

DINÁMICA DE LOS MÚSCULOS PELVITROCANTÉREOS Y GLÚTEO MAYOR

Juan Luis Florenciano Restoy¹, Jorge Aventin Roig², Mónica Ortega Planas³, Esther Ricart Ribó⁴.

1. Diplomado en Podología por la Universidad de Barcelona. Diplomado en Podología. Podólogo del Centro de Podología de J.L. Florenciano.
2. Diplomado en Podología. Fisioterapeuta. Osteópata. Master en Medicina de la Actividad Física y en Investigación en Medicina Clínica. Podólogo del Institut Clínic Calvet.
3. Diplomada en Podología (UB). Colaboradora en Centro de Podología J.L. Florenciano.
4. Diplomada en Podología por la Universidad de Barcelona. Colaboradora en Centro de Podología J.L. Florenciano.

CORRESPONDENCIA

Juan Luis Florenciano Restoy
florenciano@hotmail.com

RESUMEN

Los autores proponen una descripción del movimiento lineal humano.

Comentan como la fuerza de la gravedad condiciona el comportamiento de los músculos de la extremidad en carga, con contracciones musculares excéntricas y concéntricas.

Efectúan un análisis de la anatomía, fisiología y biomecánica de la articulación de la cadera.

Explican la forma y función de los músculos Pelvitrocantéreos y del músculo Glúteo Mayor en la fase de apoyo unipodal.

Concluyen afirmando que la acción de los músculos Pelvitrocantéreos y Glúteo Mayor, no solo tienen una función primordial como rotadores externos de la cadera, sino que también tienen una función primordial en la estabilización de la báscula pélvica en apoyo unipodal.

PALABRAS CLAVE

Cinética, Pelvitrocantéreos, Glúteo Mayor, contracción.

ABSTRACT

The authors propose a description about human's linear motion.

He comments how gravity conditions the behavior of the muscles of the limb load, with concentric and eccentric muscle contractions.

Performs an analysis of the anatomy, physiology and biomechanical of the hip joint.

Explain the form and function of muscles and Pelvitrochanteric muscles and Gluteus Maximus in one footed support phase.

It concludes that the action of the Pelvitrochanteric muscles and Gluteus Maximus, not only have a major role as hip external rotators, but also have a major role in stabilizing the pelvic scale in the one footed support.

KEY WORDS

Kinetic, Pelvitrochanteric muscles, Gluteus Maximus, contractions.

INTRODUCCIÓN

Cinética del movimiento lineal humano. Frenar la acción de la gravedad.

En la carrera y en la fase de apoyo unipodal se produce una evidente flexión de la articulación de la cadera, rodilla y tobillo.

Este mecanismo es necesario para frenar la acción

de la gravedad.

Frenar la acción de la gravedad se consigue mediante contracciones musculares isotónicas excéntricas de todos los músculos implicados de la extremidad en apoyo, la suma de momentos debe ser igual a cero ($\Sigma M=0$) (Tercera ley de Newton).

Otro mecanismo que debemos mencionar es que en apoyo unipodal efectuamos una báscula pélvica, lo que facilita el desplazamiento del peso del cuerpo a la pierna de apoyo y permite lanzar hacia delante la pierna contraria (Fig. 1).



Figura 1. La línea roja representa la trayectoria curva descendente del (CGO) y la línea amarilla la perpendicular del mismo centro de gravedad sobre el pie de apoyo, la línea blanca la flexión de las palancas en el tobillo, rodilla y cadera (actividad excéntrica de los músculos de la extremidad en apoyo).

Vencer la acción de la gravedad.

Para vencer la fuerza de gravedad la extremidad en apoyo ha de extender las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo.

Este mecanismo es necesario para vencer la acción de la gravedad.

Esto último se consigue mediante contracciones musculares isotónicas concéntricas de todos los músculos implicados de la extremidad en apoyo.

