

Marcadores de actividad en restos óseos.

Activity markers in skeletal remains.

I. Galtés¹, X. Jordana¹, C. García¹ y A. Malgosa¹

RESUMEN

Los marcadores de actividad se definen como cambios de la arquitectura interna y/o externa del hueso, que se desarrollan bajo condiciones de estrés continuado y prolongado derivado de la realización de actividades habituales u ocupacionales. Las evidencias obtenidas a partir de estas marcas esqueléticas constituyen una valiosa fuente de información que permite generar hipótesis sobre determinados antecedentes de la vida de un sujeto, útiles en la individualización de unos restos esqueléticos. Por tanto, el análisis de estos marcadores debe ser considerado como una fase más del proceso de necroidentificación forense.

Palabras clave: antropología forense, entesis, identificación, paleopatología.

Cuad Med Forense 2007; 13(48-49):179-189

ABSTRACT

Activity markers are defined as observable changes in the internal and/or external bone architecture which develop under conditions of prolonged and continued stress imposed by habitual or occupational activity. The evidences obtained from these markers are very important information which allows us to make hypothesis about certain aspects of the subject's life, useful when it comes to individualize skeletal remains. Therefore, the analysis of these markers should be considered as an additional step in the forensic necroidentification.

Key words: entesis, forensic anthropology, identification, paleopathology.

Fecha de recepción: 7.SEP.07

Fecha de aceptación: 17.SEP.07

Correspondencia: Ignasi Galtés. GROB (Grup de Recerca en Osteobiografia). Unitat d'Antropologia Biològica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona. Tel. 650 25 95 09. Fax. 93 789 21 65. E-mail: 32144jgv@comb.es .

¹ GROB (Grup de Recerca en Osteobiografia). Unitat d'Antropologia Biològica, Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona.

INTRODUCCIÓN:

Los marcadores de actividad se definen como cambios de la arquitectura interna y/o externa del hueso, que se desarrollan bajo condiciones de estrés continuado y prolongado derivado de la realización de actividades habituales u ocupacionales [1,2]. La información que aporta el estudio de estos marcadores se proyecta tanto a nivel individual como colectivo.

La perspectiva del individuo se ejemplariza en el ámbito de la Antropología forense. Su interés radica en la consideración de estos marcadores como un elemento más en el conjunto de datos para la identificación e individualización de unos restos. El estudio de los estigmas ocupacionales ha constituido un apartado principal en todos los capítulos dedicados a la identificación en los tratados clásicos de medicina legal y forense desde mediados del siglo XIX tanto nacionales [3,4,5], como extranjeros [6,7,8]. Como primer compendio monográfico sobre signos y marcas ocupacionales destacamos la obra de Ronchese "Occupational Marks and Other Physical Signs: A Guide to Personal Identification. 1948". Una de las figuras pioneras y que más ha contribuido al desarrollo y estudio de los marcadores ocupacionales aplicados al estudio de restos esqueléticos es J. Lawrence Angel (1915-1986). De este autor, destacan varios casos forenses en los que durante el proceso de identificación se estudiaron y compararon con éxito marcadores de estrés ocupacional [1]. Más recientemente, autores como DiMaio y Francis [9], Ubelaker [10] y Cunha [11] han subrayado su utilización en el contexto forense.

En el ámbito del análisis poblacional, el estudio de marcadores de actividad tiene un papel cada vez más destacado por la vertiente ambiental del estímulo. Según Larsen [12], es posible interpretar ciertos comportamientos humanos a través del estudio del esqueleto. En esta línea, Edynak [13] subraya la utilización de los marcadores y las evidencias etnográficas para sugerir el posible estilo de vida de una población. Bajo esta perspectiva se han realizado numerosos estudios que aportan información sobre el desarrollo social, cultural, laboral y tecnológico de las poblaciones antiguas [14,15,16,17,18,19].

