



Diferencias en fuerza isométrica del cuádriceps usando estimulación eléctrica más isométricos vs isométricos simples en pacientes con gonartrosis

Luis Gerardo Domínguez Carrillo,* José Gregorio Arellano Aguilar,†
Héctor Leos-Zierold,§ Luis Gerardo Domínguez Gasca||

Resumen

Objetivo: Valorar en estudio ciego y prospectivo las diferencias de fuerza cuádriceps en gonartrosis, comparando fortalecimiento isométrico reforzado con electroestimulaciones contra isométricos simples. **Material y métodos:** Setenta y ocho mujeres con edad X de 63.9 años (variación: 50-78 años); medición inicial y final de fuerza isométrica cuádriceps con dinamómetro, divididos en grupos Alfa y Beta y clasificados en subgrupos por edad, 50 a 59 (n = 26), 60 a 69 (n = 34) y > de 70 años (n = 18). **Intervención:** Grupo Alfa: 10 contracciones isométricas de 5" contra el 90% de la carga máxima por 12 semanas; al Grupo Beta carga similar aplicando al inicio de cada contracción corriente bifásica rectangular con frecuencia de 2,500 Hz modulada a 90 Hz por 5 segundos. **Resultados:** La fuerza isométrica del cuádriceps incrementó 30% en el grupo Beta y 20% en el Alfa en relación a valoración inicial (p = 0.05), se observó: diferencia persistente entre los grupos etarios en ambas valoraciones y diferencia de 10% de fuerza isométrica a favor del grupo Beta en los subgrupos 1 y 2 y de 15% con el subgrupo 3. **Conclusiones:** El ejercicio isométrico reforzado con electroestimulaciones es más efectivo que el ejercicio isométrico simple.

Palabras clave: Fortalecimiento isométrico, electroestimulaciones, cuádriceps.

Summary

Objective: Evaluation of 12 weeks program of quadriceps muscle-strengthening with isometric plus electrical stimulations versus isometric singles in patients with knee osteoarthritis in a prospective and blind study. **Material and methods:** Seventy eight female with mean age of 63.9 years (range 50-78) with osteoarthritis of knee; measures: initial and final quadriceps isometric strength with dynamometer, divided in groups Alpha and Beta and classified by age in three subgroups: 50-59 years (n = 26); 60-69 (n = 34) and > 70 years (n = 18). **Intervention:** Group Alpha realized isometric strengthening for quadriceps muscle with 5 sec/contraction in blocks of 10 movements against 90% of maximal resistance. Group Beta similar program but at the beginning of each contraction a 5 sec electrical biphasic current with 2,500 Hz frequency, modulated at 90 Hz was applied. **Results:** Isometric quadriceps strength increased 30% on Beta group and 20% on Alpha related with initial evaluation (p = 0.05); persistent difference of strength was observed at the three groups of ages on both evaluations; Beta group was superior 10% in isometric strength than Alpha in 1 and 2 subgroups and 15% at subgroup 3. **Conclusions:** Isometric strengthening reinforced by electrical stimulation is more effective than isometric single exercise.

Key words: Isometric strengthening, electrical stimulation.

* Medicina de Rehabilitación. Profesor del Módulo de Musculoesquelético de la Facultad de Medicina de León, Universidad de Guanajuato.

† Servicio de Medicina Interna, Hospital Ángeles León.

§ Traumatología y Ortopedia, Hospital Ángeles León.

|| Alumno del 5to. año de la Carrera de Médico Cirujano, Facultad de Medicina de León.

Correspondencia:

Acad. Dr. Luis Gerardo Domínguez Carrillo

Calzada Los Paraísos Núm. 701, Col. Los Paraísos. 37320. León, Gto. Correo electrónico: lgdominguez@hotmail.com

Aceptado: 03-02-2011.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actamedica>

