

**EFFECTO DE DOS DOSIS DE APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA SOBRE EL
DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA Y EL DESEMPEÑO MUSCULAR,
EN HOMBRES JÓVENES SOMETIDOS A UN PROTOCOLO DE EJERCICIO
EXCÉNTRICO.**

Diana Carolina Reina Torres

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Salud

Escuela de Fisioterapia

Maestría en Fisioterapia

Bucaramanga

2017

**EFFECTO DE DOS DOSIS DE APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA SOBRE EL
DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA Y EL DESEMPEÑO MUSCULAR,
EN HOMBRES JÓVENES SOMETIDOS A UN PROTOCOLO DE EJERCICIO
EXCÉNTRICO.**

Diana Carolina Reina Torres

Trabajo de grado para Optar por el Título de magister en Fisioterapia

Directora: PhD. Esperanza Herrera Villabona

Doctora en ciencias fisiológicas

Codirectora: PhD. Diana Carolina Delgado Díaz

Doctora en ciencias del ejercicio

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Salud

Escuela de Fisioterapia

Maestría en Fisioterapia

Bucaramanga

2017

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a las personas que más influyeron en mi realización personal...

A mi madre, Myriam Torres, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo, por ser mi más fuerte inspiración y el más bello de los ángeles.

A mi esposo, Edwin Andrés Contreras Báez, porque gracias a su amor logró desarmar un interior rudo y me demostró que se puede ser noble y gentil, además fue mi polo a tierra y mi gran apoyo.

A Mi Orientadora, Esperanza Herrera Villabona, quien a través de su experiencia profesional, su paciencia y dedicación, me impulsó para cumplir mi objetivo.

Agradecimientos

*A **Dios** por permitirnos disfrutar cada instante y darme fortaleza para afrontar los golpes de la vida.*

*A la **Universidad Industrial de Santander**, que a través del crédito condonable, contribuyó con mi sostenimiento en el desarrollo de la maestría.*

A la Escuela de Fisioterapia, que gracias a su excelente cuerpo docente y a los laboratorios disponibles, apoyo el desarrollo de este trabajo de grado.

*A mi codirectora, Profesora **Diana Delgado**, por sus aportes durante el desarrollo del proyecto.*

*A los evaluadores del proyecto, Doctor **José Barela**, Doctora **Ana Barela** y la profesora **María Solange Patiño** porque gracias a sus observaciones, permitió mejorar y fortalecer este trabajo de investigación.*

*A mis amigos: **Odair Bacca**, **Laura Sánchez** y **Alejandra Camacho**, por compartir los buenos y malos momentos, **son lo mejor que me deja esta experiencia.***

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1 Efectos del EE sobre el desempeño muscular	21
1.1.1 Alteración del desempeño muscular	27
1.1.2 Dolor Muscular de Aparición Tardía (DMAT)	27
1.1.3 Biomarcadores de lesión muscular: Creatina kinasa (CK)	29
1.2 Crioterapia y sus efectos en los tejidos	30
1.2.1 Efectos fisiológicos de la crioterapia	31
1.2.3 Efectos de la crioterapia sobre las respuestas fisiológicas al ejercicio de alta intensidad	33
2. OBJETIVOS	36
2.1 Objetivo general	36
2.2 Objetivos específicos	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1 Tipo de Estudio	37
3.2 Población.....	37
3.3 Criterios de inclusión y exclusión	37
3.4 Tamaño de Muestra y Muestreo.....	39
3.5 Variables del estudio y pruebas de medición.....	42
4. PROCEDIMIENTO.....	44
4.1 Reclutamiento y Asignación	44
4.2 Enmascaramiento	44
4.3 Protocolo de la sesión de ejercicio excéntrico	46
4.4 Protocolos de crioterapia	49
4.5 Protocolo de registro de las variables	50
4.6 Análisis de la información	54
5. RESULTADOS.....	55
6. DISCUSIÓN	65
6.1 Características de los participantes incluidos en el estudio.	65

6.2	Efectos de la sesión de ejercicio excéntrico sobre el desempeño muscular, DMAT y CK.	65
6.3	Efectos del PH sobre el desempeño muscular, el DMAT y la CK post SEE.....	68
6.4	Control de sesgos.....	73
6.5	Limitaciones del estudio	74
6.6	Fortalezas del estudio.....	74
7.	CONCLUSIONES	75
8.	RECOMENDACIONES.....	75
	BIBLIOGRAFIA	76
	ANEXOS.....	93

LISTA DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Estudios previos considerados para determinar el tamaño de la muestra de la investigación.	41
Tabla 2.	Características sociodemográficas de los pacientes en los grupos de intervención.	56
Tabla 3.	Variables dinamométricas y DMAT registradas antes de la SEE (T0) en los tres grupos experimentales.	57
Tabla 4.	Resultados de la medición del DMAT y comparaciones para cada grupo experimental.	60
Tabla 5.	Análisis de covarianza de las variables dinamométricas y DMAT a las 48 horas ajustadas por la primera medición, el nivel de actividad física y el pliegue cutáneo	62
Tabla 6.	Análisis de covarianza de las variables dinamométricas y DMAT a las 96 horas ajustadas por la primera medición, el nivel de actividad física y el pliegue cutáneo	63
Tabla 7.	Datos obtenidos en la prueba de Ck en los tres grupos experimentales.	66

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama fase experimental	45
Figura 2. Posicionamiento del sujeto en el dinamómetro isocinético	48
Figura 3. Aplicación del protocolo de crioterapia	49
Figura 4. Flujograma de los participantes en el estudio	55
Figura 5. Promedios y desviación estandar del torque maximo (Nm) isométrico e isocinético obtenidos antes, 48 y 96 horas despues de la sesión de ejercicio excentrico, en los tres grupos experimentales	58
Figura 6. Promedios y desviación estándar del tiempo al pico (s) registrados en test isométrico e isocinético antes, 48 y 96 horas después de la sesión de ejercicio excéntrico, en los tres grupos experimentales	59
Figura 7. Promedios y desviación estándar de trabajo registrados en test isocinético antes, 48 y 96 horas después de la sesión de ejercicio excéntrico, en los tres grupos experimentales	59

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A** Artículos previos que estudian el efecto de la crioterapia posterior a una sesión de ejercicio excéntrico
- Anexo B** Cuestionario internacional de actividad física IPAQ
- Anexo C** Consentimiento informado fase experimental
- Anexo D** Formato de tamizaje
- Anexo E** Formato ajuste del dinamómetro
- Anexo F** Prueba Piloto
- Anexo G** Soportes de la producción científica

LISTA DE ABREVIATURAS

EE	Ejercicio Excéntrico
SEE	Sesión de Ejercicio Excéntrico
DMAT	Dolor muscular de aparición tardía
CK	Creatina Kinasa
LDH	Lactato deshidrogenasa
ROM	Rango de movimiento
FVM	Fuerza voluntaria máxima
IAH	Inmersión en agua helada
PH	Paquete de hielo
APD	Adenosin di fosfato
IPAQ	International Physical Active Questionarie
SAMPSI	Size and Power for Means and Proportions
DE	Desviación estándar
Nm	Newton metro
AVA	Adaptive Analog Scales
CCI	Coeficiente de correlación intraclase

RESUMEN

Título: EFECTO DE DOS DOSIS DE APLICACIÓN DE CRIOTERAPIA SOBRE EL DOLOR MUSCULAR DE APARICIÓN TARDÍA Y EL DESEMPEÑO MUSCULAR, EN HOMBRES JÓVENES SOMETIDOS A UN PROTOCOLO DE EJERCICIO EXCÉNTRICO.*

Autor: Diana Carolina Reina Torres**

Palabras claves: crioterapia; paquete de hielo; daño muscular; desempeño muscular; dolor muscular de aparición tardía; creatine kinasa

Descripción: el objetivo fue comparar los efectos de dos dosis de crioterapia sobre el dolor muscular de aparición tardía (DMAT), nivel de creatine-kinasa (CK) y desempeño muscular (torque máximo isométrico e isocinético y trabajo) después de una sesión de ejercicio excéntrico (SEE). Fue realizado un estudio experimental. Se incluyeron 30 hombres sanos (edad $20,6 \pm 1,6$ años). Todos los participantes completaron una SEE en un dinamómetro isocinético (20 series, 10 repeticiones a $120^\circ/\text{s}$) posteriormente fueron asignados aleatoriamente a un grupo de intervención: PH1 (una aplicación diaria de PH), PH2 (dos aplicaciones diarias de PH) o Control (ninguna aplicación). Ambas dosis fueron aplicadas por cuatro días consecutivos. Estadística descriptiva fue usada de acuerdo a la distribución de las variables. Las variables obtenidas de dolor y desempeño muscular fueron comparadas usando ANOVA de medidas repetidas, mientras el efecto de las dosis de crioterapia sobre el dolor y desempeño muscular fue comparado usando ANCOVA considerando el grupo control como referencia. Las diferencias de nivel de CK fue calculado usando test de rangos de Wilcoxon. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con software STATA 13,0 y fue considerado un valor de significancia $<0,05$. El daño muscular fue confirmado por incremento de DMAT (los datos fueron mostrados como promedios $\pm$ SD CG= $48.5/100 \pm 7.67$, PH1= $36.0/100 \pm 23.3$ and PH2= $29.7/100$ mm) y actividad de CK (CG= 128 ± 240 UL, PH1= 154 ± 211 UL y PH2= 19 ± 104 UL) a las 48 horas post SEE. La diferencia fue detectada cuando PH2 fue comparado con el control a las 48 horas posterior a SEE para el DOMS ($p < 0.01$) y actividad de CK ($p = 0.016$). Ninguna diferencia fue observada para las variables de desempeño muscular al comparar las dosis de crioterapia ($p > 0.05$). Nuestros resultados sugieren que dos aplicaciones diarias de PH fueron efectivos para atenuar el DMAT y el nivel de CK después de una SEE; Sin embargo, no presentó cambios en las variables de desempeño muscular.

* Trabajo de Maestría

** Universidad Industrial de Santander, Facultado de Salud, Escuela de Fisioterapia, Directora: PhD, Esperanza Herrera Villabona, Codirectora: PhD, Diana Carolina Delgado Díaz

ABSTRACT

TITLE: EFFECT OF TWO CRYOTHERAPY PACK DOSES ON DELAYED-ONSET MUSCLE SORENESS AND MUSCULAR PERFORMANCE, IN YOUNG MEN SUBJECTED TO AN ECCENTRIC EXERCISE PROTOCOL *

AUTHOR: Diana Carolina Reina Torres **

KEYWORDS: Cryotherapy; Ice pack; Muscular Damage; Muscular performance; Delayed onset muscle soreness; Creatine kinase

DESCRIPTION the purpose was to compare the effects of two ice pack (IP) doses on Delayed onset muscle soreness (DOMS), Creatine Kinase level activity (CK) and muscular performance (maximum isometric and isokinetic torque and muscular work) after an eccentric exercise protocol (EEP). An experimental study was conducted. The study population were 30 healthy men (age 20.6 ± 1). At the beginning of the study all participants completed a quadriceps EEP in a dynamometer (20 set, 10 reps at $120^\circ/\text{s}$) and were randomly assigned to either PH1 (one daily application of IP), PH2 (two daily applications of IP) or Control Group (none-IP application) intervention group. Both doses of cryotherapy were applied during four consecutive days. Descriptive statistics were used according to the distribution variables. The measurements obtained from DOMS and muscular performance variables were compared using a repeated measures ANOVA test, whereas the doses effect of cryotherapy on DOMS and muscular performance variables were compared using ANCOVA test considering the control group as reference. The differences of CK level activity were calculated using the Wilcoxon rank approach. All the statistical analysis was analyzed with STATA 12.0 software; considering statistical significance $p < 0.05$. Muscle damage was confirmed with increasing on DOMS (data are shown as mean $\pm$ SD CG= $48.5/100 \pm 7.67$, IP-G1= $36.0/100 \pm 23.3$ and IP-G2= $29.7/100$ mm) and CK activity (CG= 128 ± 240 UL, IP-G1= 154 ± 211 UL and IP-G2= 19 ± 104 UL) at 48 hours post eccentric-exercise. Difference was detected in the IP-G2 compared to CG at 48 hours post-exercise for DOMS ($p < 0.01$) and CK activity ($p = 0.016$). None differences were observed when comparing the doses effect of cryotherapy on muscular performance variables ($p > 0.05$). Our results suggest that two daily applications of IP were an effective treatment to attenuate the DOMS and the CK level activity after EEP. Nevertheless, the IP doses used in this study showed no significant changes on the muscular performance variables.

* Magister Work

** Universidad Industrial de Santander, Facultad de Salud, Escuela de Fisioterapia, Directora: PhD, Esperanza Herrera Villabona, Codirectora: PhD, Diana Carolina Delgado Díaz

INTRODUCCIÓN

La crioterapia es la aplicación de frío con fines terapéutico¹. Esta modalidad frecuentemente es usada en el área deportiva² y de la rehabilitación para tratar lesiones músculo esqueléticas, las cuales tienen una prevalencia de 10-55% en el ámbito deportivo³ y de 30% en el laboral⁴, siendo el tercer motivo de consulta en Santander (5,4% en urgencias, 10,6% en consulta externa)⁵. Dichas lesiones se acompañan de dolor, inflamación, pérdida de fuerza y dificultad o imposibilidad para realizar algunos movimientos, lo que afecta el desempeño deportivo o laboral y la calidad de vida de las personas^{6,7}.

En el ámbito deportivo se vienen prefiriendo los protocolos basados en ejercicio excéntrico (EE), porque generan mayores incrementos en la fuerza e hipertrofia muscular, comparados con los entrenamientos basados en ejercicio concéntrico^{8,9,10,11,12}; sin embargo, cuando el EE es realizado de manera ocasional, se generan inicialmente algunas manifestación de daño muscular

¹ KNIGHT K. cryotherapy in sport injury management. Human kinetics. USA. 1995

² ASCENSÃO A, et al. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. En: J Sports Sc. Diciembre 2011. vol 29. no 3. p 217-225

³ BARCELONA FC. Guía de Práctica Clínica de las lesiones. 2009. p.179-203.

⁴ MORALES M y Carrasco H. Indidencia de lesiones por accidente de trabajo según su localización anatómica y tipo de lesión ocurridos en España (1999-2001). 2004. Vol 7. No 2. p70-75.

⁵ URIBE J. Morbilidad atendida por eventos de causa externa en Santander. En: Observatorio de salud publica de Santander. Diciembre 2010. vol 8. no 3. p. 3-21

⁶ BLEAKLEY C, Glasgow P y Webb MJ. Cooling an acute muscle injury: can basic scientific theory translate into the clinical setting? En: Br J Sports Med. Abril 2012 .vol 46.no 4. p:296-298.

⁷ BURT D, et al. Effects of muscle-damaging exercise on physiological, metabolic, and perceptual responses during two modes of endurance exercise. En: J Exerc Sci Fit. Diciembre 2012.vol10. no 2 p.70-77

⁸ HOWATSON G, Gaze D and Someren V. The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. En: Scand J Med Sci Sports. Septiembre 2005.vol 15. No 6. p.416-22.

⁹ HEDAYATPOUR N y Falla D. Non-uniform muscle adaptations to eccentric exercise and the implications for training and sport. En: J Electromyogr Kinesiol. Noviembre 2012. Vol 22. No 3. p.329-33

¹⁰ LASTAYO P, et al. The Positive Effects of Negative Work: Increased Muscle Strength and Decreased Fall Risk in a Frail Elderly Population. En: Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci. marzo 2003. Vol 58. No 5. p.419-424

¹¹ TRANG N, et al. Longitudinal sedentary behavior changes in adolescents in Ho Chi Minh City. En: Am J Prev Med. marzo 2013. vol 44. no 3. p.223-30.

¹² HIGBIE E, et al. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area , and neural activation strength , cross-sectional area , and neural activation. En: J Appl Physiol. Agosto 1996. Vol 81. p. 2173-2181

transitorias que sugieren micro lesiones musculares inducidas por el ejercicio: dolor muscular de aparición tardía (DMAT)¹³, incremento de creatina kinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH) en sangre, disminución del rango de movimiento (ROM, del inglés *range of movement*) y de la fuerza voluntaria máxima (FVM)^{14,15}. En estudios experimentales se ha observado que cuando el individuo repite (una semana después) la sesión de ejercicio excéntrico (SEE), tales manifestaciones de daño muscular se reducen y son reemplazadas por signos de reparación y adaptación muscular¹⁶, tales como el incremento del número de sarcómeras y cambios en la longitud óptima para alcanzar la tensión máxima¹⁷.

Con base en los efectos fisiológicos y terapéuticos de la crioterapia, probados en personas sanas y en algunas condiciones clínicas^{18,19,20}, los entrenadores deportivos han venido adicionando esta modalidad post-ejercicio para ayudar a recuperar la función muscular²¹, prevenir la inflamación y atenuar las molestias derivadas de la práctica deportiva extenuante, como la fatiga y el dolor muscular²².

Se sabe que la crioterapia reduce la respuesta inflamatoria de los tejidos lesionados, el edema y hematoma, debido a la vasoconstricción inducida por el frío, que disminuye la permeabilidad capilar, linfática y celular^{23, 24}. Adicionalmente, la crioterapia disminuye la percepción del dolor, posiblemente debido al retraso en

¹³ LASTAYO. Op. cit., p 419-424

¹⁴ HUNTER A, et al. Assessment of eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors by tensiomyography. En: J Electromyogr Kinesiol. Enero 2012. Vol 22. No 3. p 334-41

¹⁵ HOWATSON G, Goodall S y Someren V. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. En: Eur J Appl Physiol. Noviembre 2009. Vol 105. no 4. p:615-21.

¹⁶ LEWIS P, Ruby D, Bush-Joseph C. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. En: Clin Sports Med. 2012. Vol 3. No 2 p 255-62

¹⁷ TORRES R, et al. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. En: Phys Ther Sport. Julio 2012. Vol 13. No 2. p 101-14.

¹⁸ SANDOVAL M, et al. Efectos fisiológicos de la crioterapia. En: Salud UIS. Noviembre 2007. Vol.39. p 62-73.

¹⁹ VIEIRA A, et al. Cold Modalities with different thermodynamic Properties have Similar Effects on Muscular Performance and Activation. En: Int J sports Med 2013. Vol. 34. p 873-880.

²⁰ MERRICK M, Jutte L y Smith M. Cold Modalities With Different Thermodynamic properties produce different surface and intramuscular temperatures. En: J. of athletic training. Marzo 2003. Vol 38. No 1. p:28-33

²¹ ASCENSÃO. Op. cit., p 217-225

²² FOLEY J, et al. MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. En: J Appl Physiol. Septiembre 1999.vol87. p 2311-2318.

²³ SANDOVAL. Op. Cit., p 62-73.

²⁴ VIEIRA. Op. Cit., p 873-880.

la transmisión nerviosa, la inhibición en la transmisión central, la disminución del flujo sanguíneo y el aumento del umbral sensorial^{25,26}.

Con base en lo anterior, diversos estudios^{27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37} han analizado la efectividad de la crioterapia para la prevención y/o el control de las respuestas fisiológicas derivadas del EE, similares a las ocasionadas por un daño muscular, como el DMAT y la disminución del ROM y la FVM, entre otros; sin embargo, los resultados son contradictorios^{38,39,40}, debido probablemente a las diferencias en los parámetros de aplicación del enfriamiento (tipo de modalidad, área total de enfriamiento, sitio, duración y frecuencia de aplicación) y en el protocolo de ejercicio utilizado para inducir las manifestaciones del daño muscular.

Crystal et al⁴¹, evaluaron la efectividad de la inmersión en agua helada (IAH) a 5°C durante 20 min, sobre la atenuación de la pérdida de la fuerza y el DMAT causados por el EE (carrera cuesta abajo en una banda sinfín por 40 min), demostrando que la aplicación de crioterapia no tiene efectos positivos sobre la disminución de la intensidad del dolor, el edema y la concentración de ligando de cimoquina (CCL). Asimismo, Howatson et al^{42,43}, compararon el efecto del

²⁵ MERRICK. Op. cit., p 28–33

²⁶ SANDOVAL M, Herrera E y Camargo D. Efecto de tres modalidades de crioterapia sobre la temperatura de la piel las fases de enfriamiento y recalentamiento. En: salud UIS. Agosto 2011. vol 43. no 2: p 119-129

²⁷ ASCENSÃO. Op. cit., p 217-225

²⁸ HOWATSON. Op. Cit., p 416–22.

²⁹ HEDAYATPOUR. Op. cit., p 329–33

³⁰ TRANG. Op. cit., p 223–30.

³¹ PINHO. Op. cit., p 7–12

³² GOODALL. Op. cit., p 235–41.

³³ GLASGOW. Op. cit., p 228–33

³⁴ BANFI. Op. cit., p 55–9

³⁵ FONDA. Op. Cit., p 270–8

³⁶ POURNOT. Op. cit., p 1-8

³⁷ PUNTEL. Op. Cit., p 223–30

³⁸ ASCENSÃO. Op. cit., p 217-225

³⁹ HOWATSON. Op. Cit., p 416–22.

⁴⁰ HOWATSON. Op. Cit., p 615–21.

⁴¹ CRYSTAL N, et al. Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. En: Eur J Appl Physiol. Julio 2013. vol 113. no 10. p 2577–86.

⁴² HOWATSON. Op. cit., p 416–22

criomasaaje y la IAH (15°C, 12 min) inmediatamente, 24 y 48 horas después a una SEE en miembros superiores e inferiores (flexores de codo en dinamómetro isocinético y saltos de alta intensidad), concluyendo que la crioterapia no tuvo efectos benéficos sobre el DMAT, el ROM, la CK y la FVM.

Sellwood et al⁴⁴, evaluaron el efecto de la IAH a 5°C sobre el dolor, el desempeño funcional (salto) y los niveles de CK, luego de realizar un protocolo de EE, comparado con un grupo control con IAH a 24°C; los resultados del estudio no arrojaron diferencias sobre las variables de daño muscular. Goodall et al⁴⁵ aplicaron IAH a 15°C durante 12min, inmediatamente después de la SEE y cada 24 horas, por tres días consecutivos; aunque encontraron cambios en la recuperación de la fuerza con respecto a los datos inmediatamente posteriores a la SEE, los resultados no mostraron diferencias entre los grupos de intervención y control, por lo cual concluyeron que la crioterapia no es efectiva para reducir el daño posterior a la sesión de ejercicio.

Por otro lado, algunos investigadores han determinado hallazgos que prueban el efecto positivo de la crioterapia para reducir algunos síntomas asociados al daño muscular luego de una SEE. Bailey et al⁴⁶ aplicaron IAH (10°C, 10 min) en miembros inferiores, luego de realizar protocolo de ejercicio de alta intensidad, encontrando efectos positivos sobre el DMAT y la FVM. Asimismo, Solianik et al⁴⁷, utilizaron IAH (15°C por 15 min) inmediatamente, 4, 8 y 24 horas después de una SEE en dinamómetro isocinético, evidenciando disminución de los marcadores indirectos del daño muscular.

⁴³ HOWATSON. Op. cit., p 615–21

⁴⁴ SELLWOOD K, et al. ice water immersion and delayed-onset muscle soreness, a randomised controlled trial. En: Br J Sports med. Enero 2007. Vol 41. P 392-397

⁴⁵ GOODALL. Op. cit., p 235–41

⁴⁶ BAILEY D, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. En: J Sports Sci. septiembre 2007. vol 25. no 11. p 1163–70

⁴⁷ SOLIANIK R, et al. Intermittent whole-body cold immersion induces similar thermal stress but different motor and cognitive responses between males and females. En: Cryobiology. Mayo 2014. vol 69. no 2. p 323–32

Los estudios previos^{48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61} presentan diferencias en cuanto a los métodos de enfriamiento y el protocolo de ejercicio utilizado para inducir alteraciones sugestivas del daño muscular transitorio derivado del ejercicio. La modalidad de enfriamiento más investigada ha sido la IAH, con variaciones importantes de la temperatura del agua (5-15°C), modo de aplicación (continuo e intermitente) y el tiempo de aplicación (10-20 min). Adicionalmente, el protocolo de EE varía notoriamente, debido a que algunos investigadores aplican rutinas de ejercicio en dinamómetro isocinético y otros aplican modelos de ejercicios funcionales o prácticas deportivas. Todo lo anterior, dificulta la comparación de los resultados y conclusiones de los estudios revisados

En relación con la dosificación del enfriamiento (temperatura de la modalidad, frecuencia y repetición de la crioterapia), la literatura es escasa y poco concluyente. Glasgow et al⁶², compararon la efectividad de cuatro protocolos de inmersión variando las dosis y la temperatura del agua, incluyendo contraste de agua fría y caliente, en jóvenes sanos, quienes realizaron previamente una SEE en isquiotibiales. Esta investigación determinó que la IAH (6°C, 10 min) se asoció con bajos niveles de DMAT; sin embargo, los resultados no fueron concluyentes en relación con la dosis del tratamiento. Asimismo, Ingram et al⁶³, determinaron mejores efectos de la IAH (10°C), comparada con la inmersión en agua caliente,

⁴⁸ ASCENSÃO. Op. Cit., p 217-225

⁴⁹ HOWATSON. Op. cit., p 416-22.

⁵⁰ TRANG. Op. cit., p 223-30

⁵¹ SANDOVAL. Op. cit., p 119-129

⁵² MERRICK. Op. cit., p 28-33

⁵³ FOLEY. Op. cit., p 2311-2318

⁵⁴ PINHO. Op. cit., p 7-12

⁵⁵ GOODALL. Op. cit., p 235-241

⁵⁶ BANFI. Op. cit., p 55-59

⁵⁷ FONDA. Op. cit., p 270-278

⁵⁸ POURNOT. Op. cit., p 1-8

⁵⁹ PUNTEL. Op. Cit., p 223-230

⁶⁰ SELLWOOD. Op. cit., p 392-397

⁶¹ HEDAYATPOUR. Op. cit., p 329-33

⁶² GLASGOW. Op. cit., p 228-233

⁶³ INGRAM J, et al. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. En: J Sci Med Sport. Diciembre 2009. vol 12. no 3. p 417-21

sobre las variables de desempeño muscular y los marcadores inflamatorios, luego de someter a los participantes a una carrera de alta intensidad.

Las controversias presentadas y la escasa evidencia sobre los efectos de la dosificación de la crioterapia, justifican la realización de este nuevo estudio en el que se analizó el efecto inmediato y tardío de dos dosis (supervisadas) de aplicación del PH, sobre las perturbaciones fisiológicas relacionadas con el daño muscular transitorio (CK, DMAT y fuerza muscular) derivado de una SEE en cuádriceps.

