

**EFFECTO DEL KINESIO-TAPING SOBRE EL DESEMPEÑO MUSCULAR Y EL
DOLOR DE APARICIÓN TARDÍA DESPUÉS DE UNA SESIÓN DE EJERCICIO
EXCÉNTRICO EN HOMBRES SANOS, FÍSICAMENTE ACTIVOS.**

MARIA ALEJANDRA CAMACHO VILLA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE FISIOTERAPIA
MAESTRIA EN FISIOTERAPIA
BUCARAMANGA**

2017

**EFFECTO DEL KINESIO-TAPING SOBRE EL DESEMPEÑO MUSCULAR Y EL
DOLOR DE APARICIÓN TARDÍA DESPUÉS DE UNA SESIÓN DE EJERCICIO
EXCÉNTRICO EN HOMBRES SANOS, FÍSICAMENTE ACTIVOS.**

MARIA ALEJANDRA CAMACHO VILLA

**Trabajo de grado para optar al título de
Magister en Fisioterapia**

Directora

DIANA CAROLINA DELGADO DÍAZ

Fisioterapeuta

Doctora en Ciencias del Ejercicio

Codirectora

ESPERANZA HERRERA VILLABONA

Fisioterapeuta

Doctora en Ciencias Fisiológicas

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE SALUD

ESCUELA DE FISIOTERAPIA

MAESTRIA EN FISIOTERAPIA

BUCARAMANGA

2017

DEDICATORIA

Al ser todopoderoso que permitió que esta gran puerta se abriera en mi vida académica, va dedicado este trabajo de grado. A mis padres por enseñarme mediante su ejemplo, que la disciplina y el orden son la clave para alcanzar todas las metas y proyectos propuestos.

A mi amigo y compañero de vida por ser mi apoyo permanente y entenderme en todo momento durante cada paso en este camino.

Este trabajo de grado contiene la suma de múltiples esfuerzos que hoy se ven materializados en este libro y representan un triunfo en todos los aspectos de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fortaleza para terminar este grandioso proceso, a mi madre y padre por ayudarme en los momentos que más lo necesite y brindarme su apoyo y comprensión permanente. A mi hermana por ayudarme en la ardua tarea de la doble digitación de los datos y entender porque en algunos momentos debía ausentarme por amor a este trabajo.

A mi amigo y novio Raúl León por ayudarme a olvidar los momentos difíciles y confiar siempre en mis capacidades, gracias por darme todo tu apoyo aun cuando no tenía nada que ofrecer. A pesar de lo difícil que en algún momento fue nuestra relación este título no lo hubiera obtenido sin su valiosa ayuda.

A mis dos maestras no solo de la academia, sino también de la vida, mis Docentes asesoras Diana Carolina Delgado Díaz y Esperanza Herrera Villabona, de ustedes me llevo el amor por la ciencia y la investigación y las ganas de hacer todo con profesionalismo y ética. A mi directora quiero darle las gracias por su constante voz de aliento, por sus llamados de atención, por formarme primeramente como ser humano y por la linda amistad que pudimos entablar en estos grandiosos tres años de trabajo. Confió plenamente que me llevo lo mejor de usted y estoy absolutamente convencida que es una gran persona, docente y profesional.

A mis amigos de Maestría Odair, Diana y Laura, mil gracias por las risas y llantos compartidos en este proceso. Su amistad es el tesoro más valioso que me deja este proceso, contar con ustedes siempre fue mi mayor tranquilidad en los momentos que pensaba desistir, los quiero mucho y saben que cuentan conmigo para lo que necesiten.

A las Profesoras de la Maestría en Fisioterapia pues cada una de sus observaciones y sugerencias contribuyeron a mejorar y enriquecer este trabajo. Al profesor José Angelo Barela por darme la oportunidad de realizar la pasantía en su laboratorio en Brasil y ayudarme en el análisis de datos.

Finalmente, a la Universidad Industrial de Santander por su preocupación en formar profesionales competentes y con las mejores capacidades para impactar nuestra sociedad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS.....	21
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
2. MARCO TEORICO	22
2.1 DESEMPEÑO MUSCULAR.....	22
2.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL EJERCICIO EXCÉNTRICO	23
2.2.1 Proceso de reparación muscular	26
2.2.2 Impacto del ejercicio excéntrico sobre el desempeño muscular	29
2.2.3 Generación de dolor de aparición tardía.....	34
2.2.4 Marcadores biológicos de microlesión muscular: niveles de actividad de la enzima Creatin Kinasa.....	37
2.3 MECANISMOS DEL VENDAJE NEUROMUSCULAR Y SU INTERACCIÓN CON LOS TEJIDOS.....	38
2.3.1 Técnicas de aplicación y sus efectos sobre la reparación de tejidos	42
2.3.2 Efecto del KT sobre el tejido muscular en proceso de reparación y el dolor muscular	44
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
3.1 DISEÑO	48
3.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO	48
3.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA Y MUESTREO	51
3.4 VARIABLES DEL ESTUDIO	52
3.4.1 Variables explicatorias	52
3.4.2 Variables de salida.....	53
3.4.3 Variable confirmatoria de lesión muscular	54

4. PROCEDIMIENTO.....	55
4.1 FASE I: PRUEBA PILOTO.....	55
4.2 FASE II: PROCEDIMIENTO PROTOCOLO EXPERIMENTAL	60
4.3 ENMASCARAMIENTO	69
4.4 CONTROL DE SESGOS	69
4.5 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	70
4.6 CONSIDERACIONES ETICAS	71
5. RESULTADOS.....	73
6. DISCUSIÓN	79
7. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS	113

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Relación de publicaciones consideradas para el cálculo de tamaño de muestra.....	51
Tabla 2. Descripción de las variables antropométricas en los tres grupos de intervención.....	75
Tabla 3. Efecto del Kinesio-Taping sobre el desempeño muscular y el dolor de aparición tardía a las 48h, ajustado con los valores pre-ejercicio (análisis de covarianza, con categoría de referencia el grupo control).	75

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de diseño del estudio	48
Figura 2. Esquema del protocolo de la prueba piloto (Fase I)	56
Figura 3. Ubicación del participante en el dinamómetro isocinético para la ejecución de los protocolos de evaluación del desempeño muscular y de la sesión de ejercicio	57
Figura 4. Diseño experimental (Fase II)	61
Figura 5. Representación de los puntos de referencia para la aplicación de la técnica de corrección circulatoria el Kinesio-Taping o placebo.....	68
Figura 6. Técnica de corrección circulatoria.....	69
Figura 7. Comparaciones intra-grupo de las variables de desempeño muscular durante la contracción isométrica. A. Torque máximo y B. Tiempo al torque máximo en los tres grupos de intervención, por tiempo de medición. Los datos son presentados como $\bar{x} \pm EE$, * $p < 0.05$	76
Figura 8. Comparaciones intra-grupo de las variables de desempeño muscular durante la contracción isocinética. A. Torque máximo isocinético B. Tiempo al torque máximo y C. trabajo muscular, en los tres grupos de intervención, por tiempo de medición. Los datos son presentados como $\bar{x} \pm EE$. * $p < 0.05$	77
Figura 9. Intensidad del dolor, comparaciones intra y entre grupos. A. Intensidad del dolor durante contracciones dinámicas máximas y B. Intensidad del dolor durante la actividad funcional. Los datos son presentados como $\bar{x} \pm EE$. * $p < 0.05$, comparaciones intra-grupo; + $p < 0.05$, comparaciones entre los grupos	78

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Consentimiento informado.....	114
Anexo B. Formato de estandarización del dinamómetro y cicloergómetro ...	123
Anexo C. Reproducibilidad intraevaluador de las variables de desempeño muscular durante una contracción isométrica e isocinética empleando los valores máximos y promedios.....	124
Anexo D. Nivel de acuerdo y el promedio de las diferencias de las variables durante la evaluación de la contracción isométrica e isocinética.	125
Anexo E. Formato de tamizaje	126
Anexo F. Cuestionario internacional de actividad física.....	127
Anexo G. Descripción de las variables de desempeño muscular en los tres grupos y tiempos de medición.	130
Anexo H. Descripción de las variables de intensidad de dolor en los tres grupos y tiempos de medición.	131
Anexo I. Presupuesto.....	132

LISTA DE ABREVIATURAS

ADP: Adenosin disfosfato

AF: Actividad física

ATP: Adenosin trifosfato

AVD: Actividades de la vida diaria

CDC: Centro de control y prevención de la enfermedad

CK: Creatin Kinasa

cm: Centímetros

DOMS: Delayed onset muscle soreness - Dolor muscular de aparición tardía

EAV: Escala análoga visual

EE: Ejercicio excéntrico

EF: Ejercicio físico

EIAS: Espina iliaca anterosuperior

EMG: Electromiografía

FGF: Factor de crecimiento de fibroblastos

HGF: Factor de crecimiento de hepatocitos

HR: High responses

IGF: Factor de crecimiento similar a la insulina

IHE: Institute of health and economics

IL- G: Interleuquina G

IL-1 β : Interleuquina uno beta

IMC: Índice de masa corporal

IPAQ: International physical activity

J: Julios

kg: Kilogramos

KT: Kinesio-Taping

LDH: Lactato deshidrogenasa

LMA: Lesión muscular aguda

LW: Low responses

m: Metros
METS: Unidad de medida metabólica
mm: Milímetros
mmHg: Milímetros de mercurio
msec: Milisegundos
MVC: Máxima contracción voluntaria
Nm: Newton metro
PAS: Presión arterial sistólica
ROM: Range of motion
rpm: Repeticiones por minuto
s: Segundos
SEE: Sesión de ejercicio excéntrico
SNC: Sistema nervioso central
TGF- β : Factor de crecimiento transformante
TNF- α : Factor de necrosis tumoral α
UI: Unidades Internacionales

RESUMEN

TÍTULO: EFECTO DEL KINESIO-TAPING SOBRE EL DESEMPEÑO MUSCULAR Y EL DOLOR DE APARICIÓN TARDÍA DESPUÉS DE UNA SESIÓN DE EJERCICIO EXCÉNTRICO EN HOMBRES SANOS, FÍSICAMENTE ACTIVOS*

AUTOR: MARIA ALEJANDRA CAMACHO VILLA**

PALABRAS CLAVES: Desarrollo Motor, Destrezas Motoras Fundamentales, Actividad Física, Intervención, Preescolares

DESCRIPCIÓN

ANTECEDENTES: El Kinesio-Taping (KT) es una nueva modalidad terapéutica, ampliamente utilizada en la medicina deportiva. Sin embargo, la poca evidencia disponible apoya la aplicación de esta cinta en el tratamiento de lesiones. **OBJETIVO:** Determinar el efecto de KT en el desempeño muscular (DM) y dolor muscular de aparición tardía (DMAT) después de una sesión de ejercicio excéntrico en jóvenes sanos físicamente activos. **MÉTODOS:** 66 hombres sanos realizaron 200 contracciones excéntricas del cuádriceps dominante. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo control (C, sin tratamiento), placebo (S, sin tensión de la cinta), o Kinesio-Taping (KT, 10% de tensión de la cinta). Las mediciones del DM se realizaron con el dinamómetro isocinético y el DMAT se evaluó mediante la escala analógica visual. Las variables de salida fueron evaluadas antes del ejercicio (Pre), 48h y 96h después del ejercicio. Las comparaciones dentro del grupo se analizaron mediante un ANOVA de medidas repetidas y un ANCOVA se utilizó para las comparaciones entre los grupos. El comité de ética en investigación científica en salud aprobó el estudio. **RESULTADOS:** Una disminución significativa en el torque máximo isométrico e isocinético a las 48h fue detectado en el grupo C ($p=0.004$; $p=0.001$) y S ($p<0.01$); no se reportaron diferencias en el grupo KT ($p=0.19$). El trabajo muscular disminuyó en los tres grupos a las 48h (C, $p<0.01$; S, $p<0.01$; KT, $p=0.04$), y a las 96h aún permaneció disminuido en el grupo S ($p<0.01$). La intensidad del DMAT tuvo un aumento significativo en los tres grupos ($p<0.01$). Las comparaciones entre los grupos mostraron una menor intensidad del dolor en el grupo KT a las 48h ($p=0.01$). **CONCLUSIONES:** El KT disminuye la intensidad del dolor muscular en el cuádriceps después de una sesión de ejercicio excéntrico, sin embargo no tiene un impacto sobre el desempeño muscular.

* Trabajo de Maestría

** Universidad Industrial de Santander, Escuela de Salud, Maestría en Fisioterapia. Directora: DIANA CAROLINA DELGADO DÍAZ. Codirectora: ESPERANZA HERRERA VILLABONA Ft, MS, PhD.

ABSTRACT

TITLE: EFFECT OF KINESIO-TAPING ON MUSCLE PERFORMANCE AND DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS AFTER AN EXCENTRIC EXERCISE SESSION IN HEALTHY, PHYSICALLY ACTIVE MEN*

AUTHOR: MARIA ALEJANDRA CAMACHO**

KEY WORDS: Kinesio-Taping, muscle injuries, muscle performance, muscle soreness.

DESCRIPTION

BACKGROUND: Kinesio-Taping (KT) is a new therapeutic modality. Despite its wide use in sports medicine, minimal evidence supports the use of this tape in the treatment of muscle injuries. **AIM:** Determine the effect of KT in muscle performance (MP) and delayed onset muscle soreness (DOMS) after muscle damaged induced by a single session of lengthening contractions (LC) in healthy young men. **METHODS:** 66 healthy men. All subjects performed 200 isokinetic LC of the dominant quadriceps; then, subjects were randomized to either control (C; no treatment), sham (S; no tape tension), or Kinesio-Taping (KT; 10% tape tension) treated group. MP was assessed using an isokinetic dynamometer and DOMS with a Visual Analog Scale. The output variables were assessed before exercise (Pre), 48h and 96h post-exercise. Comparisons within group were analyzed by repeated measures ANOVA; ANCOVA was used for comparisons between groups. The Universidad Industrial de Santander IRB approved the study. **RESULTS:** Significant decrease in isometric and isokinetic peak torque was detected at 48h in C ($p=0.004$; $p=0.001$) and S group ($p<0.01$); no differences in KT group ($p=0.19$). Muscular work decreased in all groups at 48h (C, $p<0.01$; S, $p<0.01$; KT, $p=0.04$); at 96h, work in S-group remained lower than Pre ($p<0.01$). DOMS intensity increased in all groups at 48h ($p<0.01$). Comparisons between groups, showed lower DOMS intensity in the KT group at 48h ($p<0.01$). **CONCLUSIONS:** We conclude that KT reduces muscle soreness perception in the quadriceps after exercise-induced muscle damage; however, it does not affect muscular performance.

* Magister Work

** Universidad Industrial de Santander, Escuela de Salud, Maestría en Fisioterapia. Directora: DIANA CAROLINA DELGADO DÍAZ. Codirectora: ESPERANZA HERRERA VILLABONA Ft, MS, PhD.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones musculares agudas (LMA), desgarros, contusiones y laceraciones corresponden al 30% de las condiciones traumáticas registradas en deportistas de alto impacto (1-4). En jóvenes, representan el 12.1% de las lesiones deportivas en miembros inferiores, principalmente en cuádriceps, isquiotibiales y plantiflexores¹.

El proceso de reparación muscular de las LMA presenta tres fases; inflamatoria, de regeneración y remodelación^{2 3}. La fase inflamatoria corresponde a una reacción de las células relacionadas con la degradación y fagocitosis del tejido necrótico, liberación de citoquinas y factores de crecimiento que regulan la segunda fase^{4 5}. La regeneración muscular involucra la reparación de las miofibrillas alteradas, producción de tejido conectivo y de nuevos capilares en el área lesionada. Finalmente, la fase de remodelación es un periodo de maduración de las miofibrillas regeneradas, reorganización del tejido conectivo, y con ella la recuperación total de la capacidad funcional del músculo^{6 7 8}. Durante este proceso de reparación muscular, el individuo experimenta

¹ LABELLA, Cynthia R. Common acute sports-related lower extremity injuries in children and adolescents. En: Clinical Pediatric Emergency Medicine. Marzo, 2007, vol. 8, no. 1, p. 31-42.

² CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52-69.

³ IDE, Bernardo Neme, et al. Ações musculares excêntricas – Por que geram mais força? Por que geram mais traumas? En: Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologado. Enero, 2011, vol. 5, no. 25, p.61-68.

⁴ CLARKSON, op. cit.

⁵ LASTAYO, Paul C., et al. The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. En: The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. Mayo, 2003, vol. 58, no. 5, p. 419-424.

⁶ WARREN, Gordon L y PALUBINSKAS, Leigh E. Human and animal experimental muscle injury models. En: TIIDUS, PETER M. Skeletal muscle damage and repair. Estados Unidos: Human kinetics, 2007, p. 227-335.

⁷ CHEUNG, Karoline; HUME, Patria A. y MAXWELL, Linda. Delayed onset muscle soreness. En: Sports Medicine. 2003, vol. 33, no. 2, p. 145-164.

⁸ IDE, Op. cit.

perturbaciones fisiológicas incluidas la percepción del dolor^{9 10 11 12}, el incremento de los niveles de la actividad enzimática, como la creatin kinasa (CK)¹³, la disminución del desempeño muscular y del rango de movimiento (ROM)^{14 15 16 17 18}; por tanto el individuo presenta incapacidad transitoria para participar en las actividades de la vida diaria (AVD), ocupacionales, recreativas y/o competitivas^{19 20 21}.

Diversas y novedosas modalidades de intervención no farmacológicas se han utilizado por parte de los fisioterapeutas, entrenadores deportivos e

⁹ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

¹⁰ LASTAYO, Paul C., et al. The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. En: The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. Mayo, 2003, vol. 58, no. 5, p. 419-424.

¹¹ WARREN, Gordon L y PALUBINSKAS, Leigh E. Human and animal experimental muscle injury models. En: TIIDUS, PETER M. Skeletal muscle damage and repair. Estados Unidos: Human kinetics, 2007, p. 227-335.

¹² CHEUNG, Karoline; HUME, Patria A. y MAXWELL, Linda. Delayed onset muscle soreness. En: Sports Medicine. 2003, vol. 33, no. 2, p. 145-164.

¹³ CLARKSON, Op cit.

¹⁴ Ibídem.

¹⁵ IDE, Bernardo Neme, et al. Ações musculares excêntricas – Por que geram mais força? Por que geram mais traumas? En: Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologiado. Enero, 2011, vol. 5, no. 25, p.61-68.

¹⁶ FERRARI, Ricardo J, et al. Processo de regeneração na lesão muscular: uma revisão. En: Fisioterapia em Movimento. Abril, 2005, vol.18, no. 2, p. 63-71.

¹⁷ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: optimising recovery. En: Best Practice and Research Clinical Rheumatology Abril, 2007, vol. 21, no. 2, p. 317–331.

¹⁸ CLOSE, Graeme, et al. Skeletal muscle damage with exercise and aging. En: Sports Medicine. 2005, vol. 35, no. 5, p. 413-27.

¹⁹ CHEUNG. Op. cit.

²⁰ JARVINEN. Op. Cit.

²¹ HEDAYATPOUR, Nosratollah, et al. Delayed-onset muscle soreness alters the response to postural perturbations. En: Medicine Science in Sport and Exercise. Noviembre, 2011, vol. 43, p. 1010- 1016.

investigadores^{22 23 24}, con el propósito de acelerar el proceso de reparación muscular, principalmente en condiciones de competencia de alto rendimiento²⁵ ^{26 27}. El Kinesio-taping (KT), o vendaje neuromuscular elástico, es una herramienta terapéutica ampliamente utilizada en la última década, a partir de los Juegos Olímpicos de 2008. Esta alternativa de intervención fue creada con el propósito de disminuir el dolor y/o favorecer el proceso de reparación de los tejidos en numerosas patologías musculoesqueléticas, tales como el síndrome patelofemoral²⁸, dolor lumbar crónico²⁹, cervicalgias³⁰, tendinitis del maguito rotador³¹, pinzamiento subacromial³² y fascitis plantar³³ y LMA³⁴.

²² MCGRATH, Ryan P.; WHITEHEAD, James R. y CAINE, Dennis J. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on post-exercise delayed onset muscle soreness in young adults. En: International Journal of Exercise Science. 2014, vol. 7, no. 1, p.14- 21

²³ ZAINUDDIN, Zainal, et al. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. En: Journal of athletic training. Julio, 2005, vol. 40, no. 3, p. 174-180.

²⁴ CONNOLLY, Declan A; SAYERS, Stephen E. y MCHUGH, Malachy P. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. En: The Journal of Strength & Conditioning Research. Febrero, 2003, vol. 17, no. 1, p. 197-208.

²⁵ LABELLA, Cynthia R. Common acute sports-related lower extremity injuries in children and adolescents. En: Clinical Pediatric Emergency Medicine. Marzo, 2007, vol. 8, no. 1, p. 31-42.

²⁶ FERRARI, Ricardo J, et al. Processo de regeneração na lesão muscular: uma revisão. En: Fisioterapia em Movimento. Abril, 2005, vol.18, no. 2, p. 63-71.

²⁷ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: optimising recovery. En: Best Practice and Research Clinical Rheumatology Abril, 2007, vol. 21, no. 2, p. 317–331.

²⁸ AKBAS, Eda; ATAY, Ahmet Ozgur y YUKSEL, Inci. The effects of additional kinesio taping over exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome. En: Acta orthopaedica et traumatologica turcica. Febrero, 2011, vol. 45, no. 5, p. 335-341.

²⁹ CASTRO-SÁNCHEZ, Adelaida María, et al. Kinesio Taping reduces disability and pain slightly in chronic non-specific low back pain: a randomised trial. En: Journal of Physiotherapy. Junio, 2012, vol. 58, no. 2, p. 89-95.

³⁰ GONZÁLEZ-IGLESIAS, Javier, et al. Short-term effects of cervical kinesio taping on pain and cervical range of motion in patients with acute whiplash injury: a randomized clinical trial. En: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Julio, 2009, vol. 39, no. 7, p. 515-521.

³¹ THELEN, Mark D.; DAUBER, James A. y STONEMAN, Paul D. The clinical efficacy of kinesio tape for shoulder pain: a randomized, double-blinded, clinical trial. En: Journal of orthopaedic & sports physical therapy. Julio, 2008, vol. 38, no. 7, p. 389-395.

³² HSU, Yin-Hsin, et al. The effects of taping on scapular kinematics and muscle performance in baseball players with shoulder impingement syndrome. En: Journal of electromyography and kinesiology. Noviembre, 2009, vol. 19, no. 6, p. 1092-1099.

³³ TSAI, Chien-Tsung; CHANG, Wen-Dien y LEE, Jen-Pei. Effects of short-term treatment with kinesiotaping for plantar fasciitis. En: Journal of Musculoskeletal Pain. Enero, 2010, vol. 18, no. 1, p. 71-80.

³⁴ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

A pesar que el KT es ampliamente utilizado en el campo deportivo³⁵ para el tratamiento de las LMA y de microlesiones inducidas por el ejercicio físico³⁶, existen solo cinco estudios que respaldan la aplicación del KT en músculo esquelético ejercitado^{37 38}. Estas publicaciones tienen importantes limitaciones metodológicas relacionadas con el diseño del estudio, el tamaño de la muestra, la no especificación de la técnica de KT utilizada, el análisis estadístico inapropiado y la aplicación de herramientas de medición de manera inadecuada^{39 40 41}.

Por esta razón, fue necesario estudiar los efectos del KT sobre la atenuación de las perturbaciones fisiológicas inducidas por el ejercicio físico, que implican la evaluación del desempeño del músculo ejercitado y la percepción de la intensidad del dolor. Lo anterior con el fin de proporcionar evidencia para la toma de decisiones en el uso del KT en la práctica clínica y deportiva. Este trabajo de investigación se enmarca en las líneas de plasticidad muscular y modalidades físicas de rehabilitación y su interacción con los tejidos, del Grupo de Investigación de Estudio del Dolor, adscrito a la escuela de Fisioterapia de la Universidad Industrial de Santander.

³⁵ BICICI, Seda; KARATAS, Nihan y BALTACI, Gul. Effect of athletic taping and kinesiotaping on measurement of functional performance in basketball players with chronic inversion ankle sprain. En: International Journal Sports Physical Therapy. Abril, 2012, vol.7, no. 2, p.154-166.

³⁶ WILLIAMS, Sean, et al. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries. A meta-analysis of the evidence for its effectiveness. En: Sports Medicine. Febrero, 2012, vol. 42, no. 2, p.153-164.

³⁷ MOSTAFAVIFAR, Mehran; WERTZ, Jess y BORCHERS, James. A systematic review of the effectiveness of kinesio taping for musculoskeletal injury. En: The Physician and sports medicine, 2012, vol. 40, no 4, p. 33-40.

³⁸ OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: Journal of sport rehabilitation. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

³⁹ WILLIAMS, Op. cit.

⁴⁰ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

⁴¹ PARREIRA, Patricia do Carmo Silva, et al. Current evidence does not support the use of kinesio taping in clinical practice: a systematic review. En: Journal of Physiotherapy. Marzo, 2014, vol. 60, no. 1, p.31-39.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del Kinesio-Taping (KT) sobre el desempeño muscular y el dolor de aparición tardía en el músculo cuádriceps, derivado de una sesión de ejercicio excéntrico en hombres sanos, físicamente activos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los cambios en la intensidad del dolor muscular de aparición tardía y en el desempeño muscular del cuádriceps en los grupos control, placebo y KT a los 2 y 4 días después de una sesión de ejercicio excéntrico.
- Evaluar las diferencias en las variables descritas entre el grupo control, placebo y KT.

2. MARCO TEORICO

2.1 DESEMPEÑO MUSCULAR

El desempeño muscular es un concepto que no se encuentra claramente descrito en la literatura científica; sin embargo Kannus en 1994⁴² incluye en dicho constructo tres características importantes, la fuerza máxima, la potencia y el trabajo muscular.

La fuerza muscular se define desde una perspectiva biomecánica como la máxima tensión generada por las proteínas contráctiles durante una contracción isométrica, y permite determinar la capacidad del músculo esquelético para producir el máximo torque en un rango de movimiento determinado⁴³. La potencia es definida como la máxima fuerza producida en el músculo durante una contracción isotónica en el menor tiempo posible, la cual es tradicionalmente estimada durante su evaluación, mediante la variable tiempo al torque máximo⁴⁴. Finalmente, el trabajo muscular es la capacidad del musculoesquelético para generar fuerza submáxima durante todo el rango de movimiento disponible⁴⁵.

Estas tres características son necesarias para la ejecución de las actividades de la vida diaria (AVD), definidas como “actividades rutinarias ejecutadas por un individuo de manera independiente en función de los diferentes roles que incluyen: el cuidado personal, la comunicación y el desplazamiento”⁴⁶. Por esta

⁴² KANNUS, Paul. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. En: International Journal of Sports Medicine. Enero, 1994. vol. 15, no. 1, p. 11-18.

⁴³ KNUDSON, Duane. Fundamentals of biomechanics. 2 ed. Springer. Chicago, 2001. 108 p. ISBN 978-0-387-49311-4.

⁴⁴ *Ibídem*.

⁴⁵ HALL, Susan Jean. Basic biomechanics. 6 ed. Mosby, Incorporated. New york, 2007. ISBN 9780801620874.

⁴⁶ ROMERO AYUSO, Dulce María. Actividades de la vida diaria. En: Anales de psicología. 2007, vol. 23, nº 2 (diciembre), p. 264-271.

razón, la capacidad del sistema músculo esquelético para generar una contracción muscular eficiente es requisito para un desempeño funcional en la ejecución de las AVD y alcanzar una adecuada participación en sus roles⁴⁷.

2.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL EJERCICIO EXCÉNTRICO

El ejercicio físico (EF) es una subcategoría de la actividad física (AF). EF se define como una AF planificada, estructurada, repetitiva, cuyo propósito es mejorar y/o mantener la condición física del individuo^{48 49}. Diferentes estudios han determinado adaptaciones fisiológicas de la práctica adecuada del EF a mediano y largo plazo, en la estructura y el funcionamiento de los sistemas musculoesquelético, cardiorrespiratorio, vascular y metabólico^{50 51}.

