



HAL
open science

Les marqueurs ostéoarticulaires d'activité

Sébastien Villotte

► **To cite this version:**

Sébastien Villotte. Les marqueurs ostéoarticulaires d'activité. P. Charlier. Ostéo-archéologie et techniques médico-légales : tendances et perspectives. Pour un "Manuel pratique de paléopathologie humaine", Editions De Boccard, pp. 383-389, 2008, Pathographie. hal-00395246

HAL Id: hal-00395246

<https://hal.science/hal-00395246>

Submitted on 15 Jun 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

- Villotte S., 2008. Les marqueurs ostéoarticulaires d'activité. In P. Charlier (dir.), *Ostéo-archéologie et techniques médico-légales : tendances et perspectives. Pour un "Manuel pratique de paléopathologie humaine"*. Paris, Editions De Boccard, pp. 383-389.

Les marqueurs ostéoarticulaires d'activité

Villotte S *

* Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé (UMR 5199-PACEA), Université Bordeaux 1, Bat. B8, avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex.

s.villotte@anthropologie.u-bordeaux1.fr

Résumé

De nombreux travaux ont voulu documenter les comportements des populations du passé à partir de l'observation sur le squelette de marques, appelées marqueurs ostéoarticulaires d'activité. Plutôt que de proposer une synthèse des travaux sur ces "marqueurs", synthèse qui existe par ailleurs, ce chapitre a pour objectif de proposer un regard critique sur l'étude de deux types de lésions pouvant avoir une origine microtraumatique : l'arthrose et les enthésopathies.

Introduction

Les marqueurs ostéoarticulaires d'activité (MOA) sont des variations, pathologiques ou non, supposées représenter l'expression de la plasticité de l'os sous la pression de forces extracorporelles et internes subies lors de la vie (Kennedy 1989). À partir de l'observation de ces marques sur un squelette, les anthropobiologistes et les paléopathologistes proposent des interprétations sur l'activité pratiquée par le sujet. *L'Atlas of occupational markers on human remains*, une des synthèses les plus complètes dans ce domaine de recherche, fait état de 130 "marqueurs" osseux en relation avec une activité (Capasso *et al.* 1999). Trois grands groupes de MOA peuvent être distingués suivant la nature de la manifestation osseuse. Cette distinction ne doit cependant pas masquer l'extrême variété de l'origine et des aspects de ces marques.

Les adaptations osseuses structurales

Les variations de forme et de dimension d'un os refléteraient, d'après la loi de Wolf, l'adaptation de l'architecture osseuse aux contraintes mécaniques (pour revue, voir Larsen 1997 ; Knüsel 2000). Certains chercheurs calculent par exemple le degré d'asymétrie entre deux os pairs ou les propriétés géométriques de sections transverses d'os longs (quantité et distribution de l'os cortical) afin de mettre en évidence d'éventuelles différences inter ou intra populationnelles. Ils proposent alors, à partir des variations observées dans les groupes, des interprétations sur leur mobilité, sur l'intensité générale de leur activité physique ou sur la division sexuelle du travail.

Les surfaces articulaires surnuméraires et autres caractères discrets

Certaines variations osseuses non pathologiques, notamment les surfaces articulaires surnuméraires, sont parfois considérées comme des conséquences de facteurs biomécaniques. La position accroupie est sans doute la pratique la plus souvent associée à des caractères discrets : facette d'accroupissement du tibia, facette(s) d'accroupissement du talus, fosse de Allen, facette de Poirier (Capasso *et al.* 1999).

Les modifications pathologiques

Dutour (1992 ; 2000) a proposé une classification, suivant la topographie et le type de contraintes, des principales lésions pouvant être causées par une activité (**Tableau 1**). En fait, comme le souligne cet auteur, peu de ces marques ont un réel intérêt en tant que MOA. En effet, les traumatismes importants semblent, à de rare exceptions près (p. ex. Capasso *et al.* 2004), de mauvais indicateurs d'une activité régulière en raison de leur caractère accidentel. En outre, l'étude des fractures de fatigue reste encore anecdotique en anthropologie. Les arthroses et les enthésopathies mécaniques sont donc très majoritairement les lésions étudiées : une cinquantaine dans l'*Atlas of occupational markers on human remains*. Nous limiterons la suite de notre propos à ces deux types de lésions.