INTRODUCCIÓN

La osteoartritis (OA) es un problema progresivo de salud común en los adultos,¹ se estima que 80% de las personas > 65 años presentan evidencias radiográficas de la enfermedad.² En la consulta diaria de medicina general, los pacientes con OA acuden primordialmente para manejo de dolor relacionado con la enfermedad, siendo la discapacidad la segunda causa de consulta en los adultos mayores. Cuando los síntomas de la enfermedad afecta la rodilla (gonartrosis GA), aproximadamente 10% de los adultos mayores presentan discapacidad para subir escaleras, levantarse de una silla o del retrete, así como problemas para realizar la marcha de manera confortable, lo cual afecta las actividades de la vida diaria.³ Como ejemplo Ettinger⁴ reporta que entre 50 y 75% de los pacientes con GA relatan dificultad para la ambulación y 44 a 67% mencionan dificultad para el traslado. El síntoma principal es dolor articular que contribuye de manera significativa a la disminución de la actividad funcional, incluyendo levantarse del piso o usar escaleras. Este problema es de carácter progresivo, ya que existe relación directa entre el dolor articular y la disminución de fuerza muscular del mecanismo extensor de la rodilla, además se incrementa con el tiempo la debilidad muscular y la atrofia muscular por desuso.⁵ Varios investigadores han determinado que al existir alteración sensorial en los receptores articulares se origina disminución de la fuerza muscular del cuádriceps, lo que conlleva a una articulación más inestable.⁶ Está plenamente demostrado que la declinación de la fuerza muscular que se presenta en los adultos mayores puede ser revertida a través de un programa de entrenamiento progresivo, incluyendo a personas de 80 años o más.⁷ Otras investigaciones han demostrado disminuir e incluso revertir los resultados negativos causados por GA utilizando el ejercicio como intervención principal.⁸ Deyle⁹ reportó en pacientes con GA que realizaron ejercicio por 8 semanas mejoría significativa en la velocidad de marcha y funcionalidad. Por otra parte O'Reilly¹⁰ menciona que un programa de 6 meses de ejercicios de resistencia de baja intensidad logra disminuir el dolor articular durante la marcha y al subir escaleras; la revisión efectuada por Petrella¹¹ y van Barr¹² de 33 estudios de la literatura indica que el ejercicio tiene efectos moderados sobre el dolor articular y la funcionalidad. Existen algunos estudios en donde se reporta el ejercicio de tipo isocinético para el fortalecimiento del músculo cuádriceps; sin embargo, su uso está limitado, ya que los aparatos para realizarlos son caros y no se cuenta con ellos en todos los servicios de rehabilitación, además los resultados son similares a programas de ejercicio en casa cuando éste es constante, por ello, otras maneras relativamente fáciles de realizar el fortalecimiento muscular

son: con ejercicio de tipo isométrico o ejercicios dinámicos de tipo isotónico, demostrada su efectividad incluso en pacientes de edad avanzada por periodos de 14 a 16 semanas de entrenamiento.¹³ Las electroestimulaciones son ampliamente utilizadas en los Servicios de Medicina Física y Rehabilitación, principalmente en aquellos músculos con calificaciones de 0 a 2 (escala de 0 a 5) buscando su reeducación, sin embargo existen pocos trabajos con su utilización para buscar el fortalecimiento en aquellos músculos con calificación de 4 ó 5.

El objetivo principal del presente trabajo es valorar en pacientes con GA un programa de fortalecimiento del cuádriceps con una combinación de ejercicios de fortalecimiento isométrico más la aplicación de electroestimulación buscando el mayor reclutamiento de fibras musculares, comparando el mismo programa de fortalecimiento sin empleo de electroestimulaciones. El segundo objetivo es valorar el efecto de los programas en tres diferentes grupos etarios.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre enero de 2007 y julio de 2010 se invitó a participar en el proyecto a un total de 100 mujeres con edades comprendidas entre 50 y 75 años que fueron canalizadas al servicio de rehabilitación con diagnóstico de GA, los criterios de inclusión fueron: presencia de GA según los criterios del Colegio Americano Reumatología¹⁴ y cumplir con los criterios radiológicos para grados tipo I y II de Kellgren¹⁵ en radiografías AP y lateral de rodillas tomadas en bipedestación sin calzado.

Los criterios de exclusión fueron: artritis reumatoide u otra enfermedad articular concomitante que fuera diferente a OA, artroplastia de rodilla efectuada o programada, infiltración con esteroides intraarticulares 3 meses anteriores a su valoración, mala alineación (*genu valgus* o *varus* mayor de 20 grados), presencia de coxartrosis, fractura reciente (un año o menos) de cualquier extremidad, problemas de comunicación, enfermedad neurológica, diabetes mellitus, cardiopatía en la que estuviera contraindicado el ejercicio y abuso de drogas y/o alcohol. Con tales criterios se excluyeron 12 pacientes y quedó un grupo de 86 personas de las cuales 7 no acudieron al programa, 3 abandonaron en los primeros 15 días; finalmente, la muestra se redujo a 78 pacientes.

