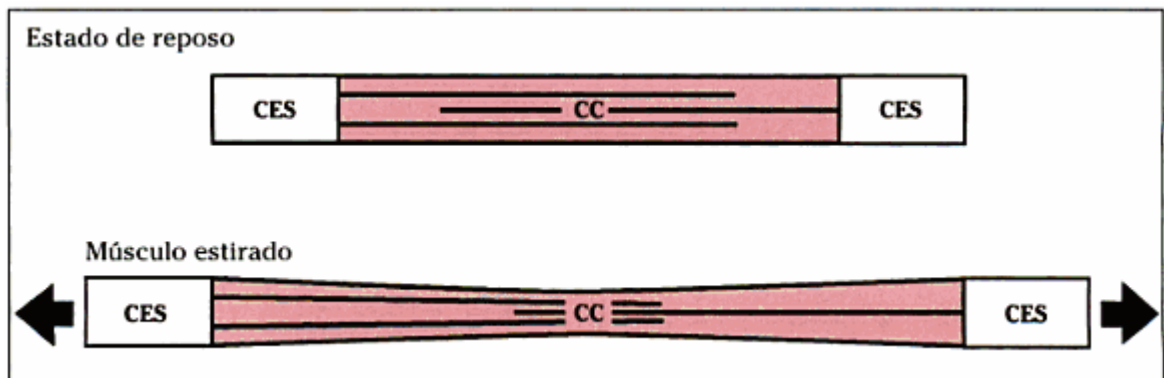


Figura 1.5 Unidad miotendinosa: componentes contráctiles y no contráctiles. [Tomada de (17)].

Según lo anterior se puede concluir que cuando se realiza un estiramiento de la unidad miotendinosa se produce un alargamiento de la parte contráctil y las partes conjuntivas. Cuando dicho alargamiento de estas zonas se empieza a agotar, se empiezan a solicitar en alargamiento las estructuras tendinosas.

Si el objetivo del estiramiento es mejorar la extensibilidad existente, se debe elongar la estructura más allá de la fase de deformación elástica e intentar ir a más, realizando una tracción a velocidad lenta y progresiva para aumentar la eficacia del alargamiento. Para saber si se está realizando dicha tensión en un sujeto, éste debe sentir el estiramiento incómodo, pero no doloroso, y se debe mantener la tensión hasta llegar a la fase de deformación plástica.

A modo de resumen se puede concluir que los factores a tener en cuenta en un estiramiento para mejorar la extensibilidad de la unidad miotendinosa son:

- Intensidad de la fuerza de tracción.
- Progresión de su aplicación para alcanzar la fase de deformación plástica.
- Tiempo que se mantiene.
- Localización del esfuerzo de tracción.

2. HIPÓTESIS DE ESTUDIO

La hipótesis planteada es el presente estudio, es que los sujetos tratados con estiramiento pasivo y TENS, disminuirán el dolor muscular post-esfuerzo de aparición tardía y mejorarán la fuerza muscular, a las 24 horas de la prueba de inducción de fatiga.

3. OBJETIVOS

Los objetivos planteados en el presente estudio son los siguientes:

- ❖ Evaluación del efecto de la terapia combinada de estiramientos pasivos y TENS sobre el dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía (DOMPAT).
- ❖ Evaluación del efecto de la terapia combinada de estiramientos pasivos y TENS sobre la fuerza muscular (contracción voluntaria máxima).
- ❖ Evaluación del efecto de la terapia combinada de estiramientos pasivos y TENS sobre la actividad eléctrica muscular.

4. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de estudio y sujetos

Se ha realizado un estudio piloto experimental, en el que participaron 9 sujetos voluntarios de edades comprendidas entre los 16 y los 20 años de edad. Todos ellos, eran bailarinas amateurs del Centro de Artes Escénicas “La Caja del Arte” de Torrejón de Ardoz. Uno de los sujetos se lesionó la primera semana de toma de datos y fue eliminado del estudio.

El estudio se realizó entre los meses de enero y marzo del 2014. Durante la primera sesión de toma de datos, los sujetos realizan las pruebas de dolor, dinamometría, electromiografía y el test de fatiga, y tras dos semanas de descanso, esos mismos sujetos vuelven a realizar las mismas pruebas, aplicándoseles inmediatamente después el tratamiento con estiramientos pasivos y TENS.

Todos los sujetos fueron informados de la metodología del estudio y el tratamiento a recibir (véase anexo 1) y firmaron el correspondiente consentimiento informado (véase anexo 2). Para los sujetos menores de edad fue necesaria la firma de su padre/madre o tutor legal.

Se establecieron como criterios de inclusión:

- Ser bailarina amateur mujer, ensayando al menos 3 horas semanales.
- Tener una edad comprendida entre los 16 y los 30 años, con un peso entre los 45 y 55 kilos y una talla entre los 150 y 170 centímetros.
- Haber firmado voluntariamente el consentimiento informado.

Se establecieron como criterios de exclusión:

- Padecer una enfermedad en la que esté contraindicada el uso del TENS: enfermedad cardíaca, marcapasos, epilepsia, dolor sin diagnosticar etc...
- Estar embarazada.
- Haber padecido algún tipo de lesión músculo-tendinosa en el último mes.
- Padecer algún tipo de enfermedad o lesión durante el periodo de estudio que pueda alterar el resultado del mismo.

4.4 Recursos materiales

- Ordenador de sobremesa.
- Sistema de registro *Power Lab* y programa *Chart 5 for Windows*.
- *Software Excel 2003* del paquete *Microsoft Office*.
- Electrodo de superficie desechables.
- Dinamómetro manual microFET2.
- Barra de ballet.
- Camilla.
- TENS y electrodos reutilizables.
- Escala visual analógica (EVA).

A continuación se explica con detalle la EVA, el dinamómetro manual y el sistema de registro electromiográfico utilizados para el presente estudio.

4.4.1 Escala visual analógica

La escala visual analógica (EVA), es una escala validada para medir la intensidad del dolor y proporciona mayor sensibilidad que las escalas descriptivas (18). La escala consiste en una línea recta de 10 centímetros de longitud acotada en sus extremos que se muestra al sujeto, correspondiendo el 0 a la ausencia de dolor y el 10 el peor dolor imaginable.

En el presente estudio se utiliza una EVA proporcionada por el Hospital Universitario Príncipe de Asturias (Figura 4.1). Dicha escala presenta dos caras, en una de ellas se muestra una línea recta sin ningún tipo de numeración (Figura 4.1 A), describiéndose exclusivamente en uno de sus extremos “ningún dolor” y en el otro “el peor dolor imaginable”. En la cara contraria (Figura 4.1 B), se muestra la misma línea recta milimetrada y escalada del 0 al 10.

Tras informar a los sujetos de la mecánica de la prueba, se les pide que marquen el dolor que sufren en la cara con la línea sin numerar, para evitar que recuerden el número exacto en siguientes mediciones y alterar los resultados objetivos de la prueba. Inmediatamente después de que el sujeto marque su dolor en la escala, el investigador da la vuelta a la escala para poder visualizar milimétricamente el número exacto de intensidad de dolor, sin que el sujeto lo sepa.

A)



B)



Figura 4.1 Escala visual analógica utilizada para la evaluación del dolor sufrido por los sujetos. **A)** Cara 1 de la escala sin numerar, donde los sujetos marcan su intensidad de dolor. **B)** Cara 2 de la escala, donde el investigador objetiva milimétricamente el valor marcado por los sujetos en la cara 1.

4.4.2 Dinamómetro

El dinamómetro es un aparato que sirve para medir la fuerza muscular ejercida durante la contracción muscular de manera objetiva, fiable y cuantificable. El dinamómetro utilizado en el presente estudio es el microFET2 de la compañía *Hoggan Health Industries* (19).

El equipo utilizado (Figura 4.2), es un dinamómetro inalámbrico, que presenta una cinta elástica en la base del mismo para poder encajarlo en la palma de la mano del investigador.

Además cuenta con varios cabezales para aislar diferentes músculos y aumentar la validez de las pruebas. Posee dos pequeñas pantallas, en las que se muestran el tiempo que dura la contracción muscular en segundos, y la unidad de medida de dicha fuerza en libras (lb), newtons (N), o kilogramo-fuerza (kgf).

Los estudios de Bohannon *et al.* (20, 21) confirman que se pueden realizar mediciones fiables de la fuerza muscular mediante dinamómetro manual.



Figura 4.2 Dinamómetro manual microFET2. [Tomada de (22)].

4.4.3 Electromiografía

Un electromiógrafo es un equipo, que permite registrar la actividad eléctrica de los músculos esqueléticos, generada por la activación eléctrica (potenciales de acción) de las fibras musculares cuando son activadas por la motoneurona. De acuerdo al tipo de electrodos utilizados, existen 3 maneras de registrar las señales electromiográficas: mediante electrodos de superficie, electrodos internos, o microelectrodos.

El aparato utilizado en el presente estudio es el equipo *Powerlab* (Figura 4.3 A) con el *Software Chart5* para *Windows*, y electrodos de superficie desechables (Figura 4.3 B). Estudios como el de Rasines *et al.* (23) para el dolor lumbar, aseguran que la fiabilidad de la electromiografía de superficie es elevada.

A)



B)



Figura 4.3 Registro de la actividad eléctrica muscular. **A)** Sistema de registro *Powerlab*. [Tomada de (24)] **B)** Electrodo de superficie desechable y modo de colocación. [Modificada de (25)].

4.5 Desarrollo del estudio

4.5.1 Hoja de información y consentimiento informado

Se proporciona a los sujetos una hoja de información (véase anexo 1) en la que se detalla el estudio en el que van a participar y las técnicas que van a recibir de tratamiento. Así mismo, la información se les proporciona de forma oral, asegurándose de que no existe ninguna duda. Posteriormente, se les entrega la hoja de consentimiento informado para que la firmen voluntariamente.

4.5.2 Recopilación de datos: Valoración del dolor, contracción voluntaria máxima y registro electromiográfico.

De forma previa a la realización del test de fatiga muscular, se recogen los datos sobre el dolor, la contracción voluntaria máxima y la actividad eléctrica muscular (electromiografía) del gemelo externo y el gemelo interno del miembro inferior dominante de las bailarinas. Dicho miembro inferior corresponde al mismo que soporta todo su peso durante la realización de piruetas en su práctica diaria (Figura 4.4).



Figura 4.4 En este caso la pierna dominante de la bailarina es la izquierda, porque es con la que realiza las piruetas. [Tomada de (26)].

Para la realización de las mediciones, se pide al sujeto que marque en la EVA su dolor actual en el miembro evaluado. El valor marcado antes del test de fatiga, debe ser 0, de lo contrario no podría participar en el estudio.

Posteriormente se miden a la vez la contracción voluntaria máxima y la actividad eléctrica del músculo. Para la realización del registro electromiográfico, se colocan 4 electrodos de superficie: 2 en el gemelo interno y 2 en el gemelo externo (el negativo en el extremo proximal y el positivo en el extremo distal), y un electrodo más de toma de tierra a la altura del empeine (véase Figura 4.3).

Para la medir la contracción voluntaria máxima (CVM), se coloca al sujeto en una camilla en sedestación con ambas rodillas en extensión y los pies por fuera de la camilla, en flexión dorsal de tobillo. El evaluador coloca el dinamómetro en la planta del pie, a la altura de los metatarsianos (Figura 4.5) y se le pide entonces que realice la máxima fuerza posible en flexión plantar, bajo el comando de “pisa fuerte” (27). Dicha contracción es mantenida durante 5 segundos (ya que los estudios demuestran que es el tiempo suficiente para alcanzar la máxima fuerza (20). Esta fuerza es registrada mediante dinámometro manual, a la vez que se monitoriza la actividad eléctrica en los músculos arriba indicados.