El objetivo de este trabajo es enfatizar la aplicación de los marcadores de actividad en los estudios de necroidentificación forense. Con este propósito, se presenta una sistematización y revisión de los mismos, así como una metodología específica para el análisis de los cambios morfológicos que experimentan las entesis como consecuencia de la actividad muscular repetitiva.

CLASIFICACIÓN DE LOS MARCADORES DE ACTIVIDAD:

Podemos clasificar los marcadores de actividad en siete categorías principales, que agruparían los hallazgos tanto a nivel del tejido óseo como dental:

1. Desgaste dental.
2. Cambios articulares degenerativos.
3. Cambios morfológicos de carácter funcional.
4. Fracturas por sobrecarga.
5. Cambios en la arquitectura del hueso.
6. Osificaciones y calcificaciones.
7. Cambios a nivel de las entesis.

I. Desgaste dental:

Si bien el desgaste dental es el "resultado natural" de la actividad masticatoria sobre las superficies dentales, ciertos patrones de desgaste pueden ser provocados por actividades extramasticatorias tales como deshacer materiales con ayuda de los dientes, o la utilización de la boca como una

tercera mano en la acción de sostener objetos para permitir su manipulación. A largo plazo, este uso parafuncional de la boca puede ocasionar cambios importantes en la forma y el volumen del diente.

El primer patrón a considerar es la pérdida o el desgaste excesivo localizado en piezas anteriores (Figura 1). Este hallazgo se ha documentado y relacionado con la acción de sostener objetos entre los dientes, sobretodo cuando se combina con acciones altamente abrasivas como por ejemplo durante el curtido de pieles [20]. El segundo patrón a considerar es el que compromete selectivamente a las zonas oclusales e incisales a modo de surcos y muescas bien definidas. Estas marcas se han relacionado con tareas de manufactura de cuerdas [21], o con la sujeción de objetos tales como agujas o clavos [22]. Por último, se ha descrito un patrón de desgaste "selectivo" y específico relacionado con determinadas actividades de ocio como es el fumar en pipa, o tocar instrumentos musicales [23].



Figura 1.- Desgaste de las caras linguales y oclusal de las piezas antero-posteriores. Presencia de un surco a nivel del tercio medio del grupo incisal y de la cara lingual del canino inferior izquierdo.

2. Cambios articulares degenerativos

La artrosis es uno de los hallazgos patológicos más frecuentes cuando se examinan restos óseos. Clásicamente se ha diferenciado entre la artrosis primaria o de causa desconocida, y la artrosis secundaria derivada de traumatismos, infecciones, enfermedades sistémicas, o condiciones en las que la articulación se ve sometida a una mayor sobrecarga, como ocurre en individuos que realizan determinadas actividades que implican posturas forzadas o la repetición de movimientos. Esta última condición es la que permite incluir la artrosis como un marcador de actividad; el microtraumatismo crónico sobre la superficie articular sometida a sobrecarga, conduce a la aparición de una serie de cambios observables en el análisis de los restos óseos: osteofitos en el margen articular, eburnación y aparición de fenómenos osteolíticos en la superficie de la articulación (Figura 2).

En ocasiones es difícil establecer una relación de causalidad con actividad; criterios como la existencia de afectaciones articulares severas localizadas en grupos funcionales relacionados con el trabajo que se sospecha, su presencia en edades no avanzadas, ausencia de evidencias traumáticas o de otras enfermedades que justifiquen su aparición, pueden ser de utilidad para establecer la relación causal [24]. La literatura paleopatológica recoge numerosas referencias en las que se vinculan

patrones de afectación y determinadas actividades y grupos de población, por ejemplo el caso de la población esquimal [20].



Figura 2.- Cambios artrósicos a nivel de la articulación escápulo-humeral derecha.