En el presente estudio se comparan los efectos de dos dosis de crioterapia (una aplicación diaria vs dos aplicaciones diarias, durante un periodo de cuatro días) sobre las respuestas fisiológicas derivadas de la SEE (DMAT y disminución del desempeño muscular), en jóvenes sanos y físicamente activos. Este trabajo de investigación se enmarca en la línea de investigación de modalidades físicas y su interacción con los tejidos, del Grupo de Estudio del Dolor y contribuye en la fundamentación del uso de la crioterapia en las lesiones músculo esqueléticas inducidas por el EE.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Efectos del EE sobre el desempeño muscular

El ser humano utiliza diversos tipos de contracciones para su desempeño funcional normal, clasificadas en isométricas (aumento de la tensión sin cambio visible en la longitud muscular), concéntrica (tensión activa con acortamiento muscular visible)⁶⁴ y excéntrica (ocurren cuando la fibra muscular se elonga activamente para vencer una carga externa)⁶⁵. Las acciones musculares concéntricas actúan principalmente en el inicio de un movimiento, mientras que las excéntricas contribuyen a enlentecer o frenar un movimiento en curso, en actividades cotidianas como la marcha y el descenso de escaleras⁶⁶⁷⁶⁸⁶⁹.

La generación de fuerza muscular está relacionada con el grado de superposición entre la miosina y actina en la sarcomera⁷⁰⁷¹, apoyando la teoría de los puentes cruzados publicado en 1957 por Huxley et al⁷². A corta longitud la fuerza es menor, esta relación asciende gradualmente hasta presentar una meseta, la cual finalmente desciende al continuar la elongación de la fibra muscular⁷³. En relación con la velocidad de contracción, la fuerza es máxima cuando la velocidad de

⁶⁴ OAKLEY E, et al. The effects of multiple daily applications of ice to the hamstrings on biochemical measures, signs, and symptoms associated with exercise-induced muscle damage. En: Journal of strength and conditioning research. octubre 2013. Vol 27. No 10. p 2743-2751

⁶⁵ LIEBER R. Skeletal Muscle Structure, Function and Plasticity. The Physiological basis of Rehabilitation. Lippincott Williams and Wilkins. Segunda edición. USA.

⁶⁶ GUILHEM G, Cornu C, Guével a. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. En: Ann Phys Rehabil Med. abril 2010. Vol 53. No 5. p 319–41

⁶⁷ HUESA F, García J, Vargas J. Dinamometría isocinética. En: Rehabilitación. 2005. Vol 39. No 6. p 288–96

⁶⁸ KATZ B. the relation between force and speed in muscular contraction. En: jphysiol. 1939. Vol 96 p: 45-64

⁶⁹ TIMOTHY K. Physiology and Mechanisms of skeletal muscle damage. En: Tidus P. Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics; 2008

⁷⁰ MAGANARIS CN. Force-length characteristics of in vivo human skeletal muscle. En: Acta Physiol Scand. 2001, vol 172. No 4. p. 279–85.

⁷¹ MACINTOSH B, Gardiner P, McComas A. Skeletal muscle form and function. En: Human Kinetics. 2da Edición. p 169

⁷² HUXLEY H. The double array of filaments in cross-striated muscle. En: Jcb. 1957. Vol 3(5). p 571–88.

⁷³ LIEBER R. Skeletal Muscle Structure, Function and Plasticity. The Physiological basis of Rehabilitation. Lippincott Williams and Wilkins. Segunda edición. USA.

contracción es cercana a cero (contracción isométrica), esta relación fuerza-velocidad es inversamente proporcional.

El ejercicio excéntrico es ampliamente usado para prevenir la atrofia⁷⁴, mediante un proceso de adaptación muscular^{75,76}, evidenciado en el incremento del número de sarcómeros y cambios en la longitud óptima para alcanzar la tensión máxima⁷⁷; a su vez, el EE de alta intensidad es comúnmente utilizado en entrenamientos para el aumento del tamaño muscular⁷⁸ y la ganancia de fuerza^{79,80} mejorando así el desempeño muscular, entendido éste como la capacidad del músculo para realizar una determinada actividad física, englobando las variables de fuerza, potencia y resistencia^{81,82}.

El EE realizado por personas no entrenadas o que incrementan la carga de entrenamiento, se asocia con micro lesiones en la fibra muscular, alteración de la matriz extracelular y disminución de la excitabilidad de la fibra e inflamación, afectando principalmente las fibras tipo 2A o fibras rápidas⁸³, lo cual se manifiesta en síntomas como dolor, debilidad muscular inicial que puede retrasar o inhibir las respuestas neuromusculares en los sitios lesionados^{84,85,86,87}.

⁷⁴ VÁCZIM, et al. Mechanical, hormonal, and hypertrophic adaptations to 10 weeks of eccentric and stretch-shortening cycle exercise training in old males. En: Exp Gerontol. Julio 2014. Vol 58. p 69–77.

⁷⁵ HEDAYATPOUR. Op. Cit., p 329–33.

⁷⁶ GUILHEM. Op. cit., p 319–41.

⁷⁷ KANNUS P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. En: Int J Sports Med. 1994. vol 15. p 11-18.

⁷⁸ GUILHEM. Op. cit., p 319–41.

⁷⁹ HEDAYATPOUR. Op. Cit., p 329–33.

⁸⁰ HIGBIE. Op. Cit., p 2173-2181

⁸¹ FRAGA P, et al. Analise Comparativa do Desempenho Muscular Isocinetico entre Jogadores de Futebol e Futsal. p 1-12

⁸² SKURVYDAS A, et al. Muscle damaging exercise affects isometric force fluctuation as well as intraindividual variability of cognitive function. En: J Mot Behav. 2010. Vol 42. No 3. p 179–86.

⁸³ FELICI F, Colace L, Sbriccoli P. Surface EMG modifications after eccentric exercise. En: Journal of Electromyography and Kinesiology. 1997. Vol 7. p. 193–202

⁸⁴ TORRES. Od. Cit., p 101-114

⁸⁵ ARMSTRONG R, Ogilvie R y Ogilvie W. Eccentric exercise-induced to rat skeletal muscle. En: The American physiological society. abril 1984. p 80–93

⁸⁶ JENKINS N, et al. Effects of anatabine and unilateral maximal eccentric isokinetic muscle actions on serum markers of muscle damage and inflammation. En: Eur J Pharmacol. Febrero 2014. Vol 728. p 161–6

⁸⁷ JAKEMAN J y Eston R. Joint angle-torque characteristics of the knee extensors following eccentric exercise-induced muscle damage in young, active women. En: J Exerc Sci Fit. Junio 2013. Vol 11. No 1. p 50–6

Este fenómeno es temporal y se presenta porque el elongamiento del músculo provoca distensión de la línea Z⁸⁸, desorganización de los miofilamentos y alteración de las estructuras que participan en el acople de la excitación contracción; estas micro lesiones conllevan a un proceso de inflamación, que ocasiona liberación a la circulación intersticial, de las enzimas intracelulares y proteínas musculares tales como creatina kinasa (CK)^{89,90}, mioglobina y lactato deshidrogenasa (LDH)⁹¹. Esos síntomas inflamatorios incrementan durante las 24 horas posteriores al ejercicio, con un pico entre las 24 y 72 horas; posteriormente comienzan a disminuir en forma gradual^{92,93}.

El proceso fisiológico de reparación se presenta de manera espontánea, diferenciado en tres fases⁹⁴: 1) fase inflamatoria la cual se caracteriza por la ruptura y consiguiente necrosis de las miofibrillas, generando un hematoma entre las fibras musculares rotas, con degradación del tejido necrótico y liberación de citoquinas y factor de crecimiento encargado de regular el proceso de degenerativo⁹⁵. 2) fase de regeneración, caracterizada por la fagocitosis del tejido necrótico, la regeneración de miofibrillas y la producción concomitante del tejido conectivo debido a la activación de células satélite de reserva, generando un aumento del área capilar⁹⁶; 3) fase de remodelación, en la cual ocurre un proceso

⁸⁸ GLEESON N, et al. Effects of antecedent flexibility conditioning on neuromuscular and sensorimotor performance during exercise-induced muscle damage. En: J Exerc Sci Fit. Diciembre 2013. Vol 11, no 2. p 107–17

⁸⁹ BRANCACCIO P, Lippi G y Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. En: Clin Chem Lab Med. Marzo 2010. Vol 48. No 6. p 757–67

⁹⁰ CONNOLLY D, Sayers S, Mchugh M. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. En: J strength cond res 2003 vol.17 p:197–208

⁹¹ GLEESON. Op. cit., p 107-117

⁹² JAKEMAN. Op. cit., p 50-56

⁹³ BRANCACCIO. Op. cit., p 757-767

⁹⁴ DELGADO D, et al. Therapeutic ultrasound affects IGF-1 splice variant expression in human skeletal muscle. En: Am J Sports Med. En: octubre 2011. Vol 39. No 10. p 2233–41

⁹⁵ KRAEMER R y Castracane V. Endocrine alterations from concentric vs. eccentric muscle actions: a brief review. En: Metabolism. 2015. vol 64. No 2. p 190–201

⁹⁶ JAKEMAN. Op. cit., p 50-56

de maduración de las miofibrillas regeneradas, la reorganización del tejido cicatricial y la recuperación de la capacidad funcional⁹⁷.

Dichos procesos sugieren adaptaciones fisiológicas y funcionales del músculo frente al ejercicio excéntrico⁹⁸, propias de un fenómeno de plasticidad muscular, que a mediano y largo plazo favorecen una mayor ganancia de masa y fuerza muscular, en comparación con los protocolos de ejercicio basadas en contracciones concéntricas⁹⁹.

Diversos estudios^{100,101,102,103,104,105,106} han utilizado protocolos de EE de alta intensidad para analizar las adaptaciones musculares y el tiempo requerido para alcanzar los valores obtenidos antes de una SEE. Parr et al¹⁰⁷ analizaron las respuestas fisiológicas al ejercicio (fuerza, ROM, dolor) 24 horas después de una SEE, identificando mayor intensidad en dolor, alteración de la fuerza, y menor ROM en comparación con el ejercicio isocinético concéntrico. Así mismo, Piitulainen et al¹⁰⁸, determinaron que la SEE de alta intensidad, cuando es realizado por personas no entrenadas, puede causar lesión muscular, pérdida de la fuerza, dolor y cambios en la función de las unidades motoras.

⁹⁷ PAI M y Carvalho F. Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. En: Revista Brasileira de Zootecnia. 2007. Vol 36, p 21-31

⁹⁸ ROSSATO M, et al. Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study. En: Rev Andaluza Med del Deport. Julio 2015. Vol 8. No 2. p 49-53

⁹⁹ KRAEMER. Op. Cit., p 190-201

¹⁰⁰ FOLEY. Op. Cit., p 2311-2318

¹⁰¹ KRAEMER. Op. cit., p 190-201

¹⁰² DITROLO M, De Vito G y Delahunt E. Kinematic and electromyographic analysis of the Nordic Hamstring Exercise. En: J Electromyogr Kinesiol. mayo 2013. vol 23. no 5. p 1111-1118

¹⁰³ LASTAYOP, et al. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. En: J Orthop Sports Phys Ther. Octubre 2003. Vol 33. No 10. p 557-71

¹⁰⁴ PADDON-JONES D, Muthalib M, Jenkins D. The Effects of a Repeated Bout of Eccentric Exercise on Indices of Muscle Damage and Delayed Onset Muscle Soreness. En: Journal of science and medicine in sport. 2000. vol 3. p 35-43

¹⁰⁵ PARR J, et al. Symptomatic and functional responses to concentric-eccentric isokinetic versus eccentric-only isotonic exercise. En: J Athl Train. octubre 2009. Vol 44. No 5. p 462-468

¹⁰⁶ PITULAINEN H, Holobar a y Avela J. Changes in motor unit characteristics after eccentric elbow flexor exercise. En: Scand J Med Sci Sports. Agosto 2012, vol 22. No 3. p 418-29

¹⁰⁷ PARR. Op. cit., p 462-468

¹⁰⁸ PITULAINEN. Op. cit., p 418-429

En la literatura se han descrito diversos protocolos de lesión muscular basados en EE, Marginson et al¹⁰⁹, Highton et al¹¹⁰, Jakeman et al¹¹¹, aplicaron protocolos de salto pliométrico, encontrando una disminución de la fuerza muscular máxima (30%), dolor y aumento de la CK en sangre con un pico a las 24 horas después del EE.

Turner et al¹¹² y Rossato M et al¹¹³ aplicaron un protocolo de caminata cuesta abajo y observaron una pérdida prolongada de fuerza muscular, alteración del ROM y dolor 24 horas posteriores al ejercicio. Skurvidas et al¹¹⁴¹¹⁵, Byrne et al¹¹⁶, Colson et al¹¹⁷, Alemany et al¹¹⁸, Glesson et al¹¹⁹, Sbriccoli et al¹²⁰, spyropoulos et al¹²¹, Chen et al¹²², Foley et al¹²³ y Hunter et al¹²⁴, emplearon protocolos de EE en dinamómetro isocinético, encontrando una disminución de la fuerza muscular máxima inmediatamente después de la SEE, con un pico en la CK y DMAT 48 horas posteriores al EE.

¹⁰⁹ MARGINSON V, et al. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. En: J Appl Physiol. Abril 2005. Vol 99. No 3. p 1174–81

¹¹⁰ HIGHTON J, Twist C y Eston R. The Effects of Exercise-Induced Muscle Damage on Agility and Sprint Running Performance. En: J Exerc Sci Fit. 2009. Vol 7. No 1. p 24–30

¹¹¹ JAKEMAN. Op. cit., p 50-56

¹¹² TURNER T, et al. Impaired neuromuscular function during isometric, shortening, and lengthening contractions after exercise-induced damage to elbow flexor muscles. En: J Appl Physiol. Junio 2008. Vol 105. No 2. p 502–9

¹¹³ ROSSATO. Od. Cit., p 49-53

¹¹⁴ SKURVYDAS. Od. Cit., p 179-186

¹¹⁵ SKURVYDAS A, et al. Dynamics of indirect symptoms of skeletal muscle damage after stretch-shortening exercise. En: J Electromyogr Kinesiol. Noviembre 2006. Vol 16. No 6. p 629–36

¹¹⁶ BYRNE C, Eston R, Edwards R. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. En: Scand J Med Sci Sports. Agosto 2001. Vol 11. No 3. p 134–40

¹¹⁷ COLSON S, Pousson M, Martin A, Van Hoecke J. Isokinetic elbow flexion and coactivation following eccentric training. En: J Electromyogr Kinesiol. Mayo 1999. Vol 9. No 1. p 13–20

¹¹⁸ ALEMANY J, et al. Comparison of Acute Responses to Isotonic or Isokinetic Eccentric Muscle Action : Differential Outcomes in Skeletal Muscle Damage and Implications for Rehabilitation. En: Int J Sports Med. 2012; 35, no 1: 1-7

¹¹⁹ GLESSON. Op. cit., p 107-117

¹²⁰ SBRICCOLI P y Mazza C. Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG analysis and ultrasonography. En: J of electromyography and kinesiology. Octubre 2001. Vol 11. p 73–83

¹²¹ SPYROPOULOS G, Tsatalas T, Tsaopoulos D, Sideris V, Giakas G. Biomechanics of sit to stand transition after muscle damage. En: Gait Posture. 2013 vol. 38(1) p :62-7

¹²² CHEN Y, Hubal M, Hoffman E, Thompson P, Clarkson P. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: J Appl Physiol. 2003. Vol 95. p 2485–94

¹²³ FOLEY. Op. cit., p. 2311-2318

¹²⁴ HUNTER. Op. cit., p. 334-341

La dinamometría isocinética se introdujo en 1960 y es un método de entrenamiento, rehabilitación y evaluación de la función muscular, que permite cuantificar el momento de torque generado por la contracción de un grupo de músculos, en un movimiento angular¹²⁵. Este método permite la ejecución de un ejercicio dinámico con una velocidad y resistencia prefijada, lo que permite a los participantes realizar la contracción máxima en todo el arco de movimiento¹²⁶. El dinamómetro isocinético permite medir la fuerza, potencia y resistencia¹²⁷¹²⁸, con buenos niveles de reproducibilidad, por lo cual ha sido usado con fines investigativos¹²⁹¹³⁰.

Estudios realizados por Feiring et al¹³¹, Pincivero et al¹³², Drouin et al¹³³ y Sole et al¹³⁴ han analizado la reproducibilidad intraevaluador del dinamómetro isocinético encontrando concordancia entre buena a excelente (CCI entre 0,81 a 0,98) en la evaluación de fuerza muscular máxima en miembros inferiores, por lo cual ha sido considerado el *gold* estándar para dicha medición. Araujo et al¹³⁵, evaluaron la reproducibilidad de las mediciones del torque pico en contracciones concéntricas y excéntricas a 60°/s y contracciones isométricas registradas con dos dinamómetros isocinéticos de diferente marca (Biodex y Cybex), determinando excelente concordancia entre las mediciones (CCI= 0,88-0,91).

¹²⁵ De ARAUJO J, et al. Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. En: Phys Ther Sport. Abril 2015. Vol 16. No 1. p 59–65

¹²⁶ Computer Sports Medicine (CSMI) HUMAC®/NORM™ Testing & rehabilitation system User's Guide Model 770 /Operation Manual . In: Copyright; United States of America. 2006: 23-25

¹²⁷ Ibid.,

¹²⁸ DENEGAR C y Perrin D. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. En: Journal of athletic training 1992. vol 27. p 200-206

¹²⁹ FEIRING D, Ellenbecker T y Derscheid G. Test-Retest Reliability of the Biodex Isokinetic Dynamometer. En: The journal of orthopaedic and sports physical therapy. Enero 1990. Vol 11. No 7. p 3–6

¹³⁰ PINCIVERO D, Lephart S, Karunakara R. Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. En: int J. Sports med. 1997. p 113-117

¹³¹ FEIRING. Op. cit., p 3–6

¹³² PINCIVERO. Op. Cit., p 113-117

¹³³ DROUIN J, et al. Reliability and validity of the Biodex system3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. En: Eur J Appl Physiol. Febrero 2004. Vol 91. No 1. p 22–9

¹³⁴ SOLE G, et al. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. En: Arch Phys Med Rehabil. Mayo 2007. Vol 88 no 5. p 626–31

¹³⁵ ARAUJO. Op. cit., p 59-65

1.1.1 Alteración del desempeño muscular.

Como ya fue mencionado, algunos protocolos de EE provocan signos transitorios de daño muscular que dan inicio a sugestivos de plasticidad o adaptación muscular, que acaban siendo positivos a mediano y largo plazo. Dicho daño transitorio se manifiesta en una disminución de la FMV¹³⁶ (30% a 50%), potencia (15% a 20%)¹³⁷¹³⁸ y trabajo (25%)¹³⁹, impactando el desempeño muscular.

Diversos trabajos¹⁴⁰¹⁴¹¹⁴² han analizado la pérdida temporal de la fuerza muscular máxima después de una SEE, considerándola como una de las medidas indirectas con mayor validez y reproducibilidad del daño muscular en humanos. Alemany et al¹⁴³, demostraron que se presenta una mayor disminución del torque máximo isocinético y el trabajo muscular posterior a una SEE en dinamómetro isocinético, comparado con un protocolo de ejercicio isotónico en miembros inferiores. Hunter et al¹⁴⁴, estudiaron los efectos del ejercicio excéntrico en miembros superiores, encontrando una disminución del torque máximo a las 24 a 48 horas posteriores al protocolo de EE.

1.1.2 Dolor Muscular de Aparición Tardía (DMAT)

El DMAT es el síntoma más predominante en el inicio del entrenamiento deportivo o cuando se incrementa la carga en cierto tipo de actividades vigorosas (frecuencia, repeticiones, carga externa)¹⁴⁵. La intensidad percibida del DMAT

¹³⁶ BYRNE. Op. cit., p 134–40

¹³⁷ Ibid.,

¹³⁸ LINNAMO V, Bottas R y Komi P. Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. En: J Electromyogr Kinesiol. Julio 2000. Vol 10. No 5. p 293–300

¹³⁹ MOLINA R, Denadai BS. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. En: Clin Physiol Funct Imaging. 2012 vol. 32. No 3. p:179–84.

¹⁴⁰ FOLEY. Op. cit., p 2311–2318.

¹⁴¹ PARR. Op. cit., p 462–8

¹⁴² YAMANE M, Teruya H, Nakano M, Ogai R, Ohnishi N, Kosaka M. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. En: Eur j appl physiol 2006. Vol 96(5) p.572–80

¹⁴³ ALEMANY. Op. cit., p 1-7

¹⁴⁴ HUNTER. Op. cit., p 334-341

¹⁴⁵ YAMANE. Op. cit., p 572–80

varía de acuerdo con la experiencia previa que el sujeto haya tenido con la ejercitación¹⁴⁶, variando desde una sensación levemente desagradable a una severa e incapacitante¹⁴⁷, razón por la cual se constituye en una causa de deserción en los programas de entrenamiento físico¹⁴⁸.

Este síntoma se manifiesta varias horas después del ejercicio¹⁴⁹, con intensidad pico evidenciada a las 24 a 72 horas. El DMAT disminuye progresivamente, con una desaparición total al quinto o séptimo día. Este dolor es un síntoma relacionado con el daño mecánico de las células musculares y la respuesta inflamatoria inducida por el ejercicio¹⁵⁰¹⁵¹¹⁵² y la intensidad ha sido medida subjetivamente por medio de la escala análoga visual (EAV) o la escala numérica¹⁵³¹⁵⁴.

Aunque no hay una causa definida para el DMAT, se han propuesto varias hipótesis: aumento del ácido láctico, espasmo muscular, daño del tejido conectivo, daño muscular, inflamación y liberación de enzimas; cualquiera de esas causas afectan el desempeño muscular y causan reducción del rango de movimiento y de la fuerza muscular máxima¹⁵⁵¹⁵⁶.

El DMAT ha sido inducido mediante modelos experimentales para investigar los efectos de varias modalidades terapéuticas como la

¹⁴⁶ KOSAR A, Gandow y Putland. Potential Benefical Effects of whole-body vibration for muscle recovery after exercise. En: J Strength Cond Res. Octubre 2012. Vol 26. No 10. P 2907–11

¹⁴⁷ BARROSO R, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. En: R bras ciência e mov 2005. Vol. 13. No 2. p. 111–21

¹⁴⁸ NELSON N. Delayed onset muscle soreness: Is massage effective? En: J Bodyw Mov Ther. 2013. Vol 17. No 4. p 475–82

¹⁴⁹ TRICOLI V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia introdução. En: Rev. Bras. Ciên. E mov. 2001. vol 9(2). P. 39–4

¹⁵⁰ LEWIS. Op. cit., p 255–62

¹⁵¹ KOSAR. Op. cit., p 2907–11

¹⁵² TRICOLI. Op. cit., p 39–44

¹⁵³ LEWIS. Op. cit., p 255–62

¹⁵⁴ NELSON. Op, cit, p.475-482

¹⁵⁵ LEWIS. Op. cit., p 255–62

¹⁵⁶ NELSON. Op, cit, p.475-482

crioterapia, el ultrasonido, el masaje, entre otros¹⁵⁷¹⁵⁸¹⁵⁹. Ingram et al¹⁶⁰ y Bailey et al¹⁶¹ estudiaron el efecto de la IAH posterior a una carrera, mostrando menor intensidad de dolor en el grupo con enfriamiento a las 24 y 48 horas posteriores al ejercicio. Hausswirth et al¹⁶² encontraron diferencias significativas en cuanto al dolor percibido posterior al EE en el grupo de IAH, comparado con el grupo de luz infrarroja y el grupo control.

1.1.3 Biomarcadores de lesión muscular: Creatina kinasa (CK)

La CK es una enzima intracelular presente fisiológicamente en el músculo esquelético y cardíaco, la cual juega un papel importante en el catabolismo de las células por cambio de la fosfocreatina a creatinina, liberando un grupo fosfato que se adhiere al ADP para proporcionar energía y así promover la función normal del músculo¹⁶³.

Estudios previos asocian el aumento de la concentración de CK en sangre con la presencia de lesión muscular derivada de la realización de EE¹⁶⁴; los valores pico de CK ocurren 24 a 48 horas posteriores al ejercicio y los valores basales se restauran entre los días quinto a séptimo. Sin embargo, si la persona continúa realizando ejercicio de alta intensidad, la concentración sérica de CK puede permanecer aumentada por más tiempo¹⁶⁵¹⁶⁶.

¹⁵⁷ TORRES. Op. cit., p.101-114

¹⁵⁸ NELSON. Op. cit, p.475-482

¹⁵⁹ DROBNIC F, et al. Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomised, placebo-controlled trial. En: J Int Soc Sports Nutr. Junio 2014. Vol 11. No 31. P 1-10

¹⁶⁰ INGRAM. Op. cit., p 417-421

¹⁶¹ BAILEY. Op. cit., p 1163-1170

¹⁶² HAUSSWIRTH C, et al. Effects of whole-body cryotherapy vs far-infrared vs passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. En: plos one. Diciembre 2011. Vol 6. No 12. P 1-7

¹⁶³ Método UV optimizado para la determinación de creatine kinasa en suero o plasma. Clínica s. Ck-NAC: 9–11. [internet] [acceso 12 de marzo de 2015] disponible en: http://www.wienerlab.com.ar/VademecumDocumentos/Vademecum%20espanol/ck_nac_uv_unitest_aa_sp.pdf.

¹⁶⁴ CLARKSON Pm, Ebbeling C. Investigation of serum creatine kinase variability after muscle-damaging exercise. En: Clin sci 1988. Vol 75(3). P.257–61

¹⁶⁵ BRANCACCIO P Op. Cit., p 757–67

¹⁶⁶ LAVENDER A y Nosaka K. Changes in markers of muscle damage of middle-aged and young men following eccentric exercise of the elbow flexors. En: J Sci Med Sport. Noviembre 2008. Vol 11. No 2. p 124–31

Magal et al¹⁶⁷, estudiaron los efectos de biomarcadores sanguíneos posteriores a una SEE para el músculo cuádriceps, encontrando aumento de la CK a las 24 horas post-ejercicio. Arazi et al¹⁶⁸, determinaron que el aumento de la CK en suero, posterior a una SEE, es mayor en participantes no entrenados; sin embargo, las concentraciones de CK en sangre varían dependiendo del individuo, el entrenamiento previo y el tipo de actividad realizada, lo cual limita el uso de la medición de CK como diagnóstico de daño muscular.

1.2 Crioterapia y sus efectos en los tejidos

La crioterapia es la aplicación de frío con fines terapéuticos, generando retirada de calor corporal y disminución de la temperatura de los tejidos¹⁶⁹¹⁷⁰. Ha sido usada desde la antigua Grecia¹⁷¹ y actualmente es empleada en ámbito clínico y deportivo para tratar lesiones músculo-esqueléticas en la fase aguda y durante la rehabilitación¹⁷².