Figura 4.5 Colocación del dinamómetro para medir la contracción voluntaria máxima en tríceps sural. [Tomada de (19)].

Este procedimiento se repite 3 veces, anotándose los datos: la medida tomada será la media de las 3 mediciones consecutivas de la CVM. Una vez hallada la media, se calcula el 80% de ese valor de la media. Dicho valor, correspondiente al 80% de la CVM será indicado al sujeto, y servirá para pedir a los sujetos que durante el test de fatiga lleguen a dicho valor, y no al 100% de su capacidad. El procedimiento para alcanzar el 80% de la CVM es ensayado con los sujetos antes de proceder a la realización del test de fatiga.

Los datos obtenidos del ordenador mediante registro electromiográfico, son analizados mediante el programa *Chart5 for Windows*, realizándose también 3 mediciones (Figura 4.6). La magnitud de la actividad eléctrica muscular es monitorizada de forma continua mediante el equipo *PowerLab*, y sus valores digitalizados a una frecuencia de 1000 Hz, y almacenados en el ordenador. Los datos numéricos son exportados al programa *Excel 2003 para Windows*, donde se procederá al cálculo de la variable a estimar: Raíz Cuadrática Media (*Root Mean Square* o RMS), que corresponde a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de todos los valores de amplitud de actividad eléctrica dividida entre el número de datos (Ecuación 4.1).

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}}$$

Ecuación 4.1 Fórmula matemática de la RMS.

A partir de esas 3 mediciones, se calcula la RMS y posteriormente la media para cada sujeto.

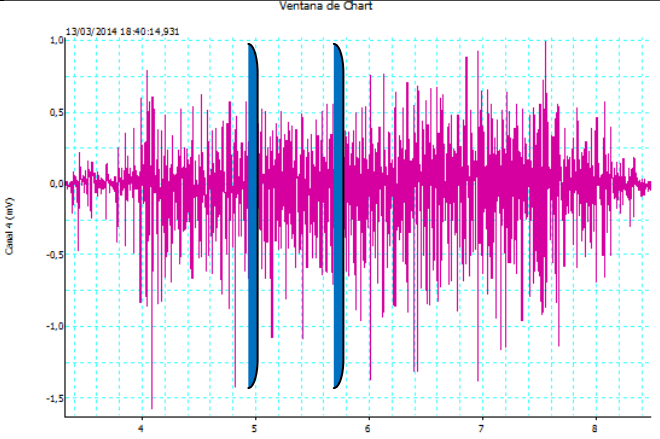
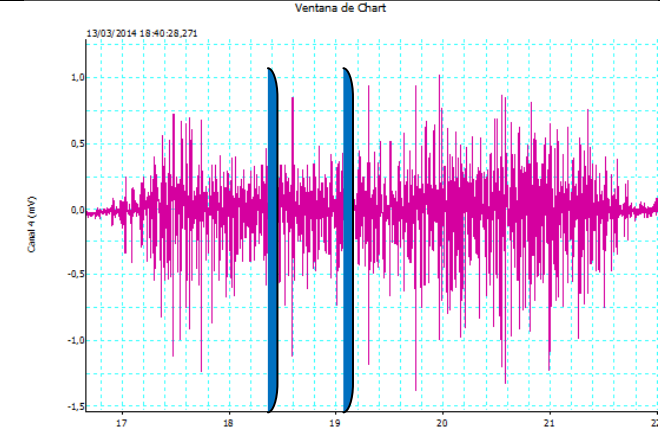
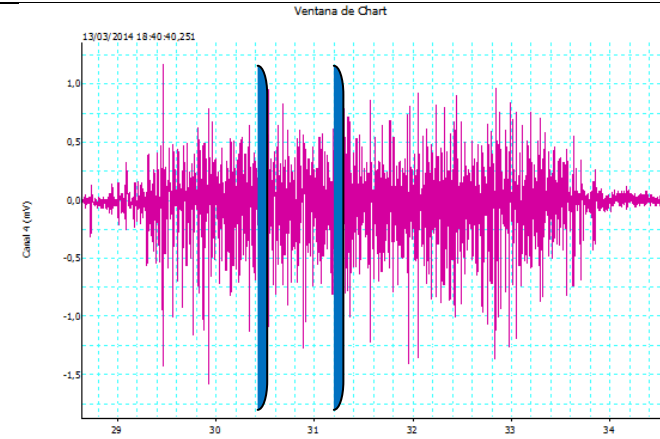
Tiempo	EMG gemelo externo del sujeto 8	RMS (μ V)
Primera medición		0,269
Segunda medición		0,27
Tercera medición		0,269
	MEDIA	0,27

Figura 4.6 Mediciones a partir de las cuales se calcula la RMS. Se toman 3 mediciones, de cada una de ellas se toma un segmento de contracción estable de medio segundo de duración (que corresponde al comprendido entre los corchetes azules). Dichos datos se exportan a *Excel*, para calcular la RMS y posteriormente la media.

Todo el procedimiento anterior de medición de dolor, contracción voluntaria máxima y registro electromiográfico se repetirá al finalizar el test de fatiga y pasadas las 24 horas.

4.5.3 Test de fatiga muscular, prueba de inducción de dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía.

Una vez recopilados los datos, se procede a realizar el test de fatiga muscular. Para ello se coloca a los sujetos delante de una barra de ballet, con ambas manos apoyadas en ella, para que no pierdan el equilibrio, y se les pide que no hagan fuerza con sus brazos, sino que simplemente les sirva para no desestabilizarse.

Posteriormente, se les pide que realicen elevaciones del talón del suelo, con la cadera y la rodilla en extensión sobre su miembro inferior dominante, al 80% de su capacidad máxima. El miembro inferior no dominante se colocara con flexión de rodilla, ligeramente elevado del suelo. La duración del test es de 15 series de 10 repeticiones, con un descanso entre serie y serie de 30 segundos (28) (Figura 4.7). Los sujetos son informados de que no pueden estirar durante los periodos de descanso.



Figura 4.7 Esquema del test de fatiga: en vertical se representan las 10 repeticiones y en horizontal se representan las 15 columnas correspondientes al número de series, con un descanso de 30 segundos entre serie y serie, representado por una estrella.

Este proceso de fatiga muscular se realiza dos veces: la semana en la que no reciben tratamiento y la semana en la que sí lo reciben. La semana en la que no reciben tratamiento (Figura 4.8), los sujetos son informados de que hasta las siguientes 24 horas, no pueden estirar, ni ponerse hielo, ni recibir cualquier tipo de tratamiento que pueda alterar los datos del estudio. La semana en la que sí reciben tratamiento, éste es practicado inmediatamente después de dicho test de fatiga (Figura 4.9).

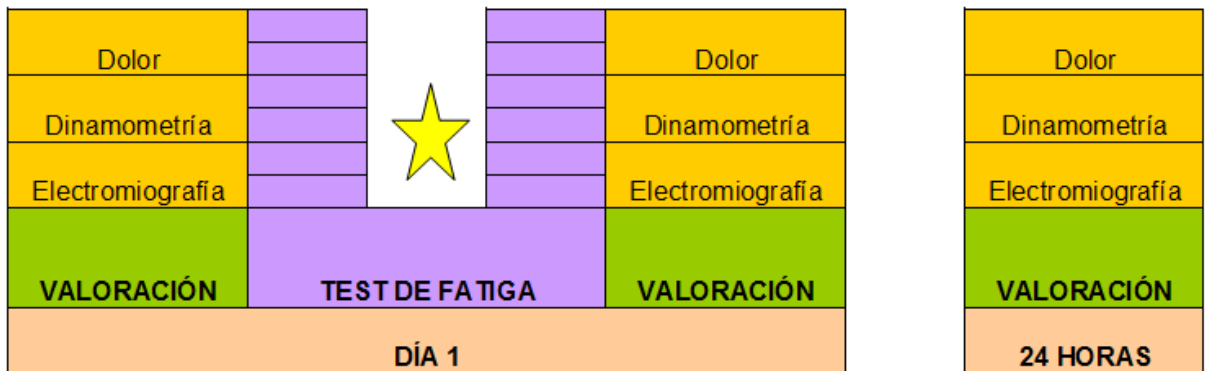


Figura 4.8 Esquema del desarrollo del estudio sin tratamiento. Las casillas verdes representan los momentos de valoración, y la casilla morada representa un esquema del test de fatiga detallado anteriormente en la figura 4.7.

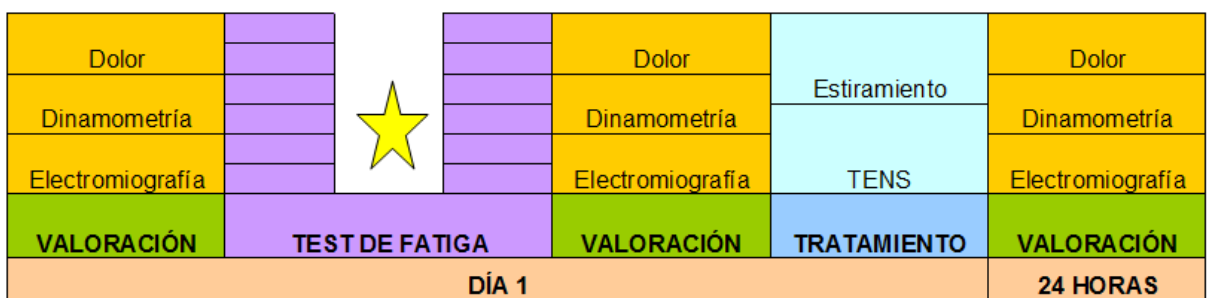


Figura 4.9 Esquema del desarrollo del estudio con tratamiento. Las casillas verdes representan los momentos de valoración, la casilla morada representa un esquema del test de fatiga detallado anteriormente en la figura 4.7, y la casilla azul representa el momento de realización del tratamiento.

4.5.4 Tratamiento con estiramiento

Una vez terminado el test de fatiga y recopilados los datos de dolor, dinamometría y electromiografía, se procede a realizar el tratamiento con estiramiento pasivo del tríceps sural.

A pesar de que en la prueba de fatiga, los gemelos realizan el papel fundamental por producirse con la rodilla en extensión, también se realizará estiramiento del sóleo, ya que estudios previos han demostrado que éste también se fatiga en dicha posición, aunque su papel fundamental se produciría realizando flexión plantar con la rodilla en flexión (27, 29).

El tríceps sural es un músculo poliarticular. Por un lado se encuentran los gemelos que atraviesan la articulación de la rodilla, tibioperoneoastragalina y subastragalina, y por tanto su función es la de flexión de rodilla, flexión plantar de tobillo y también tienen función en el varo del retropié. Por otro lado, el sóleo es un músculo biarticular que atraviesa la articulación tibioperoneoastragalina y subastragalina y por tanto su función es la de flexión plantar de tobillo y varo del mismo (17).

Para realizar el estiramiento de tríceps sural en su conjunto (gemelos y sóleo), se coloca al sujeto en decúbito supino en una camilla, con la rodilla en extensión y el pie por fuera de ésta. El investigador sujeta el calcáneo y lo lleva ligeramente a valgo. El antebrazo se coloca en la cara plantar del pie para provocar una flexión dorsal de tobillo, y con la mano que queda libre se sujeta la rodilla del sujeto para evitar un posible recurvatum de la misma. Una vez realizadas las tomas, el investigador realiza una flexión de tronco para provocar una mayor flexión dorsal de tobillo del sujeto (Figura 4.10).