Dentro de las adaptaciones musculares a mediano y largo plazo, se han descrito el aumento del flujo sanguíneo vascular periférico y del retorno venoso⁵², mayor resistencia a la fatiga muscular central y periférica^{53 54}, aumento en el umbral del lactato, formación de nuevos vasos capilares, cambios en la tipología y ángulo de penación de las fibras musculares, aumento en la eficiencia metabólica y por

⁴⁷ HAMILL, Joseph y KNUTZEN, Kathleen. Biomechanical basis of human movement. 3 ed. España: Lippincott Williams & Wilkins, 2009. 320.p.

⁴⁸ PESCATELLO, Linda S., et al. ACSM's Resource for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.p. 2-3.

⁴⁹ Ibídem.

⁵⁰ STEELE, James, et al. Resistance training to momentary muscular failure improves cardiovascular fitness in humans: a review of acute physiological responses and chronic physiological adaptations. En: Journal of Exercise Physiology online. Junio, 2012, vol.15, p. 53-80.

⁵¹ ROSSOW, Lindy M., et al. Arterial stiffness and blood flow adaptations following eight weeks of resistance exercise training in young and older women. En: Experimental Gerontology. Mayo, 2014, vol. 53, p. 48-46.

⁵² DORES, Hélder, et al. The hearts of competitive athletes: An up-to-date overview of exercise-induced cardiac adaptations. En: Revista Portuguesa de Cardiologia. Enero, 2015, vol. 34, no 1, p. 51-64.

⁵³ KRAEMER, William J.; DUNCAN, Noel D. y VOLEK, Jeff S. Resistance training and elite athletes: Adaptations and program considerations. En: Journal of orthopaedic and sports physical activity. Agosto, 1998, vol. 28, no. 2, p. 110-120.

⁵⁴ ALLEN, David G.; LAMB, Graham D.; WESTERBLAD, Håkan. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. Physiological reviews, 2008, vol. 88, no 1, p. 287-332.

tanto menor consumo de oxígeno^{55 56}, aumento en la sección transversa del músculo y del tejido conectivo⁵⁷. Estas adaptaciones musculares de orden estructural, fisiológico y biomecánico, que denotan la habilidad plástica del tejido musculoesquelético^{58 59} son específicas según el tipo de contracción muscular, intensidad, duración y eficacia del EF.

El EF que involucra contracciones excéntricas (alejar las inserciones musculares), induce microlesiones en las fibras musculares que activan una cadena de eventos moleculares para reparar los daños estructurales e inducir las adaptaciones mencionadas^{60 61}. Las microlesiones incluyen alteraciones en la línea Z, disrupción del sarcolema, pérdida y cambios en el espesor de los miofilamentos alterados mediante un proceso que presenta tres fases: inflamación, regeneración y remodelación^{62 63}.

La primera fase se caracteriza por la activación de células inflamatorias que liberan citoquinas, factores de crecimiento y de regulación miogénica para dar

⁵⁵ KONOPKA, Adam R., et al. Myosin heavy chain plasticity in aging skeletal muscle with aerobic exercise training. En: The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. Agosto, 2011, vol. 66, no 8, p. 835-841.

⁵⁶ FOLLAND, Jonathan P.; WILLIAMS, Alun G. Morphological and neurological contributions to increased strength. En: Sports medicine. Abril, 2007, vol. 37, no 2, p. 145-168.

⁵⁷ MACLINTOSH, Brian R ; GARDINER, Phillip F. y MCCOMAS, Alan. Muscle training. En: Skeletal muscle form and function. 2 ed. Estados Unidos: Human Kinetics, 2006. p.298-303.

⁵⁸ STEELE, James, et al. Resistance training to momentary muscular failure improves cardiovascular fitness in humans: a review of acute physiological responses and chronic physiological adaptations. En: Journal of Exercise Physiology online. Junio, 2012, vol.15, p. 53-80.

⁵⁹ FOLLAND, op. cit.

⁶⁰ CLARKSON, Priscilla M.; NOSAKA, Kazunori; BRAUN, Barry. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. En: Medicine and science in sports and exercise, 1992, vol. 24, no 5, p. 512-520.

⁶¹ GIVLI, Sefi. Contraction Induced Muscle Injury: Towards Personalized Training and Recovery Programs. En: Annals of biomedical engineering. Mayo, 2015, vol. 43, no 2, p. 388-403.

⁶² CLARKSON, NOSAKA, Op. cit.

⁶³ SHI, Xiaozhong; GARRY, Daniel J. Muscle stem cells in development, regeneration, and disease. En: Genes & development. Marzo, 2006, vol. 20, no 13, p. 1692-1708.

inicio a la siguiente fase del proceso^{64 65}. La regeneración se caracteriza por la activación, proliferación y diferenciación de las células satélites y su fusión con las miofibrillas existentes. Finalmente la remodelación es un periodo de maduración de las miofibrillas regeneradas^{66 67}.

Durante e inmediatamente después de la primera sesión de ejercicio excéntrico (SEE), se evidencia una disminución temporal del desempeño muscular^{68 69}, dolor localizado en el grupo muscular ejercitado⁷⁰, edema^{71 72}, limitación del ROM^{73 74}, aparición de proteínas musculares en sangre^{75 76} y alteraciones

⁶⁴ CHEN, Yi-Wen, et al. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 2003, vol. 95, no 6, p. 2485-2494.

⁶⁵ JÄRVINEN, Tero A.H., JÄRVINEN, Teppo L. N., KÄÄRIÄINEN, Minna. Muscle injuries biology and treatment. En: American Journal Sports Med 2005; Vol. 33, No. 5: p.745-764.

⁶⁶ IDE, Bernardo Neme, et al. Ações musculares excêntricas – Por que geram mais força? Por que geram mais traumas? En: Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologado. Enero, 2011, vol. 5, no. 25, p.61-68.

⁶⁷ JÄRVINEN, Op. Cit.

⁶⁸ CLARKSON, Priscilla M.; NOSAKA, Kazunori; BRAUN, Barry. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. En: Medicine and science in sports and exercise, 1992, vol. 24, no 5, p. 512-520.

⁶⁹ CLARKSON, Priscilla M. et. al. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. En: International Journal of Sports Medicine. (1986); Vol. 7, No. 3:p.152-155.

⁷⁰ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

⁷¹ HUBAL, Monica J.; RUBINSTEIN, Scott R.; CLARKSON, Priscilla M. Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening actions. En: Medicine and science in sports and exercise. Febrero, 2007, vol. 39, no 3, p. 461-468.

⁷² SERRÃO, Fábio Viadanna, et al. Assessment of the quadriceps femoris muscle in women after injury induced by maximal eccentric isokinetic exercise with low angular speed. En: Journal of sports science & medicine. Enero, 2007, vol. 6, no 1, p. 106.

⁷³ HUBAL, Op. cit.

⁷⁴ ESTON, Roger G., MICKLEBOROUGH, Jane y BALZOPOULOS, Vasilios. Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. En: British Journal of Sports Medicine. Febrero, 1995, vol. 29, no 2, p. 89-94.

⁷⁵ CLARKSON, HUBAL, Op. Cit.

⁷⁶ NOSAKA, Kazunori; NEWTON, Mike. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. En: The Journal of Strength & Conditioning Research, 2002, vol. 16, no 1, p. 117-122.

neuromusculares^{77 78} que involucran cambios en el patrón de reclutamiento de las unidades motoras^{79 80}.

A continuación, se presentará una revisión de la literatura científica sobre cada uno de las fases del proceso de reparación muscular, el impacto del ejercicio excéntrico sobre el desempeño muscular, las teorías que explican la aparición del dolor muscular de aparición tardía (delayed onset muscle soreness: DOMS) y la presencia de marcadores biológicos.

2.2.1 Proceso de reparación muscular. El proceso de reparación del músculo esquelético sigue un mismo patrón, independientemente de la causa de lesión (ejercicio, desgarro, contusión y laceración). Una SEE es ampliamente utilizada como modelo experimental de lesión muscular^{81 82} el cual permite el estudio de las fases del proceso de reparación muscular y de los posibles efectos de las diversas modalidades terapéuticas^{83 84}.

⁷⁷ ESTON, Roger G., MICKLEBOROUGH, Jane y BALTZOPOULOS, Vasilios. Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. En: British Journal of Sports Medicine. Febrero, 1995, vol. 29, no 2, p. 89-94.

⁷⁸ TIMONTHY, Karl. Physiology and Mechanisms of skeletal muscle damage. En: TIIDUS PETER; Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics, 2008. P. 233-239.

⁷⁹ HUBAL, Monica J.; RUBINSTEIN, Scott R.; CLARKSON, Priscilla M. Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening actions. En: Medicine and science in sports and exercise. Febrero, 2007, vol. 39, no 3, p. 461-468.

⁸⁰ SERRÃO, Fábio Viadanna, et al. Assessment of the quadriceps femoris muscle in women after injury induced by maximal eccentric isokinetic exercise with low angular speed. En: Journal of sports science & medicine. Enero, 2007, vol. 6, no 1, p. 106.

⁸¹ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52-69.

⁸² CHEN, Yi-Wen, et al. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 2003, vol. 95, no 6, p. 2485-2494.

⁸³ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: optimising recovery. En: Best Practice and Research Clinical Rheumatology Abril, 2007, vol. 21, no. 2, p. 317-331.

⁸⁴ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: Biology and treatment. En: The American Journal of Sports Medicine. Mayo, 2005, vol. 33, no. 5, p.745-766.

Así, los estudios realizados en humanos, revisados a continuación, han demostrado la relación entre la pérdida de fuerza muscular máxima después de una SEE y los daños generados a partir de las microlesiones localizadas en el músculo (4, 69), así como el tipo de fibra más vulnerable a la lesión y el tiempo en el cual se espera la aparición de las perturbaciones fisiológicas.

Friden y cols.⁸⁵ examinaron biopsias musculares tomadas 1h, 3 y 6d después de realizar pedaleo en reversa. Los análisis en cada uno de los tiempos de medición mostraron un mayor número de fibras musculares con alteración de la integridad de la línea Z, cambios en la disposición de filamentos en la banda A y pérdida en el espesor de miofilamentos, principalmente en las fibras tipo II, 1h post-ejercicio, comparado con las mediciones realizadas a los 6d. En contraste, Newham y cols.⁸⁶, utilizando un modelo de SEE específico para un grupo muscular, mostraron un mayor número de fibras musculares lesionadas a las 24 y 48h después del ejercicio, comparado con aquellas biopsias tomadas inmediatamente después del ejercicio. Las diferencias en las conclusiones de estos dos estudios, responden principalmente al tipo de protocolo de ejercicio utilizado para inducir lesión muscular.

Stauber y cols.⁸⁷ estudiaron biopsias tomadas del bíceps braquial 48h después de realizada una SEE, con el fin de examinar los cambios en la matriz extracelular. Durante su análisis se encontró degranulación de los mastocitos principalmente cerca de los vasos sanguíneos, infiltración de células mononucleares, fibrinógeno y albumina en la región del perimysio y endomysio. El hallazgo de este tipo de células a las 48h después de una SEE demostró la activación del proceso inflamatorio como primera fase de la reparación muscular.

⁸⁵ FRIDEN, Jan, et al. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. En: International journal of sports medicine. Marzo, 1983, vol. 4, no 3, p. 170-176.

⁸⁶ NEWHAM, Dewnin. et al. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. En: Clinical Science (Colch). 1988. Vol. 74, p. 553-557.

⁸⁷ STAUBER, W. T., et al. Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 1990, vol. 69, no 3, p. 868-874.

Así, debido al estallido de la sarcómera (disrupción de la línea Z), se inicia la migración de neutrófilos y macrófagos al lugar de microlesión^{88 89 90}, éstos inician la liberación de sustancias quimiotácticas (factores de crecimiento, citoquinas y quimiocinas), las cuales aportan a la activación de las células satélites y a la magnificación de la respuesta de las células inflamatorias para iniciar el proceso de fagocitosis celular^{91 92}.

Las sustancias quimiotácticas, principalmente el factor de necrosis tumoral- α (TNF- α), la interleuquina-1 β (IL-1 β) e interleuquina-6 (IL-6), son factores esenciales para iniciar la siguiente fase del proceso de reparación^{93 94} que involucra la activación de las células satélite ubicadas entre el plasmalema de la miofibrilla y la lámina basal. Estas células mononucleadas, inician su ciclo celular para convertirse en mioblastos e incluir un nuevo núcleo celular a la fibra en reparación⁹⁵. Todos los procesos de modulación de expresión de factores reguladores miogénicos (MFR del inglés *myogenic regulatory factors*), codificación y síntesis de proteínas (troponina I y la miosina de cabeza pesada), y proliferación de las células satélites durante la fase de regeneración, son mediados por los factores de crecimiento de fibroblastos (FGF), factor de

⁸⁸ IDE, Bernardo Neme, et al. Ações musculares excêntricas – Por que geram mais força? Por que geram mais traumas? En: Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologado. Enero, 2011, vol. 5, no. 25, p.61-68.

⁸⁹ CHEN, Yi-Wen, et al. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 2003, vol. 95, no 6, p. 2485-2494.

⁹⁰ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: Biology and treatment. En: The American Journal of Sports Medicine. Mayo, 2005, vol. 33, no. 5, p.745-766.

⁹¹ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: optimising recovery. En: Best Practice and Research Clinical Rheumatology Abril, 2007, vol. 21, no. 2, p. 317–331.

⁹² JARVINEN, Muscle injuries: optimising recovery. Op. cit.

⁹³ Ibídem.

⁹⁴ CLOSE, Graeme, et al. Skeletal muscle damage with exercise and aging. En: Sports Medicine. 2005, vol. 35, no. 5, p. 413-27.

⁹⁵ JARVINEN, Muscle injuries: Biology and treatment. Op. cit.

crecimiento transformante (TGF- β), factor de crecimiento de hepatocitos (HGF) y principalmente el factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1)^{96 97}.

Finalmente la fase de remodelación inicia con reestructuración de las nuevas proteínas sintetizadas, generación de sus estriaciones cruzadas normales y la ubicación de los núcleos en la periferia de la fibra muscular. Este proceso permite alcanzar la recuperación óptima de la función contráctil del músculo esquelético⁹⁸

^{99 100}.

2.2.2 Impacto del ejercicio excéntrico sobre el desempeño muscular. Con el fin de investigar las etapas del proceso de reparación muscular y las perturbaciones fisiológicas generadas después de una SEE, diversos estudios se han enfocado en determinar su impacto sobre la fuerza muscular máxima¹⁰¹
^{102 103}. Sin embargo, las características del desempeño muscular, como tiempo al torque máximo y el trabajo, no han sido aún estudiadas a profundidad.

La pérdida prolongada de la fuerza muscular máxima después de una SEE es considerada como una de las medidas indirectas más válidas y reproducibles de

⁹⁶ TIMONTHY, Karl. Physiology and Mechanisms of skeletal muscle damage. En: TIIDUS PETER; Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics, 2008. P. 233-239.

⁹⁷ CHEN, Yi-Wen, et al. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 2003, vol. 95, no 6, p. 2485-2494.

⁹⁸ MACLINTOSH, Brian R ; GARDINER, Phillip F. y MCCOMAS, Alan. Muscle training. En: Skeletal muscle form and function. 2 ed. Estados Unidos: Human Kinetics, 2006. p.298-303.

⁹⁹ CHARGE, Sophie BP; RUDNICKI, Michael A. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. En: Physiological reviews. Marzo, 2004, vol. 84, no 1, p. 209-238.

¹⁰⁰ JARVINEN, Tero AH; JARVINEN, Markku y KALIMO, Hannu. Regeneration of injured skeletal muscle after the injury. En: Muscles, Ligaments and Tendons Journal. Febrero, 2013, vol.3, no. 4, p.337-345.

¹⁰¹ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52-69.

¹⁰² FRIDEN, Jan; LIEBER, Richard L. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. Medicine and science in sports and exercise, 1992, vol. 24, no 5, p. 521-530.

¹⁰³ FAULKNER, John A.; BROOKS, Susan V.; OPITECK, Julie A. Injury to skeletal muscle fibers during contractions: conditions of occurrence and prevention. En: Physical therapy, 1993, vol. 73, no 12, p. 911-921.

lesión muscular en humanos^{104 105 106}. Estudios experimentales han demostrado cómo el alargamiento de un músculo más allá del 40% de su longitud óptima durante las contracciones excéntricas, impone una tensión mecánica inusual en el músculo^{107 108}, generando microlesiones musculares y disminución de la capacidad de producción de fuerza después del ejercicio¹⁰⁹.

La magnitud de la disminución de la fuerza máxima y su patrón de recuperación después de una SEE depende del modelo de ejercicio utilizado. La fuerza muscular máxima disminuye aproximadamente en un 30% al realizar ejercicios que involucren numerosas contracciones excéntricas en un grupo muscular específico, y su tiempo de recuperación es cercano a los 10 días^{110 111}. En contraste, los protocolos que involucren varios grupos musculares, tales como la caminata cuesta abajo o el pedaleo en reversa, generan una pérdida de fuerza

¹⁰⁴ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

¹⁰⁵ TIMONTHY, Karl. Physiology and Mechanisms of skeletal muscle damage. En: TIIDUS PETER; Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics, 2008. P. 233-239.

¹⁰⁶ WARREN, Gordon L.; LOWE, Dawn A. y ARMSTRONG, Robert B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. En: Sports Medicine, 1999, vol. 27, no 1, p. 43-59.

¹⁰⁷ BEHRENS, M.; MAU-MOELLER, A.; BRUHN, S. Effect of exercise-induced muscle damage on neuromuscular function of the quadriceps muscle. En: International journal of sports medicine, 2012, vol. 33, no 8, p. 600.

¹⁰⁸ HOWELL, John N.; CHLEBOUN, G.; CONATSER, R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. En: The Journal of physiology, 1993, vol. 464, no 1, p. 183-196.

¹⁰⁹ FAULKNER, John A.; BROOKS, Susan V.; OPITECK, Julie A. Injury to skeletal muscle fibers during contractions: conditions of occurrence and prevention. En: Physical therapy, 1993, vol. 73, no 12, p. 911-921.

¹¹⁰ HUBAL, Monica J.; RUBINSTEIN, Scott R.; CLARKSON, Priscilla M. Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening actions. En: Medicine and science in sports and exercise. Febrero, 2007, vol. 39, no 3, p. 461-468.

¹¹¹ NEWHAM, Dornin. et al. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. En: Clinical Science (Colch). 1988. Vol.74, p. 553–557.

máxima entre el 10 - 30 % inmediatamente después del ejercicio, con un tiempo de recuperación de tan sólo 24h¹¹².

Newham y cols.¹¹³ utilizando una SEE de los flexores del codo en dos condiciones, arco corto (0° la máxima flexión a 60° de flexión) y arco largo (45° a 180° de extensión), detectaron una disminución de la fuerza muscular máxima en el arco corto de 10% y en el largo del 30%. Los autores concluyeron que los cambios en la fuerza muscular máxima en el arco largo son debido a la existencia de una deformación de las sarcómeras dentro del músculo más allá de su longitud óptima.

Saxton y col.¹¹⁴ midieron la capacidad de generar fuerza máxima en diferentes ángulos de flexión de muñeca (50, 90, y 160° de flexión) al primer, cuarto y décimo día después una SEE de los músculos flexores (70 contracciones isocinéticas). Los resultados mostraron una disminución significativa de la fuerza en todos los ángulos y momentos de medición, después del ejercicio. Sin embargo, la producción de fuerza a los 50° y 90° fue significativamente menor comparado con la registrada a los 160° de flexión. Así mismo, se encontraron cambios en el ángulo de producción de la fuerza máxima, sugiriendo un aumento transitorio en la longitud óptima para la producción de fuerza máxima en respuesta a la SEE.

¹¹² ESTON, Roger G., MICKLEBOROUGH, Jane y BALTZOPOULOS, Vasilios. Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. En: British Journal of Sports Medicine. Febrero, 1995, vol. 29, no 2, p. 89-94.

¹¹³ NEWHAM, Dearnin. et al. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. En: Clinical Science (Colch). 1988. Vol.74, p. 553-557.

¹¹⁴ SAXTON, J. M.; DONNELLY, A. E. Length-specific impairment of skeletal muscle contractile function after eccentric muscle actions in man. En: Clinical Science. Marzo, 1996, vol. 90, no Pt 2, p. 119-125.

Serrão y cols¹¹⁵ plantearon un protocolo de ejercicio excéntrico (4 series, 15 contracciones excéntricas máximas) a una velocidad de 5°/s con el fin de evaluar el grado de lesión muscular y el tiempo de recuperación del cuádriceps mediante la máxima contracción voluntaria (MVC). Los resultados mostraron una pérdida de la fuerza muscular inmediatamente después del ejercicio (~40%), con una recuperación de la fuerza muscular entre el quinto al séptimo día después del ejercicio. Los resultados presentados por los autores¹¹⁶ son de gran importancia para nuestra revisión debido a que involucra el mismo grupo muscular y mediciones homólogas y comparables para el desarrollo de la investigación como la fuerza máxima isométrica. Así mismo, es importante resaltar la calidad de la descripción de materiales y métodos y el análisis estadístico, permitiendo relacionar de manera sencilla el impacto de una SEE en la fuerza máxima isométrica.

La potencia muscular definida como el máximo torque alcanzado en el menor tiempo posible, es una de las tres características principales del desempeño muscular, el cual se asume es impactada de manera negativa después de una SEE¹¹⁷. Aunque existen estudios que han evaluado esta característica, son pocos los reportes que existen sobre el efecto de la lesión inducida por una SEE en la potencia muscular. La variable utilizada en los escasos estudios experimentales para representar la potencia muscular es tiempo al torque máximo (*Time to peak torque (msec) o rate to peak*) y se define como la medida del tiempo desde el

¹¹⁵ SERRÃO, Fábio Viadanna, et al. Assessment of the quadriceps femoris muscle in women after injury induced by maximal eccentric isokinetic exercise with low angular speed. En: Journal of sports science & medicine. Enero, 2007, vol. 6, no 1, p. 106.

¹¹⁶ Ibídem.

¹¹⁷ KANNUS, Paul. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. En: International Journal of Sports Medicine. Enero, 1994. vol. 15, no. 1, p. 11-18.

inicio de una contracción muscular hasta el punto del máximo torque desarrollado durante una contracción isométrica o isocinética^{118 119 120}.

Jenkis y cols.(82) examinaron el tiempo al torque máximo isométrico después de una SEE. Para el desarrollo del estudio se reclutaron 18 hombres, los cuales ejecutaron un protocolo de 6 series de 10 contracciones excéntricas máximas a una velocidad angular de 30°/s en el músculo cuádriceps. Las variables de salida y los niveles de creatin kinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH) fueron medidas antes, inmediatamente después, 24, 48 y 72h pos-ejercicio. Los resultados mostraron una disminución del tiempo al pico con diferencias significativas inmediatamente después, a las 24 y 48h, el cual volvió a su valor pre-ejercicio a las 72h. Este estudio muestra cómo el tiempo al torque máximo es influenciado negativamente por una SEE; no obstante, se observa un rápido patrón de recuperación de esta variable comparado con la fuerza máxima. Sin embargo, esta variable no ha sido suficientemente estudiada, por tanto, no se encuentra debidamente descrita en la literatura científica. Dentro de las fortalezas del estudio se identifican la adecuada descripción de materiales y métodos y el análisis estadístico, siendo datos comparables para el desarrollo de esta investigación. Sin embargo, conceptualmente esta variable no mide directamente potencia muscular.

Finalmente, el trabajo muscular definido como la capacidad del músculo para producir fuerza a través de todo el rango de movimiento ha sido estudiado en pocas investigaciones con el objetivo de evaluar el progreso de la rehabilitación muscular, debido a que representa la funcionalidad del músculo como unidad de

¹¹⁸ KNUDSON, Duane. Fundamentals of biomechanics. 2 ed. Springer. Chicago, 2001. 108 p. ISBN 978-0-387-49311-4..

¹¹⁹ HALL, Susan Jean. Basic biomechanics. 6 ed. Mosby, Incorporated. New york, 2007. ISBN 9780801620874.

¹²⁰ HAMILL, Joseph y KNUTZEN, Kathleen. Biomechanical basics of human movement. 3 ed. España: Lippincott Williams & Wilkins, 2009. 320.p.

análisis¹²¹. Chapman y cols¹²² investigaron el impacto de una SEE sobre marcadores indirectos de lesión muscular como el trabajo muscular y fuerza máxima isométrica; para este estudio fueron reclutadas 53 personas las cuales realizaron 10 series de 6 contracciones máximas excéntricas a 90°/s. Se midió la fuerza máxima isométrica, ROM, niveles de actividad de la enzima CK y la intensidad del DOMS, inmediatamente después y desde el primero hasta el cuarto día después del ejercicio. Los resultados mostraron una gran variabilidad entre los sujetos en referencia al trabajo muscular; el trabajo muscular no se correlaciona con ningún marcador de lesión muscular inducida por una SEE ($r=0,3$) a diferencia de la fuerza máxima isométrica ($r=0,88$)¹²³.

2.2.3 Generación de dolor de aparición tardía. El DOMS es una de las perturbaciones fisiológicas que experimenta el individuo después de una SEE. La investigación alrededor de este fenómeno inició en 1902 por Houg¹²⁴, quien sugirió que el estrés mecánico aplicado al músculo durante la ejecución de un ejercicio vigoroso, causaba daño muscular y como resultado la presencia de dolor. La evaluación subjetiva del DOMS es realizada tradicionalmente por medio de una escala análoga visual (EAV), numérica o verbal con el fin de determinar la intensidad del dolor percibida¹²⁵. En esta evaluación, el sujeto debe marcar en una línea la severidad del dolor percibido de acuerdo a las instrucciones dadas por el investigador. Warren y cols¹²⁶ reportaron que la

¹²¹ DELGADO, Diana Carolina. Functional and Molecular Effects of Therapeutic Ultrasound On Skeletal Muscle Repair. Disertacion Doctoral. Estados Unidos, California: Universidad de Carolina del Sur, 2012. p. 50.

¹²² CHAPMAN, Dale W., et al. Work and peak torque during eccentric exercise do not predict changes in markers of muscle damage. En: British journal of sports medicine, 2008, vol. 42, no 7, p. 585-591.

¹²³ Ibidem.

¹²⁴ HOUGH, H. Ergographic studies in muscular soreness. En: American Journal Physiology. Enero, 1902, vol. 7, p. 76–92.

¹²⁵ SAYERS, Salis y HUBAL, M. Histological, chemical and functional manifestations of muscle damage. En: TIIDUS P. Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics, 2007.

¹²⁶ WARREN, Gordon L.; LOWE, Dawn A. y ARMSTRONG, Robert B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. En: Sports Medicine, 1999, vol. 27, no 1, p. 43-59.

intensidad del DOMS es una variable de salida, medida de manera subjetiva en el 63% de los estudios realizados en humanos, por tanto es considerada como un adecuado indicador de lesión muscular.

El DOMS aparece horas después de la realización de una SEE, evidenciándose su intensidad más alta entre las 24 - 48h después del ejercicio. La intensidad de dolor varía dependiendo del tipo de protocolo utilizado¹²⁷, es decir, modelos de ejercicio que incluyen correr cuesta abajo, producen una intensidad de dolor entre 4 a 5 cm en una escala de 1 a 10 (siendo 10 el máximo dolor); máximas contracciones excéntricas de grupos musculares específicos como los flexores del codo o extensores de rodilla, generan una intensidad de dolor entre 7 a 8 cm^{128 129}. La diferencia en la intensidad del dolor percibido se relaciona con la magnitud de la lesión muscular generada, evidenciada principalmente en la pérdida de la fuerza muscular¹³⁰. No obstante aunque la intensidad de dolor es diferente entre la caminata cuesta abajo vs. Las contracciones excéntricas máximas aisladas, el tiempo de aparición y su resolución es similar^{131 132}.

Estudios realizados por Newham y cols¹³³ plantean la localización del dolor muscular a lo largo de todo el músculo después de una SEE, sin embargo otros estudios sugieren su ubicación en la porción distal del músculo, específicamente

¹²⁷ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

¹²⁸ *Ibíd.*

¹²⁹ SAYERS, Salis y HUBAL, M. Histological, chemical and functional manifestations of muscle damage. En: TIIDUS P. Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics, 2007.

¹³⁰ CLARKSON, op. cit.

