

## Coste energético en gonartrosis y prótesis total de rodilla

J. M. CARDONA VERNET, M. SANCHEZ GIMENO, J. ORAN ESPUYS, A. GOMEZ RIBELLES, A. CHARLEZ MARCO, J. M. ZAMORA RODRIGUEZ, J. C. SALO CUENCA y J. J. FERNANDEZ MARTINEZ

*Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Arnau de Vilanova. Lleida.*

**Resumen.**—Se efectúa un estudio fisiológico del ejercicio en 15 pacientes con gonartrosis no intervenida, 15 portadores de PTR modular Press-fit y 15 portadores de PTR semicostreñida Link mediante el método de calorimetría indirecta con espirometría de circuito cerrado, comprobándose la influencia del dolor y la marcha en el consumo de oxígeno, siendo significativamente más bajo en los pacientes pendientes de colocación de una prótesis de rodilla y obteniendo mejor resultado clínico y energético en las prótesis totales de rodilla semiconstreñidas en relación a las modulares.

### ENERGY COST IN KNEE OSTEOARTHRITIS AND TOTAL KNEE ARTHROPLASTY

**Summary.**—By mean of calorimetric indirect method with spirometry of closed circle we carry out a physiologic study of the exercise in fifteen patients with arthritis of the knee, fifteen with total knee arthroplasty type Press-fit and fifteen with total knee arthroplasty type endomodel of Waldemar-Link. There was an influence of pain and gait in oxigen consume, being significantly lower in patients with arthritis of the knee without knee arthroplasty. The best clinic and energetic results were found in patients with knee arthroplasty type Waldemar-Link.

### INTRODUCCIÓN

La finalidad de nuestra actuación en las gonartrosis es la de obtener una articulación bien alineada, estabilizada y que permita efectuar una marcha indolora y que se aproxime lo máximo posible a los parámetros que se consideran como normales.

La actividad muscular que se genera para poner en marcha al individuo impone la transformación de la energía química procedente de la degradación de los diversos combustibles (carbohidratos, grasas, proteínas) en energía mecánica, precisando para su obtención de un consumo energético elevado, relacionado directamente con el uso del oxígeno. Si medimos su gasto en condiciones de ejercicio a ritmo estable es posible obtener una evaluación indi-

recta del metabolismo energético, ya que la producción anaeróbica de energía en estas condiciones es muy reducida (1).

Los estudios que utilizan la bomba calorimétrica han demostrado que se liberan 4,82 kcal. de calor cuando se quema una mezcla de carbohidratos, grasas y proteínas en un litro de oxígeno, modificándose sólo ligeramente incluso con grandes variaciones de la mezcla metabólica. Este equivalente de energía-oxígeno de 4,82 kcal. por litro es el baremo corriente para transportar cualquier ejercicio aeróbico a un marco de referencia calórica.

En la literatura mundial existen muchos trabajos sobre el consumo energético en personas portadoras de ortesis tras amputaciones, pero muy pocas relativas a personas afectas de gonartrosis y portadoras de prótesis total de rodilla. Mattson (2-4) es el autor que más nos acerca a esta problemática, no encontrando variaciones en el consumo de oxígeno antes y después de la intervención, debido a que el portador de la prótesis total de rodilla no varía la marcha adquirida antes de la artroplastia. Waters (5)

#### *Correspondencia:*

Dr. J. M. CARDONA VERNET  
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología  
Hospital Universitario Arnau de Vilanova  
Rovira Roure, 80  
25198 Lleida

encuentra cambios en el tipo de marcha tras el implante de la prótesis, sobre todo por el aumento de la velocidad de la marcha, aunque tampoco observa diferencias en el consumo de oxígeno antes y después de la intervención.

