



UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
FACULTAD DE ARTES Y EDUCACIÓN FÍSICA
DEPARTAMENTO DE KINESIOLOGÍA

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiólogía de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

"Proyecto MYS 02/2013, aprobado y financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

Tesis para optar al grado de licenciado en kinesiólogía

Tesistas: Álvaro Olivares Valenzuela
 Diego Zamorano Olivares

Profesor guía: Klgo. Mauricio Venegas De La Paz

Profesor patrocinante: Klgo. Jair Burboa Gonzalez

Santiago, Mayo de 2014

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primero que todo a nuestras familias, por su apoyo incondicional durante nuestra estadía en la universidad, por comprender las largas noches de estudio, y las caras de sueño sobre todo en esta etapa final durante la realización de este proyecto de tesis. Sin ustedes todo esto hubiese sido imposible y desde ya les estaremos eternamente agradecidos.

También agradecer a nuestro profesor guía Mauricio Venegas De La Paz, quién se la jugó por nosotros, nos apoyó y acompañó en los momentos más difíciles de este proyecto y siempre tuvo la mejor disposición para compartir con nosotros sus experiencias y conocimientos. También al profesor patrocinante Jair Burboa Gonzalez quién siempre tuvo la mejor disposición para ayudarnos con aspectos de la kinesiología deportiva y además realizar los contactos con las personas de TANYX®. No queremos dejar de mencionar al profesor Antonio López quién nos ayudó en la definición y en todos los aspectos de la metodología de este estudio.

Finalmente agradecer a cada uno de los participantes de este estudio, quienes desinteresadamente participaron. Sin ustedes, la realización de esta tesis hubiese sido imposible.

Álvaro Olivares Valenzuela

Diego Zamorano Olivares

Mayo, 2014

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
ABREVIATURAS	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Pregunta de investigación	14
1.3. Justificación.....	14
2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Rendimiento deportivo	16
2.1.1. Formas de medición de rendimiento deportivo.....	17
2.2. El Yo-Yo Test.....	18
2.2.1. Respuestas fisiológicas en el Yo-Yo test de Recuperación Intermitente.....	19
2.2.2. Reproducibilidad del Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente	20
2.2.3. Rendimiento y aplicaciones del Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente en distintos deportes	21
2.3. Dolor.....	22
2.3.1. Dolor muscular de aparición tardía: Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) ..	23
2.3.1.1. Formas de producción.....	24
2.3.1.2. Efectos del DOMS en el rendimiento físico	26
2.3.1.2.1. Percepción de discapacidad funcional	26
2.3.1.2.2. Cinemática articular	26
2.3.1.2.3. Fuerza y potencia.....	27
2.3.1.2.4. Patrones de reclutamiento alterados.....	27
2.4. Métodos de recuperación post-esfuerzo.....	28
2.4.1. Métodos de recuperación activa	29
2.4.1.1. Ejercicio físico de baja intensidad	29
2.4.1.1.1. Ejercicio aeróbico de baja intensidad	30
2.4.1.1.2. “Warm up” y “cooldown” (calentamiento previo y vuelta a la calma).....	31
2.4.1.2. Elongaciones.....	32
2.4.2. Métodos de recuperación pasiva	34
2.4.3. Medidas fisioterapéuticas	35
2.4.3.1. Masoterapia	35
2.4.3.2. Crioterapia	36
2.4.3.3. Electroterapia.....	38
2.4.3.3.1. La electro-analgésia	38
2.4.3.3.3. Mecanismos fisiológicos de la TENS	40
2.4.3.3.4. Precauciones y contraindicaciones de la electroterapia.....	42
2.4.3.3.5. Equipos de electroterapia: desarrollo de TANYX®	43

2.4.3.3.6.	Evidencia clínica de la TENS	44
2.4.3.3.7.	TENS y respuesta placebo	45
2.4.3.3.8.	TENS y recuperación post-esfuerzo.....	46
2.4.4.	Uso de Fármacos para recuperación post-esfuerzo	48
2.4.5.	Recuperación post-esfuerzo en el fútbol y utilización de terapias combinadas ...	50
2.5.	Mediciones de dolor	52
2.5.1.	Métodos de medición de dolor.....	52
2.5.2.	Escalas semánticas o cuestionarios de dolor.....	52
2.5.3.	Escalas numéricas y visuales: La escala visual análoga y medición de DOMS ..	53
3.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.1.	Objetivo general.....	55
3.2.	Objetivos específicos	55
4.	MARCO METODOLÓGICO.....	56
4.1.	Hipótesis de trabajo:	56
4.2.	Diseño de investigación	56
4.3.	Universo y población de estudio.....	56
4.3.1.	Población total:.....	56
4.3.2.	Criterios de inclusión	56
4.3.3.	Criterios de exclusión	56
4.3.4.	Selección de la muestra	57
4.3.5.	Grupos de estudio	58
4.3.5.1.	Grupo control	58
4.3.5.2.	Grupo experimental.....	58
4.4.	Definición de variables	58
4.4.1.	Electro-estimulación	58
4.4.2.	Rendimiento deportivo.....	58
4.4.3.	Dolor	58
4.4.4.	Nivel de actividad física	59
4.4.5.	Edad	59
4.4.6.	Género.....	59
4.4.7.	Índice de Masa Corporal (IMC).....	60
4.4.8.	Frecuencia Cardíaca	60
4.4.9.	Frecuencia Cardíaca de Trabajo.....	60
4.5.	Instrumentos de recolección de datos	60
4.6.	Procedimiento.....	61
4.6.1.	Día 1	61
4.6.2.	Día 2	62
4.6.3.	Día 3	62
4.6.4.	Otras consideraciones.....	63

4.7.	Análisis estadístico	67
5.	RESULTADOS.....	68
5.1.	Estadística Descriptiva.....	68
5.1.1.	Descripción muestra completa.....	68
5.1.2.	Descripción por grupos.....	70
5.1.3.	Normalidad de datos	73
5.2.	Ajuste de datos.....	74
5.3.	Estadística descriptiva con datos ajustados.....	75
5.3.1.	Descripción de la muestra con datos ajustados	75
5.3.2.	Descripción por grupos datos ajustados	76
5.3.3.	Normalidad datos ajustados	79
5.4.	Estadística inferencial	80
5.4.1.	Comparación de datos generales entre grupos.....	80
5.4.2.	Comparaciones por grupos	80
5.4.2.1.	Comparación respecto a dolor basal y dolor medido el día dos.....	80
5.4.2.2.	Comparación de rendimiento deportivo por grupos	83
5.4.3.	Comparación de rendimiento deportivo entre grupos	85
5.4.3.1.	Comparación rendimiento basal	85
5.4.3.2.	Comparación rendimiento final	86
5.4.4.	Comparaciones de dolor entre grupos.....	86
5.4.4.1.	Comparación de dolor del día dos entre grupos.....	86
5.4.4.2.	Comparación de dolor del día tres entre grupos.....	89
5.4.5.	Correlación entre variables dolor y rendimiento deportivo final.....	92
5.4.5.1.	Correlaciones respecto a la muestra.....	92
5.4.5.2.	Correlaciones por grupo	93
6.	DISCUSIÓN	94
7.	CONCLUSIONES.....	101
8.	REFERENCIAS.....	102
9.	ANEXOS.....	115
	ANEXO 1: Niveles Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 1	115
	ANEXO 2: Niveles Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 2	120
	ANEXO 3: Carta de aprobación comité de ética y Consentimiento informado	124
	ANEXO 4: Instrumental utilizado para las mediciones.	129
	ANEXO 5: Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 1.....	131
	ANEXO 6: Hoja mediciones de dolor en miembros inferiores.....	132
	ANEXO 7: Protocolo de sobrecarga física.	133
	ANEXO 8: Protocolo de recuperación física.....	134
	ANEXO 9: Manual Instructivo de uso de TANYX®.....	136
	ANEXO 10: Hoja de registro de mediciones generales.	138

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

ANEXO 11: Hoja de registro Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente nivel 1..... 140

RESUMEN

La mantención del rendimiento deportivo durante los períodos de entrenamiento y competencia tiene un rol fundamental. Actualmente se utilizan diversos métodos de recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo, pero la mayoría de ellos sin resultados significativos que respalden su efectividad. El objetivo de este estudio fue determinar si la electro-estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® tiene incidencia en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Se dispuso una muestra de 28 sujetos, dividiéndolos aleatoriamente en dos grupos. Se aplicó un protocolo de sobrecarga física y protocolos de recuperación post-esfuerzo a ambos grupos. Se realizaron mediciones de rendimiento deportivo con Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 1 en forma basal y a las 48 horas posteriores a la aplicación del protocolo de sobrecarga física. Se efectuaron mediciones de DOMS con Escala Visual Análoga tanto en reposo como en actividad; se midió en condición basal y a las 24 y 48 horas posteriores al protocolo de sobrecarga física. El grupo control recibió métodos de recuperación activa compuestos por ejercicio aeróbico de baja intensidad y elongaciones pasivas más TENS placebo. El grupo experimental recibió iguales protocolos de recuperación pero la TENS se realizó en forma efectiva. El grupo control en la prueba final de rendimiento logró un promedio de $365,50 \pm 205,60$ m y el grupo experimental un promedio de $410,79 \pm 190,11$ m, sin diferencias significativas entre ellos ($p= 0,4402$). Con respecto al DOMS a las 48 horas de aplicado el protocolo de sobrecarga física para dolor en reposo el grupo control reportó un promedio de $1,79 \pm 1,92$ cm y el grupo experimental un promedio de $2,6 \pm 2,53$ cm, sin diferencias significativas entre ellos ($p= 0,4872$). Con respecto al dolor en actividad a las 48 horas de aplicado el protocolo de sobrecarga física, el grupo control reportó un promedio de $5,06 \pm 2,98$ cm y el grupo experimental un promedio de $4,31 \pm 2,78$ cm, sin diferencias significativas entre ellos ($p= 0,5169$). En conclusión el uso de la TENS realizada con TANYX® incluida en un protocolo de recuperación física tradicional, no genera beneficios en cuanto a la recuperación del rendimiento deportivo posterior a un esfuerzo físico.

Palabras clave: DOMS, TENS, TANYX, Yo-Yo Test.

ABSTRACT

The maintenance of sports performance during periods of training and competence has a fundamental role. Currently different recovery post exercise methods of physical performance were used, but the majority of them without significant results supporting its effectiveness. The aim of this study was to determine if the transcutaneous electrical nerve stimulation performed with TANYX has impact on the recovery of physical performance regeneration measured with Yo-Yo Test in students of kinesiology of the Metropolitan University of Educational Sciences. Provided a sample of 28 subjects dividing them randomly into two groups. Physical stress protocol and recovery methods were applied. Measures of athletic performance with Yo-Yo intermittent recovery test level 1 at baseline and 48 hours after application of physical stress protocol were performed. DOMS measurements were performed with visual analog scale at rest and on activity and also was measured in basal conditions and at 24 and 48 hours after physical overload protocol. The control group received active recovery methods consist of low-intensity aerobic exercise and passive stretching over placebo TENS. The experimental group received equal recovery protocols but the TENS was performed effectively. The control group in the final performance test achieved a mean of 365.50 ± 205.60 m and the experimental group a mean of 410.79 ± 190.11 m, without significant differences between them ($p= 0.4402$). Concerning to DOMS for rest pain at 48 hours after application of the stress physical protocol, the control group reported a mean of 1.79 ± 1.92 cm, and a mean of 2.6 ± 2.53 cm for the experimental group, without significant differences between them ($p= 0.4872$). Respect to pain in activity at 48 hours of applied physical stress protocol, the control group reported a mean of 5.06 ± 2.98 cm, and a mean of 4.31 ± 2.78 cm for the experimental group, without significant differences between them ($p = 0.5169$). In conclusion the use of TENS performed with TANYX included in a traditional physical recovery protocol, does not generate benefits in terms of the athletic performance recovery after a physical effort.

Keywords: DOMS, TENS, TANYX, Yo-Yo Test.

ABREVIATURAS

- DOMS: Delayed onset muscle soreness (dolor muscular de origen tardío).
- EVA: Escala visual análoga.
- TENS: transcutaneous electrical nerve stimulation (electroestimulación nerviosa transcutánea).
- VO₂ máx: Consumo máximo de oxígeno.
- YYRI: Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente.
- YYRI1: Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente nivel 1.
- YYRI2: Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente nivel 2.

1. INTRODUCCIÓN

El ejercicio de alta intensidad genera desgaste físico en los deportistas, una de las manifestaciones de esto es el dolor muscular de origen tardío (DOMS) que se relaciona con una disminución en el rendimiento deportivo posterior a la realización de ejercicio. En la actualidad se utilizan diferentes formas de favorecer la recuperación fisiológica del músculo con el fin de lograr el alivio del DOMS y más allá de eso la recuperación del rendimiento físico; dentro de las medidas más utilizadas se tienen métodos de recuperación activa como son el ejercicio aeróbico de baja intensidad y elongaciones; métodos pasivos como son el descanso y el dormir; y finalmente medidas fisioterapéuticas que incluyen comúnmente electro-estimulación, crioterapia y masaje (Rey, 2012; Rey, Lagos-Peñas, Casáis & Lago-Ballesteros, 2012). No obstante también se utilizan medidas ergo nutricionales y el uso de algunos fármacos para aliviar el dolor y atenuar el daño muscular (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). La mayoría de estas intervenciones se han asociado a disminuciones en la percepción del dolor pero no existe evidencia contundente y concluyente acerca de cómo estas variables afectan al rendimiento deportivo en la recuperación post-esfuerzo.

Los avances en medicina deportiva han permitido el desarrollo de un sistema de aplicación de electro-estimulación desechable TANYX® el cual dentro de sus ventajas presenta un bajo costo, una fácil aplicación y que no requiere de una experticia de parte de quien lo usa. Este dispositivo funciona través de la electro-estimulación nerviosa transcutánea (TENS) que produce dentro de sus efectos el alivio del dolor por medio de la estimulación de diferentes fibras nerviosas y sus efectos a nivel medular y a nivel del sistema nervioso central. Por otro lado la recuperación post-esfuerzo de los deportistas ha tomado gran importancia debido a las implicancias que puede tener esto en cuanto a la mantención de un óptimo rendimiento físico a lo largo de la temporada de competencia, de esta forma los métodos usados para mejorar el rendimiento posterior al esfuerzo se transforman en un punto esencial del entrenamiento deportivo.

Existen métodos para evaluar el rendimiento deportivo validados para deportes específicos como es el caso del Yo-Yo Test Recuperación Intermitente (YYTRI) para el fútbol; y a su vez se han diseñado protocolos de inducción de DOMS que reproducen la sensación generada al realizar deportes específicos de alta exigencia. Es por esto que surge la intención de investigar si efectivamente el dispositivo TANYX® al disminuir la percepción

del dolor puede beneficiar el rendimiento post-ejercicio. Se propone la utilización de un protocolo de sobrecarga física en estudiantes de la carrera de Kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, principalmente porque esta población no se vería afectada de manera importante al percibir DOMS, ya que en el caso de incluir deportistas profesionales esta inducción interferiría en su rendimiento físico el cuál es un aspecto esencial para su desempeño deportivo y profesional. Por tanto la idea de conocer si la TENS realizada con el dispositivo TANYX®, tendría un efecto beneficioso en cuanto al rendimiento deportivo posterior al ejercicio, adquiere importancia para fines investigativos en este trabajo.

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el deporte en forma profesional ha tenido un desarrollo importante, las demandas y exigencias físicas se hacen cada vez más grandes y el nivel competitivo es cada vez más alto, lo que produce que las investigaciones actuales se enfoquen en estos puntos (Rey, 2012). Uno de los aspectos más problemáticos en el deporte profesional es que el rendimiento de los deportistas se ve afectado por distintos motivos como lo prolongadas que son las temporadas de competencia y la cercanía entre los entrenamientos y competencias profesionales que tienen semanalmente los deportistas, lo que a su vez genera que tengan periodos de descanso y recuperación muy cortos (Rey, 2012). Esta sobrecarga o desgaste físico se manifiesta de variadas formas, como disminución de la fuerza muscular, disminución de la resistencia, aumento de probabilidad de lesiones e incluso DOMS (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). Para tratar de mermar estos efectos deletéreos del rendimiento se han probado y utilizado variadas medidas terapéuticas como es el caso del ejercicio aeróbico de baja intensidad, las elongaciones, fármacos y medidas fisioterapéuticas como masajes, hielo y electroterapia (Torres, Ribeiro, Duarte & Cabri, 2012) . En la actualidad no existe consenso sobre el tipo de intervención más adecuada para la recuperación física y que muestre mayores beneficios para el rendimiento del deportista.

1.2. Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la electro-estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANIX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación?

1.3. Justificación

La evidencia científica acerca de los métodos de recuperación física asociados a la práctica deportiva es aún confusa, no se ha demostrado que un método, ni tampoco la combinación de varios de ellos genere efectivamente una recuperación más acelerada del rendimiento deportivo posterior a un esfuerzo físico importante (Torres et al., 2012). Poder continuar el entrenamiento y la preparación deportiva lo más pronto posible y hacer que el proceso de recuperación fisiológica del deportista se vea favorecido, son factores determinantes del rendimiento deportivo a largo plazo (Reilly & Ekblom, 2005). Dentro de las medidas orientadas a beneficiar este proceso, la electroterapia y el ejercicio aeróbico han mostrado

resultados prometedores que además se relacionan con algunas manifestaciones importantes del desgaste y la sobrecarga física como es el DOMS (Denegar, Perrin, Rogol & Rutt, 1989; Law & Hebert, 2007; Olsen, Sjøhaug, Van Beekvelt & Mork, 2012 y Tessitore, Meeusen, Cortis & Caparunica, 2007). El desarrollo de nuevas tecnologías que se caractericen por su fácil uso, los escasos efectos colaterales y la posibilidad de reutilización; hacen más accesible el uso de herramientas terapéuticas que pudiesen beneficiar la recuperación fisiológica del organismo (TANYX®, 2013). Del mismo modo estos avances desarrollados con fines terapéuticos pueden carecer de sustento, lo que limita su uso en situaciones reales. Realizar investigación contemplando su aplicación puede esclarecer los potenciales beneficios de estas y además contribuir al desarrollo de líneas investigativas antes no exploradas que tendrán beneficio directo en el avance y el progreso de la kinesiología deportiva.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Rendimiento deportivo

El rendimiento deportivo es definido actualmente como una acción motriz cuyas reglas son fijadas por una institución deportiva, y que permite al sujeto, expresar sus potencialidades físicas y mentales (Billet, 2002). Además, se habla de rendimiento deportivo desde el momento en que se busca optimizar esta acción motriz, por medio de la interacción entre las capacidades de una persona y el ejercicio físico a realizar, sin importar el nivel (tanto de la persona como del ejercicio) en el que se ejecute (Billet, 2002).

Otra definición hecha por Grosser, Bruggemann y Zintl (1990), se basa en el punto de vista científico del entrenamiento, en un desglose del rendimiento deportivo que incluye cuatro perspectivas:

- Pedagogía del entrenamiento: la unión entre la realización y el resultado de la acción deportivo-motriz orientada bajo una norma sociológica establecida.
- Fisiología: la cantidad de energía transformada en un espacio-tiempo determinado.
- Física: el cociente entre el trabajo y el tiempo empleado en una tarea determinada.
- Psicología: la superación de tareas o test establecidas, y también, la consecución de capacidades cognitivas, emocionales, afectivas y psicomotrices específicas.

Se plantea también que el rendimiento deportivo está directamente influenciado por la interacción entre 2 componentes: capacidades y condiciones (Grosser, Bruggemann & Zintl, 1990).

Dentro del concepto de capacidades se encuentran la técnica y la condición física.

Técnica:

- Capacidades coordinativas generales: coordinación en actos motores gruesos, capacidad de adaptación, capacidad de aprendizaje, etc.
- Capacidades motrices: elementales como lo son los patrones motores básicos y deporte-específicas como lo son la técnica deportiva.

Condición Física:

- Capacidades de propiedades energéticas: fuerza y resistencia.
- Capacidades de propiedades coordinativas: velocidad y flexibilidad articular.
- Capacidades tácticas y cognitivas: estrategia durante la realización de un deporte específico.
- Capacidades psíquicas: fuerza de voluntad, motivación, actitud, temperamento entre otras.

Por otro lado dentro del concepto de condiciones se encuentran:

- Condiciones básicas: fijan los límites del rendimiento deportivo, como por ejemplo: el talento, la salud, constitución física, etc.
- Condiciones externas: clima, características del suelo, material deportivo, condiciones socioeconómicas, interacción con el entrenador y el cuerpo profesional, etc.

Basados en todos estos conceptos y su interacción es que actualmente se busca lograr incidir e influenciar en el rendimiento de un deportista estudiando a fondo cuales de estas aristas que conforman el rendimiento de un deportista se pueden mejorar (Grosser, Bruggemann & Zintl, 1990). Las formas para determinar las virtudes y las debilidades de un deportista han llevado a que se busquen formas para medir estas capacidades, pero cuando se habla de rendimiento deportivo se torna un poco más complejo porque está influenciado por muchos factores y además está determinado por el deporte específico, siendo uno de los tantos factores importantes en este punto, el determinar si el deporte corresponde a un deporte de tipo continuo como podría ser las carreras de resistencia en el atletismo o si corresponde a uno de tipo intermitente como el fútbol o el básquetbol (Grosser, Bruggemann & Zintl, 1990).

2.1.1. Formas de medición de rendimiento deportivo

El perfil y las demandas físicas de muchos deportes involucran el ejercicio de forma intermitente, como es el caso del fútbol o el básquetbol. Está bien establecido que deportes

como estos involucran una gran demanda física debido a la gran variedad de movimientos involucrados en su ejecución, como saltos, giros, derribos, trotes y piques a gran velocidad (Bangsbo, 1994). Es por esto que en estos deportes de corte intermitente, toma mucha importancia la capacidad aeróbica y anaeróbica de los deportistas, y a su vez poder evaluar esta condición, desde el punto de vista de la rehabilitación principalmente para personas con algunas enfermedades, y desde el punto de vista de buscar mejores rendimientos en deportistas profesionales o de elite (Bangsbo, Nørregaard & Thorsøe, 1991). Tradicionalmente, la capacidad de un atleta ha sido evaluada utilizando pruebas de ejercicio continuo, como el Test de Cooper, el Test Course-Naveta o pruebas de consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), sin embargo su relevancia en los deportes intermitentes ha sido cuestionada (Bangsbo, Iaia & Krstrup, 2008). Liderando el desarrollo de pruebas enfocadas en deportes intermitentes encontramos el Yo-Yo Test, creado por el danés Jeans Bangsbo, el cual se basa en el Course-Naveta o Test Légger pero modificando características de velocidad y período de descanso dando como resultado una prueba con tres modalidades distintas (resistencia, resistencia intermitente y recuperación intermitente) y tres niveles para cada una (Bangsbo, Iaia & Krstrup, 2008).

2.2. El Yo-Yo Test

El Yo-Yo Test consiste en realizar una carrera a máxima velocidad (pique o sprint) en una pista, la cual posee una zona de carrera en velocidad de 2 x 20 metros y una zona de pausa activa de 5 metros (Figura 1). El participante debe correr desde la zona de salida y cubrir la zona de 2 x 20 metros siguiendo una pista de audio la cual le va avisando por medio de señales que está cumpliendo el tiempo de llegada presupuestado y una vez que vuelve a la zona de salida, viene el periodo de recuperación, el cual consiste en recorrer en 10 segundos 5 metros de ida y vuelta caminando rápido. Este periodo de 10 segundos de recuperación no varía durante toda la prueba, en cambio, el tiempo que tiene el participante para cubrir la zona de la carrera (zona de 2 x 20 metros) va disminuyendo a medida que el participante se mantiene realizando la prueba, por ende la velocidad a la que correrá el participante va aumentando. Este aumento es progresivo y está protocolizado para los dos niveles del YYTRI, el nivel 1 y el nivel 2. (Ver anexo 1 y 2). Cuando el participante llegue después que la señal del audio a la marca de la pista se le dará una primera advertencia, y a la segunda vez que no llegue se finalizará la prueba, tomando como final, el punto exacto en la pista en la cual abandonó, el cual debe ser medido (Bangsbo, Iaia & Krstrup, 2008). El nivel 1 parte en una velocidad baja con incrementos más moderados en la velocidad que

el nivel 2. Para una persona entrenada, el nivel 1 dura aproximadamente entre 10 a 20 minutos y se enfoca en la capacidad de resistencia del individuo, mientras que en el nivel 2, dura aproximadamente entre 5 a 10 minutos y se enfoca en la capacidad de realizar un ejercicio intenso repetido con una alta contribución del sistema de energía anaeróbico. Para una persona menos o poco entrenada el nivel 1 representa la mejor opción. El nivel 1, consiste en 4 vueltas a velocidades entre 10 y 13 Km/h y otras 7 vueltas a 13,5 y 14 Km/h, después de esto continúa la progresión aumentando 0.5 Km/h cada 8 vueltas (Krustrup, Mohr, Amstrup, Rysgaard, Johansen & Steensberg, 2003; Delahunt, Callan, Donohoe, Melican & Holden, 2013).

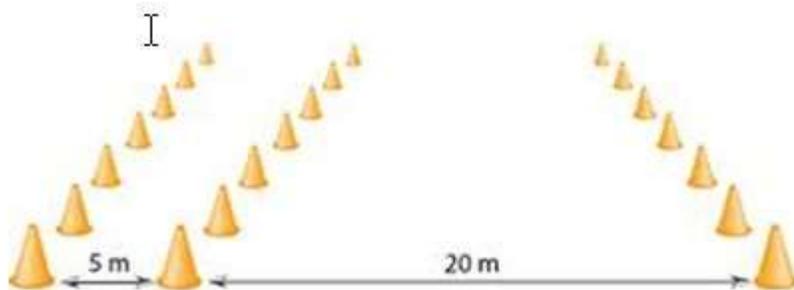


Figura 1. Pista Yo-Yo Test.

Nota. Fuente: <http://www.topendsports.com/testing/tests/yo-yo-intermittent.htm>

2.2.1. Respuestas fisiológicas en el Yo-Yo test de Recuperación Intermite.

Como se ha descrito anteriormente, dentro de la modalidad del YYTRI existen 2 niveles en los cuáles se puede comenzar basado en el nivel del participante, por ende existen respuestas fisiológicas que han sido estudiadas para cada uno de estos niveles (Bangsbo, laia & Krustrup, 2008).

El ritmo cardíaco aumenta de forma progresiva en ambos test, aunque de forma más rápida en el nivel 2. Al final del nivel 1 y del nivel 2, los participantes lograron un porcentaje de 100 ± 1 y 99 ± 1 % en su frecuencia cardíaca respectivamente, respecto al peak de frecuencia cardíaca lograda en una prueba de esfuerzo donde los participantes alcanzaron su VO_2 máx. Tales mediciones podrían ser útiles en la evaluación de la frecuencia cardíaca obtenidas durante el entrenamiento con Yo-Yo Test (Krustrup et al., 2003).

Ambos niveles del test estimulan de forma máxima al sistema aeróbico, la principal diferencia entre las dos pruebas es el grado de activación del sistema anaeróbico. A través de biopsias musculares y muestras de sangre recogidas antes, durante e inmediatamente después de las pruebas de YYTRI, se ha demostrado que el nivel de fosfocreatina al final del test fue menor en el nivel 2 que el obtenido en el nivel 1, que la tasa de utilización de la fosfocreatina en la primera y última fase del Yo-Yo Test, fue significativamente mayor en el nivel 2 que en el nivel 1, y que la concentración de lactato acumulado al final de la prueba fue mayor en el nivel 2 que el nivel 1. Después de realizados el nivel 1 y el nivel 2 del YYTRI, el glucógeno muscular se redujo sólo moderadamente (23% y 9%, respectivamente). Además, un número significativo de fibras musculares había reducido notablemente los niveles de glucógeno. Después del test nivel 1, el 14% de todas las fibras fueron calificadas como casi vacías o vacías en cantidad de glucógeno, que era diferente comparado antes de la prueba (6%) (Bangsbo, Nørregaard & Thorsøe, 1992). La disminución de glucógeno muscular en algunas fibras puede contribuir al desarrollo de la fatiga, por lo tanto, los estudios que utilizan manipulación de la dieta previo a la realización de este tipo de test, han demostrado que la disminución del glucógeno muscular podría desempeñar un papel significativo en el desarrollo de la fatiga durante el ejercicio repetitivo intenso (Bangsbo, Nørregaard & Thorsøe, 1992).

2.2.2. Reproducibilidad del Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente

Diversos estudios han evaluado la reproducibilidad del Yo-Yo test, como en un estudio de Krstrup et al. (2003), donde se encontró que el resultado del Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente nivel 1 (YYTRI1) fue el mismo al repetirlo una semana después (1867 ± 72 vs 1880 ± 89 m). En otro estudio, Thomas, Dawson y Goodman (2006), encontraron que la medida de la confiabilidad del YYTRI1, medida en 16 sujetos de forma recreativa, daba como resultado un coeficiente de correlación (r) de 0,95 ($p < 0,01$) con un coeficiente de variación de 8,7%. Para el Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente nivel 2 (YYTRI2), Krstrup et al. (2003), no encontraron diferencias en los resultados de este test medido en los mismos sujetos con una diferencia de una semana (688 ± 46 y 677 ± 47 m; $p > 0.05$; $n = 29$). La diferencia intra-individuo en el test fue de en promedio 1 ± 12 m con un coeficiente de variación de 9,6%. De forma similar, Castagna, Impellizzeri, Rampinini, D'Ottavio y Manzi (2008), observaron un coeficiente de variación de 7,1% basado en el resultado de tres YYTRI2 de 12 jugadores juveniles de básquetbol (590 ± 46 , 547 ± 38 y 567 ± 33 m).

2.2.3. Rendimiento y aplicaciones del Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente en distintos deportes

Desde su introducción, el Yo-Yo Test ha sido utilizado extensamente en el ámbito deportivo para distintos fines como el comparar rendimientos de distintos equipos, diferenciar el rendimiento en las distintas posiciones de un equipo, ver cambios en el rendimiento en base a diversos tipos de entrenamiento y también de aplicaciones de medidas recuperativas (Bangsbo, laia & Krstrup, 2008). Dentro de los deportes en los cuáles se ha utilizado encontramos el fútbol, fútbol sala, básquetbol, rugby, pruebas de atletismo, entre otras (Castagna et al., 2008; Krstrup, Mohr & Nybo, 2006; Souhail, Castagna, Mohamed, Younes & Chamari 2010; Veale, Pearce & Carlson, 2010)

Dentro de las aplicaciones para el fútbol se encuentran por ejemplo la capacidad del test para ver diferencias entre atletas de elite y atletas sub-elite como es el caso del estudio de Veale, Pearce y Carlson (2010), donde compararon el rendimiento de dos equipos de fútbol australianos, uno elite y uno sub-elite, donde encontraron diferencias estadísticamente significativas en el resultado YYTRI1 (grupo elite: 1930 ± 230 m, y grupo sub-elite: 1438 ± 335 m).

También en un estudio de Krstrup, Mohr y Nybo (2006), se evaluó la duración media correspondiente al test la cual fue de 14.7 ± 0.8 minutos. El recorrido promedio obtenido en el test por futbolistas profesionales fue de 1867 ± 72 m y en árbitros de fútbol daneses los valores del test fueron de 1308 m. Además en este estudio se observó que existían diferencias en el resultado del test dependiendo del puesto de cada futbolista en la cancha, es así como los defensas centrales obtuvieron el menor resultado (1919 ± 47 m) versus los volantes o carrileros del equipo que obtuvieron los resultados más altos (2241 ± 25 m) (Krstrup, Mohr & Nybo, 2006).