La báscula pélvica propicia un momento de fuerza al trasladar la extremidad contraria hacia delante, que resta parte del peso de la pierna a la del cuerpo, generando un movimiento de rotación externa de la extremidad en apoyo que unido al momento de inercia favorece el ahorro energético (**Segunda ley de Newton**) (Fig. 2).



Figura 2. La línea roja representa la elevación del CGO y la línea amarilla la perpendicular del mencionado CGO por delante del pie de apoyo, la línea blanca la extensión de las palancas del tobillo, rodilla y cadera (actividad concéntrica de los músculos de la extremidad en apoyo)¹.

Generalidades sobre la contracción excéntrica de los músculos.

En la década de los 50 del siglo pasado aparecen los términos de «*concéntrico*» y «*excéntrico*», para definir las contracciones musculares, primero en libros de texto y más tarde en la bibliografía científica específica.

Algunos autores, como Cavanagh (1988) recomiendan el uso del término «*acción*» en lugar del término «*contracción*», aduciendo que el segundo implica acortamiento. Sin embargo, otro grupo de autores siguen proponiendo el término «*contracción*», dado que el término «*acción*», no diferencia de forma clara el estado de reposo y activación del músculo como lo hace el de «*contracción*». Nosotros mantendremos el término de «*contracción excéntrica*», sin olvidar que las discrepancias continúan, tal como detalla Faulkner (2003), en un interesante y completo artículo de revisión terminológica.

Por lo tanto podemos decir que la contracción

muscular excéntrica se define como aquella en la que la tensión que genera el músculo es menor que la resistencia que se aplica, por lo que el músculo se termina alargando.

Frente a ella la contracción concéntrica es mas bien al contrario y la resistencia es menor que la tensión que se aplica al músculo, por lo que este se contrae.

En las actividades de caminar, correr o saltar la finalidad, en primer lugar, es la de frenar la acción de la gravedad y en segundo lugar acumular energía potencial mediante la flexión de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo, se comprende perfectamente que en este momento las contracciones excéntricas afianzan y mantienen la estabilidad de las articulaciones implicadas, del mismo modo que la energía acumulada es liberada en forma de calor, lo que explica que este tipo de acción muscular incremente más la temperatura que el trabajo concéntrico² (Nadel et al., 1972).

FISIOLOGIA ARTICULAR DE LA CADERA

La cabeza del fémur es parecida a una esfera solo que no es completa, tal esfera ocupa 2/3 de la cabeza del fémur y tiene un diámetro que oscila entre los 40 a 50 mm. Por el centro geométrico de la cabeza del fémur pasan los tres ejes de la articulación de la cadera: eje horizontal, eje vertical, eje anteroposterior, el movimiento de la articulación de la cadera es por lo tanto en los tres planos del espacio, solo que tal movimiento esta condicionado durante la marcha o la carrera a la necesidad de tener que soportar la carga del tronco o por el contrario estar libre para el avance de la pierna.

Se ha podido comprobar que el tributo que pagamos por la bipedestación es la no coincidencia de las superficies articulares de la articulación de la cadera, solo existe tal congruencia en las articulación de la cadera ante la flexión de la misma³ (Fig. 3, Fig. 4).



Figura 3. La figura muestra (flecha roja) la superficie de la esfera de la cabeza femoral fuera del cótilo ante una extensión y rotación externa de la cadera, tal como quedaría en la posición erguida.



Figura 4. Sin embargo en esta representación hemos flexionado la cadera bajo el cótilo y comprobamos en la dirección (flecha roja) como se introduce la cabeza femoral dentro del cótilo, ante una flexión y rotación interna de la cadera.

EJE MECÁNICO DEL FÉMUR

Los movimientos de rotación interna y externa del fémur no se realizan a través del eje anatómico que se proyecta en la diáfisis femoral, sino más bien sobre el eje mecánico, que se sitúa desde el centro de la cabeza femoral al centro de la rodilla formando un ángulo con el eje anatómico de 5° a 7°.