La hipótesis de nuestro trabajo es calcular, mediante la medición del consumo de oxígeno, el gasto energético a que están sometidos los pacientes antes y después de la colocación de una prótesis total de rodilla y la posible diferencia con el tipo de modelo utilizado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos seleccionado 15 individuos, 11 mujeres y 4 varones, con una edad media de 70 años (74-65), afectados de gonartrosis unilateral grado III de la clasificación de Alhacks pendientes de la colocación de una prótesis total de rodilla modular modelo Press-fit; 15 pacientes, 12 mujeres y 3 varones, con una edad media de 74 años (63-89), portadores de dicha prótesis, con un seguimiento medio de 4 años (3-7), de los cuales 10 eran portadores de prótesis bilateral y 5 unilateral, y otros 15 pacientes, 12 mujeres y 3 varones, con una edad media de 71 años (50-83), intervenidos mediante prótesis semiconstreñida modelo Link, con un seguimiento medio de 3 años (2-5), 8 de ellas bilaterales y 7 unilaterales.

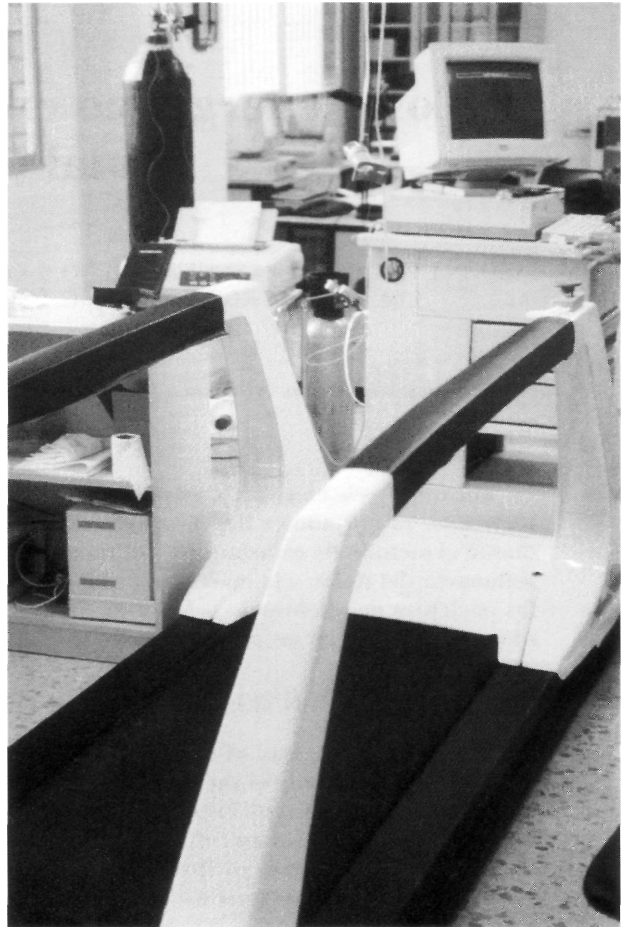
Todos los pacientes han sido valorados según la escala clínica del Hospital for Special Surgery (6), invitándolos a deambular sobre un tapiz rodante a una velocidad constante de 1,5 km/h. y con una pendiente del 1% durante un tiempo de 5 minutos (Fig. 1).

Para obtener la medición del volumen de oxígeno consumido se conecta una válvula respiratoria desde la boca del paciente (con fosas nasales tapadas) a un circuito cerrado donde respira el gas que se encuentra dentro del espirómetro (Fig. 2). Los valores recogidos en la sonda de la válvula pasan a un ordenador que nos analizará directamente el volumen de oxígeno utilizado durante el ejercicio (7), compensado mediante tabulación a la superficie corporal de cada individuo, y el volumen de dióxido de carbono producido, así como su relación con el oxígeno consumido (cociente respiratorio). Esta relación nos proporcionará un índice importante de la mezcla de nutrientes catabolizada para producir la energía. También se recogen la frecuencia respiratoria, el volumen espiratorio total, la tensión arterial, la frecuencia cardíaca y la producción de ácido láctico antes y después de efectuar el ejercicio.