Type de contrainte	Topographie de la lésion		
	Surface articulaire	Enthèse (zone d'insertion osseuse musculaire ou ligamentaire)	Strictement osseuse
Traumatisme important	Fracture articulaire	Rupture tendineuse au niveau de l'insertion	Fracture
Microtraumatismes	Arthrose	Enthésopathie mécanique	Fracture de fatigue

Tableau 1. Classification des lésions suivant la topographie et l'intensité des contraintes (d'après Dutour 2000).

Le terme « marqueur » suppose qu'une arthrose ou une enthésopathie observée sur le squelette est en relation direct avec un type d'activité. Qu'en est-il réellement ? Depuis près d'un siècle, de nombreux travaux médicaux ou expérimentaux ont montré le rôle de l'activité dans l'apparition de ces lésions (pour revue de l'historique, voir Kennedy 1989 ; Dutour 2000). Si ce rôle est indéniable, l'étude des arthroses et des enthésopathies en tant que MOA a souffert et souffre encore d'une absence de réelle base méthodologique, à tel point que les auteurs de l'*Atlas of occupational markers on human remains* notent dès leur introduction que « beaucoup d'interprétations sur les marqueurs de stress occupationnel ont été anecdotiques et fortement spéculatives » (Capasso *et al.* 1999, trad. pers.). Avant de pouvoir considérer ces lésions comme de réels marqueurs d'activité, de nombreuses limites méthodologiques et interprétatives¹, que nous nous proposons de présenter ici, doivent être envisagées.

Validité de la méthode

Une méthode d'étude de l'arthrose ou des enthésopathies doit répondre à trois critères :

- être fondée sur des données médicales ;
- être reproductible ;
- être testée sur une série ostéologique de référence.

Utilisation des données médicales

Il semble évident qu'une méthode d'étude des MOA doit s'inspirer d'observations faites sur le vivant ou lors de dissections ; observations concernant des cas sains et des lésions

¹ Nous tenons à souligner ici l'importance des travaux d'O. Dutour sur ce sujet.

microtraumatiques ou au moins dégénératives. Ce n'est cependant pas toujours le cas, notamment pour l'étude des lésions des insertions musculaires et ligamentaires. Parmi les diverses méthodes d'étude des enthésopathies mises au point (Angel *et al.* 1987 ; Crubézy 1988 ; Hawkey 1988 ; Robb 1998 ; Stirland 1998 ; Mariotti *et al.* 2004 ; Zumwalt 2005 ; Villotte 2006), peu s'appuient sur la documentation médicale, pourtant abondante (pour revue, voir Benjamin et McGonagle 2001 ; Benjamin *et al.* 2002). Cette absence de référentiel anatomique et anatomopathologique pose la question de la fiabilité des interprétations qui en découlent. Quelles informations peut-on obtenir à partir de ces « référentiels » ? Deux types d'enthèses peuvent être distinguées en fonction de la nature de l'insertion, fibreuse ou fibrocartilagineuse. Les enthèses fibreuses sont caractéristiques de l'attache des fibres tendineuses au niveau des diaphyses des os longs (par ex. : l'insertion du muscle deltoïde sur l'humérus). Les insertions fibrocartilagineuses se situent au niveau des zones d'ossification secondaire des os longs, et ainsi qu'au niveau des vertèbres et des os courts des mains et des pieds (Benjamin et Ralphs 1998 ; Benjamin et McGonagle 2001). L'histologie des enthèses fibrocartilagineuses est bien documentée, en particulier grâce aux travaux de Cooper et Misol (1970) et de Benjamin et collaborateurs (1986). Il est alors possible de définir l'aspect sur os sec d'une enthèse fibrocartilagineuse non pathologique : la surface sera lisse et sans traces de vascularisation, les contours seront bien délimités (**Figure 1**). La distinction du centre et de la périphérie de l'enthèse apparaît pertinente pour comprendre l'aspect osseux d'une enthésopathie et ainsi proposer un système d'étude fiable. En effet, la périphérie, plus fréquemment altérée par une hyper-sollicitation mécanique (Nakama *et al.* 2005), présentera plus souvent que le centre des marques de remodelage sur os sec, sous forme d'enthésophytes. Au centre de l'enthèse, les atteintes sont plus variées : ostéolyse, traces de vascularisation, appositions calciques ou osseuses (enthésophytes). Un parallèle peut être assez aisément établi entre ces modifications et les descriptions, dans la littérature médicale, d'enthésopathies dégénératives liées à la sénescence ou aux microtraumatismes (Villotte 2006). Il existe donc une riche documentation sur les enthèses fibrocartilagineuses qui permet de définir l'apparence d'une enthèse non pathologique sur os sec et d'appréhender les différents aspects osseux que pourra prendre une enthésopathie. Cette démarche est beaucoup plus problématique dans le cas des enthèses fibreuses : leur anatomie est peu décrite et les descriptions précises d'enthésopathies microtraumatiques sont rarissimes pour ces insertions diaphysaires. Dès lors, un système d'étude les concernant ne pourra être que spéculatif. Or les méthodes d'étude des enthésopathies sur os sec ne distinguent généralement pas les deux types d'insertions, et les remodelages au niveau d'insertions diaphysaires sont souvent interprétés comme des MOA, sans réel fondement.