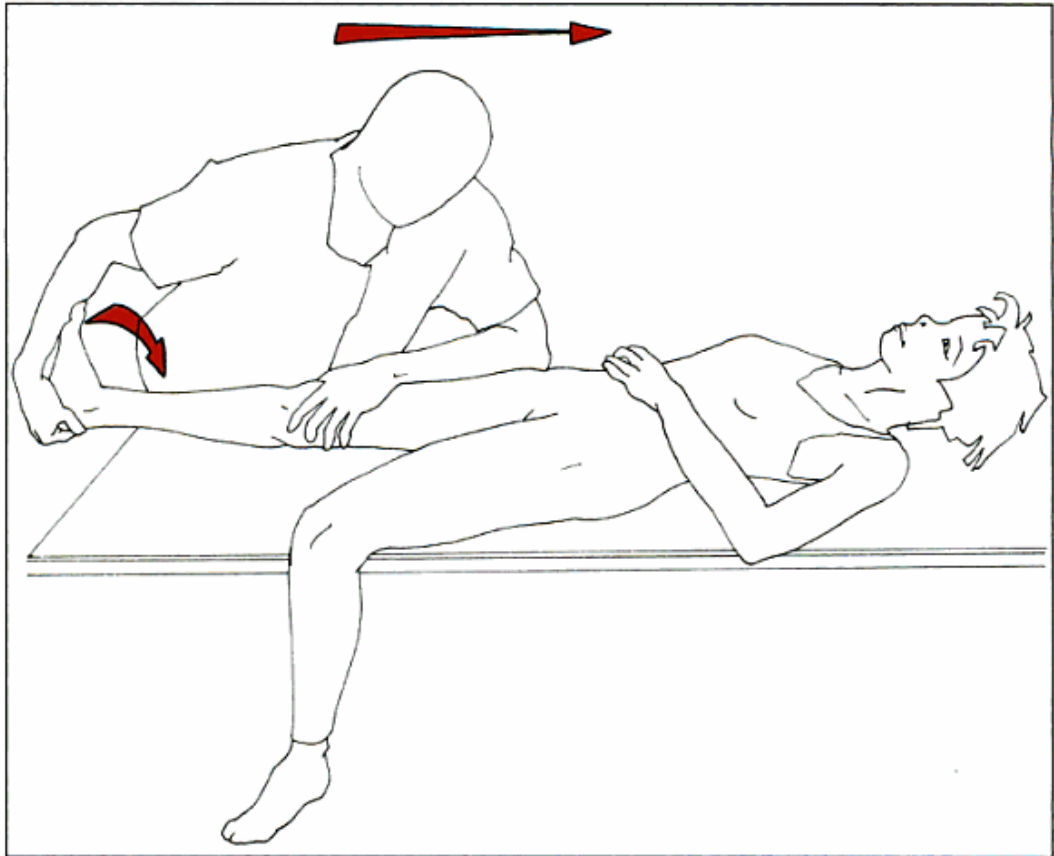


Figura 4.10 Colocación del sujeto y del investigador durante el estiramiento pasivo de tríceps sural. [Tomada de (17)].

Para realizar el estiramiento específico del sóleo, se coloca al sujeto en decúbito prono con la rodilla en flexión de 90°. El investigador sujeta el calcáneo con la mano craneal, colocándolo en valgo, y produciendo un desplazamiento caudal del retropie. La mano caudal se coloca en la planta del pie para llevar a cabo la flexión dorsal de tobillo (Figura 4.11).

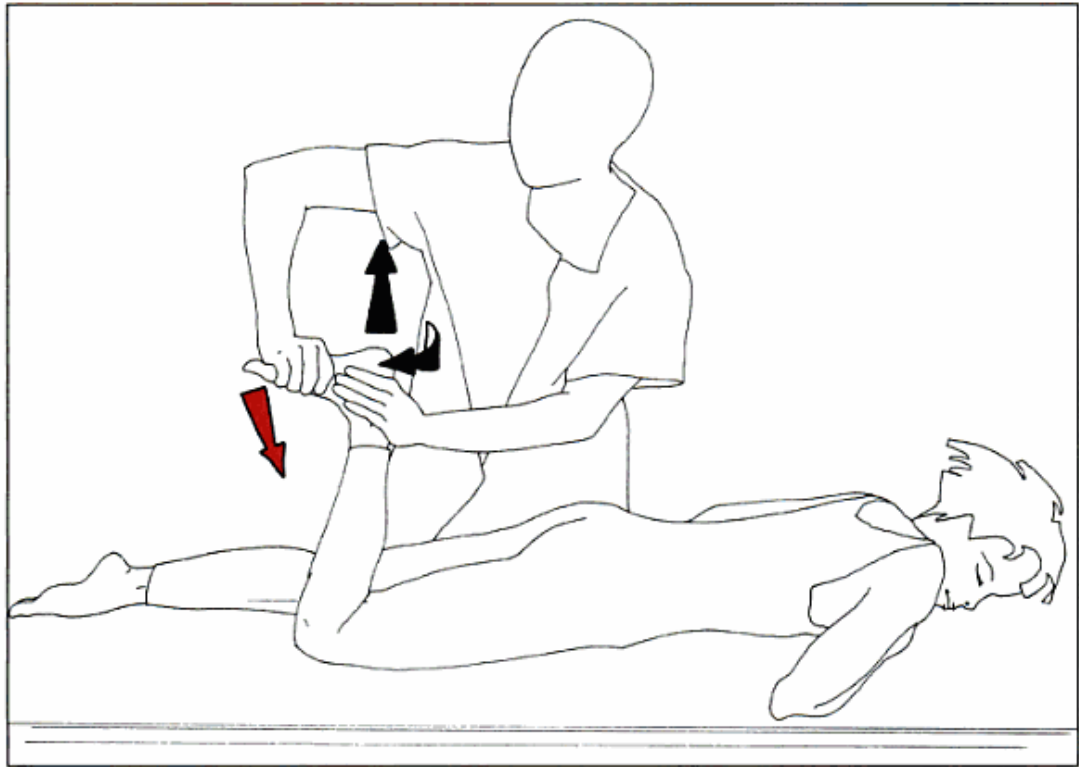


Figura 4.11 Colocación del sujeto y del investigador durante el estiramiento pasivo específico del sóleo. [Tomada de (17)].

Ambos estiramientos se colocan en una posición inicial que el sujeto identifica como “incómoda” para asegurar haber llegado a la fase de deformación elástica del músculo, y una vez ahí el investigador aumenta la tracción a una velocidad lenta y progresiva para no producir la “reacción de defensa”. Al aumentar esta tensión, se inicia la fase de alargamiento plástico, para conseguir una deformación más o menos persistente en alargamiento (17).

Los estiramientos se mantienen durante 30 segundos y se realizan 4 repeticiones de los mismos: 4 en decúbito supino y 4 en decúbito prono.

4.5.5 Tratamiento con TENS

Inmediatamente después del estiramiento pasivo de tríceps sural se procede al tratamiento con TENS.

Se coloca a los sujetos en una posición cómoda para ellos, en este caso en sedestación sobre la camilla y se sitúan 4 electrodos: 2 en el gemelo interno y 2 en el gemelo externo. Dichos electrodos son colocados en la zona muscular que el sujeto identifica como dolorosa.

Se selecciona el TENS de tipo convencional por su efecto analgésico, con los parámetros siguientes: frecuencia de 110 Hz, duración de pulso de 150 μ s y tiempo de 20 minutos. Para la intensidad se le dice al sujeto que debe sentir un hormigueo agradable, y se sube la intensidad hasta que éste lo siente. También se informa al sujeto sobre el fenómeno de acomodación y se le pide que cuando deje de sentir hormigueo lo avise al investigador para que éste vuelva a subir la intensidad hasta volver a sentir el hormigueo agradable. El estudio de Doucet et al (15) demuestra que las intensidades bajas inducen mejor la entrada del estímulo al sistema nervioso central que las intensidades altas.

4.6 Análisis estadístico

Se ha procedido a realizar una estadística descriptiva de los datos, calculando la media y desviación estándar de los datos cuantitativos obtenidos de los sujetos de estudio. Para el análisis estadístico de los datos se ha utilizado el programa informático *StatGraf* 4.0. Se han analizado comparativamente los datos cuantitativos de la EVA, dinamometría y electromiografía de ambos grupos de estudio (con y sin tratamiento). Los datos, considerados no pareados y con una distribución normal, se han analizado mediante la t de *Student*. La normalidad de las muestra fue verificada mediante el test de *Sapiro-Wilke*. Las diferencias entre grupos se han considerado estadísticamente significativas para $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

Se muestra a continuación en formato de tabla, los datos de la estadística descriptiva de los sujetos sometidos a estudio en el presente trabajo. La tabla 5.1 muestra los datos antropométricos de los sujetos evaluados.

Tabla 5.1 Datos antropométricos de la muestra de sujetos.

Caso	Peso (Kg)	Talla (cm)	Edad (años)	IMC (Kg/m ²)
#1	47	153	28	20,1
#3	53	163	16	19,9
#4	49	166	19	17,8
#5	52	165	17	19,1
#6	51	159	19	20,2
#7	49	159	20	19,4
#8	53	160	20	20,7
#9	54	168	18	19,1
MEDIA	51,00	161,63	19,63	19,54
SD	2,45	4,84	3,66	0,90

En todos estos sujetos se llevó a cabo una valoración de dolor, contracción voluntaria máxima y actividad eléctrica muscular, medidos durante la contracción muscular. Como ya se ha indicado, la muestra final se compone de 8 sujetos. De los sujetos que cumplían los criterios de inclusión, uno se lesionó la primera semana de toma de datos y hubo que incluir a otro sujeto para que la muestra final fuera de 8.

Con el fin de evitar sesgos en las características de los sujetos a los que se iba a realizar la prueba con y sin tratamiento (véase más adelante), se decidió utilizar el mismo grupo de voluntarios. Por tanto, en una primera fase, los 8 sujetos realizaron las pruebas sin llevar a cabo tratamiento alguno (grupo sin tratamiento). Posteriormente, tras 2 semanas de descanso de los participantes, se repitió todo el proceso, pero ahora se les administraba el tratamiento (grupo con tratamiento). Por tanto, a través de todo este capítulo nos referiremos a los grupos como “grupo sin tratamiento” ” y “grupo con tratamiento”, si bien, como se ha explicado, ambos grupos están integrados por los mismos sujetos.

5.1 Datos obtenidos en la escala visual analógica.

Los datos referidos a dolor mediante EVA fueron recogidos antes del test de inducción de fatiga, inmediatamente después del test y a las 24 horas de realización del mismo. En una primera fase (grupo sin tratamiento), los sujetos fueron evaluados sin ser sometidos a tratamiento alguno (véase tabla 5.2 A). Dos semanas después de la finalización de la primera fase, se inició la segunda fase (grupo con tratamiento) en la que se procedió a repetir el protocolo, pero esta vez sometiendo a los sujetos a un tratamiento mediante estiramientos y TENS después de la segunda evaluación (véase tabla 5.2 B). Todos los datos referentes a las mediciones de la EVA son mostrados en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Datos obtenidos en las mediciones de la escala visual analógica. **A)** Grupo sin tratamiento
B) Grupo con tratamiento.

A)

GRUPO SIN TRATAMIENTO (medido en cm)			
Caso	Antes del test	Inmediatamente después del test	Después de 24 horas
#1	0	7,7	8,4
#3	0	6,8	7,6
#4	0	5,1	5
#5	0	3,8	2,3
#6	0	6,7	3,8
#7	0	6	7,3
#8	0	5	3,4
#9	0	7,5	8,4
MEDIA	0	6,08	5,78
SD	0	1,36	2,44

B)

GRUPO CON TRATAMIENTO (medido en cm)			
Caso	Antes del test	Inmediatamente después del test	Después de 24 horas
#1	0	7,9	0
#3	0	4,5	1,6
#4	0	6,2	0
#5	0	1,9	0
#6	0	6	1,8
#7	0	4,4	0
#8	0	5,3	0
#9	0	3,7	1,1
MEDIA	0	4,99	0,56
SD	0	1,81	0,80

A continuación se muestran dos gráficos obtenidos con los datos de la EVA antes, inmediatamente después y después de 24 horas para cada sujeto.