Existen diversas modalidades de aplicación de la crioterapia, que difieren en cuanto a su eficacia para inducir enfriamiento tisular¹⁷³. Las modalidades más utilizadas son: IAH, PH, criomasaaje, paquetes de guisantes congelados, paquete de agua y alcohol, paquete de gel, aparatos de frío, entre otros¹⁷⁴.

¹⁶⁷ MAGAL M, et al. Relationship between serum creatine kinase activity following exercise-induced muscle damage and muscle fibre composition. En: Journal of sportssciences. octubre 2010. p:1-10

¹⁶⁸ ARAZI H y Asadi A. One repetition maximum test increases serum indices of muscle damage and soreness in trained and untrained males. En: Apunt Med l'Esport. Septiembre 2013. Vol 48. No 178. p 49-54.

¹⁶⁹ KNIGHT. Op. Cit..

¹⁷⁰ CHESTERTON L, Foster N y Ross L. Skin temperature response to cryotherapy. En: Arch Phys Med Rehabil. Abril 2002. Vol 83. No 4. p 543-9

¹⁷¹ ESPINOZA H, Lavado I y Mendez S. Revisión sistemática sobre el efecto analgésico de la crioterapia en el manejo del dolor de origen musculoesquelético. En: Revista de la sociedad española del dolor. 2010. Vol 17. p 242-252

¹⁷² HERRERA E, et al. Reliability of superficial peroneal, sural, and medial plantar nerve. En: J clin neurophysiol 2009. Vol 26(5). p. 372-379

¹⁷³ MERRICK M, Jutte L y Smith M. Cold Modalities With Different Thermodynamic properties produce different surface and intramuscular temperatures. En: J. of athletic training. Marzo 2003. Vol 38. No 1. p:28-33

¹⁷⁴ KENNETH J, et al. Cooling Efficiency of 4 common Cryotherapeutic Agents. En: Journal of athletic training. Septiembre 2007. Vol 42. No 3. P 343-8

Cuando la crioterapia es aplicada tópicamente, genera una reducción en la temperatura de la piel y los tejidos subcutáneos por abstracción del calor¹⁷⁵¹⁷⁶ por el mecanismo de conducción, generando respuestas locales y sistémicas. El cambio de temperatura y los efectos generados dependen de la capacidad de la modalidad para absorber calor¹⁷⁷, la zona de aplicación, la duración y la actividad física previa al tratamiento¹⁷⁸¹⁷⁹.

Estudios previos han comparado la efectividad de diversas modalidades de enfriamiento sobre el tejido. Sandoval et al¹⁸⁰ compararon la efectividad de enfriamiento de tres modalidades de crioterapia, encontrando que la inmersión mantuvo la disminución de la temperatura por mayor tiempo sin importar la actividad realizada posterior a la aplicación de la crioterapia. Janwantanakul et al¹⁸¹ determinaron que la aplicación de una bolsa de hielo directamente sobre el tejido genera mayor enfriamiento en comparación con las toallas húmedas. Herrera et al¹⁸², concluyeron que la IAH, comparada con PH y criomasaaje, es la modalidad más efectiva en el mantenimiento de la disminución de la conducción nerviosa después del enfriamiento.

1.2.1 Efectos fisiológicos de la crioterapia

La función principal de la crioterapia es la disminución de la temperatura en el tejido expuesto, lo que genera efectos fisiológicos inmediatos como: vasoconstricción, disminución del flujo sanguíneo, del metabolismo celular y la velocidad de conducción nerviosa¹⁸³¹⁸⁴¹⁸⁵. Al aplicar cualquier modalidad de

¹⁷⁵ KNIGHT. Op. Cit.,

¹⁷⁶ MERRICK. Op. Cit., p 28–33.

¹⁷⁷ Ibid.,

¹⁷⁸ KNIGHT. Op. Cit.,

¹⁷⁹ HERRERA. Op. Cit., p 233-240

¹⁸⁰ SANDOVAL. Op. Cit., p 62-73

¹⁸¹ JANWANTANAKUL P. Different rate of cooling time and magnitude of cooling temperature during ice bag treatment with and without damp towel wrap. En: Phys Ther Sport. 2004. Vol 5. No 3. p 156–61

¹⁸² HERRERA. Op. Cit., p 233-240

¹⁸³ SANDOVAL. Op. Cit., p 62-73

¹⁸⁴ MERRICK. Op. Cit., p 28–33.

crioterapia se activan mecanismos termo regulatorios¹⁸⁶, a partir de la activación de los receptores cutáneos que conducen la información hacia el centro termorregulador corporal en la región pre óptica del hipotálamo¹⁸⁷; consecuentemente ocurren respuestas fisiológicas inmediatas como el temblor o secreción de hormonas suprarrenales.

Los cambios en la conducción nerviosa están directamente relacionados con la disminución de los tejidos¹⁸⁸; estudios previos, sugieren que el frío disminuye la velocidad de los cambios químicos que se generan en la fibra muscular despolarizada. Algaflly et al¹⁸⁹, evaluaron la velocidad de la conducción nerviosa (VCN) posterior a la aplicación de frío, observando una reducción de 10% de la VCN a 15°C y de 30% a 10°C. Herrera et al¹⁹⁰, evaluaron la VCN tras la aplicación de tres modalidades de crioterapia, encontrando que la IAH fue la modalidad más efectiva para disminuir la VCN comparándola con el masaje con hielo y el PH, lo cual podría sugerir un mejor efecto hipoalgésico.

1.2.2 Efectos terapéuticos de la crioterapia

La disminución de la velocidad de conducción nerviosa generada por el frío, es una posible explicación del efecto hipoalgésico de la crioterapia¹⁹¹¹⁹². Algaflly et al¹⁹³, demostraron que la aplicación de PH sobre el cuello de pie incrementa el umbral y la tolerancia al dolor, asociado a una disminución significativa de la

¹⁸⁵ HERRERA. Op. Cit., p 233-240

¹⁸⁶ MERRICK. Op. Cit., p 28-33.

¹⁸⁷ KENNET. Op. Cit., p 343- 348

¹⁸⁸ HERRERA. Op. Cit., p 233-240

¹⁸⁹ ALGAFLY A, George K. The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. En: *bjsportmed*. agosto 2007. Vol 41. p 365-369

¹⁹⁰ HERRERA. Op. Cit., p 233-240

¹⁹¹ SANDOVAL. Op. Cit., p 62-73

¹⁹² ALGAFLY Op. Cit., p 365-369

¹⁹³ *Ibid.*,

velocidad de conducción nerviosa. Anaya et al¹⁹⁴, sugieren que el enfriamiento es útil para el tratamiento de la espasticidad, retrasando la respuesta muscular evocada por estimulación eléctrica y refleja.

Así mismo, estudios realizados por Ingram et al¹⁹⁵, Bailey et al¹⁹⁶ y Hausswirth et al¹⁹⁷, aplicando crioterapia después de una sesión de EE, encontraron diferencias significativas en la intensidad del dolor post enfriamiento; sin embargo, trabajos realizados por Pointon et al¹⁹⁸ y Glasgow et al¹⁹⁹, no encontraron diferencias significativas en la intensidad de dolor entre el grupo intervenido con crioterapia y el grupo control, luego de una SEE.

1.2.3 Efectos de la crioterapia sobre las respuestas fisiológicas al ejercicio de alta intensidad.

La crioterapia es empleada en la rehabilitación de las lesiones deportivas²⁰⁰ para acelerar el proceso de reparación, reducir el dolor y facilitar el desempeño muscular²⁰¹, disminuyendo el tiempo de recuperación del deportista para un retorno más rápido al entrenamiento; además, la crioterapia es ampliamente usada para prevenir los efectos negativos del entrenamiento deportivo²⁰².

Diversos estudios²⁰³²⁰⁴²⁰⁵²⁰⁶ han analizado los efectos de la crioterapia sobre las respuestas fisiológicas del ejercicio de alta intensidad, encontrando disminución

¹⁹⁴ ANAYA L, et al. effects of ice massage on pressure pain thresholds and electromyography activity postexercise: a randomized controlled crossover study. En: J. manipulative physiol ther. diciembre 2010. Vol 33. p 212-219

¹⁹⁵ INGRAM. Op. Cit., p 417-421

¹⁹⁶ BAILEY. Op. Cit., p 1163-1170

¹⁹⁷ HAUSSWIRTH. Op. Cit., p 1-7

¹⁹⁸ POINTON M, Duffield R y Cannon J. Cold application for neuromuscular recovery following intense low er-body exercise. En: Eur J appl physiol. Marzo 2011. Vol 111. P 2977-2986

¹⁹⁹ GLASGOW. Op. Cit., p 228-233

²⁰⁰ ASCENSAO. Op. Cit., p 217-225

²⁰¹ HERRERA, E, et al. Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recovery of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects. En: Brazilian Journal of Physical Therapy, junio 2011. Vol 15. No 3. p 233-240.

²⁰² PINHO. Op. Cit., p 7-12

²⁰³ ASCENSAO. Op. Cit., p 217-225

²⁰⁴ BLEAKLEY. Op. Cit., p 296-8

del DMAT, atenuación en la disminución de la fuerza muscular máxima y de la inflamación; sin embargo los resultados son contradictorios.

Richendollar et al²⁰⁷ emplearon bolsas de hielo sobre la región anterior del muslo 20 minutos antes de realizar el calentamiento previo a un protocolo de ejercicio que incluía salto vertical con una sola pierna, carrera de ida y vuelta y carrera de cuatro metros. Los resultados demostraron que la aplicación de frío previo al calentamiento reduce los efectos fisiológicos del ejercicio.

Howatson et al²⁰⁸ evaluaron la aplicación de crioterapia posterior a 10 repeticiones máximas excéntricas de flexores de codo usando el dinamómetro isocinético en hombres saludables. Los participantes recibieron masaje con hielo inmediatamente después, a las 24 y 48 horas posteriores al EE; los resultados presentados no mostraron reducción de los marcadores indirectos de daño muscular en el grupo intervenido.

Banfi et al²⁰⁹, Hausswirth C et al²¹⁰, Pournot et al²¹¹ analizaron el efecto del enfriamiento corporal total por medio de cuartos fríos a una temperatura de -110°C y -150°C ~3 min posterior a SEE, demostrando que el enfriamiento acelera la recuperación de los signos de daño muscular, contrario a lo encontrado por Fonda et al²¹², usando un protocolo de enfriamiento similar.

Ascensao et al²¹³, Ingram et al²¹⁴, Bailey et al²¹⁵, Pinho et al²¹⁶ estudiaron la IAH sobre los efectos del EE, encontrando disminución del dolor, atenuación de los

²⁰⁵ HOWATSON. Op. Cit., p 416-22

²⁰⁶ CRYSTAL. Op. Cit., p 2577-86

²⁰⁷ RICHENDOLLAR M, Darby L and Brown T. Ice bag application, active warm-up, and 3 measures of maximal functional performance. En: J athl train. Diciembre 2006 vol41. No 4. P 364-370

²⁰⁸ HOWATSON. Op. cit., p 416-422

²⁰⁹ BANFI. Op. cit., p 55-59

²¹⁰ HAUSSWIRTH. Op. cit., p 1-7

²¹¹ POURNOT. Op. cit., p 1-8

²¹² FONDA. Op. Cit, p 270-8

²¹³ ASCENSAO. Op. cit., p 217-225

²¹⁴ INGRAM. Op. cit., p 417-421

niveles de CK y LDH. Por otro lado Glasgow et al²¹⁷, Crystal et al²¹⁸, Howatson et al²¹⁹ y Sellwood et al²²⁰, usaron un protocolo de IAH similar y no hallaron diferencias entre el grupo intervenido y el grupo control.

Las diferencias en los resultados podrían derivarse de la variedad de métodos de enfriamiento empleados, el gradiente de enfriamiento inducido por dichos métodos, la duración del enfriamiento, las dosis de crioterapia aplicadas, así como de los diferentes protocolos de EE utilizados para inducir el daño muscular.

²¹⁵ BAILEY. Op. cit., p 1163-1170

²¹⁶ PINHO, Op. cit, p 7-12

²¹⁷ GLASGOW. Op. cit., p 228-233

²¹⁸ CRYSTAL. Op. cit., p 2577-86

²¹⁹ HOWATSON. Op. cit., p 416- 422

²²⁰ SELLWOOD. Op. cit., p 392-397

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Comparar los efectos de dos dosis de aplicación del PH sobre el DMAT, el desempeño muscular del cuádriceps y la actividad sérica de CK, después de una SEE en hombres sanos y físicamente activos.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar los cambios en las variables durante el periodo de intervención en cada grupo de estudio
- Comparar el DMAT, el desempeño muscular del cuádriceps y la actividad sérica de CK, obtenidos en la línea del tiempo, en los tres grupos de estudio.

HIPÓTESIS

El grupo intervenido con dos aplicaciones diarias de crioterapia, comparado con el grupo de una aplicación diaria y el grupo control, presentará una atenuación de los síntomas de daño muscular (DMAT y la alteración de la actividad sérica de CK y el desempeño muscular), producidos por un protocolo experimental de lesión muscular, basado en contracciones excéntricas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de Estudio

Estudio experimental en humanos, con asignación aleatoria a tres grupos de intervención: Grupo PH1, una aplicación diaria de PH, por un periodo de cuatro días; Grupo PH2, dos aplicaciones diarias de PH (con intervalo de 7 horas), por un periodo de cuatro días y Grupo Control sin aplicación de PH.

3.2 Población

Hombres jóvenes universitarios (18 a 25 años), sanos y físicamente activos .

3.3 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de Inclusión:

Género masculino²²¹²²², edad entre 18 y 25 años, sanos, con nivel de actividad física moderada según el cuestionario internacional de actividad física (IPAQ del inglés *international physical active questionnaire*)²²³, índice de masa corporal entre 18,5 y 24,9Kg/m² clasificado como normal según la OMS²²⁴, estudiante UIS, con matrícula vigente en la UIS y con cobertura de Bienestar Universitario. (Anexo1)

Criterios de Exclusión

- Dolor en miembros inferiores en las últimas cuatro semanas.

²²¹ SKURVYDAS Op. Cit p. 629-36

²²² CLARKSON P, Op. Cit p. 527-31

²²³ Cuestionario internacional de actividad física, versión corta en español [internet] [acceso el 20 de octubre de 2014] disponible en: http://www.uma.es/media/tinyimages/file/cuestionario_de_actividad_fisica.pdf

²²⁴ Organización Mundial de la Salud. [Internet] [acceso el 11 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es>

- Hipersensibilidad al frío: se manifiesta por edema y habones en las regiones expuestas; determinada mediante una prueba del cubo de hielo, observando posibles erupciones circunscritas al sitio de enfriamiento²²⁵.
- Enfermedad de Raynaud: enfermedad vascular que consiste en una vasoconstricción, que puede generar necrosis, por exposición al frío²²⁶.
- Alteraciones músculos esqueléticas en miembros inferiores que pueden causar disminución del desempeño muscular durante los últimos 6 meses.
- Lesiones de la piel, tales como heridas abiertas, infecciones o alergias en el miembro inferior, que imposibilitan la aplicación de crioterapia porque se disminuye el aporte de oxígeno a los tejidos²²⁷.
- Uso de analgésicos y/o antiinflamatorios, que podrían enmascarar el DMAT posterior al ejercicio excéntrico.
- Coagulopatía o enfermedad vascular periférica, considerada como una contraindicación absoluta para la aplicación de crioterapia, porque induce vasoconstricción y aumento de la viscosidad sanguínea, empeorando la condición clínica²²⁸.
- Crioglobulinemia por ser un desorden que genera agregación de proteínas séricas en la circulación distal cuando las extremidades son enfriadas y produce alteración en la circulación por isquemia local²²⁹.

²²⁵ CAMERON M. Physical agents in rehabilitation: from research to practice. 2 ed. USA: Saunders; 2003

²²⁶ JAMIESON G, Ludbrook J y Wilson a. Cold Hypersensitivity in Raynaud's Phenomenon. Circulation. 1971. Vol 44. No 2. P 254–64

²²⁷ KNIGHT. Op., cit

²²⁸ GIBBONS. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. En: Circulation. Octubre 2002. Vol. 106. No 14. P 1883–92

²²⁹ CAMERON, Op, cit.,

- Participación en programas de ejercicio físico que impliquen levantamiento de carga externa durante los últimos seis meses (ejemplo: pesas), ya que las adaptaciones al ejercicio físico previo, enmascararían los cambios fisiológicos derivados del EE²³⁰.
- Presencia de enfermedades metabólicas como diabetes mellitus, alteración en la hormona tiroidea, entre otras y/o musculares como distrofias que limiten el desarrollo del protocolo de EE²³¹.
- Enfermedades cardiovasculares, que constituyan contraindicación para la realización de ejercicio físico (infarto cardiaco reciente u otro evento cardiaco agudo, enfermedad cardiaca congénita, presencia de síntomas o diagnóstico médico de estenosis valvular o aórtica, hipertensión arterial al reposo ($\geq 200/\geq 110$ mmHg), taquicardia al reposo y cardiomiopatía hipertrófica)²³².
- Enfermedades infecciosas sistémicas, debido a que el ejercicio intenso disminuye los niveles de células blancas, favoreciendo el proceso infeccioso.
- Consumo de bebidas alcohólicas, café y/o chocolate.

3.4 Tamaño de Muestra y Muestreo

El tamaño de la muestra se calculó usando datos reportados en literatura previa (tabla 1) y teniendo en cuenta: un poder del 80%, un nivel de significancia del 5%, un ajuste por pérdidas en el seguimiento del 20% y una razón entre el grupo PH1,

²³⁰ FERNANDEZ R, et al. Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *Eur J Appl Physiol*. 2014 vol 114. P 1075-1084.

²³¹ GIBBONS. Op. Cit., p1883-92

²³² Ibid.,

grupo PH2 y grupo Control de 2:2:2, usando el software estadístico y de análisis de datos STATA IC 13²³³ (StataCorp. 2015. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX:StataCorp LP). Por medio del comando Sampsi (del inglés *size and power for means and proportions*) y teniendo como criterio para el análisis de la información el método ANCOVA, se determinó que una muestra entre 24 y 26 participantes, permitiría establecer las diferencias propuestas. Adicionalmente, considerando una posible pérdida del 20%, la muestra finalmente fue definida entre 28 y 30 individuos (10 en cada grupo) permitiendo controlar posibles sesgos de selección por pérdida.

²³³ StataCorp. 2015. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX:StataCorp LP.

Tabla 1. Estudios previos considerados para determinar el tamaño de la muestra de la investigación

Autor, año	Grupo	Variable	Grupo intervenido				P	n
			pre	24 h	48h	72h		
Ockley ²³⁴ , 2013	I	Torque (Nm)	101,6 (39)	75,5 (33,4)	76,7 (35,9)	80,4 (38,5)	0,05	22
	C		102,8 (41,7)	74,0 (35,3)	72,5 (41)	69,7 (43,9)		
	I	Dolor(mm)	0	2,7 (1,9)	3 (2,1)	2,4 (1,8)		
	C		0	2,6 (1,1)	5,4 (2,5)	3,7 (2,4)		
Glasgow ²³⁵ , 2014	I	Dolor(mm)	0,21 (0,35)	2 (1,86)	3,4 (3,19)	1,42 (1,94)	0,05	10
	C		0,3 (0,95)	2,03 (1,67)	3,39 (2,41)	2,69 (2,52)		
Rossato ²³⁶ , 2015	I	Dolor(mm)	0	2	0	No se midió	0,05	5
	C		0	6,2(2,4)	5,3 (2,6)	No se midió		
Hausswirth ²³⁷ , 2011	I	Dolor(mm)	0,2 (0,7)	33,3 (26,1)	39,0 (24,0)	No se midió	0,05	9
	C		0,1 (0,3)	53,9 (25,5)	58,9 (19)	No se midió		
Fonda ²³⁸ , 2013	I	Dolor(mm)	0	0,5	0,8	0,2	0,05	5
	C		0	1,7 (1,2)	1,9 (1,2)	1,3 (0,7)		
Howatson ²³⁹ , 2005	I	Torque isométrico máximo (Nm)	64,4 (8,5)	49,3 (10,4)	49,6 (1,6)	54,6 (16,1)	0,05	6
	C		62,6 (78,1)	48,3 (9,4)	53,6 (11,5)	57,8 (13,4)		

I: grupo intervenido C: grupo control. Los datos son expresados en promedio (DE).

²³⁴ OCKLEY. Op. cit., p 2743-2751
²³⁵ GLASGOW. Op. cit., p. 228-233
²³⁶ ROSSATO. Op. cit., p 49-53
²³⁷ HAUSSWIRTH. Op. cit., p 1-7
²³⁸ FONDA. Op. cit., p 270-278
²³⁹ HOWATSON. Op. cit., p 615-621

3.5 Variables del estudio y pruebas de medición

Variables explicatorias

- Grupo de intervención:

PH1: una aplicación diaria de PH sobre el cuádriceps, durante veinte minutos.

PH2: dos aplicaciones diarias de PH sobre el cuádriceps, durante veinte minutos cada una, con un intervalo mínimo de 7 horas entre las dos aplicaciones.

Control: los participantes no recibieron PH.

- Tiempo de medición:

T0: 72 horas antes de la SEE fueron registradas las variables basales de desempeño muscular, intensidad de DMAT y CK.

T1: 48 horas después de la SEE (variables de desempeño muscular, CK y DMAT).

T2: 96 horas posteriores de la SEE (variables de desempeño muscular, CK y DMAT).

Variables de salida

- Variables de desempeño muscular: representan la capacidad global del músculo para generar un trabajo²⁴⁰ y fueron obtenidas usando un dinamómetro isocinetico marca HUMAC NORM. Se determinó:

- Pico de torque máximo isométrico (Nm): valor máximo del torque en una contracción isométrica. Este es el parámetro más comúnmente

²⁴⁰ KANNUS. Op. Cit., p 11-18

utilizado para evaluar los cambios en la producción de fuerza, cuya unidad de medida es Newton.metro (Nm)²⁴¹.

- Pico de torque máximo isocinético concéntrico (Nm): mayor torque producido en una contracción concéntrica, a una velocidad constante (60°/s), medido en Newton.metro (Nm)²⁴².
- Trabajo (J): área bajo la curva del torque máximo, independientemente de la velocidad, ROM o tiempo; medido en julios (J) .
- Tiempo al pico (s): tiempo requerido para alcanzar el torque máximo en cualquier tipo de contracción; medido en segundos (s).

-Intensidad del dolor muscular de aparición tardía DMAT(mm): sensación subjetiva que va desde desagradable a dolorosa, que aparece tardíamente con un pico a las 24 o 48 horas después de la ejecución del EE^{243244 24,120} . Se midió a través de una escala análoga visual adaptada por medio del software de los NIH (del inglés, *National Institutes of Health*, NIH).

- Actividad sérica de CK: indicador de daño muscular, es una enzima catalizadora que se presenta en el músculo y ante un daño muscular aumenta sus niveles en el torrente sanguíneo (rango de referencia: 20–110 U/L)^{245 93} .

Covariables

- Pliegue cutáneo: es la medición de tejido subcutáneo del muslo, a través de un adipómetro marca *Slim guide*.

²⁴¹ FRAGA. Op. Cit., p 1-12

²⁴² LIEBER Op cit

²⁴³ GLASGOW. Op. CIT., P 228-233

²⁴⁴ CLARKSON Op cit p s52-59

²⁴⁵ Método UV optimizado para la determinación de creatine kinasa en suero o plasma. Clínica s. Ck-NAC: 9–11. [internet] [acceso 12 de marzo de 2015] disponible en: http://www.wienerlab.com.ar/VademecumDocumentos/Vademecum%20espanol/ck_nac_uv_unittest_aa_sp.pdf.

- Nivel de actividad física: es la medición del gasto energético expresado en MET-minuto/ semana, medido a través del IPAQ (The International Physical Activity Questionnaire)

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Reclutamiento y Asignación

Los participantes fueron convocados a través de invitación directa, carteles ubicados en la Universidad Industrial de Santander y publicación en las redes sociales de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

4.2 Enmascaramiento

Se realizó enmascaramiento simple, la evaluadora no conocía el grupo al que pertenecía el participante, además, la evaluación y la intervención se realizaron en laboratorios diferentes.

Inicialmente se diligenció el formato de tamizaje (Anexo 4) y se verificó el cumplimiento de los criterios de inclusión. Los objetivos y procedimientos fueron explicados claramente antes de la firma del consentimiento informado (Anexo 3) y posteriormente, los participantes fueron asignados aleatoriamente por bloques a través de sobre sellado a los grupos experimentales.