3. Cambios morfológicos de carácter funcional

En este apartado se incluyen un conjunto de entidades no patológicas que implican la readaptación funcional de una parte del hueso, por ejemplo las facetas articulares accesorias, y la remodelación de las epífisis femorales y tibiales secundarias al mantenimiento de una posición en cuclillas durante largas jornadas en el contexto ocupacional [25], (Figura 3). Si bien la tendencia actual es la de considerar estos cambios como secundarios a actividad, algunos autores siguen tratándolos como caracteres epigenéticos [26].



Figura 3.- Faceta articular accesorio lateral a nivel de la epífisis distal de tibia izquierda.

4. Fracturas por sobrecarga

Esta tipología de fractura es frecuente en determinadas localizaciones, y algunas de ellas se han relacionado con actividades específicas que implican una focalización de la carga mecánica en una zona concreta del hueso (Tabla I), (Figuras 4a y 4b).

TABLA I. LOCALIZACIÓN DE LAS FRACTURAS POR SOBRECARGA EN RELACIÓN CON DETERMINADAS ACTIVIDADES. MODIFICADO DE RESNICK Y NIWAYAMA [27].

Metatarsianos	marcha, ballet, militares, saltadores
Calcáneo	saltadores, paracaidistas, marcha
Tibia	corredores de largas distancias, marcha
Peroné	corredores de largas distancias, saltadores
Rótula	corredores y saltadores
Fémur	ballet, corredores de largas distancias, marcha, gimnasia rítmica
Pelvis	corredores, gimnasia
CV lumbar	ballet, levantamiento de pesos
CV cervical	cavadores
Costillas	golf, levantamiento de pesos
Húmero	lanzadores de peso
Cúbito	lanzadores de peso



Figura 4a.- Fractura del "cavador". La flecha señala la fractura de parte del proceso espinoso de la primera vértebra torácica [28].



Figura 4b.- Fractura del "cavador". Visión posterior del proceso espinoso y fragmento fracturado. Ambas superficies muestran signos de regeneración. (Marca: 1 cm).

La fractura por sobrecarga se inicia como una pequeña disrupción de la cortical. De persistir el estímulo causante, la fractura progresa y aumenta el área de afectación. El proceso fisiopatológico incluye una reacción osteogénica que se traduce en una reacción perióstica, que en ocasiones puede ser el único hallazgo en el estudio macroscópico del hueso. Es el caso de individuos que practican marcha o saltos de larga distancia, en los que se han descrito fracturas y reacciones periósticas a nivel de la mitad de la diáfisis tibial, en relación con la sobrecarga secundaria a la acción de la musculatura tibial posterior [29].

5. Cambios en la arquitectura del hueso

Robb [24] habla de "cambios en la arquitectura funcional de los huesos largos" y postula la Ley de Wolff como mecanismo responsable. Bajo esta categoría se agrupan las asimetrías por robustez ósea, como la que se describe en la diáfisis del húmero de personas que ejercitan de una manera continuada e intensa la extremidad superior [17]. Cameron [30], describe un marcado arqueamiento lateral de la diáfisis humeral en los antiguos honderos menorquines, producto del esfuerzo derivado del movimiento de circunducción repetitivo del brazo en abducción y flexión para lanzar el proyectil. Las variaciones del índice diafisario como la platimería o la platicnemia, si bien se han relacionado con déficits nutricionales o como variables discretas, hay autores que sugieren su origen en la compresión derivada de la hipertrofia de los grupos musculares implicados en la ejercitación repetitiva de actividades laborales concretas [30,31]; desde esta perspectiva también se agruparían dentro de esta categoría. (Figuras 5 y 6).



Figura 5 (izquierda).- Deformación medial de la diáfisis del peroné derecho. Descrito en sujetos que tienen el hábito de sentarse con las piernas cruzadas [21].

Figura 6 (derecha).- Asimetría humeral. Mayor robustez del húmero derecho.

6. Osificaciones y calcificaciones

Dentro de esta categoría nos referimos fundamentalmente a la miositis osificante (Figura 7). Esta patología representa la formación de hueso metaplásico en el tejido muscular [32]. Se ha relacionado con esfuerzos violentos o continuados, como los que se producen en la musculatura aductora del muslo en individuos que practican equitación [33].