Para realizar el estudio ciego a uno de los evaluadores (ortopedia) se procedió de la siguiente manera: se prepararon tarjetas de tratamiento correspondiendo a los pacientes con números nones en orden de presentación en el consultorio de Ortopedia, así mismo se prepararon tarjetas correspondiendo a los pacientes con números pares, los nones conformaron el Grupo Alfa y los pares el

Grupo Beta. Dentro del protocolo de trabajo se estipuló que el Grupo Alfa recibiría programa de fortalecimiento simple y el Grupo Beta, programa de fortalecimiento combinado. A su vez, los pacientes fueron divididos en tres subgrupos denominados 1, 2 y 3, en el Grupo 1 estuvieron incluidos los pacientes con edad comprendida entre 50 y 59 años; al grupo 2, aquéllos con edad entre 60 y 69 y al Grupo 3, los mayores de 70 años. El Servicio de Ortopedia realizó las valoraciones de fuerza isométrica con dinamómetro de Newton al inicio y al final del programa, desconociendo qué tipo de programa recibió cada paciente.

A todas las pacientes se les efectuó:

1. Valoración radiológica ya indicada previamente.
2. Medición de arcos de movilidad de cadera y rodillas en forma bilateral con goniómetro tipo brújula, efectuando las mediciones en decúbito dorsal¹⁶ tanto en valoración inicial como final.
3. Valoración de postura en dos planos (frontal y sagital).
5. Podoscopia y huella plantar en papel fax.¹⁷
6. Valoración inicial y final de fuerza muscular isométrica de cuádriceps, utilizando dinamómetro de Newton.
7. Medición de velocidad de marcha con cronómetro en una distancia de 40 metros; se anota que la evaluación de la marcha se inició y terminó 5 metros antes y después, respectivamente, de las marcas inicial y final para así evitar aceleración y desaceleración¹⁸ se efectuaron registros iniciales y al final del estudio.
8. Valoración subjetiva de funcionalidad de rodilla con relación al nivel de actividad, correspondiendo a numeración del 0 al 3 (el cero indicaba normalidad y el 3, anormalidad severa)
9. Se clasificó el estado de los pacientes de acuerdo con la escala del International Knee Documentation Comité (IKDC).¹⁹

Intervención: El programa se llevó a efecto cada tercer día durante 3 meses, el número de sesiones por paciente fue de 40. Programa del Grupo Alfa: se inició en posición sedente en silla modificada de Elgin y se le solicitó al paciente la extensión de rodilla que partía de posición de 90° de flexión a extensión completa, sostuvo la contracción en dicha posición durante 5 segundos y el terapeuta le ayudó al descenso, este procedimiento se efectuó en una serie de 10 repeticiones contra el 50% de la carga máxima para 10 repeticiones, calculada para cada paciente como calentamiento; posteriormente, se agregó una nueva serie de 10 repeticiones con las mismas características, pero contra el 90% de la carga máxima. Al Grupo Beta se le aplicó una corriente bifásica rectangular con fre-

cuencia de 2,500 Hz modulada a 90 Hz por 5 segundos de duración a intensidad máxima tolerable mediante cuatro electrodos colocados en cara anterior de muslo; su utilizó un electroestimulador neuromuscular marca Mettler. Posterior al ejercicio de fortalecimiento, durante 15 minutos se aplicaron compresas con hielo a rodillas en todos los casos.

Análisis estadístico: Se utilizaron comparaciones de promedios y desviación estándar y se utilizó la t de Student por tratarse de grupos pequeños, así como Chi cuadrada para comparar las mediciones iniciales con las finales de funcionalidad y se consideró el valor de $p = 0.05$ como estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Estudio radiológico: En 40 casos se observó gonartrosis bilateral y 38 casos unilateral; correspondiendo todos los pacientes tanto al inicio como al final del programa al grupo clasificado como B de la escala IKDC.