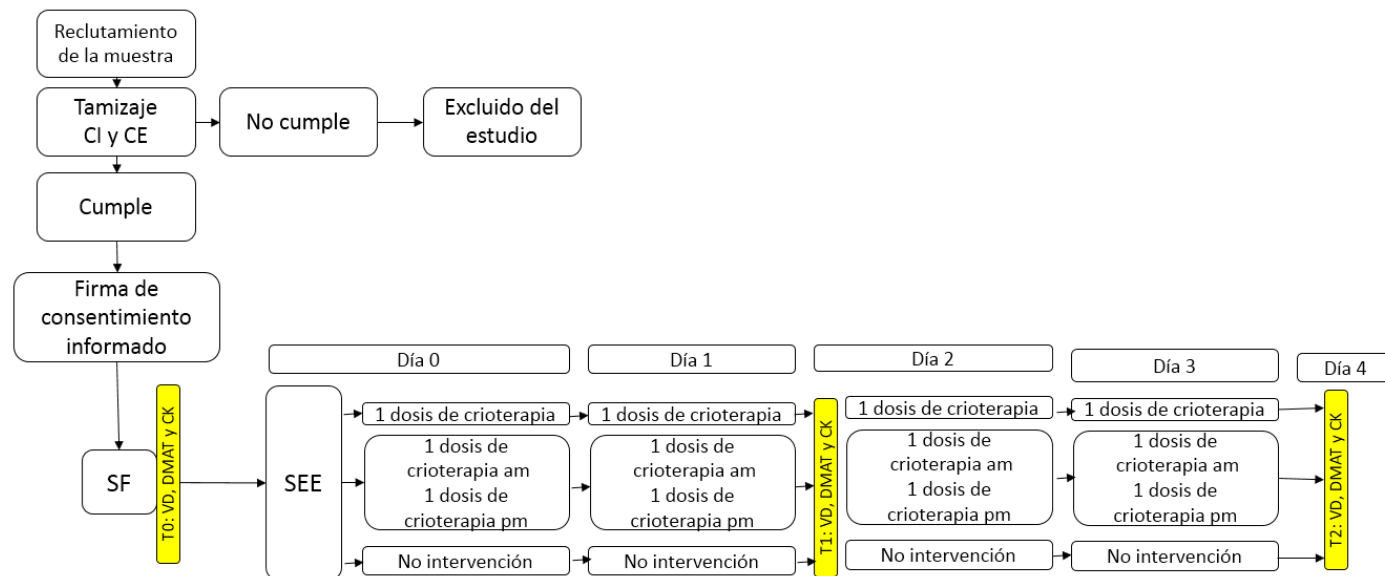


Figura 1. Diagrama de fase experimental

CI: criterio de inclusión CE: criterio de Exclusión SF: sesión de familiarización. SEE: sesión de ejercicio excéntrico T0: evaluación pre T1: evaluación 48 horas pos T2: evaluación 96 horas post EE. VD: variables dinamométricas DMAT: dolor muscular de aparición tardía CK: creatina kinasa

Una sesión de familiarización con los procedimientos de dinamometría fue realizada 72 horas antes de la SEE; en dicha sesión se estandarizaron los parámetros de posicionamiento del participante en el dinamómetro isocinético, los cuales fueron conservados en las sesiones sucesivas. La información de ubicación del participante fue utilizada en las subsecuentes mediciones con el fin de evitar la influencia de la posición del individuo y el segmento corporal sobre las mediciones realizadas. En dicha sesión se obtuvieron las variables basales dinamométricas, DMAT y CK. La descripción de la sesión de familiarización se presenta en el Anexo 6. Posteriormente, los participantes fueron citados en cinco oportunidades más para el desarrollo experimental del estudio. En el día 0 fue realizada la SEE e inmediatamente después se aplicó el procedimiento de intervención asignado. Las intervenciones fueron repetidas durante los tres días sucesivos y las re evaluaciones fueron realizadas a las 48 y 96 horas posteriores. Todos los procedimientos fueron realizados en el laboratorio de dinamometría de la Escuela de Fisioterapia, con una temperatura ambiente de 24,7°.

4.3 Protocolo de la sesión de ejercicio excéntrico

Se adaptó el protocolo de EE utilizado por Delgado et al (2011)²⁴⁶, mencionado por Alemany et al (2013)²⁴⁷, para desencadenar una respuesta inflamatoria aguda; dicho protocolo fue realizado en el miembro inferior dominante 72 horas después de la sesión de familiarización. Inicialmente, el participante realizó un calentamiento de 5 min, en un cicloergómetro Monark 894-E Peak bike, ajustado a la estatura del participante, a una velocidad de 70 rpm, con una resistencia correspondiente al 40% de la frecuencia máxima predicha para la edad. Inmediatamente después, el participante fue posicionado en el dinamómetro isocinético como se indica en la figura 1.

²⁴⁶ DELGADO Op cit p 2233-41

²⁴⁷ ALEMANY. Op. cit., p 1-7

El eje rotacional del dinamómetro se alineó con el cóndilo femoral lateral, el brazo de palanca se programó para ubicar la rodilla del participante en una posición inicial de 30° de flexión (donde 0° es la extensión completa del miembro inferior en una posición sentada) y permitiendo hasta 120° de flexión, para una excursión total de 90°. Una vez el participante fue ubicado en la posición inicial, se desplazó pasivamente la rodilla en extensión con el dinamómetro; a continuación, se le solicitó al participante resistir el movimiento hacia la flexión, contrayendo al máximo su músculo cuádriceps para generar una contracción excéntrica. El miembro inferior contralateral permaneció sin apoyo, con el fin de evitar contracciones isométricas y así disminuir la posibilidad de la aparición del fenómeno de irradiación.

Durante la fase excéntrica de la extensión de rodilla, los sujetos fueron retroalimentados verbalmente de manera constante para resistir al máximo el descenso del brazo de palanca del dinamómetro a una velocidad angular de 120°/s. El protocolo consistió en 20 series de 10 repeticiones, con un minuto de descanso entre cada serie, para un total de 200 contracciones.



Figura 2. Posicionamiento del sujeto en el dinamómetro isocinético

Los miembros superiores estuvieron adosados al pecho, la cadera a 90° de flexión y las correas de estabilización fijaron el tronco superior, la pelvis, el muslo y la pierna. La correa de estabilización de la pierna se fijó 2cm arriba del maléolo interno. El rango de movimiento para la extensión de rodilla fue entre 120 y 0°.

4.4 Protocolos de crioterapia

La crioterapia fue aplicada en el laboratorio de intervención de la Escuela de Fisioterapia por una fisioterapeuta entrenada con dos años de experiencia profesional. El protocolo empleado fue similar al previamente publicado por Herrera et al²⁴⁸, en donde se demarca el área de enfriamiento previamente con un acetato en el vientre muscular.

El área de enfriamiento fue demarcada en la cara anterior del muslo de los participantes, empleando un molde de acetato de 15 cm de ancho por 25 cm de largo, ubicado por encima del borde superior de la patela.



Figura 3. Aplicación del protocolo de crioterapia.

A. demarcación de la zona de aplicación del paquete de hielo B. Aplicación del paquete de hielo en cubos directamente sobre la piel.

²⁴⁸ HERRERA Op cit p 581-91

Para la aplicación de crioterapia se seleccionó el paquete de hielo en cubos, siguiendo el estudio de Herrera et al²⁴⁹, que mostró una mayormperatura de la piel (comparado con la IAH). El tiempo seleccionado (veinte minutos) ha sido utilizado en estudios previos porque es suficiente para inducir los efectos terapeuticos sin exponer a efectos adversos²⁵⁰²⁵¹²⁵².

El PH fue preparado, usando una bolsa de plástico (15 por 25 cm), con un peso aproximado de 900g. El PH fue ubicado en el centro de la zona demarcada.

4.5 Protocolo de registro de las variables

4.5.1 Variables antropométricas

Talla: se utilizó una cinta métrica no expandible, con 1mm de precisión. El participante se ubicó con la espalda erguida y firme contra la cintra métrica, descalzo, el peso del cuerpo distribuido de manera uniforme y los pies apoyados en el suelo y talones juntos. Una vez el participante se posicionó correctamente, se le solicitó una inspiración profunda y mantenida; durante este tiempo el evaluador ubicó escuadra paralela al piso y registró el valor observado.

Masa: se utilizó una báscula marca *Tanita*, la cual se instaló en una superficie plana, horizontal y firme. El participante vestía pantaloneta y camiseta, medias, sin zapatos ni accesorios dentro de los bolsillos; el valor fue registrado una vez la persona se ubicaba en el centro de la báscula con la mirada al frente hacia un punto rojo localizado en la pared del laboratorio, hombros relajados, miembros superiores adosados al cuerpo y las manos dirigidas hacia el frente. La precisión de la báscula es de 100gramos.

²⁴⁹ Ibid.,

²⁵⁰ SANDOVAL Op cit p119.129

²⁵¹ HERRERA Op cit 581-91

²⁵² HERRERA Op cit 233-40

Índice de masa corporal: calculada mediante la fórmula: $IMC = \frac{\text{masa}}{\text{talla}^2}$

Pliegue cutáneo: se pellizca el muslo en la mitad del recorrido entre la espina ilíaca antero superior y el borde superior de la patela, el dato registrado será el promedio de tres mediciones a través de un adipómetro (*Slim guide*)

4.5.2 Variables de dinamometría

Con base en los resultados de una prueba piloto previa, presentada en el anexo 6, se decidió considerar el valor promedio de cada variable de dinamometría, registrado en cinco contracciones. Se realizaron mediciones repetidas 72 horas antes, 48 horas y 96 horas posteriores a la SEE (figura 4).

Evaluación del pico del torque y tiempo al pico en contracción isométrica

Se siguió un protocolo de evaluación similar al de Alemany et al²⁵³, realizando modificaciones en el tiempo de descanso entre las repeticiones para evitar alteraciones en el registro por presencia de fatiga muscular; además, se adicionaron dos contracciones de práctica antes del registro definitivo, con el fin de familiarizar al participante con el tipo de contracción.

El participante se ubicó en el dinamómetro isocinético como se indica en la figura 1. El eje rotacional del dinamómetro se alineó con el cóndilo femoral lateral. El brazo de palanca se programó para ubicar la rodilla del participante en una posición de 60° de flexión (donde 0° es la extensión completa del miembro inferior en una posición sentado). Una vez el participante fue ubicado en la posición inicial, empujó en contra del brazo de palanca fijo, contrayendo al máximo el cuádriceps durante 5 segundos, mientras se dio el comando verbal: ¡fuerte, fuerte, fuerte!

²⁵³ ALEMANY. Op. cit., p 1-7

durante toda la contracción. El protocolo fue repetido en cinco ocasiones, con un minuto de descanso entre cada repetición.

El pico de torque y el tiempo para alcanzar el torque máximo en cada extremidad correspondió al promedio de las tres últimas contracciones isométricas realizadas.

Evaluación del pico de torque, trabajo y tiempo al pico en contracción isocinética concéntrica

Estas variables fueron registradas posicionando al participante como fue mostrado en la figura 1. El eje rotacional del dinamómetro se alineó con el cóndilo femoral lateral. El brazo de palanca se programó para ubicar la rodilla del participante en una posición inicial de 120° de flexión hasta 0° (extensión completa del miembro inferior en posición sentado), para permitir un ROM de 120°. Una vez el participante fue ubicado en la posición inicial, se le pidió que contrajera al máximo del cuádriceps contra la resistencia proporcionada por el brazo de palanca del dinamómetro, a una velocidad angular constante de 60 °/s.

Durante la contracción isocinética concéntrica del cuádriceps, los sujetos fueron retroalimentados verbalmente de manera constante con el comando: ¡fuerte, fuerte, fuerte! para incentivar la máxima contracción voluntaria. El protocolo consistió en cinco repeticiones, con un minuto de descanso entre cada repetición.

El pico de torque isocinético concéntrico a 60°/s fue determinado como el valor promedio de las tres últimas contracciones realizadas. El trabajo fue calculado para las tres contracciones de registro mediante un análisis matemático por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Trabajo (W)} = \text{Torque (ft-lbs)} * \text{ángulo (deg)} * 0,0175 \text{ (rad/deg)}^{254}.$$

²⁵⁴ COMPUTER SPORTS MEDICINE (CSMI) HUMAC®/NORM™ TESTING & REHABILITATION
Op cit

El valor máximo del trabajo de las tres últimas contracciones isocinéticas fue utilizado para el análisis estadístico. Finalmente, el tiempo al pico correspondió al tiempo requerido para alcanzar el pico de torque.

4.5.3 Evaluación de la intensidad del dolor

Se determinó la intensidad del dolor percibido en la región del muslo, evaluado en dos condiciones:

1. Durante el registro de las variables dinamométricas (DMAT₁) en contracciones isométricas e isocinéticas concéntricas.
2. Inmediatamente después de realizar una tarea funcional, adoptando el sedente desde la posición bípeda (DMAT₂).

Fue utilizado un software para el registro de la intensidad del dolor en una escala análoga visual adaptada AVA (del inglés, Adaptive Visual Analog Scales)²⁵⁵ de 0 a 100mm de longitud, donde 0 equivale a “sin dolor” y 100 “el peor dolor percibido”²⁵⁶.

4.5.4 Evaluación de la actividad de CK en sangre

Se evaluó la actividad de la CK a través de una muestra sanguínea de 5ml tomada de la vena del antebrazo, el análisis de las muestras se realizó a través del protocolo CK (prueba líquida ultravioleta activada por N-acetilcisteína)²⁵⁷. Las muestras y el análisis fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander.

4.5.5 Evaluación de la temperatura

²⁵⁵ ZUSMAN M. The Absolute Visual Analogue Scale (AVAS) as a Measure of Pain Intensity. En: Aust J Physiother 1986. Vol. 32. No 4. p.244–6.

²⁵⁶ TRICOLI. Op. cit., p 39–44

²⁵⁷ método uv optimizado para la determinación de creatina kinasa en suero. Op. Cit,

Se registró la temperatura superficial de la piel en el centro del muslo intervenido y la temperatura de la modalidad en el centro del paquete de hielo antes e inmediatamente después de la intervención. El registro se realizó empleando un termómetro infrarrojo marca *Raytec*. Esta medición se realizó para asegurar un efecto de enfriamiento homogéneo entre los participantes.

4.6 Análisis de la información

Los datos fueron incluidos en una base de datos, realizando doble digitación en el programa Microsoft Office Excel 2010 y se analizaron a través del paquete estadístico STATA IC 13²⁵⁸.

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de las variables antropométricas (peso y talla) de los tres grupos de evaluación; posteriormente, se analizó la distribución de las variables de estudio aplicando la prueba de Shapiro Wilk y análisis gráfico por medio de histograma; los datos fueron descritos usando medidas de tendencia central y de dispersión, como promedio y desviación estándar o mediana y rango intercuartílico, según la distribución de las variables.

Para el análisis de los datos, inicialmente se estableció la diferencia de las variables en la línea de base entre los tres grupos por medio de un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Posteriormente, se compararon las variables en los diferentes tiempos de medición T0, T1 y T2 en cada grupo de intervención mediante un ANOVA de mediciones repetidas. Finalmente, la comparación entre los grupos y tiempos de medición se realizó mediante un análisis de covarianza (ANCOVA) o prueba de suma de rangos de Wilcoxon, según la distribución de las variables.

²⁵⁸ STACACORP. 2013. STATA: RELEASE 13. STATISTICAL SOFTWARE, Op. cit.,.

5. RESULTADOS

Se reclutó un total de 36 personas, de las cuales 6 fueron excluidas por no cumplir los criterios de inclusión (2 se encontraban en sobrepeso según el IMC, 1 consumía medicamentos para el dolor, 3 no se encontraban en la categoría de actividad física moderada según el IPAQ). Finalmente, 30 participantes fueron incluidos en la aleatorización y completaron en el estudio.

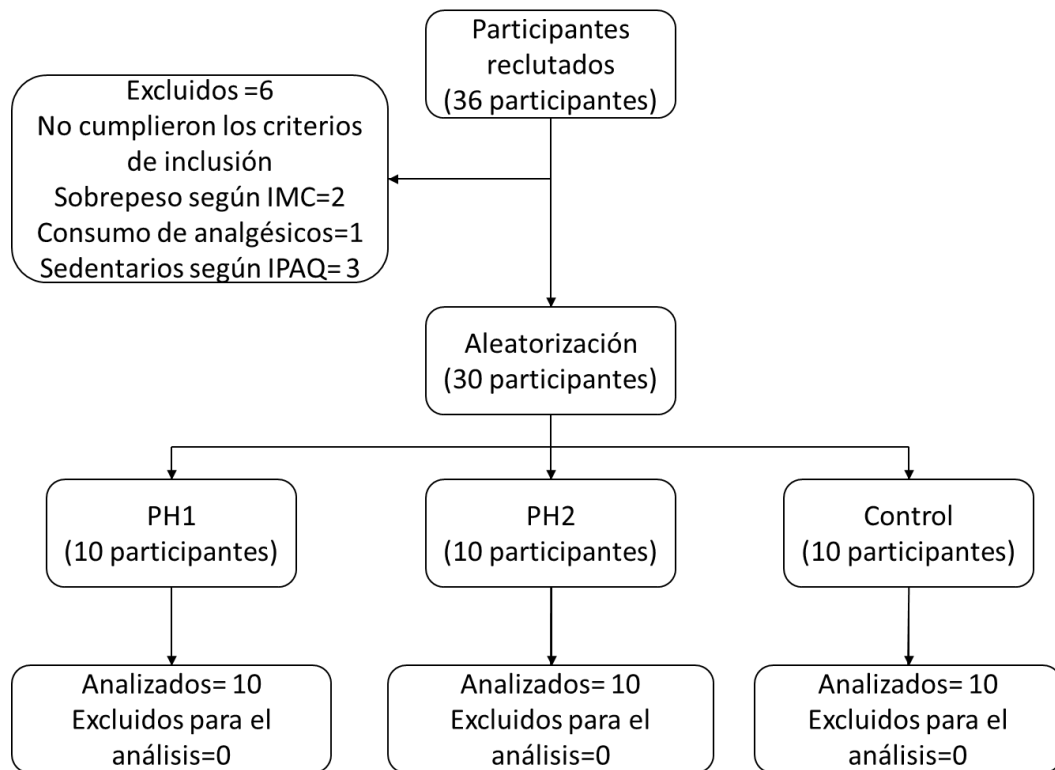


Figura 4. Flujograma de los participantes en el estudio

Las características sociodemográficas y antropométricas de los participantes se presentan en la Tabla 2. No hubo diferencias en las características ($p>0,05$), excepto el nivel de actividad física ($p=0,03$), que fue mayor en el grupo PH1.

La temperatura inicial de la modalidad fue de $-8.5\pm 1,08^{\circ}\text{C}$, todos los participantes presentaron disminución significativa de la temperatura de la piel ($p<0,01$), los

participantes del grupo PH1 presentaron una temperatura inicial de $31,39 \pm 1,67^{\circ}\text{C}$ y una temperatura final de $17,62 \pm 2,61^{\circ}\text{C}$ con un delta de $13,77 \pm 3,38^{\circ}\text{C}$ y los participantes del grupo PH2 presentaron una temperatura inicial de $31,29 \pm 1,69^{\circ}\text{C}$, temperatura final de $16,01 \pm 2,68^{\circ}\text{C}$ con un delta de $15,28 \pm 3,36^{\circ}\text{C}$, no hubo diferencia en los cambios de temperatura entre los grupos intervenidos ($p > 0,05$).

Todas las variables presentaron distribución normal ($p > 0,05$), excepto el DMAT_2 ($p < 0,001$) (para los análisis sucesivos se realizó transformación matemática de esta variable) y la actividad sérica de CK ($p < 0,05$). En la tabla 3 se describen las variables registradas antes de la SEE (T0) en los tres grupos. No hubo diferencia entre las variables ($p > 0,05$), excepto en el tiempo al pico isométrico ($p = 0,03$) e isocinético ($p = 0,01$).

Tabla 2. Características sociodemográficas de los participantes en los grupos de intervención.

Variable	Control	PH1	PH2
Edad (años)	$21,0 \pm 0,9$	$20,7 \pm 2,0$	$20,0 \pm 1,6$
Peso (Kg)	$69,9 \pm 6,5$	$72,1 \pm 8,7$	$65,5 \pm 6,1$
Talla (m)	$1,7 \pm 0,0$	$1,7 \pm 0,1$	$1,7 \pm 0,0$
IMC (Kg/m^2)	$22,9 \pm 1,6$	$23,3 \pm 1,5$	$22,1 \pm 1,5$
Pliegue cutáneo (mm)	$12,6 \pm 3,6$	$15,0 \pm 4,1$	$13,8 \pm 3,9$
AF (MET- Min/ Semana)	867 (680-1169,5)	1262 (975 -1432)*	816 (678 -1095)

PH1 (grupo con una aplicación diaria de paquete de hielo), PH2 (grupo con dos aplicaciones diarias de paquete de hielo en cubos). El análisis de la variable de actividad física se presenta en medianas y rangos intercuartílicos. * $p < 0,05$

Tabla 3. Variables dinamométricas y DMAT registrados antes de la SEE (T0) en los tres grupos experimentales.

Variable	Control Promedio±DE	PH1 Promedio±DE	PH2 Promedio±DE	F	p
Test isométrico (60° de flexión de rodilla)					
Torque máximo (Nm)	176,17±13,90	167,47±23,61	155,66±14,87	3,27	0,06
Tiempo al pico (s)	3,13±0,46	2,47±0,89	2,45±0,43	3,78	0,03
Test isocinético concéntrico (60°/s)					
Torque máximo (Nm)	179,90±36,27	182,63±43,05	145,43±33,44	3,01	0,07
Tiempo al pico (s)	1,08±0,16	1,00±1,14	1,22±0,15	5,29	0,01
Trabajo (J)	225,10±38,97	222,40±51,11	189,53±41,71	1,52	0,23
Dolor					
DMAT ₁ (mm)	2,35±1,1	1,86±1,2	2,1±0,9	0,61	0,50
Log DMAT ₂	0,9±1,3	1,06±1,4	0,9±0,9	0,94	0,07

PH1 (grupo con una aplicación diaria de paquete de hielo), PH2 (grupo con dos aplicaciones diarias de paquete de hielo), DMAT₁ (Dolor Muscular de Aparición Tardía percibido durante las pruebas), DMAT₂ (Dolor Muscular de Aparición Tardía percibido al pasar de pie a sentado)

En la figura 5 se muestran las variables de torque máximo isométrico e isocinético registradas en la línea de tiempo. En la figura 5A se muestra una disminución significativa del torque máximo isométrico ($p \leq 0,01$) a las 48 horas en el grupo control, con un delta de $40,29 \pm 31,43$ Nm; en la figura 5B se muestra una disminución significativa del torque máximo isocinético ($p \leq 0,04$) con un delta de $57,53 \pm 62,44$ Nm en el grupo control a las 48 horas. Así mismo, el grupo PH1 mostró una disminución significativa ($p < 0,01$) con un delta de $55,3 \pm 42,63$ Nm 48 horas después de la SEE. El grupo PH2 no presentó diferencias entre las variables obtenidas en los tres tiempos de evaluación en ninguno de los test.

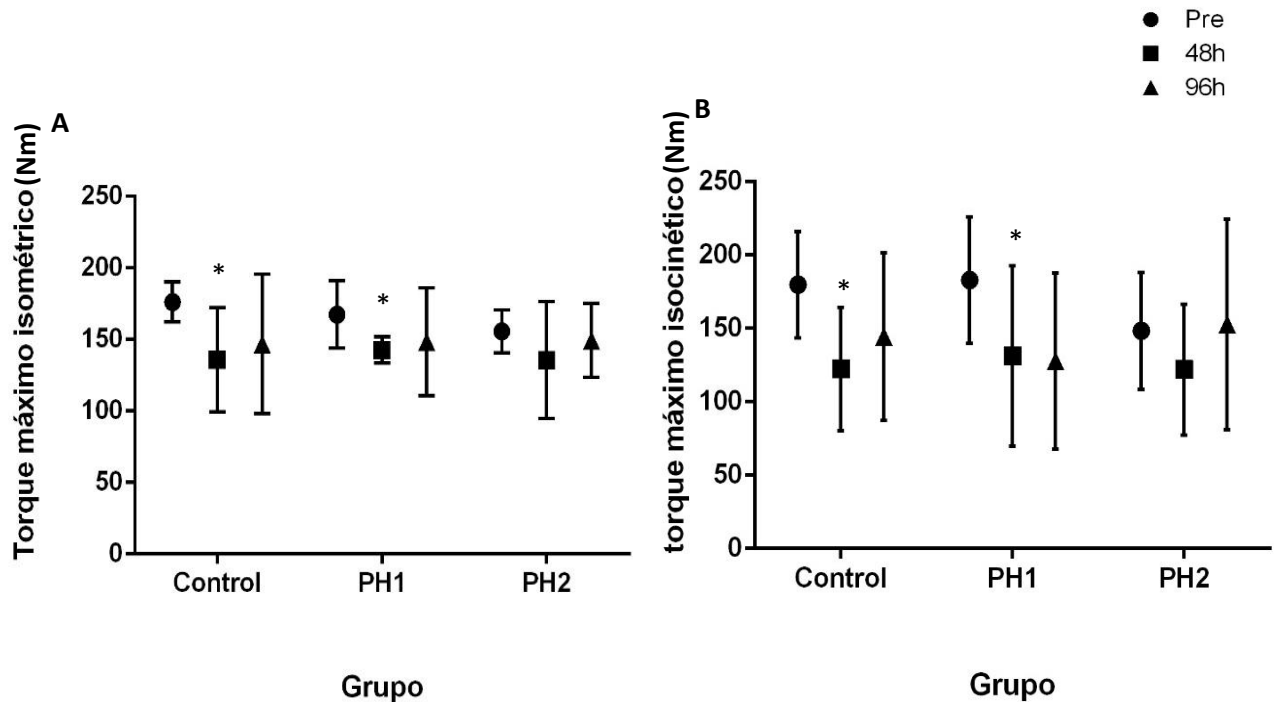


Figura 5. Promedios y desviación estándar del torque máximo (Nm) isométrico e isocinético registrados antes, 48 y 96 horas después de la sesión de ejercicio excéntrico, en los tres grupos experimentales. PH1: grupo con una aplicación diaria de paquete de hielo; PH2: grupo con dos aplicaciones diarias de paquete de hielo. A. evaluación del torque máximo durante contracción isométrica. B. evaluación del torque máximo durante contracción isocinética.

En la figura 6 se presentan las variables de tiempo al pico isométrico e isocinético, los resultados no muestran diferencias significativas en los tres momentos de evaluación, en los tres grupos de evaluación.

En la figura 7 se presenta el trabajo isocinético en los tres momentos de evaluación; hubo una disminución significativa de esta variable 48 horas post SEE ($p=0,03$), con un delta de $69,97 \pm 69,67J$ en el grupo control y de $75,30 \pm 36,30J$ en el grupo PH1 ($p<0,01$); el grupo PH2 no presentó diferencias en los tres momentos de evaluación ($p>0,05$).

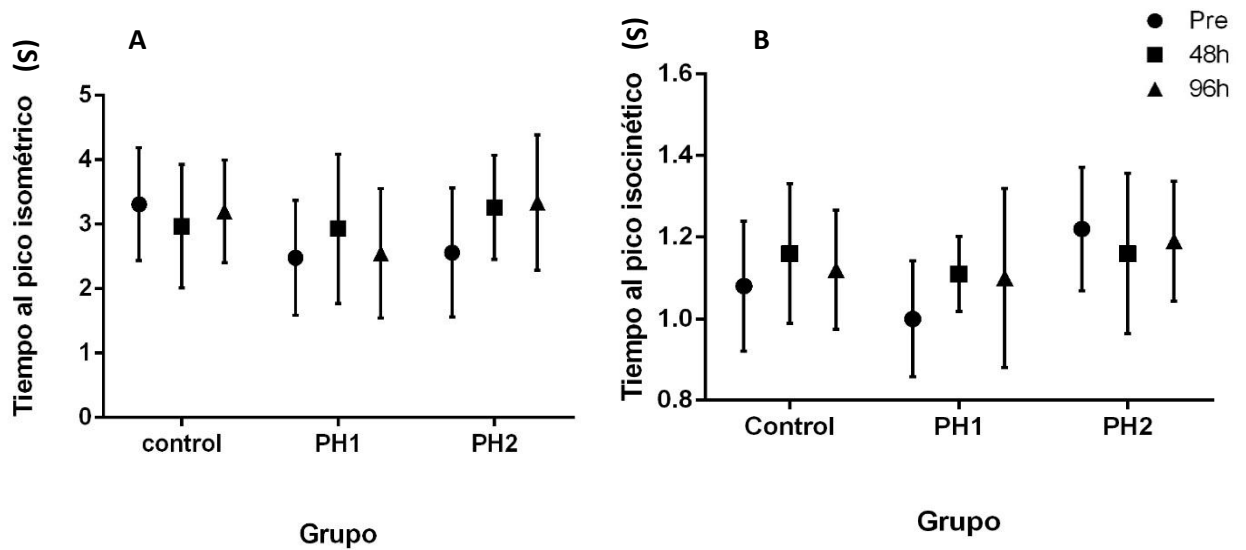


Figura 6. Promedios y desviación estándar del tiempo al pico (s) registrados en test isométrico e isocinético antes, 48 y 96 horas después de la sesión de ejercicio excéntrico, en los tres grupos experimentales. PH1: grupo con una aplicación diaria de paquete de hielo; PH2: grupo con dos aplicaciones diarias de paquete de hielo.