Por otro lado en el básquetbol, existen estudios como el de Castagna et al. (2008) en el cual se examinó la correlación del YYTRI1, donde a 22 jugadores de básquetbol se les sometió a distintas mediciones de pruebas específicas para básquetbol y se correlacionaron sus resultados con el YYTRI1 después de haberlos sometido a jugar un partido experimental, encontrándose correlaciones estadísticamente significativas entre el Yo-Yo Test y el VO_2 máx de forma positiva y negativa entre el Yo-Yo Test y el test line drill (test específico de básquetbol que consiste en recorrer trazos de la cancha caminando con

movimiento de marcha lateral), debido a que este se afectaba posterior a la realización del partido experimental (Castagna et al. 2008).

En el caso del hándbol encontramos estudios que buscan su validación para este deporte como es el caso del estudio de Souhail et al. (2010), en el cual se realizó la validación del YYTRI1 en un grupo de jugadores juveniles de la selección de Túnez, donde se encontró que el rendimiento del YYTRI1 (1831 ± 373 m) se relacionó significativamente ($r = 0,88$) con la distancia total del juego analizada a través de un software computacional (1921 ± 325 m), y además se analizaron los niveles de lactato después de un juego ($9,2 \pm 2,3$ mmol· L⁻¹) y después de realizado el YYTRI1 ($8,8 \pm 1,6$ mmol· L⁻¹) los cuales se correlacionaron de forma significativa ($r = 0.51$) (Souhail et al. 2010).

2.3. Dolor

Cada individuo aprende el significado de la palabra dolor a través de la experiencia personal; tiene múltiples causas, diversas características anatómicas y fisiopatológicas, y variadas interrelaciones con aspectos psicológicos y culturales. Esto hace que su definición sea difícil y que la terminología usada en relación al dolor sea fuente permanente de confusiones, entabando la comunicación y comparación de resultados. Dentro de las definiciones más importante se encuentra la de la Asociación Internacional Para el Estudio del Dolor (1994), que lo define como: "Una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada a daño real o potencial del tejido fino, o descrita en términos de tal daño (Martínez, Pastor y Sendra, 1998; Rodríguez, 2006).

Por otro lado, se encuentran diversas clasificaciones del dolor, las cuales incluyen aspectos de gravedad, origen, temporalidad entre otros, pero la más popular es la clasificación entre dolor agudo y dolor crónico (Martínez, Pastor y Sendra, 1998).

Dolor agudo: según Martínez, Pastor y Sendra (1998), se define como aquel que sigue a un daño, lesión o enfermedad, con evidencia de actividad nociceptiva, que es percibido por el sistema nervioso y que suele desaparecer con el tratamiento. Es de corta duración, representa una señal biológica de la posibilidad o extensión de una lesión y se acompaña de ansiedad y signos autonómicos (sudación, palidez, midriasis, taquipnea, taquicardia, entre otros).

Dolor crónico: es aquel que persiste durante un largo período de tiempo (más de 3 meses) o que se presenta más de tres veces en un año, además pierde su función biológica-

defensiva. Se asocia con modificaciones de la personalidad y depresión. No responde al tratamiento de una causa específica (enfermedad orgánica insuficiente o ausente) y ya no es un síntoma, pues se convierte en una enfermedad (Martínez, Pastor y Sendra, 1998).

2.3.1. Dolor muscular de aparición tardía: Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS)

La literatura describe que después del entrenamiento físico es muy común que se presente DOMS. Afecta principalmente a personas que, después de un período activo, continúan entrenando. Se ha demostrado que la forma más común de inducir DOMS es a través de actividades que incorporan un componente de contracción excéntrica (MacIntyre, Reid & McKenzie, 1995; Izquierdo, 2008).

La presencia de DOMS se caracteriza por una sensación de malestar que se desarrolla generalmente 24 - 48 horas después del ejercicio, con dolor muscular, inflamación y rigidez muscular que por lo general resulta en disminución del rango de movimiento, y en ocasiones presencia de debilidad muscular. El dolor se aprecia generalmente en la porción distal del músculo, debido a que es esta zona la que presenta mayor cantidad de receptores de dolor en el tejido conectivo de la región músculo-tendínea (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). La unión miotendinosa se caracteriza por una membrana que es continua, ampliamente plegada e interdigitada con las células musculares. La disposición oblicua de las fibras musculares justo antes de la unión miotendinosa reduce su capacidad para resistir elevadas fuerzas de tracción, dando como resultado, que el elemento de contracción de las fibras musculares en la unión miotendinosa, sea vulnerable a daños microscópicos (Cheung, Hume & Maxwell, 2003).

Por lo general, es un desorden autolimitado y no existe evidencia de deterioro muscular permanente en este tipo de la lesión. Si la persona se involucra en ejercicio intenso, sin embargo, puede presentarse la ruptura del músculo o rhabdomiolisis. La mayoría de los síntomas en DOMS se resuelven en un tiempo de seis días después del ejercicio (Kuipers, 1994; Von Perger, 1997).

2.3.1.1. Formas de producción

Muchas teorías se han propuesto para explicar la generación del DOMS ellas se basan en la acumulación de ácido láctico, espasmos musculares asociados a dolor, micro trauma en la fibra muscular, daño en el tejido conectivo, inflamación y extravasación de electrolitos y enzimas, pero a pesar de esto, no hay ninguna teoría que explique por si sola totalmente el fenómeno (Cheung, Hume & Maxwell, 2003).

La teoría de ácido láctico se basa en la suposición de que el ácido láctico se sigue produciendo posterior al cese del ejercicio (Scwhane, Hatrous & Johnson, 1983). En general, se piensa que la acumulación de productos tóxicos de desechos metabólicos causa un estímulo nocivo que afecta la percepción del dolor en una fase tardía. Sin embargo, esta teoría en gran medida ha sido rechazada debido a que el mayor grado de desechos metabólicos, se ha visto asociado a contracciones musculares concéntricas, las cuales no han podido dar lugar a sensaciones similares de dolor tardío (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). 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 (Scwhane, Hatrous & Johnson, 1983).

La teoría del espasmo muscular, está basada en que posterior a la realización de ejercicio excéntrico, la actividad muscular aumentaría debido a un espasmo tónico de las unidades motoras, esto produciría compresión de los vasos sanguíneos musculares, isquemia y acumulación de detritos celulares. Esto produciría un círculo vicioso ya que dichas sustancias irritarían los nervios provocando dolor y prolongando la condición de aumento de actividad muscular (Bobbert, Hollander & Huijing, 1986). Sin embargo, investigaciones que han utilizado electromiografía para medir la actividad muscular posterior a la realización de ejercicio excéntrico, han demostrado resultados contradictorios en los niveles de actividad muscular y además, poca relación entre el aumento de actividad muscular y los niveles de dolor post-ejercicio (Bobbert, Hollander & Huijing, 1986; Cheung, Hume & Maxwell, 2003).

La teoría del daño en el tejido conectivo examina el rol de este como tejido de protección de las fibras musculares (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). Este difiere según el tipo de fibra muscular ya que las fibras tipo 1 poseen una estructura de protección más robusta que

las fibras tipo 2, debido a esto, las fibras tipo 2 están más expuestas al daño inducido por estiramiento, además existe 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, 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 (Sydney & Quigley, 1992).

La teoría de la inflamación está basada en los hallazgos de células inflamatorias posterior a la realización de contracciones excéntricas (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). 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, Daniels & Divine, 1993; Gulick & Kimura, 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 (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). 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 (Kuipers, 1994). Esto además, provocaría que los nociceptores a nivel de tejido conectivo, fibras musculares, arteriolas, capilares y unión miotendinosa generaran 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; Von Perger, 1997). 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, Mills & Edwards, 1983).

2.3.1.2. Efectos del DOMS en el rendimiento físico

La presencia de DOMS además de las consecuencias que produce a nivel de tejidos, se condice con pérdida de fuerza muscular, alteraciones en la cinemática articular, modificaciones en la potencia, patrones musculares alterados, tendencia a fatiga y menor velocidad de movimiento articular. También es importante señalar, que el DOMS refleja el daño muscular que se produce durante el proceso de adaptación fisiológica de la construcción de músculos más grandes y fuertes (Cheung, Hume & Maxwell, 2003).

2.3.1.2.1. Percepción de discapacidad funcional

Estudios como el de Friend, Sjostrom y Ekblom (1981) señalan que independiente de los daños a nivel estructural y las alteraciones funcionales que se producen en el DOMS, existe un componente individual de discapacidad el cual se cree, está relacionado con un aspecto psicológico sumado a las alteraciones anatómicas y fisiológicas producidas, pero que existe muy poca investigación en este punto. Además señalan otro aspecto que pudiese estar afectado por el DOMS como es la propiocepción. Es así como en sujetos que han sido sometidos a realizar ejercicio excéntrico, posterior a este presentan alteraciones como disminución de la propiocepción articular, se cree que esto podría estar relacionado con el daño a nivel de receptores musculares o miotendinosos que se produce con el ejercicio excéntrico (Friend, Sjostrom & Ekblom, 1981).

2.3.1.2.2. Cinemática articular

El análisis cinemático de la marcha ha revelado diferencias significativas en la flexión dorsal y flexión plantar máximas durante la fase de apoyo, una reducción en el rango de flexión de rodilla en la fase de balanceo y la fase de apoyo y una reducción de la flexión de cadera en la fase de aterrizaje en atletas posterior a una carrera en descenso. La hipótesis de estas causas sería que esta disminución de rangos articulares sería una respuesta compensatoria

a la disminución de la capacidad de contracción de los músculos más afectados como por ejemplo el cuádriceps (Hamill, Freedson & Clarkson, 1991). Otros estudios como el de Jones, Newham y Clarkson (1987) han encontrado disminución del rango de movimiento en sujetos después de haber realizado ejercicio excéntrico repetitivo y ejercicio de contracciones excéntricas máximas voluntarias en flexión de codo, sin embargo han atribuido estas alteraciones a una acortamiento de las estructuras no contráctiles de los músculos como por ejemplo el tejido conectivo perimuscular o el de la unión miotendinosa.

2.3.1.2.3. Fuerza y potencia

Reducciones significativas en la fuerza y la potencia se han documentado en diversos estudios de DOMS, las cuales son más notorias en las acciones musculares excéntricas aunque también se encuentran en menor medida en contracciones concéntricas e isométricas (Padon & Quigley, 1997). Las reducciones en el peak de torque son más pronunciadas entre 24 a 48 horas posteriores a la inducción de DOMS y la duración de la reducción de la fuerza puede demorarse hasta 8 o 10 días en volver a su estado basal (Smith, 1992). Otro estudio como el de Yates y Armbruster (1990) reportó que la disminución del peak de torque producida por ejercicio de flexión de codo excéntrico isocinético fue de un 15% en comparación con el peak de torque basal, y que esta reducción se mantuvo hasta 7 días posteriores a la producción del DOMS. A pesar de estos datos del tiempo de recuperación de la fuerza o el peak de torque posterior a la inducción de DOMS, los estudios discrepan en este tiempo, lo cual podría explicarse porque los días en que se realizan las pruebas de fuerza o peak de torque, difieren en diversos estudios (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). Además, otros estudios han examinado los efectos deletéreos del DOMS sobre la fuerza y potencia, observando disminuciones en una repetición máxima, tasa de potencia en velocidad (medición que involucra el realizar un movimiento explosivo lo más rápido posible) y en sprint de 10 a 40 metros (Nguyen, Brown, Coburn, Judelson, Eurich, Khamoui & Uribe, 2009).

2.3.1.2.4. Patrones de reclutamiento alterados

Se ha observado que posterior a la realización de ejercicio excéntrico existen cambios en los patrones de reclutamiento muscular y en los patrones de secuencia de activación, sin embargo existen pocos estudios que evalúen estos efectos asociados a la aparición de DOMS (Cheung, Hume & Maxwell, 2003).

En general, los períodos de duración de los efectos del DOMS en el rendimiento deportivo aún no son del todo claros, pero dentro de los plazos que más se encuentran en los estudios están que las manifestaciones del DOMS en base a solamente el dolor muscular pueden durar entre 5 a 7 días (Cleak & Easton, 1992), y las disminuciones en el rendimiento físico y la vuelta a parámetros normales puede tardar desde 3 días hasta 2 semanas (Lewis, Ruby & Bush, 2012).

2.4. Métodos de recuperación post-esfuerzo

El ejercicio de alta intensidad o incluso el ejercicio que no se acostumbra practicar periódicamente puede causar daño muscular temporal, manifestándose especialmente como DOMS; asociándose además con disminución de la fuerza muscular, inflamación muscular y reducciones en el rango de movimiento articular (Torres et al., 2012). La base teórica que sustenta estos fenómenos es aún poco consistente y se atribuyen a estos causas metabólicas y alteraciones estructurales a causa del ejercicio (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). Se han llevado a cabo estudios para evaluar el beneficio potencial de variadas intervenciones terapéuticas en cuanto al alivio de los síntomas y también en relación a la recuperación del rendimiento físico específicamente en el área deportiva. Dentro de este contexto deportes de alta exigencia física a nivel profesional requieren complementarse con una buena recuperación física para los deportistas (Rey, 2012).

El fútbol contemporáneo es considerado un deporte de alta exigencia y de alta frecuencia competitiva, por lo que la capacidad para recuperar el rendimiento luego de los entrenamientos y partidos sucesivos se transforma en un determinante importante para el proceso de entrenamiento y competición (Reilly & Ekblom, 2005; Rey, 2012). Cada partido y cada entrenamiento puede significar un gran desgaste para el deportista que entre muchas variables y actividades incluye sucesivamente aceleraciones, desaceleraciones y saltos explosivos; lo que sumado al daño por contacto o roce durante el juego puede resultar en daño muscular. Las altas exigencias físicas y tiempos cortos de recuperación pueden tener grandes demandas sobre el sistema músculo-esquelético, sistema nervioso y sistemas metabólicos pudiendo causar efectos negativos sobre el rendimiento físico posterior y además aumentar el riesgo de lesiones (Reilly & Ekblom, 2005).

La recuperación post-esfuerzo se define como "recuperación del estado funcional del deportista una vez que concluye el trabajo físico, donde se restablecen las reservas energéticas y todas las sustancias que intervinieron durante la ejecución de la carga física,

así mismo quedan restablecidas las diversas funciones del organismo, se recupera la capacidad física de trabajo y se produce un incremento gradual de la misma. Esto también se conoce como ciclo de compensación” (Díaz y Carabeo, 2001).

La mayoría de las intervenciones orientadas a la recuperación física incluyen los tipos de modalidades más comunes como son la recuperación mediante técnicas activas, recuperación mediante técnicas pasivas, medidas nutricionales y farmacológicas; algunas de ellas también se complementan mediante herramientas fisioterapéuticas (Rey, 2012; Rey et al., 2012).

Dentro de las técnicas de recuperación activa se incluyen comúnmente el ejercicio aeróbico continuo y de baja intensidad, además las elongaciones musculares (Rey, 2012; Rey et al., 2012). Dentro de las técnicas pasivas las más comunes incluyen el descanso y el sueño (Rey, 2012; Rey et al., 2012). Las herramientas farmacológicas y nutricionales incluyen el uso de suplementos alimenticios y también el uso de anti-inflamatorios (Rey, 2012; Rey et al., 2012). Finalmente las herramientas fisioterapéuticas más utilizadas incluyen los masajes, crioterapia y electroterapia (Rey, 2012; Rey et al., 2012).

2.4.1. Métodos de recuperación activa

2.4.1.1. Ejercicio físico de baja intensidad

Los métodos de recuperación física activa incluyen comúnmente intervenciones como ejercicio aeróbico de baja intensidad, ejercicios acuáticos, métodos de calentamiento previo y vuelta a la calma antes y después del ejercicio y también entrenamiento de resistencia de intensidad baja y alta (Rey, 2012; Torres, Pinho, Duarte & Cabri, 2013). Lo que comúnmente se menciona en la literatura acerca de los efectos que estos tipos de intervenciones tendrían en el organismo y que beneficiarían la recuperación fisiológica estarían mediados por cambios en el flujo sanguíneo en la zonas afectadas, dados fundamentalmente por el aumento de la frecuencia cardíaca asociada al ejercicio, lo que evitaría el estancamiento venoso en los músculos después del ejercicio y así la acumulación de desechos metabólicos (Baldari, Videira, Madeira, Sergio & Guidetti, 2004; Tessitore, Meeusen, Cortis & Caparunica, 2007), favoreciendo la remoción de estas sustancias y toxinas que posiblemente se encontrarían en la zona a causa del daño muscular y procesos derivados del ejercicio; del mismo modo una mayor cantidad de nutrientes llegaría a la zona a causa de esta variación (Davis, Wood, Andrews, Elkind & Davis, 2008). Así, se verían favorecidos

los procesos de reparación y remodelación muscular. Por otro lado autores han mencionado que junto con estos efectos el ejercicio aeróbico generaría la liberación de endorfinas agregando un efecto analgésico beneficioso para los deportistas (Weerakkody, Whitehead, Canny, Gregory & Proske, 2001).

Dentro de los diferentes métodos de recuperación física activa, el trote continuo a diferentes intensidades ha sido utilizado como método convencional de recuperación física, así como también métodos de calentamiento previo y estrategias de vuelta a la calma posterior a la realización de ejercicio físico. Muchas de ellas se combinan también con otras modalidades como son elongaciones, electroterapia y también baños de inmersión; evidentemente todas ellas con diferentes resultados (Torres et al., 2012).

2.4.1.1.1. Ejercicio aeróbico de baja intensidad

En cuanto al ejercicio aeróbico propiamente tal, se han realizado ensayos para evidenciar la intensidad más beneficiosa para la recuperación física, un ensayo realizado por Tufano, Brown, Corburn, Tsang, Cazas y LaPorta (2012), intenta diferenciar los efectos de un programa de recuperación física aeróbica a diferentes intensidades en relación a la disminución del DOMS y la disminución de fuerza luego de un protocolo de inducción de DOMS. Los resultados mostraron que los valores de fuerza isométrica fueron menores y se mantuvieron constantes a la baja en los grupos de baja intensidad y el control, en cambio en el grupo de intensidad media (70% de la frecuencia cardiaca de reserva) no experimentó disminuciones significativas en fuerza y luego del tercer día los valores de fuerza aumentaron. Por tanto, el ejercicio aeróbico a intensidad media mostraría ciertos beneficios en cuanto a la recuperación de fuerza versus el ejercicio realizado a intensidades más bajas (Tufano et al., 2012).

Del mismo modo en un estudio publicado en el año 2007, Chen T., Chung, Chen L. y Wu se buscó determinar los efectos de un programa de recuperación física basado en trote a diferentes intensidades, particularmente a 40%, 50%, 60% y 70% del VO_2 máx, en cuanto a la disminución de DOMS en correlación con el daño muscular y fuerza. Luego del protocolo de inducción de DOMS y del trabajo recuperativo los resultados mostraron que para ningún valor hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos. En cuanto a la efectividad de la recuperación, no se comprobaron beneficios de trote a ninguna intensidad para ningún parámetro. Del mismo modo no se evidenciaron efectos negativos

del trote sobre la condición basal para ninguno de los parámetros controlados (Chen et al., 2007).

2.4.1.1.2. “Warm up” y “cooldown” (calentamiento previo y vuelta a la calma)

Además de las medidas anteriormente mencionadas, se plantean intervenciones orientadas a la prevención de daño músculo-esquelético asociado al ejercicio. El calentamiento previo o “warm up” evitaría la aparición de daño muscular y subsecuentemente el DOMS mediante un aumento de la temperatura del músculo, lo que aceleraría el metabolismo muscular y mejoraría la extensibilidad del tejido (Noonan, Best, Seaber, Garrett & Andrish, 1993).

En este sentido también se ha intentado implementar métodos para evitar el desgaste físico acumulado comenzando la recuperación incluso inmediatamente después de grandes esfuerzos físicos, medidas denominadas como intervenciones de “cooldown” o “vuelta a la calma” incluyendo este tipo de ejercicios submáximos, pero que aún no tienen sustento científico considerable (Dabedo, White & George, 2004).

Algunos autores han mencionado que las intervenciones de vuelta a la calma, con ejercicio aeróbico, disminuirían la aparición de DOMS al aumentar el flujo sanguíneo y favorecer la eliminación de desechos desde el músculo ejercitado (Olsen, et al., 2012).

En un ensayo clínico aleatorizado publicado por Olsen, Sjøhaug, Van Beekvelt y Mork (2012) se sometió a un grupo de 36 participantes a un protocolo de sobrecarga muscular tratando de provocar DOMS y luego se realizaron intervenciones recuperativas de calentamiento previo o de vuelta a la calma a una intensidad del 65% de la frecuencia cardíaca máxima estimada y además se integró un grupo control. Los resultados indican que el grupo que realizó el calentamiento previo reportó una menor disminución del umbral de dolor a las 24 y 48 horas posteriores al protocolo de sobrecarga muscular en comparación con los otros grupos, sin embargo esto no se complementa con la percepción subjetiva de dolor medida mediante EVA (Olsen et al., 2012). Se produce una disminución de la fuerza en los tres grupos, menor en los grupos experimentales en comparación con el control pero con valores no significativos estadísticamente. Se puede evidenciar que los métodos de calentamiento previo pueden atenuar la aparición de dolor según medición del umbral de dolor, no así la pérdida de fuerza y además con mayor efecto que los ejercicios de vuelta a la calma e intervenciones pasivas (Olsen et al., 2012).

En el mismo sentido en un ensayo clínico aleatorizado publicado en el año 2007 por Law y Hebert, en donde se sometió a 52 participantes a un protocolo de inducción de DOMS. Se dividieron los participantes en 4 grupos; un grupo control, un grupo que realizó un calentamiento previo que consistía en una caminata por 10 minutos, un grupo que realizó vuelta a la calma que también consistía en caminar y el último grupo que recibió ambas intervenciones. Se midió DOMS con EVA y los resultados indican que el grupo que realizó el calentamiento previo al ejercicio mostró valores de dolor muscular significativamente menores que el grupo control a las 48 horas de realizado el protocolo de sobrecarga física (Law & Hebert, 2007).

2.4.1.2. Elongaciones

La recuperación física y la recuperación de la función muscular propiamente tal se ha buscado también a través de las elongaciones musculares o técnicas de "*stretching*", en este sentido se han puesto en marcha diferentes intervenciones ya sean programas de elongaciones previamente a la realización de ejercicio, posteriormente a la realización de ejercicio físico y también elongaciones previo y posteriormente a la realización de actividad física (Torres et al., 2012). Se han implementado diferentes métodos no tan sólo considerando el momento de la realización de las elongaciones sino que también la cantidad de repeticiones y la periodicidad de las mismas; del mismo modo se han utilizado diversas técnicas de elongación muscular. Dentro de las más comunes encontramos las elongaciones estáticas (elongaciones mantenidas por 15 segundos de manera estática) y otras derivadas de técnicas de facilitación neuromuscular como son la contracción-relajación del músculo agonista (consiste en contraer el músculo en forma sostenida antes de aplicar la elongación) (Feland, Myrer & Merrill, 2001).

La tendencia a realizar este tipo de intervenciones ya sean orientadas a evitar lesiones, disminuir el dolor o tratar de potenciar el desempeño físico tienen sus bases en teorías antiguas y hoy algunas de ellas han perdido sustento. Principalmente se habla de que el ejercicio causaría el DOMS y que esto se asociaría posteriormente con espasmos musculares que de alguna manera dificultarían el flujo sanguíneo hacia la zona causando isquemia en el tejido muscular, generando dolor y espasmos futuros (De Vries, 1961). En cierta manera algunos autores (Herbert, De Noronha & Kamper, 2011) han desacreditado estas teorías, pero la práctica del "*stretching*" se ha mantenido en el tiempo como una de las intervenciones de recuperación más utilizadas. Sin embargo como se ha propuesto, el

dolor muscular de origen tardío se produce en parte por una elongación excesiva de los sarcómeros, de esta manera una elongación previa y posterior o también la práctica de elongaciones periódicas pudiese favorecer la longitud muscular y de esa manera evitar el sobre estiramiento provocado por la actividad muscular (Proske & Morgan, 2001).

En un estudio publicado en el año 2010 por Jamtvedt, Herbert, Flottorp, Odgaard-Jensen, Havelrud, Barratt, Mathieu, Burls y Oxman, orientado a observar los efectos de un programa de elongaciones previo y posterior a la práctica de actividad física vigorosa durante 12 semanas, se incluyeron 2377 adultos que realizaban actividad física en forma regular. Un grupo debía elongar en forma previa y posterior a la actividad física habitual, el otro grupo no realizaba elongaciones. Los resultados indicaron que si bien las elongaciones no muestran ventajas significativas en evitar el dolor o aliviar el dolor muscular, sí se muestran posibles ventajas en cuanto a la disminución de lesiones de tipo muscular, ligamentosa y tendinosas. Además muestra asociación significativa entre elongación y reducciones leves en la percepción de malestar físico posterior al ejercicio (Jamtvedt et al., 2010).

En el mismo sentido se han publicado otros ensayos clínicos, como el de Torres et al. (2013) en que se intenta evidenciar los efectos de las elongaciones realizadas una sola vez o en forma repetida sobre los marcadores indirectos de daño muscular asociado al ejercicio. Los resultados indican que el grupo que realizó elongaciones seriadas durante tres días mostró una rigidez muscular significativamente menor a las 24 y 48 horas post ejercicio, en comparación con las elongaciones realizadas una sola vez y la recuperación pasiva; aspecto que podría influenciar favorablemente el rendimiento físico posterior al esfuerzo físico (Torres et al., 2013).

Otro punto que se ha intentado establecer es la cantidad de repeticiones y tiempo de elongación necesario para generar cambios significativos en la rigidez muscular, para este propósito Ryan, Herda, Costa, Defreitas, Stout y Cramer (2009) sometieron a un grupo de 13 personas a un protocolo de cuatro elongaciones pasivas de flexores plantares mantenidas durante 30 segundos con 10 segundos de descanso entre ellas. Los resultados indican que luego de dos elongaciones mantenidas de 30 segundos se logran disminuciones significativas en la rigidez muscular y que se mantenía igual durante la tercera y cuarta repetición, pero que luego de eso no se observarían mayores cambios (Ryan et al., 2009) . Los resultados se asemejan en parte a los resultados obtenidos por

Boyce y Brosky (2008) que muestran que 5 repeticiones de elongaciones pasivas mantenidas durante 15 segundos reducirían la rigidez muscular.

Si bien las últimas revisiones sistemáticas indican que las elongaciones no tendrían efectos significativos en la reducción del dolor y tampoco mejoras en el rendimiento (Torres et al., 2012), se describen otras razones por las que estas técnicas beneficiarían a las personas; por ejemplo se sostiene que una vez que el dolor se provoca, la elongación generaría un alivio transitorio y una sensación de bienestar en el músculo afectado y que además reduciría el riesgo de aparición de algunas lesiones (Reisman, Walsh & Proske, 2005) .

2.4.2. Métodos de recuperación pasiva

La recuperación pasiva se entiende como la inactividad posterior a la realización de ejercicio o a la realización de actividades que sólo requieran un esfuerzo físico de un nivel cotidiano (Rey, 2012). Se entiende como el retorno intrínseco al estado de homeostasis luego de ejercicio intenso (Rey, 2012).

La forma más esencial de la recuperación pasiva es probablemente el sueño, una conciliación de sueño de 7 a 9 horas puede proporcionar el tiempo adecuado para la restitución de las reservas fisiológicas (Calder, 2003). Una disminución de este período puede llevar a un agotamiento de los sistemas fisiológicos y alterar las capacidades del sujeto. Incluso se ha descrito que en deportes colectivos la pérdida de sueño puede ocasionar una disminución en la capacidad de toma de decisiones (Reilly & Edwards, 2007).

El sueño excesivamente largo puede ocasionar un estado de lentitud y letargo en el sujeto (Calder, 2003).

Otro punto relevante de la recuperación pasiva son los días de descanso para el deportista, se recomienda un día completo de descanso por cada semana de entrenamiento realizado (Kenttä et al., 1998); este aspecto toma importancia en el sentido de la planificación de la práctica deportiva, incluyendo ciclos de entrenamiento y días de competición.

2.4.3. Medidas fisioterapéuticas

2.4.3.1. Masoterapia

Se ha descrito en la literatura que la aparición del DOMS tendría relación, al menos en parte, con la acumulación y producción de células inflamatorias relacionadas con el daño muscular, lo que activaría las fibras nerviosas generando la sensación de dolor. Algunos autores suponen que el daño de los sarcómeros genera liberación de material inflamatorio, incluyendo migración de neutrófilos y además activación de algunas enzimas que producto del desbalance electrolítico podrían degradar algunas proteínas musculares (Clarkson & Sayers, 1999). El masaje surge como una terapia alternativa que supone mediante efectos mecánicos influir sobre el flujo sanguíneo en las zonas afectadas teniendo efectos sobre la acción de los neutrófilos (Hilbert, Sforzo & Swensen, 2003). Algunos autores han propuesto que si el masaje se realiza en la etapa aguda de la inflamación, es decir en el período inmediato de la realización de actividad física, el efecto sobre el flujo sanguíneo haría que la marginación de neutrófilos desde el torrente sanguíneo al intersticio se reduzca y así atenuaría la inflamación y el DOMS (Ernst, 1998; Tiidus, 1999). En cambio si el masaje se realiza en una etapa más tardía incluso dos horas luego de provocado el daño muscular el efecto del masaje sería una disminución del DOMS por un aumento del flujo de neutrófilos (conteo de neutrófilos en el plasma) y una menor marginación hacia el intersticio (Smith, 1991).

En un estudio realizado por Hilbert, Sforzo y Swensen en el año 2003, que tuvo por propósito evidenciar si el masaje realizado luego de una actividad que genere daño muscular y DOMS, altera la aparición de síntomas relacionados con dolor muscular y también si afecta o no los niveles plasmáticos de neutrófilos. Se realizó un protocolo de inducción de DOMS y posteriormente se aplicó masaje por 20 minutos, se agregó un grupo control. Los resultados indican que no hay diferencias significativas ni asociación con tiempo para ninguno de los valores de células inflamatorias, excepto que en el grupo experimental el DOMS fue significativamente menor a las 48 horas post ejercicio. El mecanismo por el cual tiene efecto el masaje aún no se dilucida consistentemente (Hilbert, Sforzo & Swensen, 2003).

En el mismo sentido otros autores han intentado describir si el masaje tiene incidencia sobre la disminución del DOMS y también sobre el rendimiento físico. En un estudio publicado por Willems, Hale y Wilkinson (2009) se realizó un protocolo de generación de dolor con

caminata en descenso, luego de eso recibieron un masaje de 25 minutos sobre el cuádriceps de uno de sus muslos. Los resultados muestran que existen diferencias en cuanto a la aparición de DOMS, que fue significativamente menor a las 48 horas posteriores en la pierna que recibió masaje y además en ese tiempo el rendimiento se vio afectado significativamente en la prueba de salto, pero luego a las 48 y 72 horas el rendimiento de la pierna que recibió masaje fue significativamente superior a la pierna control (Willems, Hale & Wilkinson, 2009).

Finalmente en un meta análisis publicado por Torres et al. (2012) se obtuvieron resultados que respaldan algunos de los mencionados anteriormente en trabajos individuales y tienen relación con los beneficios del masaje en cuanto a la reducción del DOMS a las 24 horas de la aplicación, pero el efecto global no fue significativo; este análisis muestra que para el rendimiento físico, especialmente la capacidad de generar torque, el masaje mejoraría significativamente la cantidad de fuerza generada sólo al realizar la medición una hora posterior a la generación del daño y la aplicación del masaje (Torres et al., 2012).

