

## Acta Ortopédica Mexicana

Volumen **18**  
Volume

Número **1**  
Number

Enero-Febrero **2004**  
January-February

*Artículo:*

Ejercicios isométricos de ángulo fijo vs  
ángulo variable en pacientes con  
osteoartrosis de rodilla

Derechos reservados, Copyright © 2004:  
Sociedad Mexicana de Ortopedia, AC

Otras secciones de  
este sitio:

- 👉 Índice de este número
- 👉 Más revistas
- 👉 Búsqueda

*Others sections in  
this web site:*

- 👉 *Contents of this number*
- 👉 *More journals*
- 👉 *Search*



Medigraphic.com

Artículo original

## Ejercicios isométricos de ángulo fijo vs ángulo variable en pacientes con osteoartrosis de rodilla

Karla Barrera-Beltrán,\* Daniel D. Chávez-Arias,\*\* María del Pilar Diez-García,\*\*\* Roberto Coronado-Zarco,\*\*\*\* Saúl León-Hernández,\*\*\*\*\* Raúl Pérez-Medina\*\*\*\*\*

Centro Nacional de Rehabilitación

**RESUMEN.** Estudiamos el impacto del entrenamiento del cuádriceps en la funcionalidad de pacientes con osteoartrosis de rodillas y la relación con el trabajo total realizado, el pico de torque y el torque específico del ángulo en el cual se fortalece el músculo. Se incluyeron 37 pacientes femeninos entre 45 y 65 años, con osteoartrosis de rodillas. Se formaron 2 grupos, ambos realizaron un programa de fortalecimiento con ejercicios isométricos de cuádriceps por 6 semanas: grupo ángulo variable, 21 pacientes, grupo ángulo fijo, 16 pacientes. El entrenamiento se realizó 2 veces por semana por 6 semanas. Se llevó a cabo una valoración isocinética del cuádriceps y la escala de valoración funcional WOMAC antes y después del entrenamiento. Las variables WOMAC, trabajo total y pico de torque posterior al entrenamiento mostraron diferencias significativas. La media obtenida del torque a los diferentes grados de flexión de rodilla en los que se realizó el fortalecimiento de cuádriceps, así como el resto de variables no mostraron diferencia entre los grupos posterior al entrenamiento. Se corrobora el efecto benéfico del fortalecimiento muscular del cuádriceps con ejercicios isométricos para mejorar la función de rodillas en pacientes con osteoartrosis, independientemente si se realiza con ángulo fijo o variable.

**Palabras clave:** rodilla, osteoartrosis, rehabilitación, ejercicios isométricos.

**SUMMARY.** *Objective:* To study the impact of training in the functionality of patients using fixed and variable angle isometrics on the quadriceps with osteoarthritic knees, and its relation with the total work realized, peak torque and the specific torque angle at which the muscle is strengthened. Included 37 female patients between the ages of 45 – 65 with osteoarthritic knee. They were randomly placed in one of two groups, both underwent a strengthening program with isometric exercises for six weeks: variable angle group – 21 patients; fixed angle group – 16 patients. The training was conducted twice a week for 6 weeks. An isokinetic measurement of the quadriceps and the WOMAC functional evaluation scale were completed before and after the training. The WOMAC, total work and peak torque, showed significant differences after the training. The average torque obtained at the different grades of knee flexion, for those who completed strengthening of the quadriceps, as well as for the remainder of the variables, did not show differences between the two groups after the training. This reinforces the beneficial effect of strengthening quadriceps muscle with isometric exercises in the functionality of patients with osteoarthritic knee, regardless if it is done using a fixed or a variable angle.

**Key words:** knee, osteoarthritis, rehabilitation, isometric exercise.

### Introducción

Se estima que el 80% de las personas mayores de 65 años presentan cambios radiográficos con evidencia de osteoartrosis (OA) de rodillas, siendo causa del 10 al 25% de las visitas al médico en la atención primaria, lo que condiciona algún grado de discapacidad.<sup>9</sup>

El programa de tratamiento de rehabilitación en la OA de rodillas contempla tres objetivos principales: disminución del dolor, aumento del rango de movilidad e incremento de la fuerza muscular del cuádriceps.<sup>5,13</sup> La debilidad muscular de los extensores de rodilla, disminuye la estabilidad de la articulación y la capacidad de atenuación de las cargas,<sup>16</sup> por lo que se considera el fortalecimiento mus-

\* Médico Especialista en Curso de Postgrado.

