



“programa Arte y Talentos Especiales” Academia de Artes Guerrero

Yuri Sánchez Martínez.

Fisioterapeuta.

Universidad Industrial de Santander, Colombia.

yurik_913@hotmail.com

Mayeli Matiz González.

Fisioterapeuta.

Universidad Industrial de Santander, Colombia.

ma_ye07@hotmail.com

Liliana Mora Gómez.

Fisioterapeuta.

Universidad Industrial de Santander, Colombia.

lilianapmorag@gmail.com

Carolina Santander Celis.

Fisioterapeuta.

Universidad Industrial de Santander, Colombia.

casancelis@gmail.com

Carolina Ramírez Ramírez.

Fisioterapeuta. PhD. en Fisioterapia.

Escuela de Fisioterapia. Universidad Industrial de Santander, Colombia.

fisiocar@gmail.com

REHABILITACIÓN EN LA INHIBICIÓN MUSCULAR ARTROGÉNICA: REVISIÓN SISTEMÁTICA

Rehabilitation of the arthrogenic muscle inhibition: systematic review

Fecha de recepción: 24 de noviembre de 2016 - Fecha de aprobación: 27 de abril de 2017

RESUMEN

La Inhibición Muscular Artrogénica (IMA) es la inhibición refleja continua de los músculos que rodean una articulación lesionada. Dicha condición impide o retarda el proceso de rehabilitación hasta tanto esta no sea resuelta. Dentro de las intervenciones terapéuticas estudiadas para el tratamiento de la IMA se encuentran la estimulación eléctrica neuromuscular (NMES), la estimulación eléctrica nerviosa transcutánea (TENS), el ejercicio terapéutico y la crioterapia. Teniendo en cuenta que la IMA es un factor limitante en la rehabilitación de lesiones articulares, es relevante conocer las intervenciones terapéuticas usadas por el fisioterapeuta que pueden contribuir a controlar esta condición para favorecer la recuperación funcional y mejorar la calidad de vida de los pacientes con patologías articulares. **Objetivo:** revisar las intervenciones fisioterapéuticas que podrían ser más indicadas para disminuir el impacto de la IMA en la rehabilitación de pacientes con lesiones o patologías articulares. **Método:** Esta revisión incluyó el análisis de 9 artículos, los cuales fueron evaluados a través de la escala PEDro. **Resultados:** El TENS, el NMES, el ejercicio terapéutico y la crioterapia son las intervenciones terapéuticas que han mostrado cambios favorables en la activación y la fuerza muscular, contrarrestando los efectos perjudiciales de la IMA. La crioterapia es la modalidad física que mayores beneficios ofrece sobre el músculo inhibido. **Conclusiones:** Se requiere de estudios clínicos controlados que evalúen el efecto de las cuatro modalidades en condiciones clínicas reales, así mismo respecto a la crioterapia se requieren estudios para determinar la dosis apropiada.

PALABRAS CLAVE

Fisioterapia; modalidades de fisioterapia, crioterapia; músculos, patologías en articulaciones.

ABSTRACT

Arthrogenic Muscle Inhibition (AMI), is a continuous inhibitory reflex of the muscles surrounding an injured joint, this condition prevents or delays the rehabilitation process. Therapeutic interventions focused on the treatment of AMI are the Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES), the Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS), the therapeutic exercise and cryotherapy. Considering AMI as a limiting factor in the rehabilitation of joint injuries, it is important to study the therapeutic interventions made by physiotherapists that might reduce that condition and improve functional recovery and the quality of life of patients with joint diseases. **Objective:** To review the physiotherapeutic methods that could be the most appropriate to diminish the impact of AMI in the rehabilitation of patients with joint injuries or pathologies. **Method:** This review included the analysis of 9 articles, which were evaluated using the PEDro scale. **Results:** The TENS, the NMES, the therapeutic exercise and the cryotherapy are the therapeutic interventions that have proven to be most effective in terms of activation, muscular strength and resistance to the harmful effects of AMI. According to the results, cryotherapy is the physical agent with the most positive effect on the inhibited muscle. **Conclusions:** Further clinical controlled studies that evaluate the effect of these four methods in clinical conditions are needed. More studies are also needed to establish the appropriate dose of cryotherapy.

KEY WORDS

Physical therapy specialty; physical therapy modalities; cryotherapy; muscles; joints pathologies.

INTRODUCCIÓN

La Inhibición Muscular Artrogénica (IMA) es la inhibición continua de los músculos periarticulares, secundaria a un daño o patología articular (Rice y McNair, 2010; Rice, McNair y Lewis, 2011). Esta condición puede estar presente en alteraciones articulares que cursan con inflamación o dolor como la lesión de ligamento cruzado anterior (LCA), los esguinces (Palmieri y Thomas, 2009) y patologías articulares como artritis reumatoide (AR), osteoartritis, (OA) (Rice et al., 2011) entre otras.

La fuente de la inhibición puede variar. En caso de patologías que impliquen inflamación y/o edema articular, se aumenta la descarga de los mecanorreceptores de la articulación afectada, que activan interneuronas (INs) inhibitorias Ib de la musculatura periarticular (Reimann y Lephart, 2002; Rice y McNair, 2010). En condiciones de lesión estructural de los receptores articulares (OA, lesiones traumáticas) se disminuye la descarga aferente de estos, lo cual disminuye la transmisión aferente Ia y la actividad muscular. (Geborek, Moritz, y Wollheim, 1989; Reimann y Lephart, 2002; Rice y McNair, 2010)

En estadios agudos, la IMA es un mecanismo de protección que disminuye las fuerzas excesivas que actúan sobre la articulación afectada (Palmieri y Thomas, 2009; Rice y McNair, 2010; Rice et al., 2011), sin embargo, su persistencia puede causar deficiencia en la activación muscular voluntaria máxima, debilidad, atrofia muscular y disminución del rango de movimiento, lo cual puede interferir con el fortalecimiento muscular (Hurley, 1999; Palmieri y Thomas, 2009; Rice y McNair, 2010) convirtiéndose así en una barrera importante durante el proceso de rehabilitación de lesiones, patologías y cirugías articulares. (Klykken, Pietrosimone, Kim, Ingersoll, y Hertel, 2011; Palmieri y Thomas, 2009; Rice y McNair, 2010)