2.4.3.2. Crioterapia

La crioterapia se define como todas aquellas técnicas que utilizan el frío como herramienta terapéutica (Villafaña, Pérez-Carranco, Gómez y Delgado, 2009), dentro de los más comunes y que se han utilizado para el manejo del DOMS y la recuperación física deportiva destacan principalmente dos: el masaje con hielo o criomasaje y la inmersión en agua fría. Los efectos que se esperan que tengan influencia sobre el dolor muscular, rendimiento físico o fuerza muscular estarían mediados por el manejo de la temperatura del músculo, que generaría una vasoconstricción a nivel del tejido muscular y de esa manera disminuiría la respuesta inflamatoria asociada a la sobrecarga muscular y el daño en el tejido asociado al DOMS (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). Otros autores sugieren que la crioterapia tendría efecto a nivel vascular y que eso afectaría la actividad de algunas células inflamatorias atenuando el daño muscular y la percepción de dolor; por ejemplo Wilcock, Cronin y Hing en el año 2006 mostraron cierta evidencia de que los baños de inmersión en agua fría podrían reducir la permeabilidad capilar, generando una reducción en la necrosis celular y una disminución en la migración de neutrófilos, todo esto junto con una disminución del metabolismo celular asociado a la baja en la temperatura. De este modo también se vería afectada la velocidad de conducción nerviosa con lo que se atenuarían los efectos sobre el tejido muscular y además disminuiría la percepción de DOMS.

Se han llevado a cabo ensayos con respecto a este método como técnica de recuperación deportiva, como por ejemplo un estudio publicado por Sellwood, Brukner, Williams, Nicol y Hinman (2007) que estuvo orientado a determinar si la inmersión en agua fría luego de un ejercicio excéntrico de cuádriceps minimiza los efectos del DOMS. Los resultados indican que no se observaron diferencias significativas entre grupos para las variables de dolor y tampoco de rendimiento luego de la aplicación de los baños de inmersión en agua fría (5°C) en comparación con la inmersión en agua temperada (24 °C).

Por otro lado en un estudio publicado en el año 2011 por Ascensão, Leite Rebelo, Magalhães S. y Magalhães J. se intentó visualizar los efectos de baños de inmersión a diferentes temperaturas sobre el DOMS, la inflamación y bajas en el rendimiento físico que provoca un partido de fútbol. Los resultados muestran que el grupo que se sometió al baño en agua fría inmediatamente después del partido, en comparación con el grupo con baños de agua a temperatura ambiente, reportó menores valores para dolor muscular a las 24 horas del partido, una recuperación temporal de la fuerza del cuádriceps (según prueba de saltos) a las 24 horas después del partido y menores niveles de creatina-quinasa y proteína C reactiva a las 48 y 24 horas respectivamente. Esto pudiese contribuir a una mejora más rápida de la función muscular o una posible disminución del malestar y el daño muscular (Ascensão et al., 2012).

Por otra parte autores han intentado evidenciar si la repetición de estas sesiones de crioterapia beneficiaría la recuperación física, como el ensayo publicado por Goodall y Howatsonen (2008) en el que se realizó un protocolo de sobrecarga muscular y luego aplicaciones de crioterapia con baños de inmersión en forma sucesiva por tres días. Los resultados obtenidos reflejan que no hubo diferencias significativas entre el grupo con inmersión y el grupo sin intervención, ni tampoco interacciones a lo largo del tiempo para ninguna de las variables consideradas luego del proceso de recuperación. Se concluye que este tipo de intervención no tendría el efecto suficiente para acelerar la recuperación física (Goodall & Howatsonen, 2008)

Finalmente se ha descrito que la crioterapia como técnica de recuperación deportiva no ha mostrado evidencia científica concluyente con respecto a su uso y tampoco en relación al beneficio sobre variables como DOMS o fuerza muscular, ya sea, en una sesión; o practicada en forma periódica (Torres et al., 2012) .

2.4.3.3. Electroterapia

La electroterapia por definición consiste en la aplicación de energía electromagnética al organismo (de múltiples formas), todo con el objetivo de lograr reacciones de tipo biológica y fisiológicas (Pastor, 1998); 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 los 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 electro-analgésia toma un valor fundamental.

2.4.3.3.1. La electro-analgésia

La electro-analgésia engloba en cierta forma los aspectos relacionados con la utilización de corriente eléctrica para obtener efectos analgésicos en el cuerpo, es decir la disminución de dolor, su uso se remonta a tiempos muy antiguos, incluso hay quienes mencionan que los egipcios utilizaban las descargas eléctricas producidas por las anguilas con fines terapéuticos (Pastor, 1998); del mismo modo se ha establecido el origen de la electro-analgésia en el año 1965 donde Melzack y Wall presentan la teoría de "Gate Control" para el alivio del dolor (Melzack, 1996). De este trabajo derivan algunas de las hipótesis que hasta hoy tratan de explicar el uso de corrientes eléctricas para el alivio del dolor.

2.4.3.3.2. TENS: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

El acrónimo TENS, del inglés "transcutaneous electrical nerve stimulation", se utiliza en la actualidad para denominar a la aplicación, mediante electrodos de superficie, de estímulos eléctricos pulsados y de baja intensidad con fines analgésicos. Así el término sirve para cualquier equipo que emita corriente eléctrica aplicable mediante la piel, pero por consenso se atribuye sólo a terapia analgésica (Amer-Cuenca, Goicoechea y Lisón, 2010).

La TENS es el uso de corrientes de baja frecuencia principalmente de pulsos rectangulares simétricos de forma tal que se eviten efectos electroquímicos en la piel (principalmente irritación y quemaduras) (Sluka, Smith & Walsh, 2009). Este tipo de corrientes basan sus efectos en la estimulación de diversas fibras nerviosas ubicadas cerca de la piel que mediante la modulación de distintos parámetros de estimulación buscan ser lo más selectivos posibles para lograr el efecto esperado (Chen, Tabasam & Johnson, 2008).

La estimulación se realiza a través de dispositivos diseñados para la electro-estimulación y que entregan diferentes tipos de corrientes, además dan la posibilidad de poder manipular los distintos parámetros para la aplicación. Estos parámetros son principalmente la duración del pulso de la onda, la frecuencia y la amplitud de la estimulación. Se definen básicamente de la siguiente manera (Pastor, 1998; Sluka, Smith & Walsh, 2009):

- Duración de pulso: este parámetro proporciona la duración de cada pulso. Se mide en microsegundos y van de 40 a 400 microsegundos.
- Frecuencia: es el número de pulsos por segundo, se mide en Hertz (Hz), su control oscila entre 1 - 200 Hz.
- Amplitud: proporciona la intensidad del estímulo al sujeto, se mide en mili Amperios (mA) y su rango no sobrepasa los 100 mA.

Según estas configuraciones se distinguen principalmente dos tipos de TENS; la TENS de baja y alta frecuencia. La TENS de alta frecuencia y baja intensidad, generalmente denominada convencional, entrega corrientes con frecuencias de entre 60 y 100 Hz; por otro lado la TENS de baja frecuencia y alta intensidad entrega corrientes con frecuencias entre 1 a 4 Hz (Sluka, Smith & Walsh, 2009). Por otra parte las aplicaciones más comunes pueden agruparse en 5 diferentes tipos (Pastor, 1998; Sluka, Smith & Walsh, 2009):

- Estimulación por debajo del nivel sensible o sub-umbral: los impulsos son de tal intensidad que no alcanzan a estimular fibras periféricas.
- Estimulación en el nivel sensible: se realiza una estimulación por debajo del umbral motor y por sobre del umbral sensorial, se define comúnmente como TENS convencional. La amplitud se determina por la sensibilidad de la persona estimulada. Con este nivel se estimulan fibras nerviosas superficiales y de gran diámetro como las fibras A β utilizadas comúnmente para generar analgesia mediante mecanismo de gate control. Es agradable y uno de sus inconvenientes es la acomodación de la fibra nerviosa por lo que se hace necesario la variación de la amplitud para evitar ese fenómeno.
- Estimulación en el nivel motor: se describen como aplicaciones de baja frecuencia con alta intensidad, dentro de las más comunes destaca la aplicación tipo acupuntura o AL-TENS, se ajusta la amplitud para generar contracciones

musculares visibles con el fin de reclutar fibras motoras junto con fibras como las A δ y C que presumiblemente activarían centros de control descendente del dolor generando efectos analgésicos.

- Estimulación por sobre el nivel motor o en nivel doloroso: se utilizan pulsos monofásicos y de alta intensidad con el fin de generar sensación dolorosa o muy molesta. Es la forma más incómoda y menos tolerada, se cree que la analgesia se logra mediante la activación de mecanismos humorales.
- Estimulación modulada: esta modalidad se ha diseñado para evitar la acomodación de la fibras y facilitar el tratamiento y hacerlo más agradable. Se producen variaciones automáticas de diferentes parámetros de la estimulación eléctrica. Puede ser en frecuencia, y/o duración de pulso o también en intensidad.

2.4.3.3.3. Mecanismos fisiológicos de la TENS

Los mecanismos por los cuales la electroterapia actuaría se basan en parte en las teorías de control descendente junto con mecanismos humorales y también la teoría de “gate control” (control de entrada) propuesta por Melzack y Wall en el año 1965 (Melzack, 1996).

Los mecanismos de control descendente del dolor se basan en las funciones del tronco encefálico, especialmente la sustancia gris periacueductal (SPGA), los núcleos de esta sustancia reciben aferencias desde zonas corticales relacionadas con funciones sensoriales que finalmente llegan a contactar con regiones a nivel bulbar originando una vía final común que tiene la capacidad de modular tanto excitatoria como inhibitoriamente la transmisión nociceptiva a nivel medular (Serrano F., Peramo, Cañas, García, Serrano C. y Caballero, 2002). Estos fenómenos estarían relacionados con la activación de vías inhibitorias descendentes localizadas en el funículo postero-lateral, que bloquean la transmisión espinal de los señales nociceptivas, liberando serotonina y opioides endógenos en las capas superficiales del asta posterior de la medula espinal (Serrano et al., 2002). Por otro lado la teoría de Control de Entrada o “Gate Control” (Melzack, 1996) se basa en la existencia de las llamadas células T que se encuentran dentro de la sustancia gelatinosa de Rolando, estas células serían estimuladas por neuronas sensibles al dolor principalmente células A δ y C que formarían una parte de la vía de transmisión de la información dolorosa a los centros superiores (Serrano et al., 2002). La existencia de otro tipo de células en la sustancia gelatinosa que son susceptibles a la estimulación por neuronas mecanosensibles particularmente A β y que además tendrían efecto sobre las

células T, generarían un proceso de estimulación negativa inhibiendo en cierto modo la transmisión de señales provenientes de neuronas nociceptivas ($A\delta$ y C) hacia los centros superiores.

De este modo el reclutamiento dominante de fibras mecanosensitivas ($A\beta$) permite el bloqueo en el asta posterior de la médula espinal (sustancia gelatinosa) de la transmisión de los impulsos con información nociceptiva (Melzack, 1996)

Cada una de las fibras previamente mencionadas presenta diferentes características ya sea en relación a la información que transmite o a los estímulos a los que son sensibles y también con respecto a las propiedades físicas relacionadas con la electro-estimulación (Pastor, 1998).

De esta manera las fibras $A\beta$, fibras mielinizadas transmiten información relacionada con sensaciones de tacto y vibración, responde a una frecuencia óptima de estimulación de entre 80 y 100 Hz y duraciones de pulso cercanos a los 100 micro segundos. Las fibras $A\delta$ también mielinizadas se relacionan con estímulos de tipo nocivo, principalmente un dolor "vivo", respondiendo a una frecuencia de estimulación óptima entre 15 a 40 Hz, con duraciones de pulso de entre 200 y 400 micro segundos. Las fibras C, amielínicas transmiten estímulos nocivos pero de diferentes características, lo que se conoce como dolor "sordo", responde a una frecuencia óptima de entre 1 y 4 Hz con duraciones de pulso del orden de los milisegundos (Pastor, 1998).

Según la evidencia científica actual los efectos analgésicos de la TENS estarían mediados por la activación de mecanismos fisiológicos periféricos y centrales. Pese a que se han descrito diferentes efectos según el tipo de TENS utilizada, se menciona en la literatura que el principal mecanismo involucrado sería la liberación de opioides endógenos, de diferente tipo dependiendo de la estimulación. Cabe destacar que hay autores (Amer-Cuenca, Goicoechea y Lisón, 2010) que mencionan que la selectividad para estimular cierto tipo de fibras según la frecuencia de estimulación no se lograría con las intensidades (mA) utilizados en clínica, de este modo las fibras que comúnmente responderían a la estimulación eléctrica serían las $A\beta$. La teoría de que los efectos analgésicos logrados por la TENS de baja frecuencia se generarán al provocar ciertos grados de fatiga de las fibras $A\delta$ provenientes del sitio del dolor; no tendría mayor sustento, a raíz de lo expuesto anteriormente en relación a la estimulación selectiva con intensidades en clínica, se describe que este efecto se lograría también por la acción de fibras $A\beta$ mediante un bloqueo

por colisión antidrómica de los impulsos generados por la TENS en la fibras antes mencionadas (sobreposición de estímulos) (Amer-Cuenca, Goicoechea y Lisón, 2010). Los efectos se mantendrían entre 8 y 24 horas por tanto existirían otros mecanismos involucrados que aún no se han esclarecido (De Santana, Walsh, Vance, Rakel & Sluka, 2008; Ristic, Spangenberg & Ellrich, 2008).

Por otro lado no sólo se describen efectos analgésicos sino también efectos sobre el flujo sanguíneo y la resistencia vascular periférica, pese a que la evidencia es poco consistente se cree que esto estaría asociado a la acción muscular generada por la electroterapia y no a la acción de los impulsos eléctricos sobre nervios simpáticos (Amer-Cuenca, Goicoechea y Lisón, 2010). En la actualidad existen una gran cantidad de equipos de TENS (Sluka, Smith & Walsh, 2009). Se ha descrito que generalmente estos equipos entregan intensidades menores a 100 mA y rangos de frecuencia menores a 200 Hz (Sluka, Smith & Walsh, 2009). Además las duraciones del pulso pueden llegar a los 400 microsegundos (Pastor, 1998, Sluka, Smith & Walsh, 2009).

La duración de la aplicación del TENS es variada y depende del cuadro doloroso que presente el sujeto. Así generalmente la aplicación de TENS modulado y de alta frecuencia suele ser de entre 20 y 30 minutos, la estimulación a nivel motor suele ser más breve producto de que es algo más incómoda que las otras intervenciones (Pastor, 1998).

2.4.3.3.4. Precauciones y contraindicaciones de la electroterapia

El uso de corrientes eléctricas y la aplicación en el organismo presenta algunos riesgos importantes de considerar. Dentro de las principales contraindicaciones tenemos el uso de marcapasos, la ubicación de electrodos sobre zonas con alteraciones vasculares y el uso de electroterapia en la zona lumbar o abdominal en embarazadas (Shapiro, 2008). Las precauciones más aceptadas para el uso de este tipo de herramienta fisioterapéutica incluyen condiciones en términos más generales como son aquellos pacientes con problemas cardiacos, pacientes con nivel de conciencia afectado y zonas de la piel donde haya irritación o heridas abiertas (Shapiro, 2008). Todo lo anteriormente mencionado tiene que ver, en algunos casos, con la interferencia eléctrica que puede generar el uso de dispositivos de electroterapia con otros aparatos electrónicos, tiene relación también con la posible respuesta vascular que puede generar el uso de electroterapia y finalmente se relacionan con la adecuación de la intensidad de estimulación según la sensación de cada sujeto (Shapiro, 2008).

2.4.3.3.5. Equipos de electroterapia: desarrollo de TANYX®

Hoy en día con el avance de la ciencia y tecnología sumado a que este tipo de intervenciones no ha demostrado grandes riesgos para las personas que lo han utilizado, al ser una técnica no invasiva y que además no utiliza drogas (fármacos), la popularidad de este tipo de aparatos ha ido en aumento (Sluka, Smith & Walsh, 2009) .

Incluso se han desarrollados equipos portátiles de fácil transporte y de auto-administración que debido a su diseño reduccionista se han comenzado a comercializar en farmacias. Existe un dispositivo denominado TANYX® (Figura 2), desarrollado por Medecell en Brasil a partir de las técnicas de electroterapia, que es un aparato desechable y portátil de TENS, que produciría disminución en el dolor por medio de la estimulación de fibras nerviosas de gran diámetro ubicadas en forma superficial en la piel, basado en la teoría de "gate control" desarrollada por Melzack y Wall en el año 1965, además se propone que se sumaría a estos efectos la acción de endorfinas liberadas según la teoría de control descendente del dolor (Serrano et al., 2002;TANYX®, 2013).

Este dispositivo puede funcionar de modo continuo o pulsátil y con 3 tipos de intensidades preestablecidas: baja, media y alta. Cada una con intensidades de 10, 20 y 30 mA respectivamente. La frecuencia de estimulación está fija a un valor de 85 Hz, con un ancho de pulso de 75 microsegundos y su tiempo de duración máxima es 6 horas aproximadamente o hasta que la batería integrada deje de funcionar (TANYX®, 2013). El dispositivo posee 2 electrodos en los cuales va una goma gel que se adhiere a la piel de la persona. Es un dispositivo de fácil uso que no requiere mayor supervisión médica. La aplicación sugerida por el fabricante indica que la sesión puede durar entre 20 a 30 minutos y que debe relacionarse con las características temporales del dolor.

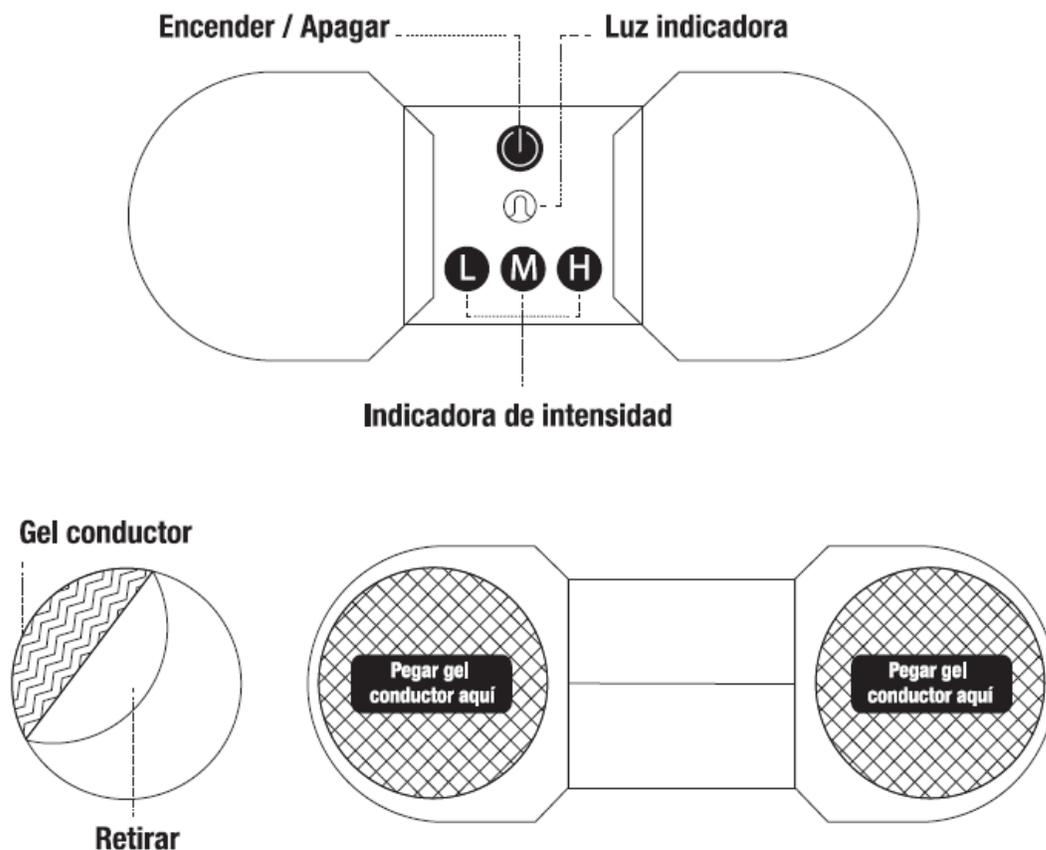


Figura 2. Dispositivo TENS TANYX ®

Nota. Fuente: TANYX®. (2013). Manual del usuario TANYX ®. Estimulador neuromuscular para el alivio del dolor. Santiago, Chile: Sin editorial.

No existe en la actualidad publicaciones acerca de evidencia que sustente concluyentemente el uso de este dispositivo para el alivio del dolor o el manejo de otras condiciones relacionadas con la aplicación de electroterapia.

2.4.3.3.6. Evidencia clínica de la TENS

En cuanto a la TENS se ha intentado demostrar que su uso sirve como una alternativa segura para el manejo del dolor o condiciones dolorosas asociadas a ciertas patologías. Se ha investigado acerca de los efectos sobre el dolor crónico, dolor agudo y también dolor inducido o dolor experimental (Johnson & Martinson, 2007).

En el año 2007 Johnson y Martinson publicaron un metanálisis acerca de los efectos de la TENS sobre el alivio de dolor músculo esquelético crónico. Los estudios incluidos se relacionaban con el uso de TENS de baja frecuencia, alta frecuencia, TENS tipo acupuntura y también frecuencia modulada (aplicación modulada de TENS) sobre el dolor en artritis reumatoide, dolor lumbar, osteoartritis, espondilitis anquilosante y dolor miofascial. Si bien las muestras son diversas, los resultados indican que se observan disminuciones estadísticamente significativas en dolor luego del uso de la electroterapia en comparación con la aplicación placebo de esta técnica, pese que la prueba del efecto global de este metanálisis favorece el uso de TENS, otros estudios no han encontrado resultados similares para esta aplicación (De Santana et al., 2008).

Por otra parte se ha intentado dilucidar si la frecuencia de estimulación tiene incidencia en los efectos de la TENS sobre el alivio del dolor, en el año 2008 Chen, Tabasam y Johnson observaron que las distintas frecuencias de estimulación no influyen significativamente en los efectos generados por la TENS, siempre que los valores de intensidad, duración de pulso y forma de estimulación (modulada o no modulada) se mantengan constantes.

2.4.3.3.7. TENS y respuesta placebo

El uso de técnicas orientadas a la analgesia, ya sean farmacológicas o no, se relaciona con que una parte del efecto podría darse por una respuesta placebo. El placebo se define como una sustancia o agente que se utiliza para alguna condición para la que dicho agente es inefectivo, pero que se usa de tal manera que hace creer al paciente que es efectivo para esta condición (Kluge, 1990). La respuesta placebo y el efecto placebo se distinguen entre ellos en que el efecto placebo es lo que se obtiene producto del uso de un agente placebo; en cambio la respuesta placebo se relaciona con aquel beneficio adicional obtenido por el uso de técnicas o procedimientos con efectividad comprobada para la condición que se está tratando. A raíz de esto el efecto placebo, en relación a un ensayo clínico controlado, se puede dar tanto en los participantes intervenidos como en los que no reciben dicha intervención (Jakovljevic, 2014).

Delimitar que parte de la respuesta frente a alguna intervención, especialmente de tipo analgésica, corresponde al efecto real o efecto placebo es un tema controversial (Jakovljevic, 2014).

Se ha descrito que la respuesta placebo dependería de las expectativas del paciente, del condicionamiento previo frente a alguna intervención y también de los principios de la disonancia cognitiva asociados a esta situación, que tienen que ver con que la racionalización de la idea de que este tipo de intervención mejorará esta condición aumentaría los efectos producidos por el tratamiento (Jakovljevic, 2014).

Se cree que cerca de un 40 - 60% de la mejoría clínica puede explicarse por la respuesta placebo (Kluge, 1990). Un ensayo clásico que trata de evidenciar estos conceptos es el que Cobb, Thomas, Dillard, Merendino y Bruce publican en 1959 en el que cirugías cardíacas falsas generaban mejorías en los síntomas percibidos por los pacientes.

La aplicación de TENS no escapa de estos conceptos y se han desarrollado estudios para valorar el efecto placebo subyacente a la aplicación de electro-analgésia. Ya en el año 1990 se proponía que la respuesta analgésica obtenida por la TENS no era diferente a la respuesta obtenida de la aplicación de un placebo (Deyo, Walsh, Martin, Schoenfeld & Ramamurthy, 1990).

Ahora bien, con relación al alivio de dolor de origen muscular se ha mencionado que con respecto al dolor lumbar crónico la aplicación de TENS y TENS-placebo tendrían significativamente mayores beneficios que un grupo sin intervención en cuanto al alivio de dolor y aspectos afectivo-emocionales relacionados con esta patología, sin embargo los beneficios de la aplicación de TENS mejorarían con las aplicaciones sucesivas no así con la aplicación del placebo (Marchand, Charest, Li, Chenard, Lavignolle & Laurencelle, 1993). Por otra parte, recientemente se ha propuesto que la aplicación de TENS genera beneficios analgésicos superiores al placebo en cuanto a mediciones con escalas de percepción de dolor, pero también se observa que el placebo y la TENS presentan resultados sin diferencia significativa en cuanto a dolor medido con algómetro de presión (Gemmell & Hilland, 2011).

La respuesta placebo depende en gran medida de las características de cada sujeto, por tanto ciertos componentes de la respuesta asociada a la aplicación de TENS serían potencialmente causadas por el efecto placebo.

2.4.3.3.8. TENS y recuperación post-esfuerzo

La electro-estimulación también se ha usado como método de recuperación física, en cuanto a estos efectos la evidencia publicada acerca de este tema es algo inconclusa. Ya en el año 1989 Denegar, Perrin, Rogol y Rutt publicaron un estudio que muestra ciertos

beneficios en reducción de DOMS con el uso de TENS de baja frecuencia y grandes duraciones de pulso. El estudio muestra reducciones significativas de dolor y aumentos significativos de rango de movimiento luego de aplicado un protocolo de sobrecarga muscular y sesiones de TENS. Ellos hipotetizaron que la beta endorfina estaría involucrada en los procesos analgesia mediante el uso de TENS, este aumento en la beta endorfina llegaría hasta la pituitaria anterior logrando la liberación de pro-opiomelanocortina y adrenocorticotropina, esto generaría un aumento de los niveles de cortisol (Denegar et al., 1989). El cortisol es secretado por las glándulas suprarrenales y es el glucocorticoide más prevalente en el humano, está relacionado con la glucogenólisis, promueve la utilización de glucosa, promueve la síntesis proteica y la supresión de procesos inflamatorios agudos y crónicos, esto beneficiaría una reparación tisular más rápida (Denegar et al., 1989). Las mediciones en plasma de este estudio no demostraron aumentos del cortisol como se pensaba previamente a la generación del DOMS pero sí mostró beneficios en cuando a alivio significativo del dolor y ganancias en rango de movimiento como se mencionó anteriormente (Denegar et al., 1989).

Vanderthommen, Makrof y Demoulin (2010) mostraron que la aplicación de TENS como método de recuperación física tenía efectos similares a los obtenidos con métodos de recuperación activa, en cuanto a alivio del dolor y recuperación de fuerza muscular, pero que no mostraban diferencias en comparación con la recuperación pasiva.

Otros autores han intentado también relacionar DOMS con rendimiento físico y del mismo modo ver como la TENS podría afectar en estos procesos. En una revisión sistemática realizada por Babault, Cometti, Maffiuletti y Deley (2011) se menciona cómo la electro-estimulación ayudaría la recuperación del nivel de fuerza muscular y a la disminución del DOMS. El aumento del flujo sanguíneo dependería del alivio del dolor y la relajación del músculo, lo que resultaría en una mejoría en el retorno venoso. También se menciona que pudiesen ser más beneficiosas las aplicaciones de TENS a alta frecuencia e intensidad, mediante un efecto de electro-masaje, pero la evidencia es inconclusa.

La electro-estimulación de alta y baja frecuencia (alta frecuencia a nivel sensorial y baja frecuencia a nivel motor) ha sido usada como método aislado o combinada con otros métodos de recuperación física y no ha demostrado beneficios en cuanto a la recuperación de la fuerza, independiente del tipo de ejercicio y el tipo de estimulación. Por otro lado se

ha mencionado que la electro estimulación podría ser beneficiosa para la remoción de desechos metabólicos por aumentos del flujo sanguíneo especialmente luego de 20 minutos de aplicada la TENS, aunque aún falta investigación (Neric, Beam, Brown & Wiersma, 2009).

De esta manera queda propuesto que la recuperación del rendimiento físico y muscular se vería beneficiada con la aplicación de analgesia por medio de electro-estimulación al generar posiblemente una relajación de la musculatura afectada, al aumentar el flujo sanguíneo por una disminución de los espasmos musculares lo que aumentaría la remoción de desechos del metabolismo muscular particularmente el lactato y además generaría la liberación de sustancias opioides como son la endorfinas asociadas a la sensación de bienestar (Denegar et al., 1989; Babault et al., 2011). Pese a esto, no se han reportado resultados significativamente favorables en cuanto a la recuperación de rendimiento físico o a la mejoría de la condición metabólica del músculo, sin embargo variables como percepción de dolor muscular se verían positivamente afectadas por esta intervención, haciendo que la electro-estimulación sea un método válido para la recuperación del rendimiento en casos en los que el DOMS sea la limitación más importante (Cheung, Hume & Maxwell, 2003; Babault et al., 2011).

2.4.4. Uso de Fármacos para recuperación post-esfuerzo

Se ha propuesto que una parte de la fisiopatología del DOMS puede explicarse por procesos inflamatorios asociados al daño muscular; por estas razones es que se ha intentado también el manejo del dolor muscular de origen tardío a través de terapia farmacológica; principalmente anti-inflamatorios no esteroideos (AINES) y también analgésicos (Cheung, Hume & Maxwell, 2003).

Se ha propuesto que los AINES podrían disminuir la reacción inflamatoria por medio de la inhibición del metabolismo del ácido araquidónico y a su vez disminuir la liberación y migración de las prostaglandinas que han sido mencionadas como parte del proceso de generación del DOMS por medio de la irritación de terminales nerviosos (Bobbert, Hollander & Huijing, 1986; Baldwin, 2003).

La evidencia en relación al uso de fármacos para aliviar o disminuir la producción de DOMS es inconsistente (Cheung, Hume & Maxwell, 2003). En estudios realizados por Hasson,

Wible, Reich, Barnes y Williams (1992) y por Hasson, Daniels, Divine, Niebuhr, Richmond Stein y Williams (1993) se ha mostrado que el uso preventivo y terapéutico de Ibuprofeno, Dexametasona y Aspirina podrían disminuir significativamente el DOMS 48 horas después de realizado un ejercicio físico; lo anterior en comparación con grupos controles sin administración de fármacos. A pesar de lo anteriormente mencionado no se produjeron diferencias significativas en cuanto a variables de rendimiento físico como la fuerza muscular.

Por otra parte otros investigadores como Janssen, Kuipers, Vertsappen y Costill (1983), Kuipers, Keizer, Verstappen y Costill (1985), Donnelly, McCormick, Maughan, Whiting y Clarkson (1988) y Gulick y Kimura (1996) no han obtenido los resultados esperados en cuanto a la administración de AINES; principalmente Ibuprofeno y no han mostrado efectos significativamente favorables en cuanto a reducción de DOMS, mejoras en fuerza muscular ni tampoco niveles plasmáticos de proteína-quinasa.