\*\* Médico Jefe de la División de Rehabilitación Ortopédica.

\*\*\* Médico Jefe del Servicio de Rehabilitación Osteoarticular.

\*\*\*\* Médico Jefe del Servicio de Rehabilitación de Columna.

\*\*\*\*\* Médico Jefe de la División de Enseñanza.

\*\*\*\*\* Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación.

Centro Nacional de Rehabilitación

Dirección para correspondencia:

Dra. Karla Barrera-Beltrán, Centro Nacional de Rehabilitación, Rda. Macondo, E Meme -204, Villa Panamericana, CP 04700. Tel. 56-65-11-29 karlizbb latinmail.com.mx

cular como parte esencial del programa de rehabilitación, observándose un efecto positivo del ejercicio a corto plazo en la discapacidad de estos pacientes.<sup>11,15</sup>

Existen diferentes métodos para el fortalecimiento muscular. En rehabilitación los ejercicios isométricos se prefieren en patologías en las cuales se restringe el movimiento articular por alguna causa. En los pacientes con OA se utilizan contracciones isométricas en etapas iniciales del programa de rehabilitación, ya que el movimiento articular resulta doloroso.

Se han realizado diversos estudios en los cuales se ha comparado la contracción isométrica con otros tipos de contracción muscular en pacientes con OA de rodillas, presentando mínimas diferencias en lo referente a función y ganancia de fuerza,<sup>8,10,12,18</sup> sin embargo, el uso del entrenamiento con isométricos es controversial, ya que la literatura reporta diversos resultados en relación al entrenamiento isométrico que es realizado a un solo ángulo dentro del rango de movilidad articular, ya que puede resultar en ganancia de fuerza sólo en el ángulo en el cual fue entrenado, recomendándose trabajar varias angulaciones para cada músculo para asegurar beneficios en todo el arco de movimiento y así evitar la limitada mejoría en la habilidad funcional con el trabajo isométrico de un solo ángulo.<sup>19</sup> Por otra parte, existen reportes cuyos resultados varían de esta aseveración ya que se observó que el incremento en el torque no ocurre sólo en el ángulo en el cual el sujeto fue entrenado, sino también en el resto del arco de movilidad.<sup>1</sup>

En los estudios realizados se ha medido la ganancia de fuerza con dinamómetros isométricos tomando en consideración sólo el torque a diversos ángulos y llevados a cabo en pacientes sanos.<sup>1,19</sup>

El presente estudio tiene como objetivo estudiar el impacto del entrenamiento con isométricos de ángulo fijo y ángulo variable en la función de pacientes con osteoartritis de rodillas utilizando la escala de WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index)<sup>2</sup> y la relación con el trabajo total realizado por el músculo cuádriceps antes y después del entrenamiento.

### Material y métodos

Se realizó un ensayo clínico controlado, doble ciego. El estudio se llevó a cabo en el Centro Nacional de Rehabilitación en el período comprendido de junio a diciembre del 2003.

Se incluyó a pacientes de sexo masculino o femenino entre 45 y 65 años de edad con diagnóstico clínico y radiológico de osteoartritis primaria o secundaria de rodilla unilateral o bilateral grado I – IV, según los criterios del Colegio Americano de Reumatología y clasificación de Kellgren,<sup>4,14</sup> sedentarios y lateralidad diestra. Se excluyeron los pacientes con antecedentes de práctica deportiva hasta 6 meses previos al estudio, patología ósea o muscular previa que no permitió la realización del programa de entrena-

miento, patología cardiovascular como insuficiencia cardíaca o hipertensión arterial descompensada. Se eliminaron 14 pacientes por no haber completado el tratamiento 5, colecistectomía de urgencia 1, cambio de residencia 2 y 5 masculinos por no considerarse grupo significativo para el análisis estadístico.

Se formaron dos grupos al azar: El grupo 1 conformado por 21 pacientes, el grupo 2 por 16 pacientes, todos del sexo femenino, con promedio de edad de 56.14 años (DS de 5.53) y de 54.06 años (DS de 4.55) respectivamente, sin diferencia estadísticamente significativa entre grupos ( $p = 0.23$ ). En ambos grupos predominó la OA grado II con un 56.2% para el grupo 1 y 52.3% para el grupo 2 (Tabla 1).