El tratamiento para la IMA no está claramente establecido. Algunos estudios sugieren la aspiración del edema (Geborek et al., 1989; Rice y McNair, 2010) la inyección intraarticular de corticosteroides y/o anestésicos locales, (Rice y McNair, 2010) la crioterapia, (Hart, Kuenze, Diduch y Ingersoll, 2014; Hopkins, 2006; Hopkins, Ingersoll, Edwards, y Klootwyk, 2001; Pietrosimone, Hart, Saliba, Hertel, e Ingersoll, 2009; Rice y McNair, 2010; Rice, McNair y Dalbeth, 2009) la estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS) (Cheing y Hui, 2004; Hart, Kuenze, Pietrosimone y Ingersoll, 2012; Hopkins et al., 2001; Pietrosimone, Saliba, Hart, Hertel, e Ingersoll, 2010; Rice y McNair, 2010) la estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) (Palmieri, Thomas, Karvonen, y Sowers, 2010; Petterson y Snyder, 2006; Rice y McNair, 2010) y el ejercicio terapéutico (Hart et al., 2012; McNair, Marshall, y Maguire, 1996) como alternativas para contrarrestarla, siendo la crioterapia, el TENS, el NMES y el ejercicio, las modalidades usadas por el fisioterapeuta que podrían ser útiles durante la rehabilitación de personas con IMA.

De acuerdo con la literatura, la IMA disminuye la eficacia de las intervenciones aplicadas por el fisioterapeuta, por ello es importante comprender los mecanismos relacionados con esta condición, así como las posibles estrategias de intervención terapéutica que podrían ser eficaces en su tratamiento. El objetivo de este trabajo

es entonces, revisar las intervenciones fisioterapéuticas que podrían ser más indicadas para disminuir el impacto de la IMA en la rehabilitación de pacientes con lesiones o patologías articulares.

Para cumplir con este propósito se realizó la búsqueda de artículos publicados desde el 1996 hasta el 2016 en las bases de datos PUBMED, MEDLINE, CINAHL, SCIENCE DIRECT y SCOPUS. Las palabras claves usadas fueron “arthrogenic inhibition”, “rehabilitation AND joint”, muscle inhibition, physical therapy AND muscle inhibition, neural mechanism of arthrogenic muscle inhibition “physical agents and Cryotherapy”. La búsqueda se limitó a estudios en los que se usaran recursos fisioterapéuticos con el fin de contrarrestar la inhibición muscular.

Se incluyeron ensayos clínicos en idioma inglés, cuya población de estudio fueran adultos (18 años o más) con lesiones articulares o con inducción de derrame articular a través de inyección de solución salina, en los cuales se evaluó el efecto de cualquier modalidad física de uso en la práctica clínica del fisioterapeuta sobre la inhibición muscular (termoterapia, estimulación eléctrica o ejercicio terapéutico).

La calidad metodológica de los artículos se evaluó mediante la escala de PeDro, la cual incluye 11 ítems, 10 de los cuales son tenidos en cuenta para la calificación del manuscrito, de manera que una calificación de 10 con esta escala indica una excelente calidad metodológica del estudio (Olivo et al., 2008). La evaluación de los artículos se hizo por parte de dos evaluadores independientes, en caso de no existir acuerdo entre las puntuaciones asignadas esto se resolvió por consenso.

De acuerdo con la figura 1 se obtuvieron en total 30 artículos, de los cuales 16 cumplieron con los criterios de búsqueda. Se excluyeron de la revisión cinco manuscritos por no estar disponibles en texto completo, concluyendo la búsqueda con 9 ensayos clínicos que cumplieron con los criterios de elegibilidad.

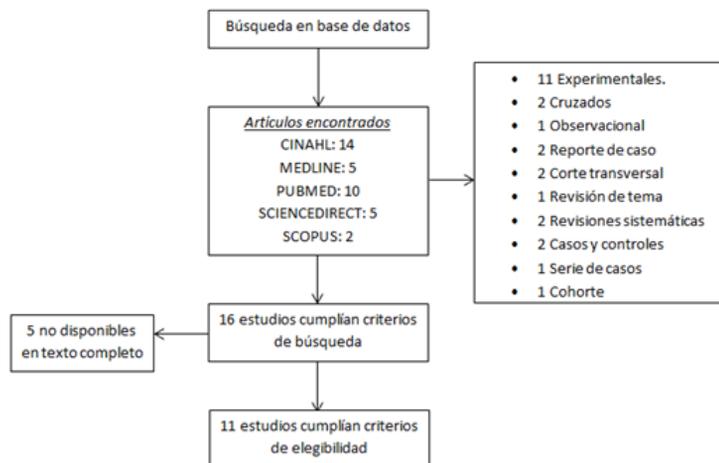


Figura 1. Flujo del proceso de búsqueda y definición de los estudios incluidos en la revisión.

En la tabla 1 se describen los objetivos, variables, participantes, parámetros de las modalidades utilizadas y resultados de los 9 artículos incluidos en la revisión. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos por cada artículo según la escala PEDro.

Tabla 1. Descripción de los artículos incluidos en la revisión.