Estímulos traumáticos repetidos aplicados sobre el periostio también pueden conducir a la aparición de lesiones que, en su transcurso evolutivo, llevan implícita la formación de osificaciones subperiósticas diagnosticables en el examen macroscópico de la superficie ósea [33] y visibles en el estudio radiológico, como engrosamientos definidos y localizados del periostio (Figura 8). Ejemplos de esta tipología han quedado documentados en la literatura paleopatológica, es el caso de su aparición en la cara interna de las diáfisis tibiales de jinetes [24] o en la cara interna del fémur de zapateros [34].



Figura 7.- Miositis osificante a nivel de la bifurcación de la línea áspera del fémur izquierdo.



Figura 8.- Imagen radiológica de una osificación subperióstica a nivel de la cara interna de la diáfisis femoral.

Los fenómenos de calcificación y osificación de tendones y ligamentos, fuera de las áreas de entesis, también formarían parte de esta categoría. Estos hallazgos implican con frecuencia antecedentes de microtraumatismo acumulado derivado de la ejercitación repetitiva de gestos y sobrecargas posturales.

7. Cambios a nivel de las entesis

De la misma manera que el músculo esquelético responde al entrenamiento continuado hipertrofiándose, la unión osteomuscular reflejará esta adaptación promoviendo cambios dirigidos a garantizar su resistencia frente a la tracción muscular. Definimos los marcadores musculoesqueléticos de actividad como aquellas evidencias morfológicas que aparecen en la superficie del hueso y a partir de las cuales, podemos conocer el estado muscular del individuo y por tanto, las características de la actividad física realizada en vida. Los cambios morfológicos

que experimentarán las entesis van a depender de si las mismas son de tipo tendinoso, o de tipo muscular directo o carnoso [35].

La neoformación ósea u osteogénesis caracteriza a las entesis tendinosas. Un ejemplo de este tipo sería la inserción del músculo bíceps braquial a nivel de la tuberosidad radial (Figura 9). En general diferenciamos entre la ausencia de depósito óseo (grado 0), un depósito incipiente que convierte a la entesis en un área rugosa (grado 1), el incremento de la neoformación transformará el área de inserción en sobreelevada (grado 2), la aparición de crestas o márgenes (grado 3) y por último el grado patológico o entesopático (grado 4), definido por la presencia de exostosis óseas y/o lesiones osteolíticas en el lugar de inserción. A pesar de que las exostosis a nivel de las entesis, se han relacionado con traumatismos, inflamaciones o como cambios degenerativos de tipo metaplásico propios del proceso de envejecimiento [36], Benjamin y colaboradores [37] sugieren que pueden originarse como una respuesta adaptativa a las cargas mecánicas derivadas de la tracción muscular sostenida, apareciendo cuando una zona de neoformación ósea aventaja a otras periféricas.



Figura 9.- Grados de robustez a nivel de una entesis de tipo tendinoso (inserción del bíceps braquial a nivel del radio). De grado 0 (G0) a grado 4 (G4) o entesopático, definido por la formación de exostosis y/o lesiones líticas [35].

La robustez a nivel de las entesis de tipo muscular directo o carnoso, se expresa morfológicamente por la aparición de cambios arquitectónicos en la superficie del hueso (Figura 10). Podemos encontrarnos con un área de inserción lisa y convexa (grado 0), un área aplastada o de sección transversal biselada (grado 1), una superficie ligeramente cóncava (grado 2) o, por último una superficie claramente cóncava y a menudo contorneada por un margen o cresta (grado 3).