¹³¹ CHEUNG, Karoline; HUME, Patria A.; MAXWELL, Linda. Delayed onset muscle soreness. Sports Medicine, 2003, vol. 33, no 2, p. 145-164.

¹³² HEDAYATPOUR, Nosratollah, et al. Delayed-onset muscle soreness alters the response to postural perturbations. En: Medicine Science in Sport and Exercise. Noviembre, 2011, vol. 43, p. 1010- 1016.

¹³³ NEWHAM, Dearnin. et al. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. En: Clinical Science (Colch). 1988. Vol.74, p. 553–557.

en la unión miotendinosa. Friden y cols¹³⁴ respaldan la localización del dolor en la unión miotendinosa, basándose en la arquitectura específica del músculo en este punto. La orientación oblicua de las fibras musculares justo en la unión hace a estas fibras vulnerables a las altas tensiones asociadas con el EE. Así mismo, otros autores han sugerido que debido a la ubicación de los receptores del dolor, en los tendones y el tejido conectivo, se explica la percepción del dolor en la porción distal del músculo¹³⁵.

Friden y cols.¹³⁶ examinaron el área de sección transversa muscular y la presión intramuscular 48h después de realizar una SEE en el músculo tibial anterior; explorando estas dos variables de evaluación objetiva del edema, como causa del DOMS. Aunque el edema es evidente después de una SEE, su presencia no coincide con el tiempo de aparición del DOMS. El edema inicia 48h pos-ejercicio excéntrico, y su mayor extensión es a los 10 días después del ejercicio¹³⁷. Sin embargo, Clarkson y cols.¹³⁸ señalaron que el edema se localiza dentro del tejido muscular hasta 5 días después del ejercicio y luego se traslada a la zona subcutánea. Esta hipótesis, sugiere que el edema en las fibras musculares activa las terminaciones nerviosas libres en el músculo, lo que podría contribuir a la percepción de dolor.

Por otra parte, mediadores químicos tales como la histamina, bradiquininas y prostaglandinas, han sido implicados en la generación del DOMS. Estas

¹³⁴ FRIDEN, Jan; LIEBER, Richard L. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine and science in sports and exercise*, 1992, vol. 24, no 5, p. 521-530.

¹³⁵ NOSAKA, Kazunori; NEWTON, Mike. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. En: *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2002, vol. 16, no 1, p. 117-122.

¹³⁶ FRIDÉN, Jan, et al. Residual muscular swelling after repetitive eccentric contractions. *Journal of orthopaedic research*, 1988, vol. 6, no 4, p. 493-498.

¹³⁷ CLARKSON, Priscilla M.; NOSAKA, Kazunori; BRAUN, Barry. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. En: *Medicine and science in sports and exercise*, 1992, vol. 24, no 5, p. 512-520.

¹³⁸ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52-69.

sustancias se liberan cuando el tejido muscular es lesionado, y activan las fibras nerviosas aferentes tipo III y tipo IV, las cuales transmiten la señal dolorosa al sistema nervioso central^{139 140}. A su vez, la acción excitatoria de estas sustancias químicas, sensibiliza a los nociceptores musculares, lo que puede reducir el umbral para su estimulación^{141 142}. De esta manera, el DOMS puede ser explicado por la deformación y/o estimulación mecánica, así como por la irritación química de los nociceptores polimodales sensibles a las sustancias químicas¹⁴³.

2.2.4 Marcadores biológicos de microlesión muscular: niveles de actividad de la enzima Creatin Kinasa. Estudios han evaluado la aparición de las proteínas del músculo en sangre después de una SEE para proporcionar evidencia indirecta de microlesión muscular. El nivel de actividad de las enzimas como la lactato deshidrogenasa, aspartato aminotransferasa, isoenzima de la anhidrasa carbónica II, y creatin kinasa (CK) han sido las tradicionalmente estudiadas. Sin embargo, otro tipo de proteínas como la mioglobina, la troponina y la miosina de cadena pesada han sido incluidas en algunos estudios para confirmar la presencia de la lesión muscular^{144 145}.

Aunque el nivel de actividad de estas proteínas en sangre aumenta después de una SEE, la CK ha sido la más estudiada debido a la magnitud de cambio en relación con las otras enzimas y el bajo costo de la prueba de laboratorio,

¹³⁹ CHEUNG, Karoline; HUME, Patria A. y MAXWELL, Linda. Delayed onset muscle soreness. En: Sports Medicine. 2003, vol. 33, no. 2, p. 145-164.

¹⁴⁰ BABENKO, Victor, et al. Duration and distribution of experimental muscle hyperalgesia in humans following combined infusions of serotonin and bradykinin. En: Brain research, 2000, vol. 853, no 2, p. 275-281.

¹⁴¹ CHEUNG, op. cit.

¹⁴² BABENKO, op. cit.

¹⁴³ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52-69.

¹⁴⁴ Ibídem.

¹⁴⁵ BYRNES, William C., et al. Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. Journal of Applied Physiology, 1985, vol. 59, no 3, p. 710-715.

convirtiéndola en la mejor prueba sanguínea para determinar la presencia de lesión muscular¹⁴⁶. Sin embargo, no existe una revisión de la literatura que estudie todos estos marcadores por lo que no se sabe cómo se relacionan entre sí en el tiempo y el grado de aparición en sangre¹⁴⁷.

2.3 MECANISMOS DEL VENDAJE NEUROMUSCULAR Y SU INTERACCIÓN CON LOS TEJIDOS

El vendaje neuromuscular es producido por una variedad de casas comerciales, Kinesiotape, Kinesiology Tape, Kinesio Tex, Kinesio Elastic Tape, Kinesio Orthopaedic Tape, athletic Tape, elastic tape, Neuroproprioceptive tape, Easy Tape and Kinesio-taping®. Esta técnica de intervención tiene su origen en las ciencias alternativas de la quiropraxia, la Kinesiología, el yoga y el feng shui¹⁴⁸, las cuales consideran que la actividad muscular y el movimiento corporal humano son indispensables para mantener y restablecer la salud. Es así como el sistema musculoesquelético al ser necesario para el movimiento, influye en la homeostasis del organismo al actuar directamente sobre el sistema sanguíneo, el sistema linfático, sobre la temperatura corporal y el metabolismo. Por tal razón si el sistema musculoesquelético no funciona de manera adecuada, puede generar síntomas y patologías en otros sistemas del organismo¹⁴⁹.

El vendaje neuromuscular es una modalidad de intervención terapéutica que inicia de manera empírica en Japón en la década de los setenta. No obstante,

¹⁴⁶ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

¹⁴⁷ SCHWANE, James A., et al. Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. En: Medicine and Science in Sports and Exercise, 1982, vol. 15, no 1, p. 51-56.

¹⁴⁸ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

¹⁴⁹ KASE, Kenso; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

en los últimos años debido a su gran uso en la cultura occidental, después de los juegos olímpicos de Bejín en 2008, se empezó a investigar sus posibles efectos a través del método científico. Sin embargo, la investigación sobre esta técnica es aún incipiente a pesar de su creciente uso en el ámbito clínico y principalmente deportivo^{150 151}.

Kenzo Kase, kinesiólogo y quiropráctico japonés, propuso una alternativa terapéutica natural para favorecer la recuperación de los tejidos lesionados, experimentando con vendajes y técnicas tradicionales. Sin embargo, a pesar de que el vendaje aportó estabilidad y soporte a las articulaciones, sus efectos negativos tales como la congestión venosa y linfática, la alteración de la movilidad, la aparición de rigidez, fibrosis y adherencias limitaron el proceso de recuperación tisular^{152 153}. Por esta razón, Kase propuso un vendaje elástico que pretende favorecer la función muscular, manteniendo una adecuada circulación sanguínea, y aumentando la información propioceptiva de la estructura lesionada. Todo lo anterior con el propósito de activar y acelerar los procesos de reparación tisular^{154 155}.

Para el desarrollo del vendaje y su técnica de aplicación, el autor ha hipotetizado sobre los posibles mecanismos a partir de la fundamentación anatómica y fisiológica del sistema musculoesquelético, circulatorio y tegumentario^{156 157}. Parte de la propuesta terapéutica de Kase, denominado Kinesio-Taping (KT),

¹⁵⁰ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

¹⁵¹ KASE, op. cit.

¹⁵² *Ibíd.*

¹⁵³ PARREIRA, Patricia do Carmo Silva, et al. Current evidence does not support the use of kinesio taping in clinical practice: a systematic review. En: Journal of Physiotherapy. Marzo, 2014, vol. 60, no. 1, p.31-39.

¹⁵⁴ *Ibíd.*

¹⁵⁵ KASE, Kenzo; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

¹⁵⁶ PARREIRA, op. cit.

¹⁵⁷ *Ibíd.*

enfatisa en diferentes técnicas de aplicación a partir de los cuales se plantean tres efectos clínicos, circulatorio, analgésico y neumomecánico. *El efecto circulatorio* genera un aumento en el drenaje y perfusión de los tejidos favoreciendo el proceso de reparación. Lo anterior, probablemente mediante su efecto de levantamiento dado por las convoluciones del vendaje, aumentando el espacio subcutáneo donde se encuentran los vasos perilinfáticos y capilares¹⁵⁸ ¹⁵⁹ ¹⁶⁰. *El efecto analgésico* propone una posible disminución de la presión sobre los receptores que se encuentran en el espacio subcutáneo debido al efecto de levantamiento ya mencionado. Así mismo, asumiendo un efecto positivo en el sistema circulatorio se favorece la eliminación de las sustancias químicas pro-inflamatorias, generadoras de dolor que irritan las terminaciones libres¹⁶¹ ¹⁶². Finalmente el *efecto neuromecánico* incluye la facilitación de la contracción muscular, aumento en la estimulación de los propioceptores favoreciendo la función articular y la postura y facilitando la función de las fascias al mejorar su interrelación y evitando adherencias¹⁶³ ¹⁶⁴. Estos efectos se plantean bajo la hipótesis de la relación entre el sistema nervioso central (SNC), el sistema

¹⁵⁸ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

¹⁵⁹ WILLIAMS, Sean, et al. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries. A meta-analysis of the evidence for its effectiveness. En: Sports Medicine. Febrero, 2012, vol. 42, no. 2, p.153-164.

¹⁶⁰ KALRON, Alon, & BAR-SELA, S. A systematic review of the effectiveness of Kinesio Taping -fact or fashion? Eur J Phys Rehabil Med. 2013;49(5):699-709.

¹⁶¹ ELLIS, op. cit.

¹⁶² CALLAGHAN, Michael J.; SELFE, James. Patellar taping for patellofemoral pain syndrome in adults. Cochrane Database Syst Rev, 2012, vol. 4.

¹⁶³ BICICI, Seda; KARATAS, Nihan y BALTACI, Gul. Effect of athletic taping and kinesiotaping on measurement of functional performance in basketball players with chronic inversion ankle sprain. En: International Journal Sports Physical Therapy. Abril, 2012, vol.7, no. 2, p.154-166.

¹⁶⁴ LEMOS, Thiago Vilela, et al. The effect of kinesio taping in forward bending of the lumbar spine. En: Journal of physical therapy science, 2014, vol. 26, no 9, p. 1371.

musculoesquelético, la piel y fascias por medio de la organización, ejecución y regulación del movimiento corporal humano^{165 166}.

Así mismo, el posible mecanismo planteado en relación a la facilitación de la contracción muscular propone una activación de los mecanorreceptores lentos tipo II ubicados en la dermis gracias a la estimulación cutánea del KT. Todo lo anterior, induce a un aumento en el reclutamiento de las unidades motoras, facilitación de la contracción debido a la activación constante de las fascias, lo cual permite alcanzar la longitud óptima de tensión al acortar la distancia entre el origen y la inserción del músculo¹⁶⁷.

En la actualidad, revisiones sistemáticas y metanálisis señalan la pobre calidad metodológica de los pocos estudios publicados que fundamentan el uso de KT para la prevención o tratamiento de lesiones musculoesqueléticas^{168 169 170}. El metanálisis desarrollado por Cspao y cols.¹⁷¹ en 2014 analizó 19 artículos en relación al efecto del KT sobre la fuerza muscular. La mayoría de los estudios incluidos en el estudio (79%), investigaron los efectos de KT utilizando un diseño de medidas repetidas, mientras que sólo el 21% de los estudios se llevaron a cabo como estudios experimentales controlados¹⁷². Para evaluar el nivel de

¹⁶⁵ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

¹⁶⁶ PARREIRA, Patricia do Carmo Silva, et al. Current evidence does not support the use of kinesio taping in clinical practice: a systematic review. En: Journal of Physiotherapy. Marzo, 2014, vol. 60, no. 1, p.31-39.

¹⁶⁷ CSAPO, Robert; ALEGRE, Luis M. Effects of Kinesio® taping on skeletal muscle strength—A meta-analysis of current evidence. En: Journal of Science and Medicine in Sport, 2014.

¹⁶⁸ PARREIRA, op. cit.

¹⁶⁹ MORRIS, Roland, et al. The clinical effects of Kinesio® Tex taping: A systematic review. En: Physiotherapy theory and practice, 2013, vol. 29, no 4, p. 259-270.

¹⁷⁰ MOSTAFAVIFAR, Mehran; WERTZ, Jess y BORCHERS, James. A systematic review of the effectiveness of kinesio taping for musculoskeletal injury. En: The Physician and sports medicine, 2012, vol. 40, no 4, p. 33-40.

¹⁷¹ CSAPO, Robert; ALEGRE, Luis M. Effects of Kinesio® taping on skeletal muscle strength—A meta-analysis of current evidence. En: Journal of Science and Medicine in Sport, 2014.

¹⁷² *Ibidem*.

evidencia de los estudios incluidos, se aplicó una versión ligeramente modificada de la escala del *Institute of health and economics* (IHE), una herramienta desarrollada recientemente por Moga y col.¹⁷³ utilizando la técnica Delphi. Los resultados de esta evaluación mostraron como la calidad metodológica varió de moderada a muy buena (puntuación IHE: 8-15 puntos), con un promedio de 12 de los 17 puntos posibles. Así mismo, se encontró como fortaleza en los estudios analizados adecuados criterios de selección para el reclutamiento de los participantes, claridad en la descripción de la intervención y apropiadas pruebas de medición de la fuerza muscular así como un análisis estadístico pertinente¹⁷⁴.

Con base en estos resultados se consideró que la calidad metodológica de los estudios que investigan la eficacia del KT en la facilitación de la fuerza máxima como efecto clínico, son de buena calidad. Sin embargo los mecanismos fisiológicos, otras variables del desempeño muscular como potencia y trabajo y el dolor muscular pos-ejercicio aún no han sido investigados, aunque existen algunos estudios que han hecho aproximaciones¹⁷⁵.

2.3.1 Técnicas de aplicación y sus efectos sobre la reparación de tejidos.

El KT es una técnica que se asume, influye sobre el sistema musculoesquelético, circulatorio y tegumentario; el vendaje ha sido modificada desde su creación con el fin de imitar las cualidades de la piel en relación al peso, espesor y capacidad elástica^{176 177}.

¹⁷³ MOGA, C., et al. Development of a quality appraisal tool for case series studies using a modified Delphi technique. En: Edmonton AB: Institute of Health Economics, 2012.

¹⁷⁴ CSAPO, Robert; ALEGRE, Luis M. Effects of Kinesio® taping on skeletal muscle strength—A meta-analysis of current evidence. En: Journal of Science and Medicine in Sport, 2014.

¹⁷⁵ OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: Journal of sport rehabilitation. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

¹⁷⁶ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

¹⁷⁷ KASE, Kenso; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

El Kinesio-Taping es elaborado con fibras de algodón puro y su adhesivo está hecho a base de biopolímeros hipoalergénicos. La presentación comercial de este vendaje está adherido a un papel con una tensión aproximada del 5%, y posee la capacidad de estirarse de manera longitudinal hasta el 140% de su medida inicial^{178 179}. Para el manejo del vendaje, el fisioterapeuta debe realizar un entrenamiento internacional sobre cada una de las técnicas propuestas, avalado por Kenso Kase. En general, para la aplicación del KT la piel debe estar libre de aceite, cremas y con un vello no mayor a 2mm de longitud, se deben redondear las puntas para evitar el roce con la ropa, aplicar el vendaje en posición de estiramiento, y al finalizar se debe frotar vigorosamente para activar los biopolímeros. Las cualidades elásticas del KT se mantienen entre 3 a 5 días, y para retirarla es necesario despegar la cinta de manera cuidadosa desde las puntas, enrollándola lentamente ^{180 181}.

Existen diversos tipos cortes que se pueden hacer al KT con el fin de abarcar completamente la zona a tratar; la tensión del KT sobre la piel determina el efecto deseado (circulatorio, circulatorio o neuromecánico). El éxito de la aplicación del KT depende de la experticia del fisioterapeuta ya que una inadecuada técnica puede generar complicaciones^{182 183}.

Kase propuso siete técnicas de aplicación del KT, seis correctivas y una muscular. Cinco de las seis técnicas correctivas se fundamentan en el efecto neuromecánico con tensiones de aplicación del KT entre 10 - 100%,

¹⁷⁸ KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KFcotkt. 2011.

¹⁷⁹ KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KKAactokt. 2011.

¹⁸⁰ KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KFcotkt. 2011.

¹⁸¹ KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KKAactokt. 2011.

¹⁸² ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

¹⁸³ KASE, Kenso; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

dependiendo del sistema que se requiera influenciar^{184 185}. La sexta técnica correctiva se fundamenta en los efectos circulatorio y analgésico mediante tensiones entre 0 - 20%^{186 187}. La técnica muscular se fundamenta en el efecto neuromecánico, que por medio de la estimulación de los mecanorreceptores lentos tipo II aumentan el reclutamiento de unidades motoras y favorecen la longitud óptima de tensión muscular. Las tensiones utilizadas en ésta técnica oscilan entre 15 - 35%^{188 189}.

2.3.2 Efecto del KT sobre el tejido muscular en proceso de reparación y el dolor muscular. De acuerdo con el estudio del método de Kenso Kase, el KT busca favorecer los procesos de reparación de los tejidos del cuerpo humano. La única técnica de aplicación del KT que fundamenta su efecto en el constructo de reparación tisular, es la de corrección circulatoria¹⁹⁰. Sin embargo, y a pesar de que el autor sugiere la corrección circulatoria para el manejo de LMA, la

¹⁸⁴ YEUNG, Simon S., et al. Acute effects of Kinesio taping on knee extensor peak torque and electromyographic activity after exhaustive isometric knee extension in healthy young adults. En: Clinical Journal of Sport Medicine. Septiembre, 2015, vol. 25, no. 3. p. 284-290.

¹⁸⁵ ACKERMANN, Bronwen; ADAMS, Roger; MARSHALL, Elfreda. The effect of scapula taping on electromyographic activity and musical performance in professional violinists. En: Australian Journal of Physiotherapy, 2002, vol. 48, no 3, p. 197-203.

¹⁸⁶ DONEC, Venta y KRIŠČIŪNAS, Aleksandras. The effectiveness of Kinesio Taping® after total knee replacement in early postoperative rehabilitation period. A randomized clinical trial. En: European journal of physical and rehabilitation medicine. Agosto, 2014, vol. 50, no. 4, p. 363-317.

¹⁸⁷ TSAI, Han-Ju, et al. Could Kinesio tape replace the bandage in decongestive lymphatic therapy for breast-cancer-related lymphedema? A pilot study. En: Supportive care in cancer, 2009, vol. 17, no 11, p. 1353-1360.

¹⁸⁸ CAMPOLO, Marc, et al. A comparison of two taping techniques (kinesio and mcconnell) and their effect on anterior knee pain during functional activities. En: International journal of sports physical therapy. Abril, 2013, vol. 8, no. 2, p. 105-110.

¹⁸⁹ SŁUPIK, Anna, et al. Effect of Kinesio taping on bioelectrical activity of vastus medialis muscle. Preliminary report. En: Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja. Noviembre, 2007, vol.9, no.1, p. 644-51.

¹⁹⁰ KASE, Kenso; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

literatura científica revisada aplica técnicas diferentes para el manejo del DOMS y facilitación de la reparación muscular^{191 192}.

El efecto fisiológico y clínico que propone la técnica de corrección circulatoria plantea, mediante el levantamiento de la piel, favorecer la reparación de los tejidos lesionados, aumentando el espacio intersticial y facilitando el drenaje del sistema linfático y circulatorio^{193 194 195}. Así mismo, de acuerdo con las revisiones de la literatura realizadas^{196 197 198} se ha planteado la hipótesis fisiológica de creación de canales, mediante la separación de los filamentos que unen a la piel con las células endoteliales de los vasos linfáticos y los lechos capilares, por tanto incrementa el flujo sanguíneo¹⁹⁹. Basset y cols.²⁰⁰, mencionan el único estudio que demuestra un aumento en el flujo sanguíneo (incremento entre 20 – 60% de la circulación periférica), realizado por Kase y Hashimoto (1998) en pacientes con desórdenes circulatorios crónicos. Estos resultados son

¹⁹¹ OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: Journal of sport rehabilitation. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

¹⁹² POON, Kin Yan, et al. Kinesiology tape does not facilitate muscle performance: A deceptive controlled trial. En: Manual therapy. Mayo, 2015, vol. 20, no. 1, p. 130-133.

¹⁹³ KANNUS, Paul. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. En: International Journal of Sports Medicine. Enero, 1994. vol. 15, no. 1, p. 11-18.

¹⁹⁴ PARREIRA, Patricia do Carmo Silva, et al. Current evidence does not support the use of kinesio taping in clinical practice: a systematic review. En: Journal of Physiotherapy. Marzo, 2014, vol. 60, no. 1, p.31-39.

¹⁹⁵ CAMPOLO, Marc, et al. A comparison of two taping techniques (kinesio and mcconnell) and their effect on anterior knee pain during functional activities. En: International journal of sports physical therapy. Abril, 2013, vol. 8, no. 2, p. 105-110.

¹⁹⁶ WILLIAMS, Sean, et al. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries. A meta-analysis of the evidence for its effectiveness. En: Sports Medicine. Febrero, 2012, vol. 42, no. 2, p.153-164.

¹⁹⁷ MORRIS, Roland, et al. The clinical effects of Kinesio® Tex taping: A systematic review. En: Physiotherapy theory and practice, 2013, vol. 29, no 4, p. 259-270.

¹⁹⁸ MOSTAFAVIFAR, Mehran; WERTZ, Jess y BORCHERS, James. A systematic review of the effectiveness of kinesio taping for musculoskeletal injury. En: The Physician and sports medicine, 2012, vol. 40, no 4, p. 33-40.

¹⁹⁹ LIPÍŃSKA, Anna, et al. The influence of Kinesiotaping applications on lymphoedema of an upper limb in woman after mastectomy. En: Fizjo Pol, 2007, vol. 7, no 3, p. 258-269.

²⁰⁰ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

cuestionables, dada la naturaleza de la condición de los participantes, el tamaño de la muestra y el posible conflicto de interés.

Para nuestro conocimiento, solo existen dos estudios que evaluaron el efecto del KT sobre el proceso de reparación del músculo esquelético. Un estudio presentado por Nosaka²⁰¹ en 1999 en el 15º simposio internacional de Kinesio-Taping en Tokyo, Japón, mostró diferencias en la fuerza máxima isométrica del músculo biceps entre el grupo tratado con KT vs. sin tratamiento, después de un protocolo de 24 contracciones excéntricas de los flexores del codo. Así mismo, el dolor al movimiento pasivo presentó diferencias solo al primer día después del ejercicio y al movimiento activo en el segundo y tercer día. Estos resultados sugieren que el KT favorece el proceso de reparación del músculo esquelético determinado por la disminución de la intensidad del dolor y el incremento de la fuerza muscular. No obstante, en el resumen del estudio no se especifica la técnica de aplicación del KT ni el análisis estadístico realizado. Este estudio utilizó un modelo de ejercicio de alta intensidad, basado en contracciones excéntricas de un músculo aislado, similar al utilizado en el presente estudio.

Ozmen y cols.²⁰², investigaron el efecto del KT sobre el dolor muscular de aparición tardía, rango de movimiento y el desempeño en el salto (medición de la máxima altura alcanzada) después de una SEE en 19 mujeres deportistas entre los 21 ± 1.2 años por medio de un diseño experimental cruzado con dos grupos de comparación, control y KT. Todas las participantes completaron las dos condiciones con una semana de intervalo. Las variables de salida fueron medidas antes y 48 horas después del EE y la técnica de activación muscular del KT se realizó inmediatamente después del ejercicio por dos días. Los

²⁰¹ NOSAKA, Kazunori (1999): Paper presented at the Tokyo J. The Effect of Kinesio Taping on Muscular Micro Damage Following Eccentric Exercises. 15th Annual Kinesio Taping International Symposium Review,. 1999;Tokyo, Japan.

²⁰² OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: Journal of sport rehabilitation. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

resultados presentados por los autores no muestran diferencias significativas en las variables de salida entre los grupos, concluyendo que la aplicación del KT inmediatamente después de una SEE no afecta la intensidad del DOMS, el desempeño en el salto ni el rango de movimiento activo.

Este estudio, utiliza un modelo de lesión excéntrico explosivo (potencia muscular) y no corresponde a un músculo aislado; de manera que la intensidad del ejercicio es menor comparado con el utilizado en la propuesta de investigación. Así mismo la técnica utilizada por parte de los autores del estudio no corresponde a la planteada por Kenso Kase para este tipo de condiciones.

Finalmente, Lee y cols.²⁰³ examinaron la efectividad del KT sobre la mejoría en la función muscular, definida como máxima fuerza isométrica, y el DOMS en el bíceps braquial después de una SEE 37 hombres sanos. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo con KT y al grupo control. Las variables de salidas fueron medidas 24h antes del ejercicio, 24, 48 y 72h pos-ejercicio. Los resultados muestran una mejoría en las variables de salida en el grupo tratado con KT, principalmente a las 72h post ejercicio con respecto al dolor. Los autores concluyeron que la aplicación del KT inmediatamente después de realizar contracciones musculares excéntricas máximas, afecta positivamente la percepción del dolor y la función muscular. Una importante limitación de este estudio es que se describe la técnica utilizada para la determinación de la fuerza muscular máxima.

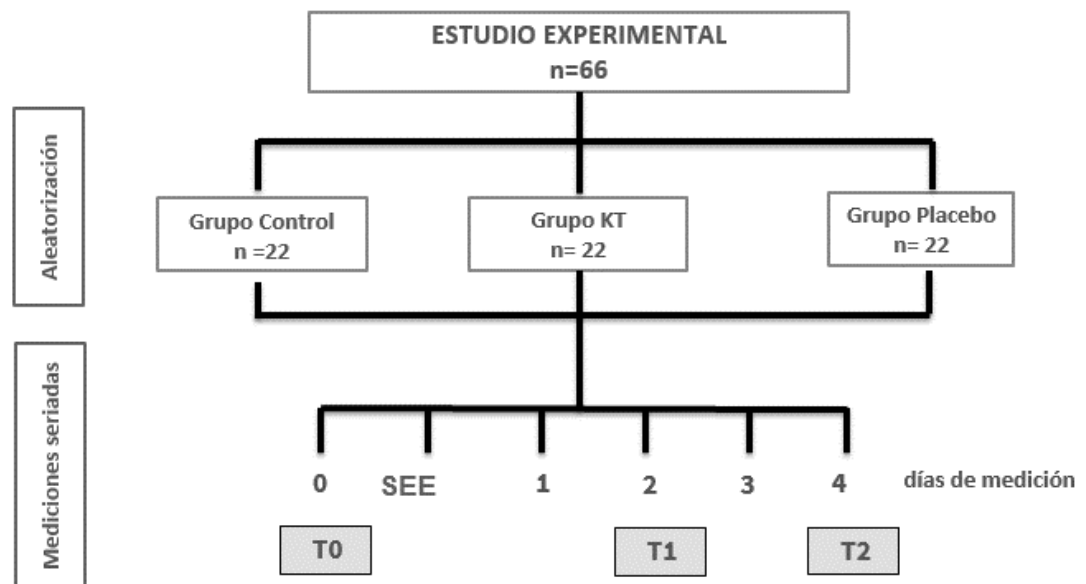
²⁰³ LEE, Yong Sin, et al. The effects of kinesio taping on architecture, strength and pain of muscles in delayed onset muscle soreness of biceps brachii. En: Journal of physical therapy science. Febrero, 2015, vol. 27, no. 2, p. 457-459.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO

Se realizó un estudio experimental, con asignación aleatoria a tres grupos de intervención (KT, placebo y grupo control), ver figura 1.

