

EFFECTO DE LA TR TERAPIA @ SOBRE EL DOLOR Y EL RENDIMIENTO LUEGO DE UN PROTOCOLO DE INDUCCIÓN DE DOLOR MUSCULAR DE INICIO TARDIO (DOMS) EN SUJETOS ACTIVOS FISICAMENTE DE LA UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Facultad de Artes y Educación Física
Departamento de Kinesiología

**EFECTO DE LA TR TERAPIA ® SOBRE EL DOLOR Y EL
RENDIMIENTO LUEGO DE UN PROTOCOLO DE INDUCCIÓN
DE DOLOR MUSCULAR DE INICIO TARDÍO (DOMS) EN
SUJETOS ACTIVOS FISICAMENTE DE LA UNIVERSIDAD
METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

Tesis para optar al grado de Licenciado en Kinesiología

PROFESOR GUÍA: KLGO. MAURICIO VENEGAS DE LA PAZ

AUTORES: DOMINIQUE JAZME CAÑETE

NICOLÁS ORTEGA CABELLOS

DANIELA OSSANDÓN VARGAS

Santiago de Chile, 2017

EFFECTO DE LA TR TERAPIA ® SOBRE EL DOLOR Y EL RENDIMIENTO LUEGO DE UN PROTOCOLO DE INDUCCIÓN DE DOLOR MUSCULAR DE INICIO TARDÍO (DOMS) EN SUJETOS ACTIVOS FISICAMENTE DE LA UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

2017, Jazme, Ossandón, Ortega, Venegas

Se autoriza la reproducción total o parcial de este material, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se haga la referencia bibliográfica que acredite el presente trabajo y su autor.

Agradecimientos

“Quiero agradecer este gran trabajo en primer lugar a mis compañeros y amigos de tesis porque supimos trabajar en equipo, apoyarnos en las situaciones difíciles, complementarnos de la mejor manera para llevar a cabo todas las tareas que una investigación implica y por la linda amistad que forjamos durante todo este proceso.

A mi mejor amigo y pololo por sus palabras de ánimo y motivación, por sus consejos y enseñanzas que me brindo durante toda la carrera, gracias por todas las revisiones realizadas que te pedimos y que hiciste sin dudar. Por dedicar de su tiempo en ayudarme en el desarrollo de la investigación y también muy importante, de acompañarme en esos momentos de descanso y recreación que se hacen tan necesarios en esta etapa universitaria para así poder terminar procesos como la licenciatura de la mejor manera posible.

Por último, a mi mami por su apoyo incondicional que me ha dado siempre, desde que escogí estudiar esta hermosa carrera y en cada momento que lo necesité, ya que sin ella no lo hubiera logrado”.

Dedicada a mi Tata Checho que está siempre en mi corazón.

Dominique Jazme Cañete

“Agradecer a mi madre, por siempre creer en mí y apoyarme incondicionalmente y a su labor inagotable por darnos todo a mí y a mis hermanos, a mis madrinas por estar siempre y apoyarme en todo, a mis abuelos y a mi mema por criarme, darme amor y lecciones de vida, gracias a todos ellos he construido lo que soy hoy.

A mis amigos de tesis, por ser los mejores compañeros que pude tener en una etapa tan importante y especial. Por apañarnos, por siempre sacarnos una carcajada, darnos un espaldarazo cuando lo necesitamos y por ser tan profesionales para trabajar en este proyecto y como no a Mauricio Venegas, nuestro profe, por confiar en nosotros.

Por último, al que siempre estuvo ahí acompañándome a cada paso, ayudándome en todo lo que podía y darme los momentos de relajo y descanso que necesitaba. Por siempre tener las palabras, los abrazos y el apoyo que necesité, a mi pololo y amigo, parte fundamental de este trabajo y de mi vida.

Dedicada a mi amigo que se fue tan temprano y abruptamente pero que siempre será parte de mí y siempre te recordaremos, y a mi abuelo Don Fernando que cada paso que doy, lo doy junto a ti y a tus enseñanzas a tu hidalguía y sabiduría”.

Daniela Ossandón Vargas

“Mis agradecimientos iniciales van dirigidos a todos los participantes dentro del estudio que permitieron realizar este trabajo y/o lo facilitaron, a mi profesor guía de tesis que siempre fue un constante apoyo y supo cómo orientar nuestro trabajo de la mejor manera y mejor disposición. Pero más aún a mis compañeras de trabajo, las cuales siempre supieron cómo trabajar en equipo, suplirnos tareas cuando el otro las necesitaba, entre otras cosas, lo que llevo a crear un lazo incondicional para cada aspecto, tanto en este proceso como en la vida diaria.

También, me gustaría agradecer a todos mis amigos que me apoyaron durante esta exhausta tarea, soportando mis arrebatos, malas actitudes y malas disposiciones que pude haber tenido, tanto durante el desarrollo de este trabajo como en los años previos a esta licenciatura.

Finalmente, me encantaría agradecer a mi madre por su constante y diario apoyo durante toda mi vida, sin ella no podría haber llegado a ser absolutamente nada de lo que soy, sin lugar a dudas mi vida sería diferente si no estuviese junto a mí dándome su consejo y apoyo sin importar la situación. Por último, dedicar este pequeño paso a mi abuela, por quien siempre haré cosas para hacerle sentir orgullosa.”

Nicolás Iván Ortega Cabellos.

Resumen

Se valoró el efecto de la TR Terapia® sobre el dolor muscular de origen tardío (DOMS) medido en rendimiento con Yo Yo test intermitente nivel uno (YYTII) y dolor medido con escala visual análoga (EVA). En estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación entre 18 y 25 años. Se realizó un ensayo clínico randomizado de grupos paralelos, ciego simple, en el que participaron 62 sujetos sanos y activos físicamente (edad $21.8 \pm 1,88$ años; IMC de $24,19 \pm 2,53$).

Todos los sujetos fueron aleatoriamente distribuidos en 3 grupos: Experimental con TR terapia (n=21), comparativo con elongaciones (n=20) y un grupo control(n=21). Todos los grupos realizaron un protocolo de ejercicio excéntrico, además, de mediciones de YYTII basal y final y de dolor medido en EVA. Las pruebas de valoración del dolor fueron repetidas antes y después de que cada sujeto completase la intervención indicada según el grupo previamente asignado.

Ningún grupo mostró diferencias significativas en cuanto a distancia recorrida en el YYTII ($p>0.05$), sin embargo, en cuanto a la medición de dolor en EVA se encontraron diferencias significativas post intervención en el grupo TRT vs el grupo control ($p<0.05$), así también hubo diferencias significativas en cuanto a la atenuación del dolor comparando el dolor del día 2 posterior a la intervención y el dolor del día 3 previo a la intervención del grupo TRT vs el grupo control ($p<0.05$). Conforme a esto se recomienda el uso de la TRT para el alivio del dolor inmediato y la atenuación de este las 24 hr posteriores a la intervención, no así para la recuperación del rendimiento 96 hr luego de producida la molestia muscular de inicio tardío.

Abstract

The acute effect of TR Therapy® on delayed onset muscle soreness (DOMS) in performance with YoYo test intermittent level one (YYTII) and pain with Visual Scale Analogue (VAS) was measured in students of “Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación” between 18 and 25 years old. A randomized controlled trial was conducted in which 62 healthy and physically active subjects (age 21.8 ± 1.88 years, BMI 24.19 ± 2.53) participated. All subjects were assigned randomly to 3 groups: Experimental with TR Therapy (n = 21), comparative with passive static stretch (n = 20) and a control group (n = 21). All groups performed an eccentric exercise protocol, also, baseline and final YYTII measurements and pain measured in EVA. Pain assessment tests were repeated before and after each subject completed his intervention according to the previously assigned group.

However, no significant differences were observed in the distance between the groups ($p < 0.05$). Nonetheless, in terms of the measurement of pain in VAS, significant post-intervention differences were found in the TRT group vs the control group ($p < 0.05$), as well as significant differences in pain attenuation by comparing day 2 pain Post-intervention and pain on day 3 previous to intervention of the TRT group vs the control group ($p < 0.05$). Therefore, the use of TRT is recommended for the immediate relief of pain and the attenuation of pain the latter 24 h after the intervention, but not for the recovery of the performance 96 hr after the delayed onset muscle soreness occurred.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	3
MARCO TEORICO	4
1. LA ACTIVIDAD FÍSICA	4
1.1 Clasificación del nivel de actividad física.....	5
1.2 Efectos de la actividad física.....	7
2. DOLOR.....	8
2.1 Concepto de dolor.	8
2.2 Clasificación de dolor.....	8
2.3 Evaluación del dolor.....	9
2.4 Dolor muscular de inicio tardío: <i>delayed onset muscle soreness</i> (DOMS).....	10
3. EJERCICIO QUE INDUCE DAÑO MUSCULAR: <i>Excercise-induced muscle damage</i> (EIMD).....	14
4. RENDIMIENTO	16
4.1 Rendimiento físico.	16
4.2 Rendimiento deportivo.	17
4.3 Formas de medición del rendimiento deportivo.	17
4.4 Yo Yo Test.	18
5. MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE DOLOR MUSCULAR DE INICIO TARDÍO	18
5.1 Elongación.....	18

5.2 Agentes físicos.....	22
5.2.1 Electroterapia.....	23
6. TR TERAPIA ®: TR therapy (TRT).....	24
6.1 Método capacitivo.....	26
6.2 Método resistivo.....	27
6.3 Modelo y consideraciones del equipo utilizado BTL-6000 TR-THERAPY ELITE. .	27
6.4 Efectos fisiológicos de la transferencia de energía capacitiva.	29
6.5 Precauciones y contraindicaciones de la TR Terapia ®.....	31
6.6 Evidencia científica de la TR Terapia ®.....	33
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	37
1. OBJETIVO GENERAL.....	37
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
MARCO METODOLÓGICO	38
1. HIPÓTESIS DE TRABAJO	38
2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	38
3. UNIVERSO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO	38
3.1 Población total.....	38
3.2 Criterios de inclusión.	38
3.3 Criterios de exclusión.....	39
3.4 Selección de la muestra.	39
3.5 Grupos de estudio.....	40
4. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	41
4.1 Rendimiento deportivo.....	41
4.2 Dolor.....	41
4.3 Nivel de actividad física.....	41
4.4 Edad.....	42
4.5 Sexo.....	42
4.6 Índice de masa corporal (IMC).	42
PROCEDIMIENTO	43
1. PARTICIPANTES	43
2. PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	43

3. TIEMPO DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO	44
4. PROTOCOLO DE EJECUCIÓN	44
5. PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN	46
5.1 Grupo control.	46
5.2 Grupo comparativo.....	46
5.3 Grupo experimental.....	46
5.4 Análisis Estadístico.	47
RESULTADOS	48
1.1 Descripción muestra total.....	48
1.2 Descripción de muestra por grupos.....	50
1.3 Normalidad de los datos.....	53
2. ESTADÍSTICA INFERENCIAL	54
2.1 Comparación de datos generales entre grupos.....	54
2.2 Comparaciones por grupos.	55
2.2.1 Comparaciones del rendimiento deportivo por grupos.	55
2.2.2 Comparación entre el dolor basal y el dolor medido en el día dos post intervención.	57
2.3 Comparaciones entre grupos.....	58
2.3.1 Comparación del rendimiento inicial entre grupos.	58
2.3.2 Comparación del rendimiento final entre grupos.....	59
2.3.3 Comparación entre las mediciones de dolor.	61
DISCUSIÓN.....	68
CONCLUSIONES.....	72
Bibliografía.....	74
Anexo 1	83
Anexo 2.....	84
Anexo 3.....	85
Anexo 4.....	86
Anexo 5.....	88
Anexo 6.....	89

Anexo 7.....	90
Anexo 8.....	90
Anexo 9.....	90
Anexo 10.....	91

INTRODUCCIÓN

En Chile, se estima que un 80% de la población es mayoritariamente sedentaria, entendiéndose como un sujeto que realiza menos de 30 min de ejercicio física de intensidad moderada, mínimo 3 veces por semana. Sin embargo, según los resultados de la Encuesta Nacional de Hábitos de Actividad Física y Deporte (2015), el porcentaje de las personas que realizan algún deporte y/o actividad se ha aumentado un 2,4% entre 2012 y 2015, y un 5,4% entre 2006 y 2015. Las razones por las cuales las personas han aumentado su nivel de actividad física son variadas, sin embargo, así como este estilo de vida aumenta, incrementa consigo también el desarrollo de lesiones, dentro de éstas se puede destacar, el dolor muscular de inicio tardío, sintomatología que la mayoría de las personas han presentado luego de realizar una actividad física o ejercicio.

El dolor muscular de inicio tardío (DOMS) es denominado como una experiencia familiar, tanto para el atleta de élite como para el principiante, que se define como la sensación de incomodidad o dolor a nivel muscular después del ejercicio físico, generalmente excéntrica, a la que el individuo no está acostumbrado(Asmussen, 1956). Sus síntomas pueden extenderse desde la sensibilidad del músculo al dolor debilitante severo. Los mecanismos, las estrategias de tratamiento y el impacto en el rendimiento atlético siguen siendo inciertos, a pesar de la alta incidencia de DOMS en la población, la cual ha sido difícil de estudiar ya que la mayoría de las personas que lo experimentan no buscan atención médica, aceptando el DOMS como una incomodidad temporal(Kedlaya, 2016).Lo que si se conoce es que esta molestia muscular es más frecuente al comienzo de las temporadas deportivas cuando los atletas están regresando a entrenamientos después de un período de actividad reducida, como también es común, cuando los atletas se introducen por primera vez a ciertos tipos de actividades independientemente de la época del año. (Mizumura, 2016)

Actualmente, existen múltiples intervenciones como métodos de recuperación para el dolor muscular de inicio tardío (Connolly, 2003)dentro de las cuales se encuentran los agentes físicos. Existe una amplia gama de métodos de intervención a través de estos. Una de las

herramientas en la electroterapia que ha surgido como nueva tecnología es la TR Terapia ®, equipo que aún tiene poca evidencia por su reciente desarrollo. La mayoría de los artículos pioneros en su investigación proceden de Italia y de países norteamericanos, y los más recientes de Sudamérica con enfoque inicial en la estética y posterior en el deporte.

El interés de este grupo de investigación nació al observar la baja calidad de los estudios y su gran uso en equipos médicos de deportes de elite sin una evidencia científica que los respalde. A partir de esto, se decidió realizar un ensayo clínico aleatorizado cuyo objetivo fue conocer el efecto de la TR Terapia ® sobre uno de los síntomas más clásicos del deporte y de la actividad física, el DOMS. Desde el punto de vista de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF), es importante reconocer al sujeto con un enfoque biopsicosocial, lo que involucra directamente la funcionalidad de la persona para desarrollar sus actividades de la vida diaria, motivo por el cual, se opta por medir el rendimiento como principal medida de resultado, ya que, para un deportista es fundamental recuperar éste para una óptima participación.

Por lo tanto, luego de analizar la información bibliográfica recolectada y basándose en el propio conocimiento, se puede decir que, las características de la transferencia de energía capacitiva y sus efectos fisiológicos por las que funciona el dispositivo de la TR terapia ®, podría ser útil en el tratamiento de los síntomas producidos por el DOMS y mediante éste la aceleración de la recuperación física y del rendimiento deportivo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ejercicio de alta intensidad genera desgaste físico acompañado de alteraciones colaterales en las personas, una de estas manifestaciones es el dolor muscular de inicio tardío (DOMS), que se relaciona con una disminución en la capacidad funcional posterior a la realización de ejercicio. En la actualidad, se utilizan diferentes formas para favorecer la recuperación fisiológica del músculo con el fin de lograr el alivio del DOMS y la mejora del rendimiento funcional, donde es posible destacar, masaje terapéutico, inmersión en agua fría/caliente, electroterapia, elongaciones entre otras.

Actualmente existe una nueva tecnología que podría favorecer el tratamiento de los síntomas del DOMS que es, la TR Terapia®.

Este dispositivo de fisioterapia, es un sistema de transferencia de energía que puede ser tanto capacitiva como resistiva, que trabaja creando un campo electromagnético en la zona afectada con ondas de radio a frecuencias altas, creando así una diatermia que inducirá efectos fisiológicos como la vasodilatación, incremento en el flujo sanguíneo y de la permeabilidad local contribuyendo a un re-suministro de oxígeno y sustancias nutricionales, permitiendo, por ejemplo, la eliminación de catabolitos. Es por esta razón, que este dispositivo sería útil al momento de manejar los síntomas del DOMS.

Existen métodos para evaluar el rendimiento funcional validados para sujetos sanos activos como es el caso del Yo-Yo Test Intermitente nivel 1; y a su vez se han diseñado protocolos de inducción de DOMS que reproducen el efecto esperado al realizar ejercicios específicos de alta exigencia, como por ejemplo, el protocolo de salto.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En base a todo lo anterior, se genera la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto de TR Terapia® en el rendimiento funcional de estudiantes activos físicamente entre 18 y 25 años de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación luego de un protocolo de ejercicio excéntrico?

MARCO TEORICO

1. LA ACTIVIDAD FÍSICA

El movimiento es la base por la cual el ser humano se permite lograr un concepto de bienestar y calidad de vida, lo que se traduce en, junto con otros tópicos, una buena salud. Los estilos de vida definen y determinan la salud del individuo en alto porcentaje, y si se vuelven un hábito, lo llevarán a cambios significativos y adaptaciones que se traducirán en una mejoría en la calidad de vida (Molina, 2016). Todas estas adaptaciones y mejoras en un sujeto se pueden lograr a través de la actividad física.

El concepto de actividad física ha evolucionado de diferentes maneras alrededor del tiempo, así como ha sido definido de distintas formas según variados autores.

Una de sus definiciones más clásicas indica que hace referencia a “*Cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos y que tienen como resultado un gasto energético que se añade al metabolismo basal*” (Caspersen C.J, 1985). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su documento Recomendaciones Mundiales sobre la Actividad Física para la Salud (2010), se define actividad física como cualquier movimiento corporal producido por el sistema músculo esquelético que exija un gasto de energía. Por otro lado, Sara Márquez en su libro Actividad física y salud (2013), indica que la actividad física se refiere a la energía utilizada para el movimiento y, por lo tanto, es un gasto de energía adicional al que necesita el organismo para mantener funciones vitales como la respiración, la digestión, circulación de la sangre, etc. Estas actividades podrían ser fundamentalmente caminar, transportar objetos, subir escaleras o realizar tareas domésticas, entre otras. (Rosa, 2013)

Comprendiendo este concepto, Laín, S. A., Webster, T., Briones, E. G., & Merino, E. M. (2006) han establecido que este gasto energético debe ser mayor al obtenido durante el reposo y que la actividad física engloba al concepto ejercicio físico. (Laín, 2006) El ejercicio físico es un término más específico que implica que esta actividad física este planificada, estructurada y repetida con una meta, con una tendencia a mejorar un objetivo específico o bien, la condición física de un sujeto. Ahora bien, el concepto de condición física es comprendido como un estado fisiológico de bienestar que proporciona la base para las tareas de la vida cotidiana, un

medio de protección contra enfermedades crónicas no transmisibles y el fundamento máximo para el desarrollo de actividades deportivas. (Laín, 2006)

1.1 Clasificación del nivel de actividad física

Es necesario establecer una diferencia entre sujetos que realizan actividad física y los que no, llamando a este último grupo sujetos físicamente inactivos o sedentarios.

El sedentarismo se define desde el punto de vista antropológico como la transición de una sociedad nómada a una establecida en una región o lugar determinado. (Romero, 2009) Este estilo de vida, que involucra directamente la inactividad física, ha sido estimado como una de las 10 causas fundamentales de mortalidad y discapacidad a nivel mundial, siendo uno de los factores de riesgo modificables de mayor prevalencia en la población global. Se ha establecido también, a nivel mundial, que el sedentarismo alcanza cifras entre el 60 – 85% de la población adulta total. (Quirantes Moreno A.J, 2016) A nivel nacional, estas cifras reflejan un total del 88,6 % de la población total según la Encuesta Nacional de Salud 2010.

En cuanto a los sujetos que realizan actividad física, grupo denominado como individuos físicamente activos, ha existido una gran controversia alrededor de los últimos años para definir variables de intensidad, frecuencia y duración para establecer que beneficios se ofrecen para la salud. (López, 2016) La primera recomendación establecida en salud pública según el ACSM (*American College of Sport Medicine*) fue establecer una barrera de 30 minutos o más de actividad física moderada o vigorosa todos o casi todos los días de la semana (Haskell W.L, 2007).

Hoy en día, es conocido que esta recomendación estaba basada en la asociación de actividad física y riesgos cardiovasculares. En el presente, se sabe que la actividad física es un factor protector respecto a las mayores patologías cardiovasculares, como el riesgo de cardiopatía isquémica, hipertensión arterial y accidentes cerebro-vasculares, con una amplia gama de referencia para estos tópicos, así como, en otras patologías más prevalentes como la obesidad, la diabetes mellitus, cáncer, osteoporosis, etc. (López, 2016). Sin embargo, aún sigue siendo una incógnita la cantidad y modalidad de actividad física a emplear en cada situación, ya que,

la respuesta que ésta provoca no está lo suficientemente clara como para poder recomendar un correcto plan de actividad física, en cuanto a sus componentes como intensidad, frecuencia y duración. (Lee, 2001), (Warburton, 2006)

Por lo tanto, es necesario e importante saber cuantificar la actividad física, aspecto que es demasiado complejo, ya que, es un comportamiento individual de cada sujeto y es necesario cuantificarla si es un medio de resultado (Jiménez Gutiérrez, 2007). Para poder cuantificar la actividad física, estratificando en niveles bajos, medio y alto, existe una amplia diversidad de cuestionarios, como también su forma de administración, entre otros factores. Un cuestionario validado en la población de América Latina, mostrando una adecuada confiabilidad y un criterio moderado de validez, es el Cuestionario Internacional de Actividad Física de aplicación corta (*IPAQ*) que evalúa actividades cotidianas correspondientes a la escuela o trabajo, en el transporte o en el tiempo libre para sujetos entre 18 – 65 años y está disponible para su uso desde el año 1998 (Hallal P.C, 2010)(López, 2016). Este cuestionario puede aplicarse como encuesta auto aplicada, entrevista cara a cara o versión telefónica. Su versión corta consiste en nueve ítems que proporcionan información sobre el tiempo empleado en caminar, en actividades de intensidad moderada, vigorosa y actividades sedentarias. Estas respuestas atenderán a aspectos evaluados según intensidad (leve, moderada o vigorosa), frecuencia (medida en días por semana) y duración (tiempo por día), lo que permite establecer tres grupos: (Mantilla Toloza S.C, 2007)

1. Nivel bajo: No registran realizar actividad física o la registra pero no alcanza la categoría media y alta.
2. Nivel medio: Considera los siguientes criterios;
 - Tres o más días de actividad física vigorosa, por lo menos, 20 minutos por día
 - Cinco o más días de actividad física de intensidad moderada o caminar, por lo menos, 30 minutos.
 - Cinco o más días de cualquier combinación de actividad física leve, moderada o vigorosa que alcancen un registro de 600 METs-min/semana.
3. Nivel alto: Considerando el siguiente criterio;
 - Tres o más días de actividad física vigorosa o que acumulen 1.500 METs-min-semana.

Finalmente, se ha establecido, según el testimonio de variados estudios alrededor del mundo, que el cuestionario IPAQ versión corta es recomendado para realizar investigaciones cuando la monitorización es poblacional, permitiendo registrar valores en tiempo total y consumo calórico(Mantilla Toloza S.C, 2007)(Hallal P.C, 2010).

1.2 Efectos de la actividad física.

La actividad física ha sido muy estudiada hasta la actualidad. Uno de sus efectos más detallados ha sido que modifica factores de riesgo cardiovascular protegiendo al ser humano de sufrir un evento o patología cardiovascular. Por otro lado, también se ha evidenciado que es responsable de la protección de otras patologías y enfermedades crónicas no transmisibles tales como; diabetes mellitus, cáncer (al colón y de mamas), obesidad, hipertensión, osteoporosis, osteoartritis e incluso depresión (Warburton D.E, 2006). Todos estos efectos se pueden producir en dos etapas diferentes al hablar de patologías, por un lado la prevención primaria que alude a una protección previa al evento y una prevención secundaria que responde a una prevención de un próximo evento.