Esto permite durante el apoyo unipodal combinar los tres ejes de movimiento de la cadera en uno solo, al flexionar la cadera el trocánter mayor del fémur se desplaza hacia delante y hacia dentro con lo que se combina el movimiento de flexión con el de rotación interna, el movimiento de aducción lo propicia la báscula pélvica.

Por el contrario en la fase de impulsión la cadera se extiende y el trocánter mayor del fémur genera un movimiento hacia atrás y hacia fuera con lo que se combinan los movimientos de extensión y rotación externa de la cadera, el movimiento de abducción lo da la extensión de la pierna contralateral.

Por lo tanto las acciones musculares dependerán de la situación en la que se encuentren los músculos en relación al eje mecánico, si en el momento de flexión se encuentran por delante del eje mecánico actuarán como rotadores internos y si esos mismos músculos se encuentran por detrás del eje mecánico actuarán como rotadores externos de la cadera⁴(Fig. 5).



Figura 5. Los movimientos de la cadera no tienen lugar, sobre el eje anatómico del fémur (a), sino más bien sobre el eje mecánico (b), (movimientos de rotación interna y externa del fémur), el (c) representa el eje de flexión y extensión de la cadera. La acción de los músculos dependerá de su inserción por delante o por detrás del eje mecánico del fémur⁵.

LIGAMENTOS DE LA CADERA

La articulación de la cadera está protegida por una cápsula articular en forma de manguito cilíndrico, la zona interna del manguito se fija en lo que se ha dado en llamar limbo acetabular, el extremo externo del manguito de la cápsula articular de la cadera se fija por delante en la línea intertrocantérea anterior y por detrás en la unión del tercio externo y de los dos tercios de la cara posterior del cuello del fémur.

La cápsula articular esta reforzada por cuatro potentes ligamentos.

El primero es el ligamento iliofemoral que tiene dos vertientes (1a, 1b), el segundo es el ligamento pubofemoral, en conjunto estos dos ligamentos se le

aprecia una forma similar a una (Z). En la cara posterior de la articulación de la cadera se aprecia un único ligamento llamado isquiofemoral⁶(Fig. 6).



Figura 6. En la imagen se visualiza la cara anterior de la articulación coxofemoral donde están representados el ligamento iliofemoral con los fascículos 1a y 1b y el ligamento pubofemoral 2 en forma de (Z).

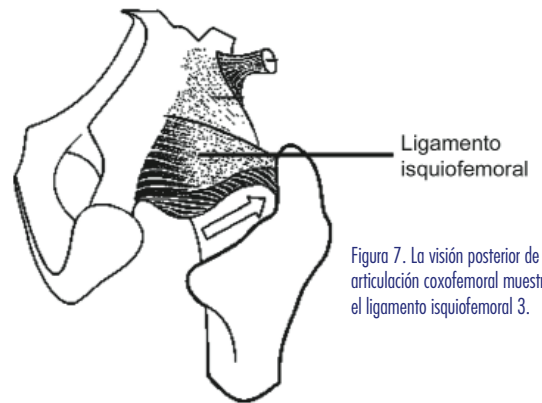


Figura 7. La visión posterior de la articulación coxofemoral muestra el ligamento isquiofemoral 3.

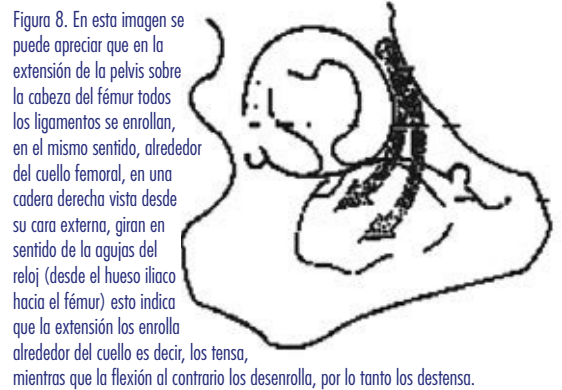


Figura 8. En esta imagen se puede apreciar que en la extensión de la pelvis sobre la cabeza del fémur todos los ligamentos se enrollan, en el mismo sentido, alrededor del cuello femoral, en una cadera derecha vista desde su cara externa, giran en sentido de la agujas del reloj (desde el hueso ilíaco hacia el fémur) esto indica que la extensión los enrolla alrededor del cuello es decir, los tensa, mientras que la flexión al contrario los desenrolla, por lo tanto los destensa.