Figura 1. Esquema de diseño del estudio



3.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Sesenta y seis hombres, jóvenes fueron incluidos en este estudio, según los criterios de inclusión y exclusión.

- **Criterios de inclusión y exclusión**

Criterios de inclusión: Personas del género masculino, con edad entre los 18 y 25 años y físicamente activos. La definición de actividad física correspondió a la

categoría moderada (600 - 1500 METS · semana⁻¹), determinada a través del cuestionario internacional de actividad física (del inglés International Physical Active Questionnaire, IPAQ)^{204 205}. Los participantes debieron tener un índice de masa corporal normal (18.5 - 24.9 kg/m²)^{206 207 208}. Con el fin de garantizar la adecuada atención del participante, todos los voluntarios debieron ser estudiantes activos de la Universidad Industrial de Santander y cobertura de Bienestar Universitario

Criterios de exclusión: Se excluyeron del estudio, aquellas personas que cumplieran alguno de los siguientes criterios.

- Presencia de heridas abiertas en los miembros inferiores, debido al posible contacto directo del área expuesta con el vendaje elástico^{209 210 211}.
- Alergias a materiales adhesivos y/o irritación en la piel del muslo, los cuales podían ser exacerbados por los polímeros del KT^{212 213 214}.
- Consumo de analgésicos y/o anti-inflamatorios. Este criterio fue considerado antes y/o durante el desarrollo del experimento ya que podría interferir con el

²⁰⁴ MEDINA, Catalina; BARQUERA, Simón; JANSSEN, Ian. Validity and reliability of the International Physical Activity Questionnaire among adults in Mexico. En: Revista Panamericana de Salud Pública, 2013, vol. 34, no 1, p. 21-28.

²⁰⁵ PANEL, NHLBI Obesity Education Initiative Expert, et al. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. 1998.

²⁰⁶ CDC – Centers of Disease Control and Prevention. About Adult BMI. [en línea]. (Citado en 31 Marzo 2015.) Disponible en: http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html#Interpreted.

²⁰⁷ CLARKSON, Priscilla M.; HUBAL, Monica J. Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage?. En: Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 2001, vol. 4, no 6, p. 527-531.

²⁰⁸ DANNECKER, Erin A., et al. Sex differences in exercise-induced muscle pain and muscle damage. En: The Journal of Pain, 2012, vol. 13, no 12, p. 1242-1249.

²⁰⁹ KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KFCotkt. 2011.

²¹⁰ KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KKAactokt. 2011.

²¹¹ KASE, Kenzo, et al. (1998). Changes in the volume of the peripheral blood flow by using Kinesio Taping®. Med Sci Sports Exerc 1988.

²¹² KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KFCotkt. 2011.

²¹³ KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KKAactokt. 2011.

²¹⁴ KASE, op. cit.

proceso inflamatorio normal de la reparación muscular, y por tanto confundir los resultados.^{215 216}.

- Presencia de lesiones en tejido blando a nivel de rodilla (ligamentos, meniscos, cápsula articular) y/o lesiones musculares previas (menos de seis meses de evolución, desgarros, laceraciones o contusiones), debido a que la intensidad del protocolo de EE podía inducir un proceso inflamatorio agudo en el tejido en proceso de reparación²¹⁷.
- Participación en programas de ejercicio físico que impliquen levantamiento de carga externa durante los últimos seis meses (ej. pesas). El ejercicio físico sistematizado genera adaptaciones musculares específicas que modifica la respuesta celular ante contracciones excéntricas^{218 219}.
- Presencia de enfermedades metabólicas (ej. diabetes mellitus, alteración en la hormona tiroidea) y/o musculares (ej. distrofias), considerando la respuesta anormal al ejercicio físico²²⁰.
- Reporte de diagnóstico médico de enfermedades cardiovasculares que constituyan contraindicación relativo y/o absoluta para la realización de ejercicio físico²²¹.
- Presencia de enfermedades infecciosas sistémicas²²².

²¹⁵ CONNOLLY, Declan A; SAYERS, Stephen E. y MCHUGH, Malachy P. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. En: The Journal of Strength & Conditioning Research. Febrero, 2003, vol. 17, no. 1, p. 197-208.

²¹⁶ OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: Journal of sport rehabilitation. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

²¹⁷ MACLINTOSH, Brian R ; GARDINER, Phillip F. y MCCOMAS, Alan. Muscle training. En: Skeletal muscle form and function. 2 ed. Estados Unidos: Human Kinetics, 2006. p.298-303.

²¹⁸ OZMEN, op. cit.

²¹⁹ FERNANDEZ-GONZALO, Rodrigo, et al. Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. En: European journal of applied physiology, 2014, vol. 114, no 5, p. 1075-1084.

²²⁰ GIBBONS, Raymond J., et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to update the 1997 Exercise Testing Guidelines. Circulation, 2002, vol. 106, no 14, p. 1883-1892.

²²¹ Ibídem.

²²² Ibídem.

3.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA Y MUESTREO

El cálculo del tamaño de la muestra fue realizado en el software Stata IC 13.0²²³, mediante la aplicación del comando Sampsi (del inglés size and power for means and proportions), teniendo como criterio para el análisis de la información el método análisis de covarianza (ANCOVA) con $\alpha = 0.05$, $(1-\beta) = 0.8$ y razón 1:1:1.

Los datos fueron obtenidos a partir del análisis de la revisión de literatura disponible de estudios experimentales cuyo objeto fuese la determinación del efecto del KT en músculo en proceso de reparación. El cálculo fue establecido con un porcentaje de pérdidas del 20%, determinándose un total de 22 personas por grupo de comparación, para un total de 66 personas (tabla 1).

Tabla 1. Relación de publicaciones consideradas para el cálculo de tamaño de muestra

Referencia	Variable	Medición 1 ⁺	Medición 2	Correlación esperada	Tamaño de la muestra		
					Grupo KT	Grupo placebo	Grupo SKT
Yeung S y col 2014 ³³	Fuerza máxima isométrica	KT: 142.71 ± 45.13 PL: 136.75 ± 40.50	KT: 117.14 ± 39.18* PL: 107.10 ± 27.87*	0.5	26		
	Tiempo al pico	KT: 1.277 ± 0.554 PL: 1.049 ± 0.508	KT: 1.115 ± 0.486* PL: 0.722 ± 0.414*	0.5			
Ozmen T y col 2015 ³⁶	DOMS	KT: 5.83 ± 1.26 SKT: 5.83 ± 1.26	KT: 4.77 ± 1.25** SKT: 4.53 ± 1.23**	0.5	19	26	19
Lee Y y Col 2015 ¹⁰⁴	DOMS	KT: 0 SKT: 0	KT: 5.74 ± 0.17** SKT: 5.86 ± 0.13**	0.5	19		19

Promedio ± DE; + Línea de base / * Medición a los 10 min después del ejercicio / ** Medición a las 48 horas después del ejercicio / DOMS: Dolor muscular de aparición tardía / KT: Kinesio taping / SKT: Sin Kinesio taping

²²³ STACORP. Stata statistical software. Release 13.0. TX: StataCorp LP. 2015.;College station.

3.4 VARIABLES DEL ESTUDIO

3.4.1 Variables explicatorias.

Grupo de intervención

- Grupo Kinesio-Taping (GKT): se aplicó el KT, inmediatamente después de la sesión de ejercicio excéntrico en el miembro inferior dominante durante 4 días; siguiendo una técnica de corrección circulatoria (92). Sin embargo, se realizó un recambio de la cinta a los dos días para todos los participantes con el fin de mantenerla totalmente adherida a la piel y conservar la tensión hasta la última medición. Se realizaron 3 mediciones en los momentos descritos en el diseño experimental.
- Grupo placebo (GP): se aplicó el mismo material adhesivo que el grupo KT siguiendo las indicaciones de la técnica, pero sin tensión. Así mismo, se guardaron las condiciones de temporalidad y momentos de medición que el grupo KT.
- Grupo control (GC): en este grupo se mantuvieron las mismas condiciones de temporalidad y momentos de medición que el grupo de KT y el grupo placebo, con la diferencia que después de la sesión de ejercicio excéntrico (SEE) el participante permaneció en reposo en posición decúbito supino para simular la postura de tratamiento.

Tiempo de medición

- T0: inmediatamente antes de la SEE
- T1: 48h pos-ejercicio y antes del recambio del KT para el GKT (2 días).
- T2: 96h pos-ejercicio, inmediatamente después de retirado el KT para el GKT(4 días)

3.4.2 Variables de salida.

Variables de desempeño muscular

- **Torque máximo isométrico (Nm)** es el máximo torque muscular voluntario alcanzado durante una contracción isométrica. Indica la máxima capacidad muscular existente para producir fuerza de manera voluntaria^{224 225}.
- **Torque máximo isocinético concéntrico (Nm)** es la máxima fuerza muscular voluntaria alcanzada durante una contracción concéntrica, a una velocidad constante de 60°/s , al ser considerada una velocidad media de evaluación²²⁶.
- **Trabajo (J):** capacidad del músculo para producir fuerza durante todo el rango de movimiento;^{227 228 229}.
- **Tiempo al torque máximo (s) :** tiempo en el que se alcanza la máxima fuerza muscular voluntaria durante una contracción isométrica e isocinética a 60°/s.²³⁰

231

Variable relacionada con el DOMS

- **Intensidad de dolor (mm):** Es un atributo de la medición del dolor y es la estimación cuantitativa de la severidad o magnitud percibida por el participante²³². En este estudio, la medición de la intensidad del dolor se realizó utilizando el software del Instituto Nacional de Salud (del inglés, National Institute

²²⁴ KANNUS, Paul. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. *En: International Journal of Sports Medicine*. Enero, 1994. vol. 15, no. 1, p. 11-18.

²²⁵ DELGADO, Diana Carolina. Functional and Molecular Effects of Therapeutic Ultrasound On Skeletal Muscle Repair. Disertacion Doctoral. Estados Unidos, California: Universidad de Carolina del Sur, 2012. p. 50.

²²⁶ *Ibíd.*

²²⁷ KANNUS, op. Cit.

²²⁸ WARREN, Gordon L.; LOWE, Dawn A. y ARMSTRONG, Robert B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *En: Sports Medicine*, 1999, vol. 27, no 1, p. 43-59.

²²⁹ DELGADO, Op. cit.

²³⁰ KANNUS, op. Cit.

²³¹ DELGADO, Op. cit.

²³² JENSEN, Mark, KAROLY, Paul. Self-report Scales and procedures for assessing pain in adults. *En: TURK, Dennis and MELZACK, Ronald. Handbook of pain assessment*. 2da edición, Nueva York, 2001.p.15-31.

of Health, NIH) con la escala análoga visual adaptada (Adaptive Visual Analog Scales, AVAS)²³³ , durante dos condiciones: Percepción del dolor durante contracciones máximas dinámicas y durante una actividad funcional.

3.4.3 Variable confirmatoria de lesión muscular.

- **Nivel de actividad de la enzima Creatin Kinasa (U/L):** cambio en la concentración de la enzima creatin kinasa (CK) en sangre, comparado con la línea de base (rango de referencia: 20–110 U/L).^{234 235}.

²³³ MARSH-RICHARD, Dawn M., et al. Adaptive Visual Analog Scales (AVAS): a modifiable software program for the creation, administration, and scoring of visual analog scales. En: Behavior research methods, 2009, vol. 41, no 1, p. 99-106.

²³⁴ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

²³⁵ ALEMANY, Joseph Anthony, et al. Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. En: International journal of sports medicine, 2014, vol. 35, no 1.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 FASE I: PRUEBA PILOTO

Objetivo General: estandarizar los procedimientos para el desarrollo de la etapa experimental.

Objetivos específicos:

- Estandarizar los procedimientos de medición, intervención, y análisis de las variables de salida relacionadas con el desempeño muscular.
- Determinar la reproducibilidad intra-evaluador y el nivel de acuerdo de los métodos de medición del torque máximo isométrico, isocinético concéntrico, trabajo y tiempo al pico.

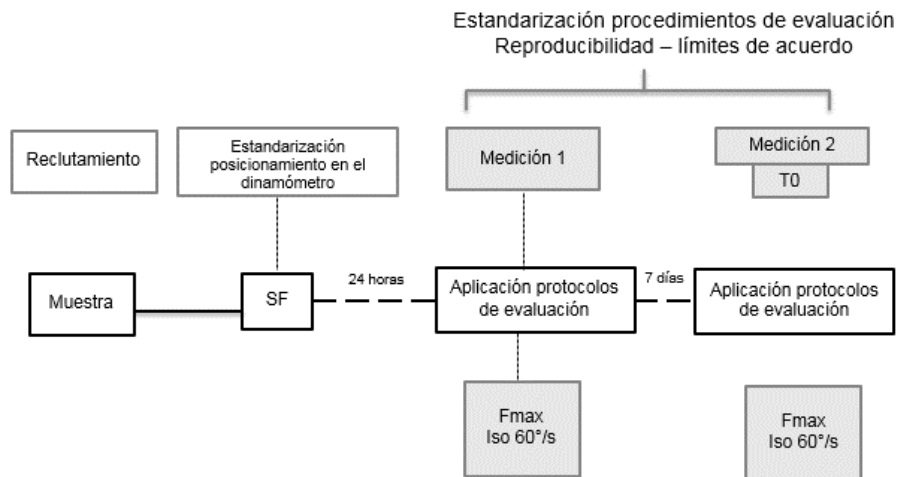
Procedimiento de la prueba piloto. Durante la ejecución de la prueba piloto se estandarizaron los procedimientos descritos en la fase experimental y se reclutaron 12 participantes por medio de un muestreo no probabilístico (por conveniencia) una vez se obtuvo el aval del comité de ética en investigación científica (CEINCI) de la Universidad. Las personas que cumplieran con los criterios de inclusión y no cumplieran los criterios de exclusión (iguales a los definidos para el estudio experimental), firmaron el consentimiento informado (anexo 1) y fueron incluidos en la prueba piloto (figura 2).

Para la estandarización de los procedimientos de evaluación y la determinación de la reproducibilidad intra-evaluador y el nivel de acuerdo, se repitieron los protocolos de evaluación en cada sujeto en una segunda sesión realizada mínimo ocho días después de la primera sesión de evaluación. Lo anterior con el fin de mejorar la independencia de las mediciones.

El participante tuvo una sesión de familiarización (SF) 24 horas antes al día de la primera medición, con el fin de garantizar su habituación a los diferentes tipos de contracciones musculares y velocidades angulares que se desarrollaron durante la prueba en el miembro inferior dominante.

Durante la SF, se determinó la estatura y el peso, y se calculó el índice de masa corporal (IMC) siguiendo las recomendaciones propuestas en el manual de procedimientos antropométricos del Estudio Nacional de Salud y Nutrición, elaborado por el Centro de Control y Prevención de la Enfermedad (CDC)²³⁶. A continuación, se estandarizó la ubicación del participante en el cicloergómetro Monark 894-E Peak bike y el dinamómetro isocinético CSMI Humac Norm (anexo 2) y se ejecutaron los protocolos de evaluación de la contracción máxima isométrica e isocinética.

Figura 2. Esquema del protocolo de la prueba piloto (Fase I)



SF: sesión de familiarización; Fmax: torque máximo isométrico; Iso 60°/s: torque

²³⁶ CDC – Centers of Disease Control and Prevention. About Adult BMI. [en línea]. (Citado en 31 Marzo 2015.) Disponible en: http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html#Interpreted.

Durante la sesión para la primera medición, se realizó un calentamiento de 5 min, en un cicloergómetro ajustado a su estatura, a una velocidad de 70 rpm, con una resistencia correspondiente al 40% de la frecuencia máxima predicha para la edad. Inmediatamente después, el participante se ubicó en el dinamómetro isocinético HUMAC NORM, de acuerdo con los datos registrados en el anexo 4 durante la sesión de familiarización.

Así mismo, los miembros superiores se ubicaron cruzados al pecho, cadera a 90° de flexión y las correas de estabilización ubicadas a través de tronco superior, pelvis, muslo y pierna. La correa de estabilización se ubicó sobre la pierna a 2 cm del maléolo interno y el rango de movimiento para la extensión de rodilla fue de 120 - 0° (figura 3). Se inició con el protocolo de evaluación de la contracción máxima isométrica e isocinética a 60°/s. Estos protocolos serán descritos detalladamente en la sección de la fase experimental (fase II).

Figura 3. Ubicación del participante en el dinamómetro isocinético para la ejecución de los protocolos de evaluación del desempeño muscular y de la sesión de ejercicio



Análisis de los datos de la prueba piloto

Los datos recopilados en la prueba piloto se digitaron por duplicado en el programa Excel para realizar posteriormente su validación y análisis en el Software STATA IC 13. El análisis de la información inició con la evaluación de la normalidad de las variables estudiadas, mediante las pruebas de Shapiro Wilk y Laders of Powers²³⁷.

Se evaluó el nivel de acuerdo entre las mediciones utilizando el método de Bland y Altman²³⁸ para calcular y graficar las diferencias entre las dos mediciones vs el promedio de las mediciones. La reproducibilidad intraevaluador, para el registro de las variables continuas (torque máximo isométrico e isocinético, trabajo y tiempo al pico) fue analizada a través del Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI). Para cada CCI se calculó su respectivo Intervalo de Confianza al 95% (IC 95%)²³⁹ y la interpretación de los coeficientes se realizó según la clasificación de Landis y Koch²⁴⁰. Se consideró un nivel de significancia de 0.05. El análisis se realizó en el software estadístico STATA IC 13²⁴¹.

Resultados de la prueba piloto

Los hallazgos de la prueba piloto registraron una mejor reproducibilidad con los datos promedios para el torque máximo isométrico y con el valor máximo de las 3 contracciones para el torque máximo isocinético. Los datos se muestran en los anexos 3 y 4.

²³⁷ RAZALI, Nornadiah Mohd, et al. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. Journal of statistical modeling and analytics, 2011, vol. 2, no 1, p. 21-33.

²³⁸ BLAND, Martin and ALTMAN, Douglas. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. En: The lancet. 1986, vol. 1, pag.307-310.

²³⁹ OROZCO, Luis. Confiabilidad o de la consistencia, reproducibilidad, acuerdo y algo más. En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual critico más allá de lo básico. Bucaramanga; 2010. p. 73-103.

²⁴⁰ SHROUT, Patrick and FLEISS, Joseph. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. En: Psychological Bulletin. 1979, vol. 86, no. 2, pág. 420-428.

²⁴¹ STATA CORP. Stata statistical software. Release 13.0. TX: StataCorp LP. 2015.;College station.

Los CCI para las variables isométricas mostraron alta reproducibilidad para el torque máximo isométrico (0,76) y moderado para tiempo al pico isométrico (0,67) determinados con el promedio de las 3 contracciones; así mismo, los CCI para las variables isocinéticas evidenciaron reproducibilidad moderada para torque máximo isocinético (0,66) y trabajo (0,59) y alta para tiempo al pico isocinético (0,80) determinados con el valor máximo de las 3 contracciones (ver anexo 3). Estos resultados son similares a los presentados por Pincivero y cols²⁴², quienes evaluaron la fuerza del cuádriceps e isquiotibiales a dos velocidades, obteniendo CCI altos para la evaluación de torque máximo concéntrico

Los resultados del nivel de acuerdo y el promedio de las diferencias de las variables durante la evaluación de la contracción isométrica y la evaluación de isocinética, mostraron de manera general los límites de acuerdo del 95% estrechos, el promedio de las diferencias cercano a cero, sin sesgos evidentes en la distribución de las diferencias y menos del 5% de los datos por fuera de los límites de acuerdo, datos presentado en el anexo 4.

En conclusión, se determinó una buena reproducibilidad y nivel de acuerdo en la evaluación del torque máximo isométrica e isocinético a 60°/s. Estos hallazgos son similares a los reportados en estudios previos de determinación de las propiedades psicométricas de las pruebas de dinamometría^{243 244}.

Por tanto, en la fase II del estudio se utilizaron protocolos de evaluación de la función muscular estandarizados y reproducibles. Así mismo, es importante señalar que los

²⁴² PINCIVERO, Mario, et al. Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. En: International journal of sports medicine, 1997, vol. 18, no 02, p. 113-117.

²⁴³ FEIRING, David C.; ELLENBECKER, Todd S.; DERSCHEID, Gary L. Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 1990, vol. 11, no 7, p. 298-300.

²⁴⁴ ALVARES, João Breno de Araujo Ribeiro, et al. Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. Physical Therapy in Sport, 2015, vol. 16, no 1, p. 59-65.

resultados de la prueba piloto disminuyen la probabilidad de un sesgo de clasificación en la administración de estas pruebas, contribuyendo así a la validez interna del estudio en la medición de las variables de salida.

4.2 FASE II: PROCEDIMIENTO PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Se convocaron participantes voluntarios de la Universidad Industrial de Santander a través de carteles, redes sociales y medios de comunicación institucional. Los voluntarios que atendieron al llamado, se citaron para establecer el primer contacto personal, y se explicaron los objetivos del estudio, procedimientos y posibles riesgos; así como las medidas para minimizarlos. Finalmente se diligenció y firmó el consentimiento informado (anexo 1).

Inmediatamente después, se corroboraron los criterios de inclusión y exclusión mediante el diligenciamiento del formato de tamizaje, el IPAQ y medidas antropométricas (anexo 2, 5 y 6); estas mediciones se realizaron siguiendo las recomendaciones propuestas en el manual de procedimientos antropométricos del Estudio Nacional de Salud y Nutrición²⁴⁵. Los participantes que no cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión no fueron incluidos en el estudio. A continuación, los participantes fueron asignados aleatoriamente a los grupos, utilizando el método de sobre sellado y se determinó la dominancia de los miembros inferiores con la prueba de pateo, según lo establecido en la Batería de lateralidad propuesta por Zazzo y cols.²⁴⁶.

Antes de iniciar el experimento, y con el fin de garantizar la precisión de las mediciones de desempeño muscular²⁴⁷, los participantes realizaron una sesión de

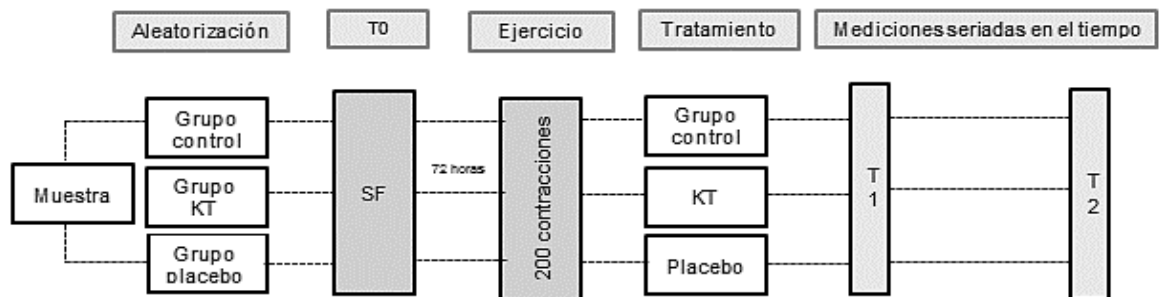
²⁴⁵ CDC – Centers of Disease Control and Prevention. About Adult BMI. [en línea]. (Citado en 31 Marzo 2015.) Disponible en: http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html#Interpreted.

²⁴⁶ ZAZZO, René. Manual para el examen psicológico del niño. Fundamentos, 1984.

²⁴⁷ ALEMANY, Joseph Anthony, et al. Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. En: International journal of sports medicine, 2014, vol. 35, no 1.

familiarización a los protocolos dinamométricos (SF), previa estandarización de la ubicación del participante en el cicloergómetro y el dinamómetro isocinético (anexo 2). 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.

Figura 4. Diseño experimental (Fase II)



SF: Sesión de familiarización / KT: Kinesio-Taping / T0: Mediciones de las variables de salida y confirmatoria previas al ejercicio / T1: mediciones a las 48 h post-ejercicio (2 días); T2: mediciones a las 96 h post-ejercicio (4 días) inmediatamente después de retirado el KT.

En la subsecuente visita al laboratorio, se realizaron las pruebas de desempeño muscular e intensidad del dolor en el T0 y aproximadamente 48h después se procedió a realizar el protocolo de ejercicio excéntrico. Inmediatamente después de la SEE se aplicó el vendaje elástico a los grupos GP y GKT; y se citó al voluntario para las mediciones a las 48 y 96h después del ejercicio (2 días - T1; 4 días –T2). Los niveles de actividad de la enzima CK fueron determinados en el T0, T1 y T2, tomando la muestra de sangre inmediatamente antes de las mediciones de dolor y fuerza (figura 4). Adicionalmente a las 48 horas, inmediatamente después de las mediciones de la intensidad del dolor y desempeño muscular, se realizó el recambio de KT con el fin de garantizar los 4 días de tratamiento.

Protocolos de mediciones antropométricas

Para la medición de la estatura se instaló una cinta métrica inextensible de 1mm de precisión sobre la puerta del laboratorio desde el suelo con una longitud de dos metros. El participante durante la medición debía estar sin zapatos, asegurándose cuatro puntos de apoyo (parte superior de la cabeza, hombros, glúteos y los talones), el peso del cuerpo distribuido de manera uniforme, pies apoyados en el suelo, talones juntos y los pies separados. Una vez el participante estuviera posicionado, se le solicitó una respiración profunda y mantenida, solo durante este tiempo el evaluador ubicó una regla paralela al piso y registró el valor observado²⁴⁸.

Para el registro del peso corporal se utilizó una báscula digital portátil, la cual se instaló en una superficie plana, horizontal y firme del laboratorio de dinamometría. El participante durante la medición estaba sin zapatos, medias y sin ningún accesorio dentro de los bolsillos y posteriormente se posicionó en el centro de la báscula. Una vez el participante estuviera ubicado con la mirada fija en un punto, hombros relajados, miembros superiores adosados al cuerpo y las manos dirigidas hacia el frente se registró el valor constante emitido por la báscula, el cual tiene una precisión de 100gramos²⁴⁹.

- **Protocolo de ejercicio excéntrico**

El protocolo de ejercicio excéntrico para los extensores de rodilla que se utilizó en este estudio fue previamente publicado por Alemany y cols (2013)²⁵⁰ en donde la velocidad y el modo de contracción fueron seleccionados con base en estudios

²⁴⁸ CDC – Centers of Disease Control and Prevention. About Adult BMI. [en línea]. (Citado en 31 Marzo 2015.) Disponible en: http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html#Interpreted.

²⁴⁹ Ibídem.

²⁵⁰ ALEMANY, Joseph Anthony, et al. Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. En: International journal of sports medicine, 2014, vol. 35, no 1.

previos que demuestran la eficacia de este protocolo en desencadenar una respuesta inflamatoria aguda^{251 252 253}.

El protocolo de ejercicio excéntrico se realizó aproximadamente 72h después de la sesión de familiarización²⁵⁴. Inicialmente el participante reposó durante 5 minutos en una camilla, después se ejecutó 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 y una resistencia correspondiente al 40% de la frecuencia máxima predicha para la edad. Inmediatamente después, el participante se ubicó en el dinamómetro isocinético con los miembros superiores adosados al pecho, cadera a 90° de flexión y las correas de estabilización ubicadas a través de brazos, pelvis, muslo y pierna. Adicionalmente, la correa de estabilización sobre la pierna se ubicó a 2 cm del maléolo interno.

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 de la pierna en una posición sentada) a 120° de flexión, permitiendo 90° de excursión. Una vez el participante estuvo ubicado en la posición inicial, se le pidió contraer al máximo el cuádriceps contra la resistencia, mientras que el brazo de palanca se movía desde 30° a 120° de flexión de rodilla (durante la fase concéntrica el dinamómetro movilizó el miembro inferior del participante para garantizar sólo la contracción excéntrica del cuádriceps).

²⁵¹ NOSAKA, Kazunori; NEWTON, Mike. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. En: The Journal of Strength & Conditioning Research, 2002, vol. 16, no 1, p. 117-122.

²⁵² HEIDERSCHEIT, Bryan C., et al. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. En: journal of orthopaedic & sports physical therapy, 2010, vol. 40, no 2, p. 67-81.