En el ámbito laboral, se ha evidenciado que este bienestar que produce la actividad física es reconocido como un elemento esencial e imprescindible para determinar un éxito a largo plazo dentro de la empresa, por lo cual, la gestión en salud de empleados y empleadas ha tomado mucha relevancia a lo largo de los últimos años. Esto se ve reflejado, incluso, en que hay menores factores de absentismo laboral, indicadores de mayor motivación, mayor compromiso de los empleados en el clima laboral y menores costes médicos a tener en cuenta(English, 2015).

2. DOLOR

2.1 Concepto de dolor.

El dolor es definido por la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP) como “una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada a un daño tisular existente o potencial o descrito en términos de dicho daño”. (IASP, 1994)

Este protege normalmente a las personas al disuadirles de realizar actividades que podrían causar un daño a los tejidos; sin embargo, también puede interferir con actividades normales y causar limitación funcional y discapacidad. Podría, por ejemplo, alterar el desarrollo normal de actividades como dormir, trabajar o hacer ejercicio físico. El alivio del dolor puede permitir que los pacientes participen de forma más completa en actividades normales de la vida cotidiana y puede acelerar el inicio de un programa de rehabilitación activa, limitando así las consecuencias adversas de la inactividad y permitiendo un progreso más rápido hacia la consecución de los objetivos de capacidad funcional del paciente (Cameron M. H., 2013).

2.2 Clasificación de dolor.

La clasificación más utilizada de dolor, se basa en su duración: agudo y crónico.

El dolor agudo es aquel que comprende el lapso estimado como necesario para que los tejidos sanen. Este se produce como consecuencia directa de una lesión tisular real o potencial por una herida, una enfermedad o un procedimiento invasivo. Habitualmente refleja la intensidad, la localización y el momento de comienzo del estímulo inicial y si hay inflamación, se acompaña por los otros signos cardinales de la inflamación; calor, rubor y tumor (Cameron M. H., 2013). Según John Bonica en 1953 esto ocurriría generalmente durante un mes. Posteriormente, el Comité de Taxonomía de las Algas de la IASP determinó como tiempo de duración límite para un dolor agudo el de tres meses (Paeile, 2005).

El dolor crónico generalmente se refiere a un dolor que no se ha resuelto en el marco temporal esperado, habitualmente de 3 a 6 meses, dependiendo de la alteración causal (Cameron M. H., 2013).

2.3 Evaluación del dolor.

Existen diferentes herramientas para realizar la evaluación del dolor las cuales difieren según las características del dolor que serán evaluadas, entre ellas se encuentran la intensidad o magnitud del dolor, la molestia o sufrimiento emocional que causa la sensación dolorosa, la cualidad del dolor, su localización anatómica, sus características temporales (como variabilidad, frecuencia y duración en el tiempo) y cuánto interfiere el dolor con la actividad funcional y la vida diaria (Cameron M. H., 2013).

Una forma de medirlo es a través de escalas visuales analógicas y numéricas las cuales valoran la gravedad del dolor pidiendo al paciente que indique el nivel actual de dolor sobre una línea o que elija un número de una escala de 0 a 10 o de 0 a 100 (Downie W, 1978). La reproducibilidad de las escalas numéricas y visuales varía de unas personas a otras y con el grupo de pacientes examinados, aunque las dos escalas tienen un alto grado de congruencia entre sí (Grossman SA, 1992).

Otra manera de medición es mediante escalas semánticas diferenciales que consisten en listados de palabras y categorías que representan diversos aspectos de la experiencia dolorosa donde se le pide al paciente que seleccione de estos listados las palabras que describan mejor su dolor. Dentro de éstas la más utilizada es el cuestionario de dolor de McGill (Cameron M. H., 2013).

Por último, existen otros indicadores del dolor que pueden proporcionar información útil adicional como los registros diarios de actividad/dolor, que indican qué actividades alivian o agravan el dolor; diagramas corporales, en los que el paciente puede indicar la localización y la naturaleza del dolor, y entrevistas abiertas estructuradas (Ransford AO, 1976)(Quinn L, 2003).

El uso de dolor como una medida para el daño muscular podría ser problemático debido a la naturaleza subjetiva e individual de la sensación de dolor. La percepción del dolor puede diferir considerablemente entre los individuos, pero también con el estado de ánimo, la ansiedad, la atención, el cansancio y otros parámetros fisiológicos de una persona determinada (Katz J. a., 1999)(Melzack, 1982).

2.4 Dolor muscular de inicio tardío: *delayed onset muscle soreness* (DOMS).

Es común que la mayoría de las personas hayan presentado una experiencia de molestia muscular después de realizar un esfuerzo físico por primera vez en mucho tiempo, un ocasional juego deportivo o actividades físicas que se efectúan una vez al año como corridas en encuentros deportivos. Incluso los atletas quienes ejercitan todos los días la experimentan cuando realizan un tipo diferente de deporte o practican una nueva habilidad (Mizumura, 2016). Este dolor muscular de aparición tardía, es denominado por su sigla en inglés como DOMS (*delayed onset muscle soreness*). Este es una habitual consecuencia de un ejercicio extenuante no acostumbrado, especialmente a causa de ejercicios de contracciones excéntricas (Asmussen, 1956)

El DOMS es normalmente asociado con un trabajo muscular de alta intensidad, producido por contracciones excéntricas (Armstrong RB, 1993) y prolongado, el cual provoca una lesión en el músculo. La actividad excéntrica es caracterizada por una elongación del músculo durante una contracción simultánea. Es por este, que si la carga externa excede la capacidad del músculo para resistir activamente ésta, el músculo se ve obligado a elongarse y se genera una tensión activa (Stauber, 1989). El inicio del evento puede ser resultado de esta alta tensión producida por el músculo, en el cual, ocurre una desorganización en las miofibrillas y/o una perturbación en el medio metabólico (Donna, 1995).

El DOMS es clasificado como una lesión por esfuerzo muscular tipo I, que se presenta con sensibilidad o rigidez a la palpación y/o movimiento (Gulick DT, 1996). Este tipo de lesión ocurre cuando el músculo está sometido a cargas de tensión excesivas o indebidas, lo que puede provocar rupturas musculares o cerca de la unión miotendinosa (donde se concentra la fuerza), daño a los tendones o daño a pequeños vasos sanguíneos que causan sangrado local

(Givli, 2015). Las sensaciones experimentadas con esta lesión pueden variar desde una ligera rigidez muscular, que desaparece rápidamente durante las actividades de la vida diaria, hasta un dolor severo debilitante que lleva a restringir los movimientos (Cheung, 2003).

Los síntomas que resultan de un DOMS inducido por ejercicio, incluyen hipersensibilidad en la zona afectada, la presencia de proteínas intramusculares en la sangre y la disminución prolongada de la función muscular, que se ha podido evidenciar en la reducción de fuerza, potencia de salida, rango de movimiento y una disminución en una rápida función muscular dinámica, tales como saltar, rebotar y ejercicios de intensidad máxima intermitente (Armstrong, 1984)(Marginson, 2005)

2.4.1 Características del dolor muscular de inicio tardío.

Donna y colaboradores (1995) afirma que el dolor muscular se desarrolla usualmente, en las primeras 24 horas después del ejercicio (Donna, 1995). Otros autores, han descrito que los síntomas suelen aparecer 8-10 horas después del esfuerzo y comienzan a difundirse progresivamente entre las 24 y 48 horas posteriores al ejercicio (MacIntyre DL, 1995).

El *peak* de esta molestia muscular se da entre las 24 y 72 horas, disminuyendo y desapareciendo a los 5-7 días posteriores al ejercicio (Armstrong, 1984).

Según Giamberardino y colaboradores (1996), el dolor luego de las 48 horas iría decreciendo progresivamente hasta su total extinción después de 3-4 días, únicamente en aquellos grupos musculares implicados en el ejercicio.

2.4.2 Origen del dolor muscular de inicio tardío.

La sensibilidad es concentrada en la porción distal del músculo (MacIntyre DL, 1995). La localidad del dolor puede ser atribuida a la alta concentración de receptores musculares de dolor en el tejido conectivo de la región tendinosa (Newham DJ, 1982). La unión miotendinosa, presente en esta región, es caracterizada por una membrana que es continua, ampliamente plegada e integrada con las células musculares. La disposición oblicua de fibras musculares que se encuentran justo antes de la unión miotendinosa reduce su capacidad para

resistir elevadas fuerzas de tracción, dando como resultado, que el elemento contráctil de las fibras musculares en la unión miotendinosa sea vulnerable a daños microscópicos (Noonan TJ, 1992).

2.4.3 Mecanismos de producción del dolor muscular de inicio tardío.

Si bien, aún se desconoce el mecanismo principal por el cual se produce el dolor muscular tardío, existen numerosas teorías que proponen explicar el dolor asociado a DOMS incluyendo: la teoría metabólica, espasmo muscular, daño del tejido conectivo, inflamación y micro trauma en la fibra muscular.

La teoría metabólica intenta relacionar esencialmente la producción de lactato con el dolor muscular tardío. Es por esto que también es denominada como la teoría de Ácido láctico la cual se basa en la suposición de que el ácido láctico se sigue produciendo posterior al cese del ejercicio. Si bien durante el ejercicio de alta intensidad se produce una cantidad considerable de ácido láctico, alrededor de un 80% del lactato que se ha producido se acumula en el interior de las fibras musculares y sólo el 20% pasa al espacio extracelular. Con las primeras investigaciones de Rodolfo Margaria ya se podía saber que el lactato que pasa a la sangre es eliminado en los minutos siguientes al ejercicio, en un proceso que se ha completado en alrededor de una hora. En otros estudios, en lo que se utilizó isótopos estables han demostrado que la mayor parte del lactato producido durante el ejercicio es eliminado por oxidación mientras que el resto, entre un 10% y un 20%, puede ser utilizado como substrato para re sintetizar glucógeno muscular en el propio músculo que lo ha producido (Chicharro, 2006). Además, los niveles de ácido láctico regresan a los niveles pre-ejercicio dentro de 1 hora posterior al ejercicio y el lactato en sangre medido antes, durante y hasta 72 horas después de realizada una prueba de ejercicio excéntrico, no ha demostrado una relación entre los niveles de ácido láctico y las valoraciones de dolor (Schwane JA, 1983)

Es por esto que esta teoría ha sido refutada, ya que no existe ninguna evidencia científica que sustente que el DOMS sea debido a la formación de cristales de ácido láctico (Chicharro, 2006). Los niveles de ácido láctico podrían contribuir al dolor agudo asociado con la fatiga seguida de un ejercicio excéntrico, sin embargo, no puede ser atribuida al dolor tardío que se experimenta 24-48 horas después del ejercicio (Cazorla G, 2001).

Otro mecanismo, a través del cual los productos del metabolismo (lactato u otros metabolitos) podrían ser responsables de la aparición del DOMS, es provocado por la sensibilización de nociceptores y mecanorreceptores (incluidos los husos musculares) (Appell, 1992).

La teoría del espasmo muscular, fue introducida tras la observación del incremento en los niveles de actividad muscular en reposo después de un ejercicio excéntrico. Ésta propone que el aumento de activación muscular en reposo indicaría un espasmo tónico localizado de las unidades motoras, lo que lleva a una compresión de los vasos sanguíneos musculares, isquemia y acumulación de sustancias del dolor. Esto causaría un círculo vicioso ya que la estimulación de las terminaciones nerviosas causa espasmos musculares reflejos y condiciones isquémicas prolongadas. Sin embargo, investigaciones que han utilizado electromiografía (EMG) para medir la actividad muscular posterior a la realización de ejercicio excéntrico, no mostraron un aumento de la actividad EMG en los músculos con dolor (Talag, 1973) y otras que si la observaron no encontraron relación alguna entre la magnitud y la percepción de la molestia (Bobbert MF H. A., 1986).

La teoría del daño en el tejido conectivo examina el rol de este como tejido de protección, el cual forma vainas alrededor de las fibras musculares. El tejido conectivo difiere según el tipo de fibra muscular. Las fibras tipo 1 poseen una estructura de protección más robusta que las fibras tipo 2 (Cheung, 2003) lo cual podría afectar que, como las fibras tipo 2 son más susceptibles al daño inducido por estiramiento (Stauber, 1989) y están menos protegidas, exista un mayor daño tanto a nivel de la misma fibra, como del componente colágeno que la envuelve. Esto se ha tratado de comprobar por medio de la medición post ejercicio excéntrico de marcadores de degradación de colágeno, la hidroxiprolina y la hidroxilisina (Sydney-Smith M, 1992), las cuales se excretan en la orina, sin embargo existe información que propone que estos marcadores también se producirían con la síntesis de colágeno, lo que produce que los resultados obtenidos sean inciertos para el daño muscular (Cheung, 2003).

La teoría de la inflamación está basada en los hallazgos de células inflamatorias posteriores a la realización de contracciones excéntricas. El daño en las fibras musculares y en el tejido conectivo provoca la liberación de mediadores inflamatorios como la bradicinina,

prostaglandina e histamina, los cuales atraen monocitos y neutrófilos al sitio dañado. Esto es seguido por un aumento del exudado a nivel muscular debido a un aumento de la permeabilidad de los vasos sanguíneos ejercido por la presión osmótica. El efecto de los monocitos y neutrófilos en la zona del daño y aumento de esta permeabilidad de las células inflamatorias provocaría que las fibras nerviosas tipo A δ y C fueran activadas provocando dolor durante un período entre 24 a 48 horas posterior al ejercicio. Sin embargo el nivel de edema producido no se condice con el *peak* de dolor muscular producido (Hasson, 1993)(Gulick DT, 1996)

La teoría de daño muscular implica que el estrés mecánico sería el factor que más contribuiría a producir DOMS, y que este daño inicial es seguido por una respuesta inflamatoria mediada por calcio, que es seguido por la regeneración. El mecanismo de la lesión en el ejercicio excéntrico se debe al aumento de la tensión en los puentes cruzados dando por resultado la interrupción de las bandas Z y los filamentos contráctiles. Este daño es el resultado del aumento de tensión por unidad de área que se produce en una contracción excéntrica. Esto además, provocaría que los nociceptores a nivel de tejido conectivo, fibras musculares, arteriolas, capilares y unión miotendinosa provocaran la sensación de dolor tardío. Aún no está claro si la sobrecarga mecánica de las fibras musculares es la causa primaria o secundaria de la interrupción de la banda Z, debido a que los niveles excesivos de calcio intracelular causados por la violencia metabólica durante el ejercicio, pueden inducir al debilitamiento de la estructura de la banda- Z para eliminar el material amorfo (Kuipers, 1994). .El estudio de Newham, Mills y Edwards (1983), apoya esta teoría tomando como base la medición de la creatina-quinasa, el cual es un marcador de permeabilidad de la membrana en la fibra muscular. La interrupción de la banda Z y el daño en el sarcómero hacen posible la difusión de enzimas como esta, lo cual se comprobó con su medición en el líquido intersticial en condiciones normales el cual fue de 100 IU/L, mientras que posterior a ejercicio de contracción excéntrica su concentración fue de 40000 IU/L indicando un aumento significativo en la permeabilidad de la célula muscular (Newham D. J., 1983).

3. EJERCICIO QUE INDUCE DAÑO MUSCULAR: *Excercise-induced muscle damage* (EIMD).

Los músculos esqueléticos cuando son activados por el potencial de acción desarrollan una fuerza de contracción con el objetivo de acortar la longitud del músculo. Los músculos no pueden desarrollar esta fuerza en una dirección contraria. Dependiendo de la relación entre la carga aplicada al músculo y la fuerza de contracción desarrollada por este, son posibles tres tipos de contracciones (Givli, 2015):

1. Contracción concéntrica (acortamiento): donde el músculo reclutado se acorta activamente, lo que ocurre si la carga externa es menor a la fuerza desarrollada por el músculo.
2. Contracción isométrica (estática): donde el músculo activado mantiene la misma longitud mientras se opone a una carga.
3. Contracción excéntrica (alargamiento): donde el músculo activado es forzado a alargarse ya que la carga aplicada supera la fuerza desarrollada por este mismo.

Las contracciones concéntricas e isométricas son más exigentes desde el punto de vista metabólico, ya que los motores de miosina en los sarcómeros deben producir constantemente trabajo. Por otro lado, las contracciones excéntricas implican la absorción de energía por el músculo. Este requisito funcional conduce a la alteración del ciclo regular de los puentes cruzados durante las contracciones excéntricas (Lieber, 2010) y se manifiesta por la relación fuerza-velocidad del sarcómero (Katz J. a., 1999).

La fuerza desarrollada durante el acortamiento activo es siempre menor que la fuerza isométrica activada al máximo. Sin embargo, la fuerza desarrollada por el músculo durante una contracción excéntrica es casi dos veces mayor que la fuerza isométrica, prácticamente irrelevante a la tasa de alargamiento (Givli, 2015). Es por esto, que de los tres tipos de contracción, la contracción excéntrica es eminentemente la más perjudicial (Newham D. J., 1983).

Siguiendo los protocolos de contracciones isométricas repetidas, acortamiento de contracciones o estiramientos sin activación, la fuerza isométrica máxima puede disminuir debido a la fatiga, pero la recuperación de la fuerza para controlar los valores es bastante

rápida y completa sin evidencia de lesión. En contraste, el fenómeno de la lesión inducida por la contracción se produciría sólo después de contracciones excéntricas (Faulkner, 2007).

Se han propuesto varios marcadores como indicadores de daño después de una lesión inducida por una contracción excéntrica, tales como daño estructural a nivel de la miofibrilla, evidencia biomecánica como cambios en el rango de movimiento y rigidez, proteínas elevadas y actividad enzimática en la sangre, pérdida de fuerza isométrica, tiempo de relajación de la intensidad de la señal de MRI, marcadores inflamatorios, alteración de la homeostasis del calcio y alteración del metabolismo de la glucosa (Givli, 2015).

Los síntomas asociados con el daño muscular inducido por el ejercicio se reducen sustancialmente después de una segunda sesión de ejercicio excéntrico no acostumbrado (McHugh MP, 1999)(Rowlands AV, 2001). Este efecto se conoce comúnmente como "el efecto de pelea repetida" y se alcanza incluso si los síntomas después del primer ejercicio son leves (Brown SJ, 1997).

4. RENDIMIENTO

El ejercicio conlleva una sucesión de demandas sobre el organismo que son dependientes de la forma, intensidad y duración del mismo y que, a su vez, tienen profundas repercusiones sobre la capacidad de respuesta inmune del deportista. Así mismo, la capacidad de respuesta inmune del deportista repercute sobre su salud y ésta sobre su rendimiento físico(Wiereszen, 2005).

Una de las características más importantes del sistema neuromuscular es su capacidad de adaptación, así, en condiciones fisiológicas es capaz de adaptarse a las demandas orgánicas de cada momento o período de tiempo. Desde este punto de vista, el objetivo del entrenamiento es mejorar el nivel de condición física e incrementar el rendimiento mediante un aumento progresivo de las cargas de trabajo a las que el deportista se adaptará paulatinamente. Así, como este proceso genera un importante nivel de estrés sobre los mecanismos de adaptación es necesario planificar las intensidades de trabajo, y del cuidadoso control de la recuperación sistémica(Martínez, 2002).

4.1 Rendimiento físico.

El rendimiento físico estaría en relación con la capacidad de producción de energía por parte de los músculos involucrados en la actividad, producción de energía que en función del deporte tendría unas características diferenciadas de potencia o de resistencia. Estas diferentes características en la producción de energía vienen determinadas en gran parte genéticamente, pero su mejora y máximo nivel vienen dados por el entrenamiento físico (Verdezoto, 2014).

4.2 Rendimiento deportivo.

El concepto de rendimiento deportivo puede ser definido como el resultado, como la ejecución y como un conjunto de ambos. Billat en 2002 definió que el rendimiento deportivo es una acción motriz cuyas reglas son fijadas por una institución deportiva, y que permite al sujeto, expresar sus potencialidades físicas y mentales. Además puede ser definida como el resultado y ejecución de una acción deportiva que se valora según unas normas o reglas (Martin, 2004). Y puede ser visto desde enfoques como la bioenergética, la biomecánica, psicológico, sociológico y cognitivo. Por lo tanto, se puede caracterizar al deportista por sus récords, marcas o por las decisiones que toma dentro del contexto y reglas estipuladas por cada deporte.

4.3 Formas de medición del rendimiento deportivo.

El rendimiento deportivo puede ser medido por test de campo, muchos de estos test son continuos, como el test Course Navette o el test de Cooper usados para medir capacidad aeróbica y el test de Conconi para medir capacidad anaeróbica. Estos test están validados para evaluar a deportistas cuyas actividades se consideren cíclicas y continuas. Así mismo, se usan de manera inespecíficas para deportes como el baloncesto o el fútbol, deportes que se caracterizan por ser acíclicos, interválicos y discontinuos (Jiménez, 2007).

Para estos deportes donde el ejercicio es intermitente y el rendimiento físico se relaciona con la capacidad del atleta para realizar repetidamente un ejercicio intenso, se consideraría más específico evaluar la capacidad de los deportistas para ejecutar repetidamente ejercicio intenso y con ello su capacidad para recuperarse de este ejercicio. Basado en esto se desarrolló la prueba de recuperación intermitente Yo Yo (Bangsbo, 1994)

4.4 Yo Yo Test.

El Test Yo Yo de recuperación intermitente es creado por Jens Bangsbo en Dinamarca en el año 1994. Es un test de campo progresivo y maximal, el cual posee 3 variantes: el yoyo test de resistencia que busca determinar el consumo máximo de oxígeno; el yoyo test de resistencia intermitente para medir la capacidad de resistencia intermitente y el yoyo test de recuperación intermitente para medir la recuperación ante esfuerzos intermitentes progresivos.

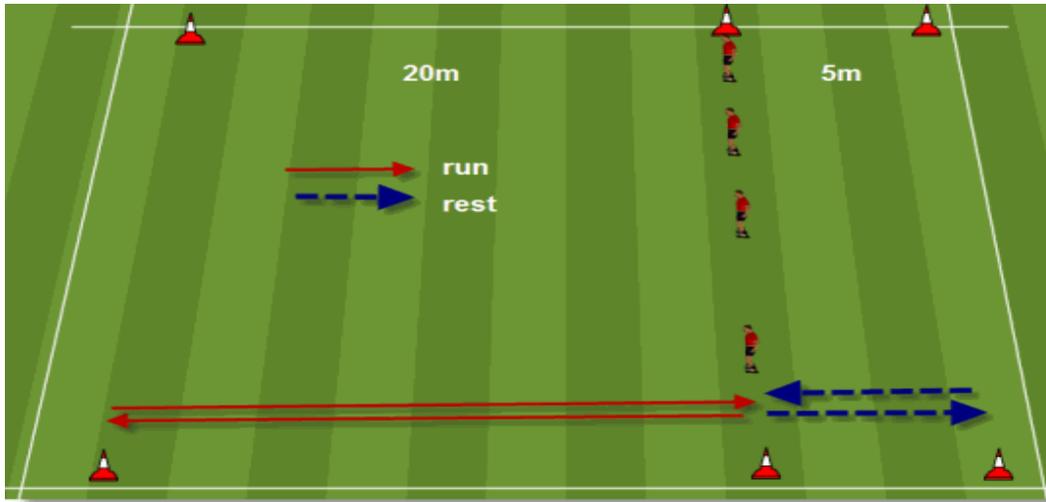


Figura 1. Esquema explicativo YYTIR1

Este test nace ante la necesidad de una forma de evaluar el rendimiento físico en deportes de características intermitentes, donde el deportista debe tener la capacidad de realizar esfuerzos intensos, el Yo Yo test es altamente reproducible y sensible (Krustrup, 2003), por lo que es usado en diversos deportes como en futsal, balonmano, voleibol y fútbol.

5. MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE DOLOR MUSCULAR DE INICIO TARDÍO

En la actualidad existen muchos métodos que buscan la aceleración de la recuperación del deportista luego del ejercicio que induce daño muscular. Dentro de las estrategias utilizadas para el tratamiento de los signos y síntomas del DOMS podemos encontrar: el masaje terapéutico, la crioterapia, la elongación y el ejercicio de baja intensidad.(Torres, 2012)

5.1 Elongación.

La elongación muscular son ejercicios en los cuales el músculo se ve sometido a una tensión de estiramiento (fuerza que lo deforma longitudinalmente), durante un tiempo variable y a una velocidad determinada. La duración de mantenimiento de dicha tensión o la magnitud de la misma son dos de las variables que condicionan el resultado final del estiramiento (Tramunt, 2007).

5.1.1 Tipos de elongación.

Según Moras (2003) existen distintos tipos de elongación dentro de los cuales se dividen en estáticos, dinámicos y mixtos. Los dos primeros se dividen en activos y pasivos. La elongación mixta es una combinación de ambas habitualmente de forma activa, por ejemplo, la facilitación neuromuscular propioceptiva y la reeducación postural global.

5.1.2 Técnicas de elongación.

Además existen distintos tipos y técnicas de elongación muscular: La elongación balística, la elongación estática asistida, la elongación activa y la elongación con facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP)(Hernández, 2007).

5.1.2.1 Elongación balística.

La elongación balística, también conocida como técnica de rebote, donde, las contracciones repetitivas del músculo agonista se utilizan para producir elongaciones rápidas del músculo antagonista. En estos estiramientos se busca utilizar la velocidad adquirida por el cuerpo o por un miembro para llevarlo más allá de su rango normal de movimiento. Esto se realiza provocando rebotes en los límites del movimiento articular(Hernández, 2007).

Este tipo de estiramiento genera controversia entre algunos autores. El factor tiempo es muy importante para la adaptación a nivel neuro-muscular (de Vries, 1961) por lo que sería poco efectiva. Además podría ser peligrosa, ya que, aumenta la posibilidad de lesión muscular, porque el atleta está tratando de alargar el músculo mientras que el reflejo miotático se contrae (Nelson, 2001).

Por otro lado, la realización de técnicas balísticas aporta más cercanía a la situación real de actividad física y, por lo tanto, provoca mayor transferencia (Esnault, 1988). La mayoría de las actividades deportivas son dinámicas y requieren movimientos de tipo balístico, por lo tanto, es más apropiado para estos deportes.

5.1.2.2 Elongación estática asistida o pasiva asistida.

Esta elongación implica el estiramiento de un músculo o grupo muscular determinado hasta el punto en que el movimiento es limitado e impedido por su propia tensión. El estiramiento se detiene en el punto en el cual no genere dolor. En este punto, la elongación es sostenida, siendo mantenida por un tiempo determinado, durante el cual se lleva a cabo la relajación y la disminución de la resistencia (Alter, 1996)

Esta elongación se denomina pasiva porque el movimiento es realizado por un agente externo (uso del peso corporal, ayuda de otra persona, o el uso de algún elemento). Las recomendaciones respecto al tiempo que se debe mantener esta posición varían, con fluctuaciones entre los 3 y 60 segundos (Prentice, 1997).

La elongación pasiva provoca un aumento inmediato en el rango de movimiento articular. La duración de este efecto inmediato en el rango articular ha sido estudiada por Magnusson (1992), quien concluyó que la duración de este aumento era de menos de 30 minutos.

5.1.2.3 Elongación activa (elongación estático-activa.)

Se provoca por la contracción del grupo muscular antagonista. A diferencia del estiramiento estático pasivo, en este caso no se recibe ayuda de un compañero.

5.1.2.4 Elongación con facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP).

La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva está basada en la anatomía y la neurofisiología humana con un objetivo terapéutico y deportivo.

La FNP utiliza la mayor cantidad de información posible para lograr una respuesta motora más óptima; para llegar a esta respuesta, utiliza la información propioceptiva, cutánea, visual y auditiva durante la realización de la técnica.

Sherrington, consideró que los impulsos transmitidos desde los receptores de estiramiento periféricos, a través, del sistema aferente eran la influencia más intensa sobre las moto neuronas alfa (Prentice, 1997). Con la descarga de los impulsos nerviosos es posible facilitarlos a través de la estimulación periférica, que trae como resultado que los estímulos aferentes entren en contacto con las neuronas estimuladoras. En consecuencia se produce un aumento del tono muscular o de la fuerza de contracción voluntaria. De la misma forma, las neuronas motoras también pueden inhibirse por medio de la estimulación periférica, que es causante de que los impulsos aferentes entren en contacto con las neuronas inhibitoras, lo que provoca una relajación muscular y permite el estiramiento del músculo.

El estiramiento ejercido sobre las fibras musculares trae como consecuencia el aumento de la frecuencia de los impulsos transmitidos a la médula espinal desde el huso neuromuscular, que a su vez produce un aumento de la frecuencia de los impulsos nerviosos motores que regresan a ese mismo músculo, resistiéndose de este modo de forma refleja al estiramiento. Expresado de otra forma, un exceso de tensión muscular estimula o activa al órgano tendinoso de Golgi, cuyos impulsos sensitivos son transportados de regreso a la médula espinal, estos impulsos tienen un efecto inhibitor sobre los impulsos motores que regresan a los músculos y por tanto, hacen que dichos músculos se relajen.

Son tres los fenómenos que ayudan a comprender la facilitación e inhibición de los sistemas. La inhibición autógena e inhibición recíproca, que son fenómenos bastante conocidos y estudiados, y la denominada: máxima contracción – máxima relajación. Esta última se refiere a la inhibición que se produce en el músculo al término de una contracción muscular, la cual es proporcional a la magnitud de la contracción experimentada, por lo que, si se efectúa una contracción máxima se favorecerá después una relajación máxima. (Hidalgo, 1993)(Prentice, 1997).

5.1.3 Elongación como método para prevenir el dolor muscular de inicio tardío.

El uso de la elongación como método para prevenir el dolor muscular fue sugerido por los primeros investigadores del dolor muscular post ejercicio, que pensaban que el ejercicio no acostumbrado causaba espasmo muscular (de Vries, 1961)Se cree que el espasmo muscular

imposibilita el flujo sanguíneo al músculo, causando dolor por isquemia y espasmo adicional. Por esto, la elongación del músculo fue pensada para restaurar el flujo sanguíneo al músculo e interrumpir el ciclo dolor-espasmo-dolor. La teoría del espasmo muscular del DOMS desde entonces ha sido desacreditada (Bobbert MF H. A., 1986) pero la práctica del estiramiento persiste.

Existen muchos métodos de recuperación post ejercicio que están disponibles en la actualidad, entre ellos: la elongación, los baños de contraste, caminar/ trotar, masajes y medidas fisioterapéuticas. Debido a esto ha surgido la necesidad de estudiar cuales son las medidas más efectivas de forma científica y como los deportistas en conjunto con sus equipos médicos participan en esta toma de decisiones creyendo o no si están estrategias son efectivas.

Los entrenadores implementan estrategias de recuperación que ellos han percibido como más efectivas basado en sus experiencias durante su carrera, observación y evidencia científica (Simjanovic M, 2009)

Muchos equipos deportivos utilizan la elongación como método para disminuir las lesiones, aliviar el dolor post ejercicio y mejorar el rendimiento deportivo.

En el estudio de Crowther (2017) se encuestaron un total de trescientos treinta y un atletas con el fin de conocer los métodos más utilizados por los deportistas según su percepción, se evidencia que la elongación es el método más eficaz según la percepción de los deportistas. En cuanto a la técnica más utilizada, se observa que a nivel internacional el masaje es el principal método de recuperación, por otro lado, el método de recuperación más popular adoptado por todos los demás niveles de atletas es la elongación. (Crowther, 2017)

En otro estudio donde mediante un cuestionario se entrevistó a 58 equipos de rugby y su personal médico donde se estableció que un 83% de los equipos médicos de los jugadores de rugby de elite en Sudáfrica usan la elongación y la inmersión en agua fría/caliente como principal método de aceleración de la recuperación. (Van Wyk, 2009).

5.2 Agentes físicos.

Los agentes físicos son definidos como “energía y materiales aplicados a pacientes para ayudar su rehabilitación”. Estos agentes físicos incluyen el calor, frío, agua, presión, sonido,

radiación electromagnética, y corrientes eléctricas. Estos medios que se pueden utilizar para realizar intervenciones se dividen en tres grupos; térmicos (ultrasonido, diatermias, crioterapia y termoterapia superficial), mecánicos (tracción, vendas compresivas, etc.) y electromagnéticos (ultravioletas, TENS, láser, etc.). (Cameron M. H., 2014)

En relación a la recuperación del DOMS, una amplia gama de estos agentes físicos han sido utilizados buscando eliminación o bien la prevención de su aparición. Por ejemplo, la crioterapia ha sido uno de los métodos de intervención más estudiados y utilizados alrededor de los últimos años, sin embargo, se ha llegado a reportar que las últimas conclusiones en trabajos sobre inmersión en agua fría como método de crioterapia, para la recuperación del DOMS muestran ineffectividad por parte de este medio, a la hora de prevenirlo o tratarlo. (Costello J.T, 2016).

Por otro lado, la evidencia reportada sobre electro estimulación y recuperación post-esfuerzo es algo inconclusa, sin embargo, los trabajos más actualizados indican que mediante el paso del tiempo y el mayor conocimiento de esta técnica es posible disminuir los efectos del DOMS, porque podría reducir variables a considerar como el dolor(Babault, 2011).

Finalmente, se ha demostrado que las ondas electromagnéticas que generen diatermia y sus derivados, son efectivas como métodos de disminución y recuperación del dolor(Andrade, 2016).

5.2.1 Electroterapia.

La electroterapia por definición es la aplicación de energía electromagnética al organismo (de múltiples formas), todo con el objetivo de lograr reacciones de tipo biológica y fisiológicas que buscarán influenciar los diferentes procesos que ocurren en los diferentes tejidos del organismo. El cuerpo humano se ha descrito como un organismo conductor en segundo orden, puesto que lo iones que se encuentran dentro de los tejidos son los responsables de las reacciones eléctricas. (Pastor, 1998)

Existen diferentes métodos por los cuales se puede utilizar la electroterapia como herramienta terapéutica; sin embargo para fines de este trabajo la diatermia y los campos electromagnéticos son lo más relevante.

5.2.1.1 Diatermia y campos electromagnéticos.

La diatermia es una modalidad de la fisioterapia que se define como la producción de calor en los tejidos corporales gracias al uso de artefactos que permiten crear campos electromagnéticos mediante la creación de altas frecuencias (Mondardini P., 1999). Se basa en el uso de productos y/o equipos que generan un calor directo hacia la zona de lesión o patología, llegando a tejidos profundos en el cuerpo que pueden estar dañados, lo que la ha llevado a ser utilizado en el tratamiento de alteraciones del área músculo esquelética(Hawamdeh, 2014). Este calor moderado y seguro, producido por la diatermia, es utilizado para destruir el neoplasma, verrugas, tejidos dañados e infectados con la ventaja de evitar un sangrado excesivo de los vasos sanguíneos(Tranquilli C., 2009). Alrededor de las últimas décadas han existido tres métodos clásicos utilizados para crear diatermia, los cuales son: el ultrasonido, la diatermia de onda corta y el microondas, siendo cuestionados en diferentes aspectos. Lo que ha llevado a crear nuevas tecnologías que sean más efectivas al realizar una intervención.

6. TR TERAPIA ®: TR Therapy (TRT).

La TR terapia ® definida como “terapia de transferencia de energía capacitiva o resistiva” es una intervención no invasiva, que utiliza un generador que emite señales de una frecuencia de 0.5 MHz con variables de potencia de un máximo de 300 Watts. Es preponderante que durante la aplicación debe tener contacto con el cuerpo del sujeto, porque no se produce radiación directa, tal como ocurre en la diatermia de onda corta. La frecuencia utilizada por este equipo es menor que la presente en la diatermia de onda corta (27 MHz), en la hipertermia (454 MHz) o en la radio terapia (2.5 GHz), los cuales son los métodos clásicos de diatermia (Tranquilli C., 2009).

Este sistema fue creado por el Dr. Calvet, quien funda INDIBA ® (Investigación División Barcelona) e investiga profundamente el uso de la radiofrecuencia, gracias a los conocimientos actuales que manejaba sobre la diatermia e hipertermia utilizada desde hace un

par de años en el área de la medicina. Los inicios de estos trabajos iban dirigidos a la aplicación de corrientes de altas frecuencias hacia los tejidos biológicos utilizando generadores, donde el primero tenía un efecto cutáneo y utilizaba la transferencia eléctrica capacitiva a 15 Watts. Luego del éxito obtenido en el área estética, el Dr. Calvet decidió dirigir su atención hacia el área de la rehabilitación y la medicina deportiva, con inicios desde la terapia manual hasta la invención de la TR terapia ®. Luego de dos décadas de desarrollo progresivo, la técnica se hizo conocida llegando a ser prestigiosa y con un gran número de adaladores llegando incluso a varias federaciones deportivas(Tranquilli C, 2009).

Hoy en día esta máquina ha demostrado tener un variado uso, tanto en el aspecto de la rehabilitación deportiva a modo de herramienta fisioterapéutica y en otros aspectos tales como; problemas isquémicos y/o degenerativos del globo ocular en el área de la oftalmología, (Ferrerres & Saldanas Vélez M, 1998) en el área de atención respiratoria para el tratamiento del asma, (Martínez RA, 1992) incluso utilizada en el área de la neurocirugía para el tratamiento del glioma cerebral (Ley A, 1992) y también en el área estética, donde radican sus inicios cerca del año 1985 (Pinto, 2009).

Este sistema de transferencia de energía capacitiva y resistiva promueve los efectos fisiológicos naturales del metabolismo tisular, transfiriendo energía dentro del cuerpo sin la necesidad de crear una energía radiante desde el exterior, lo cual ha sido un problema clásico de la diatermia de onda corta y otros dispositivos, lo cual determina y los diferencia en algunas de sus contraindicaciones. (Hawamdeh, 2014) Por lo tanto, este método utiliza el principio del condensador, donde existe un dispositivo que consta de dos elementos hechos de material conductor enfrentados entre sí y separados por una fina capa aislante con ambos conectados a un generador de diferencia de potencial (Mondarini P., 2009).

Trasladando este concepto a los tejidos biológicos, este condensador compuesto de 2 elementos enfrentados y separados sería: el cabezal o electrodo activo aislado que crearía las corrientes y el efecto diatérmico conectado a un generador de alta frecuencia de 0.5 MHz, y el otro elemento es el tejido biológico adyacente que funcionaría como un conductor de tipo dos,

es decir, se transfieren las cargas por el desplazamiento de iones en un medio líquido (Mondarini P., 2009).

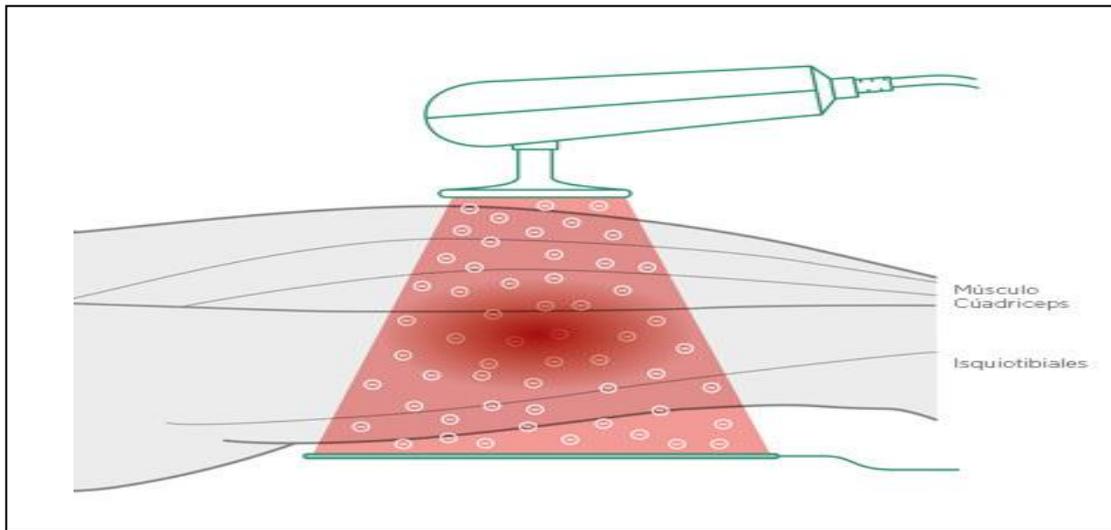


Figura2. Modo de utilización de TR Terapia®. Extraído con autorización del manual BTL.

Además, este circuito posee una placa metálica en contacto con la piel y gel aislante para cerrar el circuito. Así con la simple acción de aplicar presión desde el electrodo o cabezal activo sobre la superficie de la piel, se produce un efecto interno que provoca que los electrolitos se muevan dentro del tejido, generando que el tejido corporal interno se comporte como un conductor tipo dos creando la energía a través del desplazamiento y no la conducción. (Hawamdeh, 2014) Este sistema tiene dos formas de poder transferir energía: el modo capacitivo y el modo resistivo, aunque para usos de este trabajo nos es más relevante los aspectos correspondientes al método capacitivo, el cual formó parte de la intervención.

6.1 Método capacitivo.

El método capacitivo se basa en focalizar la energía en tejidos con un alto contenido de electrolitos como músculos u otros tipos de tejidos blandos. (Parolo E, 1998) Esta acción se logra por una mecánica similar a la de un condensador, formado por dos placas metálicas separadas por un dieléctrico. Por medio de un electrodo cubierto por un material aislante de poliamida que funciona como un electrodo activo la cual sería la primera placa de este mecanismo y la otra placa estaría siendo formada por el tejido cutáneo, donde el dieléctrico sería el material aislante ya nombrado. Finalmente el circuito se cierra mediante el uso de un segundo electrodo llamado neutro o de retorno, funcionando como un conductor tipo dos.

(Pinto, 2009) Un conductor tipo dos se caracteriza por corrientes de desplazamiento en lugar de por conducción y las partículas cargadas tienden a tener una densidad más alta cercano al dieléctrico y su energía tiende a aumentar progresivamente desde el contra electrodo al electrodo aislado, lo que provocaría el consiguiente aumento de temperatura. Por lo tanto, hay un mayor aumento de la energía en los músculos situados cerca del electrodo aislado. (Ganzit GP, 2009)

6.2 Método resistivo.

Las reacciones producidas por el sistema de acción resistiva se focalizan en tejidos de alta resistencia tales como tendones, ligamentos y huesos (Parolo E, 1998). Para este caso, el electrodo no está aislado con ningún tipo de material, lo que provoca que la transferencia de la corriente a los tejidos se realice con menor dispersión de la temperatura y, por lo tanto, a mayor profundidad, con un objetivo diferente del sistema anterior (Pinto, 2009). Es decir, el electrodo resistivo actuaría como un conductor tipo uno y los tejidos biológicos subyacentes con características de conductores tipo dos siendo el dieléctrico, por ejemplo, el hueso. Y finalmente, se encuentra la placa neutra, con el fin de cerrar el circuito y focalizar la energía en tejidos más profundos llegando a niveles de inserción de tendones y ligamentos (Ganzit GP, 2009). A diferencia de la técnica descrita anteriormente, en este método el electrodo se puede mantener estático en el punto objetivo de tratamiento, el cuál puede ser un punto de inserción o una zona articular. Se producirá un efecto de movimiento de iones, dado el incremento de la energía en la zona e incluso se podrá percibir un aumento de temperatura en la zona la cual, por lo general, disminuye progresivamente y, por lo tanto, para este caso es seguro y no existe riesgo de quemadura. (Ganzit GP, 2009)

6.3 Modelo y consideraciones del equipo utilizado BTL-6000 TR-THERAPY ELITE.

El dispositivo utilizado en el presente estudio es un equipo de fisioterapia TR terapia ®, modelo BTL-6000 TR-THERAPY ELITE (Figura 3), del cual podemos señalar las siguientes especificaciones técnicas; tiene un pantalla táctil a color de 8,4”, presenta 30 protocolos predefinidos para utilizar y entrega además la posibilidad a quien vaya a usarla de programar y

guardar sus propios protocolos terapéuticos. La potencia máxima que entrega es de 320 W, su frecuencia de operación es de 500 kHz y se puede utilizar en modo continuo como pulsátil.

En cuanto a características físicas del equipo encontramos salidas para electrodo capacitivo, resistivo y neutro. Cuenta con electrodos capacitivos y resistivos, de 4 tamaños cada uno (20, 30, 50, 70 mm) y con un electrodo neutro metálico de 160 x 240 mm. Las dimensiones del equipo son 320 x 190 x 280 mm, pesa 5 kg. y la alimentación de red es de 100-240 V, 50-60 Hz.

Por otro lado, como se indica en la figura 4, se observa el mango ergonómico a utilizar por el terapeuta que presenta tres tipos de técnicas para su manejo.



Figura 3. Modelo BTL-6000 TR-THERAPY ELITE, BTL. Extraído con autorización del manual BTL.

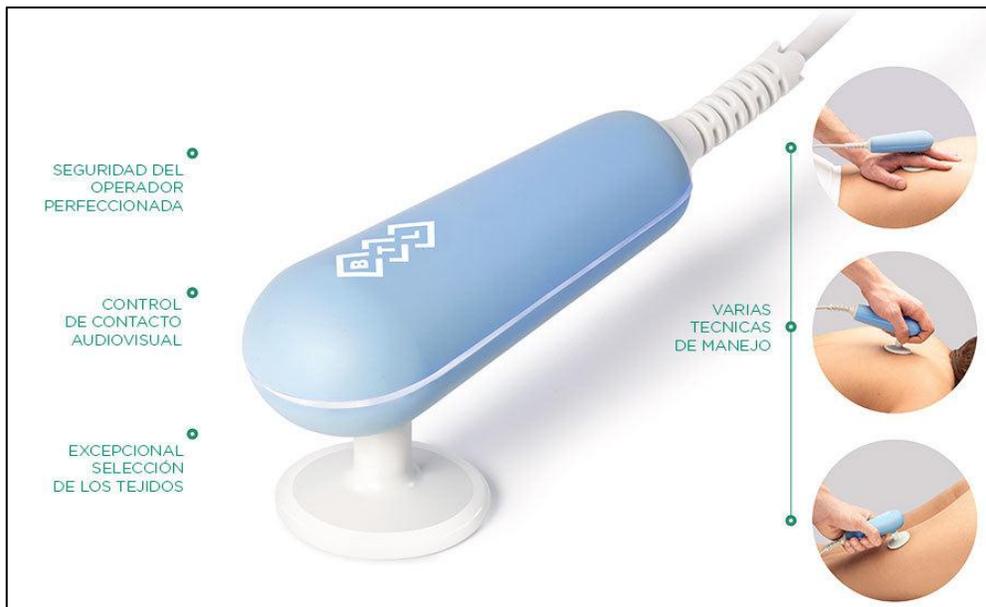


Figura 4. Mango ergonómico. Modelo BTL-6000 TR-THERAPY ELITE, BTL. Extraído con autorización del manual BTL.

