

ACTIVIDAD DE LOS MÚSCULOS PEDIO Y EXTENSOR COMÚN DE LOS DEDOS EN LOS MOVIMIENTOS ARTICULARES DEL TOBILLO, ESTUDIO ELECTROMIOGRÁFICO

Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.
Departamento de Ciencias Morfológicas
(1° Cátedra de Anatomía: Prof. J. Puerta Fonolla)

I. COHEN BENEISH
y L. F. LLANOS ALCÁZAR
Profesor Titular

RESUMEN

Se realiza un estudio de los músculos pedio y extensor común de los dedos mediante 754 registros electromiográficos obtenidos en las posiciones de decúbito supino, sedestación, ortostatismo y durante el desarrollo de un paso de la marcha.

Se confirma que el músculo pedio es un músculo agonista del extensor común de los dedos del pie, si bien no puede suplirle. Su máxima actividad se produce durante la flexión dorsal del tobillo en sedestación, aproximándose al valor que alcanza el extensor común.

En las posiciones de ortostatismo y en las sucesivas fases del paso no presenta actividad electromiográfica alguna.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio compara la actividad de los músculos pedio (*M extensor digitorum brevis*) y extensor común de los dedos (*M extensor digitorum longus*), en relación con los distintos movimientos del complejo subastragalino y el tobillo, por medio de la técnica electromiográfica. El músculo pedio nos llama la atención desde el punto de vista anatomofuncional, como único músculo corto intrínseco (topográficamente) del dorso del pie y por esto hemos querido compararlo con su músculo agonista por excelencia, el músculo extensor común de los dedos del pie.

RECUERDO ANATÓMICO

El músculo pedio es el único músculo dorsal intrínseco (con criterios anatómico-topográficos) del pie. Para ORTS LLORCA (20), como músculo corto del pie va a tener fundamentalmente una función estática en comparación con los músculos largos, que serán los verdaderos músculos motores del pie.

Según POIRIER el músculo pedio tiene un origen primitivo tibioperoneo, y debido a la atrofia evolutiva, tanto anatómica como fisiológica de los dedos del pie, es en la actualidad un músculo corto intrínseco del pie (21).

En la mano tiene su representante en el músculo manio, cuando existe y, si no, con el músculo extensor del índice.

Es un músculo plano y corto, que se extiende desde el seno del tarso hasta los cuatro primeros dedos del pie.

Presenta un origen constituido por fibras tendinosas cortas insertas en la parte anteroexterna del calcáneo, en la porción externa del ligamento interóseo del sinus tarsi y en la cara profunda y más externa del ligamento anular anterior del tarso (lig. cruciforme). Constituye así un cuerpo muscular que se dirige hacia delante y adentro, oblicuo sobre el dorso del pie y que termina por cuatro tendones en los cuatro primeros dedos del pie.

Dichos tendones son tanto más gruesos cuanto más mediales. El tendón del primer dedo es a veces denominado tendón del

músculo extensor hallucis brevis (8) y se sitúa bajo el tendón del músculo extensor propio del dedo gordo (*músculo extensor hallucis longus*), insertándose en la base de la primera falange. Los otros tendones, sin embargo, se unen a los correspondientes del músculo extensor común de los dedos, a nivel de la articulación metatarso falángica respectiva. Es rara la presencia de un tendón para el quinto dedo con origen en el músculo pedio.

Su acción clásicamente se define por: a) flexión dorsal y discreta abducción del dedo gordo, a partir de la primera falange (9), y b) flexión dorsal y discreta abducción de los dedos 2°, 3° y 4°, actuando sobre la segunda falange. Es por esta razón por la que ORTOS LLORCA denomina a este músculo como *músculo extensor digitorum brevis et extensor hallucis brevis* (20).