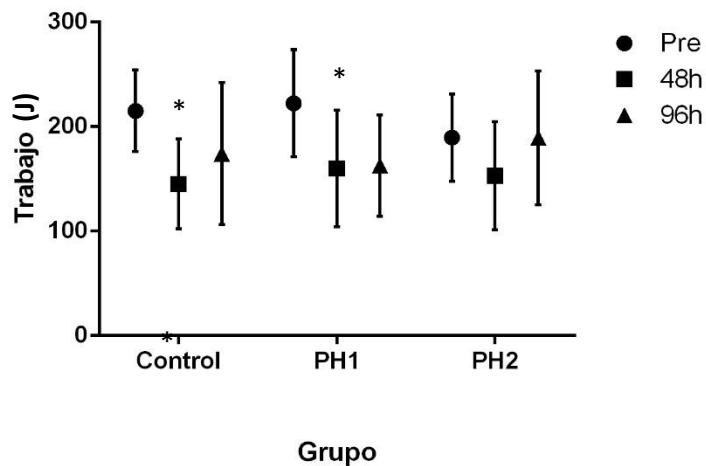


Figura 7. Promedios y desviación estándar del Trabajo (J) registrados en test isocinético antes, 48 y 96 horas después de la sesión de ejercicio excéntrico, en los tres grupos experimentales. PH1: grupo con una aplicación diaria de paquete de hielo; PH2: grupo con dos aplicaciones diarias de paquete de hielo.

En la tabla 4 se presentan los resultados de las mediciones repetidas del DMAT (evaluado en las dos condiciones) y las diferencias entre cada momento de medición, con respecto a la medición basal. El ANOVA mostró diferencia

significativa entre las tres mediciones obtenidas en cada grupo ($p \leq 0,01$). La comparación entre la medición basal (pre) y los dos momentos de evaluación mostró diferencias para todos los grupos, excepto para los grupos control y PH2, entre el tiempo pre y 96h para el caso del $DMAT_1$ ($p=0,08$ y $0,23$, respectivamente).

Tabla 4. Resultados de la medición del DMAT y comparaciones para cada grupo experimental.

Grupo de evaluación	Momento de evaluación	$DMAT_1$	p	Log $DMAT_2$	p
Control	Pre	14,88±10,28	0,00	0,86±1,33	0,01
	48h	48,50±18,51		2,64±1,53	
	96h	30,87±28,64		2,30±1,52	
	Diferencia 48h -Pre	33,62±14,54	0,00	1,78±2,09	0,02
	Diferencia 96h - Pre	25,98±25,95	0,08	1,44±1,60	0,02
PH1	Pre	11,12±10,39	0,00	1,06±1,41	0,00
	48h	35,97±16,58		2,99±0,68	
	96h	39,45±28,45		2,57±1,51	
	Diferencia 48h -Pre	24,85±9,12	0,00	1,93±1,38	0,002
	Diferencia 96h - Pre	28,63±23,11	0,00	1,52±1,46	0,009
PH2	Pre	11,83±10,15	0,01	0,94±0,89	0,00
	48h	29,69±18,69		2,99±0,98	
	96h	17,50±9,19		2,54±0,69	
	Diferencia 48h -Pre	17,86±16,97	0,01	2,05±0,99	0,000
	Diferencia 96h - Pre	5,10±11,84	0,23	1,36±0,83	0,001

PH1 (una aplicación diaria de paquete de hielo), PH2 (dos aplicaciones diarias de paquete de hielo), $DMAT_1$ (en test isométrico e isocinético concéntrico), $DMAT_2$ (dolor percibido al sentarse desde la posición bípeda). Las comparaciones entre los tres tiempos fueron realizadas mediante ANOVA de medidas repetidas y entre el tiempo 48 h y 96 h con respecto al tiempo pre, mediante prueba t pareada.

En el ANCOVA se observó que el grupo PH2, comparado con el grupo control, presentó menor intensidad de $DMAT_1$ a las 48 horas (ajustando por la medición basal). El grupo PH1 no presentó esa diferencia (tabla 5). A las 96 horas no hubo diferencias entre los grupos (tabla 6).

Tabla 5. Análisis de covarianza de las variables dinamométricas y DMAT a las 48h, ajustadas por la primera medición, el nivel de actividad física y el pliegue cutáneo.

Variable	PH1			PH2		
	Coeficiente (β)	IC 95%	p	Coeficiente (β)	IC 95%	p
Test isométrico (60° flexión de rodilla)						
Torque máximo (Nm)	15,91	-29,64; 61,46	0,48	13,07	-30,78; 56,92	0,54
Tiempo al pico (s)	0,36	-0,73; 1,45	0,50	0,38	-0,64; 1,40	0,45
Test isocinético concéntrico (60°/s)						
Torque máximo (Nm)	-11,80	-64,32; 40,71	0,65	2,84	-46,06 ; 51,75	0,91
Tiempo al pico (s)	-0,02	-0,19 ; 0,15	0,78	-0,03	-0,19 ; 0,13	0,72
Trabajo	-4,07	-58,09; 49,95	0,88	10,35	-38,46; 59,16	0,66
Dolor						
DMAT ₁	0,60	-13,20; 14,40	0,93	-14,88	-26,95; -2,81	0,02
Log DMAT ₂	0,74	-0,42 ; 1,91	0,19	0,31	-0,72 ; 1,35	0,54

PH1 (una aplicación diaria de paquete de hielo), PH2 (dos aplicaciones diarias de paquete de hielo), DMAT₁ (en contracciones isométricas e isocinéticas concéntricas), DMAT₂ (después de realizar una actividad funcional, adoptando el sedente desde la posición bípeda). El grupo control fue el de referencia.

Tabla 6. Análisis de covarianza de las variables dinamométricas y DMAT a las 96h ajustando por la primera medición, el nivel de actividad física y el pliegue cutáneo.

Variable	PH1			PH2		
	Coeficiente (β)	IC 95%	p	Coeficiente (β)	IC 95%	P
Test isométrico (flexión de rodilla a 60°)						
Torque máximo	-17,83	-53,91; 18,25	0,32	6,38	-28,30; 41,07	0,70
Tiempo al pico	-0,08	-0,92; 0,74	0,82	0,34	-0,46; 1,14	0,39
Test isocinético (60°/s)						
Torque máximo	-18,97	-58,43; 20,49	0,33	10,22	-26,63; 47,06	0,58
Tiempo al pico	-0,03	-0,19; 0,14	0,74	0,08	-0,08; 0,23	0,32
Trabajo	-17,98	-61,42; 25,47	0,40	9,38	-30,39; 49,15	0,63
Dolor						
DMAT ₁	17,16	-3,17; 37,49	0,09	4,53	-15,87; 24,94	0,65
Log DMAT ₂	0,17	-0,94; 1,29	0,75	-0,15	-1,14; 0,84	0,75

El grupo de comparación fue el control. PH1 (una aplicación diaria de paquete de hielo), PH2 (dos aplicaciones diarias de paquete de hielo), DMAT₁ (en contracciones isométricas e isocinéticas concéntricas), DMAT₂ (después de realizar una actividad funcional, adoptando el sedente desde la posición bípeda)

La actividad sérica de CK aumentó significativamente 48 horas post SEE en los tres grupos, tabla 7; sin embargo, la medición 96 horas post SEE solo tuvo diferencia para los grupos control y PH1.

Tabla 7. Datos obtenidos en la prueba de CK en los tres grupos experimentales.

Grupo de evaluación	Momento de evaluación			p pre vs 48h	p pre vs 96h
	pre	48h	96h		
Control	155,5 (128-234)	329,5 (214-427)	520,5 (384-1468)	0,005	0,006
PH1	137,5 (120-270)	438,5 (178-597)	343 (230-2650)	0,007	0,05
PH2	148,5 (100- 274)	222 (192- 281)	161 (107-708)	0,05	0,34

PH1: grupo con una aplicación diaria de paquete de hielo, PH2: grupo con dos aplicaciones diarias de paquete de hielo. Los datos corresponden a medianas y rangos inter cuartílicos. Las comparaciones fueron realizadas con respecto a la medición basal, mediante Prueba de rangos de Wilcoxon.

6. DISCUSIÓN

6.1 Características de los participantes incluidos en el estudio.

Este trabajo se realizó en el laboratorio de dinamometría e intervención de la escuela de Fisioterapia; la temperatura ambiental se mantuvo en un promedio de $24,75 \pm 0,65^{\circ}\text{C}$. En el estudio participaron 30 hombres sanos, edad entre 18 a 25 años, IMC de $22,8 \text{ Kg/m}^2$, pliegue cutáneo de $13,8 \pm 3,91 \text{ mm}$, nivel de actividad física moderada (600 a 1500 METS*día/semana) y no entrenados en ejercicio excéntrico. La temperatura basal de la piel de los participantes fue de $31,34 \pm 1,61^{\circ}\text{C}$. Todos los participantes recibieron indicaciones de no consumir bebidas energéticas y evitar la actividad física vigorosa antes de la SEE y la intervención²⁵⁹; la SEE fue realizada en horas de la mañana, mínimo una hora después de consumir el desayuno.

El género masculino fue seleccionado como criterio de inclusión para controlar efectos hormonales que pudieran afectar las manifestaciones del daño muscular inducido por el EE y los efectos del enfriamiento. El análisis de la información se ajustó por las variables de actividad física y pliegue cutáneo.

6.2 Efectos de la sesión de ejercicio excéntrico sobre el desempeño muscular, DMAT y CK.

Existen varios protocolos de EE para inducir respuestas fisiológicas similares a las generadas por una lesión muscular^{260,261,262,263,264,265,266}. El protocolo empleado en

²⁵⁹ HERRERA Op, cit., p 233-40

²⁶⁰ JENKINS Op, cit., p 161-166

²⁶¹ GLEESON Op., cit. p 119-25

²⁶² DITROLO Op., cit p 1111-1118

²⁶³ MARGINSON Op., cit.p 1174-81

²⁶⁴ BYRNE C, Eston R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. En: J Sports Sci. mayo 2010. Vol.20. p.37-41

²⁶⁵ ARMSTRONG R, Ogilvie R y Ogilvie W. Eccentric exercise-induced to rat skeletal muscle. En: The American physiological society. abril 1984. p 80-93

²⁶⁶ DAVIES R, Rowlands A, Poole D, Jones A, Eston R. Eccentric exercise-induced muscle damage dissociates the lactate and gas exchange thresholds. En: J Sports Sci. Enero 2011. Vol 29(2). P.181-9

este trabajo²⁶⁷ consiguió afectar las variables de desempeño muscular, DMAT y nivel de actividad de CK en sangre.

El daño muscular es verificable a través de la alteración del desempeño muscular, evaluado en la presente investigación mediante las variables de dinamometría. El grupo control presentó, 48 horas post SEE, disminución del torque máximo isométrico (22,87%), torque máximo isocinético (32,53%) y trabajo (31,98%), como se muestra en las figuras 5 y 7. Estos resultados concuerdan con los de Starbuck et al²⁶⁸, Byrne et al²⁶⁹ y Skurvydas et al²⁷⁰, quienes reportaron, 48 horas post SEE, una disminución superior al 25% en el torque máximo isométrico e isocinético. Así mismo, Molina et al²⁷¹ encontraron una disminución del 20% en trabajo, para el mismo periodo de seguimiento.

La alteración de las variables dinamométricas por un protocolo de lesión experimental es atribuible al déficit en la función de algunas unidades motoras, que a su vez podría deberse a una inhibición de la activación de las fibras nerviosas, alteración de la transmisión en la placa neuromuscular, trastorno del acople excitación contracción o a un daño mecánico de la fibra muscular^{272,273,274,275,276}. Este último ha sido explicado mediante varias teorías que incluyen: el estallido de la sarcómera, disrupción de la línea Z y desorganización proteínica, todo lo cual acaba afectando el acople excitación contracción. Felici et al²⁷⁷ evaluaron la señal EMG en seis participantes sedentarios; los resultados

²⁶⁷ DELGADO Op., cit p 2233-41

²⁶⁸ STARBUCK C, Eston R, Kraemer W. Exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect: Evidence for cross transfer. *Eur J Appl Physiol*. Marzo 2012. Vol. 112(3). P. 1005–13

²⁶⁹ BYRNE Op, cit., p 134-40

²⁷⁰ SKURVYDAS A, et al. The effect of sports specialization on musculus quadriceps function after exercise-induced muscle damage. *Appl Physiol Nutr Metab*. Diciembre 2011. vol 36(6). P.873–80

²⁷¹ MOLINA Op. Cit., p 179-84

²⁷² PADDON-JONES Op, cit., 35-43

²⁷³ SKURVYDAS Op., cit. p 873-80

²⁷⁴ ASSUMÇÃO C, Coelho L, Lima R, Dias FB, Greco CC, Denadai BS. Exercise-Induced Muscle Damage and Running Economy in Humans. *En: The scientific World Journal*. febrero 2013. p. 1-11

²⁷⁵ TAYLOR P, Ball N, Scurr JC. Efficacy of current and novel electromyographic normalization methods for lower limb high-speed muscle actions methods for lower limb high-speed muscle actions. *En: European Journal of Sport Science*. Agosto 2011. Vol 11, P. 37–41

²⁷⁶ ALLEN D. Eccentric muscle damage: Mechanisms of early reduction of force. *En: Acta Physiol Scand*. Marzo 2001. Vol 171(3). P 311–9

²⁷⁷ FELICI Op., cit. p 193-202

mostraron un descenso de la frecuencia mediana evaluada durante una contracción voluntaria máxima, lo que indica menor activación de potenciales de acción y por ende menor activación de fibras musculares después de una SEE en bíceps

También se han postulado cambios metabólicos derivados del proceso inflamatorio para explicar la alteración del desempeño muscular²⁷⁸²⁷⁹²⁸⁰. Kraemer et al²⁸¹ desarrollaron un estudio evaluando el efecto de un protocolo de ejercicio (concéntrico vs excéntrico) sobre los efectos metabólicos; los resultados mostraron que la hormona de crecimiento y la testosterona aumentaron significativamente en ambas condiciones. Los autores sugieren que una elevación transitoria de GH produce una interacción con los receptores de las células musculares generando reparación e hipertrofia.

El daño muscular generado por el protocolo de EE utilizado en la presente investigación también fue verificado por la presencia de DMAT, el cual aumentó significativamente 48 horas post SEE, sin que a las 96 horas hubiese retornado a los valores iniciales (tabla 4). Smith et al²⁸², también determinaron un efecto del EE sobre el DMAT medido en tres momentos ($p=0,0001$), con inicio a las 24 horas post SEE ($4,15\pm0,24$), pico a las 48 horas ($4,7\pm0,24$) y disminución progresiva hasta las 96 horas ($1,8\pm0,24$). Así mismo, Twist et al²⁸³ encontraron diferencias significativas ($p=0,01$) a las 24 horas, con un pico a las 48 horas posteriores a un protocolo de ejercicios que involucraban salto y carrera cuesta abajo.

El DMAT ha sido explicado por varios mecanismos relacionados con inflamación, daño muscular, espasmo muscular, daño del tejido conectivo, secreción de

²⁷⁸ KRAEMER Op., cit. p 551-7

²⁷⁹ ASSUMÇÃO Op., cit p 1-11

²⁸⁰ ALLEN Op., cit 311-9

²⁸¹ KRAEMER Op., cit. p 551-7

²⁸² HOUMARD J, Frazert D, Nsient E, Edd R. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. En: Br J Sports Med diciembre 1994. Vol 28(4). p 267-71

²⁸³ TWIST C, Eston R. The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. En: Eur J Appl Physiol. Agosto 2005. Vol 94(5-6). P 652-8.

sustancias metabólicas, entre otras^{284,285,286,287,288,289}; sin embargo trabajos más recientes^{290,291,292} afirman la interacción de varias de esas causas. Así mismo, se ha descrito una posible influencia del DMAT sobre la disminución de las variables dinamométricas antes mencionadas²⁹³.

Otra manifestación del daño causado por el protocolo de EE utilizado en el estudio actual fue el aumento del nivel de actividad de CK en sangre, 48 horas post SEE, el cual continuó aumentando 96 horas después (tabla 7). La CK es un marcador confirmatorio de lesión del tejido muscular después de la SEE. Los actuales resultados concuerdan con estudios previos^{294,295,296,297,298}, que reportan aumento en los niveles de actividad de CK por encima de 100U/L después de una SEE en personas no entrenadas, niveles que permanecen elevados una semana después de la SEE.

6.3 Efectos del PH sobre el desempeño muscular, el DMAT y la CK post SEE.

La crioterapia es el tratamiento más empleado en la clínica y en el área deportiva para tratar lesiones músculo esqueléticas, debido al bajo costo, fácil uso y acceso²⁹⁹³⁰⁰³⁰¹; sin embargo, pocos estudios han comparado diferentes dosis de

²⁸⁴ CONNOLLY Op., cit 197-208

²⁸⁵ DROBNIC Op., cit 3-10

²⁸⁶ CLARKSON P, Byrnes W, McCormick K, Turcotte L. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. En: Int J Sports Med. Enero 1986. Vol 7 p:152-5

²⁸⁷ SNYDER J, Ambegaonkar J, Winchester J. Cryotherapy for Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness. En: Int J Athl Ther Train. Julio 2011. Vol 16(4) p:28-32

²⁸⁸ ARMSTRONG R, Op, cit p 184-207

²⁸⁹ VEQAR Z. Causes and Management of Delayed Onset Muscle Soreness : A Review . En: Hum Physio. Febrero 2013. Vol 55. P 13205-11

²⁹⁰ LEWIS Op., cit p 255-62

²⁹¹ ALLEN Op., Cit p 311-9

²⁹² SEMMLER JG. Motor unit activity after eccentric exercise and muscle damage in humans. En: Acta Physiol. Abril 2014. Vol 210(4) p:754-67.

²⁹³ VEGAR Op.,cit p 13205-11

²⁹⁴ LAVENDER Op., cit p 124-31

²⁹⁵ DAVIES Op., cit p 181-9

²⁹⁶ CLARKSON Op., cit. p 152-5

²⁹⁷ Zhou Y, Li Y, Wang R. Evaluation of exercise-induced muscle damage by surface electromyography. En: J Electromyogr Kinesiol. Abril 2011. Vol 21(2). p:356-62

²⁹⁸ SKURVYDAS A, Sipaviciene S, Krutulyte G, Gailiuniene A, Stasiulis A, Mamkus G, et al. Dynamics of indirect symptoms of skeletal muscle damage after stretch-shortening exercise. En: J Electromyogr Kinesiol. Diciembre 2006. Vol 16(6) p:629-36.

²⁹⁹ KNIGHT. Op. Cit.,

aplicación como criterio de prescripción y los resultados son controversiales³⁰²³⁰³³⁰⁴³⁰⁵³⁰⁶. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de una aplicación diaria vs dos aplicaciones diarias de PH sobre las manifestaciones del daño muscular producidas por una SEE; teniendo como hipótesis que dos dosis de aplicación diaria de PH, comparadas con una aplicación diaria o la no aplicación de crioterapia, atenuarían la magnitud del daño muscular causado experimentalmente.

El ANOVA de medidas repetidas realizado en la presente investigación mostró diferencias entre el torque máximo isocinético basal y el registrado a las 48 horas post SEE, tanto para el grupo control como para el grupo PH1. Por otro lado, no hubo diferencias en ninguna de las variables de dinamometría registradas en el grupo PH2 en esos dos momentos (figura 5). Este resultado podría apoyar un efecto atenuante de daño muscular, mediado por dos aplicaciones de PH. Sin embargo, el ANCOVA comparando los grupos intervenidos con el grupo control, 48 y 96 horas post SEE, no logró mostrar diferencias ($p>0,05$), tablas 5 y 6, probablemente porque el tamaño de la muestra fue insuficiente. Es importante aclarar que el tamaño se calculó considerando la variable de DMAT (tabla 1).

Glasgow et al³⁰⁷, evaluaron los efectos de la IAH a 6°C y 10°C (diez minutos), aplicada cada 24 horas durante 3 días, sobre las variables de dinamometría registradas inmediatamente, 24, 48 y 72 horas post protocolo de EE (salto vertical). Estos autores no encontraron diferencias entre las variables de torque máximo isocinético concéntrico obtenidas en los grupos intervenidos (IAH), comparados con el grupo control³⁰⁸, confirmando que una aplicación diaria de

³⁰⁰ SANDOVAL. Op. Cit, p 119-129

³⁰¹ SANDOVAL. Op. Cit, p 62-73

³⁰² HOWATSON. Op. Cit, p 416-22

³⁰³ HOWATSON. Op., cit p 615-21

³⁰⁴ GOODALL. Op., cit p 235-41

³⁰⁵ CRYSTAL. Op., cit. p 2577-86

³⁰⁶ SELLWOOD. Op., cit. p 392-7

³⁰⁷ GLASGOW. Op., cit p 228-33

³⁰⁸ Ibid.,

crioterapia no es suficiente para atenuar la disminución de las variables dinamométricas.

Eston & Peters³⁰⁹ evaluaron el efecto de la IAH aplicada cada 12 horas por 3 días en el miembro superior de 15 mujeres, después de un protocolo de ejercicio de 8 series de 5 repeticiones excéntricas de flexores de codo a 60°/s; los resultados mostraron una atenuación de la pérdida de la fuerza para los flexores de codo. Por el contrario, Oakley et al³¹⁰, no encontraron diferencias en la fuerza máxima isométrica entre el grupo intervenido y el grupo control después de aplicar PH tres veces al día, por tres días consecutivos, en 20 participantes jóvenes después de una sesión de 5 series de 10 contracciones excéntricas de isquiotibiales. Es importante aclarar, que la primera aplicación del día se realizaba bajo vigilancia del investigador en el laboratorio y las dos aplicaciones siguientes las realizaba el participante en su casa, sin control por parte del profesional, lo cual no permitió garantizar la adhesión rigurosa al protocolo de enfriamiento.

En el presente trabajo, el DMAT (en las dos condiciones evaluadas) presentó un aumento significativo ($p < 0,01$) en todos los participantes, con una intensidad pico 48 horas post SEE. Sin embargo, al comparar el DMAT (evaluado en el cambio de posición, 48 horas post SEE), se encontró diferencia entre el grupo control y el PH2 ($p = 0,02$, ANCOVA); entre tanto, no hubo diferencia entre dicho grupo y el PH1 ($p = 0,19$), tabla 5. Estos resultados sugieren que una aplicación diaria de crioterapia no es suficiente para atenuar esta manifestación de daño muscular, efecto que sí se logró atenuar con las dos aplicaciones diarias.

Algunos estudios han analizado el efecto de una dosis de crioterapia sobre el DMAT posterior a un protocolo de EE, sin encontrar efectos moduladores del dolor mediados por el enfriamiento. Crystal et al³¹¹, compararon el efecto de IAH a 7°C

³⁰⁹ ESTON R, Peters D, Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise- induced muscle damage. En: J Sports Sci. marzo 1999. vol 17(3). p: 231-238

³¹⁰ OAKLEY. Op., cit, p 2743-2751

³¹¹ CRYSTAL. Op., cit. p 2577-86

en el miembro inferior de jóvenes saludables, sometidos previamente a una carrera cuesta abajo; los resultados no mostraron diferencias significativas entre el grupo intervenido y el grupo control ($p>0,05$). Isabell et al³¹², analizaron la aplicación de criomasaaje (una vez al día por 5 días en miembros superiores) en 22 participantes sometidos previamente a 30 repeticiones de levantamiento de pesas (90% de la resistencia máxima); todos los participantes aumentaron la intensidad de DMAT, indicando que una sola aplicación diaria de crioterapia, no fue suficiente para atenuar el DMAT posterior al protocolo lesivo.

Nuestros resultados apoyan el efecto hipoalgésico de la crioterapia cuando es utilizada en dosis repetidas diariamente. De manera similar, Ockley et al³¹³ compararon el efecto de PH aplicado sobre el muslo cuatro veces al día, por tres días consecutivos, reportando diferencias significativas a las 48 horas post SEE ($p=0,009$) entre el grupo control y el intervenido. Los protocolos de lesión experimental utilizados en el presente estudio y el de Ockley et al³¹⁴, indujeron manifestaciones similares a las lesiones tipo desgarro muscular, contusión o laceración y por consiguiente, se recomienda aplicar crioterapia en dosis repetidas para el alivio del dolor, en las situaciones clínicas mencionadas.

Se han propuesto diversas teorías y mecanismos para explicar el efecto hipoalgésico de la crioterapia, como por ejemplo la teoría de la compuerta de dolor, la teoría contrairritante a través de controles inhibitorios nocivos³¹⁵ y la disminución de la velocidad de conducción nerviosa. Herrera et al³¹⁶ compararon el efecto de tres modalidades de crioterapia, aplicadas sobre la pantorrilla en jóvenes saludables, sobre la velocidad de conducción de los nervios sural y tibial, encontrando disminución de la amplitud y aumento de la latencia y duración del potencial de acción compuesto. Los autores propusieron que el bloqueo parcial de

³¹² ISABELL WK, Durrant E, Myrer W, Anderson S. The Effects of Ice Massage , Ice Massage with Exercise and Exercise on the Prevention and Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness. En: Journal of athletic training 1992. Vol 27(3). P 208-17

³¹³ OAKLEY. Op., cit, p 2743-2751

³¹⁴ Ibid.,

³¹⁵ ALGAFLY. Op., cit, p 365-9

³¹⁶ HERRERA. OP., cit, p 581-91

la conducción sensorial es una explicación del efecto hipoalgésico de la crioterapia^{317,318}.