Reproductibilité

Les méthodes d'études des arthroses et des enthésopathies sont dans la quasi-totalité des cas des méthodes qualitatives. Si les erreurs intra-observateurs sont généralement faibles, les différences entre observateurs peuvent être importantes comme l'ont montré Waldron et Rogers. Lors du 8^e meeting européen de la *Paleopathology Association*, ils ont testé la reproductibilité de leur méthode de diagnostic de l'arthrose auprès des participants (Waldron et Rogers 1991). Leur avis concernant la présence ou non d'une modification a été unanime dans seulement un tiers des cas ; quant à la concordance moyenne sur un degré de sévérité pour un critère donné, elle n'a dépassé qu'une seule fois 65 %. Finalement, il n'y a eu qu'environ 85 % d'accords sur la présence ou non d'une arthrose. De plus, l'avis des participants se considérant comme des experts n'a été qu'une seule fois significativement moins partagé que celui des débutants. Cette publication illustre bien toute la difficulté d'établir des critères diagnostiques intelligibles par tous. Elle révèle aussi combien est subjective l'attribution d'un degré de sévérité en l'absence d'échelle strictement définie.

Enfin, il semble que l'habitude et les connaissances en paléopathologie ne limitent en rien cette subjectivité.

Test sur une population de référence

Une collection ostéologique de référence (pour les MOA) est un ensemble de squelettes dont, au moins, l'âge au décès, le sexe et la profession sont connus. L'application d'une méthode d'étude des MOA à une série de référence est le seul moyen pour vérifier que la méthodologie caractérise effectivement des occupations différentes et, à fortiori, que le type de marqueurs choisi est corrélé à l'activité. Aucun des tests réalisés jusqu'à présent (Waldron 1993 ; Cunha et Umbelino 1995 ; Mariotti *et al.* 2004), n'a confirmé l'hypothèse d'une corrélation nette entre atteintes et activité. Dans les études de Mariotti et collaborateurs et de Waldron, l'effectif réduit de l'échantillon pourrait expliquer ce résultat. La sensibilité des méthodes pourrait aussi avoir été trop faible. Enfin, la corrélation entre activité et remodelage osseux est, peut-être, tout simplement ténue.

Un autre aspect, rarement abordé, réside dans l'interprétation des informations sur la profession des individus. D'une part, elles sont souvent imprécises et difficiles à synthétiser. D'autre part, elles ne concernent que la « vie active », et ne renseignent pas sur les occupations en dehors du temps de travail.

Les limites de l'interprétation

Les « faux positifs »

Toute interprétation est en premier lieu confrontée à l'épineux problème des « faux positifs ». Ils correspondent à toutes les manifestations osseuses qui ne sont pas la conséquence d'un déséquilibre biomécanique lié à une activité mais qui en prennent l'aspect (**Figure 2**). Ces marques peuvent être l'expression osseuse de nombreuses maladies, du processus dégénératif lié à la sénescence, ou être consécutives à une anomalie ostéoarticulaire perturbant la biomécanique normale (Dutour 1992). Pour Dutour, c'est la localisation « non multiple » de la lésion qui permettra d'éliminer les pathologies diffuses. En outre, la localisation pourra être un argument en faveur d'une lésion mécanique, certains sites, notamment au niveau du membre supérieur, étant plus sensibles ou plus exposés que d'autres (Peyron 1987 ; Dutour 1992 ; Lagier 1996). Enfin, comme la limite entre pathologie microtraumatique et pathologie dégénérative liée à la sénescence est imprécise, elle doit être arbitrairement établie à partir de l'âge au décès des individus étudiés (Dutour 1992), avec toutes les difficultés de détermination que cela implique (Brůžek *et al.* 2005).