Hallazgos compartimentales: En 50% ($n = 39$) de los casos se encontró crepitación en movimiento articular localizado en compartimiento patelofemoral con presencia de dolor moderado al movimiento, correspondiendo al grupo C de la escala IKDC; en 43.5% en el compartimiento medial y en 95% ($n = 74$) de los casos en ambos compartimentos mencionados, clasificándose también en el grupo C por la manifestación de dolor; no se encontró crepitación en ninguno de los casos en el compartimiento lateral; en 4 casos (5%) no fue detectada la presencia de crepitación en movimiento pero sí se identificó presencia de dolor discreto, correspondiendo al grupo B de la escala utilizada. Al final del programa 64% de los pacientes pasaron al grupo B, ya que la crepitación no desapareció pero la manifestación dolorosa al movimiento disminuyó.

Arcos de movilidad: Del total de la muestra se encontró que 50% ($n = 39$) presentaron, en la valoración inicial, limitación a la flexión de rodilla a 120° por dolor, correspondiendo al grupo C del punto 3 de la escala IKDC; se presentó limitación en la extensión a menos 10° en 43.5% de los casos ($n = 34$) correspondiendo al mismo grupo mencionado, ocasionado esto por dolor y contractura de músculos isquiotibiales; con respecto a la cadera lo que llama la atención fue la presencia de limitación a la extensión de la misma en 15° en 71% ($n = 56$), el resto de los arcos fueron normales. En la valoración final no se encontró limitación en los arcos de movilidad en rodillas, por lo cual pasaron a todos los pacientes en este punto al grupo A de la escala IKDC, disminuyendo el número de casos con limitación de cadera a 10%, ($n = 8$) $p = 0.05$.

Postura: Con respecto a la postura en el plano frontal los hallazgos más importantes fueron: rodilla con tendencia al valgo en 43.5% (n = 34), así como retropié pronado en 71% de los casos (n = 56); para el plano sagital el hallazgo más notorio fue hiperlordosis lumbar en 69% de los casos (n = 54).

Podoscopia y huella plantar: La valoración por podoscopia y huella plantar corroboró la presencia de pie plano de diferentes grados en 41% (n = 32); pie cavo de algún grado en 38.5% (n = 30), ambos en combinación con retropié pronado.

Fuerza muscular: Con relación a la fuerza muscular isométrica del cuádriceps, que se reporta en la *figura 1*, se observa en la valoración inicial una diferencia del Grupo 1 con el Grupo 3 de 30% (p = 0.05) y del primero con el Grupo 2 de 18% (p = 0.05); en la valoración final, se mantiene la misma diferencia en relación con los grupos etarios; el Grupo Beta presentó un incremento de fuerza isométrica del 30% en los tres subgrupos (p = 0.05), mientras que la ganancia de fuerza isométrica en el Grupo Alfa fue de 20% para el Grupo 1 y 2 (p =

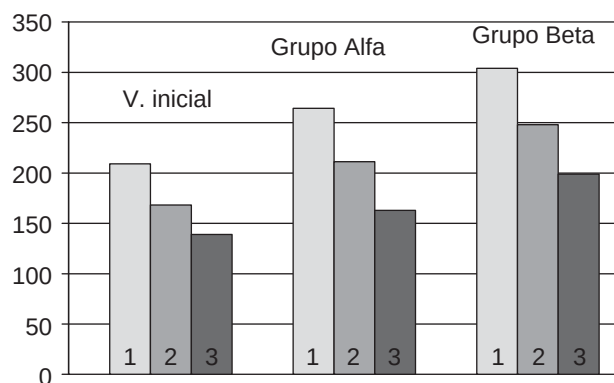
0.05) y solamente de 13% (p = 0.01) para el Grupo 3. Se estableció una diferencia de 10% de fuerza isométrica a favor del grupo Beta en los subgrupos 1 y 2 y de 15% con el subgrupo 3 al compararlos con los resultados del Grupo Alfa (*Cuadro I*).

Velocidad de marcha: La velocidad de marcha presentó un valor promedio inicial de 1.15 metros/segundo y al término del estudio ésta se incrementó a 1.29 metros/segundos a expensas de una mayor longitud del paso; el incremento de la longitud fue calculado en 5 cm (no significativa) como promedio, ya que lo que disminuyó fue el número de pasos.