DISCUSIÓN:

Los estudios de marcadores de actividad plantean una serie de problemas que a menudo se postulan como principales argumentos de crítica. En este sentido, Jurmain [38] señala que el hecho de que el hueso humano solo tenga dos posibilidades de respuesta frente a un estímulo determinado, la osteogénesis o la osteolisis, dificulta la atribución de una determinada lesión a una ocupación concreta. Sin embargo, esta consideración es común a toda investigación realizada sobre restos óseos. Con el fin de ajustarse al rigor científico exigible, podemos considerar los siguientes criterios:

1. Disponer de suficiente información antemortem.
2. Buena preservación esquelética.
3. Son especialmente importantes los patrones de marcadores localizados y asimétricos.
4. Partir siempre de la sospecha de una actividad, o en cualquier caso realizar una

- aproximación general a las características del estímulo causal. No inferir actividades concretas si no se dispone de información que permita sospechar su existencia.
5. Aplicar el criterio de exclusión para descartar otras causas etiológicas del marcador.



Figura 10.- Grados de robustez a nivel de una entesis muscular carnosa o directa (inserción del músculo abductor largo del pulgar a nivel del radio) De grado 0 (G0) a grado 3 (G3) se caracteriza por el desarrollo gradual de una concavidad [35].

Las evidencias obtenidas a partir de estas marcas esqueléticas constituyen una valiosa fuente de información que permite generar hipótesis sobre determinados antecedentes de la vida de un sujeto, útiles en la individualización de unos restos esqueléticos. Por tanto, el análisis de estos marcadores debe ser considerado como una fase más del proceso de necroidentificación forense. □

BIBLIOGRAFÍA:

1. Kennedy KAR. Skeletal markers of occupational stress. En: Reconstruction of life from the skeleton. Eds. Iscan MY y Kennedy KAR. Alan R. Liss, Inc. Nueva York, 1989. pp 129-160.
2. Dutour O. Activités physiques et squelette humain: le difficile passage de l'actuel au fossile. Bull. et Mém. de la Société d'Anthropologie de Paris 1992; 4: 233-241.
3. Mata P. Tratado de Medicina y Cirugía legal. Joaquín Merás y Suárez. Madrid, 1846.
4. Piga Pascual A. Medicina Legal de Urgencia. Mercurio. Madrid, 1928.
5. Aznar B. y Maestre T. Identificación de restos cadavéricos óseos. Investigación 1945; 211: 79-81.