En este sentido se ha intentado también observar si la administración de fármacos como medida profiláctica o sólo como medida terapéutica pudiese tener otros efectos sobre la recuperación física y el DOMS. Hasson et al. en el año 1993 observaron que la administración de ibuprofeno de forma preventiva 4 veces al día en un total de 1200 miligramos produciría una mayor disminución del DOMS en relación a la administración terapéutica posterior al daño muscular por ejercicio. En el mismo sentido Francis y Hoobler (1987) obtuvieron una disminución del DOMS al administrar una dosis total de 10 gramos de Aspirina cuatro veces por día iniciando la administración cuatro horas antes del ejercicio y manteniéndola hasta las 48 horas posteriores a la realización de actividad física.

Si bien los resultados pudiesen ser alentadores, las altas dosis de medicamentos pudiesen tener un riesgo latente al generar efectos secundarios asociados a las características de las drogas utilizadas, como por ejemplo problemas gástricos, alteraciones en el funcionamiento renal y daño hepático (Adams, Bough, Cliffe, Lessel & Mills, 1989).

2.4.5. Recuperación post-esfuerzo en el fútbol y utilización de terapias combinadas

La gran competitividad en el fútbol y la alta frecuencia de partidos, incluso que los jugadores profesionales lleguen a tener 3 partidos en 8 días, supone un gran desgaste físico (Rey, 2012; Rey et al., 2012); aspecto crucial para los cuerpos médicos y entrenadores de los equipos que participan en este deporte.

Los métodos de recuperación deportiva que se utilizan actualmente cuentan con una gran popularidad en la práctica, no obstante el sustento científico no es lo que se considera un respaldo concluyente (Rey, 2012). Las técnicas más comunes incluyen aquellas mencionadas anteriormente como terapias individuales; técnicas activas de ejercicio físico de baja intensidad, elongaciones; técnicas pasivas que incluyen sólo descanso y horas de sueño y también herramientas fisioterapéuticas como son la crioterapia, la electroterapia y el masaje; por otra parte el suplemento nutricional y farmacológico tiene cabida en estos temas, sin dejar de lado las implicancias de los químicos sobre el organismo.

Ahora bien, el uso de una técnica aislada no supone que sea lo suficientemente eficaz para acelerar el proceso de recuperación de un deportista, por lo cual el uso de terapias combinadas con el objetivo de lograr los mayores beneficios sobre el deportista son lo que actualmente más se practica; hay que tener presente que la recuperación fisiológica es el camino más seguro para el restablecimiento de las condiciones adecuadas para el funcionamiento muscular y rendimiento físico; se ha descrito que el tiempo necesario para lograr una recuperación completa después de un encuentro de fútbol se estima alrededor de las 72 - 96 horas post-partido (Ispiridis, Fatouros, Jamurtas, Nikolaidis, Michailidis, Douroudos, Margonis, Chatzinikolaou, Kalistratos, Katrabasas, Alexiou, & Taxildaris, 2008), de esta manera las técnicas utilizadas buscan claramente acelerar y favorecer estos procesos tan importantes para la mantención de un estado o condiciones físicas adecuadas a través de la vida del deportista.

En el año 2002 Reilly y Rigby publicaron un estudio asociado a la recuperación física en el fútbol; el objetivo era averiguar qué efecto tendría una fase de vuelta a la calma en forma activa, es decir mediante ejercicio, sobre el rendimiento de un futbolista luego de un partido. La intervención de vuelta a la calma se componía de trote, elongaciones y sacudida de piernas (*"shaken down"*). Se agregó un grupo con recuperación pasiva. Los resultados

mostraron que con relación al rendimiento físico y sensación de fatiga, el grupo activo tuvo una disminución significativamente menor en rendimiento y un índice de fatiga asociado al Sprint significativamente menor que el grupo control. Con respecto al DOMS los valores fueron significativamente menores en el grupo que recibió la vuelta a la calma en forma activa.

Tessitore, Meeusen, Cortis y Caparunica (2007) realizaron un estudio en el cual buscaban observar cuáles de los diferentes métodos de recuperación física tenía mayores beneficios para la recuperación del rendimiento en futbolistas profesionales de un equipo juvenil en Italia. Para esto se incluyeron 12 jugadores juveniles que realizaban su pretemporada. Las intervenciones recuperativas incluyeron descanso en sedente, ejercicios activos que incluía elongaciones, trote y caminata; la otra intervención incluía los mismos ejercicios activos pero esta vez en una piscina de agua poco profunda y finalmente sesiones de electro estimulación; cada intervención tenía una duración de 20 minutos. Los principales resultados indican que al comparar los niveles de rendimiento físico de la medición basal y la medición posterior al primer entrenamiento y la sesión de recuperación, las medidas más efectivas en cuanto a reducción de DOMS fueron la electro estimulación y los ejercicios aeróbicos de baja intensidad (no en agua), sin embargo en cuanto a medidas de rendimiento físico no hubo diferencias significativas entre las intervenciones, si bien la mayoría mantuvo su nivel físico no se lograron las diferencias que pudiesen indicar qué intervención sería la más beneficiosa (Tessitore et al., 2007).

En este sentido en un intento por comparar algunas intervenciones de recuperación pasivas versus algunas activas Rey et al. (2012) publicaron un estudio en donde se evaluó el rendimiento físico de un grupo de 31 futbolistas profesionales previo a una sesión de entrenamiento y a las 24 horas de haber realizado esta sesión sumando una intervención orientada a la recuperación del rendimiento deportivo. Se realizaron dos tipos de intervenciones; la recuperación activa que constaba de trote durante 12 minutos a baja intensidad y 8 minutos de elongaciones pasivas estáticas; la intervención de recuperación pasiva consistió en un descanso sentado de 20 minutos. Los resultados indican que a las 24 horas de la intervención no se observaron diferencias significativas en cuanto a rendimiento ni a flexibilidad entre los grupos, excepto para el rendimiento en una prueba de saltos en la que el rendimiento post- intervención del grupo de recuperación activa fue significativamente mayor que el control.

Un partido de fútbol tiene altas demandas sobre las reservas físicas y psicológicas de los deportistas (Reilly & Ekblom, 2005). En circunstancias de múltiples partidos y entrenamientos la recuperación física y psicológica completa es esencial. La regeneración de las reservas metabólicas normales es fundamental y puede iniciarse incluso al término del partido, para otorgar una mayor posibilidad de recuperarse al cuerpo podría ser preciso incorporar algunas de estas formas de recuperación deportiva además de considerar las variables nutricionales (hidratación y alimentación) para lograr el máximo desempeño del futbolista en cada competición.

2.5. Mediciones de dolor

La medición del dolor toma importancia en el ámbito clínico como el método para valorar la intensidad, para saber cómo este afecta a la persona y si lo limita o no en el desarrollo de sus actividades y a nivel de participación. En este sentido la medición del dolor sirve para clarificar si las intervenciones orientadas al su manejo son lo suficientemente útiles para ello (Cameron, 2008).

2.5.1. Métodos de medición de dolor

Se han desarrollado diversos métodos y herramientas para la medición del dolor, en forma cuantitativa y cualitativa y también para el dolor clínico y también el dolor experimental. Estos métodos se basan en el auto reporte del dolor por parte de la persona, es decir definen su nivel de dolor a través de valores ya sean numéricos o visuales en relación a la comparación del dolor actual con un dolor ya experimentado. También se han diseñado métodos para definir la experiencia dolorosa a través de un listado de palabras que intentan calificar de manera más amplia el dolor (Melzack, 1975).

2.5.2. Escalas semánticas o cuestionarios de dolor

Las escalas semánticas se componen de listados de palabras y categorías que representan diversos aspectos del dolor, estas escalas se han diseñado para documentar en forma más amplia la experiencia dolorosa. Una de las escalas más comunes es la "Mc Gill Pain Questionnaire" (Melzack, 1975; Prieto, Hopson, Bradley, Byrne, Geisinger, Midax & Marchisello, 1980), este cuestionario o escala semántica incluye aspectos afectivos, sensitivos y evaluativos. Agrupa cada aspecto en categorías que describen dicho aspecto. Para el aspecto sensorial se incluyen las categorías temporal, espacial, presión y térmica;

para aspecto afectivo se incluye dolor, miedo, ansiedad y finalmente se incluye tensión y experiencias anteriores además de conducta para el aspecto evaluativo (Melzack, 1975; Prieto et al., 1980). Otorgan un aspecto cualitativo del dolor según la cantidad de palabras que indica el sujeto, pero requiere más tiempo y mejor entendimiento.

Otras mediciones de dolor se relacionan con diarios de registro de actividades que agravan o alivian el dolor, los mapas o diagramas corporales para localizar el dolor y también la exploración física que pudiese incluir postura, movilidad, fuerza, sensibilidad, entre otras.

2.5.3. Escalas numéricas y visuales: La escala visual análoga y medición de DOMS

Las escalas numéricas y visuales, la Escala Visual Análoga (EVA) y las escalas numéricas valoran la intensidad del dolor pidiendo al sujeto que indique el nivel del dolor actual haciendo que marque sobre una línea o que elija un número de 0 a 10 ó de 0 a 100 (Downie, Leatham, Rhind, Wright, Branco & Anderson, 1978).

En la EVA la persona marca una línea vertical sobre una línea horizontal que mide exactamente 10 centímetros, donde el extremo izquierdo indica la ausencia de dolor y el extremo derecho indica el dolor más intenso que el paciente es capaz de imaginar, se puede cuantificar el dolor en diferentes situaciones como por ejemplo en reposo o al realizar alguna actividad; para obtener el resultado de dolor se debe medir la distancia en centímetros entre el cero y la marca realizada por el sujeto. Con respecto a las escalas numéricas el 0 indica nada de dolor y el 10 ó el 100 el dolor más intenso que la persona pueda imaginar (Ushijima, Ukimura, Okihara, Mizutani, Kawauchi & Miki, 2006).

También se han diseñados escalas para facilitar la expresión y comprensión de aquellos que les dificulte las escalas anteriormente mencionadas y se han diseñado por ejemplo, escalas con caras de diferentes expresiones para representar las experiencias de dolor.

Estos tipos de escalas son rápidas y fáciles de administrar, además proporcionan datos realmente cuantificables. Sin embargo estas reflejan solo cantidad de dolor, no caracterizan el dolor en otros ámbitos y no entregan información de cómo el dolor afecta las funciones de la persona. La reproducibilidad de las escalas numéricas y visuales varía entre individuos aunque tienen un alto grado de congruencia entre ellas (Grossman, Sheidler, McGuire, Geer, Santor & Piantadosi, 1992; Ushijima et al., 2006).

Para seleccionar entre cada uno de los instrumentos se deben considerar las condiciones del sujeto, el nivel de entendimiento y los fines de la medición, por ejemplo si se busca valorar la variación en intensidad de dolor muscular un método fiable sería EVA al ser un método rápido y sencillo, además de cuantificable. Algunos autores han reportado que la EVA muestra una mayor sensibilidad para la intensidad de dolor que las escalas descriptivas o escalas semánticas (Rodríguez, 2006; Ushijima et al., 2006).

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo general

Determinar si la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® tiene incidencia en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

3.2. Objetivos específicos

- Describir el rendimiento en Yo-Yo Test de los estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
- Describir el rendimiento en Yo-Yo Test de los estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, posterior a un protocolo de sobrecarga física y luego de la aplicación de un protocolo de recuperación post-esfuerzo tradicional incluyendo la electro-estimulación nerviosa transcutánea aplicada con TANYX®.
- Describir el rendimiento en Yo-Yo Test de los estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, posterior a un protocolo de sobrecarga física y a la aplicación de un protocolo de recuperación post-esfuerzo tradicional más electro-estimulación nerviosa transcutánea aplicada con TANYX® alterado en el funcionamiento (placebo).
- Describir las diferencias en el rendimiento en Yo-Yo Test de los estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, posterior a un protocolo de sobrecarga física y a la aplicación de ambos protocolos de recuperación post-esfuerzo.

4. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Hipótesis de trabajo:

La aplicación de electro-estimulación nerviosa transcutánea (TENS) por medio del dispositivo TANYX® incluida dentro de un protocolo de recuperación física tradicional genera que la disminución del rendimiento físico post-esfuerzo sea menor al compararlo con la utilización de un protocolo de recuperación tradicional sin la aplicación de TENS.

4.2. Diseño de investigación

El estudio corresponde a un diseño de investigación de tipo experimental, prospectivo y doble ciego producto de que la aleatorización de los individuos en ambos grupos no era conocida por los participantes ni por los observadores.

4.3. Universo y población de estudio

4.3.1. Población total:

Corresponde a estudiantes de la carrera de Kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE) (N = 198).

4.3.2. Criterios de inclusión

- Edad entre 18 y 25 años.
- Estudiantes de Kinesiología de la UMCE entre los cursos 1° a 3° año de estudio del año 2013.
- Aceptar voluntariamente participar en la investigación.

4.3.3. Criterios de exclusión

- Estudiantes con limitantes para la realización de ejercicio, por ejemplo lesiones musculo-esqueléticas, embarazo avanzado y enfermedades crónicas no transmisibles que no estén controladas.
- Estudiantes con problemas de sensibilidad en miembro inferior (muslo).
- Estudiantes con alteraciones dérmicas en miembro inferior (muslo).

4.3.4. Selección de la muestra

La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, en el que se invitó a la población de estudiantes de kinesiología de la UMCE a través de correo electrónico y en forma personal. Se logró incluir en el estudio un total de 30 participantes que cumplían con los criterios antes mencionados (15,15 % de N).

Durante la realización del estudio dos sujetos no asistieron a las pruebas y mediciones por lo que el n de la muestra fue de 28 participantes (14,14 % de N). Luego se dividió la muestra en dos grupos de forma aleatoria.

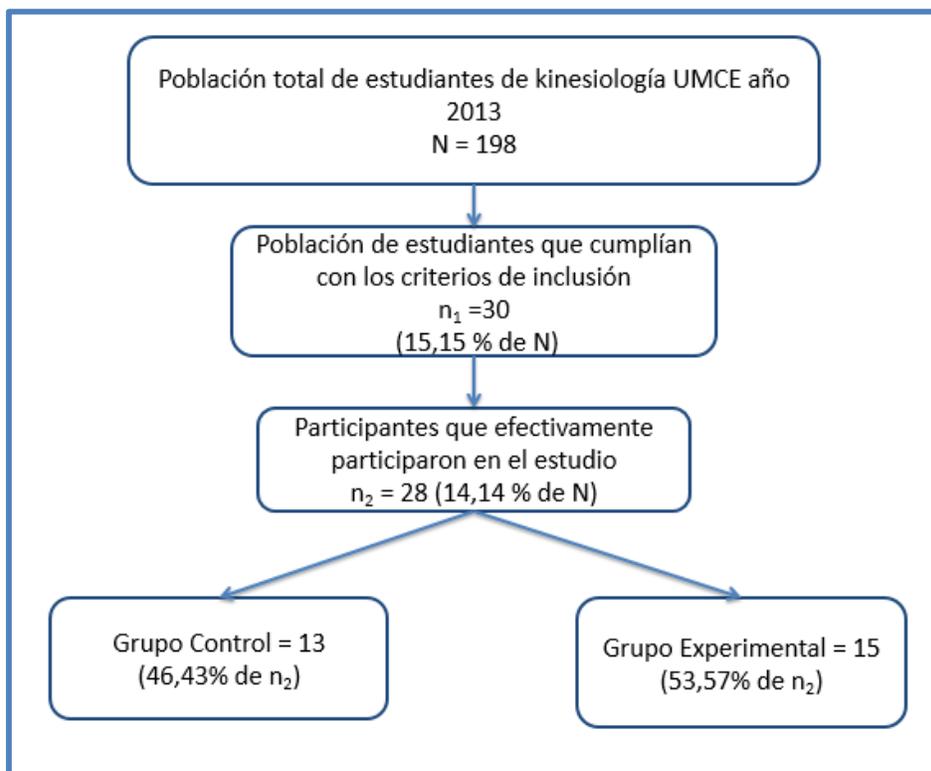


Figura 3. Esquema de la selección de la muestra.

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

4.3.5. Grupos de estudio

4.3.5.1. Grupo control

El grupo control recibió un protocolo de sobrecarga física y un protocolo de recuperación compuesto por elongaciones musculares, ejercicio físico de baja intensidad y electroestimulación placebo. El grupo control quedó compuesto por 13 sujetos (46,43 % del n total).

4.3.5.2. Grupo experimental

El grupo experimental recibió un protocolo de sobrecarga física y un protocolo de recuperación compuesto por elongaciones, ejercicio físico de baja intensidad y electroterapia (TENS) realizada con TANYX®. El grupo experimental estuvo compuesto por 15 sujetos (53,57 % del n total).

4.4. Definición de variables

4.4.1. Electro-estimulación

Definición conceptual: Aplicación de energía electromagnética al organismo (de múltiples formas), todo con el objetivo de lograr reacciones de tipo biológica y fisiológicas (Pastor, 1998).

Definición operacional: Variable cualitativa nominal dicotómica, su resultado se expresa como: "con uso de electroterapia" y "sin uso de electroterapia".

4.4.2. 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 (Billet, 2002).

Definición operacional: Variable cuantitativa continua, su resultado es expresado en metros, obtenido mediante la prueba YYTRI1.

4.4.3. 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.)

4.4.4. 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 et al, 2003).

Definición operacional: Variable cualitativa ordinal, su resultado es expresado en categorías 0: para el individuo que realiza ejercicio físico menos de 30 minutos 3 veces por semana, 1: para el individuo que realiza ejercicio físico de 30 minutos 3 veces por semana, y 2: para el individuo que realiza ejercicio físico más de 30 minutos 3 veces por semana. Resultado obtenido mediante la entrevista con el participante.

4.4.5. 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.

4.4.6. Género

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.

4.4.7. 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).

4.4.8. Frecuencia Cardíaca

Definición conceptual: Es el número de latidos cardíacos obtenidos en 1 minuto. (Karvonen et al, 1957).

Definición operacional: Variable cuantitativa discreta, su resultado es expresado en latidos por minuto (lpm), obtenido mediante el uso de un instrumento de control de pulsaciones POLAR.

4.4.9. Frecuencia Cardíaca de Trabajo

Definición conceptual: Es el número de latidos cardíacos en 1 minuto que se pretende alcanzar al realizar alguna actividad física determinada con un porcentaje de trabajo establecido. (Karvonen et al, 1957; Tanaka et al, 2001).

Definición operacional: Variable cuantitativa discreta, su resultado es expresado en latidos por minuto (lpm), obtenido mediante la fórmula de Tanaka y Karvonen.

4.5. Instrumentos de recolección de datos

- Yo – Yo Test de recuperación intermitente nivel 1 para evaluación rendimiento físico.
- Escala visual análoga para evaluación de dolor.
- Sistema POLAR para medición de frecuencia cardiaca.

4.6. Procedimiento

La intervención se realizó durante tres días, dentro de los cuales se llevaron a cabo mediciones antropométricas, mediciones de rendimiento físico y además se aplicaron protocolos de sobrecarga física y también protocolos de recuperación física. Todos los protocolos fueron aprobados por el comité de ética de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (Ver anexo 3). Las consideraciones bioéticas que se contemplaron y respetaron en el estudio son los principios de justicia, beneficencia, no maleficencia y autonomía. Esto se cumplió mediante una relación favorable de riesgo-beneficio, consentimiento informado y respeto a los sujetos inscritos. En relación a esto previo a la realización de cualquier intervención cada participante aceptó ser parte de este estudio mediante la firma de un consentimiento informado (Ver anexo 3) aprobado también por el comité de ética de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

A cada sujeto de la muestra que contempló 28 participantes se le asignó un código, posteriormente los sujetos fueron aleatorizados en dos grupos utilizando el programa Excel 2013 obteniendo una aleatorización estratificada de los sujetos. Se designó un grupo control y un grupo experimental, la designación y codificación fue desconocida tanto para los observadores (evaluadores) como para los sujetos. A cada sujeto se le asignaron dos dispositivos TANYX® según la codificación y aleatorización. Cada par de dispositivos fue de uso personal y exclusivo.

Las intervenciones se realizaron durante 3 días en un gimnasio techado con buena iluminación y se registraron las temperaturas ambientales durante todos los días de la medición, con termómetro ambiental marca VETO, modelo A2050000 (promedio día uno = 30,04 °C; promedio día dos = 30,57°C y promedio día tres = 30,29 °C) (Ver anexo 4).

4.6.1. Día 1

En el día 1 se realizó una sesión informativa en relación a los fines del proyecto, las intervenciones a realizar y las mediciones consideradas. Esto mediante un video y conversaciones grupales (Ver figura 4).

Durante el primer día se efectuaron mediciones antropométricas de talla, peso y longitud de muslo; además de recolectar datos como edad y nivel de actividad física.

También se tomaron mediciones basales de rendimiento deportivo con YYTRI1 (Ver anexo 5) y de dolor con EVA (Ver anexo 6) a toda la muestra. Posterior a eso se sometió a un protocolo de sobrecarga física con ejercicios pliométricos de miembros inferiores (MMII) a toda la muestra (Ver anexo 7). Luego se realizó el protocolo de recuperación física a toda la muestra. El grupo experimental recibió un protocolo de recuperación habitual que constaba de ejercicio aeróbico a baja carga sumado a elongaciones y la aplicación de electroterapia con el dispositivo TANYX®. El grupo control recibió las mismas intervenciones sólo que los dispositivos de electroterapia utilizados en ellos no entregaban electro-estimulación de ningún tipo (placebo) (Ver anexo 8) (Ver figura 4).

4.6.2. Día 2

Durante el segundo día se realizó la medición de dolor muscular con escala de EVA y se aplicó nuevamente el protocolo de recuperación física para toda la muestra. En forma previa y posterior a las intervenciones del día 2 cada sujeto debía usar el dispositivo TANYX® según indicaciones dadas (Ver figura 4).

4.6.3. Día 3

El tercer día consistió solamente en la medición de dolor muscular con escala de EVA y la medición final de rendimiento físico con la aplicación del YYTRI1, previo a esto cada participante debía usar el dispositivo TANYX® según indicaciones dadas. (Ver figura 4).

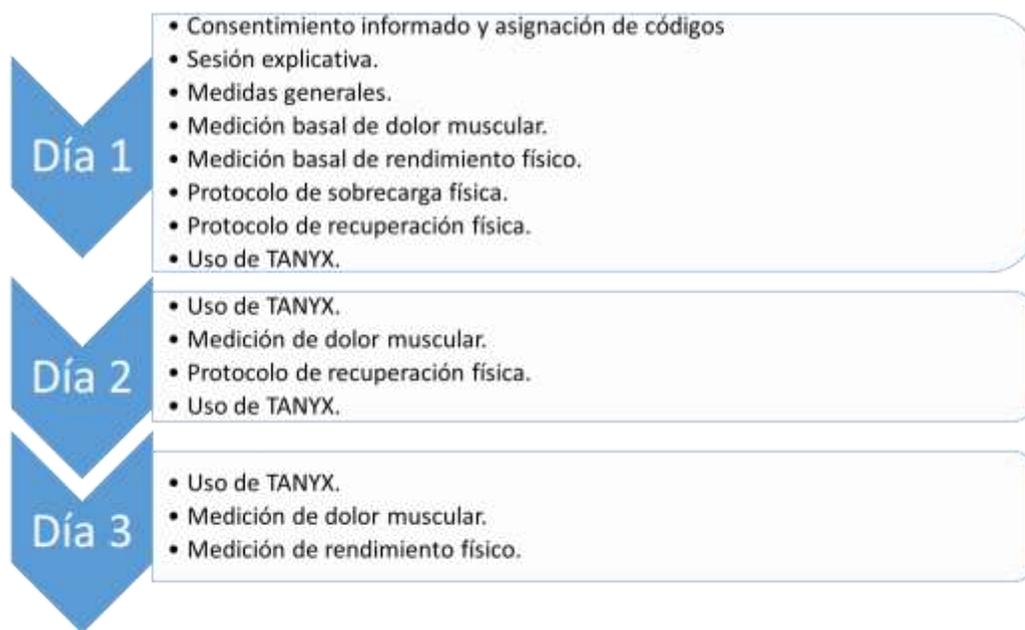


Figura 4. Esquema de la programación de los días de intervención.

4.6.4. Otras consideraciones

El estudio fue realizado por dos evaluadores. Para evitar posibles errores inter-evaluador, se separaron los roles de cada uno determinando que el evaluador n° 1 fue el encargado de la explicación de la intervención, recolección de datos generales, las mediciones antropométricas, mediciones de dolor y medición de rendimiento deportivo. El evaluador n°2 se encargó de la aplicación de protocolos de sobrecarga física y protocolos de recuperación física y explicación de uso del TANYX®.

La definición teórica de los protocolos experimentales engloba lo relacionado con cálculos de carga de trabajo, definición de protocolos de sobrecarga física y además las medidas de recuperación física entregadas a los sujetos en este estudio.

Durante la obtención de datos se midió talla en centímetros y peso en kilogramos mediante la utilización de un tallímetro con balanza (Detecto escale, Webb City M.O; U.S.A) (Ver anexo 4).

Para efectos de esta investigación la medición de dolor muscular en MMII se realizó con cuestionario EVA durante el primer (condición basal), segundo (24 horas posteriores) y tercer día (48 horas posteriores). Se diferenció la percepción de dolor tanto en reposo como en actividad. Las mediciones se realizaron previamente a la realización de cualquier protocolo. Para la medición de dolor el sujeto tuvo que indicar la sensación de dolor muscular en los miembros inferiores principalmente en el muslo, marcando una línea vertical sobre una línea recta horizontal de 10 centímetro exactos de largo que indique cantidad de dolor percibida, siendo el 0 ó el inicio "nada de dolor" y 10 ó el final "la máxima sensación de dolor imaginable", un dolor insoportable (Ver anexo 6).

La medición de rendimiento físico se realizó mediante la aplicación del YYTRI1 según las bases teóricas previamente mencionadas en relación a la prueba. Al mismo tiempo se registró la frecuencia cardiaca mediante monitorización con dispositivo POLAR, modelo Polar Electro 0537 (Ver anexo 4). Se tomaron los valores de frecuencia cardiaca al inicio y al final de la prueba como forma de registro rutinario en todas las mediciones de YYTRI1.

A continuación se definen los protocolos de sobrecarga física y los protocolos de recuperación física que se aplicaron durante el estudio.

El protocolo de sobrecarga física busca simular los efectos fisiológicos de la práctica deportiva de alta intensidad, de esta forma eventualmente se produciría la manifestación de DOMS en los participantes lo que afectaría de esta manera el rendimiento físico-deportivo de cada sujeto. El protocolo consistió en la realización de un calentamiento convencional con 5 saltos sub-máximos y 5 saltos máximos (llevar pies a los glúteos) seguidos de elongaciones de cuádriceps, luego se realizan 80 saltos pliométricos de la siguiente forma: sujeto de pie, con los pies separados a la altura de los hombros y ambas manos en las caderas se realizan saltos en 8 series de 10 saltos con un movimiento previo de flexión de cadera y rodilla hasta aproximadamente 90°. Las series están separadas por 1 minuto de descanso en las que se insta a los participantes a caminar durante ese período. Según Marginson, Rowlands, Gleeson y Eston (2005), este protocolo generaría aumentos significativos de dolor muscular con un máximo entre las 24 y 48 horas posteriores a la realización del protocolo; se produciría además disminuciones de fuerza muscular en cuádriceps cercanas a un 15% - 20 % con un máximo de afectación a los 30 minutos posterior al protocolo. Por otra parte se generaría también disminuciones de rangos articulares de la rodilla. Los efectos se mantendrían elevados cerca de 72 horas luego de la aplicación del protocolo.

El protocolo de recuperación física se aplicó a los participantes luego de la realización de la prueba de sobrecarga física el día uno, el día dos y el día tres de la intervención. El protocolo consta básicamente de intervenciones comúnmente utilizadas en el ámbito deportivo para la recuperación física, esto es elongaciones de la musculatura involucrada en la prueba, ejercicio aeróbico continuado y además la utilización del dispositivo de electroanalgesia TANYX® (ambos grupos recibirán las mismas intervenciones, con la salvedad de que los dispositivos TENS del grupo control no entregarán electro-estimulación)

En forma regular se realizaron elongaciones luego de la prueba de sobrecarga física el día uno y luego en forma previa y posterior a la realización de ejercicio aeróbico durante la recuperación física el día dos y tres. Se realizaron tres elongaciones pasivas de 30 segundos cada una con 10 segundos de descanso entre ellas. El participante en posición decúbito prono, una pierna relajada, con la cadera en hiperextensión, el tratante estiraba pasivamente el cuádriceps, flexionando la rodilla del participante y llevando la cadera a una posición neutral. Si la flexión de rodilla máxima no producía una sensación de estiramiento o de resistencia contra el movimiento, se añadía extensión de cadera con el fin de aumentar

el estiramiento. Se buscó sólo la sensación de estiramiento sin generar dolor. Posteriormente se debía cambiar de miembro.

Luego se realizaron tres elongaciones pasivas de isquiotibiales de 30 segundos con descanso de 10 segundos. El participante en posición decúbito supino, se lleva el miembro inferior a una flexión de cadera con rodilla extendida, se buscaba lograr sensación de estiramiento y se mantenía por 30 segundos (Ver anexo 8).

Según las observaciones de Torres et al. en el 2013 la realización de elongaciones en forma posterior a la práctica de ejercicio, disminuiría la rigidez muscular al realizar estas elongaciones a las 24, 48 y 72 horas posteriores al ejercicio. Por otra parte Ryan et al. en el año 2009 señalaron que la aplicación de elongaciones pasivas mantenidas durante 30 segundos podría modificar la rigidez muscular al realizarse repetidamente, de esta manera se observó en este trabajo que eran necesarias 2 repeticiones de 30 segundos para lograr cambios significativos en la rigidez muscular, posteriormente al seguir elongando, esto es en la repetición tres y cuatro, la rigidez muscular se mantenía casi invariable y que posteriormente a eso no se observaban disminuciones en la rigidez muscular.

Para continuar con el protocolo de recuperación los participantes tuvieron que realizar ejercicio aeróbico de baja intensidad, considerando los beneficios que este posiblemente genere en la recuperación del rendimiento físico y condición muscular, como previamente se ha mencionado. Para esto los sujetos completaron 12 minutos de trote como método de recuperación física, previamente se realizaron las elongaciones indicadas. Se estimó inicialmente la frecuencia cardíaca de reposo y se calculó una intensidad de trabajo del 65 % de la frecuencia cardíaca de reserva para mantener durante el trote (se monitorizó con dispositivo POLAR, modelo Polar Electro 0537). Posterior al trote se realizarán nuevamente las elongaciones descritas. Para el cálculo de la intensidad de trabajo se utilizaron las fórmulas de Tanaka (Tanaka, Monahan & Seals, 2001) y la ecuación de Karvonen (Karvonen, Kentala & Mustala, 1957) para estimar la intensidad de trabajo. La fórmula de Tanaka indica que el cálculo de la frecuencia cardíaca máxima con la ecuación "207-(edad x 0,7)" estima un valor más adecuado para obtener dicho parámetro por sobre otros cálculos, al basarse en un estudio realizado en sujetos sanos y que además correlaciona esta variable con la edad del sujeto, verificando también la relación de esfuerzo físico con frecuencia cardíaca a través de mediciones de VO_2 máx y variaciones en la frecuencia respiratoria para confirmar sus estimaciones. En forma posterior se aplica la fórmula de

Karvonen publicada en 1957 que considera el cálculo de intensidad de trabajo como porcentaje de la frecuencia cardiaca de reserva (diferencia entre frecuencia cardiaca de reposo y frecuencia cardiaca máxima de Tanaka (Tanaka, Monahan & Seals, 2001)). Se asume actualmente que el porcentaje de la frecuencia cardiaca de reserva según Karvonen (Karvonen, Kentala & Mustala, 1957) indicaría el mismo porcentaje de VO₂ máx (Swain, Leutholtz, King, Haas & Branch, 1998).