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA BIOMECÁNICA DEL TOBILLO Y DEL PIE

El tobillo y el pie no presentan movimientos que se puedan explicar independientemente unos de otros. En realidad, existe una sucesión de combinaciones de arcos de movimiento, profundamente encadenadas entre sí a modo de engranajes mecánicos. Los siete huesos del tarso forman una entidad arquitectural, a la vez resistente y flexible, que deberá añadirse, dentro de la cinética del tobillo y pie, a la articulación tibioperoneo-astragalina: es el concepto de *complejo articular periastragalino*.

La secuencia cinética se corresponderá sucesivamente con la flexoextensión a nivel de la articulación tibioastragalina, con la inversión-eversión y listesis a nivel de la articulación subastragalina y con la rotación en pronación y supinación en la mediotarsiana.

Así pues, el complejo articular periastragalino es el responsable del reparto de las fuerzas provenientes del miembro inferior a través de sus unidades funcionales, y la musculatura larga es la encargada de movilizar dicho complejo.

De acuerdo con estas ideas, realizamos un estudio comparativo de dos de los vectores de fuerza, representados por la musculatura, siendo éstos un músculo largo de la pierna que actúa sobre el pie (el músculo extensor común de los dedos), y un músculo corto o intrínseco del pie (el músculo pedio), agonistas en su acción.

MATERIAL Y MÉTODO

1. Hemos utilizado un electromiógrafo Alvar, de tres canales y registro gráfico.

2. La actividad muscular fue detectada mediante electrodos de aguja tipo BRONK, que consisten en una aguja hueca, en cuyo interior van alojados dos hilos conductores. Son electrodos bipolares que permiten aislar las unidades de potencial, lográndose de esta forma buenos análisis (1 y 14).

3. El laboratorio de electromiografía se encuentra bajo tierra y aislado de interferencias exteriores por medio de una cámara de FARADAY.

4. Para las posiciones de bipedestación hemos utilizado una tarima de madera de 70 x 70 x 25 cm, provista de dos calzos de 15 cm. para obtener una inclinación de 20° de la plataforma en las posiciones experimentales que requerían inclinación del cuerpo. Las exploraciones en decúbito supino se realizaron sobre una camilla de exploración clínica habitual.

5. Los puntos de inserción idóneos de los electrodos fueron localizados topográficamente en la sala de disección, siendo éstos:

-Para el músculo pedio, inserción a un través de dedo caudal y distal al seno del tarso. (Fig. 1).

-Para el músculo extensor común de los dedos, inserción a cuatro traveses de dedo distal a la cabeza del peroné y un través de dedo anterior a la misma. (Figura 2).

6. Las posiciones experimentales fueron:

-En decúbito supino:

flexión dorsal del tobillo

flexión dorsal del tobillo contra resistencia



Fig. 1: Disección anatómica de los músculos pedio y extensor común de los dedos.

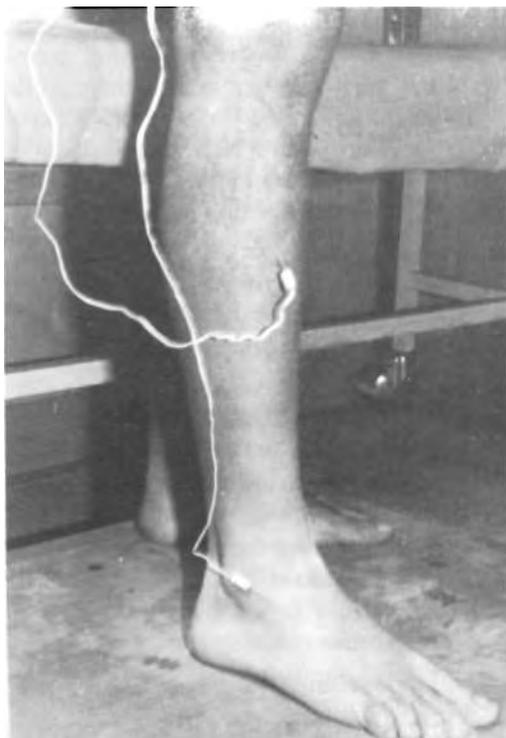


Fig. 2: Puntos de inserción de los electrodos.