En el gráfico (Figura 5.1: grupo sin tratamiento) se observa que 5 de los sujetos alcanzan su máximo pico de dolor a las 24 horas y 3 de ellos disminuyen su dolor ligeramente. Sin embargo, en el gráfico (Figura 5.2: grupo con tratamiento) se objetiva que la disminución de dolor a las 24 horas es muy notoria en todos ellos comparando a los sujetos consigo mismos.

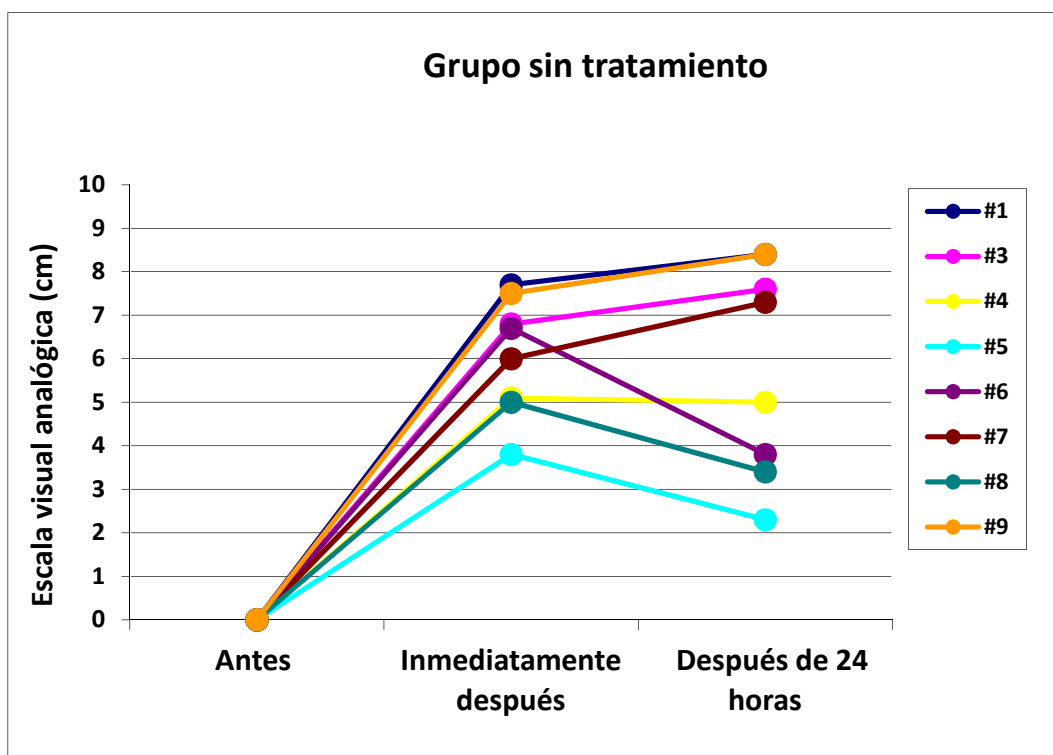


Figura 5.1 Representación gráfica de los datos obtenidos en la escala visual analógica en el grupo sin tratamiento, para cada sujeto. El eje vertical representa la escala visual analógica y el eje horizontal el momento en el que se toman los datos.

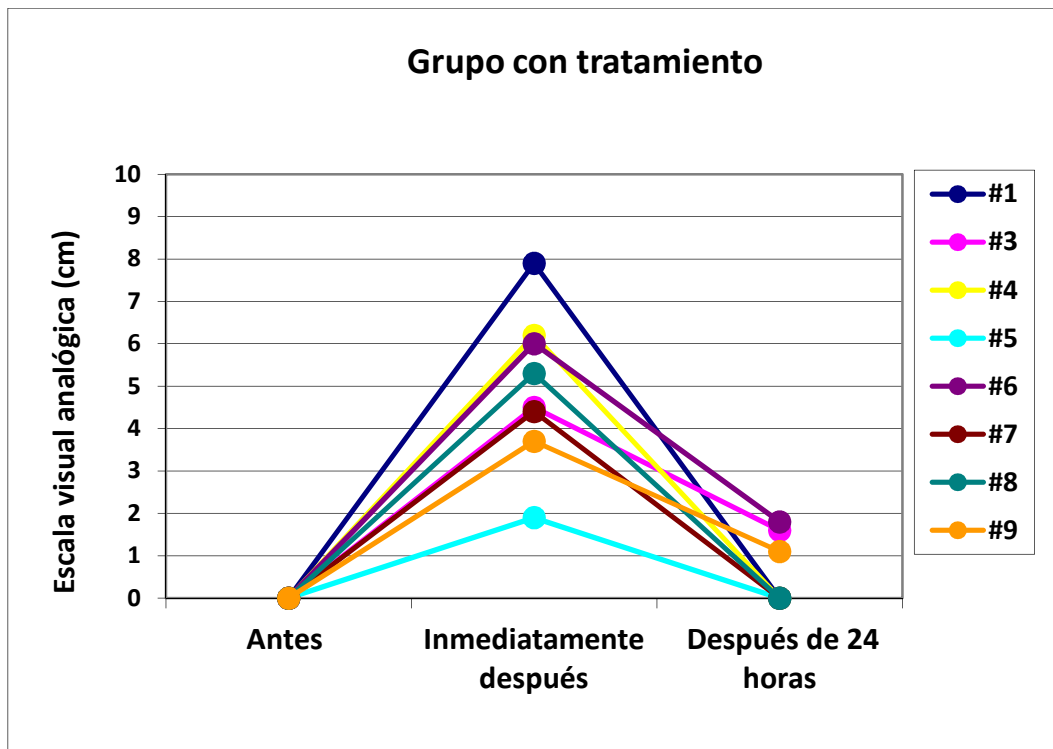


Figura 5.2 Representación gráfica de los datos obtenidos en la escala visual analógica en el grupo con tratamiento, para cada sujeto. El eje vertical representa la escala visual analógica y el eje horizontal el momento en el que se toman los datos.

En el gráfico (Figura 5.3) se muestra la media de dolor de todos los sujetos del grupo sin tratamiento y el grupo con tratamiento tras la realización del test y a las 24 horas. Se puede observar que el dolor tras la realización del test en el grupo con tratamiento es significativamente inferior que en el grupo sin tratamiento, siendo el mismo test en ambas ocasiones. Esto puede deberse a que los sujetos ya conocían el test y su sensación subjetiva pudo variar. Sin embargo comparando los resultados del grupo sin tratamiento entre sí y los resultados del grupo con tratamiento entre sí, se observa una clara disminución de dolor en el grupo con tratamiento comparándolo con el grupo sin tratamiento.

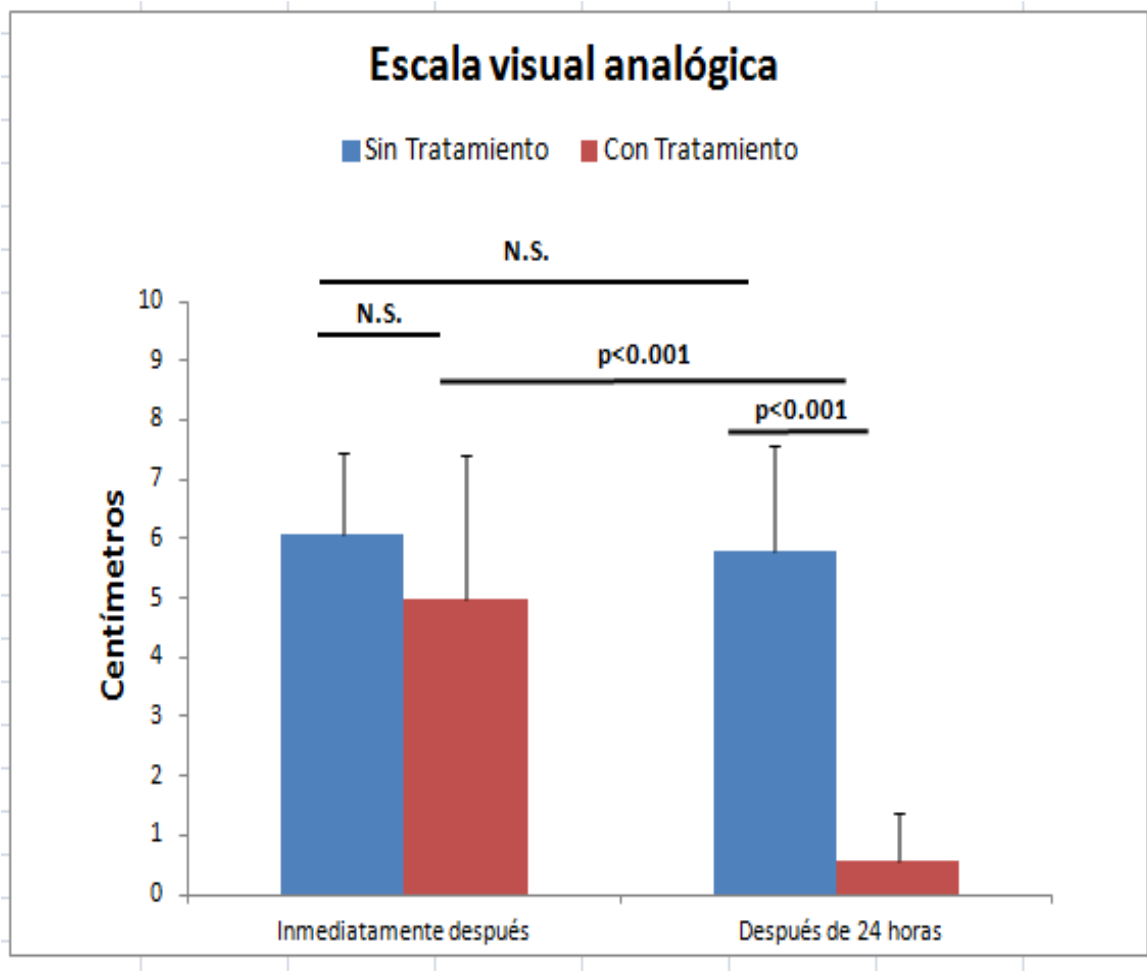


Figura 5.3 Representación gráfica de las medias obtenidas en la escala visual analógica de todos los sujetos en el grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento. Las barras verticales corresponden a la desviación estándar. Se muestra el resultado del análisis estadístico realizado mediante comparación entre grupos.

5.2 Datos obtenidos en la dinamometría

Los datos obtenidos en cuanto a contracción voluntaria máxima mediante dinamómetro manual se encuentran recogidos en la tabla 5.3, siguiendo las mismas pautas que para la escala EVA (antes, inmediatamente después y después de 24 horas de la realización del test).

Tabla 5.3 Datos obtenidos mediante dinamometría en el grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento, antes, inmediatamente después y después de 24 horas del test de fatiga.