Autor/ Año	Objetivos	Variables	Participantes	Parámetros de las modalidades físicas	Resultados
Hopkins y cols. (2001)	Verificar que el vasto medial es inhibido usando un modelos de efusión articular en la rodilla e investigar el efecto de la crioterapia y el TENS sobre la IMA.	Salida: Reflejo H. Explicatorias: G1: Crioterapia G2: TENS G3: Control Intervalos de medición (pretratamiento, pos-tratamiento y 15, 30, 45 y 60 minutos pos-tratamiento)	n= 30 Mujeres: 11 Hombres: 19 Edad: 21.8±2.4 No reporta edad por grupos.	Crioterapia: En modalidad de hielo picado sobre las superficies anterior y posterior de la rodilla, durante 30 minutos. TENS: Con duración de pulso de 100µs, frecuencia de 120Hz, a nivel motor sobre la superficie anterior de la rodilla, durante 30 minutos.	A los 45' y 60' la amplitud del reflejo H fue mayor en G1 comparado con G2 y G3. La amplitud del reflejo H a los 15', 30', 45' y 60' disminuyo comparando con preinyección y pos-inyección en G3. La amplitud del reflejo H a los 30', 45' y 60' incrementó comparado con preinyección, pos-inyección y 15' en G1.
Cheing y Hui. (2004)	Evaluar si la adición de TENS al ejercicio produce mejores resultados físicos que TENS o ejercicio por sí solo en las personas con osteoartritis de rodilla.	Salida: Pico de torque isométrico, Parámetros espaciotemporales de la marcha, Rangos de movimiento. Explicatorias: G1: TENS G2: Placebo G3: Ejercicio G4: TENS + ejercicio.	n= 62 Mujeres: 53 Hombres: 9 Edad: G1: 65.3±8.3 G2: 64.1±6.1 G3: 60.9±7.3 G4: 64.3±9.2	TENS: Con duración de pulso de 140µs, frecuencia de 80 Hz, a nivel sensitivo, durante 60 minutos. PLACEBO: Idéntico al TENS con el circuito interno desconectado. EJERCICIOS: Calentamiento isocinético, contracciones isométricas submáximas del cuádriceps y contracciones máximas TENS + EJERCICIO: 60 minutos de TENS, 20 minutos de descanso y 20 minutos de ejercicios isométricos.	No hubo diferencias estadísticamente significativas, aunque G4 mostró mejor resultado en comparación con los demás grupos.
Hopkins. (2006)	Cuantificar los cambios en el reclutamiento muscular y la cinética articular de la rodilla durante una actividad voluntaria en cadena cerrada después de una efusión articular y subsecuente crioterapia.	Salida: Pico de torque, pico de potencia, fuerza de reacción articular, EMG. Explicatorias: G1: Efusión G2: Efusión + Crioterapia G3: Control Intervalos de medición (preinyección, pos-inyección, 30 y 60 minutos pos-tratamiento)	n=45 Mujeres: 19 Hombres: 26 Edad: 21±2 No reporta edad por grupos	Crioterapia: En modalidad de hielo picado, sobre la superficie anterior de la rodilla, durante 30 minutos.	Se encontraron deficiencias en todas las variables después de la efusión en G1 comparado con G2 y G3. G1 mostró disminución en el pico de torque, pico de potencia y EMG a los 30' y en las dos últimas a los 60' comparado con G2 y G3.
Rice y cols. (2009)	Examinar la eficacia de la crioterapia en la reducción de la IMA del cuádriceps causado por efusión intraarticular.	Salida: Pico de torque isométrico, velocidad de conducción de la fibra muscular, amplitud de la EMG. Explicatorias: G1: Crioterapia G2: Control	n= 16 Mujeres: 6 Hombres: 10 Edad: G1 : 34.3±11.7 G2: 36.5±10.6	Crioterapia: En modalidad de hielo picado sobre la superficie anterior de la rodilla, durante 20 minutos.	El pico de torque, EMG y velocidad de conducción disminuyeron en G1 y G2 después de la efusión. G1 tuvo aumento en pico de torque y velocidad de conducción comparado con G2.
Pietrosimone y cols. (2009)	Comparar por separado los efectos inmediatos de la aplicación de frío localizado y TENS en la rodilla, sobre la activación voluntaria del cuádriceps en pacientes con OA tibiofemoral.	Salida: TAC, CVM y dolor. Explicatorias: G1: Crioterapia G2: TENS G3: Control	n= 33 Mujeres: 16 Hombres: 17 Edad: G1: 58±8.4 G2: 56±10.1 G3: 54±9.9	Crioterapia: En modalidad de hielo picado, sobre las superficies anterior y posterior de la rodilla, durante 20 minutos TENS: Con duración de pulso de 150 µs, frecuencia de 150 pps, a nivel sensitivo, durante 45 minutos.	G1 y G2 tuvo mayor % de cambio en la TAC comparados con G3 a los 20', 30' y 45'.
Palmieri y cols. (2010)	Determinar si el NMES es capaz de mejorar la fuerza y activación muscular en mujeres con OA de rodilla moderada o leve.	Salida: TAC y fuerza muscular. Explicatorias: G1: NMES G2: Control	n=30 Mujeres: 30 Edad: G1: 58±2.7 G2: 56.8±2.9	NMES: 10 contracciones eléctricas sobre el cuádriceps del miembro inferior más débil, 2500Hz modulado a 50 burst por segundo con una rampa de 2seg, aplicado 3 veces por semana durante 4 semanas.	No hubo diferencias estadísticamente significativas.

Hart y cols. (2012)	Determinar si el TENS+ejercicio terapéutico por 4 semanas altera la activación del cuádriceps, en la pierna contralateral en pacientes con OA tibiofemoral.	Salida: CVM, TAC y dolor. Explicatorias: G1: TENS G2: Placebo G3: Control Todos los grupos recibieron ejercicio terapéutico.	n=33 Mujeres: 20 Hombres:13 Edad: G1: 60.3±11.9 G2: 58.7±12.2 G3: 58.3±11.8	TENS: Con duración de pulso de 150µs, frecuencia de 150Hz, nivel sensitivo, sobre la rodilla durante las sesiones de ejercicio. Placebo: Parámetros iguales al grupo TENS, pero fue programado para interrumpirse 30 segundos después de iniciada su aplicación. Ejercicio terapéutico: Fortalecimiento de cuádriceps afectado, 3 veces/semana, durante 4 semanas.	No hubo diferencias estadísticamente significativas.
Hart y cols. (2012)	Comparar la activación central y la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes con lesión LCA, sometidos a un programa de ejercicio de dos semanas con o sin modalidades desinhibitorias	Salida:CVM y TAC Explicatorias: G1: Ejercicio G2: Ejercicio + crioterapia G3: Ejercicio + TENS	n= 30 Hombres: 20 Mujeres: 10, Edad: 31.6 ±13.0 No reporta edad por grupos	TENS: Con duración de pulso de 150µs, frecuencia de 150Hz, sobre la superficie anterior de la rodilla, durante la realización de la sesión de ejercicios. Ejercicio: Contracciones isométricas seguidas de extensión de rodilla, sentadillas libres y sentadillas sobre la pared. 30 repeticiones cada ejercicio. Crioterapia: En modalidad de hielo picado, sobre las caras anterior y posterior de la rodilla, durante 20 minutos.	No se encontraron diferencias estadísticamente significativas
Hart y cols. (2014)	Compara la función muscular del cuádriceps en pacientes con reconstrucción de LCA, quienes completaron una intervención de 2 semanas, que incluía diariamente crioterapia, ejercicio o ambos.	Salida: Reflejo H, TAC, CVM. Explicatorias: G1: Crioterapia G2: Ejercicio G3: Ejercicio + crioterapia.	n= 30 Mujeres:20 Hombres: 10 Edad: G1 27.6 ± 12.2 G2: 24.5 ±10.4 G3: 29.8 ±12.2	Crioterapia: En modalidad de hielo picado, sobre las superficies anterior y posterior de la rodilla, durante 20 minutos. Ejercicio: Estiramiento muscular, ejercicios de fortalecimiento progresivo y de balance, durante 1 hora.	Se observó una mayor ganancia de fuerza en G3 comparado con G1 o G2.