Con respecto al ejercicio aeróbico y como se mencionó anteriormente la recuperación activa junto con las elongaciones son algunas de las intervenciones que muestran los resultados más prometedores y que además no han reportado efectos negativos sobre los sujetos. De esta manera el trote de intensidades suaves a moderadas y volúmenes pequeños de ejercicio es una de los métodos más utilizados en la medicina deportiva como métodos recuperativos (Dabedo, White & George, 2004; Olsen et al., 2012; Tufano et al., 2012). La intensidad se estableció en un 65 % de la frecuencia cardiaca de reserva en un trote continuado de 12 minutos de duración (Rey et al., 2012).

Para completar el protocolo de recuperación, los participantes tuvieron que someterse a la aplicación de electroterapia, esta intervención consistía en la aplicación de electroanalgesia mediante la utilización del dispositivo TANYX®, los sujetos tuvieron que utilizar el dispositivo en el modo continuo a intensidad media estimada en 20 mA por 30 minutos dos veces por día según las indicaciones del producto (TANYX®, 2013). La colocación se realizará en ambos cuádriceps ubicados en la zona media calculado previamente como la mitad de la longitud del muslo según cada participante, la medida se consideró en forma estándar para toda la muestra como la distancia entre la espina iliaca anterosuperior y la línea inter-articular de la rodilla de cada sujeto. Se debía ubicar el dispositivo en posición horizontal en el vientre muscular del recto anterior (estimado visualmente), los electrodos debían quedar equidistantes a línea media del muslo. La utilización del dispositivo se realizó siguiendo las instrucciones del manual del usuario desarrollado por TANYX®, se realizó además una sesión de familiarización del producto y explicación de forma de uso mediante conversaciones y video. El uso del TANYX® quedó a exclusiva responsabilidad de los sujetos y la utilización se realizó el día uno en la tarde, el día dos y tres en la mañana y luego en la tarde; la aplicación matutina se realizaba previo a cualquier tipo de intervención y medición. Se registró diariamente el uso de TANYX® por parte de los evaluadores para verificar el correcto cumplimiento del protocolo de recuperación física.

4.7. 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 y Varela, 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 y Varela, 2008).

Estadística inferencial: comparación entre grupos con T-student para variables con distribución normal (Díaz, 2009) y prueba T de Wilcoxon para variables sin distribución normal (Salafranca, Solanas, Nuñez, Jiménez, Miralles y Serra, 2000). Además se utilizó la prueba no paramétrica de correlación de Spearman (Tomás-Sábado, 2009) para asociar algunas variables.

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

Las pruebas se realizaron con programa para análisis de datos y software estadístico, STATA versión 12.

5. RESULTADOS

5.1. Estadística Descriptiva

5.1.1. Descripción muestra completa

La muestra en total del estudio estuvo compuesta por 28 sujetos, de los cuales el 53,57% corresponde a sujetos de género masculino y el 46,43% de la muestra a sujetos de género femenino. El promedio de edad de la muestra fue de $21,28 \pm 1,65$ años, el promedio del IMC de la muestra es de $22,75 \pm 2,62$. Con respecto al nivel de actividad física el 60,71% realiza menos de tres veces 30 minutos por semana, el 10,71% realiza tres veces 30 minutos por semana, y el 28,57% realiza más de tres veces 30 minutos por semana. El promedio de la frecuencia cardíaca de reposo fue de $77,9 \pm 7,01$ latidos por minuto, el promedio de la frecuencia cardíaca de trabajo fue de $151,9 \pm 2,7$ latidos por minuto. Las frecuencias cardíacas alcanzadas durante las pruebas de rendimiento físico fueron en promedio $182,11 \pm 10,03$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test basal, y $177,04 \pm 16,69$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test final (Ver Tabla 1).

Tabla 1	
Características físicas de los participantes del estudio	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Edad	$21,28 \pm 1,65$ años
IMC	$22,75 \pm 2,62$
Frecuencia cardíaca de reposo	$77,9 \pm 7,01$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test basal	$182,11 \pm 10,03$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test Final	$177,04 \pm 16,69$ latidos por minuto

El promedio de la distancia obtenida por la muestra completa en la prueba de rendimiento físico (YYTRI1) basal, fue de 453,25 ± 236,16 metros, y 449,07 ± 287 metros para la prueba final (Ver tabla 2).

El promedio del dolor muscular en reposo medido con EVA para la muestra completa fue de 0,11 ± 0,3 cm el día uno, 2,21 ± 1,69 cm el día dos, y 2,15 ± 2,21 cm el día tres. El promedio del dolor muscular en actividad medido con EVA para la muestra completa fue de 0,58 ± 1,11 cm el día uno, 4,72 ± 2,22 cm el día dos, y 4,65 ± 2,74 cm el día tres (Ver Tabla 2).

Tabla 2	
Resultados pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Dolor muscular reposo (EVA) día 1	0,11 ± 0,3 cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 2	2,21 ± 1,69 cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 3	2,15 ± 2,21 cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 1	0,58 ± 1,11 cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 2	4,72 ± 2,22 cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 3	4,65 ± 2,74 cm
Yo-Yo Test basal	453,25 ± 236,16 m
Yo-Yo Test Final	449,07 ± 287 m

5.1.2. Descripción por grupos

En relación a cada grupo, el grupo control quedó compuesto por 13 sujetos, de los cuales el 46,15% fueron sujetos de género masculino y el 53,86% de género femenino. El grupo control mostró un promedio de edad de $21 \pm 1,63$ años, el promedio del IMC del grupo control fue de $22,64 \pm 2,99$. Con respecto al nivel de actividad física el 61,54% realiza menos de tres veces 30 minutos por semana, el 7,69% realiza tres veces 30 minutos por semana, y el 30,77% realiza más de tres veces 30 minutos por semana. El promedio de la frecuencia cardíaca de reposo fue de $78 \pm 7,35$ latidos por minuto, el promedio de la frecuencia cardíaca de trabajo fue de $152,38 \pm 3,09$ latidos por minuto. Las frecuencias cardíacas alcanzadas durante las pruebas de rendimiento físico fueron en promedio $184,92 \pm 11,09$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test basal, y $177,92 \pm 19,73$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test final (Ver tabla 3).

Tabla 3	
Características físicas de los participantes del grupo control	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Edad	$21 \pm 1,63$ años
IMC	$22,64 \text{ kg} \pm 2,99$
Frecuencia cardíaca de reposo	$78 \pm 7,35$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test basal	$184,92 \pm 11,09$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test Final	$177,92 \pm 19,73$ latidos por minuto

El promedio de la distancia obtenida por el grupo control en la prueba de rendimiento físico (YYTR11) basal, fue de $412,54 \pm 200,91$ metros, y $432,69 \pm 312,16$ metros para la prueba final (Ver tabla 4).

El promedio del dolor muscular en reposo medido con EVA para el grupo control fue de $0,14 \pm 0,44$ cm el día uno, $2,14 \pm 1,53$ cm el día dos, y $1,68 \pm 1,88$ cm el día tres. El promedio del dolor muscular en actividad medido con EVA para el grupo control fue de $0,42 \pm 0,90$ cm el día uno, $5,14 \pm 2,52$ cm el día dos, y $5,05 \pm 2,86$ cm el día tres (Ver tabla 4).

Tabla 4	
Resultados pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular grupo control	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Dolor muscular reposo (EVA) día 1	$0,14 \pm 0,44$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 2	$2,14 \pm 1,53$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 3	$1,68 \pm 1,88$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 1	$0,42 \pm 0,90$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 2	$5,14 \pm 2,52$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 3	$5,05 \pm 2,86$ cm
Yo-Yo Test basal	$412,54 \pm 200,91$ m
Yo-Yo Test Final	$432,69 \pm 312,16$ m

El grupo experimental quedó compuesto por 15 sujetos, de los cuales el 60% fueron sujetos de género masculino y el 40% de género femenino. El grupo experimental mostró un promedio de edad de $21,53 \pm 1,68$ años, el promedio del IMC del grupo experimental fue de $22,87 \pm 2,36$. Con respecto al nivel de actividad física el 60% realiza menos de tres veces 30 minutos por semana, el 13,33% realiza tres veces 30 minutos por semana, y el 26,67% realiza más de tres veces 30 minutos por semana. El promedio de la frecuencia cardíaca de reposo fue de $77,93 \pm 6,96$ latidos por minuto, el promedio de la frecuencia cardíaca de trabajo fue de $151,53 \pm 2,36$ latidos por minuto. Las frecuencias cardíacas alcanzadas durante las pruebas de rendimiento físico fueron en promedio $179,67 \pm 8,65$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test basal, y $176,27 \pm 14,21$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test final (Ver tabla 5).

Tabla 5	
Características físicas de los participantes del grupo experimental	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Edad	$21,53 \pm 1,68$ años
IMC	$22,87 \pm 2,36$
Frecuencia cardíaca de reposo	$77,93 \pm 6,96$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test basal	$179,67 \pm 8,65$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test Final	$176,27 \pm 14,21$ latidos por minuto

El promedio de la distancia obtenida por el grupo experimental en la prueba de rendimiento físico (YYTRI1) basal, fue de $488,53 \pm 264,75$ metros, y $463,27 \pm 273,63$ metros para la prueba final (Ver tabla 6).

El promedio del dolor muscular en reposo medido con EVA para el grupo experimental fue de $0,08 \pm 1,28$ cm el día uno, $2,27 \pm 1,88$ cm el día dos, y $2,56 \pm 2,44$ cm el día tres. El promedio del dolor muscular en actividad medido con EVA para el grupo experimental fue de $0,72 \pm 1,28$ cm el día uno, $4,35 \pm 1,93$ cm el día dos, y $4,31 \pm 2,68$ cm el día tres (Ver tabla 6).

Tabla 6	
Resultados pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular grupo experimental	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Dolor muscular reposo (EVA) día 1	$0,08 \pm 1,28$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 2	$2,27 \pm 1,88$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 3	$2,56 \pm 2,44$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 1	$0,72 \pm 1,28$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 2	$4,35 \pm 1,93$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 3	$4,31 \pm 2,68$ cm
Yo-Yo Test basal	$488,53 \pm 264,75$ m
Yo-Yo Test Final	$463,27 \pm 273,63$ m

5.1.3. Normalidad de datos

La distribución de los datos se observa en la siguiente tabla, en la que se muestran los valores de la prueba Shapiro-Wilk para contraste de normalidad (Rial y Varela, 2008) (Ver Tabla 7).

Tabla 7	
Test Shapiro-Wilk para datos normales	
Variables	Valor p
Edad	0,23111
IMC	0,21083
Nivel de actividad física	0,25206
Frecuencia cardiaca de reposo	0,63549
Frecuencia cardiaca inicial Yo-Yo Test basal	0,13836
Frecuencia cardiaca final Yo-Yo Test basal	0,89967
Frecuencia cardiaca inicial Yo-Yo Test final	0,45543
Frecuencia cardiaca final Yo-Yo Test final	0,08680
Distancia Yo- Yo Test basal	0,00021*
Distancia Yo-Yo Test final	0,00082*
Dolor en reposo día uno	0,00000*
Dolor en actividad día uno	0,00000*
Dolor en reposo día dos	0,10350
Dolor en actividad día dos	0,64176
Dolor en reposo día tres	0,00136*
Dolor en actividad día tres	0,10772

Nota. * Valor p menor a 0,05, indica distribución no normal de los datos. El resto de las variables presenta una distribución normal.

Todas la variables presentan una distribución normal excepto las variables distancia Yo-Yo Test inicial y final, el dolor en reposo y actividad del día uno y el dolor en reposo del día tres.

5.2. Ajuste de datos

Luego de realizar la estadística descriptiva y principalmente para la variable primaria rendimiento físico medida con YYTR11 expresada en metros, se observaron dos valores que escapan de la distribución según lo observado en el gráfico de cajas. Existe un valor atípico para el grupo control que se escapa del cuerpo central de la distribución por más de 1,5 veces el valor intercuartil (IQR) (Rial y Varela, 2008; Ruiz Morillo, 2004) y en el grupo experimental existe un valor atípico extremo que se escapa del cuerpo central de la distribución por más de 3 veces el valor intercuartil (IQR) (Rial y Varela, 2008 ; Ruiz Morillo, 2004) (Ver figura 5).

Ambos datos y las mediciones asociadas a estos sujetos fueron omitidos para interpretar y realizar el análisis estadístico inferencial de las variables de dolor y rendimiento.

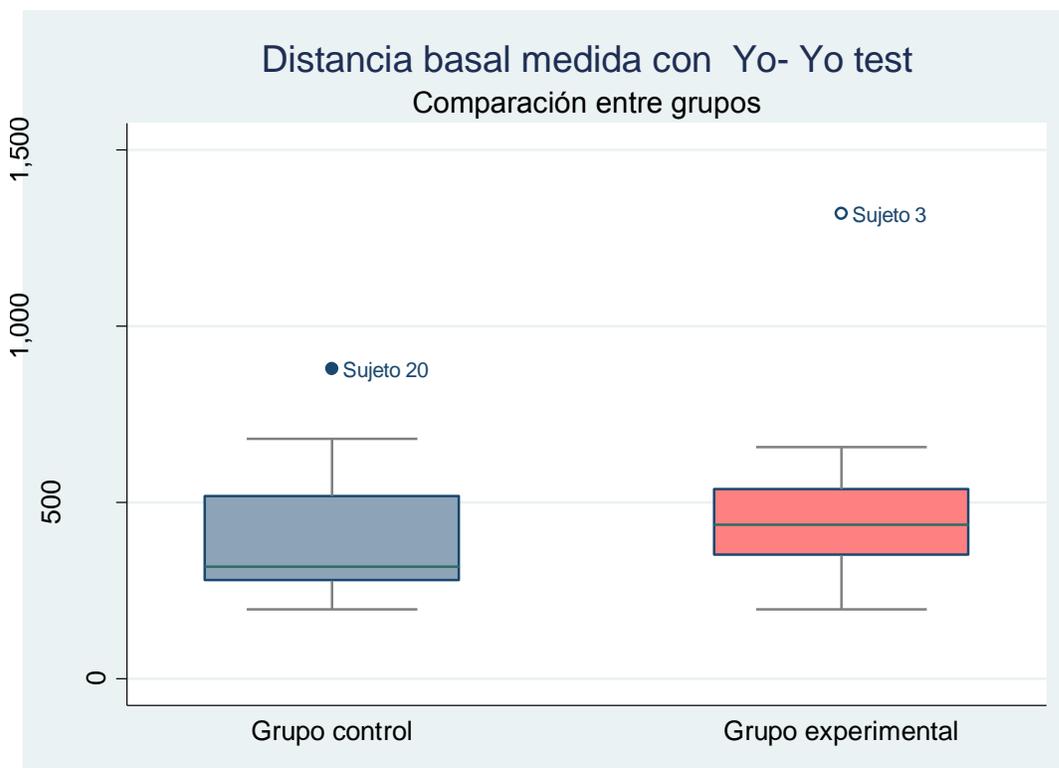


Figura 5. Gráfico de caja del rendimiento deportivo basal. Se aprecian los 2 valores atípicos en el rendimiento de la muestra completa.

5.3. Estadística descriptiva con datos ajustados

A continuación se presenta la estadística descriptiva en relación a características físicas, dolor y rendimiento deportivo de la muestra y también por grupo luego de ajustados los datos.

5.3.1. Descripción de la muestra con datos ajustados

La muestra en total del estudio queda compuesta por 26 sujetos, de los cuales el 50% de la muestra corresponden a sujetos de género masculino y el 50% de la muestra a sujetos femeninos. El promedio de edad de la muestra fue de $21,27 \pm 1,71$ años, el promedio del IMC de la muestra es de $22,53 \pm 2,55$. Con respecto al nivel de actividad física el 65,38% realiza menos de tres veces 30 minutos por semana, el 11,54% realiza tres veces 30 minutos por semana, y el 23,08% realiza más de tres veces 30 minutos por semana. El promedio de la frecuencia cardíaca de reposo fue de $77,9 \pm 7,01$ latidos por minuto, el promedio de la frecuencia cardíaca de trabajo fue de $151,9 \pm 2,7$ latidos por minuto. Las frecuencias cardíacas alcanzadas durante las pruebas de rendimiento físico fueron en promedio $181,73 \pm 10,29$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test basal, y $176,23 \pm 16,97$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test final (Ver Tabla 8).

Tabla 8	
Características físicas de los participantes del estudio	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Edad	$21,27 \pm 1,71$ años
IMC	$22,53 \pm 2,55$
Frecuencia cardíaca de reposo	$78,15 \pm 7,01$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test basal	$181,73 \pm 10,29$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test Final	$176,23 \pm 16,97$ latidos por minuto

El promedio de la distancia obtenida por la muestra en la prueba de rendimiento físico (YYTR11) basal, fue de $403,5 \pm 142,57$ metros, y $389,88 \pm 194,74$ metros para la prueba final (Ver Tabla 9).

El promedio del dolor muscular en reposo medido con EVA para la muestra fue de $0,11 \pm 0,15 \pm 0,33$ cm el día uno, $2,31 \pm 1,71$ cm el día dos, y $2,23 \pm 2,26$ cm el día tres. El promedio del dolor muscular en actividad medido con EVA para la muestra completa fue de $0,62 \pm 1,15$ cm el día uno, $4,83 \pm 2,22$ cm el día dos, y $4,66 \pm 2,84$ cm el día tres (Ver tabla 9).

Tabla 9	
Resultados pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Dolor muscular reposo (EVA) día 1	$0,15 \pm 0,33$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 2	$2,31 \pm 1,71$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 3	$2,23 \pm 2,26$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 1	$0,62 \pm 1,15$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 2	$4,83 \pm 2,22$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 3	$4,66 \pm 2,84$ cm
Yo-Yo Test basal	$403,5 \pm 142,57$ m
Yo-Yo Test Final	$389,88 \pm 194,74$ m

5.3.2. Descripción por grupos datos ajustados

En relación a cada grupo, el grupo control quedó compuesto por 12 sujetos, de los cuales el 41,67 % fueron sujetos de género masculino y el 58,33 % de género femenino. El grupo control mostró un promedio de edad de $21 \pm 1,705$ años, el promedio del IMC del grupo control fue de $22,81 \pm 3,20$. Con respecto al nivel de actividad física el 66,67 % realiza menos de tres veces 30 minutos por semana, el 8,33 % realiza tres veces 30 minutos por semana, y el 25 % realiza más de tres veces 30 minutos por semana. Las frecuencias cardíacas alcanzadas durante las pruebas de rendimiento físico fueron en promedio $185 \pm 11,58$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test basal, y $176,58 \pm 19,98$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test final (Ver Tabla 10).

Tabla 10	
Características físicas de los participantes del grupo control	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Edad	$21 \pm 1,705$ años
IMC	$22,81 \pm 3,20$
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test basal	$185 \pm 11,58$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test Final	$176,58 \pm 19,98$ latidos por minuto

El promedio del dolor muscular en reposo medido con EVA para el grupo control fue de $0,15 \pm 0,46$ cm el día uno, $2,23 \pm 1,56$ cm el día dos, y $1,79 \pm 1,92$ cm el día tres. El promedio del dolor muscular en actividad medido con EVA para el grupo control fue de $0,44 \pm 0,94$ cm el día uno, $5,17 \pm 2,63$ cm el día dos, y $5,06 \pm 2,98$ cm el día tres (Ver Tabla 11).

El promedio de la distancia obtenida por el grupo control en la prueba de rendimiento físico (YYTR11) basal, fue de $373,58 \pm 150,05$ metros, y $365,5 \pm 205,60$ metros para la prueba final (Ver Tabla 11).

Tabla 11	
Resultados pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular grupo control	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Dolor muscular reposo (EVA) día 1	$0,15 \pm 0,46$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 2	$2,23 \pm 1,56$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 3	$1,79 \pm 1,92$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 1	$0,44 \pm 0,94$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 2	$5,17 \pm 2,63$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 3	$5,06 \pm 2,98$ cm
Yo-Yo Test basal	$373,58 \pm 150,05$ m
Yo-Yo Test Final	$365,5 \pm 205,60$ m

El grupo experimental quedó compuesto por 14 sujetos, de las cuales el 57,14 % fueron sujetos de género masculino y el 42,86 % de género femenino. El grupo experimental mostró un promedio de edad de $21,5 \pm 1,74$ años, el promedio del IMC del grupo experimental fue de $22,28 \pm 1,91$. Con respecto al nivel de actividad física el 64,29% realiza menos de tres veces 30 minutos por semana, el 14,29 % realiza tres veces 30 minutos por semana, y el 21,43 % realiza más de tres veces 30 minutos por semana. Las frecuencias cardíacas alcanzadas durante las pruebas de rendimiento físico fueron en promedio $178,93 \pm 8,47$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test basal, y $175,92 \pm 14,68$ latidos por minuto para el Yo-Yo Test final (Ver tabla 12).

Tabla 12	
Características físicas de los participantes del grupo experimental	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Edad	$21,5 \pm 1,74$ años
IMC	$22,28 \pm 1,91$
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test basal	$178,93 \pm 8,47$ latidos por minuto
Frecuencia cardíaca alcanzada en Yo-Yo Test Final	$175,92 \pm 14,68$ latidos por minuto

El promedio de la distancia obtenida por el grupo experimental en la prueba de rendimiento físico (YYTR11) basal, fue de $429,14 \pm 136,03$ metros, y $410,79 \pm 190,11$ metros para la prueba final (Ver Tabla 13).

El promedio del dolor muscular en reposo medido con EVA para el grupo experimental fue de $0,09 \pm 0,18$ cm el día uno, $2,34 \pm 1,88$ cm el día dos, y $2,6 \pm 2,43$ cm el día tres. El promedio del dolor muscular en actividad medido con EVA para el grupo experimental fue de $0,77 \pm 1,31$ cm el día uno, $4,55 \pm 1,84$ cm el día dos, y $4,31 \pm 2,78$ cm el día tres (Ver Tabla 13).

Tabla 13	
Resultados pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular grupo experimental	
Variable	Promedio y Desviación estándar
Dolor muscular reposo (EVA) día 1	$0,09 \pm 0,18$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 2	$2,34 \pm 1,88$ cm
Dolor muscular reposo (EVA) día 3	$2,6 \pm 2,53$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 1	$0,77 \pm 1,31$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 2	$4,55 \pm 1,84$ cm
Dolor muscular actividad (EVA) día 3	$4,31 \pm 2,78$ cm
Yo-Yo Test basal	$429,14 \pm 136,03$ m
Yo-Yo Test Final	$410,79 \pm 190,11$ m

5.3.3. Normalidad datos ajustados

Por consiguiente se realizó nuevamente las pruebas de confrontación de normalidad de datos. La distribución de los datos se observa en la siguiente tabla, en la que se muestran los valores de la prueba Shapiro-Wilk para contraste de normalidad (Rial y Varela, 2008) (Ver Tabla 14).

Tabla 14	
Test Shapiro-Wilk para datos normales	
Variables	Valor p
Edad	0,17834
IMC	0,18189
Nivel de actividad física	0,04097*
Frecuencia cardiaca de reposo	0,37334
Frecuencia cardiaca inicial Yo-Yo Test basal	0,31739
Frecuencia cardiaca final Yo-Yo Test basal	0,91475
Frecuencia cardiaca inicial Yo-Yo Test final	0,54741
Frecuencia cardiaca final Yo-Yo Test final	0,16358
Distancia Yo- Yo Test basal	0,13594
Distancia Yo-Yo Test final	0,03039*
Dolor en reposo día uno	0,00000*
Dolor en actividad día uno	0,00000*
Dolor en reposo día dos	0,21852
Dolor en actividad día dos	0,77755
Dolor en reposo día tres	0,00273*
Dolor en actividad día tres	0,07185

Nota. * Valor p menor a 0,05, indica distribución no normal de los datos. El resto de las variables presenta una distribución normal.

Todas las variables presentan una distribución normal excepto las variables nivel de actividad física, distancia Yo-Yo Test final, el dolor en reposo y actividad del día uno y el dolor en reposo del día tres.

5.4. Estadística inferencial

5.4.1. Comparación de datos generales entre grupos

Se realizó la prueba T- student, según normalidad de datos (Díaz, 2009), para comparar medias entre grupos para las variables de género (valor $p= 0,4517$), edad (valor $p=0,4686$), IMC (valor $p= 0,6051$) y también para la frecuencia cardiaca alcanzada en el Yo-Yo Test basal (valor $p= 0,1364$) y final (valor $p= 0,9242$). No se encontraron diferencias significativas entre grupos para ninguna de las variables antes mencionadas. Se realizó la prueba de Wilcoxon según normalidad de datos (Salafranca et al., 2000), para nivel de actividad física (valor $p= 0,9756$), no se observaron diferencias significativas entre grupos (Ver Tabla 15).

Tabla 15	
Datos generales comparación entre grupos	
Variable	Valor p
Género	0,4517
Edad	0,4686
IMC	0,6051
Nivel de actividad física	0,9756
Frecuencia cardiaca alcanzada en Yo-Yo Test basal	0,1364
Frecuencia cardiaca alcanzada en Yo-Yo Test Final	0,9242

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

5.4.2. Comparaciones por grupos

5.4.2.1. Comparación respecto a dolor basal y dolor medido el día dos

Luego de realizadas las mediciones basales, los resultados muestran que para el dolor en reposo en condición basal medido con EVA, no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La variable no distribuyó de forma normal, por lo que se aplicó una prueba estadística no paramétrica (Wilcoxon), obteniendo un valor de $p= 0,7935$; por tanto los grupos se comportaron de forma similar.

De la misma manera los resultados muestran que para el dolor en actividad medido con EVA en condición basal, no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La variable no distribuyó de forma normal, por lo que se aplicó una prueba estadística no paramétrica (Wilcoxon), obteniendo un valor de $p= 0,2511$; por tanto los grupos se comportaron de forma similar.

La comparación para las variables dolor medido con EVA tanto en reposo como en actividad, y contrastando la medición basal con la medición del día dos muestran una diferencia significativa para la muestra completa tanto para dolor en reposo como para dolor en actividad. Según la normalidad de los datos se aplicó el test Wilcoxon signed-rank (Salafranca et al., 2000) y se obtuvieron para dolor en reposo un valor $p=0,0000$ (Ver figura 6) y para dolor en actividad y valor $p=0,0000$ (Ver figura 7). A raíz de esto se observa que el protocolo de sobrecarga física genera aumentos significativos en DOMS.

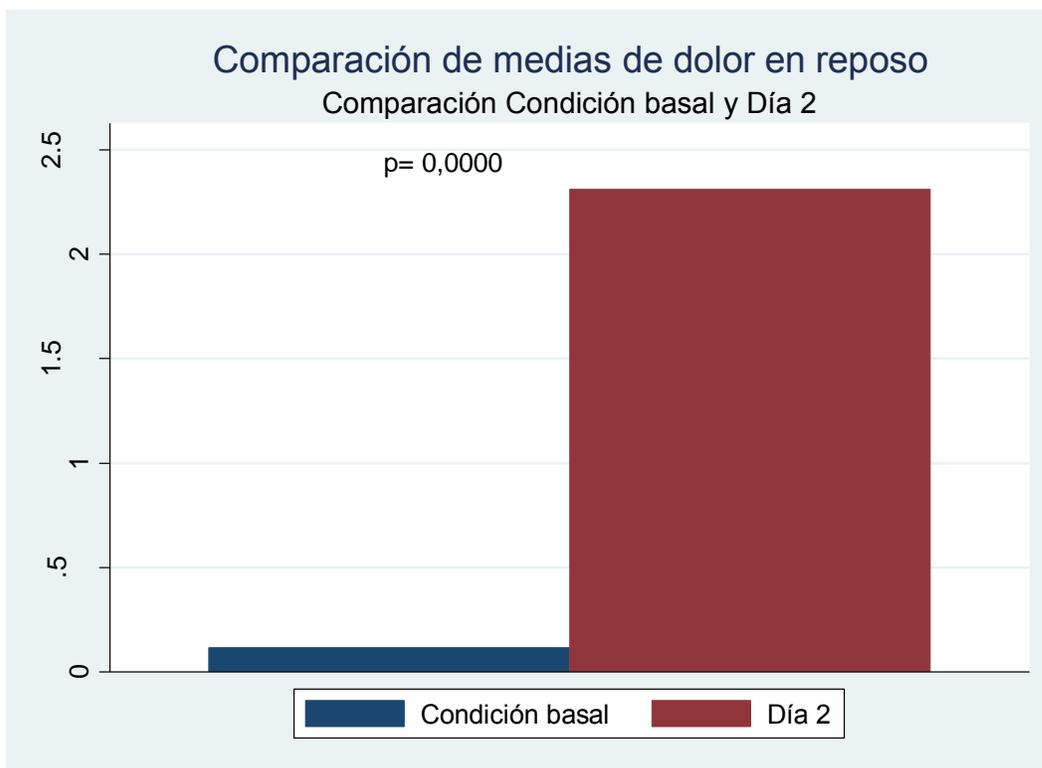


Figura 6. Gráfico de barras de la comparación de medias de dolor en reposo entre la condición basal y el día 2.

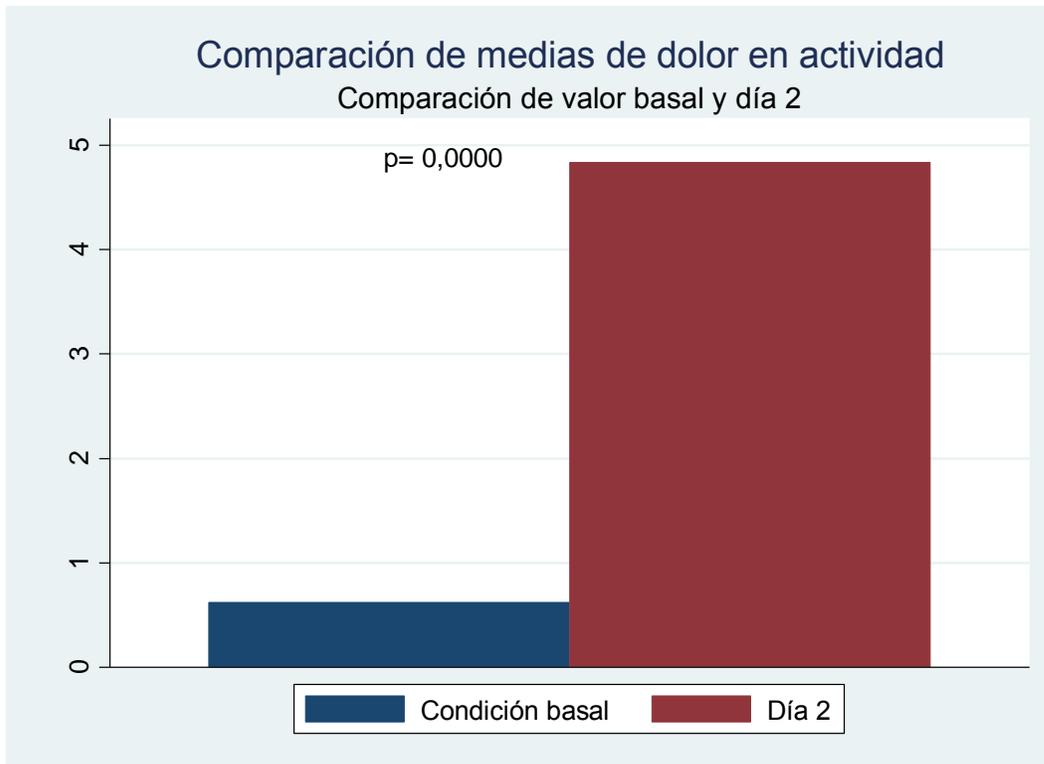


Figura 7. Gráfico de barras de la comparación de medias de dolor en actividad entre la condición basal y el día 2.