De l'activité aux modalités d'activité

Certains chercheurs considèrent qu'une marque ou un ensemble de marques permettent de déterminer la pratique probable d'une activité. D'autres, au contraire, considèrent ces « marqueurs » comme des indicateurs de différences de modalité d'activité au sein d'une population, mais sans nécessairement chercher à préciser les pratiques.

La première approche apparaît plus spectaculaire mais pour conserver sa crédibilité, elle doit respecter ensemble de conditions strictes. Dutour (1992, 2000) a proposé les règles suivantes :

- le lien entre une activité physique et ses conséquences doit être établi sur la base de références médicales actuelles,
- le marqueur doit être le plus spécifique possible à cette activité,
- les hypothèses doivent être compatibles avec les données archéologiques.

Ainsi, cet auteur a observé, au sein d'une population saharienne néolithique de chasseurs cueilleurs, un enthésophyte au niveau de l'épicondyle médial droit de deux hommes. Les données médicales, qui montrent que l'épitrôchléite d'origine sportive concerne principalement le lanceur de javelot², et la présence de harpons en os dans le matériel archéologique ont permis à cet auteur de proposer une très probable relation entre les lésions et le lancer de sagaies ou de harpons (Dutour 1986).

La première condition (références médicales actuelles), si elle est indispensable, limite malheureusement la généralisation de cette approche. D'une part, le nombre de pratiques concernées est restreint car peu d'activités sportives actuelles sont transposables dans le passé. Le lancer de javelot, l'équitation, le tir à l'arc, le canoë-kayak en fournissent quelques exemples. D'autre part, ce référentiel concerne des activités où les mouvements sont généralement stéréotypés et répétés, le but étant la performance. Il semble peu probable, au vu des données ethnologiques sur les chasseurs cueilleurs actuels, que les populations du passé aient toutes pratiqué leurs activités journalières de la même façon. Enfin, les évolutions technologiques des outils ou des armes (l'arc, par exemple) peuvent avoir généré des contraintes biomécaniques variables au cours du temps (Crubézy *et al.* 1998, p. 118).

La seconde approche considère qu'un MOA peut être associé à un large panel de pratiques culturelles et non à une seule activité, le squelette enregistrant une mosaïque d'activités durant la vie (Kennedy 2000). Ces recherches, qui s'inscrivent le plus souvent dans le champ de la bio-archéologie, ne cherchent plus à identifier une activité hypothétique mais à comprendre les modalités d'activité au sein du groupe étudié. Dans le cadre de cette démarche, Robb (1998) a mis en évidence, à partir de l'étude des enthésopathies, des corrélations entre la spécialisation ou l'intensité des activités et l'âge et le sexe des défunts provenant d'un cimetière italien (Pontecagnano). L'intérêt de ce type de recherche est d'offrir des interprétations populationnelles, établies grâce à un traitement statistique des données provenant d'un échantillon d'effectif important. La contrepartie est une tendance à la simplification des aspects méthodologiques, les auteurs considérant que les imprécisions et les lacunes des méthodes sont « lissées », du fait de l'importance du corpus (voir p. ex. Steckel *et al.* 2002). Ainsi, l'utilisation de système simpliste d'étude et d'analyse des données a été stigmatisée. Par exemple, les moyennes et les écart-types, souvent utilisés pour les cotations d'arthroses et d'enthésopathies (données ordinales), sont inappropriés (Robb 1998). De plus, les études populationnelles sous-estiment, voire ignorent, les faux-positifs. Ainsi, alors que l'atteinte des enthèses est la caractéristique fondamentale de la maladie hyperostotique ou des spondylarthropathies (Ball 1971 ; Resnick et Niwayama 1983 ; Benjamin et McGonagle 2001), il est fréquent de ne trouver aucune remarque sur l'exclusion éventuelle d'individus atteints au sein d'une étude sur les enthésopathies mécaniques.

Conclusion

L'étude des MOA est un champ de recherche récemment « redécouvert ». Les conditions de travail et les comportements des hommes du passé ne nous sont bien souvent accessibles que par les outils qu'ils ont laissés. Cependant, leurs propres vestiges osseux constituent aussi une source d'informations majeure. À ce titre, les études des MOA permettent, en autres, de discuter la division sexuelle des tâches ou le cadre chronologique d'une pratique. Toutefois, compte tenu des écueils que nous avons soulignés, il est nécessaire de rompre avec le schéma intellectuel classique. Celui-ci établit un lien entre une marque osseuse, observée sans réelle méthodologie, et un comportement. Cette interprétation est trop

² Cette zone insertionnelle est brutalement sollicitée lors du passage d'une extension-supination à une flexion-pronation.

souvent uniquement fondée sur l'existence d'une relation, plus ou moins directe, entre cette modification et un processus mécanique. Cependant, de plus en plus de travaux méthodologiques sont publiés et l'on peut espérer dans le futur la généralisation d'études de MOA conscientes de leurs limites, dans lesquelles seront proposées des interprétations raisonnées et non plus « hautement spéculatives ».