²⁵³ LOEB, Gerald E., et al. Distribution and innervation of short, interdigitated muscle fibers in parallel-fibered muscles of the cat hindlimb. En: Journal of morphology, 1987, vol. 191, no 1, p. 1-15.

²⁵⁴ ALEMANY, Joseph Anthony, et al. Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. En: International journal of sports medicine, 2014, vol. 35, no 1.

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 consistía en 20 series de 10 repeticiones con un minuto de descanso entre cada serie, para un total de 200 contracciones para el miembro inferior dominante.

- **Protocolos de evaluación dinamométricos**

Protocolo de evaluación de la contracción isométrica

El protocolo de evaluación de la contracción muscular isométrica en este estudio fue previamente publicado en Alemany y col²⁵⁵; sin embargo, se realizaron modificaciones en el tiempo de descanso entre las repeticiones²⁵⁶. La posición de los miembros superiores, la cadera y la ubicación de las correas de estabilización permanecieron estándar como se describió en el protocolo anterior para todos los protocolos de evaluación dinamométricos (figura 3). 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 de la pierna en una posición sentada).

Una vez el participante fue ubicado en la posición inicial, se le pidió empujar contra el brazo de palanca, contrayendo al máximo el cuádriceps durante 5 s retroalimentados mediante el comando verbal ¡fuerte, fuerte, fuerte! El protocolo

²⁵⁵ ALEMANY, Joseph Anthony, et al. Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. En: International journal of sports medicine, 2014, vol. 35, no 1.

²⁵⁶ HEIDERSCHEIT, Bryan C., et al. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. En: journal of orthopaedic & sports physical therapy, 2010, vol. 40, no 2, p. 67-81.

consistió en 5 repeticiones con un minuto de descanso entre cada repetición, para el miembro inferior dominante²⁵⁷.

Protocolo de evaluación de la contracción muscular concéntrica isocinética

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° (siendo 0° la extensión completa de la pierna en una posición sentada), permitiendo 120° de excursión. Una vez el participante fue ubicado en la posición inicial, se le pidió contraer al máximo el cuádriceps contra la resistencia, mientras que el brazo de palanca se movía desde 120° a 0° de extensión de rodilla. Durante la contracción concéntrica del cuádriceps los sujetos fueron retroalimentados verbalmente de manera constante (¡fuerte, fuerte, fuerte!) para empujar al máximo contra el brazo de palanca del dinamómetro a una velocidad angular de 60°/s. El protocolo consistió en 5 repeticiones con un minuto de descanso entre cada repetición, para el miembro dominante.

Protocolo de determinación de las variables de dinamometría

El torque isométrico y su tiempo al pico se determinó mediante el promedio de las últimas tres contracciones y el torque isocinético como el máximo generado durante las últimas 3 contracciones a 60°/s. El trabajo fue calculado para la contracción isocinética que haya registrado el máximo torque mediante un análisis matemático por medio de la siguiente formula:

$$\text{Trabajo (W)} = \text{Torque (ft-lbs)} * \text{ángulo (deg)} * 0,0175 \text{ (rad/deg)}^{(136)}$$

²⁵⁷ ALEMANY, Joseph Anthony, et al. Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. En: International journal of sports medicine, 2014, vol. 35, no 1.

Finalmente, el tiempo al pico isocinético fue determinado para la contracción de registro que haya generado el máximo torque.

- **Evaluación de la intensidad del dolor**

La intensidad del dolor fue evaluada en reposo, antes de iniciar el calentamiento e inmediatamente posterior a la ejecución de los protocolos de dinamometría y, durante el descenso controlado de la posición de pie a sedente por medio de un metrónomo a 30 bits por minuto. La sensación del dolor percibida después de ejecutar estos movimientos fue registrada en la escala análoga visual adaptada utilizando el software del instituto nacional de salud (del inglés, National Institute of Health, NIH)²⁵⁸.

Los participantes leyeron las instrucciones para calificar la intensidad del dolor en una línea horizontal de 100mm de longitud, donde 0 equivale a “nada de dolor” y 100 “el peor dolor percibido”. Se le indicó dar “clic” en el punto que considera representa la intensidad del dolor que tiene el día de la prueba, teniendo en cuenta como referencia el peor dolor que recuerda haber sentido en la vida²⁵⁹.

- **Protocolo de determinación del nivel de actividad de la enzima Creatin Kinasa**

Se tomó una muestra de sangre por cada sujeto en los tres tiempos de medición (T0, T1 y T2) mediante la técnica estándar de punción en la vena braquial,

²⁵⁸ MARSH-RICHARD, Dawn M., et al. Adaptive Visual Analog Scales (AVAS): a modifiable software program for the creation, administration, and scoring of visual analog scales. En: Behavior research methods, 2009, vol. 41, no 1, p. 99-106.

²⁵⁹ JENSEN, Mark; KAROLY, Paul. Self-report Scales and procedures for assessing pain in adults. En: TURK, Dennis and MELZACK, Ronald. Handbook of pain assessment. 2da edición, Nueva York, 2001.p.15-31.

recolectada en un tubo con EDTA o un anticoagulante para su separación y posterior análisis.

La muestra sanguínea (aproximadamente 10ml) se centrifugó y se almacenó el plasma por un tiempo máximo de una semana. En una cubeta, previamente calentada a 37°C se adicionó 1ml del reactivo A y se incubó durante 3 minutos. Seguidamente se agregó 20µl de la muestra sanguínea y se mezcló con el reagente B durante 3 minutos. Se ajustó la absorbancia a una lectura de 340nm y se registró la absorbancia de la muestra al 1º, 2º y 3er minuto de la primera lectura²⁶⁰.

Se determinó la diferencia promedio de absorbancia/min ($\Delta A/\text{min}$), restando cada lectura de la anterior y promediando los valores, este promedio se utilizó para los cálculos posteriores. Nuevamente se realizó el procedimiento anterior a 37°C por dos minutos, adicionando 50 µl de muestra sanguínea y finalmente el resultado se determinó por medio de la siguiente fórmula. Se halló el *factor* en relación a la longitud de onda y la temperatura, convirtiendo el resultado a sistema de unidades internacionales.

$$CK \text{ U/l} = \Delta A/\text{min} \times \text{factor}$$

- **Protocolo de aplicación del tratamiento con KT o placebo**

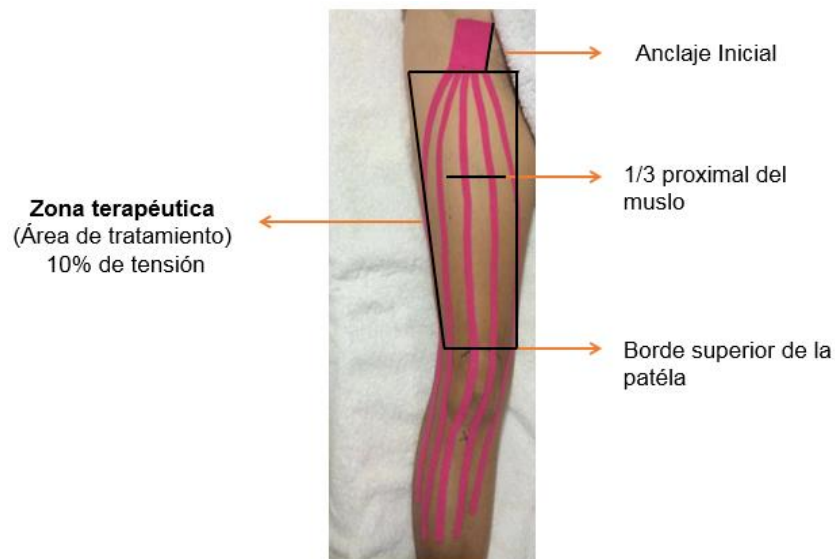
Inmediatamente después de terminada la ejecución del protocolo de ejercicio excéntrico se aplicó el KT y el placebo, al miembro inferior dominante. El tiempo del tratamiento fue de 4 días, con un recambio del KT a las 48 horas después de la SEE (T2), con el fin de garantizar los 4 días de tratamiento y mantener las propiedades adhesivas del KT.

²⁶⁰ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

La técnica utilizada para el grupo KT fue una *corrección circulatoria linfática*, enfocada a disminuir el dolor y facilitar el proceso de reparación muscular. Para esta técnica se cortaron dos abanicos de Kinesio Tex con un anclaje y terminación de 6cm (sin tensión) y una zona terapéutica desde el final del anclaje inicial hasta el borde superior de la patela (figura 5). La piel del muslo fue previamente limpiada con alcohol y los vellos cortados (2mm) para iniciar su aplicación. Se ubicaron los anclajes desde los nódulos linfáticos ubicados en el pliegue inguinal con el participante en decúbito supino y rodilla en neutro.

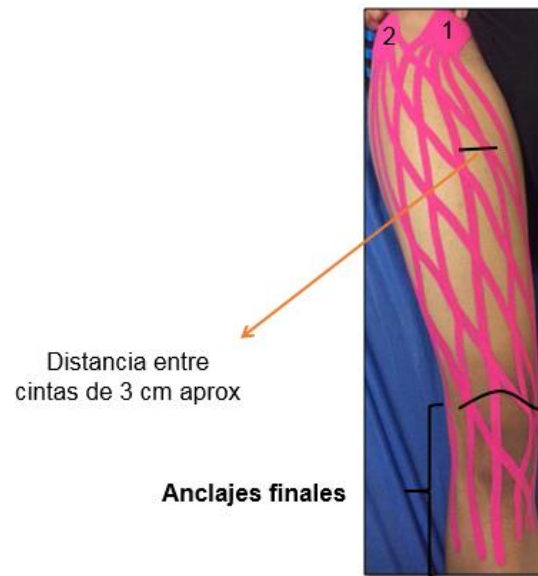
La zona terapéutica fue aplicada con el muslo relajado y alineado para ubicar cada uno de los abanicos con una tensión del 10% de proximal a distal. Se finalizó sin tensión en las terminaciones en dirección a los cóndilos femorales y se activó el adhesivo frotando vigorosamente (figura 6)²⁶¹. Para el grupo placebo, se aplicó la misma técnica, pero sin tensión.

Figura 5. Representación de los puntos de referencia para la aplicación de la técnica de corrección circulatoria el Kinesio-Taping o placebo.



²⁶¹ KASE, Kenso; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

Figura 6. Técnica de corrección circulatoria.



4.3 ENMASCARAMIENTO

Se realizó un enmascaramiento doble, en donde la investigadora principal entrenada en la aplicación de la técnica descrita por el Kinesiólogo Kenso Kase (Kinesio-Taping) aplicó todos los tratamientos y fue quien realizó la asignación aleatoria a los grupos de intervención. Esta información fue desconocida por un segundo investigador quien realizó todas las mediciones; así mismo el participante no fue informado a que grupo de intervención fue asignado hasta tanto no finalizó su proceso.

4.4 CONTROL DE SESGOS

Selección: el sesgo de selección fue minimizado por la asignación aleatoria de los participantes a cada grupo de intervención.

Clasificación: este tipo de sesgo fue controlado utilizando instrumentos para la medición de las variables de salida con adecuadas propiedades psicométricas en la población de estudio seleccionada. Adicionalmente se realizó una prueba piloto para determinar las propiedades psicométricas (nivel de acuerdo y reproducibilidad intraevaluador) y estandarizar los procedimientos de evaluación e intervención.

Confusión: se controló el “uso de medicamentos o analgésicos” como posible variable confusora, que pudo influir en los resultados mediante su determinación como criterio de exclusión.

4.5 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

Se comprobó la normalidad de las variables sociodemográficas, desempeño muscular, intensidad del dolor y nivel de actividad de la enzima creatin kinasa (CK) con la prueba de Shapiro-Wilk y Ladder of Powers.

Se aplicaron medidas de tendencia central y dispersión, para la descripción de las variables antropométricas de la población de estudio y las variables de salida en cada grupo y tiempo de medición.

Para establecer los cambios de las variables de salida al interior del grupo en cada tiempo de medición se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas con post-hoc Bonferroni o un test de Friedman de acuerdo con la distribución de las variables.

Un análisis de covarianza (ANCOVA) fue utilizado para determinar las diferencias entre los grupos, a las 48 horas después del ejercicio en las variables de desempeño muscular e intensidad del dolor, con categoría de referencia el grupo control. Se realizó el cálculo del tamaño del efecto con la *d* de cohen.

La base de datos fue elaborada en Microsoft Excel 2010 por duplicado y posteriormente fue exportada a STATA IC 13 para su validación y análisis, considerándose un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Todos los valores son presentados en $\bar{X} \pm EE$ o $Me \pm RQ$, según su distribución.

4.6 CONSIDERACIONES ETICAS

Según la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia²⁶² esta investigación se clasifica en la categoría de Investigación con Riesgo Mínimo ya que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en exámenes físicos y tratamientos rutinarios.

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

En esta investigación se garantizó el respeto a los principios éticos fundamentales de autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia en la ejecución del estudio. Adicionalmente, durante el manejo de la información los formularios de registro que fueron utilizados tuvieron únicamente la información relevante para este proyecto y se garantizó la confidencialidad mediante la asignación de un número de registro a cada participante.

²⁶² REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Salud. Resolución 008430 de octubre 4 de 1993. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Bogotá. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Se brindó información oportuna a los participantes sobre los objetivos, métodos, beneficios esperados, riesgos previsibles e incomodidades derivadas del experimento. También se le informó al participante sobre su derecho de participar o no en la investigación y de retirarse en cualquier momento, sin exponerse a represalias.

Inicialmente, a cada participante se le informó sobre los procedimientos y después de la aceptación voluntaria para participar, se obtuvo la firma para el consentimiento informado por escrito (Anexo 1). Se tomaron todas las precauciones para proteger la intimidad de los participantes y para disminuir al mínimo las consecuencias de la investigación sobre su integridad física, mental y su personalidad. Esta investigación se llevó a cabo, previa aprobación del proyecto por parte del Comité Asesor de Maestría de la Escuela de Fisioterapia y el aval del Comité de Ética en Investigación científica de la Universidad Industrial de Santander.

5. RESULTADOS

Se reclutó un total de 71 voluntarios, sin embargo 4 hombres fueron excluidos por las siguientes razones: dos (2) personas sobrepasaban el límite de IMC establecido como criterio de inclusión, un (1) participante presentó dolor intenso durante las mediciones iniciales de la prueba, con signo positivo de condromalacia mediante pruebas semiológicas realizado por la investigadora principal, finalmente un (1) participante abandonó el estudio.

En conclusión, se incluyó un total de 66 hombres jóvenes saludables, los cuales fueron asignados aleatoriamente a uno de los tres grupos de intervención, grupo control (GC), grupo placebo (GP) y grupo Kinesio-Taping (GKT). La lesión muscular fue confirmada en los participantes de los tres grupos de comparación, mediante la detección de un incremento del nivel de actividad de la enzima CK a las 48 horas ($p<0.01$). El GC presentó un incremento de 159% (de 172 ± 143 U/L a 274 ± 201 U/L; $p=0.003$), GP aumentó en 189% (de 150 ± 142 U/L a 284 ± 416 U/L; $p<0.001$), y finalmente el GKT aumentó 192% (187.5 ± 178 U/L a 361 ± 1107 U/L; $p<0.001$). La tabla 2 muestra los datos descriptivos de las variables antropométricas de los participantes.

En los anexos 7 y 8 se presenta la descripción de las variables de desempeño muscular e intensidad de dolor, respectivamente, para los tres grupos, en los tiempos de medición T0, T1, T2. En las comparaciones intra-grupo de las variables de desempeño muscular durante la contracción isométrica (figura 7), se detectaron diferencias en el GC ($F(2,42)=6.32$; $p=0.004$) y GP ($F(2,42)=14.72$; $p<0.001$) a las 48 horas después del ejercicio en el torque máximo; no se revelaron diferencias para el GKT ($F(2,40)=1.685$; $p=0.198$). En el tiempo al torque máximo isométrico no se observaron diferencias al interior de los grupos, GC ($F(2,42)=0.227$; $p=0.798$), GP ($F(2,42)=0.38$; $p=0.684$), GK ($F(2,40)=0.029$; $p=0.971$).

Con respecto a las variables isocinéticas, las comparaciones intra-grupo (figura 8) revelaron diferencias en el torque máximo para el GC ($F(2,42)=9.379$; $p=0.001$) y GP ($F(2,42)=31.82$; $p<0.001$) a las 48 horas; y a las 96 horas en el GP ($F(2,42)=31.82$; $p=0.003$). En el GKT no se detectaron diferencias ($F(2,40)=3.196$; $p=0.052$) en el torque máximo isocinético. El análisis del tiempo al torque máximo no mostró diferencias en el GC ($F(2,42)=0.877$; $p=0.43$); GP ($F(2,41)=1.383$; $p=0.26$) ni en el GKT ($F(2,40)=0.253$; $p=0.78$). En el trabajo muscular se encontraron diferencias a las 48 horas después del ejercicio en el GC ($F(2,42)=9.631$; $p<0.001$), GP ($F(2,42)=28.66$; $p=0.002$) y GKT ($F(2,40)=3.50$; $p=0.04$), y a las 96 horas en el GP ($F(2,42)=28.66$; $p=0.002$).

En la intensidad del dolor durante la máxima contracción dinámica (figura 9A) se detectaron diferencias a las 48 horas después del ejercicio para el GC ($F(2,42)=17.41$; $p<0.001$), GP ($F(2,42)=32.612$; $p<0.001$) y GKT ($F(2,40)=25.83$; $p<0.001$); y a las 96 horas sólo en el GP ($F(2,42)=32.612$; $p=0.002$). Igualmente, en la intensidad del dolor durante la actividad funcional (figura 9B) se encontraron diferencias a las 48 horas en el GC ($F(2,42)=17.035$; $p<0.001$), GP ($F(2,42)=29.28$; $p<0.001$) y GKT ($F(2,40)=10.44$; $p=0.002$); y a las 96 horas para el GP ($F(2,42)=29.28$; $p=0.001$).

Las comparaciones entre grupos revelaron diferencias únicamente en las variables de intensidad del dolor entre el GC vs GKT a las 48 horas después del ejercicio. Información detallada del análisis estadístico referente a las comparaciones entre grupos se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de las variables antropométricas en los tres grupos de intervención.

	Grupo control (n=22)	Grupo placebo (n=22)	Grupo KT (n=22)
Edad (años)	21.0±0.3	21.4 ± 0.3	20.9 ± 0.5
Índice de masa corporal (Kg/m ²)	23.2±0.3	22.1 ± 0.4	22.4 ± 3.2
Nivel de Actividad física (MET/min/sem)	988.4±73.2	1239.5 ± 693.5	1391.0 ± 699.0

Todas las variables son presentadas como $\bar{x} \pm DE$. El nivel de actividad física es presentado como $Me \pm RQ$.

Tabla 3. Efecto del Kinesio-Taping sobre el desempeño muscular y el dolor de aparición tardía a las 48h, ajustado con los valores pre-ejercicio (análisis de covarianza, con categoría de referencia el grupo control).

Variables	Grupo placebo			Grupo KT				
	Coeficiente (β)	IC 95%	p	Coeficiente (β)	IC 95%	p	d Cohe n	IC 95%
Isométrica								
Torque máximo ^a	-9.8	[-35.6, 6.0]	0.45	21.3	[-3.5, 46.2]	0.09	-0.37	[-0.96, 0.22]
Tiempo al torque máximo ^b	-0.04	[-0.6, 0.5]	0.87	-0.1	[-0.6, 0.4]	0.66	0.135	[-0.45, 0.72]
Isocinético								
Torque máximo ^a	-32.6	[-64.0, -1.3]	0.04*	17.9	[-12.5, 48.3]	0.24	-0.26	[-0.85, 0.33]
Tiempo al torque máximo ^b	0.05	[-0.06, 0.2]	0.34	0.02	[-0.1, 0.2]	0.72	-0.096	[-0.68, 0.49]
Trabajo ^c	-29.1	[-63.01, 4.8]	0.09	22.6	[-10.4, 55.6]	0.17	-0.30	[-0.89, 0.29]
Intensidad del dolor								
Durante MCD ^d	8.3	[-3.3, 20.0]	0.15	-15.9	[-26.5 - 3.4]	0.01 ⁺	0.76	[0.146, 1.37]
Durante actividad funcional ^d	1.6	[-11.7, 15.0]	0.8	-20.2	[-33.6, -6.8]	0.004 ⁺	0.94	[0.31, 1.56]

MCD: máxima contracción dinámica; *p<0.05; + p<0.01; ^a Torque máximo en Nm.; ^b Tiempo al torque máximo en segundos; ^c Trabajo muscular en Julios; ^d Intensidad del dolor en milímetros.

Figura 7. Comparaciones intra-grupo de las variables de desempeño muscular durante la contracción isométrica. **A.** Torque máximo y **B.** Tiempo al torque máximo en los tres grupos de intervención, por tiempo de medición. Los datos son presentados como $\bar{x} \pm EE$, * $p < 0.05$.

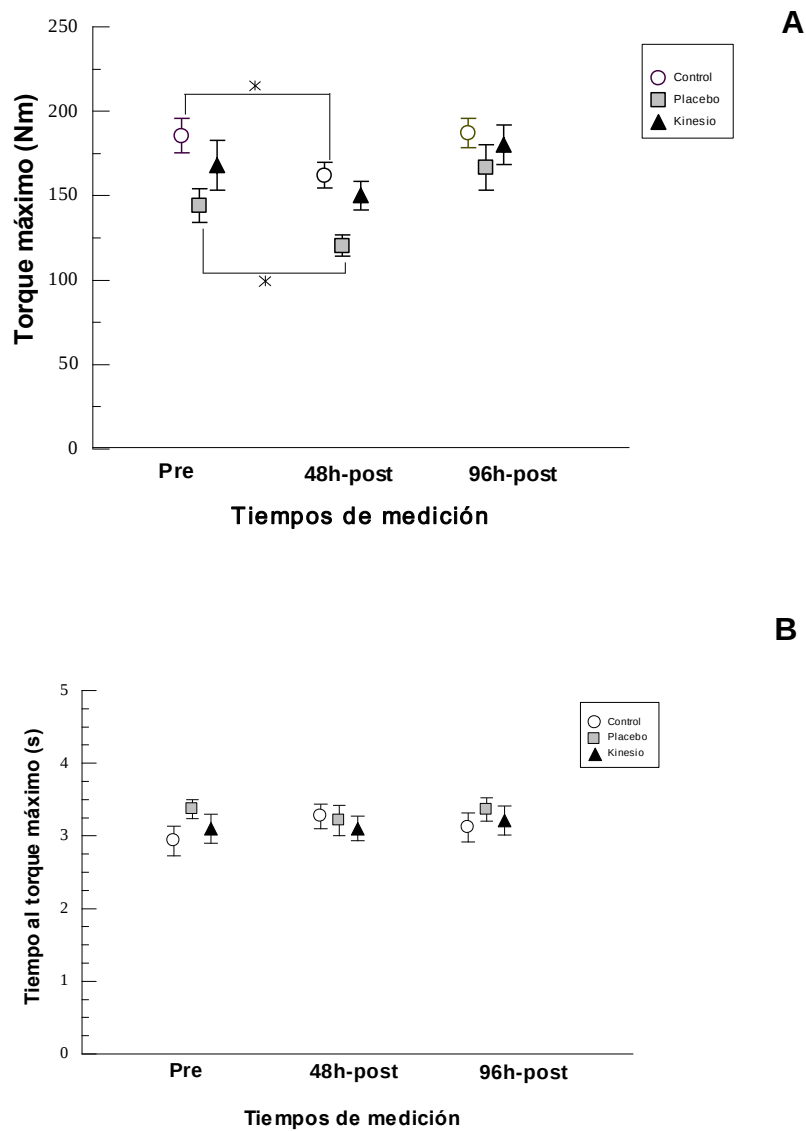


Figura 8. Comparaciones intra-grupo de las variables de desempeño muscular durante la contracción isocinética. **A.** Torque máximo isocinético **B.** Tiempo al torque máximo y **C.** trabajo muscular, en los tres grupos de intervención, por tiempo de medición. Los datos son presentados como $\bar{X} \pm EE$. * $p < 0.05$

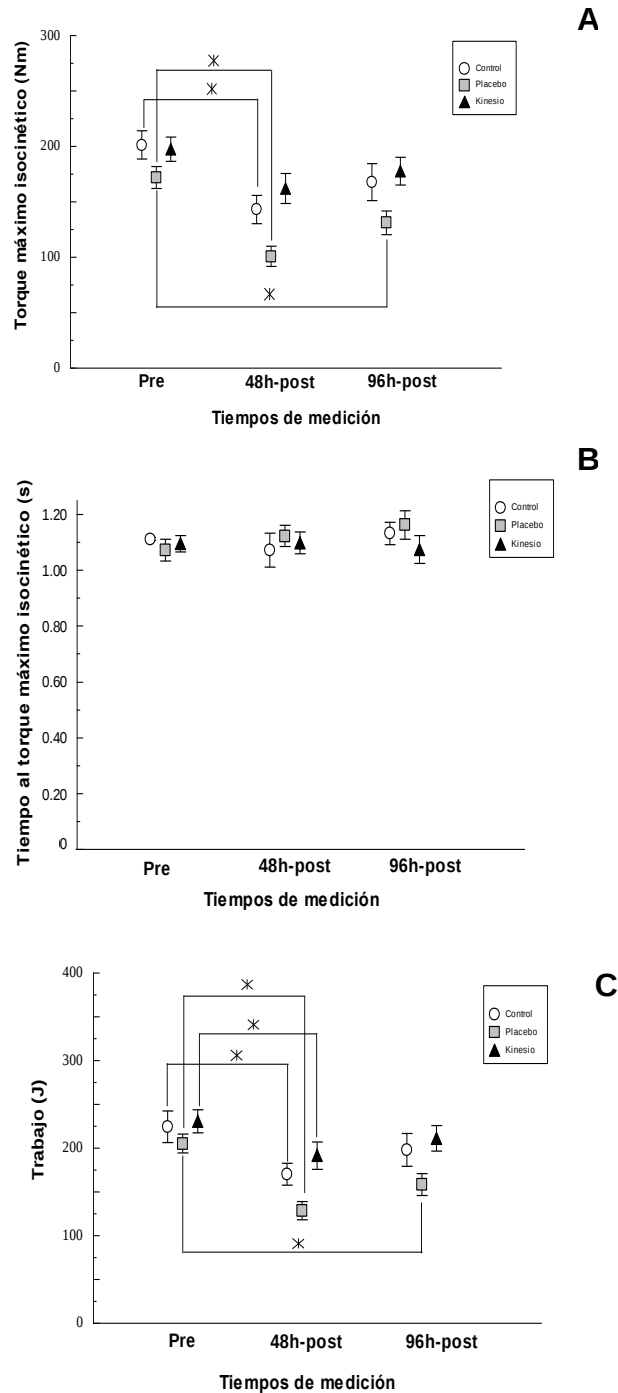
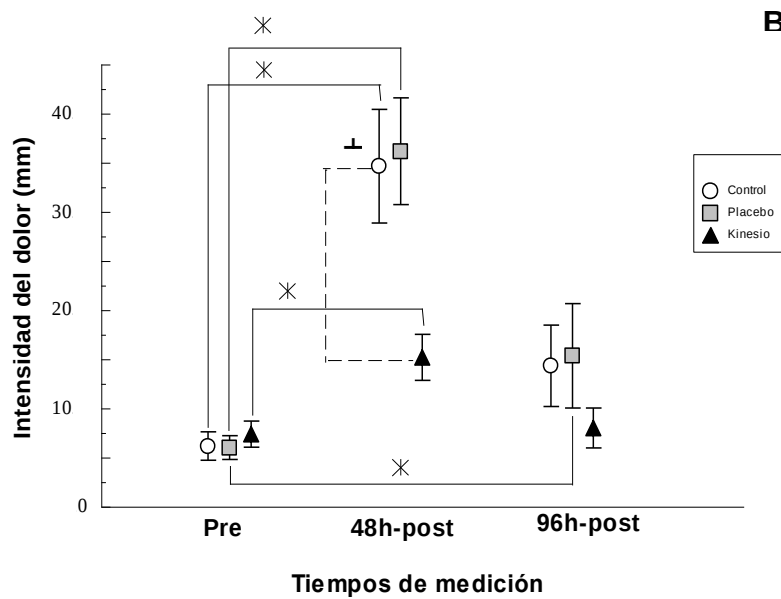
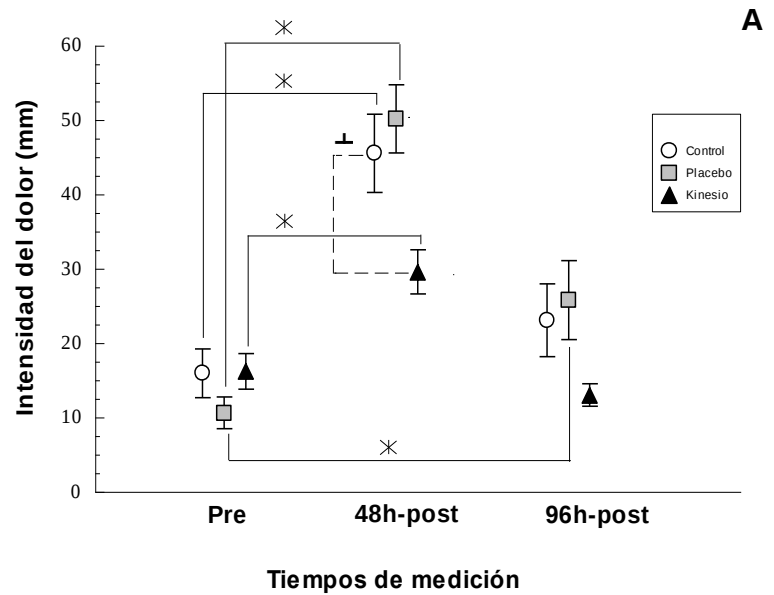


Figura 9. Intensidad del dolor, comparaciones intra y entre grupos. **A.** Intensidad del dolor durante contracciones dinámicas máximas y **B.** Intensidad del dolor durante la actividad funcional. Los datos son presentados como $\bar{x} \pm EE$. * $p < 0.05$, comparaciones intra-grupo; + $p < 0.05$, comparaciones entre los grupos



6. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del Kinesio-Taping sobre las variables de desempeño muscular (torque máximo isométrico e isocinético, trabajo muscular y tiempo al torque máximo) y la intensidad del dolor de aparición tardía en el músculo cuádriceps. Para ello se establecieron los cambios en estas variables en cada uno de los grupos (participantes intervenido con KT, intervenidos con placebo y el grupo no intervenido), a las 48h y 96h después del ejercicio excéntrico; y se compararon estas variables entre los tres grupos de estudio en cada momento de medición.