MÚSCULOS PELVITROCANTÉREOS

Son seis músculos, Piramidal, Cuadrado Crural, Obturador interno, Obturador externo, Gémino superior y Gémino inferior. Todos ellos tienen un denominador común se originan medialmente en la pelvis y se insertan lateralmente alrededor del trocánter mayor del fémur.

Otro denominador común es su acción muscular todos son rotadores externos de la cadera⁷, si bien esta afirmación es cierta, esta acción solo es posible con una contracción isotónica concéntrica de tales músculos. Pero hemos puntualizado en los párrafos anteriores como en el momento de apoyo unipodal la contracción dista mucho de ser concéntrica si no más bien al contrario es excéntrica, los rotadores externos son más numerosos que los rotadores internos y mientras estos tienen una potencia de 54 kgm los rotadores externos llegan a los 146 kgm son casi tres

veces mas potentes que los internos. La pregunta que nos debemos hacer es ¿Por qué los rotadores externos son casi tres veces más potentes que los rotadores internos? Analicemos porque.

Durante la fase de apoyo unipodal se presentan en los músculos pelvitrocantéreos unas consideraciones que exponemos a continuación.

La primera consideración es que todos los músculos son cortos esto quiere decir que también su brazo de palanca es corto, lo que nos induce a pensar que su acción esta más diseñada para sujetar que para generar un gran movimiento.

La segunda consideración es que el trocánter mayor del fémur se desplaza hacia delante y hacia dentro con respecto a la pelvis en apoyo unipodal (movimiento relativo de la pelvis con respecto al fémur) y por lo tanto también de desplazan las inserciones de los pelvitrocantéreos. Si analizamos la resultante de fuerzas ante una contracción excéntrica de tales músculos deducimos que lo que se propicia en realidad es una coaptación de la cabeza femoral dentro del cótilo, (la cabeza femoral se introduce totalmente en el interior del cótilo en la flexión de la cadera.)

La tercera consideración es que ante la inevitable báscula pélvica la dirección de las fibras musculares se hacen casi paralelas al plano trasverso, es necesario que los ligamentos de la cadera liberen a la articulación de la cadera y que la mantengan sin tensión alguna, por ello se destensan en la flexión (Fig. 9, 10).

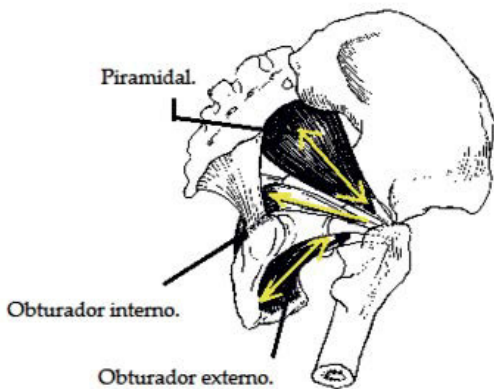
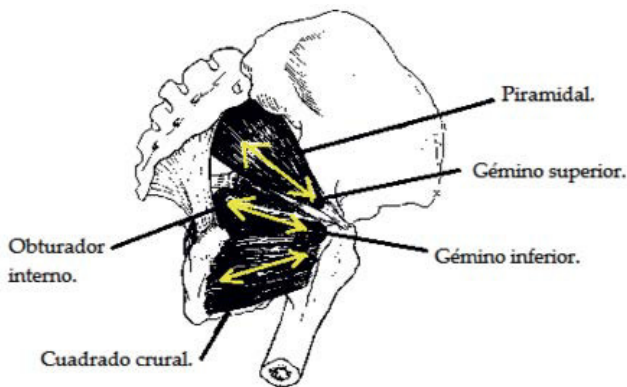


Figura 9, 10. En la imagen se observa la dirección de los músculos pelvitrocantéreos marcados con la flecha amarilla.