Valoración subjetiva de funcionalidad de rodilla: La calificación en escala de 0 a 3 proporcionada por el mismo paciente respecto a la funcionalidad de su rodilla, se reportó de la siguiente manera: al inicio del programa 60% (n = 47) se autocalificaron en 2 correspondiendo al grupo C de la escala IKDC, 23% (n = 18) con calificación de 1 perteneciendo al grupo B y 17% (n = 13) con graduación de 3 perteneciendo al grupo D. Al término del programa 36.5% (n = 28) se autocalificaron en 0, correspondiendo al grupo A (p = 0.05); 29.5% (n = 23) con calificación de 1 dentro del grupo B; 24% (p = 0.05), (n = 19) con calificación de 2 dentro del grupo C y 10% (n = 8) con calificación de 3 correspondiendo al grupo D.

DISCUSIÓN

El primer cuestionamiento que surge es saber el motivo de la disminución de fuerza del músculo cuádriceps en los pacientes con GA, al respecto está demostrado que la información de los receptores de presión que se distribuyen ampliamente en la sinovial articular pueden sufrir alteración por la propia enfermedad e informan a la médula, lo que implica un mecanismo de inhibición para las motoneuronas alfa del músculo cuádriceps;²⁰ por otra parte, la información del órgano tendinoso de Golgi es otro de los mecanismos implicados en la inhibición del cuádriceps llevando propiamente a una atrofia por desuso,²¹ a esto



1 = edad 50 a 59 años; 2 = edad 60 a 69 años; 3 = ≥70 años; Grupo Alfa = isométricos simples; Grupo Beta = isométricos más electroestímulos.

Gráfica 1. Fuerza Isométrica de Cuádriceps en Newtons

Cuadro I. Fuerza isométrica del músculo cuádriceps con dinamómetro de Newton en 78 pacientes con gonartrosis.

	Grupo Beta			Grupo Alfa	
Grupo	V. Inicial N	V. Final N	%	V. Final N	%
Grupo 1	220.4 ± 15.6	315.6 ± 32.6	30	275.1 ± 20.1	20
Grupo 2	179.9 ± 19.4	258.3 ± 22.7	30.6	223.4 ± 15.3	19.7
Grupo 3	150.2 ± 13.6	210.4 ± 13.2	28.5	173.8 ± 14.9	13.3

V = Valoración; N = Newtons; Grupo 1= 50 a 59 años; Grupo 2 = 60 a 69 años; Grupo 3 ≥ 70 años;

debemos agregar otros factores implicados como: a) El decremento de fuerza muscular principalmente causada por una pérdida de masa muscular de aproximadamente 25 a 30% relacionada directamente con la edad;²² b) disminución en la movilidad articular,²³ ocasionada por el tiempo que los sujetos permanecen sentados, así como un incremento en las fibras de colágena tanto articular como del tejido muscular; c) disminución del tiempo de reacción, ocasionada por decremento de las fibras musculares de tipo II (de contracción rápida); c) disminución en las velocidades de conducción sensitivas y motoras así como el decremento del reflejo H,²⁴ causadas por la pérdida neuronal de 50,000 a 100,000 diariamente; d) presencia de alteraciones biomecánicas en las extremidades inferiores;²⁵ que ocasionan (como se demuestra en el presente trabajo) que los pacientes con mayor edad (correspondientes al subgrupo 3) presentaron en la valoración inicial menor fuerza del cuádriceps) y que la diferencia se mantiene posterior a los programas de fortalecimiento (no obstante haber incrementado su fuerza isométrica) con los subgrupos de menor edad.