IMA: Inhibición muscular artrogénica; EMG: Electromiografía; OA: Osteoartritis; CVM: Contracción voluntaria máxima; TAC: Tasa de activación central; LCA: Ligamento cruzado anterior.

Tabla 2. Análisis de la calidad metodológica de los estudios a través de la escala de PEDro

Autor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Hopkins y cols. (2001)	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6
Cheing y Hui. (2004)	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	6
Hopkins. (2006)	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	5
Rice y cols. (2009)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	5
Pietrosimone y cols. (2009)	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	6
Palmieri y cols. (2010)	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6
Pietrosimone y cols. (2010)	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	8
Hart y cols. (2012)	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7
Hart y cols. (2014)	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	7

Nota: Ítems de la escala de PEDro: 1. Criterios de elegibilidad; 2. Asignación aleatoria; 3. Enmascaramiento de la asignación; 4. Similitud al inicio del estudio; 5. Enmascaramiento del participante; 6. Enmascaramiento del terapeuta; 7. Enmascaramiento del evaluador; 8. Mínimo 85% de seguimiento; 9. Análisis por intención de tratar; 10. Comparación estadística entre grupos; 11. Medidas puntuales y de variabilidad. Ítem 1 No se incluye en la puntuación de la escala PEDro.

El puntaje máximo fue de 8 en el estudio de Pietrosimone et al. (2010), con una puntuación de cero en los ítems 8 y 9. El puntaje mínimo fue de 5 en los estudios de Rice et al. (2009), con puntuaciones de cero en los ítems 3, 5, 6, 7, 9; y Hopkins (2006), también cero en los ítems 3, 5, 6, 8 y 9.

Con base en la escala PEDro, todos los estudios cumplieron con la descripción de los criterios de elegibilidad, hubo asignación aleatoria, similitud de los grupos al inicio del estudio y la comparación estadística

entre ellos. Las principales limitaciones metodológicas encontradas en los estudios correspondieron a la falta de enmascaramiento de los participantes, así como de los encargados de realizar las intervenciones y el análisis de los resultados; adicionalmente es de destacar que en ninguno de los artículos incluidos se realizó un análisis por intención de tratar, lo cual puede aumentar el sesgo de confusión. Asimismo, el pequeño tamaño de muestra en todos los estudios estuvo acompañado de falta del cálculo del poder estadístico. En la tabla 3 se presenta el análisis crítico de los artículos incluidos en la revisión.

Tabla 3. Análisis crítico de los artículos incluidos en la revisión.

Referencia	Puntaje escala pedro	Análisis crítico
Hopkins, J., Ingersoll, C., Edwards, J., Klootwyk, T. (2001). Cryotherapy and transcutaneous electric neuromuscular stimulation decrease arthrogenic muscle inhibition of the vastus medialis after knee joint effusion. <i>Journal of Athletic Training</i> , 37(1), 25–31.	6	No hubo enmascaramiento del encargado de realizar la asignación ni de las personas que participaron en el estudio y tampoco del terapeuta encargado de realizar la intervención, aumentando el sesgo de clasificación.
Cheing, L., Hui, W. (2004). Would the addition of TENS to exercise training produce better physical performance outcomes in people with knee osteoarthritis than either intervention alone? <i>Clinical Rehabilitation</i> , 18, 487–497.	6	Puede existir un posible sesgo de clasificación debido a que no se realizó enmascaramiento de los evaluadores. Las pérdidas presentadas durante el seguimiento no excedieron el 10% de la población del estudio.
Hopkins, J. (2006). Knee joint effusion and cryotherapy alter Lower chain kinetics and muscle activity. <i>Journal of Athletic Training</i> , 41(2), 177–184.	5	No hubo enmascaramiento del encargado al realizar la asignación ni de las personas que participaron en el estudio y tampoco del terapeuta encargado de realizar la intervención, aumentando el sesgo de clasificación. No se menciona que se hayan presentado los resultados de todos los sujetos asignados a los grupos de intervención (incluyendo los que abandonaron el estudio) mediante un análisis por intención de tratar, lo cual se convierte en un potencial sesgo de confusión, teniendo en cuenta que hubo pérdida de más del 15% de la muestra.
Rice, D., McNair, P., Dalbeth, N. (2009). Effects of cryotherapy on arthrogenic muscle inhibition using an experimental model of knee swelling. <i>Arthritis y Rheumatism</i> , 61(1), 78–83.	5	No hubo enmascaramiento del encargado de realizar la asignación a los grupos, de los participantes en el estudio y tampoco del terapeuta encargado de realizar la intervención, aumentando el sesgo de clasificación.
Pietrosimone, B., Hart, J., Saliba, S., Hertel, J., Ingersoll, C. (2009). Immediate effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and focal knee joint cooling on quadriceps activation. <i>Medicine and Science in Sports and Exercise</i> , 41(6), 1175–1181.	6	Se llevó a cabo enmascaramiento del investigador evaluador y de quien realizó el análisis de los datos disminuyendo así potenciales sesgos de selección.
Palmieri, R., Thomas, A., Karvonen, C., Sowers, M. (2010). A clinical trial of neuromuscular electrical stimulation in improving quadriceps muscle strength and activation among women with mild and moderate osteoarthritis. <i>Physical Therapy Journal</i> , 90(10), 1441–1452.	6	No hubo enmascaramiento de los participantes ni de los encargados de realizar la medición de las variables, aumentando el sesgo de clasificación.
Pietrosimone, B., Saliba, S., Hart, J., Hertel, J., Ingersoll, C. (2010). Contralateral effects of disinhibitory TENS on quadriceps function in people with knee osteoarthritis following unilateral treatment. <i>North American Journal of Sports Physical Therapy</i> , 5(3), 111–121.	8	Se llevó a cabo enmascaramiento del investigador evaluador y de quien realizó el análisis de los datos disminuyendo así potenciales sesgos de selección. Hubo pérdida de más del 15% de los participantes asignados inicialmente a los grupos de tratamiento, aumentando el sesgo de selección. potencial sesgo de confusión, teniendo en cuenta que se perdió más del 15% de la muestra.
Hart, J., Kuenze, C., Pietrosimone, B., Ingersoll, C. (2012). Quadriceps Function in Anterior Cruciate Ligament-Deficient knees Exercising with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Cryotherapy: A Randomized Controlled Study. <i>Clinical Rehabilitation</i> , 26(11), 974–981.	7	No se menciona enmascaramiento por parte de los terapeutas que administraron la terapia ni de los participantes del estudio, aumentando el sesgo de clasificación.
Hart, J., Kuenze, C., Diduch, D., Ingersoll, D. (2014). Quadriceps muscle function after rehabilitation with cryotherapy in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. <i>Journal of Athletic Training</i> , 49(6), 733–739.	7	Para disminuir potenciales sesgos de selección se realizó enmascaramiento del investigador encargado de la recolección de los datos. Hubo una pérdida mayor al 10% en cada grupo presentando así un potencial sesgo de selección por pérdida durante el seguimiento, dado el pequeño número de participantes en este estudio.