Figure 1. Enthèse fibrocartilagineuse sur os sec. Insertion du m. biceps brachial. La surface est lisse, sans trace de vascularisation et les contours de l'enthèse sont bien définis.

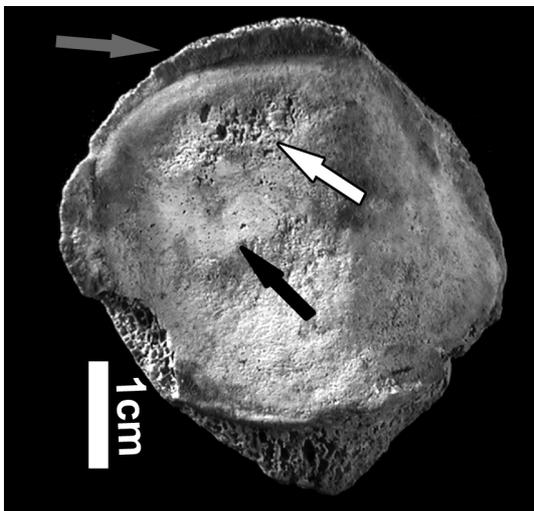


Figure 2. Arthrose fémoro-patellaire chez une femme de plus de 50 ans. Si le diagnostic est aisé (ostéophytose marginale, flèche grise ; polissage articulaire, flèche noire ; "porosité", flèche blanche), il paraît difficile d'établir une corrélation entre une activité particulière et cette atteinte. En effet, si l'activité (sportive ou professionnelle) est un facteur de risques de survenue de la gonarthrose, il en existe de nombreux autres (Ravaud et Dougados 2000), impossibles à exclure du fait de l'âge au décès et du sexe de l'individu.

Bibliographie

- Angel J. L., Kelley J. O., Parrington M. et Pinter S., 1987. Life stresses of the free Black community as represented by the First African Baptist Church, Philadelphia, 1823-1841. *American Journal of Physical Anthropology*, 74 (2): 213-229.
- Ball J., 1971. Enthesopathy of rheumatoid and ankylosing spondylitis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 30: 213-223.
- Benjamin M., Evans E. J. et Copp L., 1986. The histology of tendon attachments to bone in man. *Journal of Anatomy*, 149: 89-100.