6.4 Efectos fisiológicos de la transferencia de energía capacitiva.

Desde el punto de vista de la bibliografía clásica, la diatermia causa efectos como la vasodilatación que lleva a un aumento de la circulación sanguínea y linfática, incremento de la difusión en la membrana celular, aumenta el metabolismo y la presencia de enzimas, disminuye la velocidad de transmisión simpática, eleva el umbral de dolor y acelera la reparación de los tejidos.(Ronzioa O.A, 2009) Específicamente, la radiofrecuencia es utilizada en algunas áreas con el fin de mejorar la elasticidad y fuerza tensora de las fibras de colágeno, mediante la producción de neocolágeno.(Ronzioa O.A, 2009)

Así mismo, Ganzit et al (2009) reporta que los principales efectos producidos por este aumento de energía localizada son: (Ganzit GP, 2009)

1. Aumento de la extensibilidad de tejidos con colágeno por la reducción de viscosidad
2. Disminución en la representación del dolor debido a una acción anti-inflamatoria o liberación de endorfinas
3. Reducción de los espasmos musculares y contracciones involuntarias debido a la disminución de la activación espontánea de fibras eferentes secundarias
4. Una disociación más rápida y completa del oxígeno y la hemoglobina, obteniendo mayor disponibilidad acompañado de una reducción en la energía de activación de importantes reacciones químicas y metabólicas.
5. Vasodilatación con un aumento de flujo sanguíneo, lo que contribuye a un reabastecimiento de oxígeno y sustancias nutricionales, así como la eliminación de metabolitos
6. Acelera la reabsorción de masas hemorrágicas.

Una de las ventajas de este método terapéutico sobre otras herramientas térmicas en la medicina regenerativa es que, no induce efectos secundarios como el edema y quemaduras dérmicas. Por otro lado, los estudios clínicos han demostrado que su efectividad radica en la aceleración en la recuperación de una lesión, junto con los procesos antiinflamatorios, analgésicos y la recuperación de la función muscular. (Hernandez-Blue ML, 2014), (Kato S, 2011)

Por otro lado, P. Mondarini (2009) reporta que dependiendo de la cantidad de energía entregada durante el tratamiento se producirán diferentes efectos. Y se ha logrado dividir en tres niveles de entrega energética; niveles bajos de energía (50-100 W), niveles medios de energía (100-200 W) y niveles altos de energía (200-300 W). Por lo tanto, esto determina que cada nivel de energía determina un efecto diferente a sus pares, estos son:

1. A niveles bajos de energía (50-100 W) se produce una estimulación celular que lleva a un aumento de las transformaciones de energía, traducándose en una mayor concentración de ATP y del consumo de oxígeno. Este efecto conlleva a un aumento

de la demanda metabólica del tejido y por lo tanto, se produce una activación indirecta de la microcirculación arterial y veno-linfática.

2. A niveles medios de energía (100-200 W) ocurre un aumento en la temperatura endógena, que depende del movimiento Browniano. Este mayor aumento de calor provoca una dilatación de vasos sanguíneos de mayor envergadura, aumentando más el flujo sanguíneo. Este efecto es directamente proporcional a la intensidad aplicada. Por lo tanto, esto es una ventaja frente a otras terapias, ya que, nunca se alcanzan los niveles peligrosos de estimulación de los sistemas clásicos de radiación.
3. A niveles altos de energía (200-300 W) se produce un efecto de estimulación térmica mayor y uno menor en el caso de la bio-estimulación. Esto se traduce en un mayor flujo hemolinfático. Por lo tanto, se produce una estimulación y re oxigenación precoz de los tejidos lesionados, junto con una pronta eliminación de desechos como catabolitos tóxicos y una recuperación más veloz de los potenciales de membrana normales.

Finalmente, existe una activación acelerada de los sistemas de defensa y reparación que se ven involucrados en los procesos de una patología, similares a los señalados por Ganzit et al (2009). Dentro de estos, es posible destacar efectos en; los nervios periféricos, los receptores de dolor, vesículas sanguíneas y linfáticas, músculos y a niveles de cápsula articular, cartílago y hueso. (Mondardini P., 1999)

6.5 Precauciones y contraindicaciones de la TR Terapia ®.

Si bien la TR terapia ® ha sido estudiada en diversos ámbitos con el fin de reportar evidencia clínica, no existe información aún sobre sus precauciones y contraindicaciones. Es por esto, que actualmente se considera dentro de la familia de las diatermias, por lo que sus precauciones y contraindicaciones serían similares a las de estas en la mayoría de los casos.

Tabla 1. Contraindicaciones Diatermia, Cameron

Contraindicaciones	¿Por qué?
Sobre estimuladores nerviosos implantados	Porque la energía electromagnética de la

o transcutáneos, como un marcapasos	diatermia puede influir en el funcionamiento del aparato.
En caso de embarazo	Debido a los efectos del calor profundo y los campos electromagnéticos en el desarrollo fetal
En implantes metálicos	Por la alta capacidad de conducción del metal, por lo que a niveles térmicos el aumento de temperatura es potencial hacia tejidos vecinos.
Cáncer	Porque algunas células cancerosas proliferan a temperaturas específicas (40-41 °C)
Sobre los ojos	El aumento de temperatura puede dañar el líquido ocular
Sobre testículos	Por el riesgo de efectos adversos en la fertilidad.
Sobre epífisis en crecimiento	Porque puede alterar el cierre epifisiario.

Fuente: (Cameron M. H., 2014)

En el caso de las precauciones a considerar para cualquier tipo de diatermia se encuentran; aplicación en caso de obesidad por el aumento de temperatura en la grasa y sobre dispositivos intrauterinos anticonceptivos de cobre. (Cameron M. H., 2014) Si bien existe una precaución sobre material electrónico o magnético cercano, en el caso de la TR Terapia ® esto no es un problema, ya que, la aplicación de esta corriente no genera electromagnetismo ni efectos en el medio externo al lugar de aplicación (Mondarini P., 2009)(Hawamdeh, 2014). Ahora bien, una de sus precauciones específicas en el uso de la técnica capacitiva, es el movimiento constante del cabezal durante la aplicación, ya que, si se mantiene estática la sensación de calor en contacto con la piel por parte del electrodo activo se torna insoportable para el sujeto e incluso existe la posibilidad de una producción de quemadura. Por lo tanto, se propone que el tratamiento con este método involucre un movimiento lento y continuo del electrodo en fases circulares con desplazamientos constantes buscando cubrir toda el área a tratar. (Ganzit GP, 2009)

6.6 Evidencia científica de la TR Terapia ®.

En cuanto a la TR Terapia ® se ha intentado demostrar su efecto en diferentes áreas de intervenciones. Al ser un equipo de uso reciente, posee investigaciones en campos que no presentan relación directa, por lo que su uso es cuestionable. Dentro de las cuáles se pueden destacar la estética, (Pinto, 2009) la urología (Pavone C, 2012), la atención respiratoria (Martínez RA, 1992), la neurocirugía (Ley A, 1992), entre otras. Pero donde presenta mayor relevancia y efectos es en el campo de rehabilitación y atención deportiva. Para estas modalidades de intervención, existe una diversidad de estudios que poseen efectos en diferentes aspectos de la atención en deportistas, los cuáles serán expuestos por su relevancia en la asistencia terapéutica.

En el estudio de G. Sanguedolce en el año 2009 acerca de su experiencia en el uso de la TR Terapia ® para la atención de la tendinitis del manguito de los rotadores, obtuvo una población de 30 sujetos con la patología en la fase I y II de Neer reclutados entre junio del 2008 y febrero del 2009. Su procedimiento se basó en separar la muestra en dos grupos, grupo A en una terapia de iontoforesis, TENS y ultrasonido más una laserterapia y grupo B utilizando la transferencia de energía capacitiva (25-30 minutos) y resistiva (aproximadamente 15 minutos) que se diferenciaba en su potencia según fase de la patología. Si el individuo estaba en fase aguda se programaba una potencia menor que en la fase sub-aguda y crónica. Ambos grupos estaban asociados a una rehabilitación funcional. Se realizaron tres evaluaciones para analizar la comparación entre ambos grupos las cuales fueron; la escala de Barthel para calidad de vida, la escala visual análoga (EVA) para dolor y una prueba simple de hombro para la evaluación específica articular más pruebas relacionadas al pinzamiento. El estudio demostró una efectividad mayor del grupo B que el grupo A para el tratamiento del tendón del manguito de los rotadores asociado a una disminución del edema, recuperación de movilidad tanto activa como pasiva, reducción en los síntomas de dolor en la EVA y mejoras en la prueba simple de hombro. Todos estos resultados fueron reportados luego de las cuatro semanas y mejoraron en la octava. (Sanguedolce G, 2009) .

En el estudio realizado por A. Molina se seleccionó un total 23 participantes con diferentes diagnósticos. Cuatro con lumbago, siete con lumbociática, cuatro con cervicalgia y ocho con

cervicobraquialgia. Todos estos participantes tuvieron tratamientos con antiinflamatorios no esteroideos y electroterapia convencional inefectivos. El método de intervención en este estudio fue el uso de la transferencia de energía capacitiva durante 5-10 minutos divididos en las diferentes áreas de molestia, a una intensidad de calor dependiente de la tolerancia del paciente. Se logró reportar resultados diferenciando el tipo de patología que presentaban los individuos. Luego de que la intervención finalizara se determinaron tres grupos, separados según la percepción de dolor del paciente. Se estableció un nivel bueno si la examinación física era negativa y el paciente no sentía dolor, un nivel moderado si la examinación física era negativa pero el paciente sentía dolores residuales y un nivel pobre si es que los signos patológicos seguían presentes acompañados de dolor. Se logró reportar un total de diez pacientes en el nivel bueno (43,47%), cinco pacientes en nivel moderado (21,73%) y ocho pacientes en el nivel pobre (34,78%). Por lo tanto, se estableció que se logró una mejora sustancial en el 65% de los pacientes tratados con transferencia de energía capacitiva. (Molina A, 2008)

Continuando con esta línea investigativa, Pérez y Fores en el año 2008 (Perez Benitez M, 2008) reportó datos sobre el uso de la transferencia eléctrica capacitiva y resistiva en patologías reumáticas de rodilla y de la columna vertebral en relación a las sensaciones dolorosas producto de cada alteración. Las dosis de tratamiento para cada patología fueron variadas, con tiempos de uso resistivo entre 10-20 minutos y 10-20 minutos para el capacitivo. Analizando los datos obtenidos se pudo concluir que es efectivo para el tratamiento de la osteoartritis de rodilla en cuanto al dolor y la deambulacion. En relación a las patologías de la columna vertebral se destaca que no fue efectivo para el manejo de dolor cervical. Por otro lado, se demostró efectividad en los tratamientos que involucraran problemas del nervio ciático, lesiones articulares post mecanismo *whiplash* y herniaciones de discos intervertebrales lumbares. Por lo tanto, es posible concluir que la transferencia de energía capacitiva y resistiva es una herramienta útil para este tipo de patologías osteoarticulares y que su efectividad aumenta si se combina con otras terapias, tales como los remedios homeopáticos. (Perez Benitez M, 2008)

Por otro lado, Tomchak en el año 2015 evaluó el efecto de la TR Terapia ® en el tratamiento de puntos gatillo, para un total de 15 personas aleatorizadas en dos grupos, el grupo

experimental fue intervenido con la TR Terapia ® y el grupo placebo no fue intervenido. Las medidas de resultado utilizadas fueron la escala visual análoga (EVA) y la algometría, estableciendo un valor para la variable dolor. La aplicación de TR terapia ® fue de cinco minutos, a un grado de tres (moderado), sobre la zona específica de dolor identificando el punto gatillo. Los resultados del estudio reflejaron que para ninguna variable de dolor el tratamiento fue estadísticamente significativo, sin embargo se logró establecer un nuevo punto de vista donde el tiempo y la potencia programada en la máquina pueden ir en aumento, lo que podría hipotéticamente producir un cambio significativo en los valores de resultado. (Tomchak, 2015)

En el área de la recuperación luego de un ejercicio demandante que provoque un dolor muscular post-ejercicio (DOMS), Joana Medeiros Andrade en el año 2016 realizó un estudio involucrando un total de 40 sujetos aleatorizados en dos grupos de atención, uno con la técnica TR Terapia ® y otro sin la técnica. Ambos grupos fueron sometidos a un protocolo de ejercicio excéntrico que provocara fatiga. El uso de la TR Terapia ® fue en un protocolo con un *peak* máximo de potencia del 50%, teniendo en cuenta que en los últimos cinco minutos, de un total de 20 de intervención, se redujo esta potencia hasta el 10%. El uso de la TR Terapia® fue entre el origen y la inserción distal del músculo cuádriceps.

La potencia máxima varió entre 400 Watts para el método capacitivo y 100 Watts para el método resistivo, con una frecuencia de 500 kHz. Los resultados demostraron que a las 24 horas el dolor en la zona cuadrípital disminuyó por el uso de la máquina, sin embargo este efecto no se prolonga en el tiempo, ya que, al cabo de las 48 horas los datos no son significativos. Por otro lado, se ve que la radiofrecuencia no tuvo influencia en cuanto a la longitud de salto evaluada, demostrando que la TR Terapia ® no posee efectos en cuanto a la recuperación en aspectos de fuerza y equilibrio. Por lo tanto, se logró suponer una acción efectiva por parte del uso de la TR Terapia en cuanto a la reducción en el tiempo de recuperación luego de ejercicios excéntricos, relacionado con el alivio del dolor y la relajación muscular. (Andrade, 2016)

Por último, Yuki Yokota et al., en el año 2017 compararon los efectos de la TR Terapia ® y el uso de compresas calientes (*Hot Packs*) en la temperatura del cuerpo, la flexibilidad muscular y la circulación sanguínea. Estos efectos fueron comparados en una población de 13 sujetos sanos que fueron aleatorizados en tres grupos de intervención diferentes: grupo uno con aplicación de TR Terapia ®, grupo dos con compresas calientes y el grupo tres sin ninguna intervención. Todos los protocolos realizados para los grupos intervenidos fueron de un total de 15 minutos, y en la zona de la musculatura isquiotibial. Se concluyó que el efecto de la TR Terapia ® y el de las compresas calientes fue mayor en todas las variables de medición en relación al grupo sin intervención. En cuanto a las comparaciones de la TR terapia ® con las compresas calientes, se evidenció que el efecto es mucho mayor en cuanto al aumento de la flexibilidad muscular para el primer grupo. Sin embargo, se reportó que no hubo diferencias significativas entre la TR Terapia ® y las compresas calientes para el aumento de temperatura, ni para el incremento del flujo sanguíneo. (Yokota Y, 2017)

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. OBJETIVO GENERAL

1. Determinar el efecto de la TR Terapia® sobre el rendimiento físico y el dolor en estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación sometidos a un protocolo de ejercicio excéntrico.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir el rendimiento en Yo Yo test intermitente recuperación nivel I, en los tres grupos muestréales de estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, posterior a un protocolo de inducción de DOMS
2. Comparar la molestia muscular medida con EVA previo y posterior a las intervenciones entre los grupos de elongación, TR Terapia® y control.
3. Comparar el rendimiento entre los grupos de elongación, de TR Terapia® y control.

MARCO METODOLÓGICO

1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Se sabe que luego de un protocolo excéntrico aparece el DOMS, y además que la TR Terapia ® puede facilitar el efecto de recuperación del daño, por lo tanto, la aplicación de la radiofrecuencia selectiva mediante el dispositivo del TR Terapia ® posterior a un protocolo de ejercicio excéntrico mejoraría la recuperación física junto con la disminución del dolor.

2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación experimental, mediante un ensayo clínico randomizado de grupos paralelos, ciego simple.

3. UNIVERSO Y POBLACIÓN DE ESTUDIO

3.1 Población total.

Corresponde a estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

3.2 Criterios de inclusión.

1. Ser alumno regular de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

2. Tener entre 18 y 25 años
3. Ser activo físicamente según cuestionario IPAQ

3.3 Criterios de exclusión.

1. Tener o haber sufrido lesiones músculo esqueléticas en un tiempo menor a 6 meses
2. Presentar problemas cardiovasculares
3. Alteraciones de la sensibilidad y dérmicas de la extremidad inferior.

3.4 Selección de la muestra.

La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, en el que se invitó a toda la población de estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación a través de difusión oral en salas, entrenamiento de las selecciones universitarias y ligas internas, además de afiches en el recinto (anexo 1). Para el cálculo del tamaño muestral necesario para el estudio se utilizaron valores según los cambios en la distancia recorrida reportados por estudios similares, lo que deriva en un tamaño de efecto equivalente a 50 metros. Además, asumiendo el intervalo de confianza del 95% y un valor de $p < 0,05$, poder estadístico del 90%, precisión de 50 (d) y varianza de 2209 (S^2) de acuerdo a la fórmula de cálculo para el tamaño muestral.

Se logró reclutar a un total de 77 participantes para el estudio. De estos 77 sujetos, dos fueron excluidos por presentar lesiones músculo esqueléticas en los últimos 6 meses, y otros 13 sujetos no asistieron a las pruebas y mediciones sin razón alguna. Finalmente el estudio constó de un total de 62 individuos que cumplieron con los criterios antes mencionados y aceptaron las condiciones indicadas en el consentimiento informado para realizar las pruebas necesarias. Estos sujetos fueron designados en tres grupos aleatorizados por medio de una tómbola, la

cual consistió en seleccionar un papel de ésta, en el cual se especificaba la selección de la muestra a cada grupo de intervención, ya sea, grupo experimental, grupo elongación o grupo control. (Figura 5)

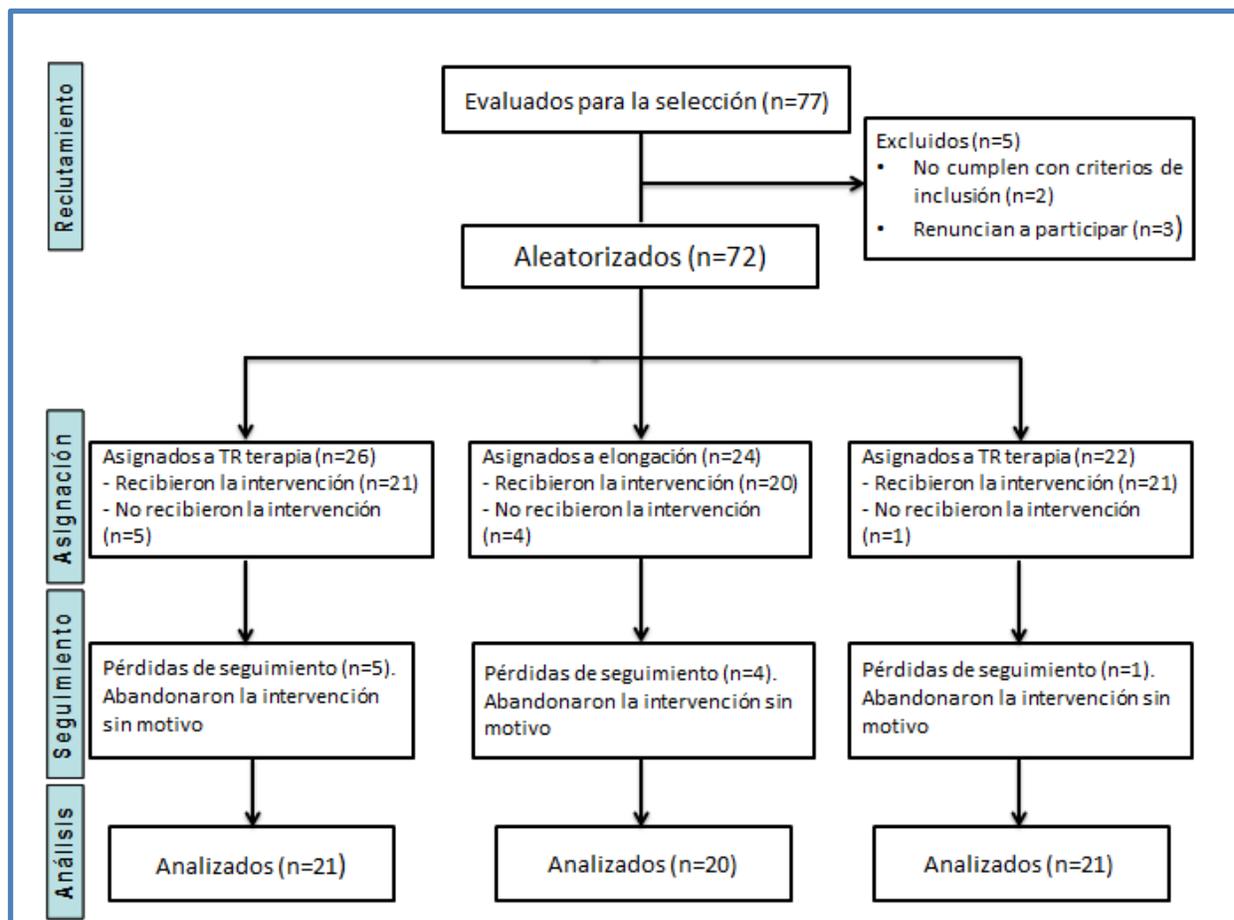


Figura 5. Esquema de la selección de muestra

Nota. N= Tamaño de población total; n= Tamaño de la muestra

3.5 Grupos de estudio.

3.5.1 Grupo control.

El grupo control realizó el mismo protocolo de ejercicio excéntrico, sin embargo, no recibieron intervenciones de recuperación (N=21).

3.5.2 Grupo comparativo.

El grupo comparativo recibió el protocolo de ejercicio excéntrico y protocolo de recuperación realizado mediante elongaciones. (N=20)

3.5.3 Grupo experimental.

El grupo experimental recibió protocolo de ejercicio excéntrico y protocolo de recuperación realizado con diatermia de alta frecuencia realizada con TR Terapia ®. (N=21)

4. DEFINICIÓN DE VARIABLES

4.1 Rendimiento deportivo.

Definición conceptual: Acción motriz cuyas reglas son fijadas por una institución deportiva, y que permite al sujeto, expresar sus potencialidades físicas y mentales (Billat, 2002)

Definición operacional: Variable cuantitativa continua, su resultado es expresado en metros, obtenido mediante la prueba YoYo Test Recuperación Intermitente nivel 1.

4.2 Dolor.

Definición conceptual: Experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada con una lesión presente o potencial o descrita en términos de la misma(IASP, 1994).

Definición operacional: Variable cuantitativa continua, su resultado es obtenido en la Escala Visual Análoga (EVA) expresado en centímetros desde el 0 al 10, medida los 3 días de intervención y diferenciadas en dolor en reposo (dolor que siente el participante al estar en posición estática ya sea sentado o acostado) y dolor en actividad (dolor que siente el participante al realizar actividades de la vida diaria y motoras básicas como caminar, subir o bajar escaleras, pararse-sentarse, entre otras.)

4.3 Nivel de actividad física.

Definición conceptual: Comprende el nivel de un individuo para realizar durante un período mayor a 30 minutos durante 3 veces por semana, un conjunto de movimientos del cuerpo

obteniendo como resultado un gasto de energía mayor a la tasa del metabolismo basal (Escolar, 2003)

Definición operacional: Variable cualitativa ordinal, su resultado es expresado en categorías; nivel leve, cuando no registran realizar actividad física o la registra pero no alcanza la categoría media y alta, nivel moderado, cuando realiza tres o más días de actividad física vigorosa por lo menos 20 minutos por día, cinco o más días de actividad física de intensidad moderada o caminar por lo menos 30 min ó cinco o más días de cualquier combinación de actividad física leve, moderada o vigorosa que alcancen un registro de 600 METs-min/semana y nivel alto, cuando realiza tres o más días de actividad física vigorosa o que acumulen 1.500 METs-min-semana. Resultado obtenido mediante la aplicación del cuestionario IPAQ.

4.4 Edad.

Definición conceptual: Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.

Definición operacional: Variable cuantitativa discreta, su resultado es expresado en años, obtenido en la entrevista con el participante.

4.5 Sexo.

Definición conceptual: Conjunto de características biológicas que caracterizan a la especie humana en hombres y mujeres.

Definición operacional: Variable cualitativa nominal dicotómica, su resultado es expresado en hombre o mujer, obtenido en la entrevista con el participante.

4.6 Índice de masa corporal (IMC).

Definición conceptual: Medida de asociación entre el peso y la talla de un individuo, la cual tiene como utilidad entregar una aproximación al estado nutricional del individuo (OMS), (1995).

Definición operacional: Variable cuantitativa continua, su resultado es expresado en el valor numérico obtenido mediante el cálculo de dividir la masa (en kilogramos) del individuo por su altura al cuadrado (en metros).