En acuerdo con los datos reportados en la literatura científica^{263 264 265}, los actuales resultados mostraron una disminución del torque máximo isométrico e isocinético a las 48h después del ejercicio en el grupo no intervenido, así como en el grupo que recibió tratamiento placebo. Adicionalmente, se demostró una disminución en el trabajo muscular (48h) en los tres grupos de intervención. No obstante, en el único grupo que se evidenció una disminución en los valores de torque máximo isocinético y trabajo a las 96h después del ejercicio, fue el intervenido con vendaje placebo. Los tres grupos reportaron dolor muscular a las 48h pos-ejercicio en las dos condiciones evaluadas (durante contracciones musculares máximas y actividad funcional); y nuevamente, solo el grupo placebo reportó dolor a las 96h. Sin embargo, la intensidad del dolor percibido por los individuos tratados con KT fue significativamente menor que el reportado por el grupo no intervenido, sugiriendo un efecto positivo del KT sobre la percepción de la intensidad del dolor.

²⁶³ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

²⁶⁴ *Ibídem*.

²⁶⁵ IDE, Bernardo Neme, et al. Ações musculares excêntricas – Por que geram mais força? Por que geram mais traumas? En: Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologado. Enero, 2011, vol. 5, no. 25, p.61-68.

Las actividades físicas de los 66 voluntarios incluidos en este estudio fueron clasificadas en la categoría de moderado según el cuestionario internacional de actividad física y demostraron un incremento en la actividad de la enzima CK a las 48h después del protocolo de ejercicio, valores que no retornaron a la línea de base al final del experimento (96h). Estos datos son similares a publicaciones anteriores, que han mostrado un aumento en los niveles de la actividad de la CK por encima de 300U/L en respuesta a contracciones excéntricas del cuádriceps, hasta 14 días después del ejercicio^{266 267 268}.

La respuesta a la sesión de ejercicio excéntrico, fue evaluada en los individuos asignados al grupo control, en quienes se demostró que el torque máximo isométrico disminuyó aproximadamente 23% a las 48h pos-ejercicio. Estos datos son comparables a estudios previos que informan una reducción de la fuerza máxima isométrica entre el 20-30% utilizando un protocolo de ejercicio similar²⁶⁹.

Se reportó además una disminución de ~ 30% en el torque máximo isocinético (60°/s) y el trabajo muscular, a las 48h después del ejercicio. Sin embargo, es importante destacar que dos estudios en los cuales se indujo lesión muscular por ejercicio excéntrico han incluido el análisis del torque máximo isocinético y trabajo. Un estudio publicado por Molina y cols en 2012²⁷⁰ detectó, a las 48h pos-ejercicio, una reducción del 7.9% y 8.3% del torque máximo isocinético y trabajo muscular del cuádriceps, respectivamente. La diferencia reportada por los autores en términos

²⁶⁶ CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69..

²⁶⁷ CLARKSON, Priscilla M.; NOSAKA, Kazunori; BRAUN, Barry. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. En: Medicine and science in sports and exercise, 1992, vol. 24, no 5, p. 512-520.

²⁶⁸ CLARKSON, Priscilla, et al. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. Int J Sports Med. (1986); 7(03):152-5.

²⁶⁹ NEWHAM, Dawnin. et al. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. En: Clinical Science (Colch). 1988. Vol.74, p. 553–557.

²⁷⁰ MOLINA, Renato; DENADAI, Benedito S. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. Clinical physiology and functional imaging, 2012, vol. 32, no 3, p. 179-184.

de menor pérdida de fuerza, responde a que Molina definió un menor rango de movimiento para la evaluación de fuerza (70°), menor velocidad (60°/s) y rango de movimiento durante el protocolo de ejercicio (70°), comparado con el utilizado en este estudio.

A pesar que la fuerza máxima isocinética y el trabajo no son variables comúnmente estudiadas, nuestros resultados son de gran importancia en términos de evaluación indirecta objetiva de la funcionalidad del músculo-esquelético. El torque máximo isocinético y el trabajo son variables que permiten describir la capacidad del músculo para realizar contracciones submáximas durante todo el rango del movimiento. Por esta razón determinar una disminución de sus valores después del ejercicio excéntrico tiene potenciales implicaciones en el diseño de programas de rehabilitación muscular al permitir una prescripción exacta de las cargas impuestas durante la ejecución del ejercicio, obteniendo mejores resultados.

En el presente estudio no se detectaron diferencias entre los tiempos de medición de la variable tiempo al torque máximo isométrico e isocinético, después del ejercicio (poder del 40 y 50% respectivamente), a pesar de haber realizado intentos de normalización de esta variable, considerando el torque máximo. Sólo el estudio de Molina y cols.²⁷¹ ha informado cambios significativos en el tiempo al torque máximo isocinético después de daño muscular inducido por ejercicio, mostrando una disminución de 23.5% a las 48h. Sin embargo, la comparación entre los actuales resultados y los del estudio previo debe realizarse con precaución debido a las diferencias en las características técnicas de los protocolos de evaluación y ejercicio.

²⁷¹ MOLINA, Renato; DENADAI, Benedito S. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. *Clinical physiology and functional imaging*, 2012, vol. 32, no 3, p. 179-184.

Adicionalmente, es probable que ante la disminución de la fuerza muscular por el daño estructural en el acople excitación-contracción, se compensa temporalmente con modificaciones en el tiempo para lograr el torque máximo (ajustes en la tasa de disparo de las unidades motoras), situación que puede ser muy variable dados los cambios plásticos del músculo^{272 273 274}.

El dolor muscular de aparición tardía, es una de las perturbaciones fisiológicas más importantes de la lesión muscular aguda, que se instaura 24h después del ejercicio excéntrico, principalmente en la unión miotendinosa del músculo ejercitado^{275 276 277}.

La mayor intensidad del dolor muscular se registra entre las 24 - 48h después del ejercicio, el cual desaparece entre el 5° y el 7° día. Algunos autores relacionan la intensidad del dolor con el tipo de contracción muscular realizada, el rango de movimiento y el número y velocidad de las contracciones musculares^{278 279 280}. Así, ante contracciones excéntricas de gran amplitud de movimiento y baja velocidad, se induce una mayor intensidad del dolor^{281 282}. En el presente estudio, se utilizó un

²⁷² CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52-69.

²⁷³ IDE, Bernardo Neme, et al. Ações musculares excêntricas – Por que geram mais força? Por que geram mais traumas? En: Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologado. Enero, 2011, vol. 5, no. 25, p.61-68.

²⁷⁴ CLARKSON, op. cit.

²⁷⁵ Ibídem.

²⁷⁶ CHEUNG, Karoline; HUME, Patria A. y MAXWELL, Linda. Delayed onset muscle soreness. En: Sports Medicine. 2003, vol. 33, no. 2, p. 145-164.

²⁷⁷ HUBAL, Monica J.; RUBINSTEIN, Scott R.; CLARKSON, Priscilla M. Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening actions. En: Medicine and science in sports and exercise. Febrero, 2007, vol. 39, no 3, p. 461-468.

²⁷⁸ NOSAKA, Kazunori; NEWTON, Mike. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. En: The Journal of Strength & Conditioning Research, 2002, vol. 16, no 1, p. 117-122.

²⁷⁹ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: Biology and treatment. En: The American Journal of Sports Medicine. Mayo, 2005, vol. 33, no. 5, p.745-766.

²⁸⁰ WARREN, Gordon L.; LOWE, Dawn A. y ARMSTRONG, Robert B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. En: Sports Medicine, 1999, vol. 27, no 1, p. 43-59.

²⁸¹ CLARKSON, Priscilla, et al. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. Int J Sports Med. (1986); 7(03):152-5.

²⁸² HYLDAHL, Robert D.; HUBAL, Monica J. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. Muscle & nerve, 2014, vol. 49, no 2, p. 155-170.

modelo de ejercicio que no induce una gran extensión de lesión muscular, por tanto, el dolor remitió a las 96h en el grupo no intervenido; se aplicaron contracciones musculares excéntricas, de rango de movimiento medio de extensión de la rodilla (90° de excursión) y velocidad de contracción intermedia (120°/s).

Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron un aumento de la intensidad del dolor muscular durante contracciones dinámicas máximas, y durante la actividad funcional a las 48h pos-ejercicio, el cual fue similar al reportado en estudios previos (4.0cm). Molina y cols²⁸³ registraron un aumento en el dolor muscular de 3.8 ± 1.4 cm ($p=0.002$) a las 24h, y de 4.1 ± 1.9 cm ($p=0.003$) a las 48h después del ejercicio. Sin embargo, aunque el dolor muscular es un fenómeno conocido y comúnmente experimentado, el mecanismo exacto para explicar cómo se desarrolla no está completamente definido. Todos los cambios previamente descritos, nivel de actividad de la CK, torque máximo isométrico y dolor muscular de aparición tardía, son considerados marcadores indirectos de lesión muscular inducida por el protocolo de ejercicio excéntrico, y se corresponden con lo publicado previamente^{284 285}.

Diversas y novedosas modalidades físicas como ultrasonido terapéutico, laser y crioterapia, se han utilizado con el propósito de acelerar el proceso de reparación del músculo-esquelético, principalmente en condiciones de competencia deportiva. El KT es una herramienta terapéutica ampliamente utilizada en la actualidad (a partir de los Juegos Olímpicos de 2008), la cual se asume simula las propiedades elásticas de la piel. Esta alternativa de intervención fue creada con el propósito de disminuir el dolor y favorecer el proceso de reparación de los tejidos sin limitar el

²⁸³ MOLINA, Renato; DENADAI, Benedito S. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. *Clinical physiology and functional imaging*, 2012, vol. 32, no 3, p. 179-184.

²⁸⁴ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: Biology and treatment. En: *The American Journal of Sports Medicine*. Mayo, 2005, vol. 33, no. 5, p.745-766.

²⁸⁵ WARREN, Gordon L.; LOWE, Dawn A. y ARMSTRONG, Robert B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. En: *Sports Medicine*, 1999, vol. 27, no 1, p. 43-59.

movimiento^{286 287}; sin embargo la evidencia científica que soporta su aplicación es escasa y con importantes limitaciones metodológicas^{288 289 290}.

Diversos efectos clínicos del KT han sido descritos en la literatura científica, tales como soporte articular^{291 292}, facilitación de la contracción muscular^{293 294}, aceleración del proceso de reparación de los tejidos mejorando el drenaje linfático y el flujo sanguíneo, modulación del dolor muscular de aparición tardía^{295 296 297} y otros tipos de dolor^{298 299}. Sin embargo, los posibles mecanismos fisiológicos que inducen los efectos clínicos mencionados anteriormente, son sólo hipótesis

²⁸⁶ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

²⁸⁷ KAHANOV, Leamor. Kinesio Taping®, part 1: an overview of its use in athletes. *Athletic Therapy Today*, 2007, vol. 12, no 3, p. 17-18.

²⁸⁸ ELLIS, op. cit.

²⁸⁹ WILLIAMS, Sean, et al. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries. A meta-analysis of the evidence for its effectiveness. En: Sports Medicine. Febrero, 2012, vol. 42, no. 2, p.153-164.

²⁹⁰ KALRON, Alon, & BAR-SELA, S. A systematic review of the effectiveness of Kinesio Taping--fact or fashion? *Eur J Phys Rehabil Med*. 2013;49(5):699-709.

²⁹¹ HALSETH, Travis, et al. The effects of kinesio™ taping on proprioception at the ankle. *Journal of sports science & medicine*, 2004, vol. 3, no 1, p. 1.

²⁹² JARACZEWSKA, Ewa; LONG, Carol. Kinesio® taping in stroke: improving functional use of the upper extremity in hemiplegia. *Topics in Stroke rehabilitation*, 2006, vol. 13, no 3, p. 31-42.

²⁹³ WONG, Oscar MH; CHEUNG, Roy TH; LI, Raymond CT. Isokinetic knee function in healthy subjects with and without Kinesio taping. *Physical Therapy in Sport*, 2012, vol. 13, no 4, p. 255-258.

²⁹⁴ AYTAR, Aydan, et al. Initial effects of kinesio® taping in patients with patellofemoral pain syndrome: A randomized, double-blind study. En: *Isokinetics and Exercise Science*. 2011, vol. 19, no. 2, p. 135-142.

²⁹⁵ OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: *Journal of sport rehabilitation*. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

²⁹⁶ LEE, Yong Sin, et al. The effects of kinesio taping on architecture, strength and pain of muscles in delayed onset muscle soreness of biceps brachii. En: *Journal of physical therapy science*. Febrero, 2015, vol. 27, no. 2, p. 457-459.

²⁹⁷ NOSAKA, Kazunori. The effect of kinesio taping® on muscular micro-damage following eccentric exercises. En: *15th Annual Kinesio Taping International*. Tokyo : Kinesio Taping Association, 1999. p. 70-73.

²⁹⁸ YOSHIDA, Ayako; KAHANOV, Leamor. The effect of kinesio taping on lower trunk range of motions. *Research in sports medicine*, 2007, vol. 15, no 2, p. 103-112.

²⁹⁹ GONZÁLEZ-IGLESIAS, Javier, et al. Short-term effects of cervical kinesio taping on pain and cervical range of motion in patients with acute whiplash injury: a randomized clinical trial. En: *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Julio, 2009, vol. 39, no. 7, p. 515-521.

planteadas en revisiones sistemáticas, meta-análisis y algunos artículos originales.^{300 301 302}

.

La técnica seleccionada en el presente estudio pretendía acelerar el proceso de reparación del músculo esquelético lesionado (contusiones, desgarros, laceraciones) a través del incremento del flujo sanguíneo derivado del levantamiento de la piel³⁰³. El aumento del flujo sanguíneo en la zona de aplicación, sólo ha sido evaluado por un estudio no publicado por Kase y Hashimoto en 1998 (creadores de la técnica)³⁰⁴, en 9 sujetos con alteraciones músculo-esqueléticas crónicas y con pobre circulación. A través de la técnica doopler se midió el flujo sanguíneo antes y 10min después de la aplicación del KT, encontrándose un aumento entre el 20 al 60% en todos los pacientes^{305 306}.

Así, no existe evidencia confiable que esta técnica genere un incremento en el flujo sanguíneo del músculo en condiciones normales, y por tiempo prolongado como para inducir cambios en el proceso de reparación. Igualmente, las publicaciones existentes con respecto a la aplicación del KT sobre el músculo ejercitado son escasas y con grandes limitaciones metodológicas, tales como la ausencia en la descripción del modelo de lesión utilizado, no especificación de la técnica de KT aplicada, diseños cuasi-experimentales, utilización de herramientas de medición de

³⁰⁰ DONEC, Venta y KRIŠČIŪNAS, Aleksandras. The effectiveness of Kinesio Taping® after total knee replacement in early postoperative rehabilitation period. A randomized clinical trial. En: European journal of physical and rehabilitation medicine. Agosto, 2014, vol. 50, no. 4, p. 363-317.

³⁰¹ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

³⁰² MONTALVO, Alicia M.; CARA, Ed Le; MYER, Gregory D. Effect of kinesiology taping on pain in individuals with musculoskeletal injuries: systematic review and meta-analysis. The Physician and sportsmedicine, 2014, vol. 42, no 2, p. 48-57.

³⁰³ KASE, Kenso; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

³⁰⁴ KASE, Kenzo, et al. (1998). Changes in the volume of the peripheral blood flow by using Kinesio Taping®. Med Sci Sports Exerc 1988.

³⁰⁵ ELLIS, Richard F. op. cit.

³⁰⁶ KASE, Kenzo, op. cit.

manera inadecuada y sin evaluación de sus propiedades psicométricas, entre otras^{307 308}.

Los resultados de este estudio muestran que a pesar de que hubo una menor disminución en el torque máximo isométrico e isocinético en el grupo tratado con KT, al comparar los cambios en estas variables entre los grupos no existe un efecto positivo de la técnica de corrección circulatoria con KT sobre el desempeño muscular (poder del ~ 50%). Adicionalmente, el grupo intervenido con vendaje placebo no recuperó la fuerza muscular a las 96 horas después del ejercicio excéntrico, en términos de torque máximo isocinético y trabajo; probablemente por un efecto placebo negativo del vendaje elástico que simula una inadecuada técnica (Kase 2013). Es plausible que el vendaje placebo cancele el proceso de reparación normal del músculo esquelético, evidenciado en una recuperación completa de la fuerza muscular en los grupos sin intervención y con KT. El estudio de otras modalidades terapéuticas, como el ultrasonido terapéutico, en el proceso de reparación muscular ha demostrado efectos negativos de técnicas placebo similares al reportado en la presente investigación^{309 310 311}.

Estudios experimentales han demostrado que la máxima tensión mecánica en el músculo esquelético generada durante el ejercicio, es una de las causas principales

³⁰⁷ OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: Journal of sport rehabilitation. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

³⁰⁸ NOSAKA, Kazunori. The effect of kinesio taping® on muscular micro-damage following eccentric exercises. En: 15th Annual Kinesio Taping International. Tokyo : Kinesio Taping Association, 1999. p. 70-73.

³⁰⁹ DELGADO, Diana Carolina. Functional and Molecular Effects of Therapeutic Ultrasound On Skeletal Muscle Repair. Disertacion Doctoral. Estados Unidos, California: Universidad de Carolina del Sur, 2012. p. 50.

³¹⁰ HAAS, Caroline, et al. Massage timing affects postexercise muscle recovery and inflammation in a rabbit model. Medicine and science in sports and exercise, 2013, vol. 45, no 6, p. 1105.

³¹¹ HOU, Yixuan, et al. Promoting effect of massage on quadriceps femoris repair of rabbit in vivo. Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi= Zhongguo xiufu chongjian waiké zazhi= Chinese journal of reparative and reconstructive surgery, 2012, vol. 26, no 3, p. 346-351.

del daño muscular^{312 313}. Las alteraciones en las células musculares detectadas a partir de las 48h pos-ejercicio excéntrico, muestran ruptura de la línea Z (evidencia de la teoría del estallido de la sarcómera^{314 315 316}, pérdida de proteínas estructurales contráctiles y mitocondriales, cambios en la matriz extracelular, y alteraciones en la permeabilidad de los capilares^{317 318 319}. Estos cambios de la ultraestructura del músculo, activan una respuesta inflamatoria que puede explicar hasta un 25% la disminución en la fuerza muscular máxima^{320 321}, la presencia del dolor muscular de aparición tardía y el aumento de la actividad de enzimas como la CK.^{322 323}

Adicionalmente, se ha propuesto que el ejercicio máximo induce alteraciones en el acople excitación – contracción³²⁴, lo cual explica hasta el 75% de la pérdida de la fuerza muscular durante los tres primeros días después del ejercicio excéntrico³²⁵. El principal deterioro de este acople, está relacionado con una reducción en las

³¹² HYLDAHL, Robert D.; HUBAL, Monica J. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle & nerve*, 2014, vol. 49, no 2, p. 155-170.

³¹³ DOUGLAS, Jamie, et al. Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine*, 2017, vol. 47, no 4, p. 663-675.

³¹⁴ MORGAN, David Lloyd. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophysical journal*, 1990, vol. 57, no 2, p. 209-221.

³¹⁵ HICKS, Kirsty M., et al. Muscle damage following maximal eccentric knee extensions in males and females. *PloS one*, 2016, vol. 11, no 3, p. e0150848.

³¹⁶ FRIDEN, Jan, et al. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International journal of sports medicine*, 1983, vol. 4, no 03, p. 170-176.

³¹⁷ *Ibídem*.

³¹⁸ YU, Ji-Guo; MALM, Christer; THORNELL, Lars-Eric. Eccentric contractions leading to DOMS do not cause loss of desmin nor fibre necrosis in human muscle. *Histochemistry and cell biology*, 2002, vol. 118, no 1, p. 29-34.

³¹⁹ LAURITZEN, Fredrik, et al. Gross ultrastructural changes and necrotic fiber segments in elbow flexor muscles after maximal voluntary eccentric action in humans. *Journal of Applied Physiology*, 2009, vol. 107, no 6, p. 1923-1934.

³²⁰ WARREN, Gordon L.; LOWE, Dawn A. y ARMSTRONG, Robert B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *En: Sports Medicine*, 1999, vol. 27, no 1, p. 43-59.

³²¹ PAULSEN, Gøran, et al. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise?. *Exercise immunology review*, 2012, vol. 18.

³²² CLARKSON, Priscilla M.; NOSAKA, Kazunori; BRAUN, Barry. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *En: Medicine and science in sports and exercise*, 1992, vol. 24, no 5, p. 512-520.

³²³ HICKS, op. cit.

³²⁴ WARREN, op. cit.

³²⁵ HYLDAHL, Robert D., et al. Satellite cell activity is differentially affected by contraction mode in human muscle following a work-matched bout of exercise. *Frontiers in physiology*, 2014, vol. 5.

proteínas JP, encargadas de unir la membrana del túbulo T y del retículo sarcoplásmico, limitando la activación de los receptores de dihidropiridinas y rianodinas. Así, se altera la regulación de la concentración del calcio intracelular, activando las calpainas, que inician un proceso de proteólisis de las proteínas contráctiles de la fibra muscular³²⁶.

Ante el daño de la ultraestructura muscular, otras modalidades físicas como ultrasonido terapéutico³²⁷, estiramiento mantenido³²⁸ contracciones isométricas submáximas³²⁹ y laser^{330 331}, logran activar vías de señalización celular que inducen reparación muscular, tales como la vía del factor de crecimiento mecánico similar a la insulina^{332 333} la activación de los canales de calcio dependientes de estiramiento³³⁴ y de la proteína kinasa activada por mitógenos^{335 336} el factor nuclear

³²⁶ CORONA, Benjamin T., et al. Junctophilin damage contributes to early strength deficits and EC coupling failure after eccentric contractions. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 2010, vol. 298, no 2, p. C365-C376.

³²⁷ DELGADO-DIAZ, Diana C., et al. Therapeutic ultrasound affects IGF-1 splice variant expression in human skeletal muscle. *The American journal of sports medicine*, 2011, vol. 39, no 10, p. 2233-2241.

³²⁸ MENG, Xiaoping; MAVROMATIS, Kreton; GALIS, Zorina S. Mechanical stretching of human saphenous vein grafts induces expression and activation of matrix-degrading enzymes associated with vascular tissue injury and repair. *Experimental and molecular pathology*, 1999, vol. 66, no 3, p. 227-237.

³²⁹ JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: optimising recovery. En: *Best Practice and Research Clinical Rheumatology* Abril, 2007, vol. 21, no. 2, p. 317–331.

³³⁰ DE SOUZA, Thais Oricchio Fedri, et al. Phototherapy with low-level laser affects the remodeling of types I and III collagen in skeletal muscle repair. *Lasers in medical science*, 2011, vol. 26, no 6, p. 803.

³³¹ MESQUITA-FERRARI, Raquel Agnelli, et al. Effects of low-level laser therapy on expression of TNF- α and TGF- β in skeletal muscle during the repair process. *Lasers in Medical Science*, 2011, vol. 26, no 3, p. 335-340.

³³² ROMMEL, Christian, et al. Mediation of IGF-1-induced skeletal myotube hypertrophy by PI (3) K/Akt/mTOR and PI (3) K/Akt/GSK3 pathways. *Nature cell biology*, 2001, vol. 3, no 11, p. 1009-1013.

³³³ WOZNIAK, Ashley C., et al. Signaling satellite-cell activation in skeletal muscle: Markers, models, stretch, and potential alternate pathways. *Muscle & nerve*, 2005, vol. 31, no 3, p. 283-300.

³³⁴ DAMM, Tatiana Benavides; EGLI, Marcel. Calcium's role in mechanotransduction during muscle development. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 2014, vol. 33, no 2, p. 249-272.

³³⁵ KUO, Jean-Cheng. Focal adhesions function as a mechanosensor. *Prog Mol Biol Transl Sci*, 2014, vol. 126, p. 55-73.

³³⁶ VICENTE-MANZANARES, Miguel; CHOI, Colin Kiwon; HORWITZ, Alan Rick. Integrins in cell migration—the actin connection. *Journal of cell science*, 2009, vol. 122, no 2, p. 199-206.

activado por células T (NFAT³³⁷ las proteínas de adhesión focal³³⁸, el factor de crecimiento capilar y el óxido nítrico^{339 340}. En contraste con estas modalidades terapéuticas, cuya energía mecánica es absorbida directamente por las células musculares, el posible efecto mecánico del KT es superficial, sobre piel que cubre el músculo lesionado, por tanto, no lograría limitar el proceso de proteólisis y/o facilitar el proceso de reparación muscular.

Con relación a la intensidad del dolor muscular de aparición tardía, se detectó dolor a las 48h pos-ejercicio en los tres grupos de comparación, y nuevamente sólo el grupo intervenido con vendaje placebo percibió dolor muscular a las 96h. La intensidad del dolor a las 48h en quienes fueron intervenidos con KT fue menor que el reportado por las personas que no recibieron tratamiento, por tanto, se asume un efecto positivo del KT sobre la modulación de la intensidad del dolor percibido durante contracciones musculares máximas, y durante la activación muscular en una actividad funcional que implica control muscular excéntrico. Estos resultados se sustentan en los valores obtenidos en el tamaño del efecto y sus intervalos de confianza del 95%, clasificándolo en un efecto de alta magnitud (d cohen 0.76 [0.146-1.37]; 0.96 [0.31-1.56] respectivamente).

Uno de los primeros estudios realizado por Smith y col (173) plantean una serie de eventos celulares que intentan explicar la aparición de este tipo de dolor muscular. El daño en el tejido muscular induce un aumento en la circulación de neutrófilos y monocitos hacia el sitio de la lesión, y la secreción de sustancias pro-inflamatorias como la bradicinina, histamina y prostaglandinas. La acción química de estas

³³⁷ DAMM, Tatiana Benavides; EGLI, Marcel. Calcium's role in mechanotransduction during muscle development. *Cellular Physiology and Biochemistry*, 2014, vol. 33, no 2, p. 249-272.