flexión plantar del tobillo
 flexión plantar del tobillo contra resistencia
 inversión
 inversión contra resistencia
 eversión
 eversión contra resistencia

-En sedestación:

flexión dorsal del tobillo
 flexión plantar del tobillo
 eversión
 inversión

-En ortostatismo:

apoyo bipodal
 apoyo monopodal
 rampa bipodal
 rampa monopodal
 pendiente bipodal
 pendiente monopodal
 inclinación lateral bipodal
 inclinación lateral monopodal
 inclinación medial bipodal
 inclinación medial monopodal

-En el desarrollo de un paso:

primer tiempo o apoyo de talón
 segundo tiempo o apoyo plantar
 tercer tiempo o apoyo metatarsofalángico
 cuarto tiempo o despegue del pie

7. Método de cualificación y cuantificación de los resultados.

Los registros electromiográficos se clasificaron según el patrón propuesto por BUCHTAHL, y CLEMMESSEN (6).

Contracción nula: línea isoelectrica plana.

Contracción débil: alteración de la línea isoelectrica individualizada v con ritmo simple.

Contracción moderada: la línea isoelectrica aún es reconocible, pero existen numerosas unidades motoras que incluso se superponen entre sí. El ritmo es intermediario.

Contracción fuerte: desaparición de la línea isoelectrica. No se pueden diferenciar las unidades motoras. Gran amplitud y ritmo in terferencial.

Para poder cuantificar los hallazgos electromiográficos, GÓMEZ PELLICO y LLANOS ALCÁZAR (12) propusieron en 1976 la medición del número de «spikes/cm» en los registros

tros y por medio de un muestreo estadístico determinaron la unidad de frecuencia de contracción asignando de esta forma al trazado nulo el valor 0, a trazado débil el valor 1, el 2 al trazado moderado y el 3,4 al trazado fuerte.

8. Hemos confeccionado para la recogida de datos una ficha que consta de un apartado para las señas y datos del sujeto y de otro para la exploración muscular con valoración de la respuesta muscular y datos del trazado (contracción, derivación, ritmo, forma de los potenciales, amplitud y duración). (Gráfica 1).

9. El trabajo se realizó sobre dieciséis sujetos, todos ellos alumnos de la Facultad de Medicina, de los cuales 7 eran varones y 9 mujeres. Ninguno practicaba deportes con asiduidad. Todos eran sujetos sanos, sin antecedentes patológicos que reseñar. No se les administró ningún fármaco tranquilizante previo, ni se les aplicó anestesia local en los puntos de inserción de los electrodos.

En total, se realizaron 754 registros electromiográficos de ambos músculos en las distintas posiciones, recogidos en 336 fichas.

RESULTADOS

1) *Movimientos en decúbito supino:* Se realizaron los movimientos del complejo subastragalino, tanto suprimiendo parcialmente la acción de la gravedad como contra una resistencia aplicada manualmente. (Gráfica 2).

	M. extensor común de los dedos				M. pedio						
	N	D	M	F	N	D	M	F			
Flexión dorsal	-	2	6	7	2,52	14,12	5	3	5	2	1,32
Flexión dorsal contra R	-	1	6	6	2,68	78,824	3	2	7	3	1,75
Flexión plantar	13	1	1	1	6,20	4,88	15				0,11
Flexión plantar contra R	12	2		3	6,25	10,554	14	7			0,13
Eversión	6	1	1	7	1,75	52,653	11	2	1	1	0,49
Eversión contra R	6	4	1	6	1,76	51,754	9	4	2		0,53
Inversión	9	4		2	6,72	21,128	12	1	1	1	0,42
Inversión contra R	11	1	1	1	6,49	14,413	13	7			0,13

Gráfica 2.- MOVIMIENTOS EN POSICIÓN DECÚBITO SUPINO
(las iniciales N, D, M y F indican resultados: Nulos, Débiles, Moderados y Fuertes respectivamente)