ROTACIÓN INTERNA Y EXTERNA DEL FÉMUR Y ACCIÓN DE LOS MÚSCULOS PELVITROCANTÉREOS

Los movimientos de rotación interna y externa del fémur se realizan a través del eje mecánico.

A una velocidad de marcha de 3 Km. /h. tales movimientos de rotación son de aproximadamente 15°, 7,5° para la rotación interna y 7,5° para la rotación externa.

En las siguientes figuras aparece la disposición en la que los músculos pelvitrocantéreos actúan en función de su posición en relación al eje mecánico del fémur (Fig. 11, 12, 13).

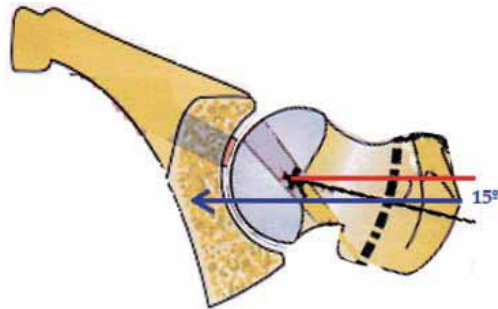


Figura 11. En posición bípeda el eje del cuello femoral forma un ángulo (línea negra) con el plano frontal (línea roja), también llamado ángulo de declinación, que a modo de ejemplo, se ha cuantificado en 15°. Los movimientos de rotación interna y externa de la cadera se efectúan a través del eje mecánico del fémur marcado con la cruz negra. La línea azul representa la dirección de los músculos pelvitrocantéreos que pasan por detrás del eje mecánico del fémur, (rotadores externos).

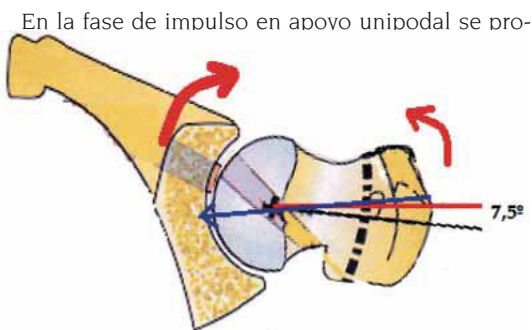


Figura 12. Durante la marcha y la carrera en apoyo unipodal, la extremidad esta fija en el suelo, es la pelvis la que traslada el tronco hacia delante. La flecha roja de trayecto más largo muestra la dirección de la pelvis y la flecha roja de trayecto más corto el movimiento resultante de rotación interna (relativa) del fémur con respecto a la pelvis. La línea de color azul es la dirección en la que se ven solicitados los músculos pelvitrocantéreos en la contracción isotónica excéntrica, al quedar prácticamente sobre del eje mecánico del fémur. La cabeza del fémur es coaptada con gran eficacia dentro del cótilo. La rotación interna del fémur es de 7,5°.

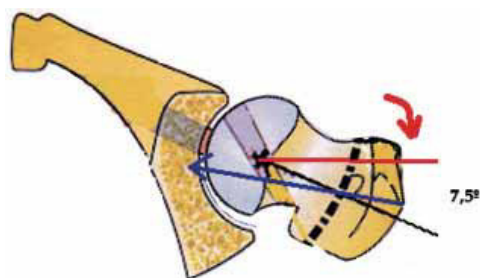


Figura 13. La acción concéntrica de los músculos pelvitrocantéreos genera la rotación externa de la cadera. La línea roja muestra la dirección hacia atrás del fémur. La línea azul muestra la nueva dirección de los músculos pelvitrocantéreos, (rotación externa), al quedar por detrás del eje mecánico del fémur. La rotación externa del fémur es de 7,5°.

duce la extensión de la extremidad y en consecuencia la extensión de la cadera, en esta extensión se realiza un desplazamiento del trocánter mayor del fémur hacia atrás y hacia fuera. Este movimiento es posible por la contracción concéntrica de los músculos pelvitrocantéreos.