Una vez finalizada la prueba, el paciente valora de manera subjetiva la dificultad que le ha representado la ejecución del trabajo mediante la escala de rendimiento (RPE) de Berg (Tabla I).

### Análisis estadístico

Se ha efectuado un análisis comparativo mediante el test «t» de Student de los distintos grupos de pacientes considerando significación estadística a valores de  $p < 0,001$ .



**Figura 1.** Tapiz rodante donde efectúa la marcha el paciente y ordenador donde se registran directamente los datos.

## RESULTADOS

La edad media de los pacientes estudiados fue de 72 años (50-89), existiendo un predominio de las mujeres (35, que representa el 78%) sobre los varones (10, un 22%).

La valoración clínica nos demostró una media más baja (68,4 puntos) para las gonartrosis y más elevada para las prótesis semiconstreñidas unilaterales (86,2), seguido de las bilaterales (85,5), de las modulares unilaterales (80,3) y, finalmente, por las modulares bilaterales (80).

Los valores medios obtenidos al principio y final del ejercicio de todos los parámetros incluidos en el estudio figuran en la Tabla II.

El consumo de oxígeno es significativamente menor en los pacientes afectados de gonartrosis en relación con los portadores de prótesis semiconstreñidas, tanto unilaterales —que son los que precisan mayor consumo energético— como las bilaterales y los portadores de prótesis modulares bilaterales; no



**Figura 2.** Obtención del volumen de oxígeno a través de válvula conectada a la boca con fosas nasales pinzadas.

**Tabla I:** Escala de Berg para la valoración subjetiva del esfuerzo que ha supuesto la realización del ejercicio

6.	
7.	Muy, muy ligero.
8.	
9.	Muy ligero.
10.	
11.	Ligero.
12.	
13.	Algo duro.
14.	
15.	Duro.
16.	
17.	Muy duro.
18.	
19.	Muy, muy duro.
20.	

de volumen total de aire espirado, no siendo significativa la diferencia entre estas cifras y las de los afectados de gonartrosis, pero sí con el resto de los grupos.

La frecuencia respiratoria es significativamente más alta en los portadores de prótesis modular unilateral, siendo las más bajas las de los portadores de prótesis semiconstreñidas, tanto uni como bilaterales.

El incremento de la frecuencia cardíaca es significativamente más bajo en las prótesis semiconstreñidas, unilaterales o bilaterales, siendo los portadores de prótesis modular unilateral los que presentan un mayor incremento.

La tensión arterial sistólica ha sufrido un aumento significativo en las gonartrosis, no modificándose la TA diastólica. Los pacientes con prótesis semiconstreñida bilateral son los que no presentan modificación de ninguno de los 2 valores.

Los valores resultantes de la medición del lactato antes y después de finalizar la prueba no nos ha proporcionado ningún dato significativo.

estadísticamente significativa la diferencia con los pacientes con prótesis modular unilateral.

La medición del anhídrido carbónico espirado tiene relación directa con los valores de consumo de oxígeno, siendo las cifras estadísticamente significativas en la misma relación.

Los pacientes portadores de prótesis modulares bilaterales son los que presentan cifras más bajas

**Tabla II:** Valores obtenidos durante la realización de la prueba

	VO <sub>2</sub> /kg. (mg/kg/min.)	VCO <sub>2</sub> (ml/min.)	VCO <sub>2</sub> / VCO <sub>2</sub>	Δ VE (l/min.)	Δ FR (esp/min.)	Δ FC (lat/min.)	Δ TA sist. (mmHg)	Δ TA diast. (mmHg)	Δ lactato (mmol/l.)
Gonartrosis	2,5	167,625	0,76	5,4	3,7	22,3	25		-0,16
PTR semiconstreñida bilateral	3,5	275,3	0,61	7,3	2,4	13,5	-0,7	-0,9	-0,13
PTR semiconstreñida unilateral	4,15	308,16	0,75	9,9	3	15,3	2,1	1,3	-0,05
PTR modular bilateral	2,65	165	0,003	4,4	3,8	20,2	3	0,1	-0,15
PTR modular unilateral	3,6	250,14	-0,2	8,6	7	28,4	17	-0,3	-0,15

Δ: Incremento de los valores desde el inicio al final del ejercicio.