³³⁸ KUO, Jean-Cheng. Focal adhesions function as a mechanosensor. *Prog Mol Biol Transl Sci*, 2014, vol. 126, p. 55-73.

³³⁹ FLEMING, Ingrid; BUSSE, Rudi. Molecular mechanisms involved in the regulation of the endothelial nitric oxide synthase. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2003, vol. 284, no 1, p. R1-R12.

³⁴⁰ HOIER, Birgitte, et al. Subcellular localization and mechanism of secretion of vascular endothelial growth factor in human skeletal muscle. *The FASEB Journal*, 2013, vol. 27, no 9, p. 3496-3504.

sustancias sensibiliza las terminaciones nerviosas libres presentes en el músculo y disminuye el umbral de dolor del receptor⁽¹⁰⁾. El efecto de la modulación del dolor muscular de aparición tardía y la facilitación del proceso de reparación de los tejidos está planteado bajo la hipótesis del posible efecto circulatorio del KT (92) Una revisión sistemática de tres estudios³⁴¹ teoriza este posible efecto con base en el levantamiento de la piel; las convoluciones o patrones de onda que se observan en el KT aumentan el espacio intersticial y nivelan las presiones alteradas durante el proceso inflamatorio generado por la lesión^{342 343} disminuyendo la presión sobre los nociceptores subcutáneos.

Por otro lado, se ha planteado que el KT podría crear canales en el espacio intersticial al separar los filamentos que unen las células de la piel con las epiteliales de los vasos linfáticos y capilares, facilitando el flujo sanguíneo en el área lesionada³⁴⁴ y el drenaje de las sustancias proinflamatorias e irritadoras de los receptores como las bradiquininas, histamina y prostaglandinas. Todo lo anterior disminuye la tasa de disparo de las aferencias nociceptoras reduciendo la percepción del dolor^{345 346}. Sin embargo, estas teorías aún no han sido comprobadas.

Una actualización de la teoría de la compuerta del dolor³⁴⁷ ha permitido que algunos autores planteen la modulación del dolor a través de la activación de otras

³⁴¹ ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

³⁴² Ibídem.

³⁴³ BAKUŁA, Stanisław; SZAMOTULSKA, Jolanta. Application of Kinesio Taping® for Treatment of Sports Injuries. 2007.

³⁴⁴ LIPÍŃSKA, Anna, et al. The influence of Kinesiotaping applications on lymphoedema of an upper limb in woman after mastectomy. En: Fizjo Pol, 2007, vol. 7, no 3, p. 258-269.

³⁴⁵ WILLIAMS, Sean, et al. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries. A meta-analysis of the evidence for its effectiveness. En: Sports Medicine. Febrero, 2012, vol. 42, no. 2, p.153-164.

³⁴⁶ MOSTAFAVIFAR, Mehran; WERTZ, Jess y BORCHERS, James. A systematic review of the effectiveness of kinesio taping for musculoskeletal injury. En: The Physician and sports medicine, 2012, vol. 40, no 4, p. 33-40.

³⁴⁷ FERNÁNDEZ, Ricardo Cárdenas. The neuromatrix and its importance in pain neurobiology. Investigación Clínica, 2015, vol. 56, no 2, p. 109-110.

vías sensoriales dado el estímulo de tensión sobre la piel al aplicar el KT^{348 349 350}. Sin embargo, esta disminución en el dolor puede ser solo inmediata y durar hasta 24 horas, considerando la habituación de los receptores sensoriales.^{351 352}.

Es importante mencionar que la literatura científica generalmente asume un efecto placebo como positivo^{353 354}; no obstante, los resultados encontrados con la aplicación de una técnica de vendaje elástico sin tensión (placebo) en el modelo de lesión muscular inducida por ejercicio excéntrico, son negativos tanto en desempeño muscular como en la modulación de la intensidad del dolor. Lo anterior, se debe probablemente a una perturbación del proceso de reparación normal del músculo esquelético inducida por el vendaje.

Los resultados de este estudio están delimitados a hombres sanos, físicamente activos y un rango de edad determinado, por lo cual se recomienda el estudio de estas variables en respuesta al KT en otros grupos etáreos y la inclusión de mujeres, considerando los cambios hormonales que inducen variaciones en la respuesta al ejercicio. Así mismo, los resultados de este estudio solo aplican para la técnica de corrección circulatoria del KT debido a que el objetivo de este estudio estuvo delimitado a examinar el efecto de esta técnica específica durante la fase inicial de las lesiones musculares agudas por parte del autor. Una fortaleza importante del presente proyecto de investigación, es que en comparación con la literatura

³⁴⁸ WILLIAMS, op. cit.

³⁴⁹ MOSTAFAVIFAR, Mehran; WERTZ, Jess y BORCHERS, James. A systematic review of the effectiveness of kinesio taping for musculoskeletal injury. En: *The Physician and sports medicine*, 2012, vol. 40, no 4, p. 33-40.

³⁵⁰ MONTALVO, Alicia M.; CARA, Ed Le; MYER, Gregory D. Effect of kinesiology taping on pain in individuals with musculoskeletal injuries: systematic review and meta-analysis. *The Physician and sportsmedicine*, 2014, vol. 42, no 2, p. 48-57.

³⁵¹ GONZÁLEZ-IGLESIAS, Javier, et al. Short-term effects of cervical kinesio taping on pain and cervical range of motion in patients with acute whiplash injury: a randomized clinical trial. En: *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Julio, 2009, vol. 39, no. 7, p. 515-521.

³⁵² MOSTAFAVIFAR, op. cit.

³⁵³ BENEDETTI, Fabrizio, et al. Neurobiological mechanisms of the placebo effect. *Journal of Neuroscience*, 2005, vol. 25, no 45, p. 10390-10402.

³⁵⁴ BEEDIE, Christopher J.; FOAD, Abigail J. The placebo effect in sports performance. *Sports Medicine*, 2009, vol. 39, no 4, p. 313-329.

revisada, es el primer estudio en determinar el efecto de una técnica específica del KT como único tratamiento utilizado durante 4 días consecutivos luego de una lesión muscular inducida por el ejercicio excéntrico. Así mismo, en el diseño metodológico se consideró el doble enmascaramiento y la aleatorización a los tres grupos de intervención con el fin de eliminar posibles sesgos.

Se propone que en futuras investigaciones sobre efectos clínicos y/o fisiológicos del KT se incluya, en la evaluación del desempeño muscular, el análisis del patrón de reclutamiento muscular a través de la electromiografía, con el fin de evaluar el efecto del KT en condiciones de lesión muscular y su repercusión sobre la capacidad funcional del músculo esquelético. Adicionalmente, incluir otra variable que permita estudiar la potencia muscular, debido a que el tiempo al torque máximo isométrico e isocinético no informa cambios importantes. El presente estudio, así como la propuesta de futuras investigaciones constituyen un avance científico hacia el fortalecimiento de la práctica basada en la evidencia en Fisioterapia, específicamente en el uso de las modalidades físicas.

7. CONCLUSIONES

La técnica de corrección circulatoria de KT, aplicada inmediatamente después de una lesión muscular inducida a través del ejercicio excéntrico, mantenida durante cuatro días consecutivos, disminuye la intensidad del dolor percibida después del ejercicio excéntrico (48h), sin facilitar la recuperación de la funcionalidad muscular.

En la literatura revisada no se encontraron efectos negativos del efecto placebo del KT, sin embargo, este estudio sugiere que la aplicación del vendaje elástico sin tensión, prolonga la percepción de dolor y la recuperación del desempeño muscular. Por esta razón, es importante el entrenamiento especializado por parte del profesional para su aplicación

Se debe aplicar la técnica de corrección circulatoria con KT inmediatamente después de una lesión muscular aguda en el área clínica y deportiva con el fin de disminuir la percepción de la intensidad del dolor muscular de aparición tardía, teniendo en cuenta que no existe un efecto sobre el desempeño muscular del individuo.

Se sugiere realizar estudios que comparen la aplicación del KT en diferentes tiempos de medición.

BIBLIOGRAFÍA

ACKERMANN, Bronwen; ADAMS, Roger; MARSHALL, Elfreda. The effect of scapula taping on electromyographic activity and musical performance in professional violinists. En: Australian Journal of Physiotherapy, 2002, vol. 48, no 3, p. 197-203.

AKBAS, Eda; ATAY, Ahmet Ozgur y YUKSEL, Inci. The effects of additional kinesio taping over exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome. En: Acta orthopaedica et traumatologica turcica. Febrero, 2011, vol. 45, no. 5, p. 335-341.

ALEMANY, Joseph Anthony, et al. Comparison of acute responses to isotonic or isokinetic eccentric muscle action: differential outcomes in skeletal muscle damage and implications for rehabilitation. En: International journal of sports medicine, 2014, vol. 35, no 1.

ALLEN, David G.; LAMB, Graham D.; WESTERBLAD, Håkan. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. Physiological reviews, 2008, vol. 88, no 1, p. 287-332.

ALVARES, João Breno de Araujo Ribeiro, et al. Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. Physical Therapy in Sport, 2015, vol. 16, no 1, p. 59-65.

AYTAR, Aydan, et al. Initial effects of kinesio® taping in patients with patellofemoral pain syndrome: A randomized, double-blind study. En: Isokinetics and Exercise Science. 2011, vol. 19, no. 2, p. 135-142.

BABENKO, Victor, et al. Duration and distribution of experimental muscle hyperalgesia in humans following combined infusions of serotonin and bradykinin. En: Brain research, 2000, vol. 853, no 2, p. 275-281.

BAKUŁA, Stanisław; SZAMOTULSKA, Jolanta. Application of Kinesio Taping® for Treatment of Sports Injuries. 2007.

BEEDIE, Christopher J.; FOAD, Abigail J. The placebo effect in sports performance. Sports Medicine, 2009, vol. 39, no 4, p. 313-329.

BEHRENS, M.; MAU-MOELLER, A.; BRUHN, S. Effect of exercise-induced muscle damage on neuromuscular function of the quadriceps muscle. En: International journal of sports medicine, 2012, vol. 33, no 8, p. 600.

BENEDETTI, Fabrizio, et al. Neurobiological mechanisms of the placebo effect. Journal of Neuroscience, 2005, vol. 25, no 45, p. 10390-10402.

BICICI, Seda; KARATAS, Nihan y BALTACI, Gul. Effect of athletic taping and kinesiotaping on measurement of functional performance in basketball players with chronic inversion ankle sprain. En: International Journal Sports Physical Therapy. Abril, 2012, vol.7, no. 2, p.154-166.

BLAND, Martin and ALTMAN, Douglas. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. En: The lancet. 1986, vol. 1, pag.307-310.

BYRNES, William C., et al. Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. Journal of Applied Physiology, 1985, vol. 59, no 3, p. 710-715.

CALLAGHAN, Michael J.; SELFE, James. Patellar taping for patellofemoral pain syndrome in adults. Cochrane Database Syst Rev, 2012, vol. 4.

CAMPOLO, Marc, et al. A comparison of two taping techniques (kinesio and mcconnell) and their effect on anterior knee pain during functional activities. En: International journal of sports physical therapy. Abril, 2013, vol. 8, no. 2, p. 105-110.

CASTRO-SÁNCHEZ, Adelaida María, et al. Kinesio Taping reduces disability and pain slightly in chronic non-specific low back pain: a randomised trial. En: Journal of Physiotherapy. Junio, 2012, vol. 58, no. 2, p. 89-95.

CDC – Centers of Disease Control and Prevention. About Adult BMI. [en línea]. (Citado en 31 Marzo 2015.) Disponible en: http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html#Interpreted.

CHAPMAN, Dale W., et al. Work and peak torque during eccentric exercise do not predict changes in markers of muscle damage. En: British journal of sports medicine, 2008, vol. 42, no 7, p. 585-591.

CHARGE, Sophie BP; RUDNICKI, Michael A. Cellular and molecular regulation of muscle regeneration. En: Physiological reviews. Marzo, 2004, vol. 84, no 1, p. 209-238.

CHEN, Yi-Wen, et al. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 2003, vol. 95, no 6, p. 2485-2494.

CHEN, Yi-Wen, et al. Molecular responses of human muscle to eccentric exercise. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 2003, vol. 95, no 6, p. 2485-2494.

CHEUNG, Karoline; HUME, Patria A. y MAXWELL, Linda. Delayed onset muscle soreness. En: Sports Medicine. 2003, vol. 33, no. 2, p. 145-164.

CLARKSON, Priscila, et al. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. Int J Sports Med. (1986); 7(03):152-5.

CLARKSON, Priscilla M. y HUBAL, Monica J. Exercise-induced muscle damage in humans. En: American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation. Noviembre, 2002, vol. 81, no.11, p. 52–69.

CLARKSON, Priscilla M.; HUBAL, Monica J. Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage?. En: Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 2001, vol. 4, no 6, p. 527-531.

CLARKSON, Priscilla M.; NOSAKA, Kazunori; BRAUN, Barry. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. En: Medicine and science in sports and exercise, 1992, vol. 24, no 5, p. 512-520.

CLOSE, Graeme, et al. Skeletal muscle damage with exercise and aging. En: Sports Medicine. 2005, vol. 35, no. 5, p. 413-27.

CONNOLLY, Declan A; SAYERS, Stephen E. y MCHUGH, Malachy P. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. En: The Journal of Strength & Conditioning Research. Febrero, 2003, vol. 17, no. 1, p. 197-208.

CORONA, Benjamin T., et al. Junctophilin damage contributes to early strength deficits and EC coupling failure after eccentric contractions. American Journal of Physiology-Cell Physiology, 2010, vol. 298, no 2, p. C365-C376.

CSAPO, Robert; ALEGRE, Luis M. Effects of Kinesio® taping on skeletal muscle strength—A meta-analysis of current evidence. En: Journal of Science and Medicine in Sport, 2014.

DAMM, Tatiana Benavides; EGLI, Marcel. Calcium's role in mechanotransduction during muscle development. Cellular Physiology and Biochemistry, 2014, vol. 33, no 2, p. 249-272.

DANNECKER, Erin A., et al. Sex differences in exercise-induced muscle pain and muscle damage. En: The Journal of Pain, 2012, vol. 13, no 12, p. 1242-1249.

DE SOUZA, Thais Oricchio Fedri, et al. Phototherapy with low-level laser affects the remodeling of types I and III collagen in skeletal muscle repair. Lasers in medical science, 2011, vol. 26, no 6, p. 803.

DELGADO, Diana Carolina. Functional and Molecular Effects of Therapeutic Ultrasound On Skeletal Muscle Repair. Disertacion Doctoral. Estados Unidos, California: Universidad de Carolina del Sur, 2012. p. 50.

DELGADO-DIAZ, Diana C., et al. Therapeutic ultrasound affects IGF-1 splice variant expression in human skeletal muscle. The American journal of sports medicine, 2011, vol. 39, no 10, p. 2233-2241.

DONEC, Venta y KRIŠČIŪNAS, Aleksandras. The effectiveness of Kinesio Taping® after total knee replacement in early postoperative rehabilitation period. A randomized clinical trial. En: European journal of physical and rehabilitation medicine. Agosto, 2014, vol. 50, no. 4, p. 363-317.

DORES, Hélder, et al. The hearts of competitive athletes: An up-to-date overview of exercise-induced cardiac adaptations. En: Revista Portuguesa de Cardiologia. Enero, 2015, vol. 34, no 1, p. 51-64.

DOUGLAS, Jamie, et al. Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. Sports Medicine, 2017, vol. 47, no 4, p. 663-675.

ELLIS, Richard F. The use and treatment efficacy of kinaesthetic taping for musculoskeletal conditions: a systematic review. En: New Zealand Journal of Physiotherapy, 1980, vol. 38, no 2, p. 56.

ESTON, Roger G., MICKLEBOROUGH, Jane y BALTZOPOULOS, Vasilios. Eccentric activation and muscle damage: biomechanical and physiological considerations during downhill running. En: British Journal of Sports Medicine. Febrero, 1995, vol. 29, no 2, p. 89-94.

FAULKNER, John A.; BROOKS, Susan V.; OPITECK, Julie A. Injury to skeletal muscle fibers during contractions: conditions of occurrence and prevention. En: Physical therapy, 1993, vol. 73, no 12, p. 911-921.

FEIRING, David C.; ELLENBECKER, Todd S.; DERSCHEID, Gary L. Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 1990, vol. 11, no 7, p. 298-300.

FERNÁNDEZ, Ricardo Cárdenas. The neuromatrix and its importance in pain neurobiology. Investigación Clínica, 2015, vol. 56, no 2, p. 109-110.

FERNANDEZ-GONZALO, Rodrigo, et al. Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. En: European journal of applied physiology, 2014, vol. 114, no 5, p. 1075-1084.

FERRARI, Ricardo J, et al. Processo de regeneração na lesão muscular: uma revisão. En: Fisioterapia em Movimento. Abril, 2005, vol.18, no. 2, p. 63-71.

FLEMING, Ingrid; BUSSE, Rudi. Molecular mechanisms involved in the regulation of the endothelial nitric oxide synthase. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 2003, vol. 284, no 1, p. R1-R12.

FOLLAND, Jonathan P.; WILLIAMS, Alun G. Morphological and neurological contributions to increased strength. En: Sports medicine. Abril, 2007, vol. 37, no 2, p. 145-168.

FRIDÉN, Jan, et al. Residual muscular swelling after repetitive eccentric contractions. Journal of orthopaedic research, 1988, vol. 6, no 4, p. 493-498.

FRIDEN, Jan; LIEBER, Richard L. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. Medicine and science in sports and exercise, 1992, vol. 24, no 5, p. 521-530.

FRIDEN, Jan, et al. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. En:International journal of sports medicine. Marzo,1983, vol. 4, no 3, p. 170-176.

GIBBONS, Raymond J., et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force one Practice Guidelines (Committee to update the 1997 Exercise Testing Guidelines. Circulation, 2002, vol. 106, no 14, p. 1883-1892.

GIVLI, Sefi. Contraction Induced Muscle Injury: Towards Personalized Training and Recovery Programs. En: Annals of biomedical engineering. Mayo,2015, vol. 43, no 2, p. 388-403.

GONZÁLEZ-IGLESIAS, Javier, et al. Short-term effects of cervical kinesio taping on pain and cervical range of motion in patients with acute whiplash injury: a randomized clinical trial. En: Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Julio, 2009, vol. 39, no. 7, p. 515-521.

HAAS, Caroline, et al. Massage timing affects postexercise muscle recovery and inflammation in a rabbit model. Medicine and science in sports and exercise, 2013, vol. 45, no 6, p. 1105.

HALL, Susan Jean. Basic biomechanics. 6 ed. Mosby, Incorporated. New york, 2007. ISBN 9780801620874.

HALSETH, Travis, et al. The effects of kinesio™ taping on proprioception at the ankle. Journal of sports science & medicine, 2004, vol. 3, no 1, p. 1.

HAMILL, Joseph y KNUTZEN, Kathleen. Biomechanical basics of human movement. 3 ed. España: Lippincott Williams & Wilkins, 2009. 320.p.

HEDAYATPOUR, Nosratollah, et al. Delayed-onset muscle soreness alters the response to postural perturbations. En: Medicine Science in Sport and Exercise. Noviembre, 2011, vol. 43, p. 1010- 1016.

HEIDERSCHEIT, Bryan C., et al. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. En: journal of orthopaedic & sports physical therapy, 2010, vol. 40, no 2, p. 67-81.

HICKS, Kirsty M., et al. Muscle damage following maximal eccentric knee extensions in males and females. PloS one, 2016, vol. 11, no 3, p. e0150848.

HOIER, Birgitte, et al. Subcellular localization and mechanism of secretion of vascular endothelial growth factor in human skeletal muscle. *The FASEB Journal*, 2013, vol. 27, no 9, p. 3496-3504.

HOU, Yixuan, et al. Promoting effect of massage on quadriceps femoris repair of rabbit in vivo. *Zhongguo xiu fu chong jian wai ke za zhi= Zhongguo xiufu chongjian waike zazhi= Chinese journal of reparative and reconstructive surgery*, 2012, vol. 26, no 3, p. 346-351.

HOUGH, H. Ergographic studies in muscular soreness. En: *American Journal Physiology*. Enero, 1902, vol. 7, p. 76–92.

HOWELL, John N.; CHLEBOUN, G.; CONATSER, R. Muscle stiffness, strength loss, swelling and soreness following exercise-induced injury in humans. En: *The Journal of physiology*, 1993, vol. 464, no 1, p. 183-196.

HSU, Yin-Hsin, et al. The effects of taping on scapular kinematics and muscle performance in baseball players with shoulder impingement syndrome. En: *Journal of electromyography and kinesiology*. Noviembre, 2009, vol. 19, no. 6, p. 1092-1099.

HUBAL, Monica J.; RUBINSTEIN, Scott R.; CLARKSON, Priscilla M. Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening actions. En: *Medicine and science in sports and exercise*. Febrero, 2007, vol. 39, no 3, p. 461-468.

HYLDAHL, Robert D., et al. Satellite cell activity is differentially affected by contraction mode in human muscle following a work-matched bout of exercise. *Frontiers in physiology*, 2014, vol. 5.

HYLDAHL, Robert D.; HUBAL, Monica J. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. Muscle & nerve, 2014, vol. 49, no 2, p. 155-170.

IDE, Bernardo Neme, et al. Ações musculares excêntricas – Por que geram mais força? Por que geram mais traumas? En: Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologado. Enero, 2011, vol. 5, no. 25, p.61-68.

JARACZEWSKA, Ewa; LONG, Carol. Kinesio® taping in stroke: improving functional use of the upper extremity in hemiplegia. Topics in Stroke rehabilitation, 2006, vol. 13, no 3, p. 31-42.

JÄRVINEN, Tero A.H., JÄRVINEN, Teppo L. N., KÄÄRIÄINEN, Minna. Muscle injuries biology and treatment. En: American Journal Sports Med 2005; Vol. 33, No. 5: p.745-764.

JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: Biology and treatment. En: The American Journal of Sports Medicine. Mayo, 2005, vol. 33, no. 5, p.745-766.

JARVINEN, Tero AH, et al. Muscle injuries: optimising recovery. En: Best Practice and Research Clinical Rheumatology Abril, 2007, vol. 21, no. 2, p. 317–331.

JARVINEN, Tero AH; JARVINEN, Markku y KALIMO, Hannu. Regeneration of injured skeletal muscle after the injury. En: Muscles, Ligaments and Tendons Journal. Febrero, 2013, vol.3, no. 4, p.337-345.

JENSEN, Mark; KAROLY, Paul. Self-report Scales and procedures for assessing pain in adults. En: TURK, Dennis and MELZACK, Ronald. Handbook of pain assessment. 2da edición, Nueva York, 2001.p.15-31.

KALRON, Alon, & BAR-SELA, S. A systematic review of the effectiveness of Kinesio Taping--fact or fashion? Eur J Phys Rehabil Med. 2013;49(5):699-709.

KANNUS, Paul. Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. En: International Journal of Sports Medicine. Enero, 1994. vol. 15, no. 1, p. 11-18.

KASE, Kenso; WALLIS, Jim y KASE, Tsuyoshi. Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. 3rd Edition. Tokio: Kení-kai Co Ltd, 2013.

KASE, Kenzo, et al. Changes in the volume of the peripheral blood flow by using Kinesio Taping®. Med Sci Sports Exerc 1988.

KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KFcotkt. 2011.

KINESIO TAPING ASSOCIATION INTERNATIONAL. Method. KKAactokt. 2011.

KNUDSON, Duane. Fundamentals of biomechanics. 2 ed. Springer. Chicago, 2001. 108 p. ISBN 978-0-387-49311-4.

KONOPKA, Adam R., et al. Myosin heavy chain plasticity in aging skeletal muscle with aerobic exercise training. En:The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. Agosto, 2011, vol. 66, no 8, p. 835-841.

KRAEMER, William J.; DUNCAN, Noel D. y VOLEK, Jeff S. Resistance training and elite athletes: Adaptations and program considerations. En: Journal of orthopaedic and sports physical activity. Agosto, 1998, vol. 28, no. 2, p. 110-120.

KUO, Jean-Cheng. Focal adhesions function as a mechanosensor. Prog Mol Biol Transl Sci, 2014, vol. 126, p. 55-73.

KAHANOV, Leamor. Kinesio Taping®, part 1: an overview of its use in athletes. *Athletic Therapy Today*, 2007, vol. 12, no 3, p. 17-18.

LABELLA, Cynthia R. Common acute sports-related lower extremity injuries in children and adolescents. En: *Clinical Pediatric Emergency Medicine*. Marzo, 2007, vol. 8, no. 1, p. 31-42.

LASTAYO, Paul C., et al. The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. En: *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. Mayo, 2003, vol. 58, no. 5, p. 419-424.

LAURITZEN, Fredrik, et al. Gross ultrastructural changes and necrotic fiber segments in elbow flexor muscles after maximal voluntary eccentric action in humans. *Journal of Applied Physiology*, 2009, vol. 107, no 6, p. 1923-1934.

LEE, Yong Sin, et al. The effects of kinesio taping on architecture, strength and pain of muscles in delayed onset muscle soreness of biceps brachii. En: *Journal of physical therapy science*. Febrero, 2015, vol. 27, no. 2, p. 457-459.

LEMOS, Thiago Vilela, et al. The effect of kinesio taping in forward bending of the lumbar spine. En: *Journal of physical therapy science*, 2014, vol. 26, no 9, p. 1371.

LIPÍŃSKA, Anna, et al. The influence of Kinesiotaping applications on lymphoedema of an upper limb in woman after mastectomy. En: *Fizjo Pol*, 2007, vol. 7, no 3, p. 258-269.

LOEB, Gerald E., et al. Distribution and innervation of short, interdigitated muscle fibers in parallel-fibered muscles of the cat hindlimb. En: *Journal of morphology*, 1987, vol. 191, no 1, p. 1-15.

MACLINTOSH, Brian R ; GARDINER, Phillip F. y MCCOMAS, Alan. Muscle training. En: Skeletal muscle form and function. 2 ed. Estados Unidos: Human Kinetics, 2006. p.298-303.

MARSH-RICHARD, Dawn M., et al. Adaptive Visual Analog Scales (AVAS): a modifiable software program for the creation, administration, and scoring of visual analog scales. En: Behavior research methods, 2009, vol. 41, no 1, p. 99-106.

MCGRATH, Ryan P.; WHITEHEAD, James R. y CAINE, Dennis J. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on post-exercise delayed onset muscle soreness in young adults. En: International Journal of Exercise Science. 2014, vol. 7, no. 1, p.14- 21

MEDINA, Catalina; BARQUERA, Simón; JANSSEN, Ian. Validity and reliability of the International Physical Activity Questionnaire among adults in Mexico. En: Revista Panamericana de Salud Pública, 2013, vol. 34, no 1, p. 21-28.

MENG, Xiaoping; MAVROMATIS, Kreton; GALIS, Zorina S. Mechanical stretching of human saphenous vein grafts induces expression and activation of matrix-degrading enzymes associated with vascular tissue injury and repair. Experimental and molecular pathology, 1999, vol. 66, no 3, p. 227-237.

MESQUITA-FERRARI, Raquel Agnelli, et al. Effects of low-level laser therapy on expression of TNF- α and TGF- β in skeletal muscle during the repair process. Lasers in Medical Science, 2011, vol. 26, no 3, p. 335-340.

MOGA, C., et al. Development of a quality appraisal tool for case series studies using a modified Delphi technique. En: Edmonton AB: Institute of Health Economics, 2012.

MOLINA, Renato; DENADAI, Benedito S. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. *Clinical physiology and functional imaging*, 2012, vol. 32, no 3, p. 179-184.

MONTALVO, Alicia M.; CARA, Ed Le; MYER, Gregory D. Effect of kinesiology taping on pain in individuals with musculoskeletal injuries: systematic review and meta-analysis. *The Physician and sportsmedicine*, 2014, vol. 42, no 2, p. 48-57.

MORGAN, David Lloyd. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophysical journal*, 1990, vol. 57, no 2, p. 209-221.

MORRIS, Roland, et al. The clinical effects of Kinesio® Tex taping: A systematic review. *En: Physiotherapy theory and practice*, 2013, vol. 29, no 4, p. 259-270.