Existen varias controversias con respecto al ejercicio más adecuado para el fortalecimiento del músculo cuádriceps en pacientes con GA, si éste debe ser: isocinético, isométrico o dinámico (isotónico); en el caso de las contracciones isométricas existe mayor reclutamiento de las fibras musculares (en el músculo cuádriceps se reporta que una sola motoneurona brinda información a más de 3,000 fibras).²⁶ Por otra parte, mantener la contracción por un lapso de 5 segundos a lo largo de 10 contracciones contra el 80% o más de la carga máxima lleva a las fibras musculares a la fatiga, situación que favorece el fortalecimiento y la hipertrofia,^{27,28} tiene la ventaja de no dañar al cartílago articular, ya que no existe movimiento de fricción al efectuar la contracción; el lapso corto de tiempo (5 segundos) evita que exista una lesión por reperusión; este tipo de lesión se presenta cuando en la rodilla existe derrame articular (en situación normal la rodilla presenta una presión intraarticular discretamente inferior a la atmosférica) y al efectuar una contracción prolongada la presión intraarticular se incrementa llegando a ser mayor que la presión de perfusión capilar, lo que puede implicar isquemia transitoria de la membrana sinovial, para al momento de cesar la contracción se presente la reperusión y liberación de radicales libres de oxígeno que pueden prolongar e incrementar el daño a la articulación como lo demuestra el estudio clásico de Blake.²⁹ El ejercicio dinámico (isotónico) tiene la ventaja de parecerse más a las contracciones efectuadas de manera natural al efectuar la marcha,³⁰ puede mejorar la resistencia; sin embargo, generalmente no llega a la fatiga, lo que implica que no existe el mecanismo disparador para que se lleve a efecto

la hipertrofia muscular,³¹ puede tener el inconveniente de que exista fricción en algunas áreas de la articulación dañando al cartílago articular y además ocasione presencia de dolor y derrame articular, induciendo la inhibición del músculo vía los receptores del órgano tendinoso de Golgi.³² Por último, el ejercicio de tipo isocinético en donde podemos controlar la velocidad angular de movimiento y la carga se distribuye de manera más uniforme en todo el músculo de acuerdo al ángulo en que se proyecta,³³ sin embargo, esta técnica deja de ser práctica por la necesidad de aparatos sofisticados para llevarla a efecto. En el desarrollo de la fuerza muscular está demostrado que en halterofilia el reclutamiento de las fibras musculares alcanza 70% durante la contracción máxima y al aplicar una sobrecarga por electroestimulación se produce un incremento en el torque que recluta al 100% de las fibras durante la contracción evocada,³⁴ principalmente cuando se utilizan ondas monofásicas y bifásicas, (utilizadas estas últimas en el presente estudio) pues generan mayor torque que las ondas polifásicas;³⁵ a su vez, está demostrado que después de 4 semanas de entrenamiento con electroestimulaciones existe una correlación entre la intensidad del entrenamiento y el torque del músculo cuádriceps. Los individuos con un alto porcentaje de fibras rápidas generan mayor torque y mayor fuerza a una velocidad dada que aquellos individuos en los que predominan las fibras lentas; en humanos el pico de fuerza se genera con relación 10:5:1 para las fibras tipo IIb, IIa y I, respectivamente.³⁶ Este pico de tensión isométrica no es dependiente de la distribución de las fibras pero si del número y del volumen de las mismas; a mayor edad predominan las fibras de tipo I,³⁷ lo que origina que los pacientes de nuestro estudio correspondientes al subgrupo 3 presentaran menor incremento de fuerza que los otros subgrupos. Por otra parte, los estudios de fortalecimiento muestran diferencia en las respuestas entre personas jóvenes y adultos mayores, así los estudios inmunohistoquímicos³⁸ de biopsias musculares del vasto lateral demuestran incremento en las fibras tipo I y II, siendo más importante en las primeras; no obstante, las fibras tipo IIx³⁹ se incrementan más en las mujeres de 70 años o más, a diferencia de las mujeres jóvenes en las que incluso llegan a disminuir;⁴⁰ los estudios de resonancia magnética cuantificando el área de sección cruzada del músculo sometido a fortalecimiento por 16 semanas indican incremento de hasta 29% en el área de sección,⁴¹ sin embargo, la hipertrofia no justifica por si sola el incremento del torque del cuádriceps principalmente en los sujetos mayores de 85 años,⁴² por lo que otros factores como: mayor reclutamiento de fibras musculares (logrado en nuestro estudio por la combinación de fortalecimiento más electroestimulaciones) aunado a inhibición de la coactivación de los músculos antagonistas y una mejor

coordinación son los responsables del incremento de fuerza isométrica; las investigaciones de electromiografía en los pacientes con edades mayores de 80 años demuestran un reclutamiento incompleto, (hasta 63%) ante el esfuerzo máximo realizado.⁴³ Independientemente, todos los programas de fortalecimiento incrementan principalmente las fibras musculares tipo I en mayor proporción.⁴⁴