La valoración subjetiva del esfuerzo mediante la escala de Berg al finalizar el ejercicio nos confirma la puntuación más baja para las prótesis semiconstreñidas unilaterales (11,2) seguidas de las semiconstreñidas bilaterales (11,4), las modulares unilaterales (11,7), las modulares bilaterales (12,6) y las gonartrosis (13,2).

## DISCUSIÓN

En los pacientes afectos de gonartrosis existe un consumo de oxígeno y por tanto un consumo energético significativamente menor que en cualquiera de los portadores de prótesis de rodilla, ya sea semiconstreñida o modular y uni o bilateral. Los que consumen más oxígeno son los que consiguen un tipo de marcha más estable y consistente al llevar una prótesis que permite movimientos de flexoextensión entre 0 y 110° sin desplazamientos anteroposterior o laterales y con un discreto movimiento rotacional.

Un paciente con gonartrosis efectúa una marcha con una longitud de paso, un arco de movimiento y una velocidad de la marcha menor, pero con frecuencia de paso mayor, es decir, realizan una marcha más económica que precisa menor consumo de oxígeno. Por tanto, estos pacientes gastan menos energía que los portadores de 1 ó 2 prótesis, pues tras la artroplastia se aproximan a parámetros de marcha considerados como normales, aunque nunca recuperan los valores originales (8).

Estos resultados confirman la influencia de la marcha económica, adquirida antes de la intervención como la principal responsable del volumen de intercambio respiratorio de gases (3, 5).

Existe una relación directa entre la valoración clínica y el consumo de oxígeno durante la prueba. El paciente con mejor resultado funcional gastará mayor energía para efectuar su función al realizar una marcha menos económica. Esto es debido a un parámetro fundamental: la disminución del dolor, que según Ries (9) sería el responsable de la disfunción cardiorrespiratoria. Posteriores estudios, efectuados a fin de mejorar el estado fisioterápico preoperatorio del paciente, tampoco han conseguido mejorar la funcionalidad tras la prototización (10,11).

La relación obtenida entre CO<sub>2</sub> producido a O<sub>2</sub> consumido (cociente respiratorio —CR—) nos proporcionará un indicio importante de la mezcla catabolizada para conseguir energía. El CR para los

carbohidratos es igual o superior a 1,00; para las grasas es de 0,70, y para las proteínas es de 0,82 (12). Nuestros resultados abocan a que nuestros pacientes obtienen la fuente de energía principalmente de los lípidos y de las proteínas, no llegando en ningún caso a la utilización de los azúcares.

La frecuencia cardíaca evoluciona de manera progresiva desde el inicio al final del ejercicio, no observándose una línea plana en la fase de estabilidad del consumo de oxígeno. El incremento es significativamente menor en los portadores de prótesis estabilizadas.

El volumen total de aire inspirado y espirado está en función de la capacidad vital pulmonar y de la frecuencia respiratoria. Los pacientes portadores de prótesis semiconstreñidas que pueden efectuar una marcha que se aproxima a los parámetros normales y con un menor dolor tienen una capacidad vital aumentada, por lo que necesitan realizar un menor número de inspiraciones y espiraciones que los portadores de prótesis modulares y los afectos de gonartrosis que consiguen el mismo rendimiento a base de aumentar la frecuencia respiratoria.

También cabe destacar la diferencia en las presiones sistólicas de los pacientes con gonartrosis, señal de sobreesfuerzo, así como de los pacientes con prótesis monolateral modular. Las diferencias no son significativas con los modelos estabilizados (12, 13).