La primera consideración es que para acelerar el movimiento de rotación externa y aumentar la velocidad de desplazamiento del sujeto con músculos cortos y por lo tanto un brazo de palanca breve, es necesario que la sinergia sea muy eficaz.

La segunda consideración es que el trocánter mayor del fémur se desplaza hacia atrás y hacia fuera bajo la inercia de la contracción concéntrica de los pelvitrocantéreos, se debe disminuir el nivel de coaptación de la articulación de la cadera para facilitar el movimiento, (la cabeza femoral sale discretamente del cótilo en la extensión de la cadera.)

La tercera consideración es que ante esta necesaria liberalización exija que los ligamentos asuman una función estabilizadora, es por ello que se tensan y se enrollan en la extensión de la cadera.

MÚSCULO GLÚTEO MAYOR

Hemos comprobado en el apartado anterior como los músculos pelvitrocantéreos optimizan su acción mecánica gracias a una trayectoria peculiar al tener su origen en la zona medial de la pelvis y la inserción en el trocánter mayor del fémur, con una resultante de fuerzas casi paralelas al plano transversal, lo que permite mediante la contracción muscular excéntrica dirigir la cabeza femoral hacia dentro del cótilo y asegurar la estabilidad de la articulación coxofemoral.

Y al contrario la contracción muscular concéntrica genera en la práctica una rotación externa del fémur al situarse el trocánter mayor del fémur por detrás del eje mecánico del mismo.

El músculo Glúteo Mayor (G_{Ma}) lo debemos encuadrar también como músculo medial que partiendo de la pelvis se inserta en la zona externa del fémur. Sin embargo, como veremos, su complejidad mecánica le proporciona una singularidad importante.

La descripción anatómica es altamente compleja por abarcar su origen varias zonas de la pelvis y del tronco desde la línea glútea posterior del ilion y porción del hueso superior y posterior a ella, superficie posterior de la parte inferior del sacro, cara lateral del cóccix, aponeurosis de los erectores espinales, ligamento sacrotuberoso y aponeurosis glútea.

La inserción en cambio se fundamenta en dos vertientes una primera con fibras superficiales que se insertan en la cintilla ilirotibial de la fascia lata, una segunda vertiente cuyas fibras profundas lo hacen en la tuberosidad glútea del fémur⁸.

En principio deberíamos considerar al G_{Ma} un músculo monoarticular su inserción en la tuberosidad glútea del fémur le asegura un brazo de palanca eficaz para traccionar de forma óptima sobre el fémur. Sin embargo es demasiado grande y voluminoso para que su función quede limitada a la extensión y la rotación externa de la articulación de la cadera y a la estabilización de la rodilla en extensión por su vinculación a la cintilla ilirotibial.

Efectivamente, si observamos la trayectoria de las fibras musculares del G_{Ma} muestran como durante la báscula pélvica la extremidad que soporta el peso del cuerpo queda en una posición más elevada que la extremidad oscilante, lo que lleva a las fibras a una posición más horizontal con lo que la eficacia de tracción aumenta atrayendo en definitiva la cabeza del fémur hacia el interior del cótilo, como lo hacen también los músculos pelvitrocantéreos, asegurando de esta manera la articulación coxofemoral en apoyo unipodal.

La inserción del fémur en la cintilla ilirotibial requiere de un análisis más profundo pues se hace necesario comentar la importancia de la fascia profunda del muslo, al ser una estructura de tejido conjuntivo fuerte cuyas fibras se disponen en la misma dirección que la tensión aplicada.