Modalidades físicas indicadas en la inhibición muscular artrogénica

Se ha verificado que los protocolos de fortalecimiento tradicionales usados durante la rehabilitación de personas con lesiones articulares, no son efectivos mientras la IMA esté presente (Cheing y Hui, 2004). Las intervenciones que podrían contribuir con la resolución de la IMA se dividen en dos grupos: aquellas que modulan la descarga aferente articular y aquellas que estimulan directamente la musculatura periarticular (Rice y McNair, 2010). A continuación se describirán dichas intervenciones y los posibles mecanismos por los cuales ayudan a contrarrestar la IMA.

Dentro de las modalidades de intervención que modifican la descarga aferente se encuentran: la aspiración, (Geborek et al., 1989; Reeves y Maffulli, 2008; Rice y McNair, 2010) la inyección intraarticular de glucocorticoides y anestésicos locales, los antiinflamatorios no esteroideos (Rice y McNair, 2010) y la crioterapia. (Hart et al., 2014; Hopkins, 2006; Hopkins et al., 2001; Pietrosimone et al., 2009; Rice y McNair, 2010; Rice et al., 2009). Por otra parte, las modalidades que estimulan la musculatura periarticular corresponden a: TENS, (Cheing y Hui, 2004; Hart et al., 2012; Hopkins et al., 2001; Pietrosimone et al., 2010; Rice y McNair, 2010) el NMES, (Palmieri et al., 2010; Petterson y Snyder, 2006; Rice y McNair, 2010) la estimulación magnética transcraneal (Urbach, Berth, y Awiszus, 2005) y el ejercicio terapéutico. (Hart et al., 2012; McNair et al., 1996). De estas modalidades de tratamiento, se presentan a continuación, el análisis de los estudios que incluyeron aquellas que hacen parte de los recursos terapéuticos usados por el fisioterapeuta en su práctica clínica.

Crioterapia

La crioterapia es la aplicación local o sistémica de frío con fines terapéuticos (Evans, Ingersoll, Knight, y Worrell, 1995; Hardy y Woodall, 1998; Kowal, 1983). Se cree que el mecanismo por el cual la crioterapia disminuye la IMA consiste en “silenciar” parcialmente la actividad aferente elevada como consecuencia del edema, la inflamación y la laxitud articular (Hopkins et al., 2001; Rice et al., 2009). Esta hipótesis se basa en la reducción de la temperatura y la consecuente disminución de la velocidad de conducción nerviosa y de la descarga de los receptores sensoriales a nivel del músculo y la articulación, cuya actividad se encuentra aumentada a causa de la lesión articular (Rice et al., 2009).

Hopkins et al. (2001) en un ensayo clínico controlado compararon el efecto de la crioterapia y el TENS sobre la activación y la fuerza muscular después de un derrame articular inducido artificialmente y encontraron que el paquete de hielo picado aplicado sobre la rodilla durante 30 minutos, redujo la IMA hasta 45 minutos posterior a su aplicación. Esto fue corroborado mediante el registro de un mayor porcentaje de cambio en la amplitud del reflejo H, el cual fue mayor a los 30, 45 y 60 minutos después de la aplicación del paquete de hielo con relación a la línea base.

Hopkins et al. (2006) evaluaron el efecto de la crioterapia sobre el reclutamiento muscular y la cinética articular de la rodilla en sujetos con derrame articular y encontraron que la crioterapia en la

modalidad de hielo picado, aplicado inmediatamente después de la efusión articular aumentó el pico de torque y la actividad electromiográfica de la musculatura periarticular, sin que estos cambios llegaran a ser estadísticamente significativos.

Pietrosimone et al. (2009) realizaron un ensayo clínico controlado con el fin de determinar los efectos del TENS y la crioterapia sobre la tasa de activación central (TAC) del cuádriceps, encontrando que no existe una diferencia significativa en el porcentaje de cambio de la TAC al comparar los grupos de TENS y crioterapia; sin embargo, sí se obtuvo un porcentaje de cambio significativo en esta variable, al comparar cada uno de estos grupos por separado con el grupo control.

En un ensayo clínico controlado, Rice et al. (2009) analizaron el efecto de la crioterapia en sujetos sanos con derrame articular inducido experimentalmente y demostraron que 20 minutos de crioterapia en la modalidad de hielo picado aplicado inmediatamente después del derrame articular en la articulación de la rodilla, aumentó significativamente el torque y la velocidad de conducción de las fibras nerviosas del cuádriceps.

Hart et al. (2014) llevaron a cabo un ensayo clínico controlado con el fin de comparar el efecto de la crioterapia, el ejercicio y la combinación de ambos sobre la función muscular del cuádriceps en pacientes con reconstrucción de LCA. El efecto de estas modalidades fue evaluado mediante mediciones del reflejo H, contracción voluntaria máxima (CVM) y TAC del cuádriceps. Al finalizar el estudio se encontró un mayor incremento en el torque extensor de la rodilla en el grupo que combinó crioterapia con ejercicio, comparado con los grupos que realizaron cada una de estas intervenciones por separado.