MOSTAFAVIFAR, Mehran; WERTZ, Jess y BORCHERS, James. A systematic review of the effectiveness of kinesio taping for musculoskeletal injury. *En: The Physician and sports medicine*, 2012, vol. 40, no 4, p. 33-40.

NEWHAM, Dewnin. et al. Muscle fatigue and pain after eccentric contractions at long and short length. *En: Clinical Science (Colch)*. 1988. Vol.74, p. 553–557.

NOSAKA, Kazunori (1999): Paper presented at the Tokyo J. The Effect of Kinesio Taping on Muscular Micro Damage Following Eccentric Exercises. 15th Annual Kinesio Taping International Symposium Review,. 1999;Tokyo, Japan.

OROZCO, Luis. Confiabilidad o de la consistencia, reproducibilidad, acuerdo y algo más. *En: Medición en salud. Diagnóstico y evaluación de resultados: un manual crítico más allá de lo básico*. Bucaramanga; 2010. p. 73-103.

OZMEN, Tarik, et al. The Effect of Kinesio Taping® on Muscle Pain, Sprint Performance, and Flexibility in Recovery From Squat Exercise in Young Adult Women. En: Journal of sport rehabilitation. Julio, 2015. ISSN 1056-6716.

PANEL, NHLBI Obesity Education Initiative Expert, et al. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. 1998.

PARREIRA, Patricia do Carmo Silva, et al. Current evidence does not support the use of kinesio taping in clinical practice: a systematic review. En: Journal of Physiotherapy. Marzo, 2014, vol. 60, no. 1, p.31-39.

PAULSEN, Gøran, et al. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise?. Exercise immunology review, 2012, vol. 18.

PESCATELLO, Linda S., et al. ACSM's Resource for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.p. 2-3.

PINCIVERO, Mario, et al. Reliability and precision of isokinetic strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. En: International journal of sports medicine, 1997, vol. 18, no 02, p. 113-117.

POON, Kin Yan, et al. Kinesiology tape does not facilitate muscle performance: A deceptive controlled trial. En: Manual therapy. Mayo, 2015, vol. 20, no. 1, p. 130-133.

RAZALI, Nornadiah Mohd, et al. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. Journal of statistical modeling and analytics, 2011, vol. 2, no 1, p. 21-33.

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Salud. Resolución 008430 de octubre 4 de 1993. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Bogotá. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

ROMERO AYUSO, Dulce María. Actividades de la vida diaria. En: Anales de psicología. 2007, vol. 23, nº 2 (diciembre), p. 264-271.

ROMMEL, Christian, et al. Mediation of IGF-1-induced skeletal myotube hypertrophy by PI (3) K/Akt/mTOR and PI (3) K/Akt/GSK3 pathways. Nature cell biology, 2001, vol. 3, no 11, p. 1009-1013.

ROSSOW, Lindy M., et al. Arterial stiffness and blood flow adaptations following eight weeks of resistance exercise training in young and older women. En: Experimental Gerontology. Mayo, 2014, vol. 53, p. 48-46.

SAXTON, J. M.; DONNELLY, A. E. Length-specific impairment of skeletal muscle contractile function after eccentric muscle actions in man. En: Clinical Science. Marzo, 1996, vol. 90, no Pt 2, p. 119-125.

SAYERS, Salis y HUBAL, M. Histological, chemical and functional manifestations of muscle damage. En: TIIDUS P. Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics, 2007.

SCHWANE, James A., et al. Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. En: Medicine and Science in Sports and Exercise, 1982, vol. 15, no 1, p. 51-56.

SERRÃO, Fábio Viadanna, et al. Assessment of the quadriceps femoris muscle in women after injury induced by maximal eccentric isokinetic exercise with low angular speed. En: Journal of sports science & medicine. Enero, 2007, vol. 6, no 1, p. 106.

SHI, Xiaozhong; GARRY, Daniel J. Muscle stem cells in development, regeneration, and disease. En: Genes & development. Marzo, 2006, vol. 20, no 13, p. 1692-1708.

SHROUT, Patrick and FLEISS, Joseph. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. En: Psychological Bulletin. 1979, vol. 86, no. 2, pág. 420-428.

SŁUPIK, Anna, et al. Effect of Kinesio taping on bioelectrical activity of vastus medialis muscle. Preliminary report. En: Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja. Noviembre, 2007, vol.9, no.1, p. 644-51.

STATACORP. Stata statistical software. Release 13.0. TX: StataCorp LP. 2015.;College station.

STAUBER, W. T., et al. Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. En: Journal of Applied Physiology. Junio, 1990, vol. 69, no 3, p. 868-874.

STEELE, James, et al. Resistance training to momentary muscular failure improves cardiovascular fitness in humans: a review of acute physiological responses and chronic physiological adaptations. En: Journal of Exercise Physiology online. Junio, 2012, vol.15, p. 53-80.

THELEN, Mark D.; DAUBER, James A. y STONEMAN, Paul D. The clinical efficacy of kinesio tape for shoulder pain: a randomized, double-blinded, clinical trial. En: Journal of orthopaedic & sports physical therapy. Julio, 2008, vol. 38, no. 7, p. 389-395.

TIMONTHY, Karl. Physiology and Mechanisms of skeletal muscle damage. En: TIIDUS PETER; Skeletal muscle damage and repair. United States of America: Human Kinetics, 2008. P. 233-239.

TSAL, Chien-Tsung; CHANG, Wen-Dien y LEE, Jen-Pei. Effects of short-term treatment with kinesiотaping for plantar fasciitis. En: Journal of Musculoskeletal Pain. Enero, 2010, vol. 18, no. 1, p. 71-80.

TSAL, Han-Ju, et al. Could Kinesio tape replace the bandage in decongestive lymphatic therapy for breast-cancer-related lymphedema? A pilot study. En: Supportive care in cancer, 2009, vol. 17, no 11, p. 1353-1360.

VICENTE-MANZANARES, Miguel; CHOI, Colin Kiwon; HORWITZ, Alan Rick. Integrins in cell migration—the actin connection. Journal of cell science, 2009, vol. 122, no 2, p. 199-206.

WARREN, Gordon L y PALUBINSKAS, Leigh E. Human and animal experimental muscle injury models. En: TIIDUS, PETER M. Skeletal muscle damage and repair. Estados Unidos: Human kinetics, 2007, p. 227-335.

WARREN, Gordon L.; LOWE, Dawn A. y ARMSTRONG, Robert B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. En: Sports Medicine, 1999, vol. 27, no 1, p. 43-59.

WILLIAMS, Sean, et al. Kinesio taping in treatment and prevention of sports injuries. A meta-analysis of the evidence for its effectiveness. En: Sports Medicine. Febrero, 2012, vol. 42, no. 2, p.153-164.

WONG, Oscar MH; CHEUNG, Roy TH; LI, Raymond CT. Isokinetic knee function in healthy subjects with and without Kinesio taping. *Physical Therapy in Sport*, 2012, vol. 13, no 4, p. 255-258.

WOZNIAK, Ashley C., et al. Signaling satellite-cell activation in skeletal muscle: Markers, models, stretch, and potential alternate pathways. *Muscle & nerve*, 2005, vol. 31, no 3, p. 283-300.

YEUNG, Simon S., et al. Acute effects of Kinesio taping on knee extensor peak torque and electromyographic activity after exhaustive isometric knee extension in healthy young adults. En: *Clinical Journal of Sport Medicine*. Septiembre, 2015, vol. 25, no. 3. p. 284-290.

YOSHIDA, Ayako; KAHANOV, Leamor. The effect of kinesio taping on lower trunk range of motions. *Research in sports medicine*, 2007, vol. 15, no 2, p. 103-112.

YU, Ji-Guo; MALM, Christer; THORNELL, Lars-Eric. Eccentric contractions leading to DOMS do not cause loss of desmin nor fibre necrosis in human muscle. *Histochemistry and cell biology*, 2002, vol. 118, no 1, p. 29-34.

ZAINUDDIN, Zainal, et al. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. En: *Journal of athletic training*. Julio, 2005, vol. 40, no. 3, p. 174-180.

ZAZZO, René. *Manual para el examen psicológico del niño*. Fundamentos, 1984.

ANEXOS

Anexo A. Consentimiento informado

FACULTAD DE SALUD ESCUELA DE FISIOTERAPIA



Proyecto de Investigación: Efecto del kinesio taping® sobre el desempeño muscular y el dolor de aparición tardía en hombres sanos y físicamente activos.

Responsable: María Alejandra Camacho Villa: Fisioterapeuta, Candidata a Magíster en Fisioterapia Universidad Industrial de Santander.

Con base en los reglamentos establecidos en la Resolución N° 008430 del 4 de octubre de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud en Colombia y según el artículo 15 relacionado con el Consentimiento Informado usted deberá conocer de forma completa y clara los aspectos de la investigación, es por ello, que lo estamos invitando a participar de este estudio si usted lo estima conveniente, pero antes de que usted decida o no participar en él, le brindaremos toda la información necesaria que le permita comprender en qué consiste el mismo.

Justificación

Actualmente, el Kinesio® Taping (KT) o vendaje neuromuscular es una de los tratamientos más comunes en fisioterapia deportiva y clínica. El Kinesio® Taping es un tipo de vendaje elástico que favorece la contracción muscular, ayudando a una adecuada circulación de la sangre con el propósito de mejorar el proceso de reparación del músculo.

Dentro de sus aplicaciones se incluye el manejo de las lesiones musculares, y los síntomas experimentados después de realizar ejercicio físico al cual no está acostumbrado (pérdida de fuerza y dolor muscular temporal), sin embargo existe poca evidencia científica acerca de su eficacia. Adicionalmente, los pocos estudios disponibles que examinan sus posibles efectos han sido desarrollados sobre músculo no ejercitado y con inadecuados diseños metodológicos. Por esta razón, el presente estudio busca determinar el efecto del Kinesio®

Taping sobre la recuperación de la fuerza y la disminución del dolor después de una sesión de ejercicio físico (similar al levantamiento de pesas en el gimnasio).

Descripción

Para el desarrollo del presente estudio se reclutarán hombres sanos entre los 18 y 25 años, con índice de masa corporal entre 18 – 24.9 Kg/m², físicamente activos. El cumplimiento de los criterios de inclusión serán verificados mediante un formato de tamizaje que usted diligenciará una vez decida participar en este estudio, una vez firme este documento.

Los procedimientos de ejercicio y evaluación se realizarán en su miembro inferior dominante, mediante el uso de un dinamómetro isocinético (equipo similar al de extensión de pierna de los gimnasios) ubicado en el laboratorio de investigación en fisioterapia (ver figura 1). Usted visitará el laboratorio cinco días diferentes, con el fin de realizar las mediciones de fuerza y de dolor, la toma de muestras de sangre, el protocolo de ejercicio físico, y la aplicación del Kinesio® Taping. Las mediciones de fuerza y dolor serán realizadas durante contracciones de los músculos del muslo. La verificación del efecto del ejercicio se realizará mediante una prueba de laboratorio realizada en una muestra de sangre. Usted será asignado al azar a uno de los tres grupos intervención; control, Kinesio® Taping o placebo. El grupo control no recibirá ningún tratamiento, mientras que quienes hayan sido asignados al grupo de Kinesio® Taping y placebo se les aplicará el vendaje elástico sobre su piel utilizando dos técnicas diferentes (Ver figura 2). La sesión de ejercicio físico simula un día de entrenamiento específico para los músculos del muslo. Como respuesta normal al ejercicio, usted experimentará dolor muscular y disminución temporal de la fuerza, lo cual volverá a su normalidad entre 7 y 10 días después.

Figura 1. Dinamómetro isocinético ubicado en el laboratorio de investigación en fisioterapia.



Figura 2. Técnicas de aplicación del Kinesio® Taping



Procedimiento

- Inicialmente se procederá a leer y firmar este documento, y se revisará el cumplimiento de los criterios definidos en el estudio para el ingreso de los participantes. Si usted es incluido en el estudio y decide participar, será asignado al azar a uno de los tres grupos

de intervención y se programarán cinco visitas al laboratorio a de investigación en Fisioterapia la misma hora del día, en el curso de una semana.

- Durante las dos primeras visitas al laboratorio usted se familiarizará con los equipos y protocolos de evaluación y ejercicio, se colectarán datos antropométricos e iniciales de fuerza y dolor, y se tomará la primera muestra de sangre. Cada visita tendrá una duración aproximada de 45min.
- Durante la tercera visita, usted realizará la sesión de ejercicio físico en el dinamómetro isocinético, el cual comprende 20 series de 10 repeticiones de extensión de la rodilla, con un minuto de descanso entre cada serie, para un total de 200 repeticiones. Usted se mantendrá hidratado y monitoreado (utilizará un monitor de frecuencia cardiaca) antes, durante e inmediatamente después de la sesión de ejercicio.

Este ejercicio ha sido utilizado en investigaciones previas, y simula una sesión de levantamiento de pesas, dirigido específicamente a los músculos del muslo; induce cansancio muscular, dolor y pérdida de fuerza de manera temporal como parte del proceso normal de adaptación del músculo. El dolor y la pérdida de fuerza serán progresivos, siendo mayor a los dos días, lo cual debe retornar a sus valores normales entre 7 y 10 días sin tratamiento alguno.

Inmediatamente después de terminada la sesión de ejercicio, se le aplicará el tratamiento asignado. Esta visita al laboratorio durará aproximadamente dos horas.

- Durante la cuarta y quinta visita al laboratorio (segundo y cuarto día después de la sesión de ejercicio) se realizarán las mediciones de fuerza, dolor y toma de muestra sanguínea descritas en la segunda visita. Cada visita durará aproximadamente 45min.
- Finalmente, usted recibirá una llamada telefónica de la investigadora principal entre el séptimo y décimo día posterior a la sesión de ejercicio, con el fin de verificar la ausencia de dolor.

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, estudiante de segundo año de Maestría en Fisioterapia, con certificación en la aplicación del Kinesio® Taping. La profesora directora del proyecto es fisioterapeuta, con diez años de experiencia profesional y maestría y doctorado en ciencias

del ejercicio, quien ha desarrollado tres proyectos de investigación que han involucrado los procedimientos de ejercicio y medición de fuerza y dolor muscular, descritos en este estudio.

Este proyecto de investigación recluta individuos 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. Para verificar la respuesta normal al ejercicio, los signos vitales serán monitorizados antes, durante y después. En caso tal de que su respuesta al ejercicio no sea adecuada, presente dolor en el pecho, disminución en la presión arterial, presión sistólica $>250\text{mmHg}$ y diastólica $>115\text{mmHg}$, manifestación física o verbal de cansancio intenso o calambres en la piernas, entre otros, se suspenderá el ejercicio y se procederá al enfriamiento (caminata ligera) hasta tanto se estabilicen los signos vitales. De ser pertinente, se remitirá a bienestar universitario. En los días posteriores 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, carrera y salto, 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 deben desaparecer aproximadamente 10 días después de la sesión de ejercicio.
- El Kinesio® Taping es un vendaje elástico adhesivo, comúnmente utilizado en deportistas, fabricado en un material de algodón libre de látex, lo cual minimiza el riesgo de presentar alergia. Durante la primera visita al laboratorio, se realizará una prueba de respuesta al material, adhiriendo un pequeño parche a la piel del muslo y observando la respuesta en 24h; en caso de presentar enrojecimiento u otra molestia, el individuo será excluido del estudio. Para evitar irritaciones adicionales de la piel y garantizar los efectos del tratamiento, los vellos del muslo serán previamente cortados (2mm) antes de aplicar el vendaje.

- La recolección de las muestras de sangre (3 muestras, aproximadamente 10mL 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. Para tal fin se utilizarán prácticas estériles estándar. Las muestras de sangre serán utilizadas únicamente para la prueba de laboratorio de actividad de la enzima creatin kinasa; la muestra remanente será descartada una vez completado el experimento.
- En esta investigación se garantiza el respeto a los principios éticos fundamentales de autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia durante la ejecución del estudio.

Beneficios

Los resultados de esta investigación aportarán a la fundamentación científica de la práctica profesional de la fisioterapia, mediante la determinación del efecto del Kinesio® Taping sobre el desempeño muscular y el dolor de aparición tardía.

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 María Alejandra Camacho 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.

Su participación es voluntaria, y está en libertad de retirarse del estudio en el momento que 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.

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

María Alejandra Camacho Villa

Estudiante de Maestría en Fisioterapia

aleja_634@hotmail.com

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

Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga

Diana Carolina Delgado Díaz

Profesora Asistente Escuela de Fisioterapia

diacadel@uis.edu.co

Teléfonos: 6344000 ext. 3413, 6358582

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

Esperanza Herrera Villabona

Profesora Asistente Escuela de Fisioterapia

eshevi@uis.edu.co

Teléfonos: 6344000 ext. 3412, 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)

Comité de ética

comitedetica@uis.edu.co

Teléfonos: 6344000 ext.3808

Cr 19 # 35 – 02, Sede Bucarica Oficina 245

Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga

Si usted decide participar por favor firme este documento. 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.

Con fecha _____, habiendo comprendido lo anterior y una vez que se le aclararon todas las dudas que surgieron con respecto a su participación en la investigación, yo _____, identificado con cédula de ciudadanía _____ acepto participar en la investigación titulada: **EFFECTO DEL KINESIO TAPING® SOBRE EL DESEMPEÑO MUSCULAR Y EL DOLOR DE APARICIÓN TARDIA EN HOMBRES SANOS Y FISICAMENTE ACTIVOS.**

Nombre del participante

Firma

La firma puede ser sustituida por la huella digital en los casos que así se amerite

Huella
digital

Nombre del testigo 1 **Firma**

Dirección _____ Tel.: _____
Relación que guarda con el participante _____
Fecha de la firma _____

Nombre del testigo 2 **Firma**

Dirección _____ Tel.: _____
Relación que guarda con el participante _____
Fecha de la firma _____

Anexo B. Formato de estandarización del dinamómetro y cicloergómetro

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

Anexo C. Reproducibilidad intraevaluador de las variables de desempeño muscular durante una contracción isométrica e isocinética empleando los valores máximos y promedios.

Contracción isométrica						
Variable	Valores máximos			Valores promedios		
	Valor 1 $\pm$ DE	Valor 2 $\pm$ DE	CCI 2,2 (Intervalos de confianza 95%)	Valor 1 $\pm$ DE	Valor 2 $\pm$ DE	CCI 2,2 (Intervalos de confianza 95%)
Torque máximo	181.2 $\pm$ 28.8	172.9 $\pm$ 20	0.788 (0.3- 0.9)	169.9 $\pm$ 29,9	163.15 $\pm$ 24.6	0.762 (0.2 – 0.9)
Tiempo al Torque máximo	2.9 $\pm$ 1.1	2.9 $\pm$ 1	0.084 (-3.0 – 0.8)	3.0 $\pm$ 0.8	2.84 $\pm$ 0.7	0.673 (-0.2 – 0.9)
Contracción isocinética						
Variable	Valor 1 $\pm$ DE	Valor 2 $\pm$ DE	CCI 2,2 (Intervalos de confianza 95%)	Valor 1 $\pm$ DE	Valor 2 $\pm$ DE	CCI 2,2 (Intervalos de confianza 95%)
Torque máximo	184.83 $\pm$ 50.6	173.08 $\pm$ 26.6	0.663 (-0.124 – 0.902)	167.62 $\pm$ 46.4	161.17 $\pm$ 26.4	0.597 (-0.470 – 0.885)
Tiempo al torque máximo	1.10 $\pm$ 0.2	1.11 $\pm$ 0.9	0.802 (0.281 – 0.944)	1.14 $\pm$ 0.7	1.23 $\pm$ 0.7	0.738 (0.161 – 0.923)
Trabajo	217.67 $\pm$ 58.2	211.08 $\pm$ 26.7	0.587 (-0.532 – 0.883)	193.17 $\pm$ 45.9	195.3 $\pm$ 31.7	0.306 (-1.843 – 0.809)

Anexo D. Nivel de acuerdo y el promedio de las diferencias de las variables durante la evaluación de la contracción isométrica e isocinética.

Contracción isométrica									
Variable	Valor 1	Valor 2	Promedio de las diferencias $\pm$ DE	Límites de acuerdo		Valor 1	Valor 2	Promedio de las diferencias $\pm$ DE	Límites de acuerdo
Torque máximo	181.2 $\pm$ 28.8	172.9 $\pm$ 20	8.3 $\pm$ 20.20	-31,259	47,926	169.9 $\pm$ 29,9	163.15 $\pm$ 24.6	6.8 $\pm$ 22.88	-38,046 51,646
Tiempo al pico	2.9 $\pm$ 1.1	2.9 $\pm$ 1	-0.027 $\pm$ 1.442	-2,854	2,799	3.0 $\pm$ 0.8	2.84 $\pm$ 0.7	0.15 $\pm$ 0.802	-1,414 1,730
Contracción isocinético									
Variable	Valor 1	Valor 2	Promedio de las diferencias $\pm$ DE	Límites de acuerdo		Valor 1	Valor 2	Promedio de las diferencias $\pm$ DE	Límites de acuerdo
Torque máximo	184.83 $\pm$ 50.6	173.08 $\pm$ 26.6	11.75 $\pm$ 40.69	-67,996	91,496	167.62 $\pm$ 46.4	161.17 $\pm$ 26.4	6.45 $\pm$ 40.809	-73.534 86.434
Tiempo al pico	1.10 $\pm$ 0.2	1.11 $\pm$ 0.9	-0.01 $\pm$ 0.259	-0,517	0,497	1.14 $\pm$ 0.7	1.23 $\pm$ 0.7	-0.089 $\pm$ 0.224	-0.528 0.350
Trabajo	217.67 $\pm$ 58.2	211.08 $\pm$ 26.7	6,583 $\pm$ 53	-96,971	110,138	193.17 $\pm$ 45.9	195.3 $\pm$ 31.7	-2.129 $\pm$ 50.055	-100,235 95,976

Anexo E. Formato de tamizaje

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

Nombre: _____

Apellido _____

Fecha _____ **de** _____ **nacimiento** _____

Edad _____

Peso _____ **Talla** _____ **IMC** _____

Puntaje en IPAQ _____

Miembro inferior dominante: _____

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 cardíacas, infecciones, enfermedades respiratorias) que tengan contraindicado la realización de ejercicio de alta intensidad? Sí___ No___
6. ¿Presenta alguna reacción alérgica a materiales adhesivos? Sí___ No___
7. ¿Presenta heridas abiertas en el muslo? Sí___ No___

APTO		NO APTO	
-------------	--	----------------	--

Firma de investigador responsable:

Anexo F. Cuestionario internacional de actividad física

VERSIÓN CORTA FORMATO AUTO ADMINISTRADO - ÚLTIMOS 7 DÍAS PARA USO CON JÓVENES Y ADULTOS DE MEDIANA EDAD (15-69 años)

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que la gente hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los **últimos 7 días**. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa. Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte.

Piense acerca de todas aquellas actividades **vigorosas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **vigorosas** son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas **vigorosas** como levantar objetos pesados, excavar, aeróbicos, o pedalear rápido en bicicleta?

_____ **días por semana**

☐

Ninguna actividad física vigorosa → **Pase a la pregunta 3**

2. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le tomó realizar actividades físicas **vigorosas** en uno de esos días que las realizó?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

☐

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca de todas aquellas actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, pedalear en bicicleta a paso regular, o jugar dobles de tenis? No incluya caminatas.

_____ días por semana

☐

Ninguna actividad física moderada → **Pase a la pregunta 5**

4. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas**?

_____ horas por día

_____ minutos por día

☐

No sabe/No está seguro(a)

Piense acerca del tiempo que usted dedicó a caminar en los **últimos 7 días**. Esto incluye trabajo en la casa, caminatas para ir de un sitio a otro, o cualquier otra caminata que usted hizo únicamente por recreación, deporte, ejercicio, o placer.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos?

_____ días por semana

☐

No caminó → **Pase a la pregunta 7**

6. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando**?

_____ horas por día

_____ minutos por día

☐

No sabe/No está seguro(a)

La última pregunta se refiere al tiempo que usted permanenció **sentado(a)** en la semana en los **últimos 7 días**. Incluya el tiempo sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto puede incluir tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión.

7. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo permaneció **sentado(a)** en un **día en la semana**?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

☐

No sabe/No está seguro(a)

Anexo G. Descripción de las variables de desempeño muscular en los tres grupos y tiempos de medición.

Variable	Tiempo de medición	Grupo Control	Grupo Placebo	Grupo KT
Contracción isométrica				
Torque máximo (Nm)	T0	185.5±10.1	161.6±7.5	186.7±8.6
	T1	143.8±9.9	119.9±6.4	166.2±13.5
	T2	167.5±14.8	149.6±8.6	179.6±11.8
Tiempo al torque máximo (s)	T0	2.9±0.2	3.4±0.1	3.1±0.2
	T1	3.3±0.2	3.2±0.2	3.1±0.2
	T2	3.1±0.2	3.4±0.2	3.2±0.2
Contracción isocinética				
Torque máximo (Nm)	T0	200.7±12.6	171.4±10.1	196.9±11.1
	T1	142.5±12.8	100.1±9.1	161.4±13.4
	T2	167.1±16.7	130.5±10.9	177.7±12.5
Tiempo al torque máximo (s)	T0	1.1±0.05	1.1± 0.04	1.1±0.03
	T1	1.1±0.06	1.1±0.04	1.1±0.04
	T2	1.1±0.04	1.2±0.05	1.1±0.05
Trabajo muscular (J)	T0	223.3±17.9	204.4±10.6	229.7±13.3
	T1	169.4±12.6	128±10.4	190.7±15.7
	T2	197.2±18.6	157.4±12.5	210.4 ±14.5

Todas las variables son presentadas como $\bar{x} \pm DE$

Anexo H. Descripción de las variables de intensidad de dolor en los tres grupos y tiempos de medición.

Variable	Tiempo de medición	Grupo Control	Grupo Placebo	Grupo KT
Intensidad del dolor (mm)				
Durante la máxima contracción dinámica	T0	15.9±3.3	10.8±2.2	16.2±2.4
	T1	45.5±5.2	50.1±4.6	29.5±3.0
	T2	23.0±4.9	25.8±5.3	13.0±1.5
Durante la actividad funcional	T0	6.1±1.5	6.0±1.2	7.3±1.3
	T1	34.6±5.8	36.1±5.4	15.1±2.3
	T2	14.3±4.2	15.3±2.7	8.0±2.0

Todas las variables son presentadas como $\bar{x} \pm DE$

Anexo I. Presupuesto

Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación.						
EFECTO DEL KINESIO TAPING SOBRE EL DESEMPEÑO MUSCULAR Y EL DOLOR DE APARICIÓN TARDÍA EN HOMBRES SANOS FISICAMENTE ACTIVOS						
TRABAJO DE GRADO MAESTRÍA EN FISIOTERAPIA						
Ítem	RUBRO	FINANCIACIÓN UIS-VIE		FINANCIACIÓN OTRA(S) INSTITUCIÓN(ES)		TOTAL
		VIE-Efectivo	UIS-Especie	Efectivo	Especie	
1	PERSONAL	\$ -	\$ 385.632.000	\$ -	\$ -	\$ 385.632.000
2	COMPRA DE EQUIPOS	\$ 3.750.000	\$ 147.650.000	\$ -	\$ -	\$ 151.400.000
3	COMPRA DE LIBROS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4	LICENCIA DE SOFTWARE	\$ -	\$ 500.000	\$ -	\$ -	\$ 500.000
5	MATERIALES Y REACTIVOS QUÍMICOS	\$ 1.600.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.600.000
6	SERVICIOS TÉCNICOS	\$ 2.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.000.000
7	SALIDAS DE CAMPO	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8	VIAJES	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9	PAPELERÍA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10	ALQUILER DE EQUIPOS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
11	PUBLICACIÓN Y DIVULGACIÓN	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
12	OTROS	No financiable	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL		\$ 7.350.000	\$ 533.782.000	\$ -	\$ -	\$ 541.132.000

FINANCIACIÓN			
UIS-VIE	Efectivo	\$ 7.350.000,00	\$ 541.132.000,00
	Especie	\$ 533.782.000,00	
OTRA(S) INSTITUCIÓN(ES)	Efectivo	\$ -	\$ -
	Especie	\$ -	
VALOR TOTAL DEL PROYECTO			\$ 541.132.000,00