DINAMOMETRÍA GRUPO SIN TRATAMIENTO (medido en Newtons)			
Caso	Antes test	Inmediatamente después test	Después de 24 horas
#1	133,57	118,90	170,67
#3	119,33	103,03	123,80
#4	112,97	101,10	118,17
#5	89,53	81,80	94,10
#6	203,57	200,33	126,90
#7	103,17	79,13	74,83
#8	122,30	83,43	110,57
#9	71,13	57,97	54,97
MEDIA	119,45	103,21	109,25
SD	39,32	43,36	35,33
DINAMOMETRÍA GRUPO CON TRATAMIENTO (medido en Newtons)			
#1	144,83	126,87	122,43
#3	138,00	109,10	135,93
#4	76,90	57,37	93,07
#5	66,40	51,40	66,83
#6	110,60	117,53	116,23
#7	79,77	63,13	69,37
#8	105,27	80,17	99,93
#9	65,77	46,50	65,97
MEDIA	98,44	81,51	96,22
SD	31,21	32,01	27,23

Debido a la gran variabilidad de resultados, se decide normalizar los datos; Para cada sujeto, a la medida obtenida antes de la realización del test se le asigna un valor del 100%. Dichos datos normalizados, se encuentran recogidos en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Datos normalizados de la dinamometría del grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.

DATOS NORMALIZADOS (%) GRUPO SIN TRATAMIENTO			
Caso	Antes test	Inmediatamente después test	Después de 24 horas
#1	100,00	89,02	127,77
#3	100,00	86,34	103,75
#4	100,00	89,49	104,60
#5	100,00	91,37	105,10
#6	100,00	98,41	62,34
#7	100,00	76,70	72,53
#8	100,00	68,28	90,48
#9	100,00	81,49	77,28
MEDIA	100,00	85,14	92,98
SD	0	9,40	21,44
DATOS NORMALIZADOS (%) GRUPO CON TRATAMIENTO			
#1	100,00	87,60	84,54
#3	100,00	79,06	98,50
#4	100,00	74,60	121,02
#5	100,00	77,41	100,65
#6	100,00	106,27	105,09
#7	100,00	79,14	86,96
#8	100,00	76,15	94,93
#9	100,00	70,70	100,30
MEDIA	100	81,37	99,00
SD	0	11,16	11,32

A partir de la media obtenida de los datos normalizados de la dinamometría, se obtiene el gráfico (figura 5.4). Se puede observar que cuando los sujetos no han recibido tratamiento, la fuerza muscular disminuye tras realización del test y aumenta hasta el 93% a las 24 horas del mismo.

Sin embargo, en los datos correspondientes a sujetos tratados, la mejora en la valoración dinamométrica aumenta hasta el 99% a las 24 horas de haber inducido la fatiga. También se puede observar que en el grupo con tratamiento, los sujetos realizan menos fuerza tras la realización del test, pudiendo deberse a que ya se conocían el procedimiento y podían estar menos motivados. Sin embargo si comparamos la mejora entre el grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento, sigue existiendo un aumento estadísticamente significativo de la fuerza muscular en el grupo con tratamiento.

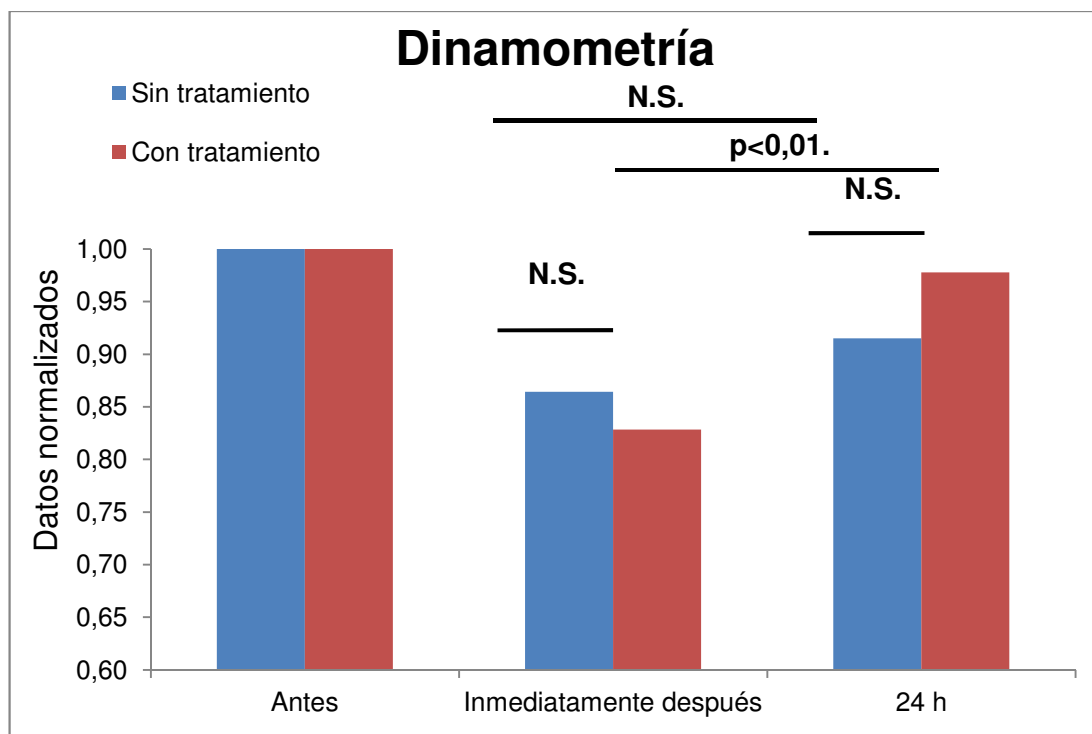


Figura 5.4: Representación gráfica de la media de los datos normalizados de la dinamometría. El eje vertical muestra la media de los datos normalizados y el eje horizontal el momento de toma de datos. Se muestra el resultado del análisis estadístico realizado mediante comparación entre grupos

5.3 Datos obtenidos en la electromiografía en el gemelo externo

Los datos recogidos mediante electromiografía fueron interpretados con el *Software Excel 2003* del paquete *Microsoft Office*. Se procedió al cálculo de la actividad electromiográfica determinando la RMS de la actividad eléctrica muscular, medida en tres contracciones consecutivas. Los datos de la RMS se encuentran recogidos en la tabla 5.5 para el gemelo externo.

Tabla 5.5 Valores de la RMS obtenidos mediante electromiografía en el grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento en el gemelo externo.

RMS EN GEMELO EXTERNO EN GRUPO SIN TRATAMIENTO (medido en μV)			
Caso	Antes test	Inmediatamente después test	Después de 24 horas
#1	0,13	0,12	0,14
#3	0,21	0,16	0,15
#4	0,04	0,08	0,07
#5	0,11	0,15	0,10
#6	0,18	0,18	0,21
#7	0,16	0,21	0,16
#8	0,13	0,24	0,35
#9	0,06	0,09	0,10
MEDIA	0,13	0,16	0,16
SD	0,06	0,06	0,09
RMS EN GEMELO EXTERNO EN GRUPO CON TRATAMIENTO (medido en μV)			
#1	0,28	0,33	0,33
#3	0,18	0,23	0,38
#4	0,08	0,21	0,20
#5	0,10	0,12	0,10
#6	0,16	0,25	0,27
#7	0,13	0,07	0,09
#8	0,27	0,29	0,42
#9	0,11	0,09	0,12
MEDIA	0,16	0,20	0,24
SD	0,08	0,09	0,13

Debido a la gran variabilidad de datos se decide normalizar los datos al igual que se realizó anteriormente en la dinamometría. Dichos datos se encuentran recogidos en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 Datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.

DATOS NORMALIZADOS (%) GEMELO EXTERNO GRUPO SIN TRATAMIENTO			
Caso	Antes test	Inmediatamente después test	Después de 24 horas
#1	100,00	94,07	110,82
#3	100,00	77,87	70,86
#4	100,00	183,46	159,40
#5	100,00	142,63	95,92
#6	100,00	101,69	116,20
#7	100,00	136,40	105,57
#8	100,00	181,73	263,45
#9	100,00	94,07	110,82
MEDIA	100	131,12	131,75
SD	0	41,90	63,86
DATOS NORMALIZADOS (%) GEMELO EXTERNO GRUPO CON TRATAMIENTO			
#1	100,00	118,47	119,55
#3	100,00	126,70	210,31
#4	100,00	258,16	256,90
#5	100,00	124,91	101,71
#6	100,00	154,98	169,92
#7	100,00	56,89	69,64
#8	100,00	106,56	157,67
#9	100,00	80,36	112,69
MEDIA	100,00	128,38	149,80
SD	0	60,42	61,68

A partir de los datos normalizados de cada uno de los sujetos se obtienen los siguientes gráficos (Figura 5.5 y Figura 5.6)

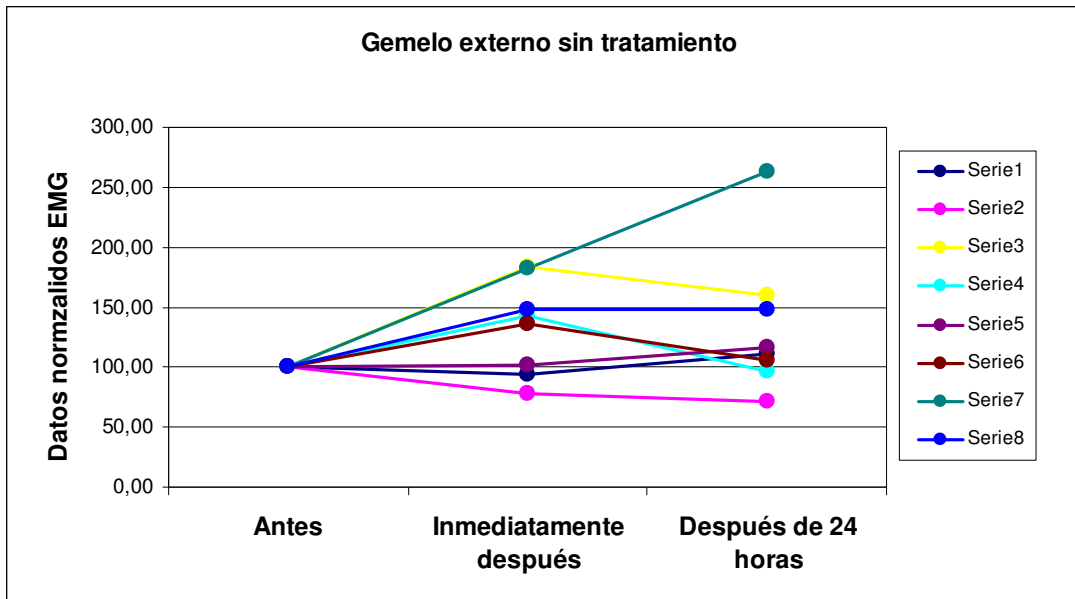


Figura 5.5 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en el grupo sin tratamiento, para cada sujeto. El eje vertical representa los datos normalizados y el eje horizontal el momento en el que se toman los datos.

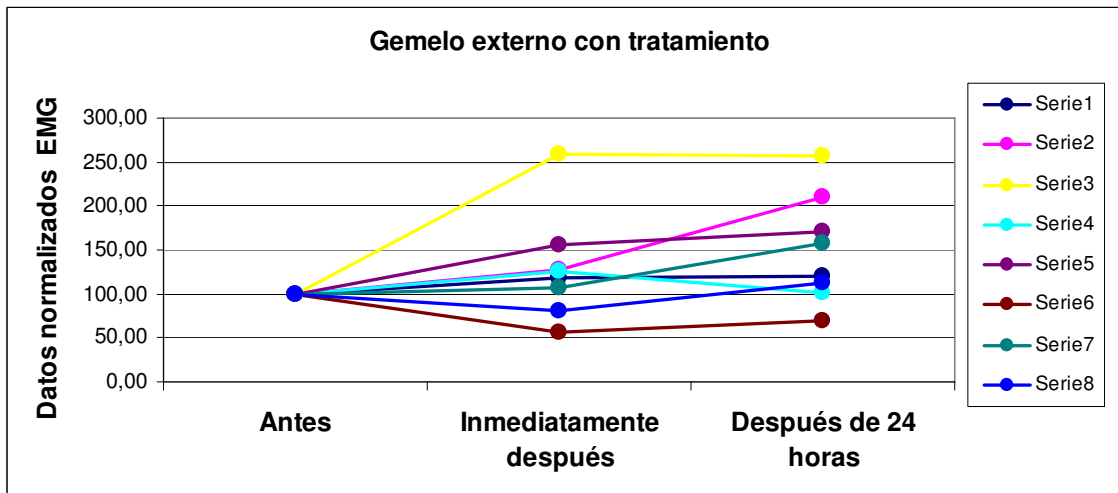


Figura 5.6 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en el grupo con tratamiento, para cada sujeto. El eje vertical representa los datos normalizados y el eje horizontal el momento en el que se toman los datos.