Con relación a nuestros resultados se observó incremento del 30% en fuerza muscular isométrica en el grupo sometido a programa combinado con electroestimulos, a diferencia de 20% en el grupo sometido a fortalecimiento simple, lo que refuerza el uso de electroestimulaciones pues logra mayor reclutamiento de fibras musculares; estas respuestas se compararon con las mediciones de personas sanas de acuerdo a la edad en el reporte de Bäckman,⁴⁵ alcanzando los parámetros considerados como normales. Las diferencias en resultados de acuerdo a los grupos etarios también demuestran que el programa combinado resulta de mayor utilidad, teniendo mayor importancia el uso de esta combinación en personas mayores de 70 años de edad.

Estamos conscientes de que el número de pacientes en este estudio es pequeño y no podemos generalizar nuestros resultados a todos los casos de GA, ya que se requiere mayor investigación al respecto, no obstante tan sólo es la combinación de dos técnicas probadas en el fortalecimiento muscular utilizadas desde hace más de 50 años, como son: la técnica de Müller (fortalecimiento con ejercicio isométrico) aunado a una sobrecarga evocada por el estímulo eléctrico, incrementando el reclutamiento de fibras durante la contracción. Por último, es menester recordar que el manejo del paciente con GA debe ser integral, incluyendo: manejo de control de peso, aparatos de descarga como bastón, uso de ortesis, fármacos y medidas higiénico-dietéticas, ya que el fortalecimiento muscular es tan sólo un coadyuvante del tratamiento, el cual brinda resultados de moderados a buenos, si existe constancia en su realización.

REFERENCIAS

- Felson DT, Naimark A, Anderson J. The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly, the Framingham osteoarthritis study. *Arthritis Rheum* 1987;30:914-918.
- Lawrence JS, Bremner JM, Bier F. Osteoarthritis: prevalence in the population and relationship between symptoms and X-ray changes. *Ann Rheum Dis* 1996;25:1-24.
- Poter JM, Evans AL, Duncan G. Gait speed and activities of daily living function in geriatric patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:317-322.
- Ettinger W, Davis M, Neuhaus J, Mallon K. Long term physical functioning in persons with knee osteoarthritis from NHANES I: effects of comorbid medical conditions. *J Clin Epidemiol* 1994;47:809-815.
- Sharma L, Hayes KW, Felson DT. Does laxity alter the relationship between strength and physical function in knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 1999; 42: 25-32.
- Hopkins JT, Ingersoll CD, Edwards JE, Cordova ML. Changes in soleus motoneuron pool excitability after artificial knee joint effusion. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81:1199-1203.
- Brown M, Sinacore DR, Ensani AA, Binder EF, Holloszy JO, Kohrt WM. Low intensity exercise as modifier of physical frailty in older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:608-612.
- Keith RA. Treatment strength in rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 1997; 78:1298-1304.
- Deyle GD, Henderson NE, Matekel RL, Rider MG, Garber MB, Allison SC. Effectiveness of manual physical therapy and exercise in osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med* 2000;132:173-181.
- O'Reilly S, Muir K, Doherty M. Effectiveness of home exercise on pain and disability from osteoarthritis of the knee: a randomized controlled trial. *Ann Rheum Dis* 1999;58:15-19.
- Petrella RJ. Is exercise effective treatment for osteoarthritis of the knee? *Br J Sport Med* 2000;34:326-331.
- Van Barr ME, Assendelft W, Dekker J, Oostendorp R, Bijlsma J. Effectiveness of exercise therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *Arthritis Rheum* 1999; 42:1361-1369.
- Jette AM, Lachman M, Giorgetti MM et al. Exercise it's never too late: the strong for life program. *Am J Public Health* 1999;89:66-72.
- Klippel JH, Weyand CM, Wortmann RL (edit). *Primer on the rheumatic diseases*. 11 ed. Atlanta GA: Arthritis Foundation; 1997: 464.
- Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1957;16:494-501.
- Cole MT, Tobis JS. Medidas de la función musculoesquelética. En: Krusen medicina física y rehabilitación. Madrid: Panamericana Ed; 199: 21-23.
- Domínguez CL, Gutiérrez RM. Podografía en papel fax para la detección de anomalías en los pies de preescolares. *Rev Mex Reumatol* 1997;12:217-222.
- Le Veau B. Biomecánica del movimiento humano. México: Trillas; 1991: 80-97.
- Anderson Allen F, Irrgang James J, Kocher Mininder S, Mann Barton J, Harrast John J, Members of the International Knee Documentation Committee. The International Knee Documentation Subjective Knee Evaluation form: normative Data. *Am J Sport Med* 2006;34:128-135.
- Hutton RS, Atwater SW. Acute and chronic adaptations of muscle proprioceptors in response to increased use. *Sport Med* 1992;14:406-421.
- Hakkinen K, Kallinen M, Izquierdo M et al. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA and force during resistance training in middle aged and older people. *J Appl Physiol* 1998;84:1341-1349.
- Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, Roubenoff R. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *J Am Geriatr Soc* 2004;52:80-85.
- Poter JM, Evans AL, Duncan G. Gait speed and activities of daily living functions in geriatric patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:317-322.
- Brooke D J, Cheng J E, Misiaszek K, Lafferty J. Amplitude modulation of the soleus H reflex in the human during active and passive stepping movements. *J Neurophysiology* 2001;73:102-111.
- Phillips BA, Sing KL, Mastaglia FL. Muscle force measured using "break" testing with a hand-held myometer in normal subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81 653-661.
- Marks R. The effect of isometric quadriceps resistance training in mid range for osteoarthritis of the knee. *Arthritis Care Res* 1993;6:52-56.
- Chamberlain MA, Care G, Harfield B. Physiotherapy in osteoarthritis of the knee. A controlled trial of hospital versus home exercises. *Int Rehabil Med* 1982;4:101-106.
- Fisher NM, Pendergast DR, Gresham GE, Calkins E. Muscle rehabilitation: its effect on muscular and functional performance of patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 1991;72:367-374.
- Blake DR, Merry P, Unsworth J et al. Lesión por hipoxia-reperusión en la articulación humana inflamada. *Lancet* 1989;1:289-292.
- Meuleman JR, Brechue WF, Kubilis PS, Lowenthal DT. Exercise training in the debilitated aged: strength and functional outcomes. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81:312-318.

31. Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP, Knuttgen HG, Evans WJ. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 1988; 64:1038-1044.
32. Barret DS, Cobb AG, Bentley G. Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73:53-55.
33. Steiner LA, Harris BA, Krebs DE. Reliability of isokinetic knee flexion and extension measurements. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:1327-1335.
34. Miller C, Mathieu C. Strength training by electrostimulation conditions for efficacy. *Int J Sports Med* 1993;14:20-28.
35. Laufer Y, Ries JD, Leininger PM, Alon G. Quadriceps femoris muscle torques and fatigue generated by neuromuscular electrical stimulation with three different waveforms. *Phys Ther* 2001;81:1307-1316.
36. Bax L, Staes F, Verhagen A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med* 2005;35:191-212.
37. Snyder-Mackler L, Delitto A, Stralka SW, Bailey SL. Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther* 1995;75:237-238.
38. Widrick JJ, Stelzer JE, Shoen TC, Garner DP. Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2002;283:408-416.
39. Trappe S, Williamson D, Godard M, Porter D, Rowden G, Costill D. Effect of resistance training on single muscle fiber contractile function in older men. *J Appl Physiol* 2000;89:143-152.
40. Yang Y, Jemiolo B, Trappe S. Proteolytic mRNA expression in response to acute resistance exercise in human single skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol* 2006;101:1442-1450.
41. Narici MV, Hoppeler H, Kayser B, Landoni L, Claassen H, Gavardi C, Conti M, Cerretelli P. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand* 1996;157:175-186.
42. Harridge SD, Kryger A, Stensgaard A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve* 1999;22:831-839.
43. Hakkinen K, Kraemer WJ, Newton RU, Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand* 2001;171:51-62.
44. Martel GF, Roth SM, Ivey FM, Lemmer JT, Tracy BL, Hurlbut DE, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA. Age and sex affect human muscle fibre adaptations to heavy-resistance strength training. *Exp Physiol* 2006;91:457-464.
45. Bäckman E, Johanson V, Häger B, Sjöblom P, Henriksson KG. Isometric muscle strength and muscle endurance in normal persons aged between 17 and 70 years. *Scand J Rehabil Med* 1995;27:109-117.