PROCEDIMIENTO

1. PARTICIPANTES

Participaron 62 sujetos voluntarios y sanos, estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, de los cuáles 19 son mujeres y 43 son hombres. Con un rango de edad entre 18 y 25 años. La media del índice de masa corporal (IMC) es 24,19, lo que indica normo peso. De este total, 55 individuos eran de dominancia diestra y siete individuos zurdos. Según el nivel de actividad física medido con encuesta IPAQ, la distribución indica que un total de 51 sujetos tenían un nivel alto de actividad física y 11 individuos se encontraban en un nivel medio.

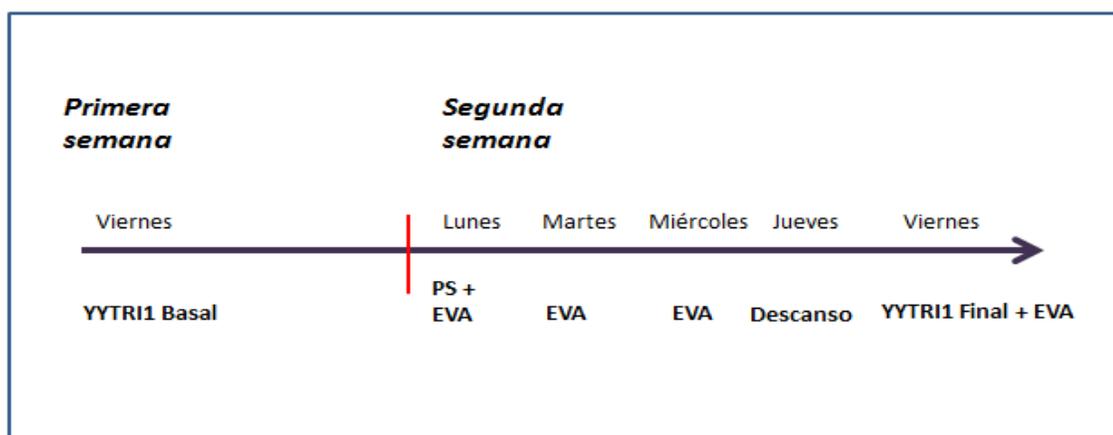
Todos los procedimientos incluidos en este estudio fueron revisados y aprobados por el comité de ética de la Universidad de Santiago de Chile. Aun así, antes de la participación de cada individuo se dio a conocer todos los riesgos que podría conllevar la realización del estudio y firmaron un consentimiento informado.

2. PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Durante dos meses se realizó la invitación a los participantes, a través, de difusión oral en salas, entrenamiento de las selecciones universitarias y ligas internas, además de afiches en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (anexo 1).

En la siguiente etapa todos los participantes llenaron un cuestionario creado por los investigadores (anexo 2), donde están contemplados sus datos personales según los criterios de inclusión del estudio. En este, además, se registraron los datos y resultados de las intervenciones de cada sujeto, los que posteriormente fueron respaldados en una tabla Excel ® Microsoft también creado por los investigadores para su análisis. Junto con lo anterior,

realizaron el cuestionario internacional de actividad física IPAQ (anexo 3) y aceptaron las condiciones del estudio firmando el consentimiento informado certificado por el Comité de Ética de la Universidad de Santiago de Chile (anexo 4).



3. TIEMPO DE PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Figura6. Línea de tiempo intervención

La línea de tiempo, representa los días necesarios para realizar la completa intervención. Esta se divide en la primera y segunda semana, donde el día viernes de la primera semana se efectúa el yoyo test basal y la toma de los datos personales. En la segunda semana, el día lunes se realiza protocolo de saltos (PS) y EVA para todos, y se establecen las intervenciones de cada individuo según la aleatorización. Los días martes y miércoles se procede a ejecutar las intervenciones (control, TR Terapia o elongación) más el EVA y por último el día viernes de la segunda semana se consigna por última vez el EVA y el YoYo test final. Teniendo un total de 8 días, con un tiempo estimado de 30 minutos por día para cada sujeto.

4. PROTOCOLO DE EJECUCIÓN

Las mediciones comenzaron con un YoYo test intermitente nivel 1(anexo 5), el cual consiste en realizar carreras de 20 metros de largo (2x20), desde una línea de ida hasta una de término, con un aumento progresivo de velocidad controlado por una señal acústica de una grabadora de cinta, donde el objetivo es llegar a la meta final marcada con un cono antes de que suene el próximo aviso(Rampinini E1, 2010). Las pausas son de 10 segundos, manteniendo un trote suave en cada meta de cinco metros luego de cada vuelta. Para uso de la investigación se trabajará con el nivel 1, debido a su validez en la población objetivo, en el cual en primera instancia se requieren cuatro vueltas con una velocidad de carrera entre 10 – 13 km/h, seguido de otras siete vueltas donde la velocidad de carrera incrementa a valores entre 13,5 – 14 km/h, incremento que se indica mediante una doble señal. Luego de estas dos progresiones se sigue aumentando de 0.5 km/h cada ocho vueltas logradas, hasta el agotamiento o que el sujeto no llegue a la meta en dos ocasiones lo cual refleja la fatiga del sujeto(Krustrup, 2003). Luego se anota la distancia recorrida y se representa el resultado de la prueba, según el nivel obtenido (anexo 6) (Delahunt E1, 2013)

Todas las mediciones fueron realizadas en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación campus Joaquín Cabezas, en terrenos de pasto correspondientes a canchas de fútbol y rugby. Todas estas mediciones se realizaron un día viernes de la semana uno para cada participante a modo de determinar una variable basal del rendimiento deportivo.

Luego, en el día uno de la segunda semana, se realizaron medidas antropométricas en el centro de habilidades clínicas de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación para cada sujeto, que consistieron en la medición de la estatura en centímetros y el peso en kilogramos, para posteriormente realizar el cálculo de su IMC.

Posteriormente cada participante fue sometido a un protocolo de ejercicio excéntrico. El protocolo consistió en una serie de saltos, el cual comenzó con la realización de un calentamiento estandarizado que consiste en cinco saltos submáximos y cinco saltos máximos. Luego del calentamiento, los participantes ejecutaron 8 series de 10 saltos máximos. Las series están separadas por un minuto de descanso en las que se insta a los participantes a caminar,

buscando la provocación de DOMS en cada individuo. Durante cada salto el participante debió mantener la posición bípeda, con los pies separados al ancho de los hombros y tener ambas manos en las caderas para realizar los saltos con un movimiento previo de flexión de cadera y rodilla aproximadamente de 90°, tipo *jump squat* (anexo 7)(Marginson, 2005).

El día viernes de la segunda semana se realizó el yo-yo test intermitente nivel 1 final y la última medición de escala visual análoga (EVA) antes y después de la prueba de rendimiento para todos los participantes. La escala visual análoga (EVA) es una línea de 100 milímetros con extremos designados para definir la intensidad del dolor percibido por el sujeto, quién debía realizar una línea vertical que representara el dolor producido por el ejercicio en ambas piernas, donde el extremo izquierdo representa la ausencia de dolor y el extremo derecho el máximo dolor percibido en toda la vida del individuo, este es un método válido y confiable para medir la intensidad del dolor. (Price, 1983)

5. PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN

5.1 Grupo control.

El grupo control quedó conformado por 21 sujetos (8 mujeres 13 hombres) donde no recibieron ningún tipo de intervención posterior al protocolo de ejercicio excéntrico. Dentro de los días lunes, martes y miércoles de la segunda semana debían trazar una línea perpendicular con el fin de representar su dolor en la escala visual análoga de su hoja de registro. Y presentarse el día viernes de la segunda semana para realizar el YYTRI1 final.

5.2 Grupo comparativo.

El grupo comparativo de elongación quedó conformado por 20 sujetos (5 mujeres 15 hombre) luego del protocolo de ejercicio excéntrico debieron ejecutar el protocolo de elongaciones del músculo cuádriceps (anexo 8), realizado bilateralmente. Este consistió en 2 series de 5 repeticiones de 30 segundos con 5 segundos de descanso después de cada repetición. Una flexión máxima de rodilla en posición bípeda. Esta intervención se efectuó lunes, martes y miércoles y se debió consignar el EVA antes y después de cada protocolo de elongación.

5.3 Grupo experimental.

El grupo experimental, conformado por 6 mujeres y 15 hombres, correspondió a una intervención con el equipo TR Terapia ®, la cual es una radiofrecuencia que crea campos de energía electromagnéticos a una frecuencia de 0.5 MHz. Los sujetos fueron intervenidos con la corriente capacitiva de este método fisioterapéutico, a una potencia máxima del 30%, con el protocolo “*Muscle Relaxation*” donde se usó el cabezal de tamaño mediano (50 mm) durante 15 minutos de cada miembro inferior en la zona del cuádriceps, mayoritariamente en la región miotendinosa de este músculo, mediante un masaje circular en el recorrido del vientre muscular (anexo 9), con el electrodo de dispersión situado bajo el muslo del individuo. Este se encontraba en posición de cúbito supino en una camilla.

Se controló el EVA antes y después de dicha intervención. En los días siguientes, correspondientes a martes y miércoles de la segunda semana se mantuvo la misma intervención.

El ciego será implementado en el investigador que aplicará la medición del YoYo test intermitente nivel 1 y en los sujetos de estudio, mientras que los otros investigadores se encargaron de la distribución aleatoria de los grupos y de las intervenciones. Todos los investigadores realizaron el análisis de resultados en conjunto.

5.4 Análisis Estadístico.

Los datos obtenidos mediante las mediciones de rendimiento físico y dolor fueron sometidos a un análisis descriptivo con el objetivo de estudiar el comportamiento de estos datos en cada grupo examinado. Dentro de este análisis se incluyeron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk con el objetivo de comprobar la distribución de los datos (Rial A, 2008). Posteriormente se sometieron a pruebas de estadística inferencial para establecer diferencias entre medias y correlaciones entre algunas variables.

El análisis estadístico se realizó de la siguiente manera:

Estadística descriptiva: se describió la muestra a través de porcentajes y medidas de tendencia central. La normalidad de la distribución de los datos se realizó mediante la prueba Shapiro-Wilk para contraste de normalidad (Rial A, 2008)

Estadística inferencial: la comparación entre grupos se realizó a través de la *Wilcoxon matched-pairs signed Rank* para variables sin distribución normal (Salafranca, 2000). Además, se utilizó la prueba no paramétrica de Krusal-Wallis para realizar una comparación entre grupos, y con el fin de identificar donde se encontraban las diferencias estadísticamente significativas se realizó la *Dunn's multiple comparisons test*.

El nivel de significancia utilizado fue de $\alpha=0,05$.

Las pruebas se realizaron con los programas para análisis de datos y software estadístico, STATA versión 12 y Graph Pad Prism 7.03.

RESULTADOS

1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

1.1 Descripción muestra total.

La muestra total del estudio se compuso de 62 sujetos, de los cuáles 19 son de sexo femenino (30,65%) y 43 son de sexo masculino (69,35%). El promedio de la edad de los sujetos fue 21.8 ($\pm 1,88$ años), con un promedio de índice de masa corporal (IMC) de 24,19 ($\pm 2,53$). De este total, 55 individuos eran de dominancia diestra (88,71%) y siete individuos de dominancia zurda (11,29%). Según el nivel de actividad física medido con encuesta IPAQ, la distribución indica que un total de 51 sujetos tenían un nivel alto (82,26%) y un total de 11 individuos se encontraban en un nivel medio (17,74%). (Tabla 2) (Tabla 3)

Tabla 2. Características físicas de los participantes del estudio

Variables	Promedio y Desviación Estándar
Edad	21,80 \pm 1,88 años.
IMC	24,19 \pm 2,53
Talla	1,67 \pm 0,80 metros.
Peso	68,34 \pm 10,62 kilos.

Tabla 3. Características generales de los participantes del estudio

Variable	Frecuencia	
Género	Masculino (69,35%)	Femenino (30,65%)
Nivel de actividad física	Alto (82,26%)	Moderado (17,74%)
Dominancia	Diestra (88,71%)	Zurda (11,29%)

En cuanto a la distancia recorrida en el YoYo test intermitente nivel uno, las medias de la muestra completa en este rendimiento físico fueron de 708,20 metros (\pm 372,36) para la medición basal y 724,49 metros (\pm 451,94) para la medición final luego de las intervenciones.

En cuanto al dolor muscular medido con la escala visual análoga (EVA), los resultados demuestran una media de 1,74 cm (\pm 2,10) para la medición de dolor pre intervención en el día uno, una media de 1,17 cm (\pm 1,74) para la medición del dolor post intervención en el día uno, una media de 3,42 cm (\pm 2,26) para la medición de dolor pre intervención en el día dos, una media de 2,01 cm (\pm 1,96) para la medición de dolor post intervención en el día dos, una media de 2,73 cm (\pm 2,02) para la medición de dolor pre intervención en el día tres, una media de 1,60 cm (\pm 1,84) para la medición de dolor post intervención en el día tres, una media de 0,99 cm (\pm 1,43) para la medición de dolor pre Yoyo test final y una media de 1,43 cm (\pm 1,83) para la medición de dolor post Yo Yo test final. (Tabla 4)

Tabla 4. Resultados en pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular.

Variable	Promedio y desviación estándar
Yo-yo test intermitente basal	708,20 \pm 372,36 metros.
Yo-yo test intermitente final	724,49 \pm 451,94 metros.
Dolor muscular (EVA) pre-intervención día 1	1,74 \pm 2,10 centímetros.
Dolor muscular (EVA) post-intervención día 1	1,17 \pm 1,74 centímetros.

Dolor muscular (EVA) pre-intervención día 2	3,42 ± 2,26 centímetros
Dolor muscular (EVA) post-intervención día 2	2,01 ± 1,96 centímetros.
Dolor muscular (EVA) pre-intervención día 3	2,73 ± 2,02 centímetros.
Dolor muscular (EVA) post-intervención día 3	1,60 ± 1,84 centímetros.
Dolor muscular (EVA) pre-Yo-yo test	0,99 ± 1,43 centímetros
Dolor muscular (EVA) post-Yo-yo test	1,43 ± 1,83 centímetros.

1.2 Descripción de muestra por grupos.

Luego de la aleatorización de los sujetos de estudio se logró establecer tres grupos, cada uno con características que se reportan a continuación:

El grupo intervenido con TR Terapia ® se compuso de 22 sujetos, seis fueron de sexo femenino (28,57%) y 15 fueron de sexo masculino (71,43%), con una media de edad de 21,6 años ($\pm 1,42$). De este total, 19 son diestros (90,48%) y dos son zurdos (9,52%) con una media de índice de masa corporal (IMC) de 24,32 ($\pm 2,79$). En relación al nivel de actividad física de los sujetos en este grupo, 20 del total presentaban un nivel alto (95,24%) y solamente uno un nivel medio (4,76%). Analizando la cantidad de metros recorrida en el Yoyo test basal para este grupo se obtuvo una media de 809,4 metros ($\pm 99,98$), y para el Yoyo test final se obtuvo una media de 866 metros ($\pm 123,6$). (Tabla 5) (Tabla 6)

Tabla 5. Características físicas del grupo intervenido con TR terapia ®

VARIABLES	Promedio y Desviación Estándar
Edad	21,60 ± 1,42 años.
IMC	24,32 ± 2,79
Talla	1,67 ± 0,06 metros.
Peso	68,68 ± 10,80 kilos.

Tabla 6. Características generales del grupo intervenido con TR terapia ®

Variable	Frecuencia	
Género	Masculino (71,43%)	Femenino (28,57%)
Nivel de actividad física	Alto (95,24%)	Medio (4,76%)
Dominancia	Diestra (90,48%)	Zurda (9,52%)

El grupo intervenido con elongaciones se compuso de 21 sujetos, cinco fueron de sexo femenino (25%) y 15 fueron de sexo masculino (75%), con una media de edad de 22,15 años ($\pm 2,2$). De este total, 19 son diestros (95%) y dos son zurdos (5%) con una media de índice de masa corporal (IMC) de 24,71 ($\pm 1,92$). En relación al nivel de actividad física de los sujetos en este grupo, 15 del total presentaban un nivel alto (75%) y cinco un nivel medio (25%). Analizando la cantidad de metros recorrida en el Yoyo test basal para este grupo se obtuvo una media de 643 metros ($\pm 278,9$), y para el Yoyo test final se obtuvo una media de 638,5 metros ($\pm 334,7$) (Tabla 7) (Tabla 8)

Tabla 7. Características físicas del grupo intervenido con elongaciones.

Variabes	Promedio y Desviación Estándar
Edad	22,15 \pm 2,2 años.
IMC	24,71 \pm 1,92
Talla	1,66 \pm 0,08 metros.
Peso	68,86 \pm 9,70 kilos.

Tabla 8. Características generales del grupo intervenido con elongaciones.

Variable	Frecuencia	
Género	Masculino (75%)	Femenino (25%)
Nivel de actividad física	Alto (75%)	Medio (25%)
Dominancia	Diestra (95%)	Zurda (5%)

El grupo intervenido con elongaciones se compuso de 22 sujetos, ocho fueron de sexo femenino (38,1%) y 13 fueron de sexo masculino (61,9%), con una media de edad de 21,71 años (± 2). De este total, 17 son diestros (80,95%) y cuatro son zurdos (19,05%) con una media de índice de masa corporal (IMC) de 23,55 ($\pm 2,73$). En relación al nivel de actividad física de los sujetos en este grupo, 16 del total presentaban un nivel alto (76,19%) y cinco un nivel medio (23,81%). Analizando la cantidad de metros recorrida en el YoYo test basal para este grupo se obtuvo una media de 669,1 metros ($\pm 349,9$), y para el YoYo test final se obtuvo una media de 664,9 metros ($\pm 404,7$) (Tabla 9) (Tabla 10)

Tabla 9. Características físicas del grupo.

Variabes	Promedio y Desviación Estándar
Edad	21,71 \pm 2 años.
IMC	23,55 \pm 2,73
Talla	1,68 \pm 0,09 metros.
Peso	67,49 \pm 11,68 kilos.

Tabla 10. Características generales del grupo control.

Variable	Frecuencia	
Género	Masculino (61,9%)	Femenino (38,1%)
Nivel de actividad física	Alto (76,19%)	Medio (23,81%)
Dominancia	Diestra (80,95%)	Zurda (19,05%)

1.3 Normalidad de los datos.

De esta manera, los datos expuestos sobre la muestra total en el estudio en cuanto a sexo, edad, peso, talla e índice de masa corporal (IMC) distribuyen de manera normal según la prueba de Shapiro-Wilk. Por otro lado, los datos de dominancia, nivel de actividad física (NAF), distancias recorridas en el yoyo test y todos los datos representantes de dolor medido en escala visual análoga (EVA) distribuyen de manera no normal. (Tabla 11)

Tabla 11. Test Shapiro-Wilk para datos normales.

Test Shapiro-Wilk para datos normales	
Variables	Valor p
Sexo	0.25462
Edad	0.99979
Dominancia	0.00000*
Nivel de actividad física	0.00008*
Peso	0.54910
Talla	0.33982
IMC	0.55837
EVA día uno pre-intervención	0.00000*
EVA día uno post-intervención	0.00000*
EVA día dos pre-intervención	0.01746*
EVA día dos post-intervención	0.00018*
EVA día tres pre-intervención	0.01071*
EVA día tres post-intervención	0.00002*

EVA día cinco pre-Yo-yo test intermitente	0.00000*
EVA día cinco post-Yo-yo test intermitente	0.00000*
Yo-yo Intermitente Basal	0.00107*
Yo-yo Intermitente Final	0.00036*

Nota: Valor p menor a 0,05 indica que distribuyen de forma no normal de datos (). El resto de las variables distribuyen normal.*

2. ESTADÍSTICA INFERENCIAL

2.1 Comparación de datos generales entre grupos.

Se realizó la prueba *One-way analysis of variance* (ANOVA) para analizar las variables métricas, dando como resultados: edad con un valor $p=0,6731$, peso con un valor $p=0,9059$, talla con un valor $p=0,6428$ e IMC con un valor $p=0,3346$, reflejando que no existen diferencias estadísticamente significativas. (Tabla 12) Por otro lado, para el análisis de variables nominales entre grupos se realizó la prueba *Chi-square* (Chi^2) para las variables de sexo (valor $p=0,6406$), dominancia (valor $p=0,3469$) y nivel de actividad física (valor $p=0,1879$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estas variables. (Tabla 13)

Tabla 12. Resultados de comparación de variables métricas del estudio (ANOVA).

Variables	Grupo TR (Prom \pm Sd.)	Grupo Elong(Prom \pm Sd.)	Grupo Control (Prom \pm Sd.)	Valor p
Edad (años)	21,60 \pm 1,42	22,15 \pm 2,2	21,71 \pm 2	$p= 0,6731$
Peso (kg)	68,68 \pm 10,80	68,86 \pm 9,70	67,49 \pm 11,68	$p= 0,9059$
Talla (mts)	1,67 \pm 0,06	1,66 \pm 0,08	1,68 \pm 0,09.	$p= 0,6428$
IMC	24,32 \pm 2,79	24,71 \pm 1,92	23,55 \pm 2,73	$p= 0,3346$

Nota Valor p menor a 0,05 indica una diferencia estadísticamente significativa.*

Tabla 13. Resultados de comparación de variables nominales del estudio(Chi2)

Variables	Grupo TR (Frecuencia)	Grupo Elong(Frecuencia)	Grupo Control (Frecuencia)	Valor p
-----------	-----------------------	-------------------------	----------------------------	---------

Sexo	♂ 71,43% / ♀ 28,57%	♂ 75%/♀ 25%	♂ 61,9 % / ♀ 38,1%	p= 0,6406
Domin.	D90,48%/Z 9,52%	D 95%/ Z5%	D 80,95%/ Z 19,05%	p= 0,3469
NAF	A 95,24% / M 4,76%	A 75% / M 25%	A 76,19 % / M 23,81%	p= 0,1879

Nota* Valor p menor a 0,05 indica una diferencia estadísticamente significativa.

Leyenda (♂=Masculino/♀= Femenino) (D= Diestra/ Z=Zurda) (A= Alto/ M= Moderado)

2.2 Comparaciones por grupos.

2.2.1 Comparaciones del rendimiento deportivo por grupos.

La comparación intra-grupo para la intervención con TR Terapia ® analizando la variable de distancia recorrida en el Yo Yo test, contrastando mediciones tanto basales como finales reflejan que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Para este caso, se realizó la prueba *Wilcoxon matched-pairs signed Rank* obteniéndose una valor p=0,1852. (Gráfico 1)

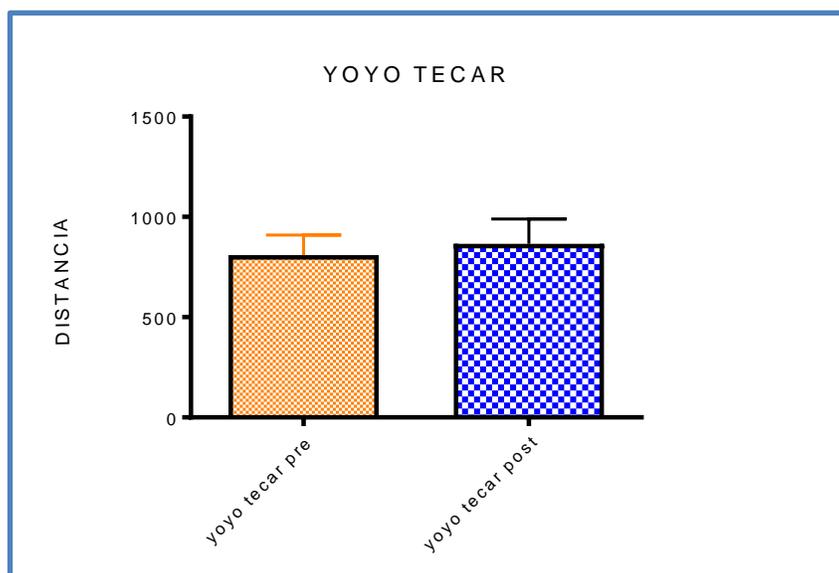


Gráfico 1. Gráfico de barras sobre la comparación de los metros recorridos para el grupo TR terapia ® en el Yo-yo test basal y en el final (valor p=0,1852).