A partir de la media de los datos normalizados, se obtiene la siguiente gráfica (Figura 5.7)

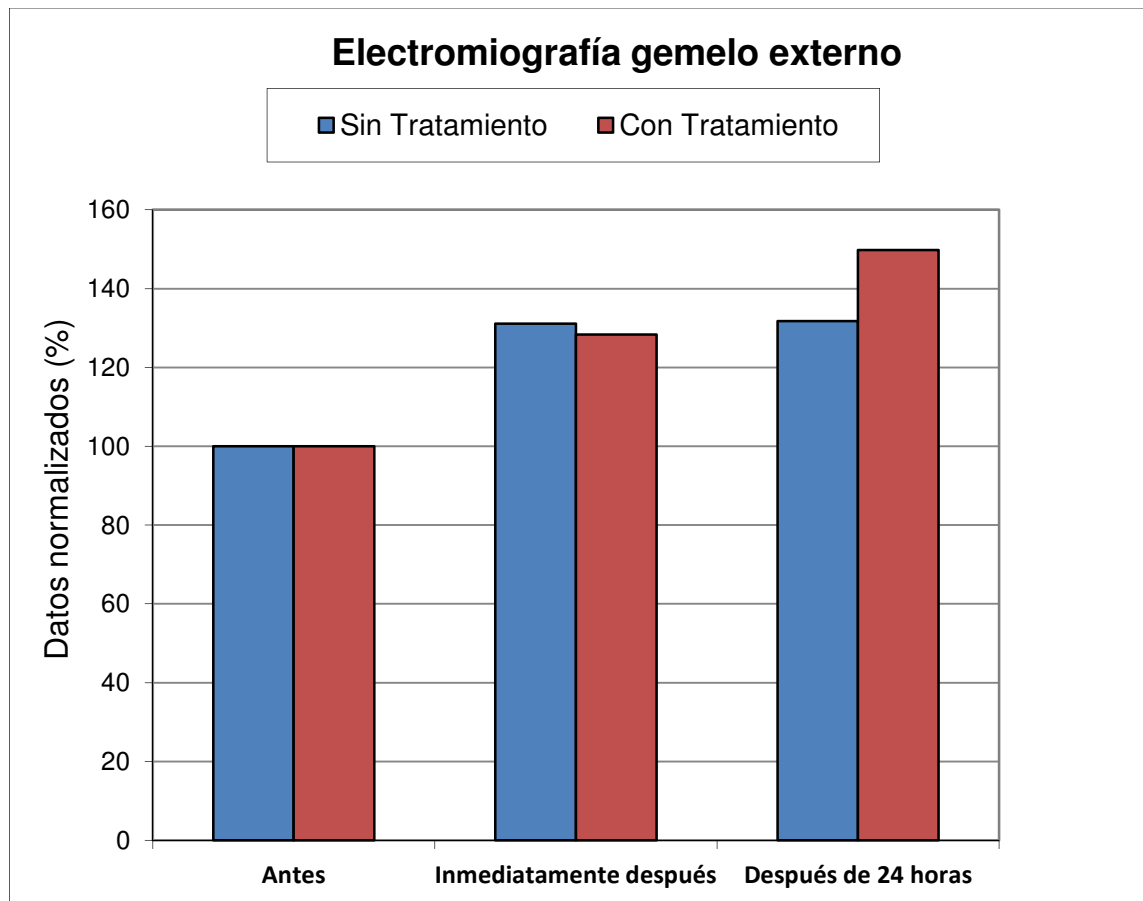


Figura 5.7 Representación gráfica de la media de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo externo en el grupo sin tratamiento y en el grupo con tratamiento.

Los datos de la electromiografía en el gemelo externo no permitieron observar ningún comportamiento característico de la actividad electromiográfica durante las pruebas realizadas.

5.4 Datos obtenidos en la electromiografía en gemelo interno

Los datos recogidos mediante electromiografía fueron interpretados mediante el *Software Excel 2003* del paquete *Microsoft Office*. Se procedió al cálculo de la actividad electromiográfica mediante la determinación de la RMS de la actividad eléctrica muscular, medida en tres contracciones consecutivas. Los datos de la RMS se encuentran recogidos en la tabla 5.7 para el gemelo interno.

Tabla 5.7 Valores de la RMS obtenidos mediante electromiografía en grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento en el gemelo interno.

RMS EN GEMELO INTERNO GRUPO SIN TRATAMIENTO (medido en μV)			
Caso	Antes test	Inmediatamente después test	Después de 24 horas
#1	0,12	0,11	0,23
#3	0,29	0,27	0,13
#4	0,08	0,06	0,20
#5	0,20	0,23	0,48
#6	0,28	0,48	0,44
#7	0,25	0,44	0,23
#8	0,26	0,50	0,36
#9	0,15	0,35	0,15
MEDIA	0,20	0,30	0,28
SD	0,08	0,17	0,13
RMS EN GEMELO INTERNO GRUPO CON TRATAMIENTO (medido en μV)			
#1	0,33	0,40	0,34
#3	0,21	0,24	0,28
#4	0,12	0,13	0,23
#5	0,16	0,30	0,17
#6	0,26	0,42	0,56
#7	0,13	0,19	0,28
#8	0,30	0,40	0,32
#9	0,14	0,20	0,21
MEDIA	0,21	0,28	0,30
SD	0,08	0,11	0,12

Al igual que en gemelo externo, los datos fueron normalizados, y se encuentran recogidos en la tabla 5.8.

Tabla 5.8 Datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en grupo sin tratamiento y grupo con tratamiento.

DATOS NORMALIZADOS (%) GEMELO INTERNO GRUPO SIN TRATAMIENTO			
Caso	Antes test	Inmediatamente después test	Después de 24 horas
#1	100,00	86,60	180,97
#3	100,00	93,23	45,51
#4	100,00	71,78	243,15
#5	100,00	111,58	232,46
#6	100,00	171,19	156,19
#7	100,00	176,97	94,11
#8	100,00	191,12	139,12
#9	100,00	232,00	96,67
MEDIA	100,00	141,81	148,52
SD	0,00	58,42	69,14
DATOS NORMALIZADOS (%) GEMELO INTERNO GRUPO CON TRATAMIENTO			
#1	100,00	118,82	101,40
#3	100,00	118,61	135,60
#4	100,00	102,96	182,53
#5	100,00	188,13	106,25
#6	100,00	165,40	219,71
#7	100,00	137,87	207,18
#8	100,00	134,64	107,85
#9	100,00	143,93	153,64
MEDIA	100,00	138,79	151,77
SD	0,00	27,46	46,96

A partir de los datos normalizados para cada uno de los sujetos se obtienen las siguientes gráficas (Figura 5.8 y Figura 5.9).

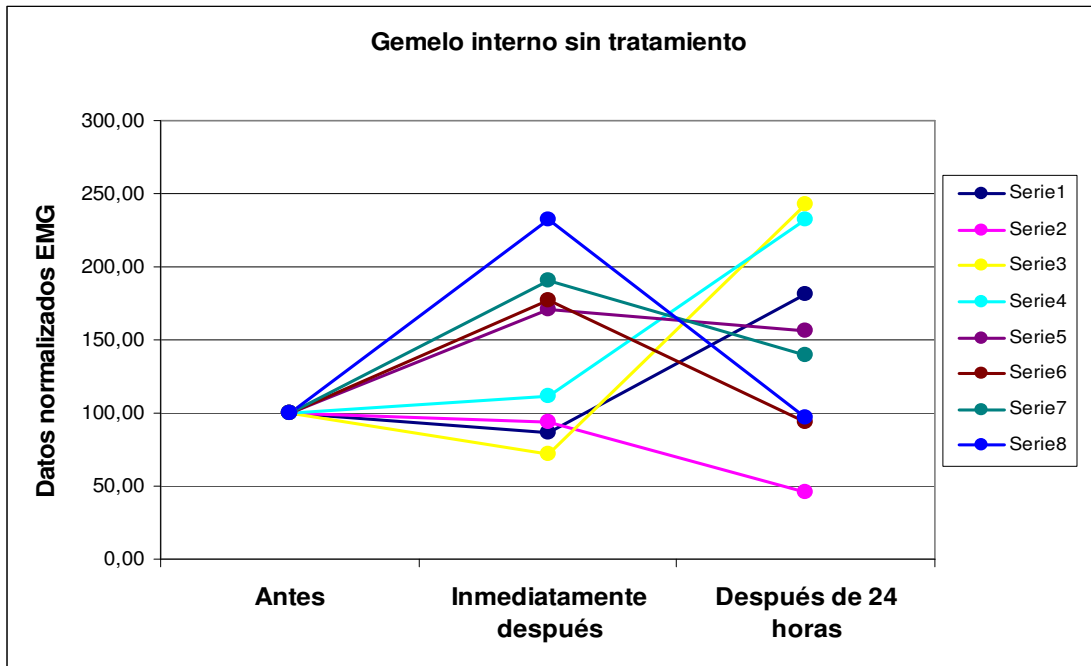


Figura 5.8 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en el grupo sin tratamiento, para cada sujeto. El eje vertical representa los datos normalizados y el eje horizontal el momento en el que se toman los datos.

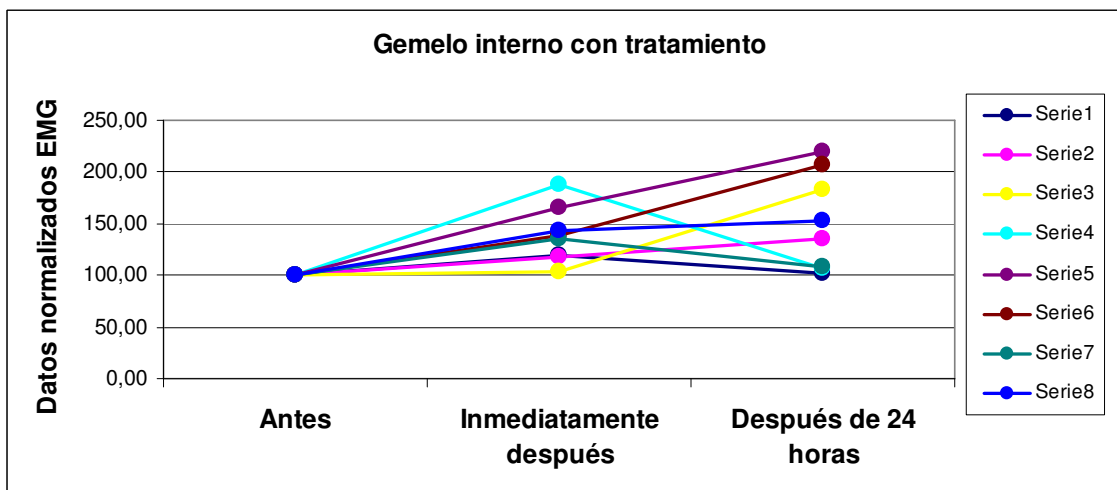


Figura 5.9 Representación gráfica de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en el grupo con tratamiento, para cada sujeto. El eje vertical representa los datos normalizados y el eje horizontal el momento en el que se toman los datos.