En la zona proximal tal fascia se inserta en los puntos óseos más prominentes de la cintura pélvica desde la espina iliaca anterosuperior hasta la espina iliaca posterosuperior; la cara posterior del sacro; el ligamento sacrotuberoso; la tuberosidad isquiática; la superficie anterior del ramo púbico; superficie anterior del cuerpo del pubis y el tubérculo púbico y finalmente al ligamento inguinal. Se podría decir que forma un anillo completo de inserción en torno el extremo superior del muslo.

Como decíamos esta inserción de la fascia profunda da lugar a una estructura en forma de cilindro fuerte en torno el muslo; en el lado medial es delgado, en cambio en el lado lateral es muy gruesa y extremadamente dura esta compuesta por dos bandas diferenciables que reciben el nombre de banda ilirotibial. Esta banda se inserta por arriba en el tubérculo de la cresta iliaca y por abajo en el lado lateral proximal de la tibia, en la zona proximal y lateral del fémur esta cintilla ilirotibial se encuentra adherida a la línea áspera del fémur por un tabique intermuscular lateral⁹.

Pues bien, durante la extensión de la extremidad, la contracción concéntrica genera el movimiento de extensión y rotación externa al traccionar hacia atrás desde la inserción en la tuberosidad glútea por la acción de las fibras profundas del músculo G_{Ma}, sin embargo, las fibras superficiales unidas como están a la cintilla ilirotibial y esta a su vez unida a la línea áspera del fémur traslada la rotación externa del fémur a la tibia con lo que en la práctica la rotación externa en extensión del fémur también se traduce en una rotación externa de la tibia. Por lo tanto bajo estas circunstancias la acción de contracción isotónica concéntrica del fémur en carga va más allá de la componente monoarticular y podíamos afirmar que con esta peculiaridad el músculo G_{Ma} se comporta también como un músculo biarticular, algo similar a lo que le sucede al músculo Tensor de la fascia lata.

De la misma forma que los músculos pelvitrocantéreos desplazaban el trocánter mayor del fémur en rotación externa al situarse las fibras de inserción por detrás del eje mecánico del fémur durante la extensión de la cadera, el G_{Ma} hace lo mismo con la salvedad de que su potencia es superior (238 kgm) convirtiéndose en el principal motor del cuerpo¹⁰ su estructura y función permite aumentar la velocidad de carrera al aumentar también las contracciones musculares concéntricas en la aceleración (Fig. 14, Fig. 15).

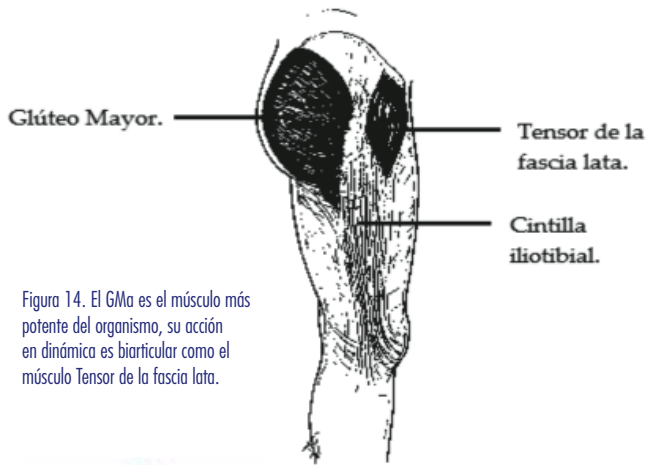


Figura 14. El GMa es el músculo más potente del organismo, su acción en dinámica es biarticular como el músculo Tensor de la fascia lata.



Figura 15. En la imagen se observa como durante la báscula pélvica las fibras musculares del glúteo mayor y también de los músculos pelvitrocantéreos, se sitúan mas horizontales en el lado de la extremidad en carga mientras se hacen más verticales en la extremidad contralateral.

DISCUSIÓN

El movimiento lineal humano es demasiado complejo para definirlo de forma sencilla pues la velocidad de desplazamiento lo condiciona.