5.4.2.2. Comparación de rendimiento deportivo por grupos

La comparación intra-grupo para la variable de rendimiento deportivo medida con Yo-Yo Test, y contrastando la medición basal con la medición final para el grupo control no muestran una diferencia significativa. Según la normalidad de los datos se aplicó el test Wilcoxon signed-rank (Salafranca et al., 2000) y se obtuvo un valor $p = 0,5813$ (Ver figura 8).

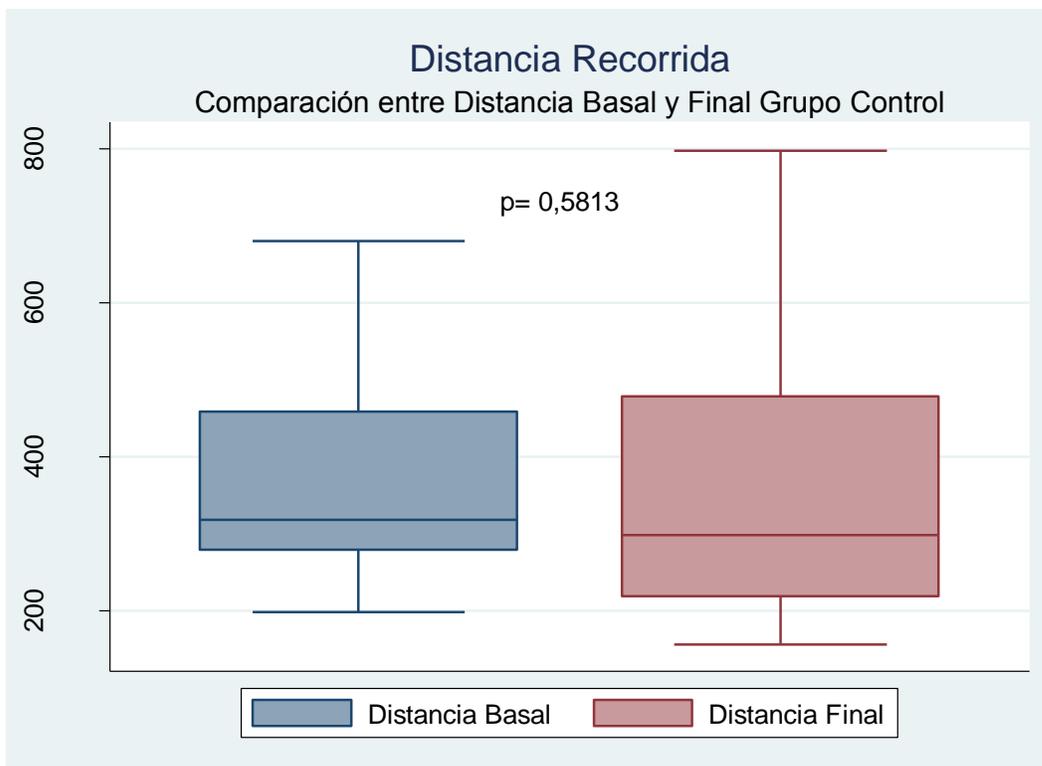


Figura 8. Gráfico de cajas de la comparación de medias del rendimiento deportivo basal y final del grupo control.

La comparación intra-grupo para la variable de rendimiento deportivo medida con Yo-Yo Test, y contrastando la medición basal con la medición final para el grupo experimental no muestra una diferencia significativa. Según la normalidad de los datos se aplicó el test Wilcoxon signed-rank (Salafranca et al., 2000) y se obtuvo un valor $p = 0,1770$ (Ver Figura 9).

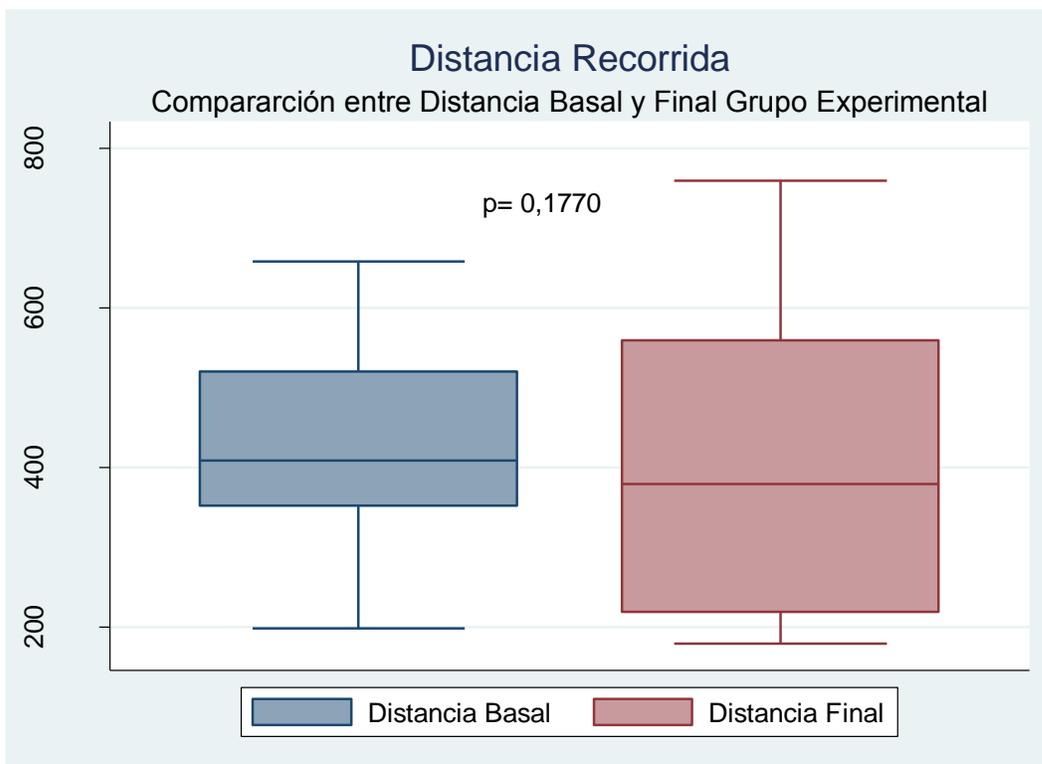


Figura 9. Gráfico de cajas de la comparación de medias del rendimiento deportivo basal y final del grupo experimental.

5.4.3. Comparación de rendimiento deportivo entre grupos

5.4.3.1. Comparación rendimiento basal

Los resultados de la prueba de rendimiento deportivo YYTRI1 muestran que no hubo diferencias significativas en el rendimiento entre ambos grupos. La variable distribuyó de forma normal, por lo que se aplicó una prueba estadística paramétrica (T-student), obteniendo un valor de $p=0,3320$ (Ver figura 10); por tanto los grupos se comportan de forma similar.

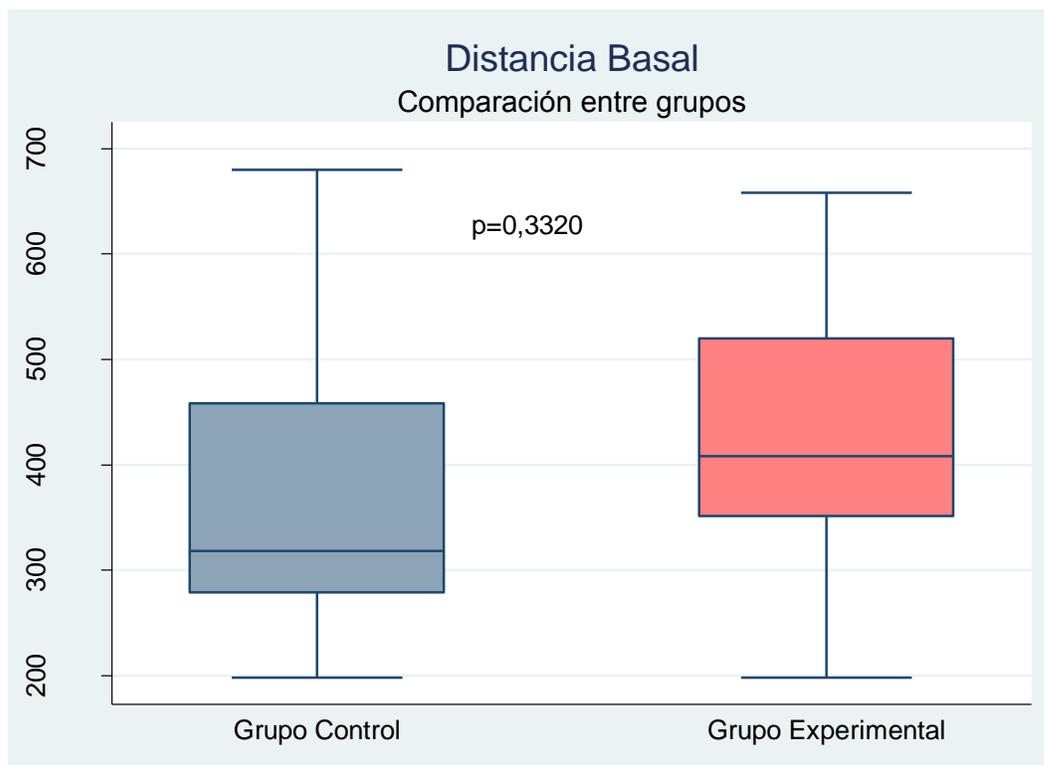


Figura 10. Gráfico de caja de la comparación de medias de rendimiento deportivo basal.

5.4.3.2. Comparación rendimiento final

Luego de realizadas las intervenciones orientadas a la recuperación del rendimiento deportivo los resultados muestran que no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La variable no distribuyó de forma normal, por lo que se aplicó la prueba estadística de comparación de medias (Wilcoxon), obteniendo un valor $p=0,4402$ (Ver figura 11); por tanto los grupos se comportaron de forma similar.

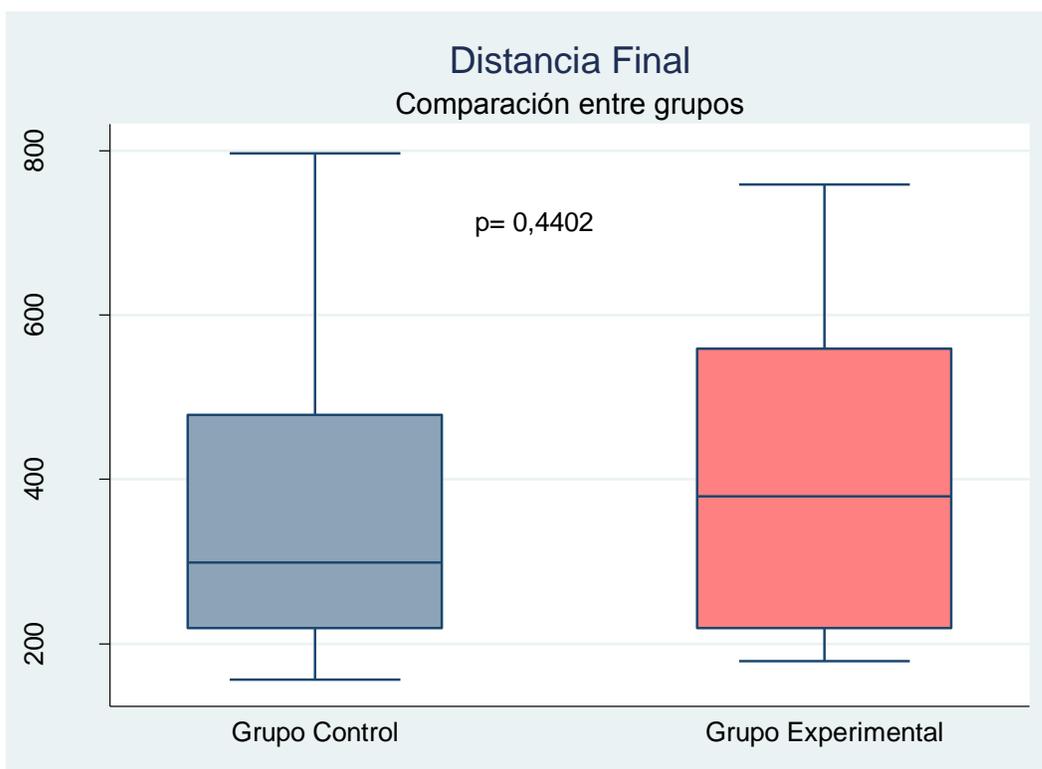


Figura 11. Gráfico de caja de la comparación de medias de rendimiento deportivo final.

5.4.4. Comparaciones de dolor entre grupos

5.4.4.1. Comparación de dolor del día dos entre grupos

Luego de realizadas las intervenciones correspondientes al día uno los resultados mostraron que para el dolor en reposo medido con EVA, no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La variable distribuyó de forma normal,

por lo que se aplicó una prueba estadística paramétrica (T-student), obteniendo un valor de $p= 0,8170$ (Ver figura 12); por tanto los grupos se comportaron de forma similar.

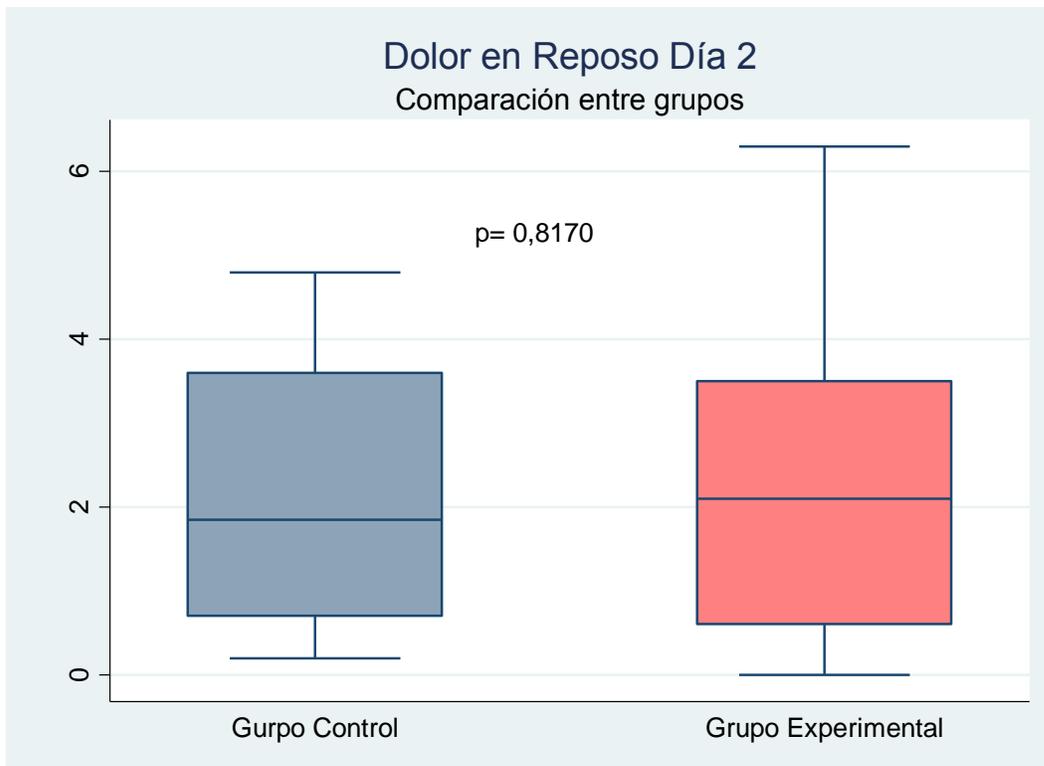


Figura 12. Gráfico de caja de la comparación de medias del dolor en reposo del día dos.

Los resultados muestran que para el dolor en actividad medido con EVA no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La variable distribuyó de forma normal, por lo que se aplicó una prueba estadística paramétrica (T-student), obteniendo un valor de $p= 0,4905$ (Ver figura 13); por tanto los grupos se comportaron de forma similar.

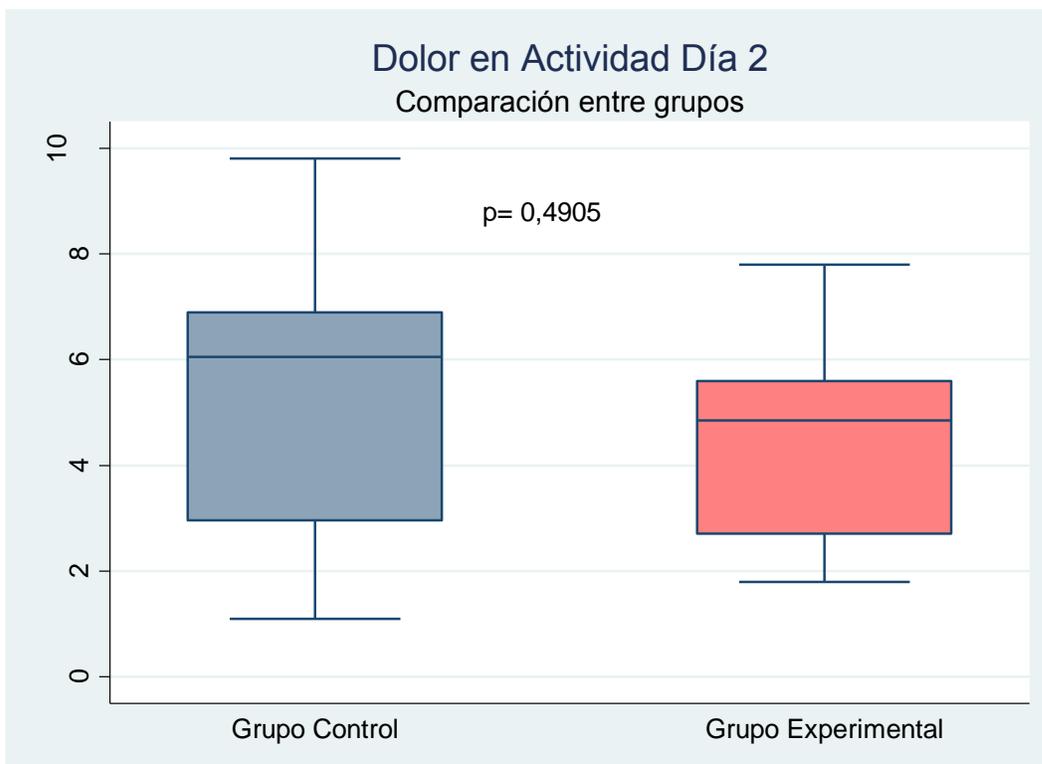


Figura 13. Gráfico de caja de la comparación de medias del dolor en actividad del día dos.

5.4.4.2. Comparación de dolor del día tres entre grupos

Luego de realizadas las intervenciones correspondientes a los días uno y dos, los resultados mostraron que para el dolor en reposo medido con EVA, no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La variable no distribuyó de forma normal, por lo que se aplicó la prueba estadística no paramétrica de comparación de medias (Wilcoxon), obteniendo un valor $p=0,4872$ (Ver figura 14); por tanto los grupos se comportaron de forma similar.

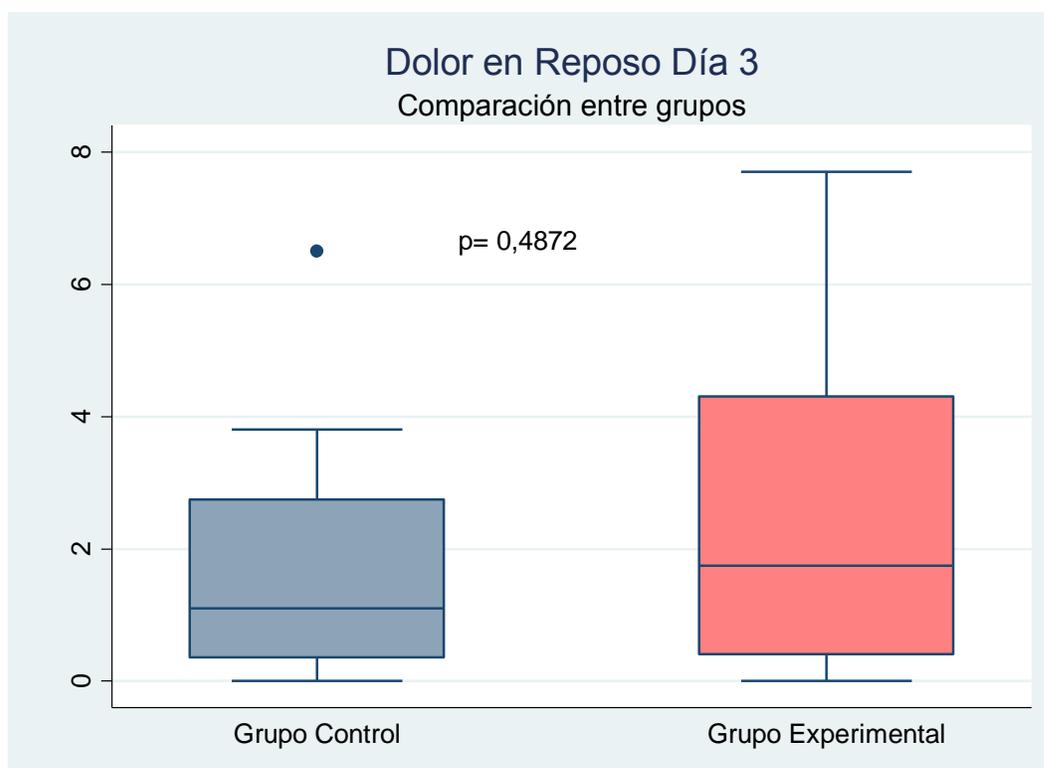


Figura 14. Gráfico de caja de la comparación de medias del dolor en reposo del día tres.

Los resultados muestran que para el dolor en actividad medido con EVA no se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. La variable distribuyó de forma normal, por lo que se aplicó una prueba estadística paramétrica (T-student), obteniendo un valor de $p= 0,5169$ (Ver figura 15); por tanto los grupos se comportaron de forma similar.

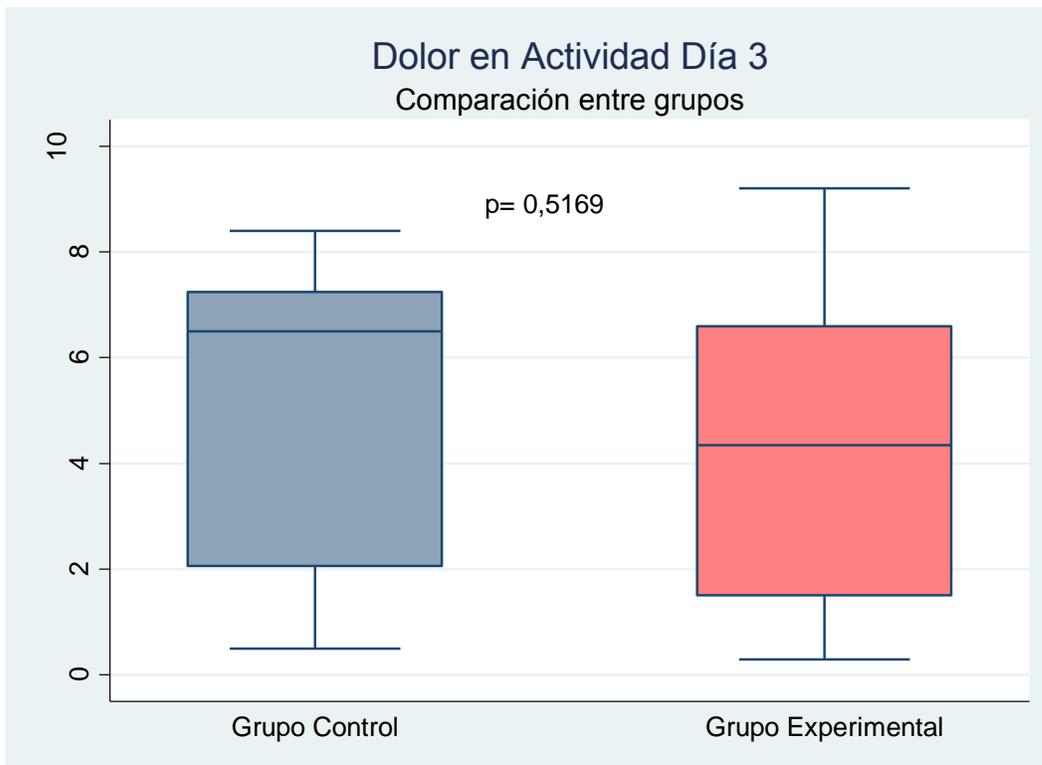


Figura 15. Gráfico de caja de la comparación de medias del dolor en actividad del día tres.

En la siguiente tabla se muestran los principales resultados de las pruebas de rendimiento y dolor muscular, con el respectivo valor p de la prueba de comparación utilizada.

Tabla 16			
Resultados pruebas de rendimiento y mediciones de dolor muscular comparación entre grupos			
Variable	Grupo control	Grupo experimental	Valor p
Yo-Yo Test basal	373,58 ± 150,05 m	429,14 ± 136,03m	0,3320
Yo-Yo Test Final	365,50 ± 205,60 m	410,79 ± 190,11 m	0,4402
Dolor muscular reposo (EVA) día 1	0,15 ± 0,46 cm	0,09 ± 0,18 cm	0,7935
Dolor muscular reposo (EVA) día 2	2,23 ± 1,56 cm	2,34 ± 1,88 cm	0,8170
Dolor muscular reposo (EVA) día 3	1,79 ± 1,92 cm	2,6 ± 2,53 cm	0,4872
Dolor muscular actividad (EVA) día 1	0,44 ± 0,94cm	0,77 ± 1,31 cm	0,2511
Dolor muscular actividad (EVA) día 2	5,17 ± 2,63 cm	4,55 ± 1,84 cm	0,4905
Dolor muscular actividad (EVA) día 3	5,06 ± 2,98 cm	4,31 ± 2,78 cm	0,5169

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

5.4.5. Correlación entre variables dolor y rendimiento deportivo final

Se realizaron pruebas de correlación entre las variables de dolor en reposo y dolor en actividad con el rendimiento deportivo final. Para realizar esta correlación se utilizó la prueba de correlación de Spearman (Martínez R., Tuya, Martínez M., Pérez y Cánovas, 2009), debido a que una de las variables no se distribuyó de forma normal.

5.4.5.1. Correlaciones respecto a la muestra

Para la correlación entre dolor en reposo del día tres y rendimiento deportivo final, observando la muestra completa, se obtuvieron relaciones negativas para dolor en reposo y rendimiento deportivo de 33,36%, una asociación débil sin relevancia estadística ($\rho = -0,3633$ y $p = 0,0681$) (Martínez et al., 2009); para dolor en actividad y rendimiento deportivo se obtuvo una asociación negativa de 72,82%, una asociación moderada con valor estadísticamente significativo ($\rho = -0,7282$ y $p = 0,0000$) (Ver figura 16) (Martínez et al., 2009).

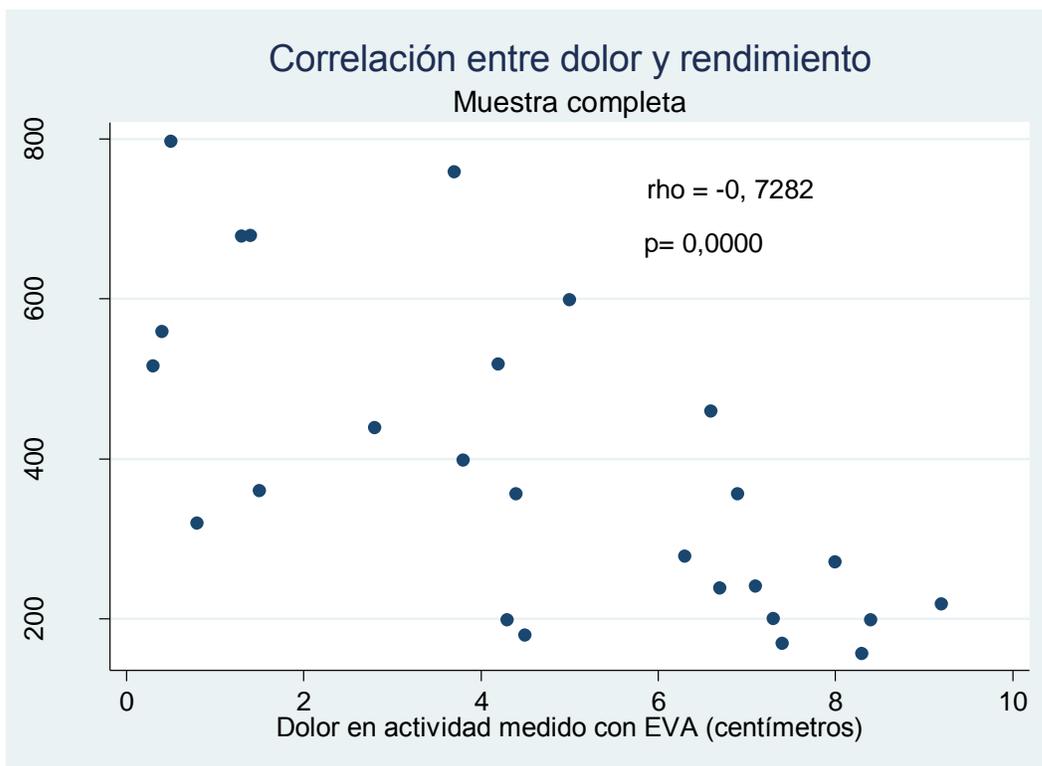


Figura 16. Gráfico de correlación de Spearman entre dolor en actividad y rendimiento deportivo de la muestra completa.

5.4.5.2. Correlaciones por grupo

En relación al análisis por grupo, para el grupo control se obtuvo una correlación negativa entre dolor en reposo del día tres y la distancia del rendimiento deportivo final de 44,06 %, una asociación débil sin relevancia estadística ($\rho = -0,4406$ y $p = 0,1517$) (Martínez et al., 2009); para dolor en actividad y rendimiento deportivo, se obtuvo una asociación negativa de 85,31 %, una asociación fuerte con valor estadísticamente significativo ($\rho = -0,8531$ y $p = 0,0004$) (Martínez et al., 2009).

Para el grupo experimental se obtuvo una correlación negativa entre dolor en reposo del día tres y la distancia del rendimiento deportivo final de 31,68 %, una asociación débil sin relevancia estadística ($\rho = -0,3168$ y $p = 0,2697$) (Martínez et al., 2009); para dolor en actividad y rendimiento deportivo, se obtuvo una asociación negativa de 54,29%, una asociación moderada con valor estadísticamente significativo ($\rho = -0,5429$ y $p = 0,0449$) (Martínez et al., 2009) (Ver figura 17).