Teniendo en cuenta que los estudios en los que se ha reportado la efectividad de la crioterapia son principalmente de tipo experimental, en los que se induce derrame articular por inyección de solución salina intraarticular, es necesario definir si esta modalidad física produce efectos similares en pacientes con lesiones articulares agudas o crónicas. Estudios futuros podrían verificar el efecto del enfriamiento sobre la función muscular en presencia de patologías articulares de origen traumático y degenerativo.

TENS (Transcutaneous electrical nerve stimulation)

La estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS – por sus siglas en inglés) es una modalidad física, que consiste en la aplicación de corriente eléctrica a través de electrodos de superficie con el fin de generar analgesia. (Amer, Goicoechea, y Lisón, 2010; Hopkins et al., 2001) Sin embargo, se ha reportado el uso de esta modalidad en presencia de IMA, en este caso, con objetivos desinhibitorios (Cheing y Hui, 2004; Hopkins et al., 2001; Pietrosimone, McLeod y Lepley, 2012). En este sentido, se ha observado que el uso de TENS posterior a un derrame articular inducido experimentalmente en la rodilla, incrementa la excitabilidad refleja del pool de motoneuronas (MNs) del cuádriceps, pero este efecto disminuye inmediatamente después de retirar la modalidad (Hopkins et al., 2001).

Actualmente no están claros los mecanismos neurales involucrados en la modulación de la excitabilidad del pool del MNs atribuida al TENS, (Hopkins et al., 2001). Se ha hipotetizado que dicha modalidad causa una alteración en el estímulo aferente, el cual es interpretado por las INs como excitatorio y esto permite la excitación del pool de MNs previamente inhibido por la lesión o patología articular (Hart et al., 2012; Pietrosimone et al., 2009). Por otra parte, se ha propuesto que el TENS afecta la IMA debido a que ejerce un efecto inhibitorio y excitatorio directo sobre las INs Ib y la respectivamente, las cuales son claves en la mediación de esta condición (Hopkins et al., 2001).

Mientras que el mecanismo neurofisiológico exacto detrás de la desinhibición muscular aún no ha sido descrito con claridad (Hopkins et al., 2001), se ha propuesto la aplicación de TENS sumado al ejercicio terapéutico como opción de tratamiento para los déficits en la función muscular secundarios a lesiones articulares (Cheing y Hui, 2004).

Para comprender mejor el efecto de la aplicación del TENS sobre la IMA, entra en juego el concepto Tasa de Activación Central (TAC), definida como la capacidad del Sistema Nervioso Central (SNC) para activar un músculo determinado. La evaluación de la TAC se realiza usando una combinación de CVM y estimulación eléctrica y se calcula a partir de la siguiente ecuación (Hart et al., 2012; Pietrosimone et al., 2009):

$$TAC: \frac{CVM}{CVM + \text{Fuerza generada con la estimulación}}$$

Con este método de evaluación se supone que la estimulación eléctrica incrementará la producción de fuerza de un músculo cuando las fibras de este no están siendo reclutadas en su totalidad o no está activándose con un grado suficientemente de velocidad (Pietrosimone et al., 2009). Cuando el resultado de la TAC es igual a 1 indica una completa activación voluntaria del músculo (Kent y Le Blanc, 1996; Pietrosimone et al., 2009; Stackhouse, Dean, Lee, y Binder, 2000). Por otra parte, cuando este valor es menor a 1 indica que un mayor número de unidades motoras fueron reclutadas involuntariamente gracias a la estimulación, evidenciándose así la inhibición muscular (Kent y Le Blanc, 1996).

Con base en lo anterior, Hopkins et al. (2001) en su ensayo clínico controlado, demostraron que la aplicación de TENS en la articulación femorotibial de participantes con edema inducido artificialmente, mejoró la activación muscular del vasto medial del cuádriceps, cuando se aplicó inmediatamente después de la inyección intraarticular de solución salina. Sin embargo, después de retirada la modalidad el efecto desinhibitorio desapareció.

Cheing y Hui (2004) realizaron un ensayo clínico aleatorizado en el cual compararon la efectividad del TENS para disminuir la IMA en pacientes con OA de rodilla entre cuatro grupos de intervención (TENS, placebo, un programa de ejercicios y la combinación TENS+ejercicio), demostrando que la combinación del TENS y el programa de ejercicio tiene un efecto desinhibitorio sobre el

cuádriceps en este tipo de pacientes, sin llegar a ser significativos estos resultados.

Pietrosimone et al. (2009) describieron el efecto benéfico del TENS sobre la TAC del cuádriceps en personas con OA; sin embargo, los autores no detectaron diferencias entre el grupo que recibió TENS y el que recibió crioterapia.

Por su parte Hart et al. (2012) realizaron un ensayo clínico controlado y analizaron el efecto del TENS en combinación con ejercicio sobre la TAC del cuádriceps en personas con lesión del LCA y encontraron que, aunque se produjo un aumento en el porcentaje de la TAC, no hubo diferencias entre este grupo y el que solo realizó ejercicios de fortalecimiento para el cuádriceps.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Pietrosimone et al. (2010) quienes realizaron un ensayo clínico controlado y evaluaron el efecto desinhibitorio del TENS+ejercicio físico en personas con OA de rodilla, observando también el efecto de estas modalidades en la cuádriceps contralateral a su aplicación. Los cambios en la actividad muscular contralateral fueron evaluados mediante TAC y CVM. Al finalizar el estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos del estudio, destacando que la adición de TENS al ejercicio no genera un beneficio adicional sobre la IMA.

Aunque la aplicación de TENS ha mostrado tener un efecto desinhibitorio en pacientes con IMA, aún no se encuentran claros los mecanismos neurofisiológicos encargados de mediar esta respuesta (Cheing y Hui, 2004; Hopkins et al., 2001; Pietrosimone et al., 2012) adicionalmente, los cambios en la actividad muscular generados por el TENS se limitan solo al tiempo de aplicación de la modalidad (Hopkins et al., 2001) y no han mostrado claramente ser superiores a la realización de ejercicio, razón por la cual es importante realizar más estudios que permitan determinar el efecto del TENS y el mecanismo mediante el cual actúa esta modalidad.