Los pacientes del grupo 1 recibieron un programa de fortalecimiento de cuádriceps basado en ejercicios isométricos en tres ángulos diferentes (Tabla 2). Los pacientes del grupo 2 recibieron un programa de fortalecimiento de cuádriceps basado en ejercicios isométricos a un solo ángulo (Tabla 2). Ambos grupos realizaron este trabajo dos veces por semana por 6 semanas.<sup>6,20</sup> Se registró el consumo de AINES por paciente durante la realización del estudio.

Se realizó una valoración isocinética del cuádriceps antes y después del entrenamiento en donde se determinó el trabajo total realizado por el cuádriceps con el equipo Biodex System III a una velocidad de 60 grados por segundo, con 5 repeticiones. Así mismo se aplicó la escala de valoración funcional (WOMAC) antes y después del entrenamiento (Tabla 3). Se realizó para las diferencias en la puntuación de WOMAC y trabajo total antes y después del entrenamiento, la prueba t de Student para muestras relacionadas. Para las diferencias intergrupo posterior al entrenamiento, la prueba t de Student para muestras independientes.

### Resultados

Los valores iniciales de las variables analizadas: WOMAC, trabajo total del cuádriceps derecho e izquierdo no tuvieron diferencias significativas entre ambos grupos ( $p = 0.35$ ,  $p = 0.77$ ,  $p = 0.750$  respectivamente).

El cambio en las variables WOMAC, trabajo total y pico de torque después del entrenamiento para cada grupo por separado mostraron mejoría estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) (Tabla 4).

**Tabla 1. Distribución por grado de afectación en OA de rodillas.**

Grado de OA	Grupo 1		Grupo 2	
	Número	%	Número	%
I	1	4.7	1	6.2
II	11	52.3	9	56.2
III	5	23.8	5	31.2
IV	4	19.0	1	6.2
Total	21		16	

Fuente. Datos del estudio

**Tabla 2. Programa de entrenamiento**

Grupo 1.
Aplicación de compresa húmeda caliente a ambas rodillas por 15 minutos. Movilización pasiva de rótula en dos ejes, Movilización activa libre de rodillas en flexión y extensión. Ejercicios de fortalecimiento de isquiotibiales, aductores, tibial anterior y tríceps sural por medio de ejercicios isotónicos. Ejercicios isométricos de cuádriceps con una serie de 10 repeticiones con la articulación de rodilla a 10° de flexión, a 45° de flexión y a 90° de flexión completando tres series. Cada contracción con duración de 6 segundos y relajación de 6 segundos, con un descanso entre series de 45 segundos. Estiramiento a flexores de cadera, rodilla y tobillo.
Grupo 2.
Aplicación de compresa húmeda caliente a ambas rodillas por 15 minutos. Movilización pasiva de rótula en dos ejes. Movilización activa libre de rodillas en flexión y extensión. Ejercicios de fortalecimiento de isquiotibiales, aductores, tibial anterior y tríceps sural por medio de ejercicios isotónicos. Ejercicios isométricos de cuádriceps con tres series de 10 repeticiones con la rodilla a 10° de flexión, cada contracción con duración de 6 segundos y relajación de 6 segundos, con descanso entre series de 45 segundos. Estiramiento a flexores de cadera, rodilla y tobillo.

Al realizar la comparación entre el grupo 1 y el grupo 2 posterior al entrenamiento no se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas: WOMAC, trabajo total del cuádriceps y pico de torque derecho e izquierdo ( $p > 0.05$ ) (Tabla 5).

Finalmente se comparó la media obtenida del torque a 10°, 45° y 80° entre los grupos sin obtener diferencias significativas (Tabla 5).

El grado de OA no tuvo implicación en los resultados finales, así como tampoco el consumo de AINES, aunque se observó que aquellos pacientes que no ingirieron ningún tipo de AINES durante el estudio tuvieron un promedio final mayor de trabajo total que aquellos que sí lo hicieron.

## Discusión

Los resultados encontrados muestran que hubo mejoría significativa en el pico de torque, trabajo total realizado por el músculo cuádriceps, y la función en pacientes con OA de rodillas posterior al entrenamiento en cualquiera de los dos grupos estudiados, sin embargo no hubo diferencias entre los dos programas de entrenamiento.