A partir de la media obtenida de los datos normalizados se obtiene la siguiente gráfica (Figura 5.10).

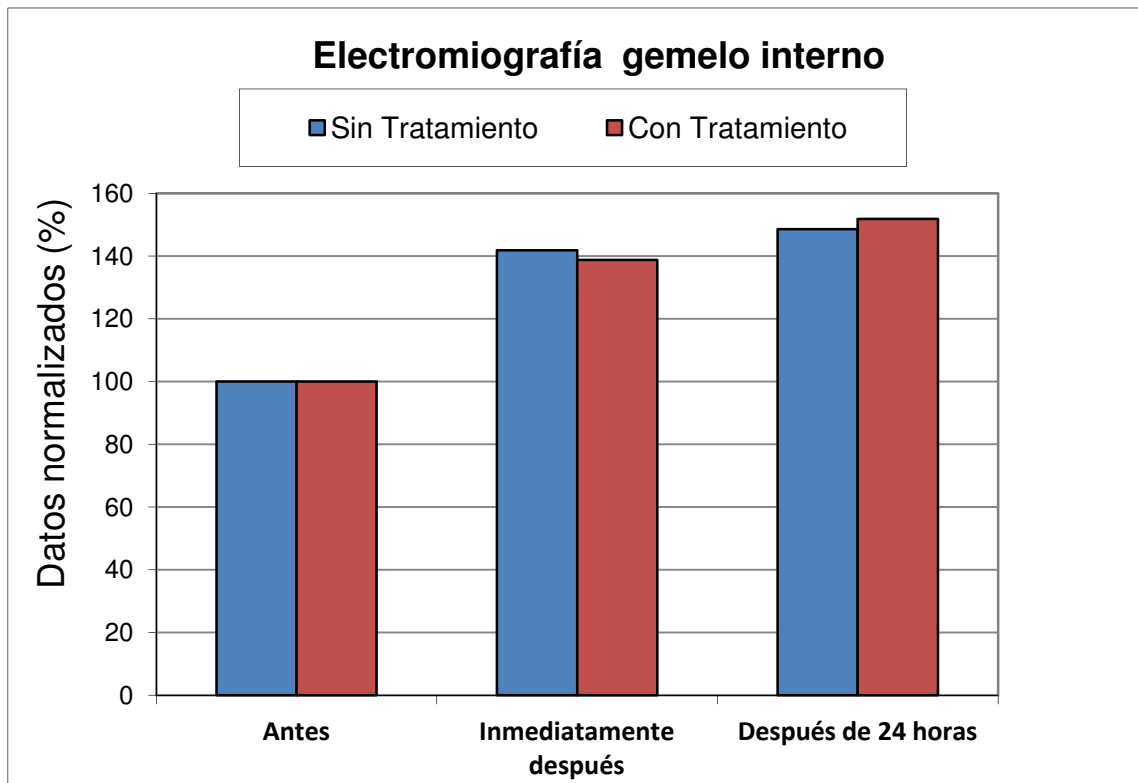


Figura 5.10 Representación gráfica de la media de los datos normalizados de la electromiografía en el gemelo interno en el grupo sin tratamiento y en el grupo con tratamiento.

Los datos de la electromiografía en el gemelo interno no permitieron observar ningún comportamiento característico de la actividad electromiográfica durante las pruebas realizadas.

6. DISCUSIÓN

En el presente estudio se ha evaluado la eficacia de la terapia combinada de estiramientos pasivos y TENS a las 24 horas de la prueba de inducción de DOMPAT. Se han utilizado como indicadores de deterioro funcional el dolor, la fuerza muscular y la actividad eléctrica muscular.

Los resultados obtenidos, evidencian un efecto muy significativo en cuanto a disminución del dolor, satisfactorio en cuanto a mejora de la fuerza muscular y poco concluyente con respecto a la actividad eléctrica muscular.

Al haber realizado las pruebas sin tratamiento y con tratamiento al mismo grupo de sujetos, los resultados son más objetivos sobre todo en cuanto al dolor, ya que ellos mismos se autoevaluaron y compararon su propia sensación subjetiva de una semana a otra, eliminando de esta manera la amplia variabilidad en cuanto a umbral de dolor entre un individuo y otro.

Estudios anteriores (30), han demostrado que los efectos analgésicos del TENS son mediados por mecanismos periféricos y centrales. Los receptores α_2 -adrenérgicos contribuyen a la analgesia junto con los receptores opioides. Ciertos estudios farmacológicos han demostrado a su vez, que el TENS produce la liberación de sustancias opioides que conducen a la analgesia mediante la activación de sistemas inhibitorios de la sustancia gris periacueductal y la médula.

Otros estudios han utilizado el TENS para paliar los efectos del DOMPAT. En todos ellos utilizan frecuencias altas (más de 100 Hz) y duraciones de pulso de entre 100 μ s y 200 μ s. Sin embargo, en la mayoría de ellos, no se aplica el tratamiento inmediatamente después del test de fatiga.

En el estudio de Mankovsky-Arnold *et al.* (30) lo colocan durante la realización del test de fatiga, obteniendo como resultados que el TENS atenúa el efecto del DOMPAT ya que evita la sumación de estímulos dolorosos. Dicho procedimiento no es funcional para el grupo experimental del presente estudio, ni para la práctica diaria de las bailarinas. En el estudio de Craig *et al.* (31) se aplica un TENS de alta frecuencia con una duración de pulso muy alta (200 μ s) y los resultados no muestran una evidencia convincente. En el estudio de Denegar *et al.* (32) utilizan el TENS pasadas 48 horas de la prueba de inducción de DOMPAT y aplican a su vez, estiramiento pasivo después del TENS. Sus resultados afirman que el TENS a altas frecuencias combinado con estiramiento pasivo tiene efectos muy positivos en la disminución del dolor, pero tras 48 horas de la prueba de inducción de DOMPAT, algo que tampoco sería interesante para las bailarinas como se detallará más adelante.

El protocolo de estiramientos utilizado en el presente estudio se eligió porque había sido demostrado por el estudio de Denegar *et al.* (32) que disminuía el espasmo muscular, produciendo la relajación del músculo y con ello la disminución en el dolor.

Los resultados obtenidos en el presente estudio en cuanto a CVM, mejoraron de una recuperación del 93% a las 24 horas sin tratamiento, a una del 99% con tratamiento. Esto sugiere una ligera, aunque significativa mejoría en cuanto a la fuerza muscular.

El estudio de Denegar *et al.* (32) , que obtiene resultados positivos en cuanto a disminución del dolor mediante la aplicación de TENS y estiramiento, afirma a su vez que la debilidad muscular no es debida al dolor, sino que podría explicarse por daño tisular. Sin embargo, los resultados en cuanto al dolor en el presente estudio, sugieren que dicha recuperación se habría evidenciado mucho más, si se hubiera solicitado a los sujetos en la semana sin tratamiento, que realizaran las pruebas de dinamometría llegando a su CVM, pero sin dolor, ya que la semana que no se realiza tratamiento, se les pidió que a las 24 horas realizaran su máxima CVM a pesar de sentir dolor.

De haberse realizado la CVM sin dolor, la diferencia de fuerza muscular entre la semana sin tratamiento y la semana con tratamiento podría haber sido mucho mayor.

Este hecho tiene mucha relevancia en el grupo experimental elegido para el trabajo, las bailarinas de danza clásica, ya que la mayoría de los estudios demuestran que gran parte de las lesiones se producen por fatiga muscular (1) y que además esto les hace más susceptibles a padecer lesiones crónicas (2) muy limitantes para su trabajo. El presente estudio demuestra que a las 24 horas tras haber recibido tratamiento con estiramiento y TENS, el dolor es prácticamente inexistente y la fuerza muscular ha aumentado prácticamente hasta el 100%, por lo tanto el riesgo de lesión se reduce y las capacidades funcionales de las bailarinas son prácticamente plenas.

El estudio se ha realizado exclusivamente a las 24 horas, debido a la necesidad de ofrecer a las bailarinas una solución rápida al DOMPAT. Existen estudios (6) que demuestran que el 90% de las bailarinas profesionales tienen menos de 60 minutos de descanso en su jornada laboral y que el 33% tienen menos de 20 minutos, y además, muchas de ellas utilizan estos descansos para seguir ensayando o perfeccionando pasos. Estos datos sugieren que a las 24 horas de un día de su jornada laboral, la fatiga y el DOMS que experimentarían, conllevaría a un deterioro de sus capacidades funcionales, que se traduce en una técnica pobre, o en términos biomecánicos, una disminución de la fuerza muscular y velocidad de contracción, menor estabilidad de las articulaciones y disminución en el control del equilibrio (1). Todo lo anterior es muy limitante para la danza clásica, ya que se llevan a cabo muchos movimientos rápidos y repetitivos (2). Por lo tanto, el cuerpo de la bailarina al sentir dolor, intentará protegerse a sí mismo, disminuyendo la intensidad del ejercicio, la limpieza en su técnica y la efectividad en su trabajo. De ahí, la necesidad de darles una solución a las 24 horas.

Sería interesante para la práctica clínica que tanto bailarines, como maestros de danza, coreógrafos y directores artísticos conocieran las consecuencias de la fatiga y el DOMPAT, así como tratamientos para ello, tanto para mejorar su calidad artística como para evitar bajar laborales y alargar sus carreras en el mundo de la danza.

Es necesario seguir investigando con grupos experimentales relacionados con la danza, ya que existen muy pocos estudios en esta materia, y se necesita mayor información para la práctica clínica. Para futuras líneas de investigación, se podría plantear comparación entre sexos y roles dentro de la compañía de danza (Bailarines principales, solistas y cuerpo de baile), aumentar en el tiempo el estudio hasta las 72 horas, e incluso combinar con otro tipo de terapias de tratamiento como la crioterapia o el ultrasonido que también han demostrado tener resultados positivos para el DOMPAT.

7. CONCLUSIONES

Tras realizar el análisis y la discusión de los resultados obtenidos en el presente estudio, las conclusiones finales son las siguientes:

- ✚ La terapia combinada de estiramiento pasivo junto con TENS disminuye el dolor a las 24 horas, producido tras inducción de DOMPAT, en el grupo experimental de bailarinas de danza clásica, al menos con los parámetros utilizados en el presente estudio.
- ✚ Dicha terapia parece también mejorar la fuerza muscular a las 24 horas, aunque quizá se debería profundizar en la idea de realizar la CVM sin dolor.
- ✚ No se han obtenido cambios significativos en cuanto a la actividad eléctrica muscular que revelen algún tipo de evidencia científica.
- ✚ Se sugiere para futuras investigaciones una muestra de mayor tamaño (más de 30 sujetos), así como un mayor seguimiento en el tiempo y comparación con ambos sexos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Liederbach M, Schanfein L, Kremenec IJ. What Is Known About the Effect of Fatigue on Injury Occurrence Among Dancers? *Journal of Dance Medicine & Science* 2013 08;17(3):101-108.
- (2) Wyon MA, Koutedakis Y. Muscular Fatigue Considerations for Dance. *Journal of Dance Medicine & Science* 2013 05;17(2):63-69.
- (3) Bernhardt DB. *Fisioterapia del deporte*. Barcelona: JIMS S.A; 1990.
- (4) Batson G. Exercise-Induced Central Fatigue A Review of the Literature with Implications for Dance Science Research. *Journal of Dance Medicine & Science* 2013 05;17(2):53-62.
- (5) Bizid R, Jully JL, Gonzalez G, François Y, Dupui P, Paillard T. Effects of fatigue induced by neuromuscular electrical stimulation on postural control. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2009 Jan 2009;12(1):60-6.
- (6) Twitchett E, Angioi M, Koutedakis Y, Wyon M. The Demands of a Working Day Among Female Professional Ballet Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science* 2010 11;14(4):127-132.
- (7) Available at: <http://algritoflamenco.blogspot.com.es/2012/12/que-es-un-plie.html> . Accessed 6/2, 2014.
- (8) Available at: <http://classicalballetnews.com/how-to-releve-in-ballet-video/> . Accessed 6/2, 2014.
- (9) Available at: <http://www.wellandgoodnyc.com/2011/04/13/pure-yoga%E2%80%99s-new-barre-class-is-en-pointe/> . Accessed 6/2, 2014.
- (10) Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. / La douleur musculaire differee: strategies de therapie et facteurs de performance. *Sports Medicine* 2003;33(2):145-164.
- (11) Weerapong P, Hume PA, Kolt G, S. The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Medicine* 2005;35(3):235-256.
- (12) Torres R, Ribeiro F, Alberto Duarte J, Cabri JMH. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport* 2012;13(2):101-14.