El nivel de actividad de CK en sangre aumentó significativamente 48 horas post-SEE en los tres grupos de evaluación ($p \leq 0,05$; tabla 7), confirmando el daño muscular inducido por el protocolo experimental aquí utilizado. Sin embargo, el grupo que recibió dos aplicaciones diarias de PH fue el único que no mostró diferencia entre el valor basal y el de 96 horas post SEE (tabla 7), resultado que está a favor del efecto atenuante de la crioterapia sobre el daño muscular experimental. Resultados similares fueron reportados por Skurvydas et al³¹⁹, quienes evaluaron la aplicación de IAH en una sola ocasión a 15°C en el miembro inferior de 20 hombres no entrenados después de un protocolo de salto vertical; los resultados reportaron que el grupo intervenido con crioterapia presentó niveles de actividad de CK más bajos a las 24 y 48 horas posteriores a la SEE, en comparación con el grupo control.

La atenuación de la actividad enzimática presentada en el grupo PH2 podría ser explicada por la vasoconstricción de los capilares generada por la crioterapia, reduciendo la permeabilidad de la enzima al torrente sanguíneo^{320,321}. Khoshnevis et al³²², compararon tres modalidades de crioterapia en la disminución de la perfusión sanguínea medida con doppler; los resultados mostraron que aunque la vasoconstricción presentada no fue significativa, la disminución en la perfusión sí lo fue ($p < 0,05$), además, ésta se mantuvo cinco minutos después de retirar la modalidad.

³¹⁷ Ibid.,

³¹⁸ ANAYA. Op., cit. p 212-9

³¹⁹ SKURVYDAS. Op., cit 629-36

³²⁰ ESTON. Op., cit p 231-8

³²¹ KĘPIŃSKA M, Bednarek J, Szyguła Z, Teległów A, Dabrowski Z. a Comparison of the Efficiency of Three Different Cryotherapy Treatments Used in the Athletic Recovery of Sportspeople – Literature Review. En: Med Sport. septiembre 2013. Vol 17(3). p:142–6

³²² KHOSHNEVIS S, Craik NK, Diller KR. Cold-induced vasoconstriction may persist long after cooling ends: an evaluation of multiple cryotherapy units. En: Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Septiembre 2015. Vol 23(9). P. 2475–83

Otro trabajo realizado por Knobloch et al³²³, donde emplearon crio/cuff por 30 minutos para inducir el enfriamiento de la pierna en 22 participantes voluntarios, encontraron una disminución de microcirculación a 2mm de profundidad de -57% y a 8mm de profundidad de -47%, apoyando la teoría de la disminución de la permeabilidad a partir de la vasoconstricción; sin embargo, la atenuación en la actividad de CK se observó en el grupo de dos intervenciones diarias, lo que sugiere un efecto acumulativo de la crioterapia en el tejido subcutáneo, disminuyendo la extravasación de CK a sangre.

6.4 Control de sesgos

Selección:

Fue minimizado por la asignación aleatoria a los grupos experimentales. Se controló la pérdida de participantes, haciendo más atractiva la participación en el estudio mediante la evaluación del desempeño muscular y la entrega de una guía de ejercicios para mejorar resistencia y fuerza muscular (baja intensidad con varias repeticiones para mejorar la resistencia o de alta intensidad y pocas repeticiones para mejorar la fuerza muscular).

Clasificación:

Se controló utilizando instrumentos para la medición de las variables de salida con adecuadas propiedades psicométricas. Adicionalmente se realizó una prueba piloto para determinar las propiedades psicométricas de los protocolos de evaluación (nivel de acuerdo y reproducibilidad intraevaluador) y estandarizar los procedimientos (anexo 5).

Confusión:

³²³ KNOBLOCH K, et al. Microcirculation of the ankle after Cryo/Cuff application in healthy volunteers. En: Int J Sports Med. Marzo 2006. Vol 27(3) p:250–5

La muestra estuvo conformada por hombres. La literatura científica refiere cambios en relación con la respuesta y la magnitud de las perturbaciones fisiológicas del ejercicio excéntrico en mujeres, probablemente por efecto hormonal^{324,325}. El uso de analgésicos o antiinflamatorios fue uno de los criterios de exclusión, dado que estos medicamentos podrían atenuar o enmascarar las respuestas fisiológicas del ejercicio, alterando los resultados.

6.5 Limitaciones del estudio

- El tamaño de la muestra fue insuficiente para demostrar el efecto de dos dosis de PH sobre las variables dinamométricas después de un protocolo de lesión.

6.6 Fortalezas del estudio

- Enmascaramiento de la evaluadora: la evaluación de las variables dinamométricas y de DMAT, se realizaron antes de la aplicación de PH, con el fin de evitar que la aparición del eritema y la disminución de la temperatura generado por la aplicación de frío, pudieran orientar la identificación de los participantes en los grupos de intervención. Además, la aplicación del PH fue ejecutada en otro laboratorio por una fisioterapeuta entrenada, quien realizó la aleatorización del tratamiento.
- Aplicación supervisada de todas las dosis de crioterapia. El enfriamiento fue aplicado en el laboratorio por la misma profesional, con adhesión rigurosa al protocolo de enfriamiento.

³²⁴ HARDY JD, Du Bois EF. Differences Between Men and Women in Their Response To Heat and Cold. En: J Jour Gen Physiol. Junio 1937. Vol 23(22) p:227–696

³²⁵ RINARD J, Clarkson PM, Smith LL, Grossman M. Response of males and females to high-force eccentric exercise. En: J Sports Sci. 2000. Vol 18(4) p:229–36

- Evaluación del torque máximo en el dinamómetro isocinético: las evaluaciones de las variables dinamométricas fueron obtenidas por un equipo considerado *Gold estándar* para la medición de estas variables.

7. CONCLUSIONES

La aplicación de dos dosis diarias de PH (20 minutos), durante 4 días consecutivos a una lesión experimental (SEE), en comparación con una aplicación diaria o la no aplicación de crioterapia, atenúa los signos y síntomas de daño muscular, relacionadas con el DMAT y el nivel de actividad de CK en sangre.

Se recomienda al personal asistencial en rehabilitación clínica y deportiva aplicar dosis repetidas de crioterapia, al menos dos dosis diarias de PH para el manejo de desgarros, laceraciones o contusiones, siguiendo un protocolo similar al utilizado en la presente investigación.

8. RECOMENDACIONES

La lesión muscular fue inducida por medio de un protocolo de ejercicio excéntrico, el cual generó síntomas comparables a los de lesiones musculares tales como en desgarros, contusiones y laceraciones; sin embargo, se recomienda analizar el efecto de diferentes dosis de crioterapia mediante ensayos clínicos controlados que consideren lesiones clínicas como las mencionadas.

Para próximos trabajos se sugiere un tamaño de muestra mayor, que permita discriminar el efecto de la crioterapia sobre las variables dinamométricas; además, la inclusión de variables de EMG para evaluar objetivamente el reclutamiento de

BIBLIOGRAFIA

ALEMANY J, et al. Comparison of Acute Responses to Isotonic or Isokinetic Eccentric Muscle Action : Differential Outcomes in Skeletal Muscle Damage and Implications for Rehabilitation. En: Int J Sports Med. 2012; 35, no 1: 1-7

ALGAFLY A, George K. The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. En: bjsportmed. agosto 2007. Vol 41. p 365–369

ALLEN D. Eccentric muscle damage: Mechanisms of early reduction of force. En: Acta Physiol Scand. Marzo 2001. Vol 171(3). P 311–9

ANAYA L, et al. effects of ice massage on pressure pain thresholds and electromyography activity postexercise: a randomized controlled crossover study. En: J. manipulative physiol ther. diciembre 2010. Vol 33. p 212-219

ARMSTRONG R, Ogilvie R y Ogilvie W. Eccentric exercise-induced to rat skeletal muscle. En: The American physiological society. abril1984. p 80–93

ARMSTRONG R, Warren G, Warren J. Mechanisms od exercise-induced muscle fibre injury. En: Sport Med. Septiembre 1991. Vol 12(3). P 184–207.

ARAZI H y Asadi A. One repetition maximum test increases serum indices of muscle damage and soreness in trained and untrained males. En: Apunt Med l'Esport. Septiembre 2013. Vol 48. No 178. p 49–54.

ASCENSÃO A, et al. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. En:J Sports Sc. Diciembre 2011. vol 29. no 3. p 217-225

ASSUMÇÃO C, Coelho L, Lima R, Dias FB, Greco CC, Denadai BS. Exercise-Induced Muscle Damage and Running Economy in Humans. The scientific World Journal. febrero 2013. p. 1-11

BARCELONA FC. Guía de Práctica Clínica de las lesiones. 2009. p.179–203

BLEAKLEY C, Glasgow P y Webb MJ. Cooling an acute muscle injury: can basic scientific theory translate into the clinical setting? En: Br J Sports Med. Abril 2012 .vol 46.no 4. p:296-298.

BRANCACCIO P, Lippi G y Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. En: Clin Chem Lab Med. Marzo 2010. Vol 48. No 6. p 757–67

BURT D, et al. Effects of muscle-damaging exercise on physiological, metabolic, and perceptual responses during two modes of endurance exercise. En: J Exerc Sci Fit. Diciembre 2012.vol10. no 2 p.70–77.

BAILEY D, et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. En: J Sports Sci. septiembre 2007. vol 25. no 11. p 1163–70

BANFI G, et al. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. En: J Therm Biol. Octubre 2009. Vol 34. No 2. p 55–9

BARROSO R, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. En: R bras ciência e mov 2005. Vol. 13. No 2. p. 111–21

BYRNE C, Eston R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. En: J Sports Sci. mayo 2010. Vol.20. p.37–41

BYRNE C, Eston R, Edwards R. Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. En: Scand J Med Sci Sports. Agosto 2001. Vol 11. No 3. p 134–40

CAMERON M. Physical agents in rehabilitation: from research to practice. 2 ed. USA: Saunders; 2003.

Centro de prensa, obesidad y sobre peso. Organización mundial de la salud.[internet][acceso 12 de febrero de 2015] Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>

CHEN Y, Hubal M, Hoffman E, Thompson P, Clarkson P. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: J Appl Physiol. 2003. Vol 95. p 2485–94

CHESTERTON L, Foster N y Ross L. Skin temperature response to cryotherapy. En: Arch Phys Med Rehabil. Abril 2002. Vol 83. No 4. p 543–9

CLARKSON P, Ebbeling C. Investigation of serum creatine kinase variability after muscle-damaging exercise. En: Clin sci 1988. Vol 75(3). P.257–61

CLARKSON P, Hubal M. Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage? En: Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2001, vol 4. No 6. P 527–31

CLARKSON P, Byrnes W, McCormick K, Turcotte L. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. En: Int J Sports Med. Enero 1986. Vol 7 p:152–5

COLSON S, Pousson M, Martin A, Van Hoecke J. Isokinetic elbow flexion and coactivation following eccentric training. En: J Electromyogr Kinesiol. Mayo 1999. Vol 9. No 1. p 13–20

CHEN Y, Hubal M, Hoffman E, Thompson P, Clarkson P. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: J Appl Physiol. 2003. Vol 95. p 2485–94

Computer Sports Medicine (CSMI) HUMAC®/NORM™ Testing & rehabilitation system User's Guide Model 770 /Operation Manual . In: Copyright; United States of America. 2006: 23-25.

CONNOLLY D, Sayers S, Mchugh M. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. EN: J strength cond res 2003 vol.17 p:197–208

CRYSTAL N, et al. Effect of cryotherapy on muscle recovery and inflammation following a bout of damaging exercise. En: Eur J Appl Physiol. Julio 2013. vol 113. no 10. p 2577–86.

Cuestionario internacional de actividad física, versión corta en español [internet] [acceso el 20 de octubre de 2014] disponible en: http://www.uma.es/media/tinyimages/file/cuestionario_de_actividad_fisica.pdf

De ARAUJO J, et al. Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. En: Phys Ther Sport. Abril 2015. Vol 16. No 1. p 59–65

DAVIES R, Rowlands A, Poole D, Jones A, Eston R. Eccentric exercise-induced muscle damage dissociates the lactate and gas exchange thresholds. En: J Sports Sci. Enero 2011. Vol 29. No 2. P.181–9

DELGADO D, et al. Therapeutic ultrasound affects IGF-1 splice variant expression in human skeletal muscle. En: Am J Sports Med. En: octubre 2011. Vol 39. No 10. p 2233–41

DENEGAR C y Perrin D. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. En: Journal of athletic training 1992. vol 27. p 200-206

DITROILO M, De Vito G y Delahunt E. Kinematic and electromyographic analysis of the Nordic Hamstring Exercise. En: J Electromyogr Kinesiol. mayo 2013. vol 23. no 5. p 1111–1118

DROBNIC F, et al. Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomised, placebo-controlled trial. En: J Int Soc Sports Nutr. Junio 2014. Vol 11. No 31. P 1-10

DROUIN J, et al. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. En: Eur J Appl Physiol. Febrero 2004. Vol 91. No 1. p 22–9

ESPINOZA H, Lavado I y Mendez S. Revisión sistemática sobre el efecto analgésico de la crioterapia en el manejo del dolor de origen musculoesquelético. En: Revista de la sociedad española del dolor. 2010. Vol 17. p 242-252

ESTON R, Mickleborough J y Baltzopoulos V. Eccentric activation and muscle damage : biomechanical and physiological considerations during downhill running. En: Br J sp med. Julio 1995. Vol 29. No 2. p 89–94

ESTON R, Peters D, Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. En: J Sports Sci. marzo 1999. vol 17(3). p: 231-238

FELICI F, Colace L y Sbriccoli P. Surface EMG modifications after eccentric exercise. Journal of Electromyography and Kinesiology. 1997. p. 193–202

FEIRING D, Ellenbecker T y Derscheid G. Test-Retest Reliability of the Biodex Isokinetic Dynamometer. En: The journal of orthopaedic and sports physical therapy. Enero 1990. Vol 11. No 7. p 3–6

FONDA B y Sarabon N. Effects of whole-body cryotherapy on recovery after hamstring damaging exercise: a crossover study. En: Scand J Med Sci Sports. Marzo 2013. Vol 23. No 5. p 270–8

FOLEY J, et al. MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. En: J Appl Physiol. Septiembre 1999.vol 87. p 2311–2318

FELICI F, Colace L, Sbriccoli P: Surface EMG modifications after eccentric exercise. En: Journal of Electromyography and Kinesiology. 1997. Vol 7. p. 193–202

FERNANDEZ R, et al. Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. En: Eur J Apply Physiol. 2014 vol 114. P 1075-1084

FRAGA P, et al. Analise Comparativa do Desempho Muscular Isocinetico entre Jogadores de Futebol e Futsal. p 1-12

GIBBONS. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. En: Circulation. Octubre 2002. Vol. 106. No 14. P 1883–92.

GOODALL S y Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. En: Journal of sports science and medicine. junio 2008. vol 7. p 235–41

GLASGOW P, Ferris R y Bleakley C. Cold water immersion in the management of delayed-onset muscle soreness: is dose important? A randomised controlled trial. En: Phys Ther Sport. Enero 2014 vol 15. No 4 p 228–33

GLEESON N, et al. Effects of antecedent flexibility conditioning on neuromuscular and sensorimotor performance during exercise-induced muscle damage. En: J Exerc Sci Fit. Diciembre 2013. Vol 11, no 2. p 107–17

GUILHEM G, Cornu C, Guével a. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. En: Ann Phys Rehabil Med. abril 2010. Vol 53. No 5. p 319–41

HAGSTRÖMER M, Oja P y Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. En: Public Health Nutr. 2007. vol 9. No 06. P 755–62

HARDY JD, Du Bois EF. Differences Between Men and Women in Their Response To Heat and Cold. En: J Jour Gen Physiol. Junio 1937. Vol 23(22) p:227–696

HAUSSWIRTH C, et al. Effects of whole-body cryotherapy vs far-infrared vs passive modalities on recovery from exercise- induced muscle damage in highly-trained runners. En: plos one. Diciembre 2011. Vol 6. No 12. P 1-7

HEDAYATPOUR N y Falla D. Non-uniform muscle adaptations to eccentric exercise and the implications for training and sport. En: J Electromyogr Kinesiol. Noviembre 2012. Vol 22. No 3. p. 329–33

HERRERA E, et al. Reliability of superficial peroneal, sural, and medial plantar nerve. En: J clin neurophysiol 2009. Vol 26(5). p. 372-379.

HERRERA E, et al. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage and cold water immersion. En: Phys Ther. Febrero 2010. Vol 90. No 4. P 581-91

HERRERA, E., et al. Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recovery of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects. En: Brazilian Journal of Physical Therapy, junio 2011. Vol 15. No 3. p 233-240.

HIGBIE E, et al. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength , cross-sectional area , and neural activation strength , cross-sectional area , and neural activation. En: J Appl Physiol. Agosto 1996. Vol 81. p. 2173-2181

HIGHTON J, Twist C y Eston R. The Effects of Exercise-Induced Muscle Damage on Agility and Sprint Running Performance. En: J Exerc Sci Fit. 2009. Vol 7. No 1. p 24–30

HOUMARD J, Frazert D, Nsient E, Edd R. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength , muscle soreness and creatine kinase. En: Br J Sports Med diciembre 1994. Vol 28, no 4. p 267–71

HOWATSON G, Gaze D and Someren V. The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. En: Scand J Med Sci Sports. Septiembre 2005.vol 15. No 6. p.416–22

HOWATSON G, Goodall S y Someren V. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. En: Eur J Appl Physiol. Noviembre 2009. Vol 105. no 4. p:615–21

HUESA F, García J, Vargas J. Dinamometría isocinética. En: Rehabilitación. 2005. Vol 39. No 6. p 288–96

HUNTER A, et al. Assessment of eccentric exercise-induced muscle damage of the elbow flexors by tensiomyography. En: J Electromyogr Kinesiol. Enero 2012. Vol 22. No 3. p 334–41

HUXLEY H. The double array of filaments in cross- striated muscle. En: Jcb. 1957. Vol 3(5). p 571–88.

INGRAM J, et al. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. En: J Sci Med Sport. Diciembre 2009. vol 12. no 3. p 417–21

ISABELL WK, Durrant E, Myrer W, Anderson S. The Effects of Ice Massage , Ice Massage with Exercise and Exercise on the Prevention and Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness. En: Journal of athletic training 1992. Vol 27(3). P 208-17

JAKEMAN J y Eston R. Joint angle-torque characteristics of the knee extensors following eccentric exercise-induced muscle damage in young, active women. En: J Exerc Sci Fit. Junio 2013. Vol 11. No 1. p 50–6

JAMIESON G, Ludbrook J y Wilson a. Cold Hypersensitivity in Raynaud's Phenomenon. Circulation. 1971. Vol 44. No 2. P 254–64

JANWANTANAKUL P. Different rate of cooling time and magnitude of cooling temperature during ice bag treatment with and without damp towel wrap. En: Phys Ther Sport. 2004. Vol 5. No 3. p 156–61

JENKINS N, et al. Effects of anatabine and unilateral maximal eccentric isokinetic muscle actions on serum markers of muscle damage and inflammation. En: Eur J Pharmacol. Febrero 2014. Vol 728. p 161–6

KANNUS P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. En: Int J Sports Med.1994. vol 15. p 11-18.

KATZ B. the relation between force and speed in muscular contraction. En: jphysiol. 1939. Vol 96 p: 45-64

KENNET J, et al. Cooling Efficiency of 4 common Cryotherapeutic Agents. En: Journal of athletic training. Septiembre 2007. Vol 42. No 3. P 343–8

KĘPIŃSKA M, Bednarek J, Szygula Z, Teległów A, Dabrowski Z. a Comparison of the Efficiency of Three Different Cryotherapy Treatments Used in the Athletic Recovery of Sportspeople – Literature Review. En: Med Sport. septiembre 2013. Vol 17(3). p:142–6

KHOSHNEVIS S, Craik NK, Diller KR. Cold-induced vasoconstriction may persist long after cooling ends: an evaluation of multiple cryotherapy units. En: Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Septiembre 2015. Vol 23(9). P: 2475–83

KNIGHT K. cryotherapy in sport injury management. Human kinetics. USA. 1995

KNIGHT C, Kamen G. Adaptations in muscular activation of the knee extensor muscles with strength training in young and older adults. En: journal of electromyography and kinesiology. Julio 2001. Vol 11. P 405-412

KNOBLOCH K, et al. Microcirculation of the ankle after Cryo/Cuff application in healthy volunteers. En: Int J Sports Med. Marzo 2006. Vol 27(3) p:250–5

KOSAR A, Gandow y Putland. Potential Beneficial Effects of whole-body vibration for muscle recovery after exercise. En: J Strength Cond Res. Octubre 2012. Vol 26. No 10. P 2907–11

KRAEMER R y Castracane V. Endocrine alterations from concentric vs. eccentric muscle actions: a brief review. En: Metabolism.2015. vol 64. No 2. p 190–201

LASTAYO P, et al. The Positive Effects of Negative Work: Increased Muscle Strength and Decreased Fall Risk in a Frail Elderly Population. En: Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci. marzo 2003. Vol 58. No 5. p.419-424

LASTAYO P, et al. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. En: J Orthop Sports Phys Ther. Octubre 2003. Vol 33. No 10. p 557–71

LAVENDER A y Nosaka K. Changes in markers of muscle damage of middle-aged and young men following eccentric exercise of the elbow flexors. En: J Sci Med Sport. Noviembre 2008. Vol 11. No 2. p 124–31

LEWIS P, Ruby D, Bush-Joseph C. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. En: Clin Sports Med. 2012. Vol 3. No 2 p 255–62

LIEBER R. Skeletal Muscle Structure, Function and Plasticity. The Physiological basis of Rehabilitation. Lippincott Williams and Wilkins. Segunda edición. USA.

LINNAMO V, Bottas R y Komi P. Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. En: J Electromyogr Kinesiol. Julio 2000. Vol 10. No 5. p 293–300

MACLINTOSH B, Gardiner P. McComas A. Skeletal muscle form and function. En: Human Kinetics. 2da Edición. p 169

MAGANARIS CN. Force-length characteristics of in vivo human skeletal muscle. En: Acta Physiol Scand. 2001, vol 172. No 4. p. 279–85.

MARGINSON V, et al. Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. En: J Appl Physiol. Abril 2005. Vol 99. No 3. p 1174–81

Método UV optimizado para la determinación de creatine kinasa en suero o plasma. Clínica s. Ck-NAC: 9–11. [internet] [acceso 12 de marzo de 2015] disponible en: http://www.wienerlab.com.ar/VademecumDocumentos/Vademecum%20espanol/ck_nac_uv_unitest_aa_sp.pdf

MERRICK M, Jutte L y Smith M. Cold Modalities With Different Thermodynamic properties produce different surface and intramuscular temperatures. En: J. of athletic training. Marzo 2003. Vol 38. No 1. p:28–33.

MOLINA R, Denadai BS. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. En: Clin Physiol Funct Imaging. 2012 vol. 32. No 3. p:179–84.

MORALES M y Carrasco H. Indicencia de lesiones por accidente de trabajo según su localización anatómica y tipo de lesión ocurridos en España (1999-2001). 2004. Vol 7. No 2. p70–75

NELSON N. Delayed onset muscle soreness: Is massage effective? En: J Bodyw Mov Ther. 2013. Vol 17. No 4. p 475–82

OAKLEY E, et al. The effects of multiple daily applications of ice to the hamstrings on biochemical measures, signs, and symptoms associated with exercise-induced muscle damage. En: Journal of strength and conditioning research. octubre 2013. Vol 27. No 10. p 2743-2751

Organización Mundial de la Salud. [Internet] [acceso el 11 de noviembre de 2014]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es>

PADDON-JONES D, Muthalib M, Jenkins D. The Effects of a Repeated Bout of Eccentric Exercise on Indices of Muscle Damage and Delayed Onset Muscle Soreness. En: Journal of science and medicine in sport. 2000. vol 3. p 35–43

PAI M y Carvalho F. Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. En: Revista Brasileira de Zootecnia. 2007. Vol 36. p 21-31

PARR J, et al. Symptomatic and functional responses to concentric-eccentric isokinetic versus eccentric-only isotonic exercise. En: J Athl Train. octubre 2009. Vol 44. No 5. p 462–468

PIITULAINEN H, Holobar a y Avela J. Changes in motor unit characteristics after eccentric elbow flexor exercise. En: Scand J Med Sci Sports. Agosto 2012, vol 22. No 3. p 418–29

PINHO J,et al. Influence of cryotherapy on muscle damage markers in jiu-jitsu fighters after competition: a cross-over study. En: Rev Andaluza Med del Deport. Enero 2014. Vol . no 1. p 7–12

PINCIVERO D, Lephart S, Karunakara R. Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. En: int J. Sports med. 1997. p 113-117

POINTON M, Duffield R y Cannon J. Cold application for neuromuscular recovery following intense lower-body exercise. En: Eur J appl physiol. Marzo 2011. Vol 111. P 2977-2986

POURNOT H, et al. Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. En: PLoS One. Julio 2011. vol 6. no 7. p 1-8

PUNTEL G, et al. Cryotherapy reduces skeletal muscle damage after ischemia/reperfusion in rats. En: J Anat. Febrero 2013. vol 222. no 2. p 223–30

República de Colombia, Ministerio de Salud. Resolución No. 8430 de 1993. Octubre 4 de 1993. Bogotá; 1993.

RICHENDOLLAR M, Darby L and Brown T. Ice bag application, active warm-up, and 3 measures of maximal functional performance. En: J athl train. Diciembre 2006 vol 41. No 4. P 364-370

RINARD J, Clarkson PM, Smith LL, Grossman M. Response of males and females to high-force eccentric exercise. En: J Sports Sci. 2000. Vol 18(4) p:229–36.

SBRICCOLI P y Mazza C. Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG analysis and ultrasonography. En: J of electromyography and kinesiology. Octubre 2001. Vol 11. p 73–83

ROSSATO M, et al. Effects of cryotherapy on muscle damage markers and perception of delayed onset muscle soreness after downhill running: A Pilot study. En: Rev Andaluza Med del Deport. Julio 2015. Vol 8. No 2. p 49–53

SANDOVAL M, Herrera E y Camargo D. Efecto de tres modalidades de crioterapia sobre la temperatura de la piel las fases de enfriamiento y recalentamiento. En: salud UIS. Agosto 2011. vol 43. no 2: p 119-129.

SANDOVAL M, et al. Efectos fisiológicos de la crioterapia. En: Salud UIS. Noviembre 2007. Vol.39. p 62–73.

SELLWOOD K, et al. ice water immersion and delayed-onset muscle soreness, a randomised controlled trial. En: Br J Sports med. Enero 2007. Vol 41. P 392-397

SEMMLER JG. Motor unit activity after eccentric exercise and muscle damage in humans. En: Acta Physiol. Abril 2014. Vol 210. No 4. p:754–67.