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA - 1ª CATEDRA
LABORATORIO DE BIOMECÁNICA

FICHA ELECTROMIOGRÁFICA

CASO Nº _____		
NOMBRE: _____		EDAD: _____
POSICIÓN		
MÚSCULOS	M EXTENSOR COMÚN DE LOS DEDOS DEL PIE	M PEDIO
TEST MUSCULAR	a)	
	b)	
CONTRACCIÓN	a)	
	b)	
DERIVACIÓN	a)	
	b)	
RITMO	a)	
	b)	
FORMA	a)	
	b)	
AMPLITUD	a)	
	b)	
DURACIÓN	a)	
	b)	

a) bipodal b) monopodal

Gráfica 1: FICHA DE RECOGIDA DE DATOS

31

a) En flexión dorsal el músculo extensor común de los dedos actúa con un 74,12% de su rendimiento, y corresponde al doble de la actividad del músculo pedio. Sin embargo, al actuar contra resistencia, el incremento de la actividad del músculo pedio, acerca ésta hasta el 51,47 %, con un incremento tres veces mayor que el del músculo extensor común de los dedos, pero sin lograr alcanzar la magnitud de éste.

b) En la flexión plantar la acción de ambos músculos es prácticamente nula como era de esperar. La discreta actividad que aparece, pensamos que es debida a la acción refleja de los músculos antagonistas.

c) En el movimiento de eversión la actividad del músculo extensor común de los dedos es del 52,65 y 51,76 % contra resistencia. Interpretamos esta cifra menor contra resistencia, como fatiga muscular y como menor eficacia del músculo al acortarse el brazo de palanca. El músculo pedio presentó sólo una actividad de 14,41 y 15,59 % en ambas situaciones.

d) En la inversión la respuesta también fue mínima para ambos músculos.

2) *Movimientos en sedestación:* Se realizan contra la acción de la fuerza de la gravedad. (Gráfica 3).

	M extensor de los dedos					M pedio				
	N	D	H	F	Valor (%)	N	D	H	F	Valor (%)
Flexión dorsal	-	-	6	9	2,84 83,53	4	2	4	5	2,47 72,65
Flexión plantar	11	3	1	-	0,32 9,71	14	-	1	-	0,13 3,82
Eversion	7	3	4	6	2,09 61,47	9	3	2	1	0,69 20,29
Inversión	10	2	2	1	0,62 18,53	15	-	-	-	0, - 0%

Gráfica 3: MOVIMIENTOS EN POSICIÓN DE SEDESTACIÓN CON LAS PIERNAS LIBRES

Registramos la actividad máxima de todo el estudio, con unos porcentajes en flexión dorsal de 83,53 y 72,65 % para los músculos extensor común de los dedos y pedio respectivamente, y de 61,47 y 20,29% en la eversion.

3) *Ortostatismo:* El músculo pedio nos dio registros casi siempre nulos y el músculo extensor común de los dedos jamás llegó a superar un 10 % de actividad. En equilibrio, estos músculos son por tanto electromiográficamente silenciosos (15). (Gráfica 4).

	M extensor común de los dedos					M pedio				
	N	D	H	F	Valor (%)	N	D	H	F	Valor (%)
Apoyo bipodal	15	-	-	-	0,13 3,92	14	-	-	-	0%
Apoyo monopodal	13	2	-	-	0,21 6,12	14	-	-	-	0%
Rampa bipodal	12	-	2	-	0,53 15,71	13	-	-	-	0%
Rampa monopodal	12	2	-	-	0,14 4,12	12	1	-	-	0,08 2,35
Pendiente bipodal	14	-	-	-	0,13 3,92	13	-	-	-	0%
Pendiente monopodal	13	1	-	-	0,07 2,06	13	-	-	-	0%
Incl medial bipod	12	2	-	-	0,14 4,12	13	-	-	-	0%
Incl medial monop	12	1	1	-	0,21 6,12	13	-	-	-	0%
Incl lateral bip	14	-	-	-	0,13 3,92	13	-	-	-	0%
Incl lateral monop	13	1	-	-	0,07 2,06	13	-	-	-	0%

Gráfica 4: RESULTADOS EN POSICIÓN DE ORTOSTATISMO

4) *Estudio de la marcha:* Sólo se obtuvo actividad real en el primer tiempo o tiempo de apoyo del talón, ya que en esta posición se realiza flexión dorsal del tobillo preparando el apoyo del resto del pie o transferencia de la carga desde el talón a los dedos (2, 10, 13, 18). (Gráfica 5).