NMES (Neuromuscular Electrical Stimulation)

Es el uso de estimulación eléctrica (corriente rectangular bifásica simétrica) para la activación muscular mediante la estimulación directa al nervio o al punto motor del nervio proximal a la unión neuromuscular. (Stevens et al., 2012; Stevens, Mizner, y Mackler, 2004)

El déficit en la activación muscular voluntaria en la IMA puede limitar el aumento de la fuerza muscular durante la rehabilitación mediante el ejercicio voluntario, posiblemente debido a la incapacidad para generar contracciones musculares de intensidad suficiente para promover la ganancia de fuerza. Por lo tanto, el NMES tendría el potencial de eliminar este déficit de la activación voluntaria e incluso ayudar a reeducar al músculo para que se contraiga normalmente debido a que activa grandes proporciones de fibras musculares tipo II. (Petterson y Snyder, 2006; Stevens et al., 2012)

Cabe señalar que, en muchos casos, el ejercicio voluntario es tan o más eficaz que el NMES para mejorar la fuerza, sin embargo,

la combinación de NMES y la activación voluntaria puede lograr mayores ganancias en la fuerza en comparación con la activación voluntaria aislada (Petterson y Snyder, 2006). Se considera que los beneficios de la NMES se alcanzan con altas intensidades y estimulaciones máximas (Petterson y Snyder, 2006).

Petterson y Snyder (2006), realizaron un reporte de caso sobre un paciente de 62 años sometido a artroplastia de rodilla izquierda, a quien se le evaluó la fuerza y la activación muscular del cuádriceps antes y después de la cirugía. Trece meses después de la artroplastia el paciente recibió la aplicación de NMES (Fc:2500Hz, 75 burst por segundo, 10 contracciones, 3 veces por semana durante 6 semanas), junto con un programa de entrenamiento de resistencia del miembro inferior izquierdo. Los autores reportaron que al finalizar el protocolo la producción de fuerza máxima del cuádriceps mejoró en un 26% y la TAC pasó del 86% al 95% durante el periodo de tratamiento. Estos resultados sugieren que la NMES podría ser usada como una modalidad coadyuvante en el tratamiento de pacientes con IMA.

Sin embargo, Palmieri et al. (2010) llevaron a cabo un estudio, que incluyó 30 participantes, con el objetivo de determinar si el NMES podía mejorar la TAC y la CVM del cuádriceps en mujeres con OA de rodilla. Al finalizar el estudio y analizar los datos obtenidos no encontraron cambios estadísticamente significativos en las variables evaluadas en el grupo de intervención en relación a la línea base y comparado con el grupo control.

Como se ha expuesto, la literatura sugiere que la aplicación de las modalidades físicas antes descritas (TENS, NMES y crioterapia) favorecen la rehabilitación de personas con lesiones articulares e IMA, favoreciendo la activación muscular desde fases tempranas de la recuperación y permitiendo así la realización de ejercicios activos (Hopkins et al., 2001; Petterson y Snyder, 2006; Pietrosimone et al., 2010). Sin embargo, el uso del TENS con el objetivo de desinhibir la musculatura parece ser efectiva únicamente durante su aplicación y solo unos minutos después de retirada la misma, indicando que quizá esta no sea una modalidad de elección durante la rehabilitación de pacientes con lesiones articulares que cursen con inhibición muscular.

Por otra parte, la escasa literatura sobre el uso de la NMES, (Palmieri et al., 2010; Petterson y Snyder, 2006) no constituye soporte suficiente para apoyar su utilidad en la práctica clínica.

Ejercicio terapéutico

El ejercicio terapéutico se considera un elemento central de los planes de intervención fisioterapéutica, al cual se suman otras intervenciones como las modalidades físicas, que en conjunto buscan mejorar la funcionalidad, influir positivamente sobre la situación de discapacidad y mejorar la calidad de vida de las personas (Basmajian, 1982).

La literatura científica relacionada con el uso del ejercicio específicamente en pacientes con IMA es escasa. Dentro de la búsqueda bibliográfica realizada, se encontró el estudio de Hart et al. (2012), quienes en su ensayo clínico controlado, compararon el efecto de un programa de ejercicios y la combinación de este con TENS o crioterapia sobre la fuerza y la TAC del cuádriceps en pacientes con ruptura del LCA. Al finalizar el estudio se halló un aumento significativo en la fuerza isométrica y la TAC del cuádriceps en los participantes que desarrollaron el programa de ejercicios durante 2 semanas, también se encontró que la adición de modalidades físicas (TENS y crioterapia) mejoraron estos resultados, pero sin llegar a ser significativos.

Estos hallazgos indican la importancia de realizar ejercicio resistido máximo en presencia de derrame articular con el objetivo de desinhibir la musculatura relacionada con la articulación comprometida; sin embargo, es claro que el reporte acá descrito se hizo en sujetos saludables en los que se inyectó salina en el espacio articular y quienes no presentaban lesiones concomitantes, las cuales en el escenario clínico podrían ser variables importantes de tener en cuenta a la hora de indicar la realización de ejercicios resistidos a intensidades máximas. Investigaciones futuras deberán establecer la conveniencia o no de dichos ejercicios en personas con lesiones articulares e IMA.

CONCLUSIONES

La literatura científica es consistente al considerar la IMA como un factor que puede limitar la rehabilitación de pacientes con lesiones articulares, sin embargo, los estudios clínicos en los cuales se evalúa la efectividad de las modalidades físicas en el manejo de dicha condición son escasos. Por ello, se requiere de estudios clínicos controlados que evalúen el efecto de modalidades como la crioterapia, el TENS, el NMES y el ejercicio terapéutico en condiciones clínicas reales, ya que los resultados obtenidos en modelos experimentales de derrame articular no permiten transferir los resultados obtenidos en las dichas condiciones al escenario clínico real.

El TENS, el NMES, el ejercicio terapéutico y la crioterapia son las intervenciones terapéuticas que han mostrado cambios favorables en la activación y la fuerza muscular, contrarrestando los efectos perjudiciales de la IMA, siendo la crioterapia la modalidad que ha mostrado resultados mejores y más duraderos durante el tratamiento de rehabilitación de las lesiones articulares.

La literatura apoya la aplicación de crioterapia en la modalidad de paquete de hielo picado, con el objetivo de desinhibir la musculatura; sin embargo, aún no está clara la dosis requerida de acuerdo a la patología a tratar, por lo cual estudios futuros podrían investigar el tiempo de aplicación requerido para mejorar la activación muscular en diversas condiciones clínicas articulares.