- Benjamin M., Kumai T., Milz S., Boszczyk B. M., Boszczyk A. A. et Ralphs J. R., 2002. The skeletal attachment of tendons - tendon "entheses". *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133 (4): 931-945.
- Benjamin M. et McGonagle D., 2001. The anatomical basis for disease localisation in seronegative spondyloarthropathy at entheses and related sites. *Journal of Anatomy*, 199 (5): 503-526.
- Benjamin M. et Ralphs J. R., 1998. Fibrocartilage in tendons and ligaments - an adaptation to compressive load. *Journal of Anatomy*, 193 (4): 481-494.
- Brůžek J., Schmitt A. et Murail P., 2005. Identification biologique individuelle en paléanthropologie. Détermination du sexe et estimation de l'âge au décès à partir du squelette. In Dutour O., Hublin J.-J. et Vandermeersch B. (eds.), *Objets et méthodes en paléanthropologie*. Paris, éditions du CTHS, pp. 217-246.
- Capasso L., Kennedy K. A. R. et Wilczack C. A., 1999. *Atlas of occupational markers on human remains*. Teramo, Edigrafital S.p.A., 183 p.
- Capasso L., Pierfelice L., Michetti E., di Fabrizio A. et d'Anastasio R., 2004. Lesions linked to athletic activities in the Ancient Roman population from Herculaneum (Italy, first century AD). *Anthropologie*, 42 (2): 181-187.
- Cooper R. R. et Misol S., 1970. Tendon and ligament insertion. A light and electron microscopic study. *The Journal of Bone and Joint Surgery [Am.]*, 52 (1): 1-20.
- Crubézy E., 1988. *Interactions entre facteurs bio-culturels, pathologie et caractères discrets. Exemple d'une population médiévale : Canac (Aveyron)*. Thèse de Doctorat, médecine, Université de Montpellier I, Montpellier, 417 p.
- Crubézy E., Causse L., Delmas J. et Ludes B., 1998. *Le paysan médiéval en Rouergue. Cimetière et église de Canac (Campagnac, Aveyron)*. Montrozier, Musée archéologique de Montrozier, 263 p.
- Cunha E. et Umbelino C., 1995. What can bones tell about labour and occupation: the analysis of skeletal markers of occupational stress in the Identified Skeletal Collection of the Anthropological Museum of the University of Coimbra (preliminary results). *Antropologia Portuguesa*, 13: 49-68.
- Dutour O., 1986. Enthesopathies (lesions of muscular insertions) as indicators of the activities of Neolithic Saharan populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 71 (2): 221-224.
- Dutour O., 1992. Activités physiques et squelette humain : le difficile passage de l'actuel au fossile. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 4 (3-4): 233-241.
- Dutour O., 2000. Chasse et activités physiques dans la Préhistoire : les marqueurs osseux d'activités chez l'homme fossile. *Anthropologie et Préhistoire*, 111: 156-165.
- Hawkey D. E., 1988. *Use of upper extremity enthesopathies to indicate habitual activity patterns*. M.A. thesis, anthropology, Arizona State University, Tempe, 86 p.
- Kennedy K. A. R., 1989. Skeletal markers of occupational stress. In Iscan M. Y. et Kennedy K. A. R. (eds.), *Reconstruction of life from the skeleton*. New York, Liss, pp. 130-160.
- Kennedy K. A. R., 2000. Assessment of occupational stress. In Siegel J. A., Saukko P. J. et Knupfer G. C. (eds.), *Encyclopedia of Forensic Sciences*. Academic Press, pp. 212-217.
- Knüsel C., 2000. Bone adaptation and its relationship to physical activity in the past. In Cox M. et Mays S. (eds.), *Human osteology in archeology and forensic science*. London, GMM, pp. 381-401.
- Lagier R., 1996. Les arthropathies professionnelles. Approche anatomopathologique au service des archéologues. In Buchet L. et Pilet C. (eds.), *L'identité des populations archéologiques*. Actes des XVI^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, 1995. Sophia Antipolis, éditions APDCA, pp. 197-206.

- Larsen C. S., 1997. *Bioarchaeology: interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge, Cambridge University Press, 461 p.
- Mariotti V., Facchini F. et Belcastro M. G., 2004. Enthesopathies - Proposal of a standardized scoring method and applications. *Collegium Antropologicum* 28 (1): 145-159.
- Nakama L. H., King K. B., Abrahamsson S. et Rempel D. M., 2005. Evidence of tendon microtears due to cyclical loading in an in vivo tendinopathy model. *Journal of Orthopaedic Research*, 23 (5): 1199 - 1205.
- Peyron J. G., 1987. Epidémiologie et génétique. In Simon L. et Loyau G. (eds.), *L'arthrose : Perspectives et réalités*. Paris, Masson, pp. 12-19.
- Ravaud P. et Dougados M., 2000. Définition et épidémiologie de la gonarthrose. *Revue du Rhumatisme (Ed. Fr.)*, 67 (3): 130-137.
- Resnick D. et Niwayama G., 1983. Entheses and enthesopathy. *Radiology*, 146 (1): 1-9.
- Robb J. E., 1998. The interpretation of skeletal muscle sites: a statistical approach. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 (5): 363-377.
- Steckel R. H., Sciulli P. W. et Rose J. C., 2002. A health index from skeletal remains. In Steckel R. H. et Rose J. C. (eds.), *The backbone of history*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 633.
- Stirland A. J., 1998. Musculoskeletal evidence for activity: problems of evaluation. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 (5): 354-362.
- Villotte S., 2006. Connaissances médicales actuelles, cotation des enthésopathies : nouvelle méthode. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 18 (1-2): 65-85.
- Waldron H. A., 1993. The health of the adults. In Molleson T. et Cox M. (eds.), *The Spitalfields project. Volume 2. The middling sort*. Walmgate, Council for British Archeology.
- Waldron T. et Rogers J., 1991. Inter-observer variation in coding osteoarthritis in human skeletal remains. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1: 49-56.
- Zumwalt A., 2005. A new method for quantifying the complexity of muscle attachment sites. *The Anatomical Record Part B: The New Anatomist*, 286B (1): 21-28.