DISCUSIÓN

Primero destacaremos la escasa frecuencia con que se ha investigado la función, del

	M extensor de los dedos					M pedio				
	N	D	H	F	Valor (%)	N	D	H	F	Valor (%)
1er Tiempo	3	3	5	4	1,39 57,94	12	3	-	-	0,20 5,88
2o Tiempo	15	-	-	-	0%	15	-	-	-	0%
3er Tiempo	14	1	-	-	0,07 2,06	15	-	-	-	0%
4o Tiempo	12	3	-	-	0,20 5,88	15	-	-	-	0%

Gráfica 5: RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS CUATRO TIEMPOS DE LA MARCHA

músculo pedio mediante técnicas electromiográficas (11).

También es de reseñar la facilidad para lograr el silencio muscular como ya indicaron HOUTZ y WALSH (16) y RODRÍGUEZ y OESTER (22), para el miembro inferior, en contraposición con el miembro superior (2).

Asimismo comprobamos, como indicaban MORTIMER (19) y BASMAJIAN (4), que en las contracciones musculares voluntarias aparece fatiga y disminución de la velocidad de conducción tras el primer minuto de actividad.

En la posición de flexión dorsal en sedestación con las piernas pendientes libremente, obtuvimos la mayor actividad del músculo pedio, actuando únicamente contra la fuerza de la gravedad, siendo como siempre inferior a la del músculo extensor común de los dedos. SANCHÍS OLMOS y LEÓN VÁZQUEZ (23), indicaban en 1959 que este músculo era solamente auxiliar del músculo extensor común de los dedos.

Obtuvimos una actividad nula o casi nula en ortostatismo para el músculo pedio y esto era de suponer, ya que si los músculos de la bóveda plantar sólo presentan un 10% de actividad (17), menor sería la de la musculatura extensora, dada su disposición mecánica. (MANN e INMAN (18) y BASMAJIAN (3).

Durante la marcha los trabajos de BASMAJIAN (4), CARVALHOKONIG-VITTI (7), BLODGETT-HOUTZ (5), también demostraron una discreta actividad del músculo pedio en el primer tiempo, y nula en los otros tres. MANN e INMAN opinan que el músculo pedio tiene una función estabilizadora de la marcha.

CONCLUSIONES

1º El músculo pedio es agonista del músculo extensor común de los dedos, pero nunca suple a éste.

2º El músculo extensor común de los dedos es importante en la dorsiflexión del tobillo, presentando una gran actividad también en la eversión.

3º El músculo pedio presentó su mayor actividad en el contexto de las situaciones experimentales investigadas, durante la flexión dorsal del tobillo contra gravedad, con un valor (72,65%) muy próximo al del músculo extensor común de los dedos (83,53%).

4º El músculo pedio no presenta apenas actividad en ortostatismo y en las sucesivas fases del paso durante la marcha.