SERRAO F, et al. Assessment of the quadriceps femoris muscle in women after injury induced by maximal eccentric isokinetic exercise with low angular speed. journal of sports science and medicine. marzo 2007. vol 6. p 106-116

SIPAVICIENE S, et al. Effects of Estrogen Fluctuation during the Menstrual Cycle on the Response to Stretch-Shortening Exercise in Females. En: BioMed Research International. 2013. p 1-6

SKURVYDAS A, et al. Muscle damaging exercise affects isometric force fluctuation as well as intraindividual variability of cognitive function. En: J Mot Behav. 2010. Vol 42. No 3. p 179–86.

SKURVYDAS A, et al. Dynamics of indirect symptoms of skeletal muscle damage after stretch-shortening exercise. En: J Electromyogr Kinesiol. Noviembre 2006. Vol 16. No 6. p 629–36

SKURVYDAS A, et al. The effect of sports specialization on musculus quadriceps function after exercise-induced muscle damage. Appl Physiol Nutr Metab. Diciembre 2011. vol 36, no 6. P.873–80

SNYDER J, Ambegaonkar J, Winchester J. Cryotherapy for Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness. En: Int J Athl Ther Train. Julio 2011. Vol 16(4) p:28–32

SOLE G, et al. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. En: Arch Phys Med Rehabil. Mayo 2007. Vol 88 no 5. p 626–31

SOLIANIK R, et al. Intermittent whole-body cold immersion induces similar thermal stress but different motor and cognitive responses between males and females. En: Cryobiology. Mayo 2014. vol 69. no 2. p 323–32

SPYROPOULOS G, Tsatalas T, Tsaopoulos D, Sideris V, Giakas G. Biomechanics of sit to stand transition after muscle damage. En: Gait Posture. 2013 vol. 38(1) p :62-7

STARBUCK C, Eston R, Kraemer W. Exercise-induced muscle damage and the repeated bout effect: Evidence for cross transfer. Eur J Appl Physiol. Marzo 2012. Vol. 112. No 3. P. 1005–13

StataCorp. 2015. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX:StataCorp LP

TIMONTHY K. Physiology and Mechanisms of skeletal muscle damage. En: Tiidus P. Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics; 2008

TORRES R, et al. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. En: Phys Ther Sport. Julio 2012. Vol 13. No 2. p 101–14.

TRANG N, et al. Longitudinal sedentary behavior changes in adolescents in Ho Chi Minh City. En: Am J Prev Med. marzo 2013. vol 44. no 3. p.223–30.

TRICOLI V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. En: Rev Bras Cien e Mov. Abril 2001. vol 9. No 2. p 39–44

TWIST C, Eston R. The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance.En: Eur J Appl Physiol. Agosto 2005. Vol 94(5–6). P 652–8.

TRICOLI v. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia introdução. En: Rev. Bras. Ciên. E mov. 2001. vol 9(2). P. 39–4

TSATALAS t, et al. Walking kinematic and kinetic following eccentric exercise-induced muscle damage. En: journal of electromyography and kinesiology. Agosto 2013. vol 23. p 1229-1236.

TURNER T, et al. Impaired neuromuscular function during isometric, shortening, and lengthening contractions after exercise-induced damage to elbow flexor muscles. En: J Appl Physiol. Junio 2008. Vol 105. No 2. p 502–9

URIBE J. Morbilidad atendida por eventos de causa externa en Santander. En: Observatorio de salud publica de Santander. Diciembre 2010. vol 8. no 3. p. 3-21

VÁCZI M, et al. Mechanical, hormonal, and hypertrophic adaptations to 10 weeks of eccentric and stretch-shortening cycle exercise training in old males. En: Exp Gerontol. Julio 2014. Vol 58. p 69–77.

VEQAR Z. Causes and Management of Delayed Onset Muscle Soreness : A Review. En: Hum Physio. Febrero 2013. Vol 55. P 13205–11

URIBE J. Morbilidad atendida por eventos de causa externa en Santander. En: Observatorio de salud publica de Santander. Diciembre 2010. vol 8. no 3. p. 3-21

VIEIRA A, et al. Cold Modalities with different thermodynamic Properties have Similar Effects on Muscular Performance and Activation. En: Int J sports Med 2013. Vol. 34. p 873–880.

YAMANE M, Teruya H, Nakano M, Ogai R, Ohnishi N, Kosaka M. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. En: Eur j appl physiol 2006. Vol 96(5) p.572–80.

ZHOU Y, Li Y, Wang R. Evaluation of exercise-induced muscle damage by surface electromyography. En: J Electromyogr Kinesiol. Abril 2011. Vol 21(2). p:356–62

ZUSMAN M. The Absolute Visual Analogue Scale (AVAS) as a Measure of Pain Intensity. En: Aust J Physiother 1986. Vol. 32(4) p.244–6.

ANEXOS

ANEXO A

Artículos previos que estudian el efecto de la crioterapia posterior a una sesión de ejercicio excéntrico

Autor, año	Objetivo	Protocolo lesión	Modalidad de crioterapia	Variables	Resultados
Glasgow 2014	Comparar la efectividad de 4 estrategias de crioterapia comúnmente usado y un control de intervención en el manejo del DOMS usando un diseño	Dinamómetro isocinético para isquiotibiales, sobre miembro inferior no dominante.	inmersión en agua fría inmediatamente después del protocolo de ejercicio a 10°C	Rango de movimiento activo (ROM), dolor al estiramiento (POS), fuerza muscular y nivel de creatina kinasa (CK), DMAT	No encontraron diferencias para rango de movimiento, fuerza muscular, CK, y dolor muscular. Sin embargo el grupo de 6°C en 10 minutos en comparación con el grupo control presento resultados a favor en relación al dolor.

	controlado aleatorizado con enmascaramient o de evaluación de los resultados				
Ascensao et al. 2011.	Efectos de una sola sesión de crioterapia sobre la percepción neuromuscular, marcadores biomecanicos de daño muscular durante la recuperación de un partido de futbol.	Partido de futbol	Inmersión en agua fría y agua termonormal inmediatamente después de un partido de futbol	1. Creatine kinase 2. fuerza muscular 3. dolor muscular 4. Mioglobina 5. test de funcionalidad	La CK se incrementó más en el grupo de agua termoneutral en comparación con el grupo de crio, significativa disminución de la fuerza en cuadriceps se observó en el grupo termoneutral a las 24 y 48 horas y en el grupo de crioterapia a las 48 horas. Sin embargo en las 24 horas se observó diferencia de la fuerza entre los dos grupos

Jeremy Ingram. 2009.	Comparar la eficacia de inmersión en agua contraste (frío y calor), inmersión en frío y sin tratamiento (Control) como método para recuperación siguiente a una exhaustiva rutina de ejercicio.	carrera intermitente 4 min por 20 min con 5 minutos de descanso entre carrera	Inmersión en agua hasta el ombligo inmediatamente y 24 horas después del protocolo de ejercicio	PCR, CK, dolor muscular, fueron medidos inmediatamente antes e inmediatamente después del ejercicio	el dolor 24 y 48 horas posteriores fue significativamente más alta. 24 horas posteriores el dolor en el grupo de crio fue más baja en comparación, la carrera fue más lenta en el grupo no intervenido
Christophe Hauswirth, 2011.	comparar tres modalidades diferentes de recuperación (WBC, FIR y	carrera de pista sobre banda sin fin	Inmersión en agua fría, luz infrarroja, pasivo inmediatamente	CK, evaluación del torque muscular, Dolor percibido, bienestar	El grupo de intervención de inmersión en agua fría, presenta diferencias significativas en relación con sensación de

	pasiva [PAS] recuperación) sobre los síntomas de EIMD después de una extenuante en carrera por atletas de resistencia altamente entrenados.		después, 24 y 48 horas		bienestar, dolor, cansancio en los 24 y 48 horas en comparación con el grupo infrarrojo y el pasivo, además los niveles de CK presentaron un cambio significativo de la medición 24 a la 48h. el grupo intervenido con inmersión en agua fría presentaron menor pérdida de fuerza manteniéndose constante durante las 3 mediciones.
Bailey et al., 2007	Evaluar los efectos de una sola administración de crioterapia sobre la recuperación de	Shuttle test a una intensidad promedio de 75% de oxígeno máximo	inmersión en agua fría a 10°C por 10 minutos inmediatamente después	MVC, dolor, CK	El grupo intervenido por la crioterapia presento niveles de dolor estadísticamente más bajos en comparación, solo a las 168 horas posteriores estos niveles

	una prueba de prueba máxima de carrera intermitente.	Pacer			son similares entre los grupos, se observó una fuerza mayor en los flexores de rodilla estadísticamente significativa a las 24 y 48 horas, los niveles de CK y mioglobina fueron menores a las 0, 1 y 24 horas posteriores al ejercicio.
Pinho 2014	Investigar los efectos agudos de la crioterapia en la expresión de la enzima creatina fosfoquinasa (CPK), lactato deshidrogenasa	4 combates de 7 minutos con 15 minutos de intervalo entre ellos	Inmersión en agua fría inmediatamente después	dolor, LDH, contracciones isométricas y dinámica	Los niveles de CPK y LDH presentaron niveles más bajos durante la recuperación, en el grupo intervenido en comparación con el grupo control. El dolor presento niveles más bajos en el grupo intervenido

	(LDH), percepción del dolor y fuerza muscular en los miembros superiores de competidores de jiu-jitsu.				comparado con el grupo control
Isabell, 1992	el propósito de este estudio fue comparar los efectos del masaje con hielo, masaje con hielo y ejercicio y solo ejercicio sobre la prevención y tratamiento de DOMS	Uso de ejercicios concéntricos y excéntricos con mancuernas en miembros superiores. 30 sets de 10 repeticiones.	masaje con hielo, ejercicio con hielo y ejercicio, a las 0,2,4,6,24,48,72 y 96 horas posteriores al ejercicio	ROM, Dolor, CK, fuerza	El ROM en flexión se acerca a la significancia entre los modos de tratamiento, a las 120 horas post ejercicio el grupo de hielo tiene unos valores de CK que los otros grupos

ANEXO B.



CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FISICA

Nombre del participante: _____

Registro de participante: _____

Evaluador: _____ Fecha: _____

IPAQ: FORMATO CORTO AUTOADMINISTRADO DE LOS ULTIMOS 7 DIAS

PARA SER UTILIZADO CON ADULTOS JOVENES Y DE MEDIANA EDAD (15- 69 años)

Estamos interesados en averiguar los tipos de actividad física que hace la gente en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que usted destinó a estar físicamente activo en los **últimos 7 días**. Por favor responda a cada pregunta incluso si no se considera una persona activa. Por favor, piense acerca de las actividades que realiza en su trabajo, como parte de sus tareas en el hogar o en el jardín, moviéndose de un lugar a otro, o en su tiempo libre para el ocio, el ejercicio o el deporte.

Piense en todas las actividades **intensas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades físicas **intensas** se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico intenso y que lo hacen respirar mucho más intensamente que lo normal. Piense *solo* en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos realizó actividades físicas **intensas** tales como levantar pesos pesados, cavar, hacer ejercicios aeróbicos o andar rápido en bicicleta?

_____ **Días por semana**

☐ Ninguna actividad física intensa ➡ **Vaya a la pregunta 3**

2. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **intensa** en uno de esos días?

_____ **Horas por día**

_____ **Minutos por día**

☐ No sabe/No está seguro

Total de actividad vigorosa:

Días por semana _____ * minutos dedicados _____ * 8 = _____

Piense en todas las actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado que lo hace respirar algo más intensamente que lo normal. Piense *solo* en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos días hizo actividades físicas **moderadas** como transportar pesos livianos, andar en bicicleta a velocidad regular o jugar dobles de tenis? **No** incluya caminar.

_____ **Días por semana**

☐ Ninguna actividad física moderada ➡

Vaya a la pregunta 5

4. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **moderada** en uno de esos días?

_____ **Horas por día**

_____ **Minutos por día**

☐ No sabe/No está seguro

Total actividad moderada:

Días por semana _____ * minutos dedicados _____ * 4 = _____

Piense en el tiempo que usted dedicó a **caminar** en los **últimos 7 días**. Esto incluye caminar en el trabajo o en la casa, para trasladarse de un lugar a otro, o cualquier otra caminata que usted podría hacer solamente para la recreación, el deporte, el ejercicio o el ocio.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿En cuántos **caminó** por lo menos **10 minutos** seguidos?

_____ **Días por semana**

☐ Ninguna caminata ➡ **Vaya a la pregunta 7**

6. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?

_____ **Horas por día**

_____ **Minutos por día**

☐ No sabe/No está seguro

Total actividad al caminar:

Días por semana _____ * minutos dedicados _____ * 3.3 = _____

La última pregunta es acerca del tiempo que pasó usted **sentado** durante los días hábiles de los **últimos 7 días**. Esto incluye el tiempo dedicado al trabajo, en la casa, en una clase, y durante el tiempo libre. Puede incluir el tiempo que pasó sentado ante un escritorio, visitando amigos, leyendo, viajando en ómnibus, o sentado o recostado mirando la televisión.

7. Durante los **últimos 7 días** ¿cuánto tiempo pasó **sentado** durante un **día** **hábil**?

_____ **Horas por día**

_____ **Minutos por día**

☐ No sabe/No está seguro

Total puntaje IPAQ: _____

ANEXO C. CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LA ETAPA EXPERIMENTAL

FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE FISIOTERAPIA



PROYECTO: Efecto de dos dosis de aplicación de crioterapia sobre el dolor muscular de aparición tardía y el desempeño muscular, en hombres jóvenes sometidos a un protocolo de ejercicio excéntrico.

Investigadores:

DIANA CAROLINA REINA TORRES, Ft.

Estudiante de Maestría en Fisioterapia, Universidad Industrial de Santander.

ESPERANZA HERRERA VILLABONA, Ft., MS., PhD.

Profesora Titular, Escuela de Fisioterapia Universidad Industrial de Santander.

DIANA CAROLINA DELGADO DÍAZ, Ft., MS., PhD.

Profesora Asistente, Escuela de Fisioterapia Universidad Industrial de Santander.

De acuerdo con los principios establecidos en el Artículo 15 de la Resolución 008430 de 4 de octubre de 1993 por la cual se establecen las normas para la investigación en salud, en lo relacionado con el Consentimiento Informado, usted deberá conocer acerca de esta investigación y aceptar participar en ella si lo considera conveniente. Por favor lea con cuidado y haga las preguntas que desee hasta su total comprensión.

Justificación

La crioterapia es la aplicación de frío con fines terapéuticos para disminuir el dolor y la inflamación. Por lo anterior, es ampliamente utilizada para tratar lesiones musculares deportivas.

Algunos protocolos de ejercicios que incluyen contracciones musculares fuertes, realizadas de manera rápida y repetida, en un periodo de tiempo breve, conllevan a manifestaciones semejantes a las de una inflamación muscular, como el dolor muscular de aparición tardía (DMAT). Este dolor aparece aproximadamente dos días después del ejercicio y desaparece de manera espontánea en un plazo aproximado de ocho a diez días. El DMAT se asemeja al que aparece en una persona no entrenada, luego de realizar un trabajo muscular vigoroso en el gimnasio por primera vez, o al dolor que aparece luego de realizar una caminata cuesta abajo en terrenos inclinados.

El protocolo de EE ha sido probado como un modelo efectivo para evaluar la efectividad de algunas estrategias terapéuticas, entre otras la crioterapia. Las investigaciones previamente realizadas han mostrado efectos positivos de la crioterapia para aliviar el DMAT. Sin embargo, se desconoce cuántas veces al día y durante cuánto tiempo debe ser aplicada la crioterapia, para disminuir ésta y otras manifestaciones de la inflamación muscular.

En el presente estudio se analizará el efecto de dos dosis de crioterapia (Paquete de Hielo), aplicada durante cuatro días consecutivos, sobre el DMAT y el desempeño muscular, posterior a la realización de una sesión de ejercicio excéntrico (EE) en cuádriceps.

Los resultados de esta investigación contribuirán en la fundamentación de dosis de crioterapia en las lesiones músculo esqueléticas inducidas por el ejercicio excéntrico.

Descripción

En este estudio participarán 30 hombres jóvenes (18 a 25 años), sanos y físicamente activos, con índice de masa corporal entre 18 – 24.9 Kg/m². Los participantes serán distribuidos aleatoriamente a uno de los siguientes grupos: Control (sin aplicación de paquete de hielo), A (una aplicación diaria de paquete de hielo) y B (dos aplicaciones diarias de paquete de hielo). Todos los participantes realizarán previamente una sesión de EE en un dinamómetro isocinético, con el fin de inducir el DMAT y otras manifestaciones de lesión muscular transitoria en el desempeño muscular.

Aplicación de crioterapia

Cada aplicación de crioterapia consiste en la colocación de un paquete de cubos de hielo de aproximadamente 500gr de peso, directamente sobre su piel, sin compresión, durante 20 minutos durante cuatro días (inmediatamente posterior, un, dos y tres días posteriores a la realización del ejercicio).

Grupo A, una aplicación diaria durante cuatro días, grupo B, dos aplicaciones diarias (una en la mañana y una en la tarde) durante cuatro días y al grupo control no se aplicará ninguna intervención.



Figura 1. Técnica de aplicación de paquete de hielo

Durante la fase inicial de la aplicación del paquete de hielo percibirá una sensación de frío intenso; posteriormente esa sensación será dolorosa. Finalmente, a los pocos minutos, la sensación disminuirá gradualmente llegando al punto de percibir pérdida transitoria de la sensibilidad en el área de aplicación.

Dinamometría Isocinética

El dinamómetro isocinético es un equipo compuesto por una silla ajustable, un brazo de palanca y un computador, actualmente se emplea para realizar protocolos de ejercicio y medir fuerza muscular, este equipo es considerado como el más objetivo en la medición de la fuerza muscular, permitiendo diferenciar grupos musculares en diferentes direcciones.

- **Sesiones de Familiarización con el Dinamómetro Isocinético**

Durante las dos sesiones de familiarización se realizarán las mediciones de peso, talla y se ubicará en la silla del dinamómetro para establecer la posición de la silla en el participante, además se medirá fuerza muscular de los músculos extensores de rodilla y finalmente se realizarán tres repeticiones similares a las del protocolo de ejercicio.

- **Sesión de Ejercicio Excéntrico**

Inicialmente se realizará un calentamiento en una bicicleta estática durante cinco minutos, posteriormente se ubicará en la silla del dinamómetro fijando con correas el tronco, la cadera, el muslo y la pierna del miembro inferior dominante.

El protocolo consta de veinte series de diez repeticiones con un minuto de descanso entre series, en las que usted resistirá con la mayor fuerza el movimiento de flexión de rodilla ejercido por el brazo de palanca del dinamómetro.

- **Sesiones de evaluación:**

Estas evaluaciones se realizarán durante las sesiones de familiarización, a los dos y cuatro días posteriores a la sesión de ejercicio, en las cuales se evaluará la intensidad de DMAT percibida la actividad de sentarse en una silla sin apoyo de los brazos, usted deberá ubicar el puntero del mouse en una línea de diez centímetros en la pantalla del computador siendo el extremo izquierdo nada de dolor y el extremo derecho el peor dolor percibido.

La evaluación de la fuerza se realizará en dos formas, la primera empujando el brazo de palanca en una posición fija y la segunda empujando el brazo de palanca hasta la extensión completa de rodilla.

Se tomará una muestra sanguínea de la vena del brazo por una profesional en el laboratorio de la facultad de salud utilizando prácticas estériles, esta muestra permite evaluar la concentración de enzimas indicadoras de inflamación muscular, las muestras serán tomadas en un día de la sesión de familiarización, a los dos y cuatro días posteriores a la sesión de ejercicio.



Figura 2. Dinamómetro isocinético del laboratorio de investigación en Fisioterapia.
Universidad Industrial de Santander.

En este estudio no pueden participar personas con intolerancia al frío, con dolor en miembros inferiores, lesiones músculo esqueléticas en miembros inferiores, lesiones en la piel, que consuman medicamentos de tipo analgésico o antiinflamatorio o alguna enfermedad metabólica, cardíaca o pulmonar que tenga contraindicado el ejercicio de alta intensidad.

Posibles riesgos derivados de su participación y su minimización

Todos los procedimientos realizados en este estudio serán aplicados y supervisados por fisioterapeutas con amplia experiencia profesional y formación avanzada. La investigadora principal es fisioterapeuta, con tres años de experiencia profesional, estudiante de segundo año de Maestría en Fisioterapia. La directora del proyecto es fisioterapeuta, con experiencia profesional, maestría y doctorado en ciencias fisiológicas, quien ha desarrollado proyectos de investigación que han involucrado los procedimientos medición de fuerza y aplicación de crioterapia descritos en este estudio.

Este proyecto de investigación incluye personas en buen estado de salud, físicamente activos, lo cual minimiza el riesgo de respuesta inadecuada al ejercicio físico. Todos los participantes deben estar vinculados al sistema de seguridad social y tener los servicios de bienestar universitario.

La ejecución de la sesión de ejercicio de los músculos del muslo es similar a una sesión de levantamiento de pesas en un gimnasio, por lo tanto presenta los mismos efectos inmediatos normales de incremento de la frecuencia cardíaca, presión arterial y sudoración. Con el fin de garantizar una respuesta normal al ejercicio, los signos vitales serán monitorizados antes, durante y después del ejercicio. En caso tal de que la respuesta fisiológica del participante no sea adecuada (presente espasmo muscular, disminución de la tensión arterial, dolor intenso, ect), se suspenderá el protocolo de ejercicio y se procederá al enfriamiento (caminata ligera) hasta tanto se estabilicen los signos vitales. En los

días subsecuentes al ejercicio (entre 2 y 5 días), usted experimentará disminución de la fuerza muscular y dolor localizado en el muslo, lo cual le dificultará la caminata rápida, correr, saltar, subir y bajar escaleras, así como ponerse de pie desde una silla baja.

Estos efectos del ejercicio son normales y propios de la adaptación del músculo al ejercicio, y desaparecen normalmente de siete a diez días posteriores, sin embargo la investigadora principal hará un seguimiento vía telefónica para confirmar la ausencia de síntomas generados del ejercicio.

La recolección de las muestras de sangre (3 muestras, aproximadamente 5mL cada una), se realizarán en el laboratorio clínico de la Universidad Industrial de Santander, el cual ha sido acreditado por el organismo nacional de acreditación de Colombia.

En esta investigación se garantiza el respeto a los principios éticos fundamentales de autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia durante la ejecución del estudio.

En caso de que presente incomodidad o no desee continuar, está en libertad de retirarse del estudio en el momento en que así lo decida. Si se presentará alguna eventualidad, los miembros del trabajo de investigación con el apoyo de la universidad Industrial de Santander, estarán en capacidad de resolverla.

Beneficios

Los resultados de esta investigación aportarán a la fundamentación científica de la práctica profesional de la fisioterapia, mediante la determinación del efecto dos dosis de crioterapia sobre el desempeño muscular y el dolor de aparición tardía posterior a una sesión de ejercicio excéntrico.

Una vez finalice el experimento, usted recibirá el reporte completo impreso de las mediciones de fuerza muscular, e indicaciones específicas para mejorar su condición muscular mediante el ejercicio físico. Adicionalmente, los investigadores le proporcionarán información actualizada sobre los resultados del estudio y el conocimiento científico que de éste se derive.

Confidencialidad

Los formularios de registro que serán utilizados durante esta investigación contienen únicamente la información relevante para este proyecto de investigación. Adicionalmente, la información será codificada, su nombre y datos personales no serán relacionados a los resultados de las evaluaciones. Así mismo, la información confidencial será mantenida por la investigadora principal, Ft Diana Carolina Reina Torres en un sitio seguro de acceso restringido en las instalaciones del laboratorio de investigación en fisioterapia.

Usted está en libertad de autorizar o no que los datos obtenidos en este estudio, puedan ser utilizados en otros estudios y laboratorios, previa aprobación del Comité de Ética para la Investigación Científica de la Facultad de Salud de la UIS.

Usted está en libertad de retirarse del estudio en el momento que usted considere, su decisión no será cuestionada. Los gastos de todos los procedimientos experimentales serán cubiertos por el proyecto de investigación, dado que son requeridos solo para efectos del estudio.

Por lo anterior, se le invita a participar en el estudio y si está de acuerdo, se le solicita su nombre y firma en las casillas descritas.

No firme este formato a menos que haya tenido la oportunidad de hacer preguntas y haber recibido respuestas satisfactorias a todas sus preguntas.

Yo _____, identificado con la cedula de ciudadanía N° _____ de _____ acepto voluntariamente participar en el proyecto de investigación titulado “Efecto de dos dosis de aplicación de crioterapia sobre el dolor muscular de aparición tardía y el desempeño muscular, en hombres jóvenes sometidos a un protocolo de ejercicio excéntrico” a cargo de la fisioterapeuta Diana Carolina Reina Torres, estudiante de Maestría en Fisioterapia de la Universidad Industrial de Santander.

Por lo anterior afirmo tener conocimiento del estudio y he tenido la oportunidad de resolver mis dudas en relación con el desarrollo y las implicaciones generadas a mi persona.

Entiendo que mi participación es voluntaria y que soy libre de retirarme del estudio de investigación en el momento que lo crea conveniente sin necesidad de dar alguna explicación adicional. Por otro lado me han garantizado la confidencialidad, justicia, equidad y autonomía en la participación y manejo de toda la información que se recolecte.

La información obtenida podrá ser divulgada con fines científicos, mediante presentaciones en congresos o publicaciones en revistas científicas, salvaguardando mi identidad y garantizando la confidencialidad en el manejo de toda la información.

Nombre del participante

Firma

C.C No: _____

Dirección: _____

Teléfono fijo: _____

Celular: _____

Nombre de contacto: _____

Teléfono fijo y/o celular: _____

Cualquier inquietud adicional que surja en relación con los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación, serán respondidas por las investigadoras.

Diana Carolina Reina Torres

Estudiante de Maestría en Fisioterapia

diannacr@gmail.com

Carrera 32 N. 29 – 31 primer piso, Facultad de Salud

Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga

PhD, Esperanza Herrera Villabona

Profesora Titular Escuela de Fisioterapia

eshevi@uis.edu.co

Teléfonos: 6344000 ext. 3413, 6358582

Carrera 32 N. 29 – 31 primer piso, Facultad de Salud

Si tiene alguna pregunta con respecto a sus derechos como participante de investigación, puede contactar al Comité de Ética en Investigación Científica (CEINCI)

Wellman Ribón Gómez

Presidente

comitedetica@uis.edu.co

Teléfonos: 6344000 ext.3208

Carrera 32 N. 29 – 31 primer piso, Facultad de Salud

Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga

Recuerde que esta firma no lo obliga a completar el estudio, tan sólo confirma que usted ha sido informado sobre la naturaleza, riesgos y procedimientos de su participación en este proyecto de investigación.