6. Hoffmann R.V. Elementos de Medicina Legal y Toxicología . Biblioteca Económica de Medicina y Cirugía. Madrid, 1891.
7. Lacassagne A. Compendio de Medicina Legal. J. Gili. Barcelona, 1912.
8. Vibert, Ch. Manual de Medicina Legal y Toxicología. Espasa-Calpe. Barcelona, 1919.
9. DiMaio V y Francis J. Heterotopic Ossification in Unidentified Skeletal Remains. *Am J Forensic Med and Pathol* 2001; 23(2): 160-164.
10. Ubelaker DH. Contributions of skeletal abnormality interpretation to forensic investigation. *Cuadernos de Medicina Forense* 2003; 33:35-42.
11. Cunha E. Une identification positive est-elle possible à partir de particularités squelettiques minimales?. XXVIIe Colloque du Groupement des Anthropologistes de Langue Française, 2005.
12. Larsen CS. Bioarcheology. Interpreting behaviour from the human skeleton. Cambridge University Press. Cambridge, 1997. pp 199-461.
13. Edynak GJ. Life-Styles from skeletal material: a medieval Yugoslav example. En: The measures of man. Methodologies in biological anthropology. Eds. Giles E y Friedlander JS. Peabody Museum Press, Cambridge, 1976.
14. Hawkey DE y Merbs ChF. Activity-induced musculoskeletal stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson Bay Eskimos. *Int J Osteoarchaeology* 1995; 5: 324-338.
15. Robb J. The interpretation of skeletal muscle sites: a statistical approach. *Int J Osteoarchaeology* 1998; 8: 363-377.
16. Steen SL y Lane RW. Evaluation of habitual activities among two Alaskan Eskimo populations based on musculoskeletal stress markers. *Int J Osteoarchaeology* 1998; 8:341-353.
17. Stirland AJ. Musculoskeletal evidence for activity: problems of evaluation. *Int J Osteoarchaeology* 1998; 8: 354-362.
18. Eshed V, Gopher A, Galili E, Hershkovitz I. Musculoskeletal stress markers in Natufian hunter-gatherers and Neolithic farmers in the Levant: The upper limb. *Am J Phys Anthropol* 2004; 123: 303-315.
19. Molnar P. Tracing prehistoric activities: Musculoskeletal stress marker analysis of a stone-age population on the Island of Gotland in the Baltic sea. *Am J Phys Anthropol* 2006; 129: 12-23.
20. Merbs CF. Patterns of activity-induced pathology in a Canadian Inuit population. National museum of man mercury series. Archaeological Survey of Canada 1983. pp 119.
21. Capasso L, Kennedy KAR y Wilzack CA. Atlas of Occupational Markers on Human Remains. J. Paleopathology. 3. Monographic Publication 1999.
22. Turner G y Anderson T. Marked Occupational Dental Abrasion from Medieval Kent. *Int J Osteoarchaeology* 2003; 13: 168-172.
23. Goyenechea A, Eguren E, Etxebarria F, Herrastil L y Ibañez A. Morfología del desgaste dentario en fumadores de pipas de arcilla. *Munibe (Antropología-Arkeología)* 2001; 53: 151-157.
24. Robb J. Skeletal signs of activity in the Italian metal ages: Methodological and interpretative notes. *Human Evolution* 1994; 9(3): 215-229.
25. Boule E. Osteological features associated with ankle hyperdorsiflexion. *Int J Osteoarchaeology* 2001; 11: 345-349.
26. Hauser G y Destefano GF. Epigenetic Variants of the Human Skull. Schweizerbart, Stuttgart, 1989.
27. Resnick D y Niwayana G. Diagnosis of bone and joint disorders. Ed. Saunders. Philadelphia, 1981. pp 1297-1300.
28. X. Jordana, I. Galtés, F. Busquets, A. Isidro, A. Malgosa. Clay-shoveler's fracture: an uncommon diagnosis in palaeopathology. *Int J Osteoarchaeology* 2006; 16(4): 366-372.
29. Keats T. Radiology of musculoskeletal stress injury. Year Book Medical Publishers. Chicago, 1990.
30. Cameron J. The Skeleton of British Neolithic Man. Ed. Williams & Norgate. London, 1934.
31. Ruff CB. Sexual dimorphism in human lower limb bone structure: relationship to subsistence strategy and sexual division of labor. *J. Hum Evol* 1987; 16: 391-461.
32. Cotran RS, Kumar V, Collins T y Robbins. Patología Estructural y Funcional. 6ª. Ed. McGraw-Hill-Interamericana de España. Madrid, 2000. pp 1-31.
33. Campillo D. Introducción a la paleopatología. Ed. Bellaterra S.L. Barcelona, 2001.
34. Mann GE. Myositis Ossificans in Medieval London. *Int J Osteoarchaeology* 1993; 3: 223-226.
35. Galtés I., Rodríguez-Baeza A., Malgosa A. Mechanical morphogenesis: a concept applied to the surface of the radius. *Anat Rec Part A* 2006; 288A (7): 794-805.
36. Józsa L y Józsa PK. Human Tendons: Anatomy, Physiology, and Pathology. Ed. Human Kinetics. Champaign, 1997. pp 164-253.
37. Benjamin M, Rufai A y Ralphs JR. The mechanism of formation of bony spurs (enthesophytes) in the Achilles tendon. *Arthritis Rheum* 2000; 43: 576-583.
38. Jurmain RD. Paleoepidemiology of a central California prehistoric population from CA-ALA-329: II. Degenerative Disease. *Am J Phys Anthropol* 1990; 83:83-94.