La comparación intra-grupo para la intervención con elongaciones analizando la variable de distancia recorrida en el Yo-yo test, contrastando mediciones tanto basales como finales reflejan que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Para este caso, se realizó la prueba *Wilcoxon matched-pairs signed Rank* obteniéndose una valor p=0,5347. (Gráfico 2)

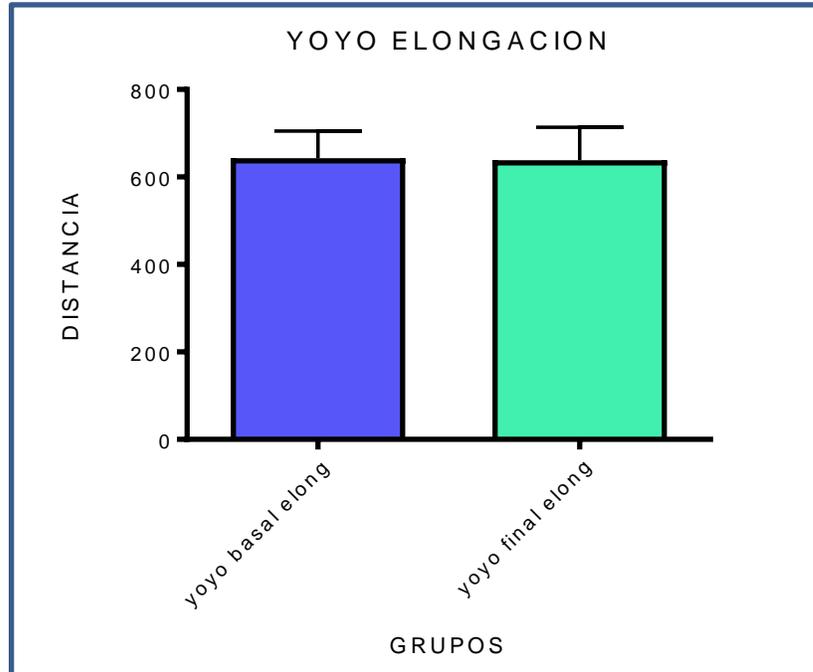


Gráfico 2. Gráfico de barras sobre la comparación de los metros recorridos para el grupo elongaciones en el Yo-yo test basal y en el final (valor $p=0,5347$).

La comparación intra-grupo para el grupo control analizando la variable de distancia recorrida en el Yo-yo test, contrastando mediciones tanto basales como finales reflejan que no existe una diferencia estadísticamente significativa. Para este caso, se realizó la prueba *Wilcoxon matched-pairs signed Rank* obteniéndose una valor $p=0,7738$. (Gráfico 3)

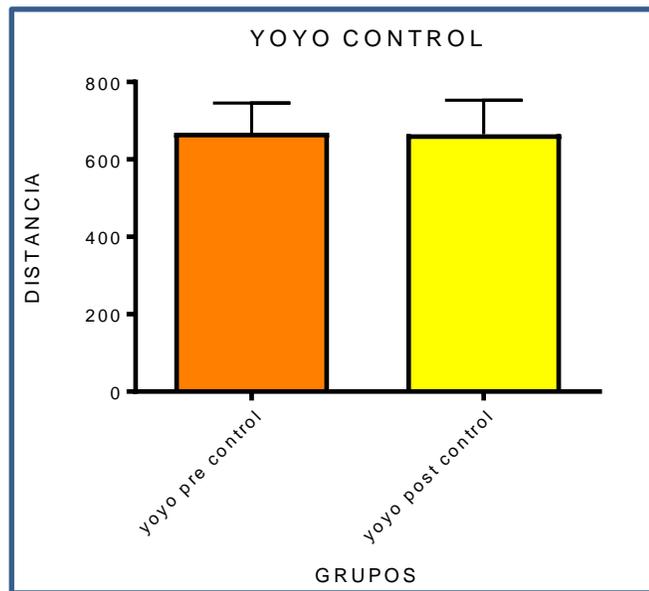


Gráfico 3. Gráfico de barras sobre la comparación de los metros recorridos para el control en el Yo yo test basal y en el final (valor $p=0,7738$.)

2.2.2 Comparación entre el dolor basal y el dolor medido en el día dos post intervención.

Con el fin de realizar un análisis sobre el efecto del protocolo excéntrico sobre los sujetos, se efectuó una comparación entre la condición basal de los individuos luego de la aplicación del protocolo excéntrico, indicado por la medición de la Escala Visual Análoga del día uno pre-intervención, y la expresión del dolor en el día dos previo a la intervención, representado por la medición de la Escala Visual Análoga del día dos pre-intervención. Esta comparación se realizó mediante la prueba *Wilcoxon matched-pairs signed Rank* por la distribución no normal de los datos. El resultado de esta comparación demostró que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones con un valor $p < 0,0001$. (Gráfico 4) Con esto es posible demostrar estadísticamente, que el protocolo excéntrico hizo efecto en los participantes del estudio.

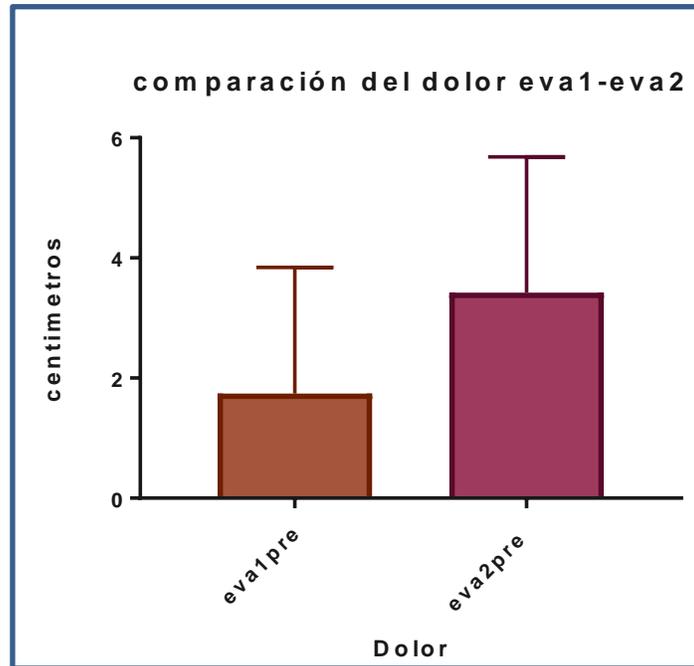


Gráfico 4. Gráfico de barras sobre la comparación del dolor medido en el día uno luego del protocolo excéntrico y el día dos previo a la intervención (valor $p < 0,0001$).

2.3 Comparaciones entre grupos.

2.3.1 Comparación del rendimiento inicial entre grupos.

La comparación inicial del rendimiento medido con Yoyo test entre-grupos indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Esto fue definido, de manera general, con la prueba de Kruskal-Wallis con un valor $p = 0,5724$. (Gráfico 5) Y además, fue definido mediante una comparación inter-grupo por una *Dunn's multiple comparisons test*, estableciendo que no existe ninguna diferencia estadísticamente significativa entre grupos comparados.

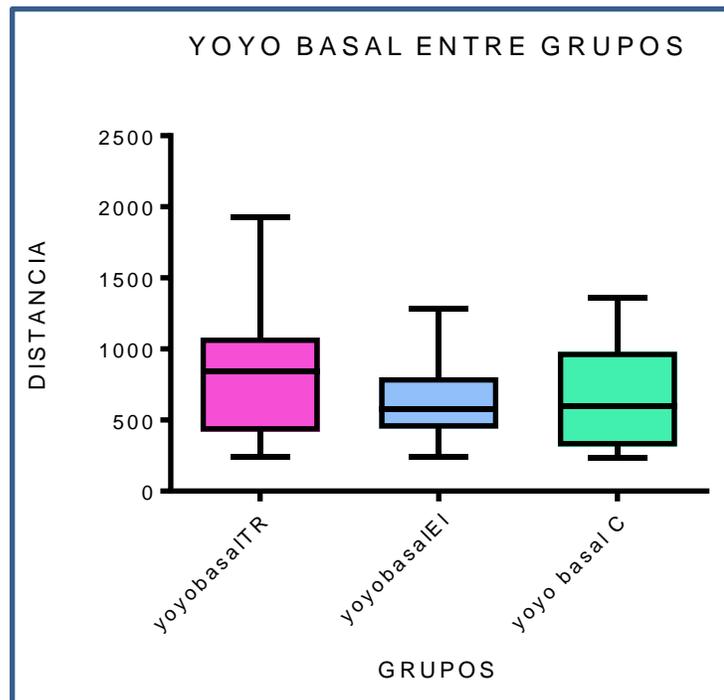


Gráfico 5. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de distancia basal recorrida en YYIN1B (valor $p=0,5724$).

2.3.2 Comparación del rendimiento final entre grupos.

La comparación final del rendimiento medido con Yoyo test entre-grupos indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Esto fue definido, de manera general, con la prueba de Kruskal-Wallis con un valor $p=0,5011$.(Gráfico 6) Y además, fue definido mediante una comparación inter-grupo por una *Dunn's multiple comparisons test*, estableciendo que no existe ninguna diferencia estadísticamente significativa entre grupos comparados.

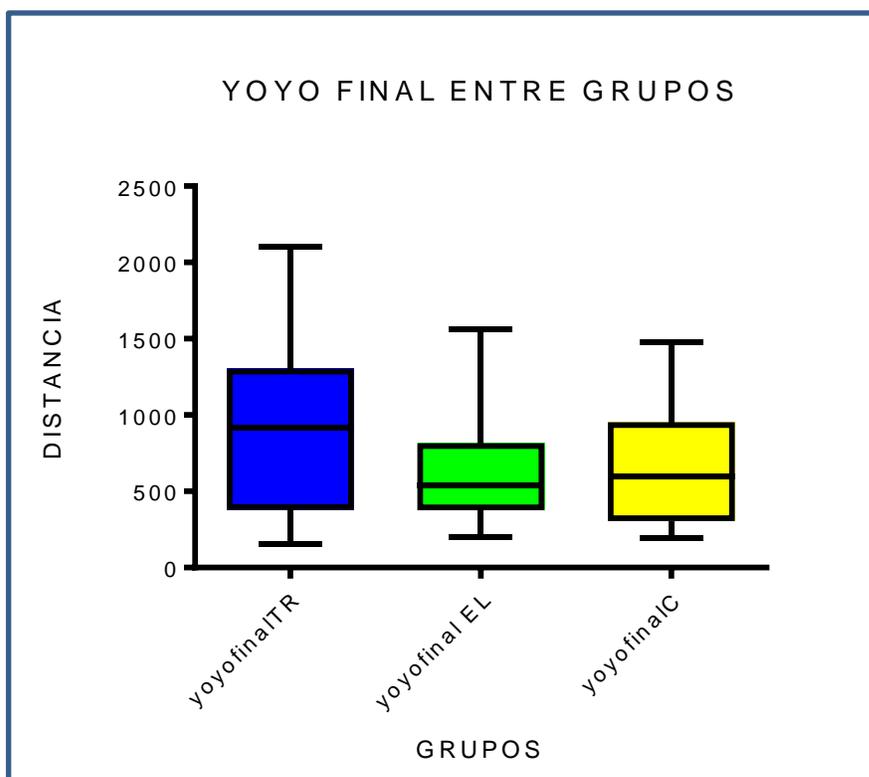


Gráfico 6. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de distancia final recorrida en YYIN1F (valor $p=0,5011$).

Tabla 14. Resultados de la comparación de pruebas de rendimiento por grupos (Kruskall-Wallis test).

Variables	Grupo TR (Prom \pm Sd.)	Grupo Elong (Prom \pm Sd.)	Grupo Control (Prom \pm Sd.)	Valor p
YYIN1B (mts)	809,4 \pm 458,2	643 \pm 278,9	669,1 \pm 349,9	$p=0,5724$
YYIN1F (mts)	866 \pm 566,3	638,5 \pm 334,7	664,9 \pm 404,7	$p=0,5011$

Nota: (YYIN1B= Yo-yo Intermitente nivel 1 Basal/ YYIN1F= Yo-yo Intermitente nivel 1 Final)

2.3.3 Comparación entre las mediciones de dolor.

La comparación realizada entre-grupos para la medición de dolor en la escala visual análoga (EVA), fue realizada mediante la prueba de Kruskal-Wallis para un análisis general de la mediana y para un análisis específico de diferencia de medias realizando una comparación entre grupos se utilizó *Dunn's multiple comparisons test*, debido a la distribución no normal de la variable dolor.

2.3.3.1 Comparación de dolor día uno.

En relación a la evaluación del dolor para el día uno pre intervención la prueba general Kruskal-Wallis demostró que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con un valor $p=0,36$. (Gráfico 7) Y mediante la *Dunn's multiple comparisons test*, se demostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa para la comparación entre cada grupo.

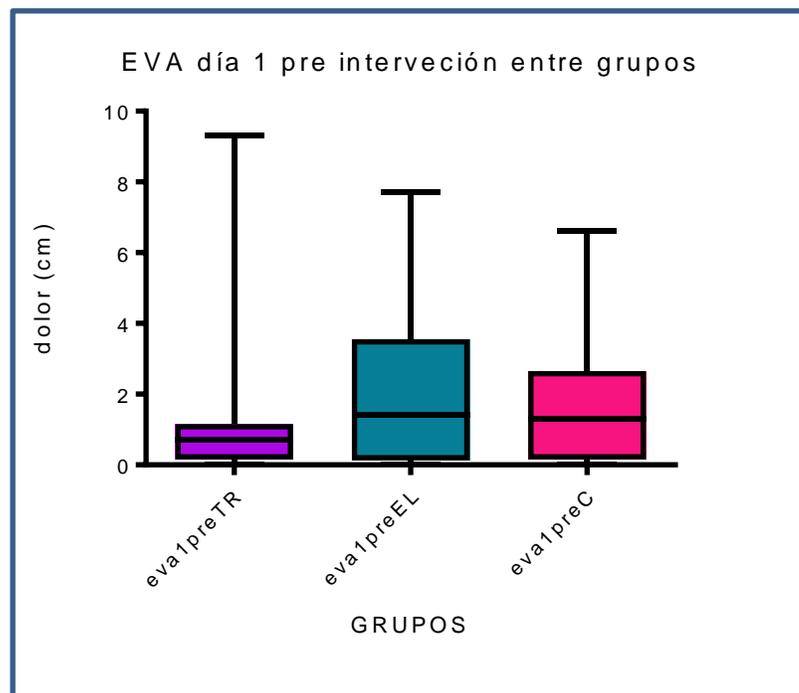


Gráfico 7. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de dolor medido en escala visual análoga del día uno pre intervención. (Valor $p= 0,36$.)

En relación a la evaluación del dolor para el día uno post intervención la prueba general Kruskal-Wallis demostró que si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con un valor $p=0,0192$. (Gráfico 8) Y mediante la *Dunn's multiple comparisons test*, se demostró que existe una diferencia estadísticamente significativa para la comparación entre el grupo intervenido con TR Terapia ® y el grupo control. (Tabla 15)

Tabla 15. *Dunn's multiple comparisons test* reflejando la comparación inter-grupos de dolor día uno post intervención.

VARIABLES EN COMPARACIÓN	Diferencia de Medias	¿Significativo? Valor $p < 0,05$	Resumen
evalpostTR vs. evalpostEL	-12,91	No	Ns
evalpostTR vs. evalpostC	-13,93	Si	*
evalpostEL vs. evalpostC	-1,023	No	Ns

Nota. (Valor $p < 0,05$ significativo [significativo*]).

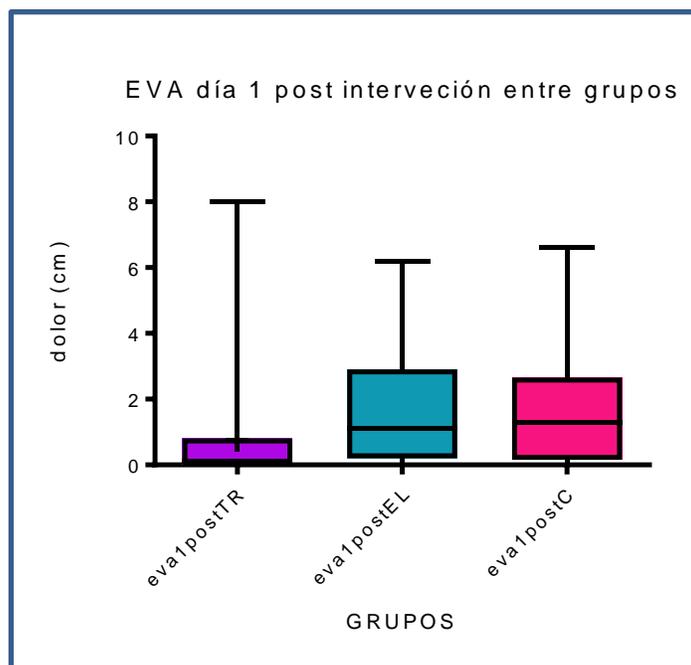


Gráfico 8. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de dolor medido en escala visual análoga del día uno post intervención. (Valor $p= 0,0192$ *)

2.3.3.2 Comparación de dolor día dos.

En relación a la evaluación del dolor para el día dos pre intervención la prueba general Kruskal-Wallis demostró que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con un valor $p=0,289$. (Gráfico 9)

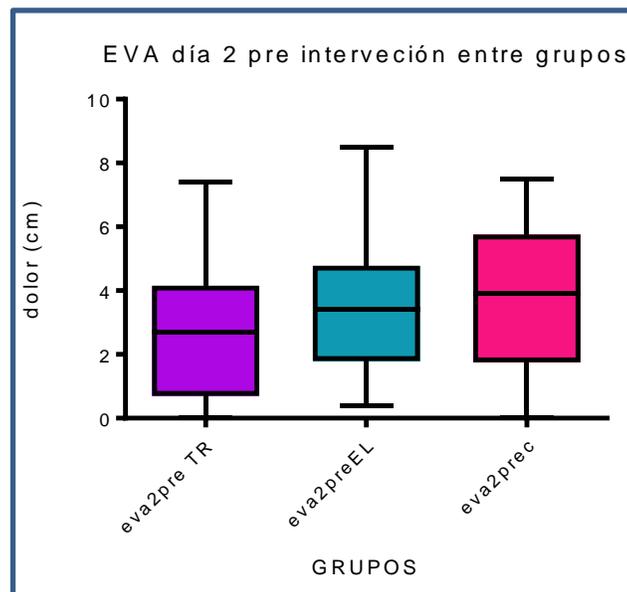


Gráfico 9. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de dolor medido en escala visual análoga del día dos pre intervención. (Valor $p= 0,289$.)

Tabla 16. . Dunn's multiple comparisons test demostrando la comparación inter-grupos de dolor día dos post intervención.

Variables en comparación	Diferencia de medias	¿Significativo? Valor $P < 0,05$	Resumen
eva2postTR vs. eva2postEL	-6,325	No	Ns
eva2postTR vs. eva2postC	-16,12	Si	*
eva2postEL vs. eva2postC	-9,794	No	Ns

Nota. (Valor $p < 0,05$ significativo [significativo*]).

En relación a la evaluación del dolor para el día dos post intervención la prueba general Kruskal-Wallis demostró que si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con un valor $p=0,0141$. (Gráfico 10) Y mediante la *Dunn's multiple comparisons test*, se demostró que existe una diferencia estadísticamente significativa para la comparación entre el grupo intervenido con TR terapia ® y el grupo control. (Tabla 16).

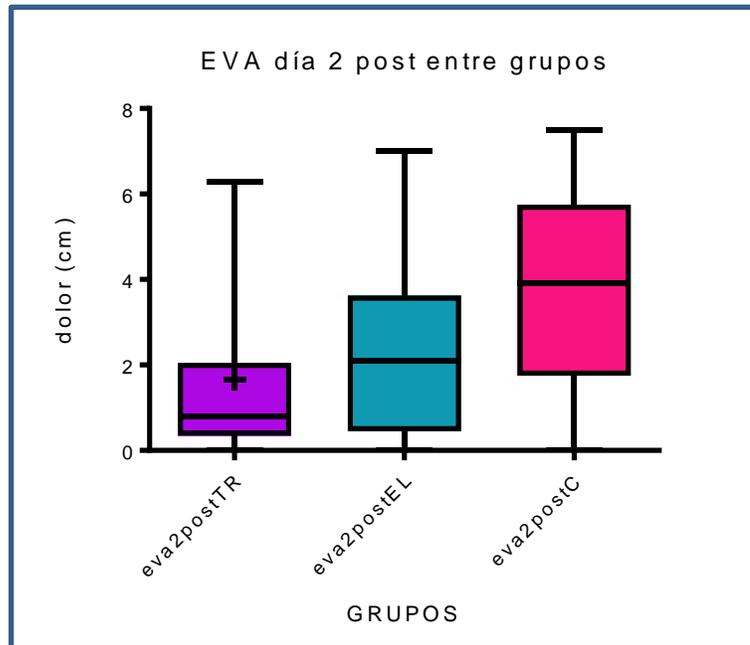


Gráfico 10. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de dolor medido en escala visual análoga del día dos post intervención. (Valor $p= 0,0141^*$).

2.3.3.3 Comparación de dolor día tres.

En relación a la evaluación del dolor para el día tres pre intervención la prueba general Kruskal-Wallis demostró que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con un valor $p=0,3766$. (Gráfico 11) Y mediante la *Dunn's multiple comparisons test*, se demostró que no existe una diferencia estadísticamente significativa para la comparación entre cada grupo.

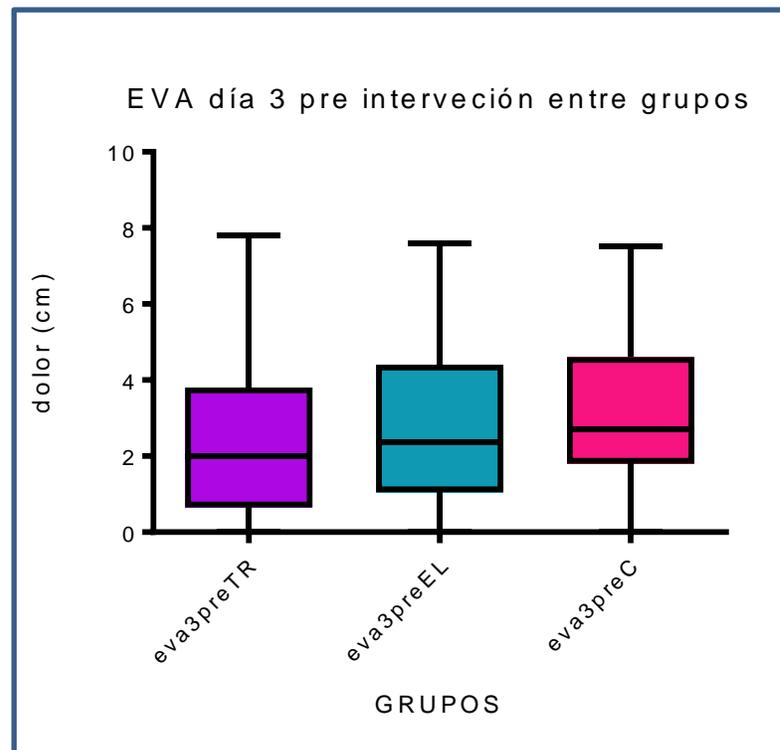


Gráfico 11. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de dolor medido en escala visual análoga del día tres pre intervención. (Valor $p=0,3766$.)

En relación a la evaluación del dolor para el día tres post intervención la prueba general Kruskal-Wallis demostró que si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con un valor $p=0,0096$. (Gráfico 12) Y mediante la *Dunn's multiple comparisons test*, se demostró que existe una diferencia estadísticamente significativa para la comparación entre el grupo intervenido con TR terapia ® y el grupo control. (Tabla 17).