La necesidad de la extremidad inferior de neutralizar la acción de la gravedad durante la fase de apoyo unipodal, obliga a revisar la acción de los músculos que están implicados, dado que en la fase de apoyo unipodal durante la marcha o la carrera, la suma

de momentos debe ser igual a cero¹¹ ($\Sigma M=0$), para conseguirlo en la cadera es imprescindible contar con una acción específica de los músculos que la rodean, en concreto la acción de los músculos pelvitrocantéreos lo demuestran, pues van mas allá de su genuina función de rotadores externos, son también estabilizadores de la cabeza del fémur dentro del cótilo, es por ello que junto con el GMa sean casi tres veces más potentes que los rotadores internos.

CONCLUSIÓN

Se ha descrito durante este trabajo la necesidad de una acción concreta muscular (excéntrica) para frenar la acción de la gravedad, y de una acción (concéntrica) para vencer la fuerza de la gravedad.

Todo ello condicionado por una relación articular determinada de la cabeza femoral dentro del cótilo en función de si la cadera se encuentra en flexión o en extensión.

Se ha definido el eje mecánico del fémur para mostrar como el trocánter mayor del fémur varia su posición de una forma peculiar, pues con ello puede mover la articulación de la cadera en los tres planos del espacio de forma automática.

La fisiología de los ligamentos de la cadera muestra como nosotros los humanos modernos hemos conseguido mejorar el comportamiento activo de estos en función de si la cadera se encuentra en flexión o en extensión.

Del análisis de la función mecánica de los músculos pelvitrocantéreos y GMa se evidencia que no solo actúan como rotadores externos de la cadera, sino que también lo hacen como estabilizadores del cótilo dentro del acetábulo en apoyo unipodal.

Por todo ello podemos deducir que si aumentamos la potencia de tracción de los pelvitrocantéreos y del GMa (54 kgm los rotadores internos 146 kgm los rotadores externos) en detrimento de los rotadores internos, es evidente que la tensión sobre el cótilo aumentará con el riesgo de coxartrosis.

El músculo GMa es otro ejemplo de cómo nuestra especialización hacia el bipedismo ha generado un motor tan sutil como es el complejo articular de la cadera y la acción sinérgica de los músculos pelvitrocantéreos y GMa.

Efectivamente, la atrofia, debilidad o insuficiencia del GMa desestabiliza la pelvis y en consecuencia el resto de la extremidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Juan Luis Florenciano Restoy. Revista Española de Podología. ISSN 0210-1238, Vol. 15, Nº. 1, 2004, Págs. 28-33.
2. Mikel Izquierdo. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el deporte. Editorial Médica Panamericana. Pág. 613-29
3. A.I. Kapandji. Fisiología Articular 6ª Edición. Editorial Médica Panamericana. 2010 Pág. 20
4. Florence Peterson, Elizabeth Kendall, Patricia Geise. Kendall's Músculos Pruebas, Funciones y Dolor Postural. 4ª Edición Editorial Marban. Pág. 230
5. A.I. Kapandji. Fisiología Articular 6ª Edición. Editorial Médica Panamericana. 2010 Pág. 18
6. A.I. Kapandji. Fisiología Articular 6ª Edición. Editorial Médica Panamericana. 2010 Pág. 28
7. A.I. Kapandji. Fisiología Articular 6ª Edición. Editorial Médica Panamericana. 2010 Pág. 56
8. Florence Peterson, Elizabeth Kendall, Patricia Geise. Kendall's Músculos Pruebas, Funciones y Dolor Postural. 4ª Edición Editorial Marban. Pág. 226-27
9. Nigel Palastanga, Derek Field, Roger Soames. Anatomía y Movimiento Humano, Estructura y Funcionamiento. Editorial Paidotribo. Pág. 275-6
10. A.I. Kapandji. Fisiología Articular 6ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Pág. 44
11. Margareta Nordin, Víctor H. Frankel. Bases Biomecánicas del Sistema Músculo Esquelético. 4ª Edition. Editorial Lippincott Williams & Wilkins. Pág. 194.