**Tabla 3. Escala WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index).**

¿Cuánto dolor tiene usted?					
Al caminar en una superficie plana:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Al subir y bajar escaleras:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Por la noche al estar acostado:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Al estar sentado descansando:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Al estar de pie:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
¿Qué tan severa es su rigidez?					
Al levantarse en las mañanas:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Después de estar sentado, descansando, durante el resto del día:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
¿Qué grado de dificultad presenta usted?					
Para bajar escaleras:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para subir escaleras:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para levantarse al estar sentado:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para permanecer de pie:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para agacharse hasta el suelo:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para caminar en terreno plano:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para entrar y salir de un automóvil:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para ir de compras:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para ponerse calcetines o medias:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para levantarse de la cama:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para quitarse los calcetines o las medias:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para acostarse en una cama:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para entrar o salir de una tina de baño:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para sentarse en una silla:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para sentarse y levantarse del WC:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para hacer el trabajo doméstico pesado:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
Para hacer el trabajo doméstico ligero:	Ninguno	Leve	Moderado	Severo	Muy severo
	Ninguno	0			
	Leve	5			
	Moderado	10			
	Severo	15			

**Tabla 4. Cambios en WOMAC trabajo total y torque del cuádriceps posterior al entrenamiento.**

Variables	N	Grupo 1			P	Grupo 2		
		Media inicial	Media final			Media inicial	Media final	P
WOMAC	21	229.5	174.7	0.007	16	253.7	200.3	0.005
Trabajo der.	21	365.3	391.7	0.016	16	354.1	391.7	0.004
Trabajo izq.	21	299.3	330.3	0.062	16	285.6	318.0	0.178
P. torque der.	21	74.64	85.64	0.006	16	77.47	80.23	0.203
P. torque izq.	21	67.56	73.28	0.018	16	63.57	69.19	0.058

P = pico de torque  
Trabajo = Joules

WOMAC = Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index  
Torque = Newtons/metro

Fuente: Datos del estudio

**Tabla 5. Prueba t para la igualdad de medias de las variables estudiadas posterior al entrenamiento.**

Variables	t	p
WOMAC	-0.917	0.36
Trabajo der.	-0.002	0.99
Trabajo izq.	0.339	0.737
P. torque der.	0.681	0.500
P. torque izq.	0.442	0.661
Torque 10° der.	-0.232	0.818
Torque 10° izq.	-0.040	0.968
Torque 45° der.	1.653	0.108
Torque 45° izq.	-0.493	0.626
Torque 80° der.	-0.066	0.948
Torque 80° izq.	-0.969	0.340

P = pico de torque  
WOMAC = Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index  
Trabajo = Joules Torque = Newtons/metro

Fuente: Datos del estudio

Nuestros resultados coinciden con estudios previos en donde se afirma el efecto benéfico del ejercicio en la osteoartritis<sup>9,15,16</sup> secundario a la mejoría en la estabilidad dinámica de la articulación de rodilla.

Investigaciones realizadas valoran la mejoría en el torque de cuádriceps posterior a un entrenamiento<sup>1,7,9,10,16</sup> pero no se había estudiado el trabajo total en joules realizado por un grupo muscular; nosotros consideramos que las actividades de la vida diaria reflejan un trabajo muscular determinado y que éste puede mejorar posterior a un entrenamiento, optimizando así la función de los pacientes.

Al comparar el efecto del entrenamiento isométrico de ángulo fijo y ángulo variable en el pico de torque, en el trabajo total del cuádriceps y en el torque a los ángulos específicos en los cuales se entrenó, no se observaron diferencias entre los dos grupos, lo que concuerda con lo descrito por William D. Bandy<sup>1</sup> quien concluye que el entrenamiento isométrico no es específico del ángulo al cual se realiza; sin embargo existen otros estudios en donde se describe que el entrenamiento isométrico mejora la fuerza en ese ángulo específico y en los adyacentes<sup>17</sup> mientras que Joseph P.<sup>19</sup> concluye que el entrenamiento isométrico es ángulo específico.

Aunque en nuestros resultados no se observaron diferencias entre los dos grupos al analizar el torque a 10°, 45° y 80° es de mencionar que la muestra fue pequeña y que los valores iniciales se encontraron muy dispersos, por lo que consideramos pueda mejorar la potencia estadística con un número mayor de pacientes.