El nivel de ácido láctico en sangre es el indicador más común de la actividad del sistema energético a corto plazo. El consumo de lactato en un adulto en reposo es del orden de 1,2 mmoles/L, alcanzando durante el ejercicio con energía anaeróbica cifras de +4 mmoles/l. (14, 15). Las diferencias en el nivel de lactato en sangre, antes y después de efectuar la marcha, no han mostrado diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los grupos estudiados. Esto demuestra la utilización en nuestros pacientes de una energía aeróbica, no acercándose a los niveles máximos de volumen de oxígeno necesarios para precipitar el ácido láctico en la sangre.

La valoración subjetiva tras el esfuerzo tiene una relación directa y estadísticamente significativa con la valoración funcional y el consumo de oxígeno. Los pacientes que tienen una mejor presentación clínica, necesitando de un mayor consumo de oxígeno, subjetivamente se cansan menos. Los pa-

cientes con gonartrosis y con consumos menores de oxígeno son los que subjetivamente se cansan más.

## CONCLUSIONES

1. Existe menor gasto energético en pacientes afectos de gonartrosis en relación a los portadores de prótesis total de rodilla debido a la realización de una marcha más económica y con mayor dolor.

2. Existe una relación directa entre el mejor resultado clínico obtenido tras la protetización y el mayor consumo de O<sub>2</sub>.

3. Los pacientes portadores de una prótesis total de rodilla semiconstreñida efectúan una marcha que se acerca más a los parámetros considerados como normales, consumiendo mayor cantidad de energía.

## Bibliografía

1. **Brooks GA.** Estimation of anaerobic energy production and efficiency in rats during exercise. *J Appl Physiol* 1984;56:520-524.
2. **Mattsson E.** Energy cost of level walking. *Scand J Rehabil Med* 1989;23(suppl 1):1-48.
3. **Mattson E, Brostrom LA, Linnarsson D.** Changes in walking ability after knee replacement, *Int Orthop* 1990;14:277-280.
4. **Mattson E, Olson E, Brostrom LA.** Assessment of walking before and after unicompartmental knee arthroplasty. A comparison of different methods. *Scand J Rehabil Med* 1990;22:45-50.
5. **Waters RL, Perry J, Conaty P, Lunsford B, O'Meara P.** The energy cost of walking with arthritis of the hip and knee. *Clin Orthop* 1987;214:278-284.
6. **Insall JN, Lachiewicz P, Burnstein AM.** The posterior stabilised condylar prosthesis. *J Bone J Surg (Am)* 1982;64:1317-1323.
7. **Wilmore JH.** An automated system for assessing metabolic and respiratory function during exercise. *J Appl Physiol* 1976;40:619-624.
8. **Cardona Vernet JM, Gómez Ribelles A, Fernández Martínez JJ.** Análisis cuantitativo de la marcha tras artroplastia total de rodilla. *Rev Ortop Traum* 1994;38D3(6):451-453.
9. **Ries MD, Philbin EF, Groff GD.** Relationship between severity of gonarthrosis and cardiovascular fitness. *Clin Orthop* 1995;313:169-176.
10. **Skinner HB.** Pathokinology and total joint arthroplasty. *Clin Orthop* 1993;288:78-86.
11. **Weidenhielm L, Mattsson E, Brostrom LA, Wersall-Robertsson E.** Effect of preoperative physiotherapy in unicompartmental prosthetic knee replacement. *Scand J Rehabil Med* 1993;25:33-39.
12. **Jansson E.** On the significance of the respiratory exchange ratio after different diets during exercise in man. *Acta Physiol Scand* 1982;114:103-108.
13. **Lewis SF.** Cardiovascular responses to exercise as functions of absolute and relative work load. *J Appl Physiol* 1983;54:1314-1321.
14. **Karlsson J.** Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. *Acta Physiol Scand* 1971;(suppl 1):358-363.
15. **Farrell PA.** Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med Sci Sports* 1979;11:338-341.