REFERENCIAS

- Amer, J; Goicoechea, C; Lisón, J. (2010). ¿Qué respuesta fisiológica desencadena la aplicación de la técnica de estimulación nerviosa eléctrica transcutánea? *Revista de La Sociedad Española Del Dolor*, 17(7), 333–342.
- Basmajian, J. (1982). *Terapéutica por el ejercicio (3ª Ed)*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Panamericana.
- Cheing, L. Hui, W. (2004). Would the addition of TENS to exercise training produce better physical performance outcomes in people with knee osteoarthritis than either intervention alone? *Clinical Rehabilitation*, 18, 487–497.
- Evans, T; Ingersoll, C; Knight, K; Worrell, T. (1995). Agility Following the Application of Cold Therapy. *Journal of Athletic Training*, 30(3), 231–234.
- Geborek, P; Moritz, U; Wollheim, F. (1989). Joint capsular stiffness in knee arthritis. Relationship to intraarticular volume, hydrostatic pressures, and extensor muscle function. *The Journal of Rheumatology*, 16(10), 1351–1358.
- Hardy, M; Woodall, W. (1998). Therapeutic effects of heat, cold, and stretch on connective tissue. *Journal of Hand Therapy*, 11(2), 148–156.
- Hart, J; Kuenze, C; Diduch, D; Ingersoll, D. (2014). Quadriceps muscle function after rehabilitation with cryotherapy in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 49(6), 733–739.
- Hart, J; Kuenze, C; Pietrosimone, B; Ingersoll, C. (2012). Quadriceps Function in Anterior Cruciate Ligament-Deficient knees Exercising with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Cryotherapy: A Randomized Controlled Study. *Clinical Rehabilitation*, 26(11), 974–981.
- Hopkins, J. (2006). Knee joint effusion and cryotherapy alter Lower chain kinetics and muscle activity. *Journal of Athletic Training*, 41(2), 177–184.
- Hopkins, J; Ingersoll, C; Edwards, J; Klootwyk, T. (2001). Cryotherapy and transcutaneous electric neuromuscular stimulation decrease arthrogenic muscle inhibition of the vastus medialis after knee joint effusion. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 25–31.
- Hurley, M. (1999). No Title The role of muscle weakness in the pathogenesis of osteoarthritis. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 25(2), 283–298.
- Kent, J; Le Blanc, R. (1996). Quantitation of central activation failure during maximal voluntary contractions in humans. *Muscle Nerve*, 19(7), 861–869.
- Klykken, L; Pietrosimone, B; Kim, K; Ingersoll, C; Hertel, J. (2011). Motor-Neuron Pool Excitability of the Lower Leg Muscles After Acute Lateral Ankle Sprain. *Journal of Athletic Training*, 46(3), 263–269.
- Kowal, M. (1983). Review of Physiological Effects of Cryotherapy. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 5(2), 66–73.
- McNair, P; Marshall, R; Maguire, K. (1996). Swelling of the knee joint. effects of exercise on quadriceps muscle strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(9), 896–899.
- Olivo, S; Macedo, L; Gadotti, I; Fuentes, J; Staton, T; Magee, D. (2008). Scales to assess the Quality of randomized controlled trials: A systematic review. *Physical Therapy Journal*, 88(2), 156–175.
- Palmieri, R. Thomas, A. (2009). A neuromuscular mechanism of post-traumatic osteoarthritis associated with ACL injury. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(3), 147–153.
- Palmieri, R; Thomas, A; Karvonen, C; Sowers, M. (2010). A clinical trial of neuromuscular electrical stimulation in improving quadriceps muscle strength and activation among women with mild and moderate osteoarthritis. *Physical Therapy Journal*, 90(10), 1441–1452.
- Petterson, S; Snyder, L. (2006). The Use of Neuromuscular Electrical Stimulation to Improve Activation Deficits in a Patient With Chronic Quadriceps Strength Impairments Following Total Knee Arthroplasty. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(9), 678–685.
- Pietrosimone, B; Hart, J; Saliba, S; Hertel, J; Ingersoll, C. (2009). Immediate effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and focal knee joint cooling on quadriceps activation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(6), 1175–1181.
- Pietrosimone, B; McLeod, M; Lepley, A. (2012). A Theoretical Framework for Understanding Neuromuscular Response to Lower Extremity Joint Injury. *Journal of Athletic Training*, 4(1), 31–35.
- Pietrosimone, B; Saliba, S; Hart, J; Hertel, J; Ingersoll, C. (2010). Contralateral effects of disinhibitory TENS on quadriceps function in people with knee osteoarthritis following unilateral treatment. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 5(3), 111–121.
- Reeves, N; Maffulli, N. (2008). A case highlighting the influence of knee joint effusion on muscle inhibition and size. *Nature Clinical Practice Rheumatology*, 4(3), 153–158.

- Reimann, B; Lephart, S. (2002). The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71–79.
- Rice, D. McNair, P. (2010). Quadriceps Arthrogenic Muscle Inhibition: Neural Mechanisms and Treatment Perspectives. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 40(3), 250–266.
- Rice, D; McNair, P; Dalbeth, N. (2009). Effects of cryotherapy on arthrogenic muscle inhibition using an experimental model of knee swelling. *Arthritis y Rheumatism*, 61(1), 78–83.
- Rice, D; McNair, P; Lewis, G. (2011). Mechanisms of quadriceps muscle weakness in knee joint osteoarthritis: The effects of prolonged vibration on torque and muscle activation in osteoarthritic and healthy control subjects. *Arthritis Research y Therapy*, 13(5), 1–10.
- Stackhouse, S; Dean, J; Lee, S; Binder, S. (2000). Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. *Muscle Nerve*, 23(11), 1706–1712.
- Stevens, J; Balter, J; Wolfe, P; Eckhoff, D; Kohrt, W; et al. (2012). Early Neuromuscular Electrical Stimulation to Improve Quadriceps Muscle Strength After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *Physical Therapy Journal*, 92(2), 210–226.
- Stevens, J; Mizner, R; Mackler, L. (2004). Neuromuscular Electrical Stimulation for Quadriceps Muscle Strengthening After Bilateral Total Knee Arthroplasty: A Case Series. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 34(1), 21–29.
- Urbach, D; Berth, A; Awiszus, F. (2005). Effect of transcranial magnetic stimulation on voluntary activation in patients with quadriceps weakness. *Muscle Nerve*, 32(2), 164–169.