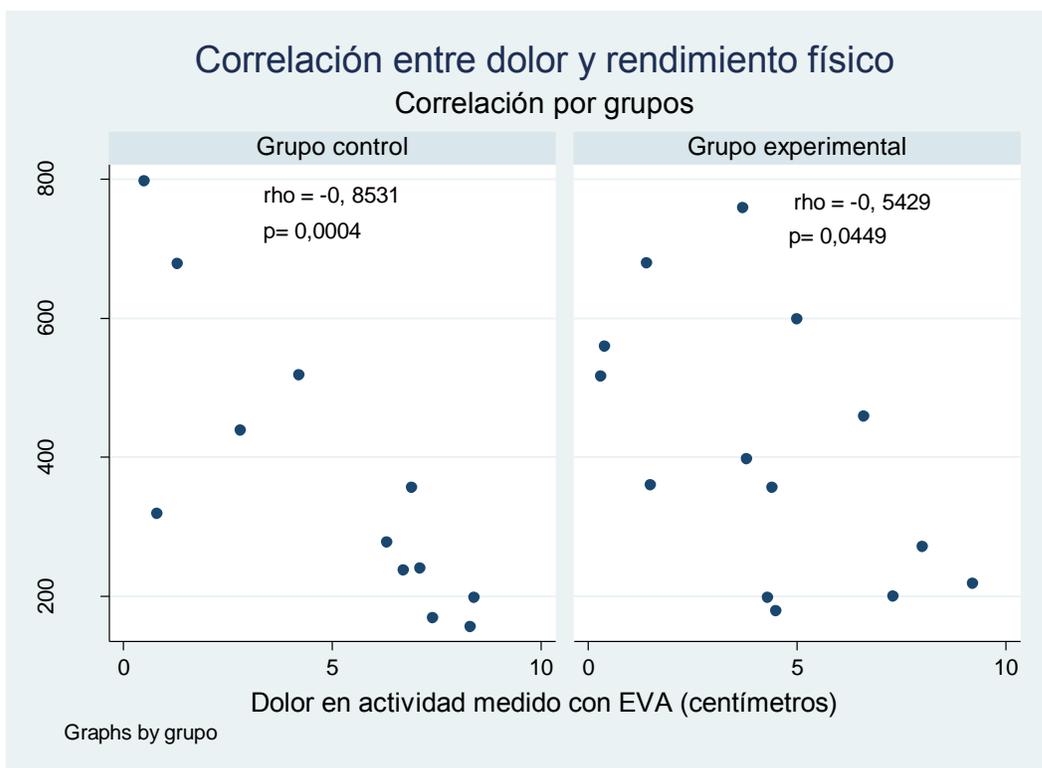


Figura 17. Gráfico de correlación de Spearman entre dolor en actividad y rendimiento deportivo por grupos.

6. DISCUSIÓN

En deportes colectivos de alta exigencia, con calendarios estrechos e intensos, en los que las competiciones y los entrenamientos están siempre muy cercanos y que además se realizan en temporadas extensas, es primordial tener tiempos de descanso y recuperación adecuados, y además, contar con métodos que ayuden a facilitar la recuperación post-esfuerzo para que esto también pueda traducirse en una mejora del rendimiento a nivel competitivo (Rey, 2012). Actualmente existen diversos métodos de recuperación que se aplican en el ámbito deportivo pero en la mayoría de ellos, no se han logrado los resultados esperados.

El objetivo de este estudio es determinar si la electro-estimulación nerviosa transcutánea realizada con el dispositivo TANYX® tiene incidencia en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo. Para esto, posterior a la aplicación de un protocolo de sobrecarga física se realizaron métodos de recuperación post-esfuerzo tradicional que consisten en ejercicio aeróbico de baja intensidad y elongaciones pasivas, a los cuales, se les adicionó la aplicación de electroterapia. La muestra utilizada se obtuvo de manera no probabilística en forma intencional y se dividió aleatoriamente en dos grupos, un grupo control y un grupo experimental, los cuales no tienen diferencias significativas entre ellos con respecto a distribución por género ($p=0,4517$), edad ($p=0,4686$), IMC ($p=0,6051$) y tampoco en relación al nivel de actividad física ($p=0,9756$).

Se realizan pruebas de rendimiento físico (YYTRI1) y mediciones de DOMS (EVA), y se comparan las medias de estas variables por grupo y entre grupos para determinar si la respuesta a la intervención fue diferente en cada grupo.

Los resultados de la presente investigación permiten rechazar la hipótesis de que el uso de la electro-estimulación a través del dispositivo TANYX® favorece la recuperación del rendimiento, debido a que no se producen diferencias significativas al adicionar esta intervención a un protocolo tradicional.

Dentro de los resultados, con respecto al rendimiento deportivo en la prueba basal, la muestra alcanza una media de $403,5 \pm 142,57$ metros, la comparación de este resultado con datos reportados por otros autores resulta controversial debido a que las características de la muestra utilizada difieren de las de otros estudios, ya que en la mayoría se utilizan deportistas profesionales, semi-profesionales o amateur, pero se nombran muy poco los

resultados de sujetos sanos que no realicen deporte de forma constante, en general son ocupados como grupo control como en el estudio de Veale, Pearce y Carlson (2010) donde para la comparación de atletas de fútbol elite australianos se ocupó un grupo control conformado por alumnos de una escuela que obtuvieron una media de 774 ± 350 metros, el cual sigue siendo un resultado mayor que el de la presente muestra aunque se desconocen las características etarias de este. Otra explicación posible del resultado en la prueba de rendimiento deportivo basal obtenido por la muestra del presente estudio, es que un 65,38% de estos, realizaban actividad física menos de 3 veces 30 minutos por semana (Veale, Pearce & Carlson, 2010). Posterior a la aplicación de los protocolos de sobrecarga física y métodos de recuperación post-esfuerzo la muestra en la prueba final de rendimiento alcanza un valor promedio de $389,88 \pm 194,74$ metros, dicho resultado pierde validez comparativa al considerar que la muestra se encuentra dividida en grupos que se intervienen de diferente manera, por tanto establecer relaciones con el valor basal y establecer diferencias en cuanto a rendimiento físico resulta inadecuado, por lo que estas comparaciones se llevan a cabo mediante el análisis entre grupos. Con respecto a otros estudios realizados, las diferencias en las características de las muestras, las intervenciones y principalmente las mediciones realizadas en estos, dificulta la comparación de rendimiento deportivo posterior a un esfuerzo físico ya que no existen estudios que realicen esta medición de rendimiento con Yo-Yo Test, como por ejemplo en el estudio de Tufano et al. (2012) posterior a la inducción de DOMS y luego de aplicar un protocolo de recuperación con ejercicio aeróbico, la medición de rendimiento se realizó enfocada en el torque dinámico de cuádriceps medido con dinamómetro isocinético, o en el estudio de Byrne y Eston (2002) donde se midió el efecto de fatiga de un protocolo de contracciones excéntricas, el cual fue medido con el test de Wingate, el cual se realiza en bicicleta ergométrica y se enfoca en el rendimiento en base a la potencia anaeróbica del tren inferior.

Con respecto al comportamiento de cada grupo, el grupo control alcanza un valor basal de rendimiento de $373,58 \pm 150,05$ metros y el grupo experimental un valor basal de $429,14 \pm 136,03$, al contrastar ambos datos no se encuentran diferencias significativas ($p= 0,3320$), lo que habla de la correcta asignación y aleatorización de la muestra. En ese sentido los valores que alcanzan el grupo control y el grupo experimental en la prueba de rendimiento final son $365,50 \pm 205,60$ metros y $410,79 \pm 190,11$ metros respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos ($p= 0,4402$). Estos resultados muestran que la intervención adicional de electroterapia en este caso, no genera beneficios en cuanto a la recuperación del rendimiento deportivo luego de un esfuerzo físico importante.

Los datos son similares a los obtenidos por Vanderthommen, Makrof y Demoulin (2010), quienes sometieron a un grupo de 19 sujetos no deportistas a un protocolo de sobrecarga física, para posteriormente aplicar diferentes métodos de recuperación como es electroterapia en forma aislada, ejercicio aeróbico aislado y también un grupo con recuperación pasiva. Los datos entregados muestran que para rendimiento físico, y considerando que se valora esta variable a través de mediciones de fuerza y no a través de capacidad física intermitente como en el caso del presente trabajo; se observa que no existieron diferencias significativas en cuanto a rendimiento físico entre ninguna de las tres formas de recuperación.

Las razones de por qué el comportamiento de los grupos de este estudio no fue el esperado se pueden relacionar con que una baja en el rendimiento deportivo no sólo se asocia ni depende de la manifestación de DOMS sino que como han reportado otros autores (Cheung, Hume & Maxwell, 2003), también se vincula con otros elementos del desgaste físico como por ejemplo alteración de la fuerza y patrones de acción muscular y también variaciones en la mecánica articular y rangos de movimiento

Por otra parte, pese a que se observa que el protocolo de sobrecarga física aplicado en este estudio genera efectivamente la producción de DOMS, (comparación de medias entre dolor previo y dolor posterior a la aplicación del protocolo; $p= 0,000$ para dolor en reposo y $p= 0,000$ para dolor en actividad) y que además según la literatura que respalda este protocolo, el rendimiento físico se ve afectado de la misma manera, principalmente alterando los valores de fuerza muscular de miembros inferiores y el capacidad saltos de los participantes (Marginson et al., 2005); el comportamiento de la variable rendimiento no fue el esperado. Para el caso de este estudio, como el rendimiento está basado en una prueba que involucra una carrera en alta velocidad se ha demostrado que, a las 48 horas posteriores a la inducción de DOMS con un protocolo de ejercicio excéntrico, se observan alteraciones en la cinemática articular durante una carrera en treadmill a tres velocidades distintas como en el estudio de Tsatalas, Giakas, Spyropoulos, Sideris, Lazaridis, Kotzamanidis y Koutedakis (2013), donde específicamente se observó una disminución de la longitud del paso, y un aumento de la frecuencia de zancada, además, se observó un aumento del grado de flexión de la rodilla e inclinación de la pelvis durante la fase de balanceo, mientras que se observaron disminuciones de la extensión cadera durante la fase de apoyo, de la flexión de rodilla durante la de fase balanceo, y de los movimientos en

general de las articulaciones de rodilla y tobillo, todo esto en los tres niveles de velocidad utilizados.

Del mismo modo, el rendimiento deportivo basal y final dentro de un mismo grupo tampoco muestra los cambios pensados, al comparar el rendimiento físico basal y final no se observan cambios significativos para ningún grupo (grupo control $p= 0,5813$ y grupo experimental $p= 0,1770$), por tanto, otra de las posibles explicaciones a estos fenómenos se relacionaría con que las intervenciones de recuperación tradicionales aplicadas a ambos grupos, vale decir ejercicio aeróbico y elongaciones, influirían positivamente en las variaciones del rendimiento, por ende se mantendrían similar a la condición basal. Todo lo anterior en relación a lo que Cheung, Hume y Maxwell (2003) y Nguyen et al. (2009) proponen en sus trabajos en los que se asocia en cierta forma la producción de DOMS con bajas en el rendimiento físico.

Por otra parte estos datos indican que la adición de TENS a estas intervenciones de recuperación física no tiene incidencia en la recuperación de rendimiento, los resultados se asemejan a los obtenidos por Tessitore et al. (2007) en donde se sometió a un grupo de futbolistas profesionales ($n=12$) a distintos protocolos de recuperación física luego de los entrenamientos. Considerando las diferencias en relación a la muestra y que las mediciones en rendimiento no se asemejan a las utilizadas en el presente estudio, estos resultados muestran tendencias similares a los datos obtenidos, cabe destacar que no se encontraron diferencias significativas en la recuperación del rendimiento físico (valorado principalmente con capacidad de salto y pruebas de velocidad de carrera) al comparar la aplicación de métodos de recuperación física que incluían, ejercicios aeróbicos en tierra, ejercicios aeróbicos en agua, recuperación pasiva y electroterapia.

Las mediciones realizadas en este trabajo no sólo se relacionan con rendimiento deportivo, sino que también se valora el comportamiento de la variable dolor para expresar la manifestación del DOMS. Con respecto al dolor, los datos del estudio, muestran que en condición basal tanto para reposo como para dolor en actividad, los grupos no muestran diferencias entre ellos ($p= 0,7935$ para dolor en reposo y $p= 0,2511$ para dolor en actividad). El peak de DOMS en el grupo control se produjo a las 24 horas posteriores a la intervención de sobrecarga tanto para dolor en reposo ($2,23 \pm 1,56$ cm de EVA) como para dolor en actividad ($5,17 \pm 2,63$ cm de EVA). Para el grupo experimental el peak de dolor en reposo se produjo a las 48 horas posteriores ($2,6 \pm 2,53$ cm de EVA) y a las 24 horas posteriores

para dolor en actividad ($4,55 \pm 1,84$ cm de EVA), estos resultados se asimilan a lo que se reporta comúnmente en la literatura (Cheung, Hume y Maxwell, 2003) en el que el peak de intensidad del DOMS se manifiesta entre las 24 y 72 horas posteriores al cese del ejercicio.

Adquieren mayor importancia los valores para dolor en reposo y en actividad en los días dos y tres (24 y 48 horas posteriores al protocolo de sobrecarga respectivamente), principalmente la comparación entre grupos, ya que esto entrega información acerca de los efectos de la electroterapia realizada con TANYX® sobre el DOMS. Los resultados indican que no hay diferencias significativas entre grupos para el día dos y tampoco para el día tres tanto para dolor en reposo (día dos $p= 0,8170$; día tres $p= 0,4872$) como en actividad (día dos $p= 0,4905$; día tres $p= 0,5169$). Los resultados obtenidos en el estudio se complementan con los valores reportados por Vanderthommen, Makrof y Demoulin (2010) que indican que no se producen diferencias en cuanto a la reducción de dolor al comparar la electroterapia con métodos de recuperación activa y fundamentalmente al contraponer los resultados con valores de un grupo que realizó recuperación pasiva; cabe destacar que las técnicas fueron realizadas de forma aislada.

Sin embargo los datos del presente estudio se contraponen a los resultados expuestos por Denegar et al. (1989) donde luego de la aplicación de un protocolo de sobrecarga física la aplicación de TENS de baja frecuencia mostró una reducción significativa de DOMS junto con aumentos significativos de rangos de movimiento, se debe considerar que la aplicación de electroterapia se realizó de forma aislada. En este sentido Tessitore et al. (2007) valoraron los efectos de diferentes métodos de recuperación con respecto al rendimiento físico y percepción de dolor muscular en futbolistas ($n=12$), como se mencionó anteriormente. Para este caso los resultados relativos al dolor mostraron que se produce una reducción significativa del dolor muscular luego de la aplicación de electroterapia.

La no existencia de diferencias significativas entre nuestros grupos, ni tampoco al comparar dentro del mismo grupo se podría explicar por algunas características asociadas a la aplicación del producto TANYX® principalmente sus niveles de intensidad y las características de uso. La aplicación de TENS mediante TANYX® en este trabajo se realiza a una intensidad estándar para todos los sujetos de 20 mA, por tanto la respuesta para cada sujeto puede no ser la adecuada considerando las características físicas individuales (características de la piel y sensibilidad cutánea). Por otro lado la aplicación del dispositivo

queda bajo la responsabilidad de cada sujeto, por lo que la rigurosidad de la intervención a pesar del monitoreo e instrucciones constantes pudiese estar afectando.

Otro aspecto a considerar frente a que no se encontraron diferencias en cuanto a las mediciones de dolor entre ambos grupos, es el posible rol de la respuesta placebo en el efecto analgésico generado con la aplicación de TANYX®. Se ha reportado que cerca de un 40 - 60% de los resultados de aplicaciones orientadas al alivio del dolor se explica por una respuesta placebo (Kluge, 1990). La TENS no escapa de esta afirmación y algunos autores han descrito que con respecto a dolor de origen muscular la TENS generaría efectos analgésicos similares a la aplicación de TENS placebo (Gemmell & Hilland, 2011; Marchand et al., 1993). Considerando estos puntos, no está fuera de lugar considerar que en este estudio parte de la respuesta analgésica generada por la intervención se explicaría por la respuesta placebo en ambos grupos, lo que nos llevaría a pensar que este factor eventualmente podría enmascarar los resultados de dolor al comparar ambos grupos de estudio.

El DOMS y el rendimiento deportivo podrían estar asociados, se debe contemplar que el DOMS se manifiesta principalmente durante la actividad física. En este estudio se obtienen correlaciones entre rendimiento físico y DOMS. Para la muestra completa se obtiene una correlación negativa entre dolor en actividad al tercer día con rendimiento deportivo final, esta asociación es de carácter moderado e indicaría cierta tendencia a la disminución del rendimiento deportivo cuando se genera mayor DOMS ($\rho = -0,7282$ y $p = 0,0000$). Un valor interesante se obtiene al relacionar rendimiento y dolor en actividad al tercer día en el grupo control, se obtuvo una correlación negativa entre estas variables, con una asociación fuerte con significancia estadística ($\rho = -0,8531$ y $p = 0,0004$).

Sin embargo, como se expuso anteriormente el TANYX® no generó disminuciones de dolor ni tampoco mejoras en el rendimiento deportivo.

Hay un grupo de factores que se controlan durante la investigación por medio de indicaciones a los sujetos, estos incluían la no realización de otra actividad física intensa durante los días de la intervención, no aplicar otra forma de recuperación física ni método para aliviar dolor (hielo, AINES, elongaciones extras, entre otras), mantener horas de sueño y buena alimentación. Además de siempre cumplir con los requerimientos del protocolo establecido.

A pesar de las diversas variables que se controlan, existen muchos otros factores que intervienen en los resultados. Cabe destacar que la muestra se compone de estudiantes de kinesiología, carrera que lleva una carga física importante que en ocasiones puede implicar falta de horas de sueño, factor importante en la recuperación física (Calder, 2003), la indumentaria deportiva utilizada puede incidir en el rendimiento y las altas temperaturas de la época puede afectar el rendimiento deportivo. Además, pese a las regulaciones y monitorización del uso correcto del dispositivo TANYX®, existe la posibilidad de que la utilización no haya sido la adecuada.

Dentro de las limitaciones que podemos señalar en el presente estudio, están el tamaño muestral pequeño que puede afectar la potencia estadística de los resultados. Por otro lado, está el hecho de que no se incluye un grupo sin ningún método de recuperación y un grupo que ocupe un solo método de recuperación, lo cual nos hubiese permitido observar el efecto de las distintas intervenciones de forma individual, este punto interfiere con algunas consideraciones éticas del trabajo. Otro punto importante de señalar, es que las evaluaciones de dolor y rendimiento deportivo se midieron solo hasta el tercer día; hubiese sido interesante poder evaluar durante más días estas variables, con el fin de observar el comportamiento del rendimiento físico en un plazo más amplio.

Las implicancias prácticas que se pueden plantear a partir del estudio tienen relación con que la utilización de un protocolo de sobrecarga física, efectivamente produce un aumento en la percepción del DOMS y que la escala visual análoga (EVA) sería una forma útil para cuantificarlo, al permitir distinguir de forma clara las diferencias en la percepción del dolor a lo largo del tiempo.

Proyecciones futuras se relacionan con líneas de investigación que podrían incluir la realización de estudios similares con un tiempo de desarrollo más prolongado que permita observar el rendimiento a largo plazo. También la utilización de protocolos de recuperación similares al de este estudio en poblaciones de deportistas amateur y profesionales. Finalmente incluir la comprobación de que si las mediciones de rendimiento y DOMS se asocian a cambios en marcadores metabólicos de estrés físico y daño muscular.

7. CONCLUSIONES

El rendimiento físico basal fue de 373,58 m para el grupo control y 429,14 m para el grupo experimental. Posterior a la aplicación de los protocolos de sobrecarga física y de recuperación, se produjo una disminución del rendimiento alcanzando un valor de 365,50 m para el grupo control y 410,79 m para el grupo experimental, aunque sin diferencia estadísticamente significativa con respecto al valor basal.

El uso de la electro-estimulación nerviosa transcutánea (TENS) realizada con el dispositivo TANYX® no tiene incidencia en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

El uso de la electro-estimulación nerviosa transcutánea (TENS) realizada con el dispositivo TANYX® no genera reducciones significativas en el DOMS, ya sea en el dolor en reposo o en actividad en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

Finalmente se puede decir que se rechaza la hipótesis de que el uso de la TENS realizada con TANYX® genera beneficios en cuanto a la recuperación del rendimiento físico posterior a un esfuerzo en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

8. REFERENCIAS

- Adams, S., Bough, R., Cliffe, E., Lessel, B. & Mills, R. (1989). Absorption, distribution, and toxicity of ibuprofen. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 15, 310-330.
- Amer-Cuenca, J., Goicoechea, C. y Lisón, J.F. (2010). ¿Qué respuesta fisiológica desencadena la aplicación de la técnica de estimulación nerviosa eléctrica transcutánea? *Rev. Española de Dolor.* 17(7), 333–342.
- Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A., Magalhães, S., & Magalhães, J. (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.
- Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP), (1994).
- Babault, N., Cometti, C., Maffiuletti, N.A. & Deley, G. (2011). Does electrical stimulation enhance post-exercise performance recovery? *Eur. J. Appl. Physiol.*, 111, 2501-2507.
- Baldari, C., Videira, M., Madeira, F., Sergio, J. & Guidetti, L. (2004). Lactate removal during active recovery related to the individual anaerobic and ventilatory thresholds in soccer players. *Eur J ApplPhysiol* , 93, 224–230.
- Baldwin, L.A. (2003). Use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs following exercise induced muscle injury. *Sports Med.*, 33 (3), 177-185.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sports Sci.*, Jun; 16 (2), 110-116.
- Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsøe, F. (1992). The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *Int. J. Sports Med.*, 13 (2), 152-157.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand.*, 15 Suppl. 619, 1-156.
- Bangsbo, J., Iaia, F., & Krstrup, P. (2008). The yo-yo intermittent recovery test. A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med.*, 38 (1), 37-51.

- Belcastro, A. (1993). Skeletal muscle calcium-activated neutral protease (calpain) with exercise. *J. Appl. Physiol.*, 74, 1381-6.
- Billet, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento*. Barcelona, Editorial Paidotribo.
- Bobbert, M., Hollander, A., & Huijing, P. (1986). Factors in delayed onset muscle soreness of man. *Med Sci Sports Exerc*, 18, 75-81.
- Boyce, D., & Brosky, J. (2008). Determining the minimal number of cyclic passive stretch repetitions recommended for an acute increase in an indirect measure of hamstring length. *Physiotherapy Theory and Practice*, 24, 113-120.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002). Maximal intensity isometric and dynamic exercise performance following eccentric muscle actions. *J. Sports Sci.*, 20, 951-959.
- Calder, A. (2003). Recovery strategies for sports performance. *USOC Olympic Coach E-Magazine*.(Online).Obtenido el 11 de marzo de 2014, desde: <http://smscsqlx.sasktelwebhosting.com/services/exphys/recoverystrategies.pdf>.
- Castagna, C., Impellizzeri, F., Rampinini, E., D'Ottavio, S., & Manzi, V. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11, 202-208.
- Cameron, M. (2008). *Dolor*. En M. Cameron (Ed.), *Agentes físicos en rehabilitación*. (3ª ed.). (cap. 3, pp. 47-76.) España: Elsevier.
- Chen, T.C., Chung, C.J., Chen, H.L, Wu, C.J. (2007). Effects of a 4-day low-intensity run after downhill running on recovery of muscle damage and running economy. *J. Exerc. Sci. Fit.*, 5(1), 24-32.
- Chen, C., Tabasam, G., & Johnson, M. (2008). Does the pulse frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) influence hypoalgesia? A systematic review of studies using experimental pain and healthy human participants. *Physiotherapy*, 94, 11-20.
- Cheung, K., Hume, P.A., & Maxwell L. (2003). Delayed onset muscle soreness treatment strategies and performance factors. *Sports Med*, 33 (2), 145-164.

- Clarkson, P., & Sayers, S. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Can. J. Appl. Physiol.*, 24, 234-248.
- Cleak, M., & Eston, R. (1992). Delayed onset muscle soreness: mechanism and management. *J. Sports Sci.*, 10(4), 325-341.
- Cobb, L.A. Thomas. G.I., Dillard, D.H., Merendino, K.A. & Bruce R.A. (1959). An evaluation of internal mammary artery ligation by a double-blind technic. *N. Engl. J. Med.*, 20, 1115 -1118.
- Dabedo, B., White, J., & George K. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstrings strains in professional football clubs in England. *Br. J. Sports Med.*, 38, 388-394.
- Davis, W., Wood, D., Andrews, R., Elkind, L., & Davis, W. (2008). Elimination of delayed-onset muscle soreness by pre-resistance cardioacceleration before each set. *J Strength Cond Res*, 22, 212-225.
- Delahunt, E., Callan, L., Donohoe, J., Melican, R., & Holden, S. (2013). The yo-yo intermittent recovery test level 1 as a high intensity training tool: aerobic and anaerobic responses. *Prev. Med.* 56 (5), 278-282.
- Denegar, C., Perrin, D., Rogol, A., & Rutt,, R. (1989). The influence of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain, range of motion, and serum cortisol concentration in females experiencing delayed onset muscle soreness. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 11, 100-103.
- De Santana, J., Walsh, D., Vance, C., Rakel, B., & Sluka, K. (2008). Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of hyperalgesia and pain. *Curr. Rheumatol. Rep.*, 10, 492-499.
- De Vries, H. (1961). Prevention of muscular distress after exercise. *Research Quarterly*, 32, 177-185.
- Deyo, R.A., Walsh, N.E., Martin, D.C., Schoenfeld, L.S. & Ramamurthy, S. (1990). A controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and exercise for chronic low back pain. *N.Engl. J. Med.*, 322, 1627-1634.

- Díaz, F., y Carabeo, A. (2001). La recuperación del deportista. *Revista Digital - Buenos Aires*, Año 7, N° 41.
- Díaz, V.P. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística: para médicos, odontólogos y estudiantes de ciencias de la salud*. Santiago, Chile: RIL editores.
- Donnelly, A., McCormick, K., Maughan R., Whiting, P.H. & Clarkson, P.M. (1988). Effects of a non-steroidal anti-inflammatory drug on delayed onset muscle soreness and indices of damage. *Br. J. Sports Med.*, 22 (1), 35-38.
- Downie, W., Leatham, P., Rhind, V., Wright, V., Branco, J., & Anderson, J. (1978). Studies with pain scales. *Ann. Rheum. Dis.*, 37(4), 378-381.
- Ernst, E. (1998). Does post-exercise massage treatment reduce delayed onset muscle soreness? A systematic review. *Br. J. Sports Med.*, 32, 212–14.
- Escolar, J., Perez, C., y Corrales, R. (2003). Actividad física y enfermedad. *An. Med. Interna*, Vol. 20, N°8.
- Feland, J., Myrer, J., & Merrill, R. (2001). Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical Therapy in Sport*, 2(4), 186-193.
- Francis, K., & Hoobler, T. (1987). Effects of aspirin on delayed muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness*, 27 (3), 333-337.
- Friden, J., Sjostrom, M., & Ekblom, B. (1981). A morphological study of delayed onset muscle soreness. *Experientia*, 37, 506-507.
- Gemmell, H. & Hilland, A. (2011). Immediate effect of electric point stimulation (TENS) in treating latent upper trapezius trigger points: A double blind randomized placebo-controlled trial. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 15, 348 – 354.
- Goodall, S., & Howatsonen, G. (2008). The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 235-241.
- Grosser, M., Bruggemann, P., Zintl, F. (1990). *Alto rendimiento deportivo: planificación y desarrollo*. México, Editorial Martínez Roca.

- Grossman, S., Sheidler, V., McGuire, D., Geer, C., Santor, D., & Piantadosi, S. (1992). A comparison of the Hopkins Pain Rating Instrument with standard visual analogue and verbal descriptor scales in patients with cancer pain. *J. Pain Symptom Manage*, 7(4), 196-203.
- Gulick, D. & Kimura, I. (1996). Delayed onset muscle soreness: what is related DOMS research may serve to benefit a wider it and how do we treat it? *J. Sport Rehab.*, 5, 234-243.
- Hamill, J., Freedson, P., & Clarkson, P. (1991). Muscle soreness during running: biomechanical and physiological considerations. *Int. J. Sport Biomech.*, 7(2), 125-137.
- Hasson, S.M., Wible, C.L., Reich, M., Barnes, W.S. & Williams, J.H. (1992). Dexamethasone iontophoresis: effect on delayed muscle soreness and muscle function. *Can. J. Sport Sci.*, 17 (1), 8-13.
- Hasson, S.M., Daniels, J.C., Divine, J.G., Niebuhr, B., Richmond, S., Stein, P. & Williams, J.H. (1993). Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage and performance: a preliminary investigation. *Med. Sci. Sports Exerc.* , 25 (1), 9-17.
- Herbert, R., De Noronha, M., & Kamper, S. (2011). Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 7.
- Hilbert, J., Sforzo, G., & Swensen, T. (2003). The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Br. J. Sports Med.*, 37, 72-75.
- Ispirlidis, I., Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Nikolaidis, M.G., Michailidis, I., Douroudos, I., Margonis, K., Chatzinikolaou, A., Kalistratos, E., Katrabasas, I., Alexiou, V. & Taxildaris, K. (2008). Time course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18 (5), 423-431.
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Cap. Materiales, cargas mecánicas y lesiones deportivas. Madrid. Ed. Médica Panamericana.

- Jamtvedt, G., Herbert, R., Flottorp, S., Odgaard-Jensen, J., Havelrud, K., Barratt, A., Mathieu, E., Burls, A. & Oxman, A. (2010). A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *Br. J. Sports Med.*, 44, 1002-1009.
- Jakovljevic, M. (2014). The placebo–nocebo response: Controversies and challenges from clinical and research perspective. *European Neuropsychopharmacology*. 24, 333–341.
- Janssen, E., Kuipers, H., Vertsappen, F. & Costill, D. (1983). Influence of anti-inflammatory drugs on muscle soreness. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 15 (2), 165.
- Johnson, M., & Martinson, M. (2007). Efficacy of electrical nerve stimulation for chronic musculoskeletal pain: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain*, 130, 157-165.
- Jones, D., Newham, D., & Clarkson, P. (1987). Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. *Pain*, 30, 233-242.
- Karvonen, M., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.*, 35(3), 307-315.
- Kenttä, G. & Hassmen, P. (1998). Overtraining and recovery: a conceptual model. *Sports Medicine*, 26, 1–16.
- Krstrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., & Steensberg, A. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35(4), 697–705.
- Krstrup, P., Mohr, M., & Nybo, L. (2006). The yo-yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38 (9), 1666-1673.
- Kuipers, H., Keizer, H., Verstappen, F. & Costill, D. (1985). Influence of a prostaglandin-inhibiting drug on muscle soreness after eccentric work. *Int. J. Sports Med.*, 6 (6), 336-339.

- Kuipers, H. (1994). Exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 15 (3) 132-135.
- Law, R., & Hebert, R. (2007). Warm-up reduces delayed-onset muscle soreness but cool-down does not: a randomised controlled trial. *Australian Journal of Physiotherapy*, 53(2), 91-95.
- Lewis, P., Ruby, D., & Bush C. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clin Sports Med*, 31, 255–262.
- Marchand, S., Charest, J., Li, J., Chenard, J. R., Lavignolle & Laurencelle, L. (1993). Is TENS purely a placebo effect? A controlled study on chronic low back pain. *Pain*, 54(1), 99-106.
- MacIntyre, D., Reid, W., & McKenzie D. (1995). Delayed onset muscle soreness: the inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Med.*, 20, 24-40.
- Marginson, V., Rowlands, A., Gleeson, N. & Eston, R. (2005). Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *J. Appl. Physiol.*, 99(3), 1174-81.
- Martínez, M., Pastor, J.M., y Sendra, F. (1998). *Manual de medicina física*. España: Harcourt Brace.
- Martínez, R.M., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A. y Cánovas, A. (2009). *El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización*. Revista Habanera de Ciencias Médicas. (Online). Obtenido el 11 de marzo de 2014, desde:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180414044017>> ISSN.
- Mekjavic, I., Exner, J., & Tesch, P. (2000). Hyperbaric oxygen therapy does not affect recovery from delayed onset muscle soreness. *Med. Sci. Sports Exer.*, 32 (3), 558-563.
- Melzack, R. (1975). The McGill Pain Questionnaire: major properties and scoring methods. *Pain*, 1(3), 277-299.