Tabla 17. *Dunn's multiple comparisons test* demostrando la comparación inter-grupos de dolor día tres post intervención.

VARIABLES EN COMPARACIÓN	Diferencia de medias	¿Significativo? Valor $p < 0,05$	Resumen
eva3postTR vs. eva3postEL	-5,088	No	Ns
eva3postTR vs. eva3postC	-16,52	Si	*
eva3postEL vs. eva3postC	-11,44	No	Ns

Nota. (Valor $p < 0,05$ significativo [significativo*]).

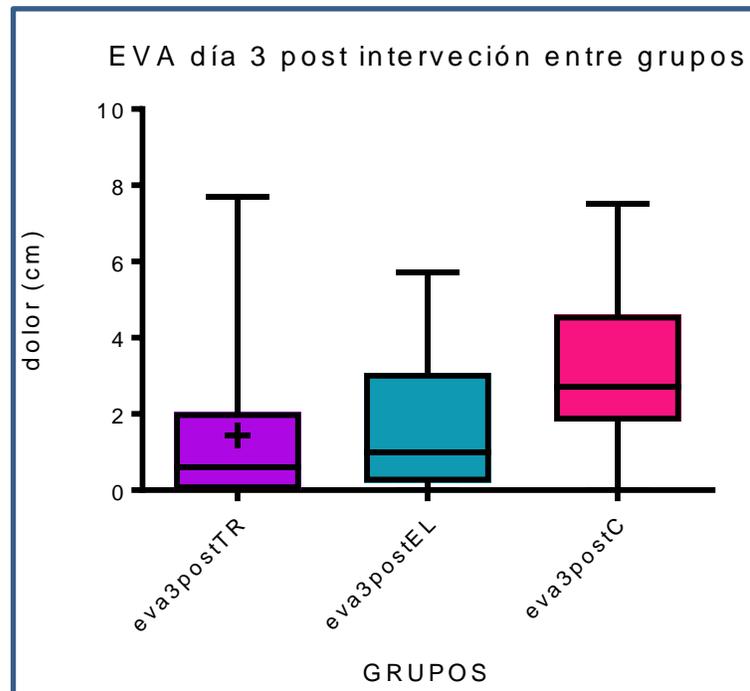


Gráfico 12. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de dolor medido en escala visual análoga del día tres post intervención. (Valor $p=0,0096$ *)

2.3.3.4 Comparación del dolor día dos post intervención y día tres pre intervención.

En relación a la evaluación del dolor entre el día dos post intervención y el día tres pre intervención se realizó la prueba general Kruskal-Wallis demostrando que si hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con un valor $p=0,00315$. (Gráfico 13) Y mediante la *Dunn's multiple comparisons test*, se demostró que existe una diferencia estadísticamente significativa para la comparación entre el grupo intervenido con TR terapia® y el grupo control. (Tabla 18).

Cabe destacar que esta comparación se realizó en base a la diferencia del dolor medido el día tres previo a la intervención y el día dos posterior a la intervención. Luego de realizar la comparación entre grupos, se demuestra que el efecto de la TR terapia® se prolonga durante 24 horas en relación al control.

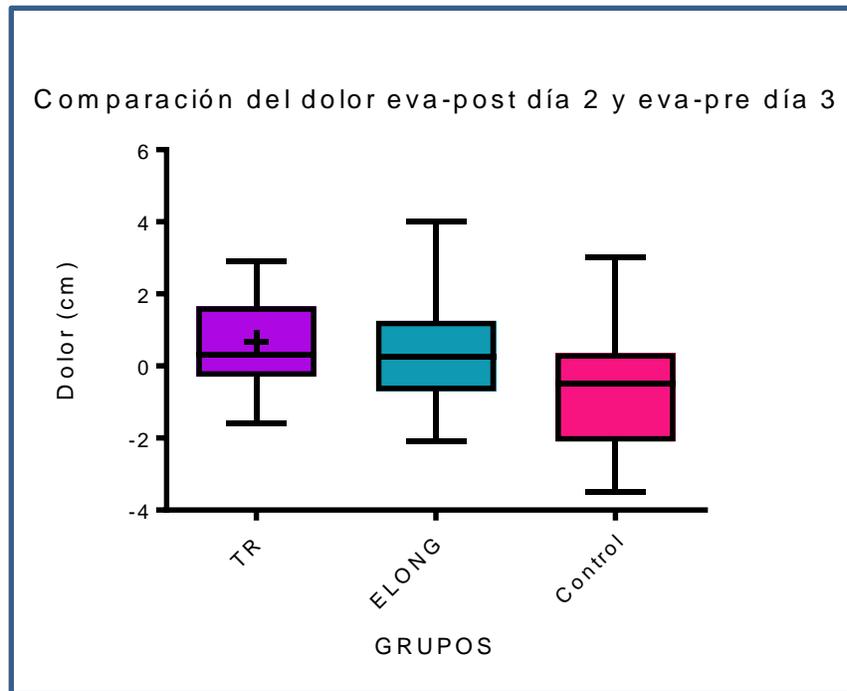


Gráfico 13. Gráfico de cajas que representa la comparación inter-grupos de dolor medido en escala visual análoga entre el día dos post intervención y el día tres pre intervención. (Valor $p = 0,00315$ *)

Tabla 18 Dunn's multiple comparisons test demostrando la comparación inter-grupos de dolor entre el día dos post-intervención y el día tres pre-intervención.

Variables en comparación	Diferencia de medias	¿Significativo? Valor $p < 0,05$	Resumen
TR vs ELONG	3,750	No	ns
TR vs Control	14,14	Yes	*
ELONG vs Control	10,39	No	ns

Nota. (Valor $p < 0,05$ significativo [significativo*]).

Si bien se realizaron medidas en cuánto al dolor en escala visual análoga en el día cinco, tanto previo a la realización del último Yo-yo test y luego de la prueba, estas no fueron reportadas ni se realizó una comparación inter-grupos. Debido a que, los datos se comportaron de la manera que se esperaba, disminuyendo el dolor en todos los grupos.

Esto es posible evidenciarlo a través de la prueba no paramétrica *Wilcoxon matched-pairs signed Rank* comparando la medición del dolor en el día dos previo a la intervención,

establecido como el punto de máximo dolor, y la medición del dolor en el día cinco previo a la intervención demostrando que existen diferencias estadísticamente significativas con un valor $p = < 0,0001$ (Gráfico 14). Por lo tanto, es posible indicar que el DOMS disminuyó de manera significativa entre ambas mediciones.

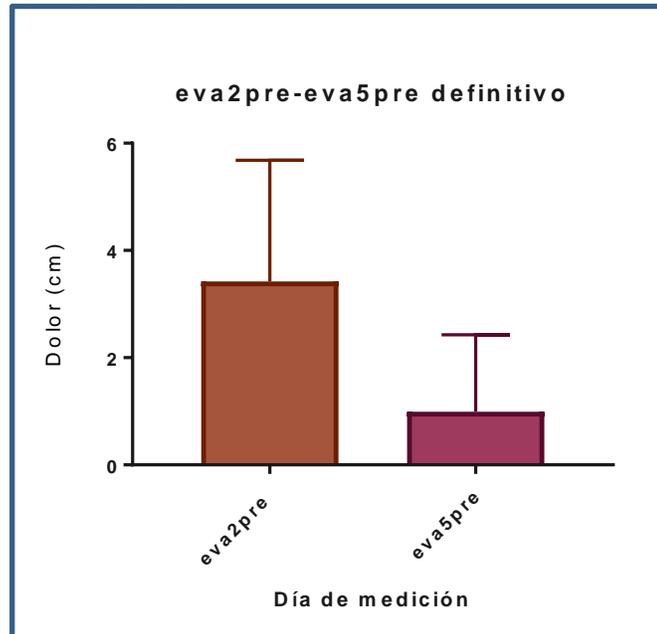


Gráfico 13. Gráfico de cajas que representa la general entre la medición de dolor el día dos previo a la intervención y el día cinco previo a la prueba Yo-yo final. (Valor $p = < 0,0001$ *)

Finalmente luego de todo el procedimiento y la exposición de los resultados se reporta que no hubo efectos adversos sobre ningún participante del estudio. Además, los investigadores declaran no tener conflicto de interés con respecto a la prestación de los servicios de BTL.

DISCUSIÓN

El dolor muscular de inicio tardío se desarrolla luego de un ejercicio de alta intensidad que incluye contracciones excéntricas (Faulkner, 2007). Investigadores que han estudiado los mecanismos del DOMS, induciendo molestia muscular de inicio tardío, utilizan protocolos de ejercicio que consisten en actividades predominantemente excéntricas, por ejemplo, *downhill running* (Schwane JA, 1983)(Eston RG, 2000), elongaciones balísticas(Smith, 1992), bicicleta con resistencia(Walsh B, 2001)y por último, ejercicios de resistencia excéntrica.

En el presente estudio el protocolo de ejercicio que se realizó para inducir el daño muscular, se basa en ejercicios de resistencia muscular a través de un protocolo de 8 series de 10 saltos tipo *jump squat*, que se utilizó en un estudio el cual si provocó DOMS (Marginson, 2005).

Sin embargo, los sujetos incluidos en el estudio son clasificados mayoritariamente con una actividad física alta, lo cual se piensa que podría influir en el efecto del protocolo de ejercicio excéntrico para generar el DOMS, ya que, no se sabe si estos sujetos habrían realizado ejercicios similares antes del estudio, y que por lo tanto, el ejercicio excéntrico pudiera tratarse de un ejercicio acostumbrado para el sujeto, lo que se contradice con la evidencia (Asmussen, 1956). Por otro lado, no se puede cuantificar el efecto del nivel de actividad física sobre el rendimiento, ya que, dentro de la muestra completa existía un total de 11 sujetos con un nivel de actividad física moderada según *IPAQ* y 51 sujetos con un nivel de actividad física alta, lo que no permite la comparación entre los grupos en relación a esta variable.

En relación al protocolo utilizado en la aplicación de la TR Terapia, que es un equipo basado en los principios de la diatermia clásica(Molina A, 2008), en el presente estudio se utilizó la información entregada por el ensayo realizado por Andrade (2016), que utilizó una aplicación inicial del 10% de la potencia aumentando tal intensidad hasta el 50% del máximo por 20 minutos.

Junto con esto, se realizó un estudio piloto para estimar una potencia base según la percepción del aumento de temperatura para cada individuo, hasta que la intensidad entregada no

produjera sensación de aumento de temperatura, estableciendo así un rango entre el 20 y el 30% de la potencia total entregada por la máquina. En base a esto, se utilizó el protocolo “*Muscle relaxation*” entregado por el equipo el cual consiste en la entrega de energía capacitiva por 15 minutos.

A pesar de haber generado un protocolo para intervenir a los sujetos de la misma manera, nunca se obtuvo un dato objetivo de la intensidad entregada, solamente rangos estimados que recibía cada individuo durante la aplicación del equipo, ya que, actualmente no existe evidencia que respalde la intensidad final recibida por el sujeto cuando se aplica la TR terapia®, lo que es una limitación propia del dispositivo. Aun así se evidenció que el protocolo utilizado por los investigadores si produjo los efectos esperados, ya que, se obtuvieron cambios significativos en la variable evaluada de dolor.

Por otro lado, la técnica de elongación utilizada por los investigadores fue de estiramiento pasivo, según la literatura esta técnica ni alguna otra técnica de elongación tienen efectos sobre el dolor muscular de origen tardío ya que no hay suficiente evidencia que respalde el uso de ésta técnica con este motivo(Torres, 2012)(Herbert, 2011), esto a pesar de ser una de las técnicas más utilizadas para la recuperación del DOMS(Crowther, 2017)(Van Wyk, 2009). Es por esta razón que se cree que no existieron diferencias significativas al comparar el grupo de elongación con los grupos de TR terapia y control.

Continuando con el análisis en cuanto a los resultados, se ha evidenciado que los síntomas del DOMS no se presentan en situación de reposo ni durante el sueño(Cheung, 2003)(Chicharro, 2006)(Connolly, 2003), es por esto que en estudios como el de Andrade (2016) se realizó un squat-test para poder evaluar de forma correcta el dolor en escala visual análoga (Andrade, 2016) previo a cada registro del dolor.

Sin embargo, en el presente estudio no se realizó alguna técnica que involucrara una contracción de los músculos cuádriceps antes de la medición, por lo que esto puede haber alterado los datos obtenidos. Aun así, los resultados reflejan que los cambios en la medición del dolor son estadísticamente significativos, por lo que se puede concluir que esta limitación no produjo alteraciones en los resultados de la investigación, puesto que siguió el comportamiento que describe la literatura. Además en cuanto a la medición la escala visual

análoga, se sugiere realizar una evaluación por separado de ambas extremidades para obtener un resultado individual de cada una, ya que, en la realización del estudio fue más complejo para los sujetos cuantificar el dolor promedio entre ambos miembros.

Respecto a los resultados del dolor medido en EVA previo y luego a la intervención en el grupo donde se utilizó la TR Terapia se logra observar que existen cambios significativos entre ambas mediciones, lo que se ve justificado por el efecto fisiológico producido por la TR Terapia al barrer sustancias algógenas en la zona de aplicación (Ganzit GP, 2009),(Mondardini P., 1999). Este efecto se mantuvo luego de 24 horas posterior a la intervención, ya que, hubo una atenuación del dolor respecto al grupo control. Esto se puede ver demostrado en el gráfico 13, que comprueba la existencia de una diferencia estadísticamente significativa, para luego, mediante un Dunn's test representado en la tabla 18 demostrar una comparación entre grupos estableciendo la diferencia entre la intervención con TR Terapia ® y el grupo control.

En la literatura se ha demostrado que el tiempo de aparición del DOMS inicia luego de las 24 horas de la realización de ejercicio excéntrico, registrando un máximo entre las 48 y 72 horas y con una tendencia a la disminución entre el quinto y séptimo día (Armstrong, 1984), y además, según diversos autores se ha reportado que el DOMS puede disminuir la funcionalidad muscular en actividades cotidianas y más importante aún, reducir el rendimiento físico del deportista (Cheung, 2003)(Chicharro, 2006)(Connolly, 2003)

El rendimiento físico del deportista es medido gracias a diversas herramientas, donde una de las más utilizadas es el YoYo test, que es capaz de medir a través de una prueba de campo la distancia recorrida por un sujeto, reflejando así el rendimiento físico que el individuo presenta en el momento exacto de la medición (Ascensão A., 2011). Sin embargo, no se ha conseguido aún estimar el tiempo exacto donde esta variable de rendimiento se ve afectada por la presencia del DOMS, como si ha ocurrido con otros indicadores usados en distintos estudios que pretenden analizar la sintomatología del DOMS, así como, la elevación de marcadores sanguíneos, utilizados en los estudios de Vanin (2016) que son la interleuquina- 6 (IL-6) y la creatinquinasa (CK), la cual es el mejor indicador de la intensidad del ejercicio y de los efectos en el tejido dañado(Chevion S, 2003), en segundo lugar, la disminución de fuerza muscular

medida a través del torque isométrico como en el estudio de Hicks (2016), mediante contracción máxima voluntaria (MVC) en el estudio de Vanin (2016) y por último, la presencia de dolor medido en escala visual análoga, utilizada en el estudio de Marginson (2005) y umbral por presión (UPP) (Andrade, 2016)(Hawamdeh, 2014). En base a esta evidencia y a los datos obtenidos en este estudio, los investigadores creen que ambas variables, dolor y rendimiento, debieron ser medidas a los mismos tiempos (24, 48 y 96 hrs).

CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos, es posible concluir que:

- La transferencia de energía capacitiva utilizando la TR Terapia ® no tiene incidencia en la recuperación del rendimiento físico luego de un protocolo excéntrico, medido en Yo Yo test intermitente nivel uno en estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación entre 18 y 25 años, expresado por la ausencia de diferencias significativas en la comparación entre grupos.
- Sin embargo, es posible destacar que la aplicación de transferencia de energía capacitiva a través de la TR Terapia ® tiene una incidencia en la disminución del dolor agudo luego de su aplicación medido en Escala Visual Análoga, comparado con la ausencia de una técnica de tratamiento en estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación entre 18 y 25 años, expresado por la diferencia significativa en la comparación entre el grupo de intervención con la técnica y el grupo sin intervención.
- Continuando con lo anterior, es posible indicar que la TR terapia ® mantiene los efectos de atenuación del dolor medido en Escala Visual Análoga prolongándose incluso hasta 24 horas, comparado con la ausencia de una técnica de tratamiento en estudiantes de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación entre 18 y 25 años, expresado por la diferencia significativa en las pruebas realizadas.
- Por lo tanto, es posible indicar que la hipótesis de este trabajo se refuta en cuanto al análisis en el uso de TR Terapia ® para la recuperación del rendimiento físico luego de un protocolo excéntrico, pero si se acepta en relación a la atenuación del dolor agudo producido por el ejercicio excéntrico.
- Se recomienda que en futuras investigaciones, se realice un seguimiento más minucioso sobre la variable de rendimiento físico efectuando pruebas que reflejen el cambio progresivo que este puede expresar gracias al uso de la técnica en comparación a otras.

Bibliografía

- Alter, M. (1996). *Los estiramientos, bases científicas y desarrollo de ejercicios*. Barcelona, España: Editorial Paidotribo.
- Andrade, J. M. (Septiembre de 2016). Efeitos da Terapia Tecar na Sensação Retardada de Desconforto Muscular no quadríceps. (Doctoral dissertation).
- Appell, H. J. (1992). Exercise, muscle damage and fatigue. *Sports Medicine*, 13(2), 108-115.
- Armstrong RB, W. I. (1993). Strain-induced skeletal muscle fibre injury. Intermittent high intensity exercise: preparation, stresses and damage limitation. *London: E & FN Spon*, 275-85.
- Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscle soreness: a briefreview. *MedSci Sports Exerc*, 16:529–538.
- Ascensão A., M. L. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 217-225.
- Asmussen, E. (1956). Observations on experimental muscular soreness. *Acta Rheum Scand*, 2:109–116.
- Babault, N. C. (2011). Does electrical stimulation enhance post-exercise performance recovery? *Eur. J. Appl. Physiol.* , 111, 2501-2507.
- Bangsbo, J. (1994). Fitness Training in Football: A Scientific Approach. *Bagsværd, Denmark: HOStorm*, 1-336.
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*. Editorial Paidotribo.
- Bobbert MF, H. A. (1986). Factors in delayed onset muscle soreness of man. *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 75–81.
- Bobbert MF, H. A. (1986). Factors in delayed onset muscular soreness of man. *MedSci Sports Exerc*, 18 (1): 75-81.
- Brown SJ, C. R. (1997). Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *J Sports Sc*, 215–222.
- Cameron, M. H. (2013). *Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica*. Elsevier España.

- Cameron, M. H. (2014). *Agentes físicos en rehabilitación: De la investigación a la práctica*. Spain: Elsevier Health Sciences Spain, 456 páginas.
- Caspersen C.J, K. P. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*, 100(2): 126–131.
- Cazorla G, P. C. (2001). Lactate et exercice: mythes et realites. . *Rev Sci Tech Activ Phys Sport (Grenoble)* , 22 (54): 63-76.
- Cheung, K. H. (2003). Delayed onset muscle soreness. *Sports Medicine*, 33(2), 145-164.
- Chevion S, M. D. (2003). Plasma antioxidant status and cell injury after severe physical exercise. *Proc Natl Acad Sci U S A* , 100:5119–5123.
- Chicharro, J. L. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana.
- Connolly, D. A. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 197-208.
- Costello J.T, P. R. (2016). Cochrane review: whole-body cryotherapy (extreme cold airexposure) for preventing and treating muscle soreness after exercise in adults. *Journal of Evidence-Based Medicine ISSN*, 43-44.
- Crowther, F. S. (2017). Team sport athletes' perceptions and use of recovery strategies: a mixed-methods survey study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 9(1), 6.
- de Vries, H. (1961). Prevention of muscular distress after exercise. *Research Quarterly*, 177–85.
- Delahunt E1, C. L. (2013). The Yo-Yo intermittent recovery test level 1 as a high intensity training tool: aerobic and anaerobic responses. *Prev Med*, 56(5):278-82.
- Donna, e. a. (1995). "Delayed Muscle Soreness". *Sports Medicine*, Vol. 20, NI 1, págs. 24-40.
- Downie W, L. P. (1978). Studies with pain rating scales. *Ann RheumDi*, 37:378-388.
- English, C. W. (2015). Moving the Worksite Health Promotion Profession Forward Is the Time Right for Requiring Standards? A Review of the Literature. *Health promotion practice* , 16(1), 20-27.
- Escolar, J. P. (2003). Actividad física y enfermedad. *An. Med. Interna*, Vol. 20, N°8.
- Esnault, M. (1988). *Annales de Kinésithérapie*.

- Eston RG, L. A. (2000). Effect of stride length on symptoms of exercise-induced muscle damage during a repeated bout of downhill running . *Scand J Med Sci Sports*, 10 (4): 199-204 .
- Faulkner, J. A. (2007). Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles . *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*, 34(11):1091–1096.
- Ferreres, B., & Saldanas Vélez M, e. A. (1998). Aplicación de la transferencia eléctrica capacitiva en oftalmología (T. E. C.). *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología; Madrid, Vol. 73, 3*, p.145-152.
- Ganzit GP, S. L. (2009). Nuove metodiche nel trattamento della patologia muscoloarticolare dell'atleta: la Tecarterapia. *Medicina dello sport*, 52(3); 201-13.
- Giamberardino, M. D. (1996). Effects of Prolonged L-Carnitine Administration on Delayed Muscle Pain and CK Release After Eccentric Effort. *International Journal of Sport Medicine*, Vol. 17, NI 5, págs. 320-324.
- Givli, S. (2015). Contraction induced muscle injury: towards personalized training and recovery programs. *Annals of biomedical engineering*, 43(2), 388-403.
- Grossman SA, S. V. (1992). A comparison of the Hopkins Pain Rating Instrument with standard visual analogue and verbal description scales in patients with chronic pain. *Pain Symptom Manage*, 7:196-203 .
- Gulick DT, K. I. (1996). Delayed onset muscle soreness: what is it and how do we treat it? *J Sport Rehab*, 5: 234-43.
- Hallal P.C, L. F. (2010). Lecciones aprendidas después de 10 Años del uso de IPAQ en Brasil y Colombia. *Journal of Physical Activity and Health*,, 7(Suppl 2), S259-S264.
- Haskell W.L, I.-M. L. (2007). Physical Activity and Public Health. Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science In Sports and Exercise*, 39 (8); 1423-1434.
- Hasson, S. M. (1993). Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage, and performance: a preliminary investigation. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(1), 9-17.
- Hawamdeh, M. (2014). The Effectiveness of Capacitive Resistive Diathermy (Tecarterapy®) in Acute and Chronic Musculoskeletal Lesions and Pathologies. *European Journal of Scientific Research Volume 118 N° 3*, 336-340.
- Herbert, R. D. (2011). Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. . *The Cochrane Library*.

- Hernández, P. E. (2007). Flexibilidad: evidencia científica y metodología del entrenamiento. *PubliCE Standard*.
- Hernandez-Blue ML, P. C. (2014). Electric stimulation at 448 kHz promotes proliferation of human mesenchymal stem cells. *Cellular physiology and biochemistry. international journal of experimental cellular physiology, biochemistry and pharmacology*, 34(5): 1741-55 .
- Hicks, K. M. (2016). Muscle damage following maximal eccentric knee extensions in males and females. . *PloS one*, 11(3), e0150848.
- Hidalgo, E. (1993). Técnicas de stretching para la kinesiología, la educación física y las artes del movimiento. *Universidad de Chile, Santiago de Chile*.
- IASP. (1994). Classification of Chronic Pain, Second Edition, IASP Task Force on Taxonom. *ISAP Press, Seattle*, 1 IASP, 1994. Part III: (pp 209-214). .
- Jiménez Gutiérrez, A. (2007). Assessing physical ability and its relationship with health. *Journal of human sport and exercise*, Vol. 2, no. 2 pp. 53-71.
- Jiménez, A. J. (2007). Diseño y aplicación del test de campo TIVRE-Basket para la valoración de la resistencia aeróbica del jugador de baloncesto. *Europeam Journal of Human Movement*, 19-40.
- Kato S, A. R. (2011). Anticancer effects of 6-o-palmitoyl-ascorbate combined with a capacitiva-resistive electric transfer hyperthermic apparatus as compared with ascorbate in relation to ascorbyl radical generation. *Cyotechnology* , 63 (4): 425-35.
- Katz, J. a. (1999). Measurement of pain. *Surg. Clin. N. Am.*, 79(2):231–252.
- Katz, J. a. (1999). Measurement of pain. *Surg. Clin. N. Am.*, 79(2):231–252.
- Kedlaya, D. (2016). *Medscape, Physical Medicine and Rehabilitation and Pain Management*. Recuperado el 2017, de American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation: <http://emedicine.medscape.com/article/313267-overview>
- Krustrup, P. M. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(4), 697-705.
- Kuipers, H. (1994). Exercise-induced muscle damage. *International journal of sports medicine*, 15(03), 132-135.
- Laín, S. A. (2006). Actividad física y salud en la infancia y la adolescencia: guía para todas las personas que participan en su educación. Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaría

General de Educación: Ministerio de Sanidad y Consumo, Dirección General de Salud Pública.

- Lee, I. M. (2001). Physical activity and all-cause of mortality: what is the dose-response relation? . *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 33 (6 Suppl), S459.
- Ley A, C. J. (1992). Transferencia eléctrica capacitiva (TEC). Técnica no invasiva de hipertermia profunda en el tratamiento de los gliomas cerebrales. Resultados preliminares. *Neurocirugía* , 118-123.
- Lieber, R. L. (2010). Skeletal Muscle Structure, Function, and Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation. *Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins*.
- López, O. G. (2016). Comparación de la Medida de Actividad Física Mediante Cuestionario Ipaq-L y Acelerómetro 'Mywellness Key' en Trabajadores. *Revista Kronos*, 15(2); 1-11.
- MacIntyre DL, R. W. (1995). Delayed muscle soreness: the inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Med* , 20 (1): 24-40.
- Magnusson, S. S. (1992). Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. *Am J. Sports Med*, 24: 622-628.
- Mantilla Toloza S.C, A. G.-C. (2007). El Cuestionario Internacional de Actividad Física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física poblacional. *Rev Iberoam Fisioter Kinesol*, 10(1):48-52.
- Marginson, V. R. (2005). Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric.
- Martin, D. N. (2004). *Metodología general de entrenamiento infantil y juvenil*. Editorial Paidotribo.
- Martínez RA, B. J. (1992). Tratamiento del asma mediante transferencia de energía eléctrica capacitiva . *Tratamiento del asma mediante transferencia de energía eléctrica capacitiva* . Rehabilitación física x.
- Martínez, A. C. (2002). Disminución del rendimiento deportivo: estrés, daño muscular y síndromes asociados a la fatiga inducidos por el deporte. *Medicine*.
- McHugh MP, C. D. (1999). Exercise induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Med*, 27: 157–170.
- Melzack, R. (1982). Recent concepts of pain. *J. Med*, 13(3):147– 160.
- Mizumura, K. &. (2016). Delayed onset muscle soreness: Involvement of neurotrophic factors. *The Journal of Physiological Sciences*, 66(1), 43-52.

- Molina A, B. E. (2008). Cervicalgia, lumbago, sciatica: application of capacitive energy transfer system. cervicalgia, lumbago, sciatica: application of capacitive energy transfer system.
- Molina, M. C. (2016). Actividad física y alimentación saludable. Universidad Mariana - Boletín Informativo CEI 3(2).
- Mondardini P., T. R. (1999). New methods for the treatment of traumatic muscle pathology in athletes: T.E.CA.R. therapy. *Medicina dello Sport*, 52(3):201-13.
- Mondarini P., R. T. (2009). Novel methods for the treatment of muscle trauma in athletes. *Indiba activ pro recovery*, 12-18.
- Moras, G. (2003). Amplitud de moviment articular i la seva valoració. Test fl exomètric. . *Tesis defendida en la Universidad de Barcelona*.
- Nelson, A. G. (2001). Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance. . *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(4), 415-419.
- Newham DJ, M. K. (1982). Muscle pain and tenderness after exercise. *Aust J Sports MedExercSci*, 14: 129-31.
- Newham, D. J. (1983). Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clin. Sci*, 64(1):55–62.
- Newham, D. J. (1983). Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *Journal of the neurological sciences*, 61(1), 109-122.
- Noonan TJ, G. J. (1992). Injuries at the myotendinous junction . *Clin Sports Med*, 11 (4): 783-806.
- OMS, O. M. ((1995). Comité de Expertos de la OMS sobre el estado físico: El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. 854.
- OMS, O. M. (1995). Comité de Expertos de la OMS sobre el estado físico: El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. 854.
- Paeile, C. J. (2005). *El dolor: de lo molecular a lo clínico*. Mediterráneo.
- Parolo E, O. M. (1998). HCR 900. Ipertermia a trasferimento energetico resistivo e capacitivo nel trattamento di lesioni musculo-scheletriche acute e chroniche. *La Riabilitazione*, 31(2): 81-83.

- Pastor, J. (1998). *Electroanalgesia transcutánea* En M. Martínez (Ed., J.M Pastor, J.M., y Sandra F. *Manual de medicina física (cap, 13, pp. 185-193)*. España: Harcourt Brace.
- Pavone C, C. D. (2012). [TECAR therapy for Peyronie's disease: a phase-one prospective study. Great evidence in patients with erectile dysfunction]. *Urologia*, 80(2), 148-153.
- Perez Benitez M, J. F. (2008). La Tecarterapia* nella patologia del ginocchio e della colonna vertebrale. *Tecar* Medical Evidence*, 78-83.
- Pinto, D. R. (2009). Radiofrecuencia monopolar capacitiva / resistiva de 0,5 MHz en el envejecimiento cutáneo facial. *Número 20*.
- Prentice, W. (1997). *Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva*. Barcelona España: Editorial Paidotribo.
- Price, D. D. (1983). The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain*, 17(1), 45-56.
- Quinn L, G. J. (2003). Functional outcomes documentation for rehabilitation. *Saunders*.
- Quirantes Moreno A.J, B. M. (2016). Physical activity in overweight adult women. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 35(2); 245-250.
- Rampinini E1, S. A. (2010). Physiological determinants of Yo-Yo intermittent recovery tests in male soccer players. . *Eur J Appl Physiol.* , 108(2):401-9.
- Ransford AO, C. D. (1976). The pain drawing as an aid to the psychological evaluation of patients with low back pain. *Spine*, 1:127-134.
- Rial A, y. V. (2008). Estadística práctica para la investigación en ciencias de la salud: Ejercicios resueltos con G-stat. *La coruña: Netbiblio*, pp 53-57.
- Romero, D. T. (2009). Hacia una definición de Sedentarismo. *Revista Chilena Cardiología*, 28: 409-413.
- Ronzioa O.A, O. R.-M. (2009). Capacitive electric transference effects in dermal and adipose tissues. *Elsevier España Vol. 31 Núm. 4*, 31:131-6.
- Rosa, S. M. (2013). *Actividad física y salud*. Barcelona : Ediciones Díaz de Santos.
- Rowlands AV, E. R. (2001). Effect of stride length manipulation on symptoms of exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect. *J Sports Sci*, 19: 333-340.
- Salafranca, L. S. (2000). Estadística aplicada con SPSS y Statgraphics. . *España: Barcelona Edicions de la Universitat de Barcelona*.

- Sanguedolce G, V. C. (2009). Tecar-terapia nelle tendinopatie della cuffia dei rotatori: nostra esperienza. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 45.
- Schwane JA, H. B. (1983). Is lactic acid related to delayed onset muscle soreness? *Phys Sports Med*, 11 (3): 124-7, 130-1.
- Simjanovic M, H. S. (2009). The use and perceived effectiveness of recovery modalities and monitoring techniques in elite sport . *J Sci Med Sport*, 12 Suppl 1:S22.
- Smith, L. (1992). Causes of delayed onset muscle soreness and the impact on athletic performance: a review. *J Appl Sport Sci Res*, 6 (3): 135-41.
- Stauber, W. (1989). Eccentric action of muscles: physiology, injury and adaptation. *Exercise and sport science reviews. Baltimore (MD): Williams and Wilkins*, 157-86.
- Sydney-Smith M, Q. B. (1992). Delayed Onset Muscle Soreness: Evidence of Connective Tissue Damage, Lipid Peroxidation and Altered Renal Function After Exercise. *National Sports Research Centre*.
- Talag, T. (1973). Residual muscle soreness as influenced by concentric, physioeccentric, and static contractions. *Res Q*, 44: 458-69.
- Tomchak, E. L. (2015). Estudio transversal experimental sobre los efectos de tecarterapia en puntos gatillo. Argentina : Repositorio Institucional del Instituto Universitario de Ciencias de la Salud - Fundación H. A. Barceló 12 paginas.
- Torres, R. R. (2012). Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 101-114.
- Torres, R. R. (2012). Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. . *Physical Therapy in Sport*, 13(2), 101-114.
- Tramunt, M. S. (2007). Los estiramientos: apuntes metodológicos para su aplicación. *Aloma: revista de psicologia, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna*, (21), 203-221.
- Tranquilli C, G. G. (s.f.). La hipertermia INDIBA (Transferencia Eléctrica Capacitiva-resistiva) en Medicina Deportiva Traumatología Rehabilitación. *La hipertermia INDIBA (Transferencia Eléctrica Capacitiva-resistiva) en Medicina Deportiva Traumatología Rehabilitación*.

- Tranquilli C., G. G. (2009). Studio multicentrico con Tecarterapia® nelle patologie da sport. *Istituto di Medicina dello Sport Federazione Italiana Giuoco Calcio*.
- Van Wyk, D. V. (2009). Recovery strategies implemented by sport support staff of elite rugby players in South Africa. *South African journal of physiotherapy*, 65(1), 41-46.
- Vanin, A. D.-J. (2016). Pre-Exercise Infrared Low-Level Laser Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans, What is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo controlled clinical trial. *Photomedicine and laser surgery*, 34(10), 473-482.
- Verdezoto, F. R. (2014). La preparación física general y su incidencia en el rendimiento físico de los futbolistas de liga deportiva cantonal de píllaro. *Universidad Técnica De Ambato, Tesis para optar al grado de ciencias de la educación*.
- Walsh B, T. M. (2001). Effect of eccentric exercise on muscle oxidative metabolism in humans. *Med Sci Sports Exerc* , 33 (3): 436-41.
- Warburton D.E, C. W. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian medical association journal*, 174(6), 801-809.
- Warburton, D. E. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian medical association journal*, 174(6), 801-809.
- Wiereszen, N. (2005). Inmunidad en el deporte. Inmunología celular. *Programa de Doctorado en Fisiología. Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea*.
- Yokota Y, Y. T. (2017). Effect of Capacitive and Resistive Electric Transfer on Tissue Temperature, Muscle Flexibility, and Blood Circulation. *Journal of Novel Physiotherapies* 7: 325, Pages 1-7.

Anexo 1



¡TE INVITAMOS!

Participa de nuestra tesis
"Efecto de TR therapy ® en el manejo de DOMS (delayed onset muscle soreness) luego de un ejercicio excéntrico, medido con Yo-Yo test en sujetos sanos de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación" sólo debes ser alumno de la UMCE y tener entre 18 y 25 años...

Contáctanos al correo daulac@unimetro.edu.ve o al whatsapp +56942615551



MEDICIONES AQUÍ, EN TU PROPIO CAMPUS

REQUISITOS

TENER ENTRE 18 Y 25 AÑOS

REALIZAR ACT. FÍSICA 3 VECES A LA SEMANA

CONTÁCTANOS SOMOS ESTUDIANTES DE KINESIOLOGÍA 5TO AÑO

ABRIL Y MAYO 2017

PARTICIPA EN NUESTRA TESIS

"Efecto de TR therapy ® en el manejo de DOMS (molestia muscular post ejercicio) luego de un ejercicio excéntrico, medido con Yo-Yo test en sujetos sanos de la UMCE"

WHATSAPP
+569 42615155
+569 78081481

Anexo 2



Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Facultad de Artes y Educación Física
Departamento de Kinesiólogía

"Efecto de TR therapy® en el manejo de DOMS (delayed onset muscle soreness) luego de un ejercicio excéntrico, medido con Yo-Yo test en sujetos sanos de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

Ficha de Ingreso

Antecedentes generales

Nombre			
Rut		N° muestra	
Edad		N° celular	
Carrera		N° caso de emergencia	
Año en curso		Sexo	F / M
Comorbilidades		Consentimiento aceptado	
Medicación		Dominancia	
Deporte		Talla	
Peso		IMC	

GRUPO DE ESTUDIO: [1] [2] [3]

Pruebas Iniciales

- Test de actividad física:
Fecha:
Resultado:
- Yo-yo test intermitente nivel 1 (BA SAL)
Fecha:

Resultados
metros:
minutos:

Mediciones

- EVA
Fecha inicio: / /

Día 1 (Eva luego de protocolo excéntrico)

Día 1 (Luego de aplicación de técnica)

Día 2 (A la llegada)

Día 2 (Luego de la aplicación de la técnica)

Día 3 (A la llegada)

Día 3 (Luego de aplicación de la técnica)

Día 5 (Medición de EVA a llegada)

Día 5 (EVA luego de yoyo)

- Yo-yo test intermitente nivel 1 (Post)
Fecha:
Resultados

Anexo 3

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ)

Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo/a en los últimos 7 días. Le informamos que este cuestionario es totalmente anónimo.

Muchas gracias por su colaboración

1.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos realizo actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, ejercicios hacer aeróbicos o andar rápido en bicicleta?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física intensa (pase a la pregunta 3)	<input type="checkbox"/>
2.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>
3- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días hizo actividades físicas moderadas tales como transportar pesos livianos, o andar en bicicleta a velocidad regular? No incluya caminar	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física moderada (pase a la pregunta 5)	<input type="checkbox"/>
4.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física moderada en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>
5.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó por lo menos 10 minutos seguidos?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna caminata (pase a la pregunta 7)	<input type="checkbox"/>
6.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>
7.- Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día hábil?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>

Anexo 4



UNIVERSIDAD METROPOLITANA
DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



CONSENTIMIENTO INFORMADO

Intervención con transferencia eléctrica capacitiva (TRTherapy ®) en estudiantes de la UMCE.

Usted ha sido invitado(a) a participar en el estudio "Efecto de TR therapy ® en el manejo de DOMS (molestia muscular post ejercicio) luego de un ejercicio excéntrico, medido con Yo-Yo test en sujetos sanos de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación", a cargo de los estudiantes tesistas, Dominique Jazme, Daniela Ossandón y Nicolás Ortega, y del profesor guía Mauricio Venegas de la Paz, de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

El objetivo principal de este trabajo es determinar el efecto de la TR therapy ® sobre rendimiento y el DOMS en estudiantes de la UMCE sometidos a un protocolo de ejercicio excéntrico.

Si acepta participar en este estudio requerirá realizar un yoyo-test, un protocolo de ejercicio excéntrico, la escala visual análoga (EVA), responder una encuesta de actividad física y según la aleatorización realizar la aplicación de una terapia de radiofrecuencia teledirigida (TR therapy ®) o protocolo de elongaciones, que tiene por objetivo medir la funcionalidad en cuanto al desempeño físico, en el caso del yoyo-test, que es una prueba de campo medida en metros; el protocolo de ejercicio excéntrico que tiene como objetivo simular los efectos del DOMS en el sujeto y consiste en la realización de una serie de ejercicios que promueve la activación excéntrica del músculo cuádriceps; la escala visual análoga que tiene como objetivo cuantificar la variable molestia medida en centímetros (0-10 cm) según una recta donde el paciente indica con una línea la severidad de la molestia; la encuesta de actividad física teniendo como fin el conocer el nivel de actividad física del sujeto; la terapia de radiofrecuencia teledirigida (TR therapy ®), dispositivo que genera un campo electromagnético con efectos térmicos y atérmicos, utilizada con el fin de disminuir los efectos del DOMS en los sujetos y por último el protocolo de elongaciones que tiene como objetivo comparar los efectos que produce este contra los de la terapia de radiofrecuencia teledirigida y que consiste en una pauta de elongación de la musculatura de miembro inferior que se utiliza los 7 días posteriores al ejercicio, durante 3 semanas.

Esta actividad se efectuará de manera personal, en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación campus Joaquín Cabezas y el tiempo estipulado de ella es de 180 minutos aproximadamente.

Además tendrá el derecho a no responder preguntas si así lo estima conveniente

La totalidad de la información obtenida será de carácter confidencial, para lo cual los informantes serán identificados con código, sin que la identidad de los participantes sea requerida o escrita en el estudio a participar. Los datos recogidos serán analizados en el marco de la presente investigación, su presentación y difusión científica será efectuada de manera que los usuarios no puedan ser individualizados.

Su participación en este estudio no le reportará beneficios personales, no obstante, los resultados del trabajo constituirán un aporte al conocimiento en torno a la utilización de nuevas herramientas como intervención terapéutica en el área de la fisioterapia.

Campus Macul | Av. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago

Teléfono: (56-2) 22412441 | Fax: (56-2) 22412699 | Correo electrónico: direccion.investigacion@umce.cl
Sitio Web <http://www.umce.cl/index.php/direccion-investigacion-comite-de-etica>



**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN



Si tiene consultas respecto de esta investigación, puede contactarse con el profesor guía Mauricio Venegas de la Paz al teléfono 88075118 o a su correo electrónico institucional mauricio.venegas@umce.cl

Para cualquier duda que se presente o si vulneran sus derechos puede contactarse con el Comité de Ética de la Universidad de Santiago de Chile a teléfono: 2-27180293 o al correo electrónico comite.deetica@usach.cl.

Su participación es totalmente voluntaria y podrá abandonar la investigación sin necesidad de dar ningún tipo de explicación o excusas y sin que ello signifique algún perjuicio o consecuencia para usted.

Por medio del presente documento declaro haber sido informado de lo antes indicado, y estar en conocimiento del objetivo del estudio Efecto de TR therapy ® en el manejo de DMS (delayed onset muscle soreness) luego de un ejercicio excéntrico, medido con Yo-Yo test en sujetos sanos de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Manifiesto mi interés de participar en este estudio y declaro que he recibido un duplicado firmado de este documento que reitera este hecho.

Acepto participar en el presente estudio

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Anexo 5

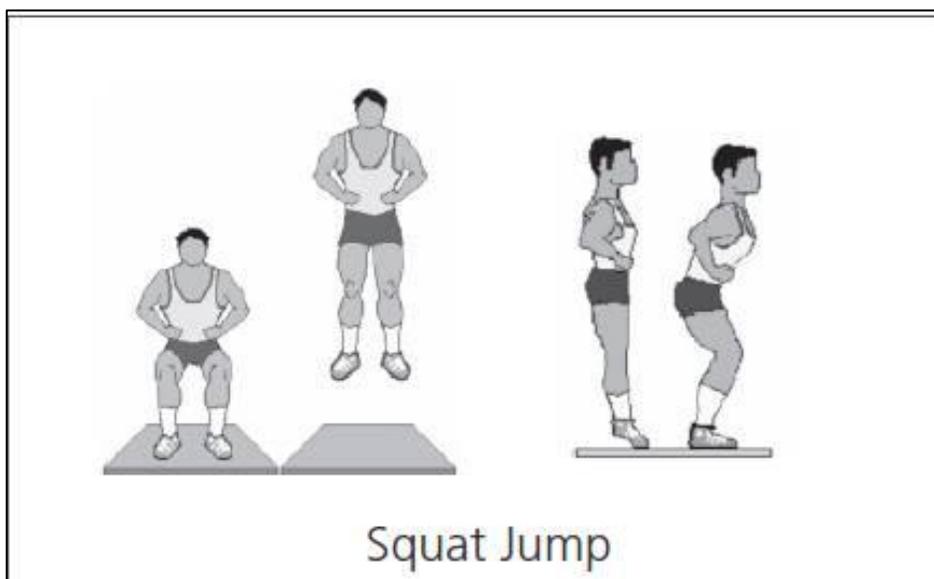


Anexo 6

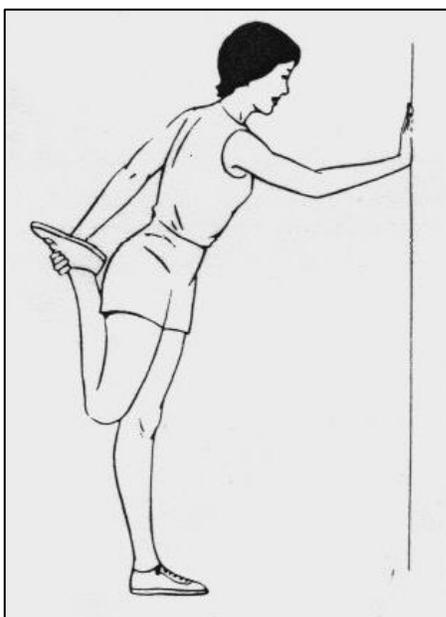
NIVELES YO-YO TEST DE RECUPERACIÓN INTERMITENTE NIVEL I

Nivel	Etapa de Velocidad	Repetición en cada nivel	Nivel de Velocidad	Velocidad (km/hr)	Distancia Acumulada (m)
1	1	1	5	10.0	40
2	2	1	9	12	80
3	3	1	11	13.0	120
4	3	2	11	13.0	160
5	4	1	12	13.5	200
6	4	2	12	13.5	240
7	4	3	12	13.5	280
8	5	1	13	14.0	320
9	5	2	13	14.0	360
10	5	3	13	14.0	400
11	5	4	13	14.0	440
12	6	1	14	14.5	480
13	6	2	14	14.5	520
14	6	3	14	14.5	560
15	6	4	14	14.5	600
16	6	5	14	14.5	640
17	6	6	14	14.5	680
18	6	7	14	14.5	720
19	6	8	14	14.5	760
20	7	1	15	15.0	800
21	7	2	15	15.0	840
22	7	3	15	15.0	880
23	7	4	15	15.0	920

Anexo 7

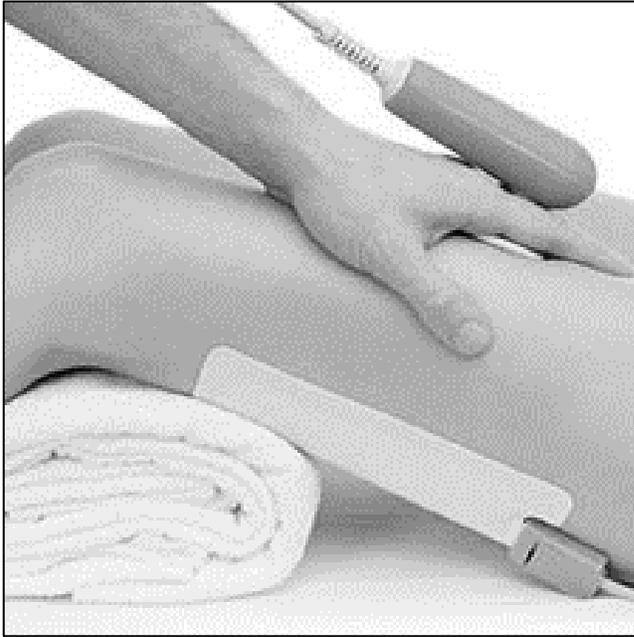


Anexo 8



Anexo 9

EFFECTO DE LA TR TERAPIA ® SOBRE EL DOLOR Y EL RENDIMIENTO LUEGO DE UN PROTOCOLO DE INDUCCIÓN DE DOLOR MUSCULAR DE INICIO TARDÍO (DOMS) EN SUJETOS ACTIVOS FISICAMENTE DE LA UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



Anexo 10