- (13) Rowsell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, Hill-Haas S. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *J Sports Sci* 2009 04;27(6):565-573.
- (14) Ghasemi M, Bagheri H, Olyaei G, Talebian S, Shadmehr A, Jalaei S, et al. Effects of Cyclic Static Stretch on Fatigue Recovery of Triceps Surae in Female Basketball Players. *Biology of Sport* 2013 06;30(2):97-102.
- (15) Doucet BM, Lam A, Griffin L. Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *Yale J Biol Med* 2012 Jun;85(2):201-215.
- (16) Rokyta R, Fricova J. Neurostimulation methods in the treatment of chronic pain. *Physiol Res* 2012;61 Suppl 2:S23-31.
- (17) Neiger H, Gosselin P, Torres Lacomba M. Estiramientos analíticos manuales. Técnicas pasivas. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana, S.A.; 1998.
- (18) Rodríguez MJ. Métodos verbales de medida del dolor. Valoración y manejo del dolor. Guías clínicas de la sociedad española del dolor Madrid, España: Arán Ediciones S.L; 2006. p. 49-50.
- (19) Available at: <http://www.hogganhealth.net/microfet2.php>. Accessed 6/2, 2014.
- (20) Bohannon RW. Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Arch Phys Med Rehabil* 1997 1;78(1):26-32.
- (21) Bohannon RW. Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Phys Ther* 1986 Feb;66(2):206-209.
- (22) Available at: <http://tienda.fisaude.com/sensor-muscular-microfet2-p-39680.html> . Accessed 6/2, 2014.
- (23) JL R. Uso de la isoestación B-200® y electromiografía de superficie en la valoración del dolor lumbar. *MAPFRE Medicina* 2001;12(4):241.
- (24) Available at: <http://www.ebay.com/itm/AD-Instruments-PowerLab-410-Data-Acquisition-System-/181042559931>. Accessed 6/2, 2014.
- (25) Available at: <http://electroestimaciondeportiva.com/>. Accessed 6/2, 2014.
- (26) Available at: <http://www.pinterest.com/pin/333125703656882668/>. Accessed 6/7, 2014.
- (27) Ghasemi M, Olyaei G, Bagheri H, Talebian S, Shadmehr A, Jalaei S. The effects of triceps surae fatigue on the torque and electromyographic parameters in athletes compared with non-athletes. *Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation* 2012 04;25(2):95-101.

- (28) Miyamoto N, Hirata K, Mitsukawa N, Yanai T, Kawakami Y. Effect of pressure intensity of graduated elastic compression stocking on muscle fatigue following calf-raise exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2011 4;21(2):249-254.
- (29) Pereira GR, de Oliveira LF, Nadal J. Isometric fatigue patterns in time and time–frequency domains of triceps surae muscle in different knee positions. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2011 8;21(4):572-578.
- (30) Mankovsky-Arnold T, Wideman TH, Larivière C, Sullivan MJL. TENS Attenuates Repetition-Induced Summation of Activity-Related Pain Following Experimentally Induced Muscle Soreness. *The Journal of Pain* 2013 11;14(11):1416-1424.
- (31) Craig JA, Cunningham MB, Walsh DM, Baxter GD, Allen JM. Lack of effect of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced delayed onset muscle soreness in humans. *Pain* 1996 10;67(2–3):285-289.
- (32) Denegar CR, Perrin DH. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. *J Athl Train* 1992;27(3):200-206.

9. ANEXOS

9.1 Anexo 1: Hoja de información

HOJA DE INFORMACIÓN

Estudio de la fatiga muscular en el tríceps sural y los beneficios del TENS y el estiramiento en el dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía en bailarinas amateurs.

- Investigador principal: Mónica xxxx xxxx
- Facultad de Fisioterapia, Universidad de Alcalá de Henares

Usted, ha sido propuesto para participar en el presente estudio de investigación. Lea con calma la información que a continuación le proporcionamos y que le permitirá decidir si quiere o no participar. No es necesario que dé una respuesta en este momento, puede llevarse esta información que le proporcionamos y valorarla con calma. Puede hacer cuantas preguntas quiera para que sean resueltas. Debe saber que su participación es completamente voluntaria.

El objetivo de dicho estudio es comprobar si la aplicación de estiramiento y TENS inmediatamente después de fatigar al tríceps sural, tiene efectos beneficiosos en el dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía (DOMPAT) a las 24 horas de la fatiga del mismo.

Se trata de un estudio piloto en el que los mismos voluntarios que realicen el estudio sin tratamiento, repetirán el procedimiento 2 semanas después, para el estudio con tratamiento, con el fin de evidenciar si el tratamiento es efectivo o no. Se evaluará el DOMPAT antes y después del test de fatiga, y a las 24 horas, la actividad eléctrica muscular mediante electromiografía (EMG), y la fuerza muscular mediante dinamómetro:

DOMPAT: se evalúa mediante una escala analógica visual (EVA) de 100 mm.

EMG: se colocan electrodos en gemelo interno y externo, que recogen información de la actividad eléctrica del músculo. Es una técnica incruenta de práctica habitual en los laboratorios e instituciones clínicas.

Fuerza muscular: se evalúa con un dinamómetro.

El procedimiento será el siguiente:

1º) Se realizan mediciones del dolor y la fuerza muscular antes del test de fatiga (en caso de que usted tenga dolor antes del test no podrá participar en el estudio).

2º) Se procede con el test de fatiga del tríceps sural, mediante la realización de 15 series de 10 repeticiones de elevar los talones del suelo con las rodillas estiradas (ejercicio de relevés en ballet con los pies juntos) con descansos de 30 segundos entre serie y serie.

3º) Tras el test se vuelven a realizar las mismas mediciones que antes del mismo.

4º) En la sesión sin tratamiento, se realizará una tercera medición a las 24 horas.

5º) En la sesión con tratamiento (2 semanas después de la sesión sin tratamiento) se realizará inmediatamente después del test de fatiga un estiramiento pasivo de gemelos y sóleo sobre una camilla y la aplicación de electroterapia (TENS) durante 20 minutos. El estiramiento consiste en la elongación del tríceps sural (gemelos y sóleo) que han sido sometidos a un intenso trabajo y pueden encontrarse espasmados. Se pretende dejar al músculo en una situación más relajada con posibilidad de alargarse y también se favorece el drenaje vascular. Con la aplicación de TENS se busca una disminución del dolor o analgesia, por tanto la sensación de hormigueo que se provoca ha de ser siempre agradable.

6º) En la sesión con tratamiento se realizará una medición a las 24 horas de la aplicación del tratamiento.

El estudio se realizará en las aulas de danza del Centro de Artes Escénicas “La Caja del Arte” de Torrejón de Ardoz. Usted tendrá que acudir 2 días para las sesiones sin tratamiento, y 2 semanas después, otros dos días para las sesiones con tratamiento. Las sesiones tendrán una duración aproximada de una hora.

Con este estudio se pretende obtener información sobre si el estiramiento y la aplicación TENS son técnicas efectivas para disminuir el DOMPAT a las 24 horas de la realización de ejercicio (ballet). Si dicho tratamiento demostrara ser eficaz usted podría tener un beneficio directo por su participación en el estudio. En cualquier caso, a día de hoy, no podemos asegurarle que usted vaya a recibir este beneficio por su participación en el estudio. Pero es importante que sepa que con su participación en el mismo, puede contribuir a un avance científico que sirva para mejorar las prácticas fisioterapéuticas en bailarinas.

Después del test de fatiga así como a las 24 horas y posteriores, usted podrá experimentar falta de fuerza muscular así como dolor (“agujetas”) en los músculos explorados. Los tratamientos practicados no conllevan ningún tipo de riesgo para su salud.

Se recogerán datos personales (edad, altura, peso, años practicando ballet), datos de su historial médico sobre lesiones previas en dicha zona, enfermedades importantes para la práctica del estudio o utilización de implantes metálicos y datos de laboratorio (EVA, EMG y dinamometría).

Todos sus datos se tratarán confidencialmente por personas relacionadas con el investigador y obligadas por el deber de secreto profesional. No se utilizará su nombre y apellidos para guardar junto con la información registrada. En su lugar se utilizará un número y solamente el investigador principal podrá relacionar su nombre con el número.

De acuerdo con la Ley Orgánica de Protección de Datos, debe saber que tiene derecho acceder a los datos que de usted se guarden, a rectificarlos, a cancelarlos y a oponerse a su uso, sin tener que dar ninguna explicación.

La participación en el estudio es totalmente voluntaria. Usted podrá retirarse en cualquier momento si lo desea, sin tener que dar explicaciones. Al mismo tiempo, el equipo de investigadores puede decidir interrumpir el estudio en cualquier momento si así fuese necesario.

El siguiente investigador es el responsable del estudio y el encargado de contestar a sus dudas y preguntas:

- Mónica xxxxx xxxx, estudiante de 4º de fisioterapia en la Universidad de Alcalá de Henares.
- Nº de teléfono: xxxxxxxxx

9.2 Anexo 2: Consentimiento informado

Declaración de consentimiento del participante

Yo.....
..... (Nombre y apellidos manuscritos por el participante)

He leído la hoja de información sobre el “Estudio de la fatiga muscular en el tríceps sural y los beneficios del TENS y el estiramiento en el dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía en bailarinas amateurs” y he tenido tiempo suficiente para considerar mi decisión.

Me han dado la oportunidad de formular preguntas y todas ellas se han respondido satisfactoriamente.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1º Cuando quiera

2º Sin tener que dar explicaciones.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información.

He recibido una copia de este documento.

Firma del participante

Fecha (manuscrito por el participante)

Firma del investigador

Fecha (manuscrito por el investigador)

9.3 Anexo 3: Consentimiento informado para menores de edad

Consentimiento informado (Padre, madre o tutor legal)

Yo..... (Nombre y apellidos),
en calidad de (Relación con el participante)
de D/D^a (Nombre del participante),

He leído la hoja de información sobre el “Estudio de la fatiga muscular en el tríceps sural y los beneficios del TENS y el estiramiento en el dolor muscular post esfuerzo de aparición tardía en bailarinas amateurs” y he tenido tiempo suficiente para considerar mi decisión.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He comprendido en qué consiste el estudio y la participación del representado.

Comprendo que la participación es voluntaria.

Comprendo que mi representado puede retirarse del estudio:

1. Cuando quiera
2. Sin tener que dar explicaciones

Doy a..... (Nombre del investigador) mi conformidad para que..... (Nombre del participante) participe en el estudio.

Fecha: firma del Representante

Fecha: firma del Investigador

-