~BIBLIOGRAFÍA

1. ADRIAN, E. D., y BRONK, D. W.: *The discharge of impulses in motor nerve fibres*. Journal of Physiology, 67, 1929.
2. BASMAJIAN, J. V., y BENTZON, J.: *An Electromyographic study of certain muscles of the leg and foot in the standing position*. Surg. Gynec. Obstet., 98, 1954.
3. BASMAJIAN, J. V.: *Muscles alive. Their function revealed by electromyography*. The Williams & Wilkins Company. Baltimore, 1962.
4. BASMAJIAN, J. V., y STECKO, G.: *The role of muscles in arch. support of the foot*. The journal of Bone and Joint. Surgery. 45 A, 1963.
5. BLODGETT, H., y HOUTZ, S. J.: *Clinical and Electromyographic Evaluation of patients with anterior transposition of peroneal tendons*. The journal of Bone and Joint. Surgery. 42 A, 1960.
6. BUCHTHAL, F., y CLEMMESSEN, S. V.: *On the differentiation of muscle atrophy by electromyography*. Act. Psychiat. et Neurol., 16, 1941.
7. CARVALHO, C. A. F.; KONIG, B. JR., y VITTI, M.: *Electromyographic study of muscles extensor digitorum brevis and extensor hallucis brevis*. Rev. Hosp. Fac. Med. Sao Paulo (Brasil), 1967.
8. DUBOIS, J. P., y LEVAME, J. H.: *Anatomic descriptive du pied humain*. Librairie Maloine. Paris, 1966.
9. DUCHENNE DE BOULOGNE: *Physiologie du mouvement*. Bailliere Ed. (1887). Translated by E. B. KAPLAN 1949, W. B. SAUNDERS, Co. Philadelphia and London, 1959.
10. ELFTMAN, H.: *The ankle joint and the foot in human limbs and their substitutes*. Klopsteg & Wilson. New York, 1954.
11. GATENS, P. F., y SAEED, M. S.: *Electromyographic Findings in the Intrinsic Muscles of Normal Feet*. Arch. Phys. Med. Rehabil., vol. 63, 1982.
12. GÓMEZ PELLICO, L., y LLANOS ALCÁZAR, L. F.: *Electromyography of the static foot*. Biomechanics V. A. (International series on Biomechanics. Volume 1 A), 289-294. Edit. University Park Press. Baltimore, 1976.
13. GRAY'S ANATOMY 33rd. edition. Davies & Davies. London, 1964.
14. HAINAUT, K.: *Introducción a la biomecánica* (págs. 72-75). Ed Jims. Barcelona, 1976.
15. HOUTZ, S. J., y FISHER, F. J.: *Function of leg Muscles acting on foot as modified by body movements*. J. Appl. Physiol., 16, 1961.
16. HOUTZ, S. J., y WALSH, F. P.: *Electromyographic Analysis of the function fo the muscles acting on the ankle during weight bearing with special reference to the triceps surae*. Journal of Bone and Joint. Surgery, 41-A, 1959.
17. LLANOS ALCÁZAR, L. F.: *Soporte muscular de la bóveda plantar estática*. Tesis doctoral. Facultad Medicina Universidad Complutense, 1975.
18. MANN R. INMAN, V. T.: *Phasic activity of Intrinsic Muscles of the foot*. The journal of Bone and Joint. Surgery, 46-A, 1964.
19. MORTIMER, J. T.; MAGNUSSON, R., and PERTERSEN, I.: *Isometric contraction, muscle blood flow and the frequency spectrum of the electromyogram*. Proceedings of the First Nordic Meeting on medical and biological engineering. E. Spring, T. Jauhainen and T. Honkavaara. Eds. Helsinki, Finland. Soc. Med. & Biol. Eng. Publishers, 1970.

20. ORTS LLORCA, F.: *Anatomía Humana*, 3a edición, tomo I. Editorial Científico Médica. Barcelona, 1963.
21. POIRIER, P., et CHARPY, A.: *Traité d'anatomie Humaine*, tome II, fascicule 1, Myologie Ed. Masson et compagnie. París, 1912.
22. RODRÍGUEZ, A. A., y OESTER, Y. T.: *Electrodiagnóstico y electromiografía*. Sidney Licht. Ed. Jims. Barcelona, 1970.
23. SANCHÍS; OLMOS, V., y LEÓN VÁZQUEZ, F.: *La mecánica del aparato locomotor y su exploración funcional*. Ed. Científico Médica. Barcelona, 1959.