### Conclusión

En este estudio se corrobora el efecto benéfico del fortalecimiento muscular de cuádriceps con ejercicios isométricos para mejorar la función de rodillas en pacientes con OA independientemente si se realiza con ángulo fijo o variable.

### Bibliografía

1. Bandy WD, Hanten WP: Changes in torque and electromyographic activity at the quadriceps femoris muscles following isometric training. *Phys Ther* 1993; 73(7): 455-465.
2. Bellamy N, Kean WF, Buchanan WW, Gerez-Simon E, Campell J: Double blind randomized controlled trial of sodium meclofenamate (Meclomen) and sodium Voltaren: post validation reapplication of the WOMAC Osteoarthritis Index. *J Rheumatol* 1992; 19(1): 153-159.
3. García Manso: Manifestaciones de la Fuerza en Función de su Objetivo. Sección La Fuerza. Madrid España, Editorial Gymnos, 1999: 299-304.
4. Hart DJ, Spector TD: Radiographic criteria for epidemiologic studies of osteoarthritis. *J Rheumatol* 1995; 43: 46-48.
5. Hochberg MC, Altman RD, Brandt KD, Clark BM, Dieppe PA, Griffin MR, Moskowitz RW, Schnitzer TJ: Guidelines for the medical management of osteoarthritis. Part II. Osteoarthritis of the Knee. American College of Rheumatology *Arthritis Rheum* 1995; 38(11): 1535-1540.
6. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T: Effects of different duration isometric contractions on tendon elasticity in human quadriceps muscles. *J Physiol*, 2001; 536(Pt 2): 649-655.
7. Lacerte M, de Lateur BJ, Alquist AD, Questad KA: Concentric versus combined concentric-eccentric isokinetic training programs: effect on peak torque of human quadriceps femoris muscle. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73(11): 1059-62.
8. Leach RE, Stryker WS, Zohn DA: A comparative study of isometric and isotonic quadriceps exercise programs. *J Bone Joint Surg Am* 1965; 47(7): 1421-1226.
9. Messier SP, Loeser RF, Hoover JL, Semble EL, Wise CM: Osteoarthritis of the knee: effects on gait, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73(1): 29-36.

10. Pavone E, Marilyn M: Isometric torque of the quadriceps femoris after concentric, eccentric and isometric training. *Arch Phys Med Rehabil* 1985; 66(3): 168-170.
11. Petrella RJ: Is exercise effective treatment for osteoarthritis of the knee? *Br J Sports Med* 2000; 34(5): 326-331.
12. Rosentswieg J, Hinson MM: Comparison of isometric, isotonic and isokinetic exercises by electromyography. *Arch Phys Med Rehabil* 1972; 53(6): 249-252.
13. Roy D, Altman, Marc C Hochberg, Roland W: Recommendations for the Medical Management of Osteoarthritis of the hip and knee. *Arthritis Rheum* 2000; 43: 1905-1915.
14. Roy D, Altman: The Classification of Osteoarthritis. *J Rheumatol* 1995; (Suppl 43)22: 42-43.
15. Slemenda C, Heilman DK, Brand KD, Katz BP, Mazzuca SA, Braunstein EM, Byrd D: Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in women? *Arthritis Rheum* 1998; 41(11): 1951-1959.
16. Tan J, Balci N, Sepici V, Gener FA: Isokinetic and isometric strength in osteoarthritis of the knee. A comparative study with healthy women. *Am J Phys Med Rehabil* 1995; 74(5): 364-369.
17. Thepaut Mathieu C, Van Hoecke J, Maton B: Mioelectrical and mechanical changes linked to length specificity during isometric training. *J Appl Physiol* 1988; 64(4): 1500-1505.
18. Topp R, Woolley S, Hornyak J 3rd, Khuder S, Kahaleh B: The effect of dynamic versus isometric resistance training on pain and functioning among adults with osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83(9): 1187-95.
19. Weir JP, Housh TJ, Weir LL: Electromyographic evaluation of joint angle specificity and cross-training after isometric training. *J Appl Physiol* 1994; 77(1): 197-201.
20. Welsh L, Rutherford OM: Effects of isometric strength training on quadriceps muscle properties in over 55 years olds. *Eur J Appl Physiol* 1996; 72(3): 219-223.