ANEXO D.

FORMATO DE TAMIZAJE.



HOJA DE REGISTRO DE PARTICIPANTE

Código de Participante	
------------------------	--

Nombre: _____ Apellido _____

Fecha de nacimiento _____ Edad _____

Peso _____ Talla _____ IMC _____

Puntaje en IPAQ _____

1. ¿Participa en programas de ejercicio físico que impliquen levantamiento de pesas? Sí___ No___
2. ¿Presenta o ha presentado dolor en los miembros inferiores durante las últimas 4 semanas? Sí___ No___
3. ¿Presenta o ha presentado lesiones de tipo musculo esquelético como esguinces, fracturas, desgarros, laceraciones o contusiones en las piernas durante los últimos 6 meses? Sí___ No ___
4. ¿Consume algún tipo de medicamento para el dolor o la inflamación, como Naproxeno, Ibuprofeno, Dolex, aspirina, etc.? Sí___ No___

5. ¿Sufre de alguna enfermedad actualmente (diabetes mellitus, distrofia,, enfermedades cardiacas, infecciones, enfermedades respiratorias) que tengan contraindicado la realización de ejercicio de alta intensidad? Sí____
No____
6. ¿Presenta alguna reacción adversa a la aplicación de una modalidad de crioterapia? Sí____ No____

Respuesta a la prueba del cubo de hielo: _____

Prueba de pateo: _____

Apto		No Apto	
-------------	--	----------------	--

Firma de investigador responsable: _____

ANEXO E.

FORMATO DE AJUSTE DEL DINAMÓMETRO



UIS, patrimonio científico y cultural

NOMBRE:	APELLIDO:
CODIGO DE PARTICIPANTE	
ALTURA DEL CICLOERGÓMETRO:	
POSICIONAMIENTO DEL DINAMÓMETRO	
ROTACION DE LA SILLA :	INCLINACION ESPALDAR:
POSICIÓN FOREALT :	ADITAMENTO:
ROTACIÓN DEL DINAMÓMETRO:	ALTURA DEL DINAMOMETRO:
MONORRIEL:	
STOPS ISOMETRICA:	ISOCINÉTICA A 60°/S:
STOPS EN LA SEE	

ANEXO F. PRUEBA PILOTO

Objetivo:

Determinar la reproducibilidad intraevaluador del registro del torque máximo isométrico e isocinético, tiempo al pico y trabajo.

Procedimiento:

Se reclutó una muestra de 10 participantes por medio de un muestreo no probabilístico (por conveniencia), quienes cumplían los criterios de inclusión de la fase experimental y firmaron el consentimiento informado (Anexo 3).

En La primera sesión de evaluación, se registraron inicialmente las variables antropométricas, seguido de un calentamiento en cicloergómetro (Monark 874-E Peak bike), ajustando la silla a nivel del trocánter mayor y fijando los pies a los pedales con la correa. El participante pedaleó durante 5 min, manteniendo una velocidad de 70 rpm, posteriormente, se ubicó al participante en el dinamómetro como se muestra en la figura 1, los datos fueron registrados en el formato de ajustes (anexo 5) para conservar su aplicación en la siguiente sesión de evaluación. Posteriormente, se evaluó la fuerza muscular máxima en 5 contracciones isométricas a 60° de flexión de rodilla y en 5 contracciones isocinética concéntricas a 60°/s, Estos protocolos de evaluación son descritos detalladamente en la sección de la fase experimental (fase II).

La segunda sesión de evaluación se realizó siete días después, conservando los procedimientos realizados en la primera. Todos los datos fueron obtenidos y procesados por el mismo evaluador.

Resultados:

Las variables dinamométricas (torque máximo isométrico, torque máximo isocinético, tiempo al pico y trabajo) fueron evaluadas en 12 hombres jóvenes, edad $21,1 \pm 1,5$ años, IMC $23,3 \pm 1,2$ Kg/m², nivel de actividad física $1042 \pm 326,6$ MET-min/semana.

Todas las variables mostraron una distribución normal, analizada mediante test Swilk y *ladder of power* ($p > 0,05$). Se analizó la reproducibilidad de las variables obtenidas en la contracción isométrica e isocinética máxima de extensores de rodilla (Tabla 1). El análisis de CCI mostró reproducibilidad buena para la medición de torque máximo isométrico ($CCI=0,79$), moderada para torque máximo isocinético, trabajo y tiempo al pico ($CCI=0,52$, $0,57$ y $0,42$, respectivamente) y pobre para el tiempo al pico isométrico ($CCI=0,09$).

El mismo análisis fue realizado, considerando los promedios de las variables en cinco contracciones isométricas e isocinéticas (Tabla 2). Se obtuvo buena reproducibilidad para el torque máximo y tiempo al pico isométrico ($CCI=0,76$ y $0,67$, respectivamente), moderada para torque máximo isocinético ($CCI=0,55$) y aceptable para trabajo y tiempo al pico isocinético ($CCI=0,31$ y $-0,30$, respectivamente).

Los límites de acuerdo de Bland & Altman fueron estrechos y el promedio de las diferencias cercanas a cero para todas las variables registradas, tanto en el test isométrico como en el isocinético (Tablas 8 y 9).

El error estándar es mayor para el trabajo y el torque máximo isocinético en comparación con el torque máximo isométrico y tiempo al pico.

Tabla 8. Reproducibilidad y nivel de acuerdo intraevaluador de las variables de desempeño muscular, registradas en contracción máxima isométrica e isocinética, obtenida en dos sesiones de evaluación.

Variable	Medición 1 Promedio $\pm$ DE (Mínimo-Máximo)	Medición 2 Promedio $\pm$ DE (Mínimo-Máximo)	B&A Promedio (Límites de acuerdo)	CCI (IC de 95% de confianza)	EEM
Test isométrico (60° de flexión de rodilla)					
Torque máximo (N.m)	179,25 $\pm$ 31,76 (127,00 - 235,00)	172,91 $\pm$ 20,04 (140,00 - 199,00)	6,33 $\pm$ 21,99 (-36,77 - 49,44)	0,79 (0,31- 0,94)	11,99
Tiempo al pico (s)	2,87 $\pm$ 1,12 (0,94 - 4,21)	2,97 $\pm$ 1,03 (1,80 - 4,63)	-0,09 $\pm$ 1,49 (-3,02 - 2,83)	0,09 (-2,88 - 0,75)	1,00
Test isocinético concéntrico (60°/s)					
Torque máximo (N.m)	185,83 $\pm$ 49,56 (127 - 275)	181,42 $\pm$ 37,38 (145,00 - 264,00)	4,42 $\pm$ 50,71 (-94,97 - 103,81)	0,52 (-0,84 - 0,86)	29,78
Trabajo (J)	218,42 $\pm$ 57,47 (125,00 - 334,00)	210,83 $\pm$ 35,58 (171,00 - 278,00)	7,58 $\pm$ 52,87 (-96,04 - 111,20)	0,57 (-0,56 - 0,88)	35,72
Tiempo al pico (s)	2,20 $\pm$ 1,04 (0,00 - 3,43)	2,09 $\pm$ 0,73 (0,74 - 2,87)	0,11 $\pm$ 1,09 (-2,03 - 2,26)	0,42 (-1,25 - 0,84)	0,58

B&A (límites de acuerdo Bland & Altman), CCI (coeficiente de correlación intraclase) EEM (error estándar de la medición) Nm (Newton. Metro) J (Julius) s (segundo)

Tabla 9. Reproducibilidad y nivel de acuerdo intraevaluador de los promedios de las variables de desempeño muscular, registradas en cinco contracciones isométricas e isocinéticas, obtenidas en dos sesiones de evaluación.

Variable	Medición 1 Promedio $\pm$ DE (Mínimo-Máximo)	Medición 2 Promedio $\pm$ DE (Mínimo-Máximo)	B&A Promedio (Límites de acuerdo)	CCI (IC de 95% de confianza)	EEM
Test isométrico (60° de flexión de rodilla)					
Torque máximo (N.m)	169,95 $\pm$ 29,92 (121,40 - 223,40)	163,15 $\pm$ 21,66 (133,2 - 197,2)	6,80 $\pm$ 22,88 (-38,05 - 51,64)	0,76 (0,21 - 0,93)	12,63
Tiempo al pico (s)	2.99 $\pm$ 0,84 (1,56 - 4,03)	2,84 $\pm$ 0,74 (1,73 - 4,33)	0,16 $\pm$ 0,80 (-1,41 - 1,73)	0,67 (-0,13 - 0,91)	0,45
Test isocinético concéntrico (60°/s)					
Torque máximo (N.m)	167,62 $\pm$ 46,37 (111,00 - 254,20)	162,83 $\pm$ 26,46 (123,8 - 213,8)	4,78 $\pm$ 42,47 (-78,45 - 88,02)	0,55 (-0,67- 0,87)	24,82
Trabajo (J)	193,17 $\pm$ 45,94 (122,80 - 301,00)	195,30 $\pm$ 30,02 (149,8 - 250,4)	-2,13 $\pm$ 50,05 (-100,24 - 95,98)	0,31 (-1,84 - 0,81)	31,54
Tiempo al pico (s)	2,12 $\pm$ 0,69 (1,06 - 3,02)	1,85 $\pm$ 0,75 (0,85 - 2,84)	0,26 $\pm$ 1,11 (-1,86 - 2,44)	-0,30 (-4,06 - 0,63)	0,81

B&A (límites de acuerdo Bland & Altman), CCI (coeficiente de correlación intraclase) EEM (error estándar de la medición) Nm (Newton. Metro) J (Julius) s (segundo)

Límites de acuerdo de Bland & Altman para las variables dinamométricas

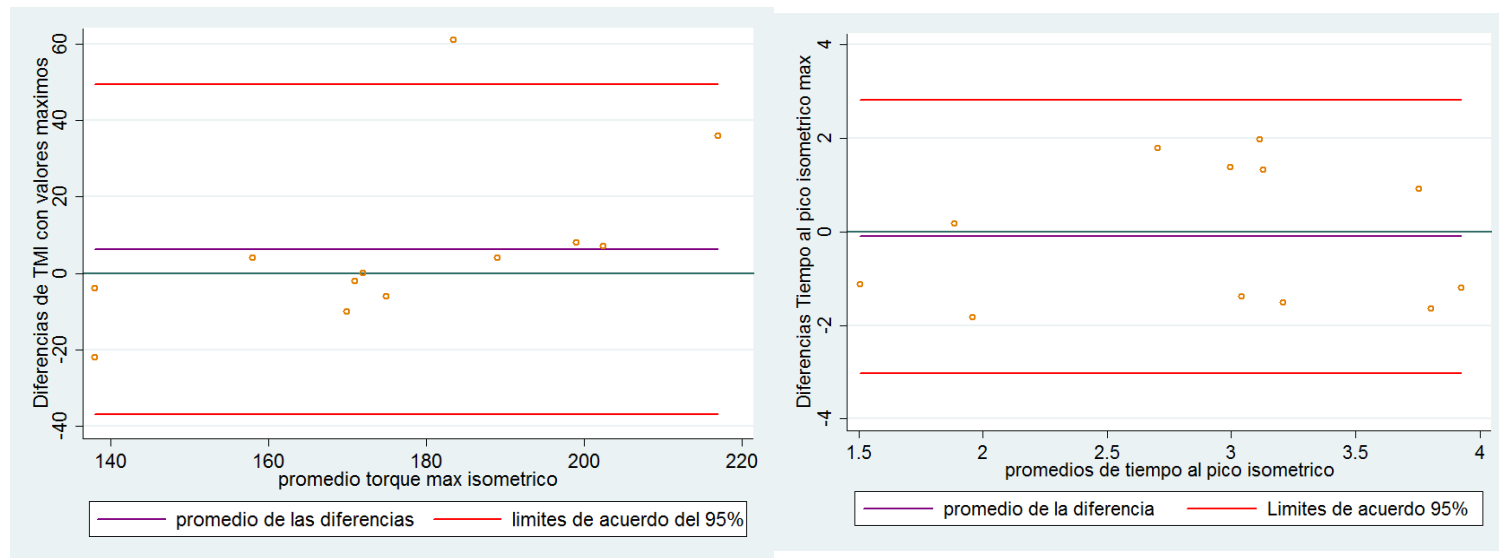


Figura 8. Método gráfico de los Límites de acuerdo de Bland y Altman para las variables dinamométricas isométricas con los valores máximos evaluadas en dos momentos en hombres jóvenes y saludables. En el eje horizontal se muestra el promedio de las diferencias para cada parámetro en la primera y segunda medición; en el eje vertical se grafican el promedio de las diferencias entre las dos mediciones de cada variable.

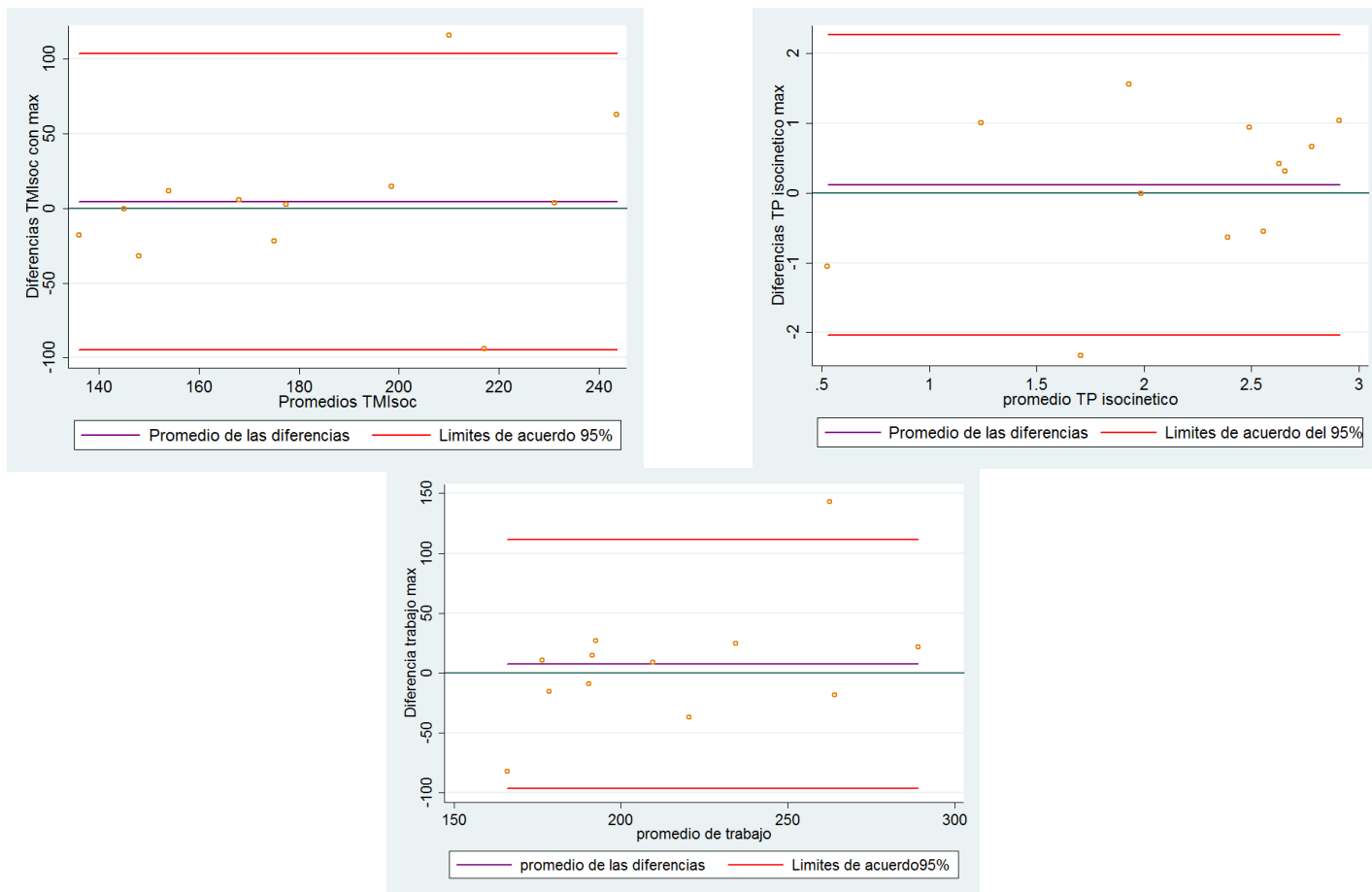


Figura 9. Método gráfico de los Límites de acuerdo de Bland y Altman para las variables dinamométricas isocinéticas con los valores máximos evaluadas en dos momentos en hombres jóvenes y saludables. En el eje horizontal se muestra el promedio de las diferencias para cada parámetro en la primera y segunda medición; en el eje vertical se grafican el promedio de las diferencias entre las dos mediciones de cada variable.

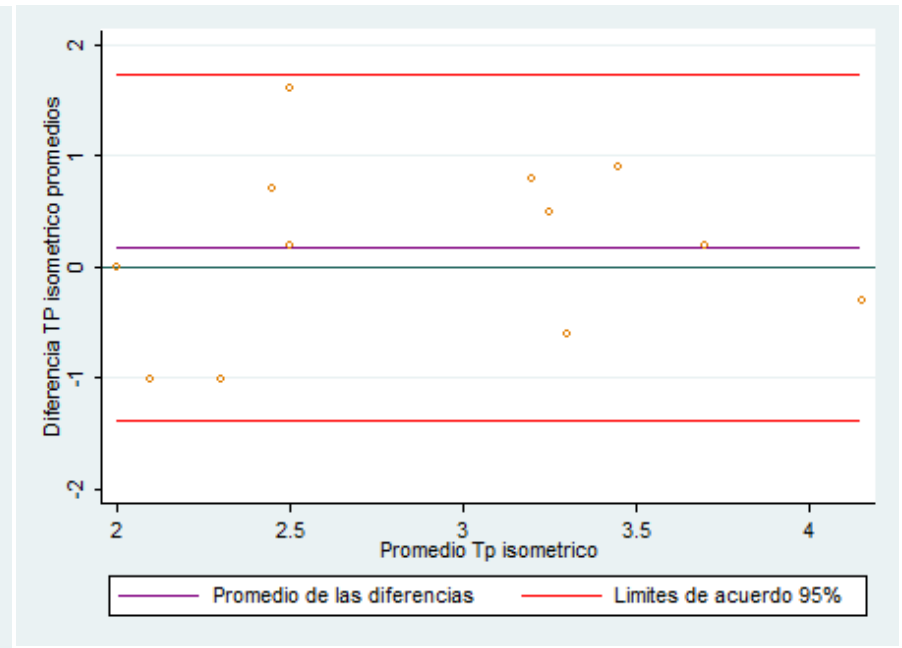
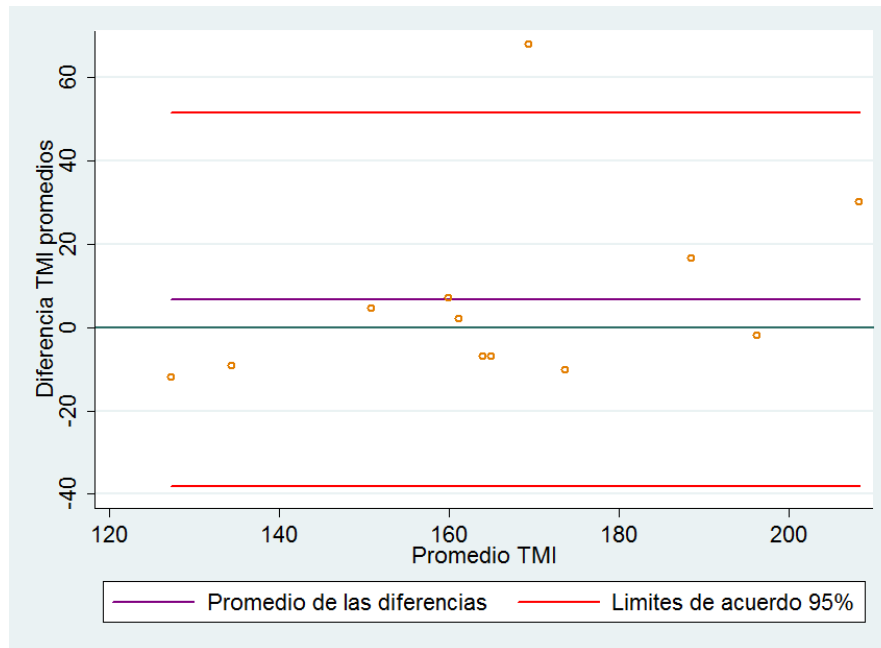


Figura 10. Método gráfico de los Límites de acuerdo de Bland y Altman para las variables dinamométricas isocinética con los valores promedios de las 5 contracciones evaluadas en dos momentos en hombres jóvenes y saludables. En el eje horizontal se muestra el promedio de las diferencias para cada parámetro en la primera y segunda medición; en el eje vertical se grafican el promedio de las diferencias entre las dos mediciones de cada variable.

Discusión

De manera general, los resultados del análisis del CCI muestran una mejor reproducibilidad en las mediciones de las variables registradas en las contracciones máximas, excepto para tiempo al pico isométrico; sin embargo, el análisis de Bland & Altman determinó promedios de diferencias entre las mediciones más cercanos a cero y límites de acuerdo más estrechos para los datos promediados en las 5 contracciones, demostrando mejor acuerdo entre las mediciones.

En la literatura existe evidencia sobre las limitaciones del análisis de reproducibilidad basado en el ICC, el cual, aunque cuantifica la concordancia entre las medidas, puede proporcionar datos confusos si la muestra es homogénea.

Por lo anterior, para el presente estudio se decidió considerar las variables registradas en el promedio de 5 contracciones para todos los análisis de los resultados obtenidos en la fase experimental, dichos resultados, son similares a los encontrados por Sole et al para el torque máximo generado por los extensores de rodilla.

ANEXO G. SOPORTES DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA



Certificamos que o trabalho **REPRODUTIBILIDADE INTRA AVALIADOR E NÍVEL DE ACORDO DAS VARIÁVEIS OBTIDAS EM DOIS PROTOCOLOS DE DINAMOMETRIA EM HOMENS JÓVENS E SADIOS** de autoria de Diana Reina-Torres, Alejandra Camacho, Esperanza Herrera V. e Diana Delgado-Díaz, foi apresentado na modalidade pôster no “IV Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e IV Jornada Nacional de Procedimentos Mioterápicos” realizados nos dias 14 a 16 de abril de 2016.

Patrocinadores





Prof. Dra. Anamaria Siriani de Oliveira
Presidente do IV COBEC

SANTOS/BRAZIL



CERTIFICATE

INTERNATIONAL CONVENTION ON SCIENCE, EDUCATION AND MEDICINE IN SPORT

CERTIFICATE

This is to certify that

Diana Reina

Participated as Author in the ICSEMIS - 2016

Poster Presentation Theme: Sport medicine and injury prevention

Presentation Title: Muscle Contraction Speed Affects Muscle Performance and Delayed Onset Muscle Soreness

Authors: Maria Alejandra Camacho-Villa , Diana Carolina Reina-Torres, Esperanza Herrera Villabona, Diana Delgado-Diaz

Date: 3 September Time: 8am to 7pm Poster Exhibition Site (Local): Black - 8 Presenter: Maria Alejandra Camacho-Villa

Held at Mendes Convention Center - Santos - Brazil from August 31st thru September 4th - 2016


Yves Vanlandewijck
Vice - Chair Scientific Committee
ICSEMIS 2016
Representing IPC




Fabio Pigozzi
President
Representing FIMS




Uri Schafer
President
Representing ICSSPE




Soraya Soubhi Smaili
ICSEMIS 2016 President
Representing UNIFESP




Ricardo Mario Arida
Chair
Scientific Committee
ICSEMIS 2016

SANTOS/BRAZIL



CERTIFICATE

INTERNATIONAL CONVENTION ON SCIENCE, EDUCATION AND MEDICINE IN SPORT

CERTIFICATE

This is to certify that

Diana Reina

Participated as Author in the ICSEMIS - 2016

Poster Presentation Theme: Sport medicine and injury prevention

Presentation Title: Isokinetic Lengthening Contractions Affects Muscular Performance and Delayed Onset Muscle Soreness: Implications for Rehabilitation

Authors: Maria Alejandra Camacho Villa, Diana Carolina Reina Torres, Esperanza Herrera Villabona, Diana Carolina Delgado Diaz

Date: 3 September Time: 8am to 7pm Poster Exhibition Site (Local): Black - 16 Presenter: Maria Alejandra Camacho Villa

Held at Mendes Convention Center - Santos - Brazil from August 31st thru September 4th - 2016


Yves Vanlandewijck
Vice - Chair Scientific Committee
ICSEMIS 2016
Representing IPC




Fabio Pigozzi
President
Representing FIMS




Uri Schafer
President
Representing ICSSPE




Soraya Soubhi Smaili
ICSEMIS 2016 President
Representing UNIFESP




Ricardo Mario Arida
Chair
Scientific Committee
ICSEMIS 2016

Bucaramanga 24 de mayo de 2016

Doctora

DIANA CAROLINA DELGADO DÍAZ

Coordinadora de Maestría en Fisioterapia UIS

Asunto: informe de actividades realizadas en Brasil

Cordial Saludo, por medio de la presente me permito documentar las actividades realizadas en el viaje a Brasil durante las fechas del 13 al 30 de abril del presente año.

14 al 16 de abril: asistencia y participación al IV Congreso Brasileiro de Electromiografía e Kinesiología y IV Jornada Nacional de Procedimientos Mioterápicos

18 al 29 de abril: Asistencia a la universidad Federal de Sao Carlos.

Durante esta visita se conocieron los laboratorios de Investigación en Fisioterapia, en calidad de observadora a los estudiantes de doctorado en el análisis de ARN del músculo de ratas wistar, la cirugía cerebral a ratas wistar, evaluación de análisis del movimiento en participantes con dolor de cuello, evaluación dinamométrica en participantes adultas mayores.

Además, participó en la discusión de un artículo de revisión a cargo de los estudiantes de doctorado y el día 26 de abril se presentaron los avances del proyecto de grado titulado "Efecto de Dos Dosis de Aplicación de Crioterapia Sobre el Dolor Muscular de Aparición Tardía y el Desempeño Muscular, en Hombres Jóvenes Sometidos a un Protocolo de Ejercicio Exoéntrico.", en donde

se dieron sugerencias para la culminación del proyecto de grado y futuros trabajos en el área.

Agradezco su atención

Diana Carolina Reina Torres

Estudiante de Maestría en Fisioterapia



VoBo. Thiago Russo

Profesor Universidad Federal de Sao Carlos