- Melzack, R. (1996). Gate control theory. On the evolution of pain concepts. *Pain Forum*, 5(2), 128-138.
- Neric, F., Beam, W., Brown, L., & Wiersma, L. (2009). Comparison of swim recovery and muscle stimulation on lactate removal after sprint swimming. *J. Strength Cond. Res.*, 23, 2560-2567.
- Newham, D., Mills, K., & Edwards, R. (1983). Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. *Muscle Nerve*, 6, 380-385.
- Nguyen, D., Brown, L., Coburn, J., Judelson, D., Eurich, A., Khamoui, A., & Uribe, B. (2009). Effect of delayed-onset muscle soreness on elbow flexion strength and rate of velocity development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1282–1286.
- Noonan, T., Best, T., Seaber, A., Garrett, W., & Andrich, J. (1993). Thermal effects on skeletal muscle tensile behavior. *Am. J. Sports Med.*, 21, 517-522.
- Olsen, O., Sjøhaug, M., Van Beekvelt, M. & Mork, P.J. (2012). The effect of warm-up and cool-down exercise on delayed onset muscle soreness in the quadriceps muscle: a randomized controlled trial. *Journal of Human Kinetics*, 35, 59-68.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (1995). Comité de Expertos de la OMS sobre el estado físico: El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. *Serie de informes técnicos*, 854.
- Paddon, D., & Quigley, B. (1997). Effect of cryotherapy on muscle soreness and strength following eccentric exercise. *Int. J. Sports Med.*, 18, 588-593.
- Pastor, J.M. (1998). *Electroanalgesia transcutánea*. En M. Martínez (Ed., J.M. Pastor, J.M., y Sendra, F. *Manual de medicina física*. (cap. 13, pp. 185-193). España: Harcourt Brace.
- Prieto, E., Hopson, L., Bradley, L., Byrne, M., Geisinger, K., Midax, D., & Marchisello, P. (1980). The language of low back pain: factor structure of the McGill pain questionnaire. *Pain*, 8(1), 11-19.

- Proske, U., & Morgan, D. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology*, 537(2), 333-45.
- Reilly, T., & Rigby, M. (2002). Effect of an active warm-down following competitive soccer. *Science and Football*, 4, 226-229.
- Reilly, T., & Ekblom, B. (2005): The use of recovery methods post-exercise. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 619-627.
- Reilly, T. & Edwards, B. (2007). Altered sleepwake cycles and physical performance in athletes. *Physiology and Behavior*, 90, 274-284.
- Reisman, S., Walsh, L., & Proske, U. (2005). Warm-up stretches reduce sensations of stiffness and soreness after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 929-36.
- Rey, E. (2012). Estrategias de recuperación post-ejercicio en el fútbol. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 6, 42-53.
- Rey, E., Lagos-Peñas, C., Casáis, L. & Lago-Ballesteros, J. (2012). The effect of immediate post-training active and passive recovery interventions on anaerobic performance and lower limb flexibility in professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 31, 121-129.
- Rial, A y Varela, J. (2008). *Estadística práctica para la investigación en ciencias de la salud: ejercicios resueltos con G-Stat*. (pp. 53-57) .La Coruña: Netbiblo.
- Ristic, D., Spangenberg, P., & Ellrich, J. (2008). Analgesic and antinociceptive effects of peripheral nerve neuro stimulation in an advanced human experimental model. *Eur. J. Pain*, 12, 480-490.
- Rodríguez, J.M. (2006). *Valoración y manejo del dolor. Guías clínicas de la sociedad española de dolor*. España: ARÁN.
- Rodríguez, J.M (2004). *Terapia analgésica por corrientes estimulantes. Técnica de estimulación nerviosa transcutánea sensitiva y motora*. En J.M. Rodríguez (Ed.),

Electroterapia en fisioterapia. (2ª ed.). (cap.8, pp. 245-295). Madrid: Ed. Médica Panamericana.

- Ruiz, A. y Morillo L. (2004). *Epidemiología clínica: investigación clínica aplicada*. (pp. 500-501). Bogotá, Colombia; Madrid, España : Médica Panamericana.
- Ryan, E., Herda, T., Costa, P., Defreitas, J., Beck, T., Stout, J., & Cramer, J. (2009). Determining the minimum number of passive stretches necessary to alter musculotendinous stiffness. *J. Sports Sci.*, 27, 957-961.
- Salafranca, L., Solanas, A., Nuñez, M.I., Jiménez, M., Miralles, D. y Serra, G. (2000). *Estadística aplicada con SPSS y Statgraphics*. España: Barcelona Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Schwane, J., Hatrous, B., & Johnson, S. (1983). Is lactic acid related to delayed-onset muscle soreness? *Phys. Sports Med.*, 11(3), 124-7.
- Sellwood, K., Brukner, P., Williams, D., Nicol, A., & Hinman, R. (2007). Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *Br. J. SportsMed.*, 41, 392-397.
- Serrano, M., Peramo, F., Cañas, A., García, P., Serrano, C., y Caballero, J. (2002). Modulación descendente de la información nociceptiva. *Rev. Soc. Esp. Dolor.* 9, 382-390.
- Shapiro S. (2008). *Corrientes eléctricas*. En M. Cameron (Ed.), *Agentes físicos en rehabilitación*. (3ª ed.). (cap. 8, pp. 207-234.) España: Elsevier.
- Sluka, K., Smith, H. & Walsh, D. (2009). *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS): A Review*. En Krames, E., Peckham, P. & Rezai, A. (ed). *Neuromodulation*. (cap. 24, pp. 335 – 344). U.S.A.: Academic Press.
- Smith, L. (1991). Acute inflammation: the underlying mechanisms in delayed onset muscle soreness? *Med. Sci. Sports Exerc.* , 23, 542- 551.
- Smith, L. (1992). Causes of delayed onset muscle soreness and the impact on athletic performance: a review. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, 6(3), 135-141.

- Souhail, H., Castagna, C., Mohamed, H., Younes, H., & Chamari, K. (2010). Direct validity of the Yo-Yo intermittent recovery test in young team handball players. *J. Strength Cond. Res.*, 24(2), 465-470.
- Swain, D., Leutholtz, B., King, M., Haas, L., & Branch, J. (1998). Relationship between % heart rate reserve and % VO₂ reserve in treadmill exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 318-321.
- Sydney, M., & Quigley, B. (1992). Delayed onset muscle soreness: evidence of connective tissue damage, liquid peroxidation and altered renal function after exercise. *Report to the Australian Sports Commission's Applied Sport Research. Australian Sports Commission*, 77.
- Tanaka, H., Monahan, K.D. & Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *JACC*, 37 (1), 153-6
- TANYX®. (2013). *Manual del usuario TANYX®. Estimulador neuromuscular para el alivio del dolor*. Santiago, Chile: Sin editorial.
- Tessitore, A., Meeusen, R., Cortis, C. & Caparunica, L. (2007). Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 745–750.
- Thomas, A., Dawson, B., & Goodman, C. (2006). The yo-yo test: reliability and association with a 20-m run and VO₂ max. *Int. J. Sports Physiol. Perf.*, 1: 137-149.
- Tiidus, P. (1999). Massage and ultrasound as therapeutic modalities in exercise-induced muscle damage. *Can. J. Appl. Physiol.*, 24, 267-278.
- Tomás-Sábado, J. (2009) *Fundamentos de bioestadística y análisis de datos para enfermería*. España: Bellaterra, Barcelona Universitat Autònoma de Barcelona, Servei de Publicacions.
- Torres, R., Ribeiro, F., Duarte, J.A. & Cabri, J.M.H. (2012). Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 13, 101-114.

- Torres, R., Pinho, F., Duarte, J.A. & Cabri, J.M.H. (2013). Effect of single bout versus repeated bouts of stretching on muscle recovery following eccentric exercise. *J. Sci. Med. Sport.*, 16, 583-588.
- Tsatalas, T., Giakas, G., Spyropoulos, G., Sideris, V., Lazaridis, S., Kotzamanidis, C., & Koutedakis, Y. (2013). The effects of eccentric exercise-induced muscle damage on running kinematics at different speeds. *Journal of Sports Sciences*, 31(3), 288-298.
- Tufano, J.J., Brown, L.E., Corburn, J.W., Tsang, K.K.W., Cazas, L.V. & LaPorta, J.W. (2012). Effect of aerobic recovery intensity on delayed-onset muscle soreness and strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (10), 2777-2782.
- Ushijima, S., Ukimura, O., Okihara, K., Mizutani, Y., Kawauchi, A., & Miki, T. (2006). Visual analog scale questionnaire to assess quality of life specific to each symptom of the International Prostate Symptom Score. *J Urol.*, 176(2), 665-671.
- Vanderthommen, M., Makrof, S., & Demoulin, C. (2010). Comparison of active and electrostimulated recovery strategies after fatiguing exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 164-169.
- Van der Ploeg, J.M., Vervest, H.A., Liem, A.L. & Schagen van Leeuwen, J.H. (1996). Transcutaneous nerve stimulation (TENS) during the first stage of labour: a randomized clinical trial. *Pain*, 68(1), 75-78.
- Veale, J., Pearce, A., Carlson, J. (2010). The yo-yo intermittent recovery test (level 1) to discriminate elite junior Australian football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 329-331.
- Villafaña, J.S., Pérez-Carranco, M.L., Gómez, A.L y Delgado, J.L. (2009). Crioterapia: Tratamiento alternativo para el control del dolor. *Revista Dolor, Foro Nacional de Investigación y Clínica Médica*, 8 (10), 10-15.
- Von Perger, C. (1997). Delayed onset muscle soreness. *Brief Review Exercise Physiology*, 552.

- Weerakkody, N., Whitehead, N., Canny, B., Gregory, J., & Proske, U. (2001). Large-fiber mechanoreceptors contribute to muscle soreness after eccentric exercise. *Journal of Pain*, 2, 209-219.
- Wilcock, I., Cronin, J., & Hing, W. (2006). Physiological response to water immersion: A method for sport recovery? *Sports Medicine*, 36, 747-765.
- Willems, M., Hale, T., & Wilkinson, C. (2009). Effect of manual massage on muscle-specific soreness and single leg jump performance after downhill treadmill walking. *Med. Sport*, 13 (2), 61-66.
- Yates, J., & Armbruster, W. (1990). Concentric and eccentric strength loss and recovery following exercise induced muscle soreness. *Int. J. Sports Med.*, 11, 403.

9. ANEXOS

ANEXO 1: Niveles Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 1

NIVELES YO-YO TEST DE RECUPERACIÓN INTERMITENTE NIVEL I

Nivel	Etapas 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

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

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
24	7	5	15	15.0	960
25	7	6	15	15.0	1000
26	7	7	15	15.0	1040
27	7	8	15	15.0	1080
28	8	1	16	15.5	1120
29	8	2	16	15.5	1160
30	8	3	16	15.5	1200
31	8	4	16	15.5	1240
32	8	5	16	15.5	1280
33	8	6	16	15.5	1320
34	8	7	16	15.5	1360
35	8	8	16	15.5	1400
36	9	1	17	16.0	1440
37	9	2	17	16.0	1480
38	9	3	17	16.0	1520
39	9	4	17	16.0	1560
40	9	5	17	16.0	1600
41	9	6	17	16.0	1640
42	9	7	17	16.0	1680

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

43	9	8	17	16.0	1720
44	10	1	18	16.5	1760
45	10	2	18	16.5	1800
46	10	3	18	16.5	1840
47	10	4	18	16.5	1880
48	10	5	18	16.5	1920
49	10	6	18	16.5	1960
50	10	7	18	16.5	2000
51	10	8	18	16.5	2040
52	11	1	19	17.0	2080
53	11	2	19	17.0	2120
54	11	3	19	17.0	2160
55	11	4	19	17.0	2200
56	11	5	19	17.0	2240
57	11	6	19	17.0	2280
58	11	7	19	17.0	2320
59	11	8	19	17.0	2360
60	12	1	20	17.5	2400
61	12	2	20	17.5	2440
62	12	3	20	17.5	2480
63	12	4	20	17.5	2520
64	12	5	20	17.5	2560
65	12	6	20	17.5	2600
66	12	7	20	17.5	2640

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

67	12	8	20	17.5	2680
68	13	1	21	18.0	2720
69	13	2	21	18.0	2760
70	13	3	21	18.0	2800
71	13	4	21	18.0	2840
72	13	5	21	18.0	2880
73	13	6	21	18.0	2920
74	13	7	21	18.0	2960
75	13	8	21	18.0	3000
76	14	1	22	18.5	3040
77	14	2	22	18.5	3080
78	14	3	22	18.5	3120
79	14	4	22	18.5	3160
80	14	5	22	18.5	3200
81	14	6	22	18.5	3240
82	14	7	22	18.5	3280
83	14	8	22	18.5	3320
84	15	1	23	19.0	3360
85	15	2	23	19.0	3400
86	15	3	23	19.0	3440
87	15	4	23	19.0	3480
88	15	5	23	19.0	3520
89	15	6	23	19.0	3560
90	15	7	23	19.0	3600

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

91	15	8	23	19.0	3640
----	----	---	----	------	------

ANEXO 2: Niveles Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 2

NIVELES YO-YO TEST DE RECUPERACIÓN INTERMITENTE NIVEL 2

Nivel	Etapas de Velocidad	Repetición en cada nivel	Nivel de Velocidad	Velocidad (km/hr)	Distancia Acumulada (m)
1	1	1	11	13.0	40
2	2	1	15	15.0	80
3	3	1	17	16.0	120
4	3	2	17	16.0	160
5	4	1	18	16.5	200
6	4	2	18	16.5	240
7	4	3	18	16.5	280
8	5	1	19	17.0	320
9	5	2	19	17.0	360
10	5	3	19	17.0	400
11	5	4	19	17.0	440
12	6	1	20	17.5	480
13	6	2	20	17.5	520
14	6	3	20	17.5	560
15	6	4	20	17.5	600
16	6	5	20	17.5	640
17	6	6	20	17.5	680
18	6	7	20	17.5	720
19	6	8	20	17.5	760

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

20	7	1	21	18.0	800
21	7	2	21	18.0	840
22	7	3	21	18.0	880
23	7	4	21	18.0	920
24	7	5	21	18.0	960
25	7	6	21	18.0	1000
26	7	7	21	18.0	1040
27	7	8	21	18.0	1080
28	8	1	22	18.5	1120
29	8	2	22	18.5	1160
30	8	3	22	18.5	1200
31	8	4	22	18.5	1240
32	8	5	22	18.5	1280
33	8	6	22	18.5	1320
34	8	7	22	18.5	1360
35	8	8	22	18.5	1400
36	9	1	23	19.0	1440
37	9	2	23	19.0	1480
38	9	3	23	19.0	1520
39	9	4	23	19.0	1560
40	9	5	23	19.0	1600
41	9	6	23	19.0	1640
42	9	7	23	19.0	1680
43	9	8	23	19.0	1720

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

44	10	1	24	19.5	1760
45	10	2	24	19.5	1800
46	10	3	24	19.5	1840
47	10	4	24	19.5	1880
48	10	5	24	19.5	1920
49	10	6	24	19.5	1960
50	10	7	24	19.5	2000
51	10	8	24	19.5	2040
52	11	1	25	20.0	2080
53	11	2	25	20.0	2120
54	11	3	25	20.0	2160
55	11	4	25	20.0	2200
56	11	5	25	20.0	2240
57	11	6	25	20.0	2280
58	11	7	25	20.0	2320
59	11	8	25	20.0	2360
60	12	1	26	20.5	2400
61	12	2	26	20.5	2440
62	12	3	26	20.5	2480
63	12	4	26	20.5	2520
64	12	5	26	20.5	2560
65	12	6	26	20.5	2600
66	12	7	26	20.5	2640
67	12	8	26	20.5	2680

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiólogía de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

68	13	1	27	21.0	2720
69	13	2	27	21.0	2760
70	13	3	27	21.0	2800
71	13	4	27	21.0	2840
72	13	5	27	21.0	2880
73	13	6	27	21.0	2920
74	13	7	27	21.0	2960
75	13	8	27	21.0	3000
76	14	1	28	21.5	3040
77	14	2	28	21.5	3080
78	14	3	28	21.5	3120
79	14	4	28	21.5	3160
80	14	5	28	21.5	3200
81	14	6	28	21.5	3240
82	14	7	28	21.5	3280
83	14	8	28	21.5	3320
84	15	1	29	22.0	3360
85	15	2	29	22.0	3400
86	15	3	29	22.0	3440
87	15	4	29	22.0	3480
88	15	5	29	22.0	3520
89	15	6	29	22.0	3560
90	15	7	29	22.0	3600
91	15	8	29	22.0	3640

ANEXO 3: Carta de aprobación comité de ética y Consentimiento informado

- CARTA APROBACIÓN COMITÉ DE ÉTICA



UNIVERSIDAD METROPOLITANA
DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

ACTA DE PROTOCOLO DEL COMITÉ DE ETICA UMCE

1. MIEMBROS DEL COMITÉ:

1. Dra. Elba Acevedo Jones. Profesora Titular. Depto. Biología. UMCE
2. Profesora Mg. Dina Escobar Guic. Profesora Asociada. Depto. de Historia y Geografía. UMCE
3. Dr. Vicente Castro. Profesor Asociado. Depto. Química. UMCE
4. Dr. Marcelo González Orb. Profesor Titular. Depto. Educación Física, Deportes y Recreación. UMCE
5. Dra. Valeria Herrera Fernández. Profesora Titular. Dirección de Postgrado. UMCE
6. Dra. Verónica Vargas Sanhueza. Profesora Asociada. Dpto. Kinesiología. UMCE
7. Dra. Nofa Ibáñez Salgado. Profesora Titular. Dpto. Educación Diferencial. UMCE
8. Dra. Liliana Belmar Lizama. Profesora Titular. Dpto. Castellano. UMCE

2. TÍTULO DEL PROTOCOLO: TESIS: Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con "TANYX" en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con "Yo-Yo" Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

3. FECHA DE REVISIÓN: 03-12-13

4. NOMBRE TESISTAS: Álvaro Olivares Valenzuela y Diego Zamorano Olivares

5. CARRERA: Kinesiología

6. PROFESOR GUÍA: Mauricio Venegas de la Paz

7. DOCUMENTOS QUE SE REVISARON: Proyecto de investigación, Consentimientos Informados.

8. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO: El objetivo principal de este trabajo es determinar si la estimulación nerviosa transcutánea (TENS) realizada con el dispositivo "TANYX" (dispositivo auto-administrable para el alivio del dolor) asociada a un protocolo de recuperación física que incluirá trote de baja intensidad y elongaciones musculares, logra incidir en la recuperación del rendimiento físico posterior al protocolo de sobrecarga física. El rendimiento físico será medido con el "Yo-Yo" test de recuperación intermitente nivel 1, orientado a valorar su nivel de resistencia física.

9. PROPIEDAD EN LA REDACCIÓN DE LOS CONSENTIMIENTOS INFORMADOS (cumplimiento de la normativa nacional vigente): La investigación presenta un formato de consentimiento informado para la aplicación de un protocolo de sobre-entrenamiento físico, protocolo de recuperación post-esfuerzo, mediciones de rendimiento físico y cuestionarios de percepción de discomfort en extremidad inferior, que especifica sus alcances y las formas cómo se resguardarán los derechos de los participantes, explicando además, claramente, en consiste la técnica de recogida de datos y que implica para los colaboradores, así como también cautela la confidencialidad de los datos recogidos. El consentimiento informado protege la dignidad de los sujetos y no constituye una amenaza bajo ninguna circunstancia ni causa daño emocional ni moral a los investigados. Por tanto este Comité considera que la investigación cautela la protección de los participantes, la que está debidamente asegurada, y que el proyecto cumple con los requerimientos y los protocolos éticos para la investigación con humanos establecidos en la ley 20.120.

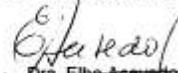
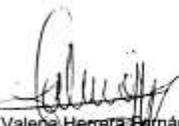
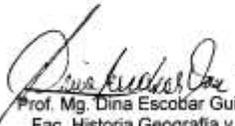
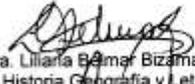
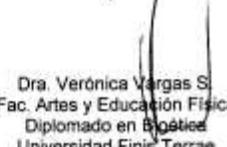
UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
COMITÉ DE ÉTICA

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiólogía de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

 UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

10. RESULTADO: APROBADO

FIRMA INTEGRANTES COMITÉ DE ÉTICA UMCE

 Dra. Elbe Acevedo Jones Fac. de Ciencias Básicas	 Dr. Vicente Castro Fac. de Ciencias Básicas	 Dra. Valeria Hengra Fernández Dirección de Postgrado
 Dra. Noelia Ibáñez Salgado Fac. Filosofía y Educación	 Prof. Mg. Dina Escobar Guio Fac. Historia Geografía y Letras	 Dra. Liliaria Balmor Bizama Fac. Historia Geografía y Letras
 Dra. Verónica Vargas S. Fac. Artes y Educación Física Diplomado en Biología Universidad Finis Terrae		 Dr. Marcelo González Orb Fac. de Artes y Educación Física

UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
COMITÉ DE ÉTICA

Campus Macul | Av. José Pedro Alessandri 774, Ñuñoa, Santiago
Teléfono: (56-2) 2412441 | Fax: (56-2) 2412699 | Correo electrónico: direccion.investigacion@umce.cl

Figura 18. Carta de aprobación comité de ética.

- **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Consentimiento Informado

(Aplicación de Protocolo de sobre-entrenamiento físico, protocolo de recuperación post-esfuerzo y mediciones de rendimiento físico)

Usted ha sido invitado(a) a participar en el estudio "Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con "Yo-Yo" Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación", a cargo del profesor de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación Mauricio Venegas de la Paz y los tesisistas Álvaro Olivares Valenzuela y Diego Zamorano Olivares, estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

En primera instancia usted deberá realizar un protocolo de sobrecarga física con el que su rendimiento físico eventualmente se verá afectado. De esta manera el objetivo principal de este trabajo es determinar si la estimulación nerviosa transcutánea (TENS) realizada con el dispositivo TANYX® (dispositivo auto-administrable para el alivio del dolor) asociada a un protocolo de recuperación física que incluirá trote de baja intensidad y elongaciones musculares, logra incidir en la recuperación del rendimiento físico posterior al protocolo de sobrecarga física. El rendimiento físico será medido con el "Yo-Yo" test de recuperación intermitente nivel 1, orientado a valorar su nivel de resistencia física.

Si acepta participar en este estudio, deberá realizar el protocolo de sobre-entrenamiento físico, que consiste en la ejecución de saltos sucesivos en 8 series de 10 repeticiones con un descanso entre ellas de 1 minuto, este protocolo de sobrecarga física tiene por objetivo afectar su rendimiento físico lo que afectará posiblemente su desempeño en algunas actividades deportivas. Además, posterior a esto, deberá realizar el protocolo de recuperación física que incluye elongaciones musculares de miembro inferior, luego ejercicio aeróbico de baja intensidad (trote), el cual se realizará por 12 minutos y posterior a esto nuevamente elongaciones musculares, finalizando el protocolo con la utilización del dispositivo TANYX® (TENS) por 30 minutos en cada pierna (específicamente en la zona del muslo). Este protocolo de recuperación física consta de medidas orientadas a favorecer la restitución de sus reservas fisiológicas y así evitar una merma considerable en su desempeño físico.

Además durante ese período deberá acceder a realizar las mediciones físicas respectivas, vale decir el "Yo-Yo" test de recuperación intermitente nivel 1 que consiste en una carrera a través de un circuito de 40 metros de largo con exigencias progresivas en velocidad y que se extenderá según la capacidad física de cada participante. Esta medición tiene por objetivo evaluar el desempeño de los participantes posterior a la realización de una actividad de sobrecarga física.

Estas actividades se efectuarán de manera grupal en 3 grupos de 10 personas. Se deberá realizar en 3 días consecutivos. El tiempo estipulado para su realización es de sesenta minutos por día aproximadamente. El primer día se realizará el protocolo de sobrecarga física, el protocolo de recuperación y las mediciones físicas; el segundo día solamente el protocolo de recuperación física y el último día sólo las mediciones físicas.

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.

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 códigos, sin que la identidad de los participantes sea requerida o escrita en los procedimientos de medición de rendimiento físico a responder. Los datos recogidos serán analizados en el marco de la presente investigación y su presentación 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 avances en la aplicación de protocolos de recuperación física en el ámbito deportivo.

Si tiene consultas respecto de esta investigación, puede contactarse con el profesor responsable, Sr. Mauricio Venegas de la Paz al teléfono fijo 27562156, teléfono móvil 88075118 o a su mail institucional mauricio.venegas@umce.cl.

Si desea efectuar consultas respecto de sus derechos como participante puede contactar al Comité de Ética de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación a través de la Dirección de Investigación de la UMCE al teléfono 2412440.

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

Por medio del presente documento declaro haber sido informado de lo antes indicado, y estar en conocimiento del objetivo del estudio "Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con "Yo-Yo" Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación".

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

Acepto participar en el presente estudio (Firma y Nombre)

Fecha: _____

ANEXO 4: Instrumental utilizado para las mediciones.



Figura 19. Termómetro ambiental, marca VETO modelo A2050000.



Figura 20. Balanza y tallímetro Detecto escale, Webb City M.O; U.S.A.

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"



Figura 21. Dispositivo monitor de frecuencia cardiaca POLAR, modelo Polar Electro 0537.



Figura 22. Cinta métrica para medición de muslo.

ANEXO 5: Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 1.



Figura 23. Yo-Yo Test de recuperación intermitente nivel 1.

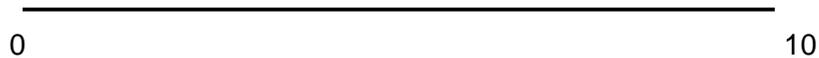
ANEXO 6: Hoja mediciones de dolor en miembros inferiores.

MEDICIONES DE DOLOR EN MMII

Nombre (código):

Día 1

1.- EVA reposo



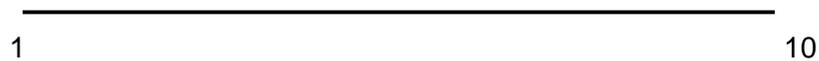
2.- EVA actividad



Nombre (código):

Día 2

1.- EVA reposo



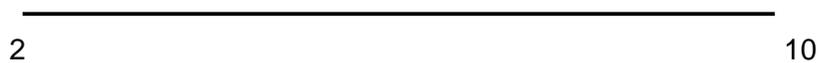
2.- EVA actividad



Nombre (código):

Día 3

1.- EVA reposo



2.- EVA actividad



ANEXO 7: Protocolo de sobrecarga física.



Figura 24. Protocolo de sobrecarga física.

ANEXO 8: Protocolo de recuperación física.



Figura 25. Elongación de cuádriceps.



Figura 26. Elongación de isquiotibiales.

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"



Figura 27. Ejercicio aeróbico de baja intensidad.



Figura 28. Colocación y aplicación de TANYX®.

ANEXO 9: Manual Instructivo de uso de TANYX®.

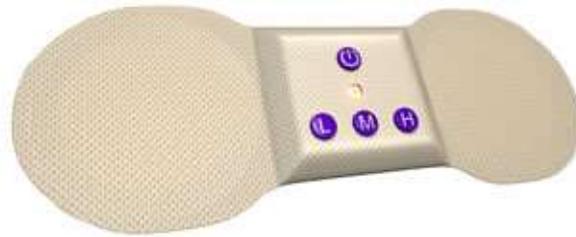
DISPOSITIVO TANYX DE ELECTROESTIMULACIÓN NERVIOSA TRANSCUTÁNEA (TENS)

PASOS PARA SU UTILIZACIÓN:

- 1º** - Saque el protector blanco de la goma gel de los electrodos.
- 2º** -Fije el gel sobre los electrodos del **TANYX®**, y después de pegarlos, saque los protectores que quedan en los gel. No descarte los protectores blancos, pues deberán colocarse sobre la goma gel después de utilizar el aparato.
- 3º** -Limpie y seque la piel en donde se aplicará el **TANYX®**, recuerde colocarlo sobre el punto que fue medido por los evaluadores que corresponde a la mitad de su muslo (cara anterior). Si no está seguro del sitio, mida con una huincha de medir desde su Espina Iliaca Anterosuperior hasta su Línea Interarticular de la Rodilla, el punto medio de esta distancia corresponde a la zona donde debe colocar el **TANYX®**.
- 4º** -Si la superficie de la goma gel no esté húmeda y pegajosa, mójelas levemente con la punta de un dedo húmedo.
- 5º** -Aplique el **TANYX®** en el sitio descrito, y presione suavemente las áreas de la goma gel, asegurando su completa adhesión a la piel.
- 6º** -Para encender el **TANYX®**, mantenga presionado el **BOTÓN DE ENCENDIDO** por 3 segundos. La luz indicadora LED se encenderá y continuará parpadeando.
- 7º** -Una vez encendido, mantenga apretado el botón **M (MEDIUM)** para fijar la intensidad del dispositivo en intensidad **MEDIA**.
- 8º** - Una vez terminada la sesión de 30 minutos de la primera pierna, mantenga presionado el **BOTÓN DE ENCENDIDO** por 3 segundos para apagar, retire con cuidado las gomas de gel protector junto con el **TANYX®** y colóquelo en su otra pierna.
- 9º** -Repita desde el paso número **3º** para la aplicación del **TANYX®** en su otra pierna.
- 10º** - Una vez, apagado el dispositivo, reponga los protectores blancos en la zona de la goma gel pegada al electrodo, de esta forma protegerá la goma gel para que se pueda fijar bien a la piel en su próxima aplicación.

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

11º Recuerde usar el **TANYX®** dos veces por día.



Dispositivo TENS TANYX®

ANEXO 10: Hoja de registro de mediciones generales.

HOJA DE REGISTRO DIARIO DEL SUJETO

Nombre (código):

N° de TANYX®:

Edad:

Género:

Peso:

Talla:

FC de Reposo:

FC de trabajo:

Longitud del muslo:

Nivel de actividad física:

Hora intervenciones:

1. Intervenciones

Código sujeto:	Día 1	Día 2	Día 3
Aplicación EVA			
Aplicación Yo-Yo			
Aplicación protocolo sobrecarga			
Aplicación protocolo recuperación elongación			
Aplicación protocolo recuperación aeróbica			

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"

Registro TANYX®	uso			
Temperatura ambiente				

2. Mediciones

Código sujeto:	Día 1	Día 2	Día 3
Medición EVA			
Medición Yo-Yo			

ANEXO 11: Hoja de registro Yo-Yo Test de Recuperación Intermitente nivel 1.

HOJA DE REGISTRO YO-YO TEST DE RECUPERACIÓN INTERMITENTE NIVEL I

Nombre Participante:

Código:

FRECUENCIA CARDÍACA YO-YO TEST BASAL

	Máxima Teórica (220-edad)	Inicial	Final
Frecuencia Cardíaca			

FRECUENCIA CARDÍACA YO-YO TEST FINAL

	Máxima Teórica (220-edad)	Inicial	Final
Frecuencia Cardíaca			

YO-YO TEST BASAL

Nivel	Etapa de Velocidad	Repetición en cada nivel	Nivel de Velocidad	Velocidad (km/hr)	Distancia Acumulada (m)

YO-YO TEST FINAL

Nivel	Etapa de Velocidad	Repetición en cada nivel	Nivel de Velocidad	Velocidad (km/hr)	Distancia Acumulada (m)

"Efecto de la estimulación nerviosa transcutánea realizada con TANYX® en la recuperación del rendimiento físico post-esfuerzo medido con Yo-Yo Test en estudiantes de kinesiología de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación"