
Quelques remarques sur les données ostéométriques infra-crâniennes en archéologie préventive.

Sébastien VILLOTTE^{1,2,3} ; Vanessa BAYARD MARET^{1,6} ; Cécile BUQUET^{1,5} ;
Anaïs LEBRUN^{1,7} ; Isabelle LEGOFF^{1,5} ; Jean-Gabriel PARIAT^{1,4} ; Laure
PECQUEUR^{1,5}

1. UMR 7206 Éco-anthropologie, MNHN, CNRS, Université de Paris, Musée de l'Homme, Paris
2. Quaternary Environments & Humans, OD Earth and History of life, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, Belgique
3. Unité de Recherches Art, Archéologie Patrimoine, Université de Liège, Liège, Belgique
4. Service départemental d'archéologie du Val-d'Oise, Pontoise, France
5. Inrap, France
6. Service Archéologique du Val-de-Marne, Villejuif, France
7. Eveha, France

Contact : sebastien.villotte@cnr.fr

Introduction :

Ce court texte a pour but de présenter des réflexions sur les données ostéométriques infra-crâniennes rapides à mesurer et potentiellement pertinentes pour illustrer les caractéristiques biologiques et discuter des comportements des sujets exhumés. Ces mesures sont donc notamment compatibles avec les délais d'étude du préventif, mais peuvent évidemment être utilisées dans d'autres contextes. L'intérêt essentiel est de permettre, à partir de comparaisons statistiques simples (descriptives ou inférentielles bivariées), la mise en évidence de différences interprétables dans le contexte de questionnements à l'échelle du site ou de la région, dans un cadre chrono-culturel donné. Ces analyses nécessitent le plus souvent des squelettes bien différenciés et bien conservés et s'appliquent en général mal aux ossements isolés.

La liste des mesures sélectionnées ici est une liste à minima. Les os coxaux ne sont pas mentionnés, mais la prise de mesures pour la détermination du sexe (Murail et alii 2005 ; Brůžek et alii 2017) est conseillée.

Remarques sur l'asymétrie :

Les mesures doivent être prises à droite et à gauche, afin d'étudier les asymétries¹. Pour l'« asymétrie directionnelle » (AD) et l'« asymétrie absolue » (AA), plusieurs méthodes de calcul sont proposées (Trinkaus et alii 1994 ; Steele, Mays 1995 ; Storm 2009 ; Sparacello et alii 2017) :

- $AD = (Mesure\ droite - Mesure\ gauche) / [(Mesure\ droite + Mesure\ gauche) / 2]$

- $AD = \ln (Mesure\ droite / Mesure\ gauche)$

- $AA = [abs (Mesure\ droite - Mesure\ gauche)] / [(Mesure\ droite + Mesure\ gauche) / 2]$; ce qui correspond également à $(Mesure\ maximale - Mesure\ minimale) / [(Mesure\ maximale + Mesure\ minimale) / 2]$

- $AA = (Mesure\ maximale - Mesure\ minimale) / Mesure\ minimale$

Les deux dernières ne s'intéressent qu'à l'amplitude de l'asymétrie (d'où le nom « asymétrie absolue ») alors que les deux premières informent également sur la direction de celle-ci (une valeur négative indiquant une dominance à gauche). Chacune des valeurs obtenues peut être multipliée par 100 pour être présentée sous forme d'un pourcentage d'asymétrie.

Mesures sélectionnées :

M# renvoie à une définition de Martin dans Bräuer (1988). La liste des variables métriques sélectionnées est fournie en annexe.

Longueurs maximales :

Les longueurs maximales de l'humérus, du fémur et du tibia, correspondant aux M1 du système de Martin, méritent d'être enregistrées, et ce si possible dès la phase de terrain. Pour le tibia, la longueur maximale (appelée « longueur totale du tibia »), se mesure depuis la face articulaire du condyle latéral du tibia jusqu'à la pointe de la malléole, parallèlement à l'axe entre les articulations proximales et distales, sans inclure les tubercules intercondyliques. Cette mesure est généralement celle utilisée pour l'estimation de la stature (voir toutefois

¹ Ici nous ne discuterons que des asymétries directionnelles et absolues et laissons volontairement de côté les asymétries fluctuantes.

Jantz et alii 1994), ainsi que dans les calculs de l'indice crural et de l'indice de robustesse.

Ces mesures permettent de nombreuses choses :

- 1) **une comparaison immédiate de deux groupes** :
Exemple 1 : Les humérus des hommes du site X sont en moyenne significativement plus longs que ceux des femmes du même site.
Exemple 2 : Les fémurs des hommes du site X sont en moyenne significativement plus longs que ceux des hommes du site Y.

Les interprétations sont complexes compte tenu des facteurs divers et souvent combinés pouvant influencer sur la dimension maximale d'un os. Toutefois, cela peut nourrir une discussion utilisant d'autres paramètres (dans l'exemple 2, si la conformation crânienne est très similaire entre les deux sites, on peut alors envisager l'influence prépondérante de facteurs environnementaux tels que les stress durant la croissance, l'alimentation, etc. pour expliquer la différence).
- 2) **L'estimation de la stature** (préférentiellement pour les mesures sur le membre inférieur) notamment avec les équations de Trotter et Gleser (1952, 1958) (attention cependant pour le tibia, voir Jantz et alii 1994).
- 3) Le **calcul direct de ratios** : indice crural (M1 du tibia / M2 du fémur) et indice huméro-fémoral (M1 humérus / M2 du fémur), qui sont généralement présentés sous forme de pourcentage, et donc multipliés par 100. Ces indices sont assez stables au sein d'une population donnée, des différences peuvent ainsi permettre de discuter de la distance biologique entre les groupes considérés.
- 4) Ces **longueurs maximales** permettent des calculs d'indices intra-os, principalement de robustesse (cf. infra).
- 5) La **longueur maximale de l'humérus** semble être un bon indicateur de dominance fonctionnelle d'un côté (Steele, Mays 1995).

Dimensions des extrémités

Les principales dimensions des extrémités à prendre sont la largeur de l'extrémité distale de l'humérus (M4), afin de discuter la dominance d'un membre supérieur sur l'autre (Blackburn, Knüsel 2006), et les dimensions de l'extrémité proximale du fémur (diamètre vertical de la tête (M18)²) qui permettent d'estimer (de façon certes très imprécise) la masse corporelle de l'individu suivant

² Si M18 n'est pas directement mesurable du fait d'une érosion de la tête par exemple, il est tout à fait envisageable de décaler légèrement

différentes équations (Auerbach, Ruff 2004 ; Trinkaus, Ruff 2012).

Dimensions des diaphyses

Les mesures externes permettent d'estimer la robustesse des os et la forme de la diaphyse au niveau d'une section transverse. Le remodelage diaphysaire étant en partie contrôlé par les stimulations mécaniques, ces mesures sont particulièrement intéressantes pour discuter des contraintes biomécaniques subies.

Pour l'humérus, le périmètre minimal (M7) permet le calcul de l'indice de robustesse (M7 / M1) de l'os. Les diamètres maximal (M5) et minimal (M6) à mi-diaphyse permettent de discuter l'orientation des contraintes (M5 / M6) et la résistance à la torsion (voir par ex. Sparacello et alii 2017). Ces deux paramètres peuvent être notamment étudiés dans le cadre de l'asymétrie. Un groupe (p. ex. un sous-ensemble d'individus sélectionnés d'après leur localisation dans la nécropole ou d'après le matériel associé) se différenciant par des valeurs d'asymétrie très hautes peut laisser suspecter une spécialisation des activités (i.e. en faveur d'activités unimanuelles).

Pour le fémur, les diamètres antéro-postérieur (M6) et transverse (M7) à mi-diaphyse, ainsi que la circonférence à ce niveau (M8), sont à enregistrer. Ces mesures permettent d'illustrer l'orientation des contraintes biomécaniques (indice pilastrique du fémur M6 / M7) et la robustesse du fémur (M8 / M1). Ces deux paramètres peuvent être utiles dans les discussions sur la mobilité de l'individu.

Pour le tibia, trois mesures méritent également d'être enregistrées : le périmètre minimum de la diaphyse (M10b) et les diamètres transverses et antéropostérieurs à mi-diaphyse (M9 et M8). L'indice cnémique (M9 / M8) illustre la morphologie du tibia. L'analyse de cette morphologie, en association avec celle de la robustesse du tibia (M10b / M1), permet de discuter de la mobilité et des contraintes de terrain (voir Shaw, Stock 2009).

Saisie des données

Nous conseillons d'utiliser lors de la saisie des données une information concernant la fiabilité des mesures :

- () indique une mesure approximative (un des points de mesure est légèrement abîmé, la mesure a été prise directement sur le terrain, ...)

l'angle de la mesure et de l'indiquer entre parenthèse, la tête fémorale étant essentiellement sphérique.

- [] indique une mesure estimée, par exemple lorsque l'extrémité de l'os est manquante³.

Nous conseillons également, à la fin de la saisie, quelques vérifications permettant de repérer des *outliers* pouvant être associés à des erreurs lors de la mesure ou lors de la saisie. Un simple tri sur la colonne dans le tableur est souvent suffisant, mais des outils graphiques (p. ex. un simple graphique bivarié) ou statistiques plus ou moins élaborés sont également disponibles (voir p. ex. Santos 2020).

Conclusions :

L'enregistrement des 14 mesures sélectionnées représente une quinzaine de minutes par sujet, une fois les os déballés, pour un anthropobiologiste exercé. Ces mesures sont toutes potentiellement utiles dans la diagnose sexuelle secondaire (Murail et alii 1999). Elles permettent également d'enrichir des discussions sur les distances biologiques inter-groupes et les comportements durant la vie, avec évidemment toute la prudence qui s'impose dans la formulation de telles hypothèses, qui restent souvent simplistes si seules les

Bibliographie :

Auerbach, B.M., Ruff, C.B. (2004) – Human Body Mass Estimation: A Comparison of “Morphometric” and “Mechanical” Methods, *American Journal of Physical Anthropology* 125, 331-342.

Blackburn, A., Knüsel, C.J. (2006) – Hand dominance and bilateral asymmetry of the epicondylar breadth of the humerus: a test in a living sample, *Current Anthropology* 47, 377-382.

Bräuer, G. (1988) – Osteometrie, in: Knussmann, R. (Ed.), *Anthropologie: handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, G. Fischer, Stuttgart, pp. 160-232.

Brůžek, J., Santos, F., Dutailly, B., Murail, P., Cunha, E. (2017) – Validation and reliability of the sex estimation of the human os coxae using freely available DSP2 software for bioarchaeology and forensic anthropology, *American Journal of Physical Anthropology* 164, 440-449.

Jantz, R.L., Hunt, D.R., Meadows, L. (1994) – Maximum length of the tibia: How did Trotter measure it?, *American Journal of Physical Anthropology* 93, 525-528.

Murail, P., Brůžek, J., Braga, J. (1999) – A new approach to sexual diagnosis in past populations. Practical adjustments from Van Vark's procedure, *International Journal of Osteoarchaeology* 9, 39-53.

Murail, P., Bruzek, J., Houët, F., Cunha, E. (2005) – DSP: a tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 17, 167-176.

Perréard-Lopreno, G. (2007) – Adaptation structurelle des os du membre supérieur et de la clavicule à l'activité : analyse de l'asymétrie des propriétés géométriques de sections transverses et de mesures linéaires dans une population identifiée (collection Simon), Thèse de doctorat, Université de Genève, Genève, 356 p.

données anthropologiques sont prises en compte. A court terme (rapport de fouilles), ce type d'analyse apporte des éléments alimentant des problématiques développées pour un site donné. La mise en ligne ou le partage informel de ces données, notamment entre anthropologues de l'archéologie préventive, permettrait probablement des comparaisons inter-sites fructueuses, qui constituerait un socle pour des réflexions à plus long terme (synthèses régionales).

En termes de perspectives, nous pouvons évoquer différentes pistes :

- Un test de reproductibilité intra-observateur comparant les mesures de longueurs maximales prises sur le terrain et en laboratoire ;

- La réalisation de fiches complémentaires à cette note avec illustrations et conseils pour la prise des mesures sélectionnées ;

- Un test de reproductibilité inter-observateur en laboratoire pour l'ensemble des mesures, afin de valider la possibilité de partage de données.

³ Cette manière de marquer la fiabilité des mesures par des () ou [] implique un nettoyage préalable des données avant analyse. Elle présente toutefois l'avantage lors du partage de données de transmettre aisément l'information sur la qualité de la donnée. Des alternatives

existent, comme la création de variables supplémentaires permettant d'indiquer pour chaque mesure, le degré de précision de celle-ci.

Santos, F. (2020). Modern methods for old data: An overview of some robust methods for outliers detection with applications in osteology. *Journal of Archaeological Science: Reports* 32, 102423.

Shaw, C.N., Stock, J.T. (2009) – Intensity, repetitiveness, and directionality of habitual adolescent mobility patterns influence the tibial diaphysis morphology of athletes, *American Journal of Physical Anthropology* 140, 149-159.

Sparacello, V.S., Villotte, S., Shackelford, L.L., Trinkaus, E. (2017)– Patterns of Humeral Asymmetry among Late Pleistocene Humans, *Comptes Rendus Palevol* 16, 680-689.

Steele, J., Mays, S.A. (1995) – Handedness and directional asymmetry in the long bones of the human upper limb, *International Journal of Osteoarchaeology* 5, 39-49.

Storm, R. (2009) – Human skeletal asymmetry. A study of directional and fluctuating asymmetry in assessing health, environmental conditions, and social status in English populations from the 7th to the 19th centuries, PhD thesis, University of Bradford, Bradford, 350 p.

Trinkaus, E., Churchill, S.E., Ruff, C.B. (1994) – Postcranial robusticity in Homo. II: Humeral bilateral asymmetry and bone plasticity, *American Journal of Physical Anthropology* 93, 1-34.

Trinkaus, E., Ruff, C.B. (2012) – Femoral and Tibial Diaphyseal Cross-Sectional Geometry in Pleistocene Homo, *PaleoAnthropology* 2012, 13-62.

Trotter, M., Gleser, G.C. (1952) – Estimation of stature from long limb bones of American Whites and Negroes, *American Journal of Physical Anthropology* 10, 463-514.

Trotter, M., Gleser, G.C. (1958) – A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death, *American Journal of Physical Anthropology* 16, 79-123.

Annexe. Liste des variables métriques recommandées et instruments à privilégier pour leur mesure

Os	Mesure	Description	Instrument
Humerus	M1	Longueur maximale (distance entre le point le plus élevé de la tête humérale et le point le plus bas de la trochlée)	Planche ostéométrique
Humerus	M4	Largeur de l'extrémité distale (distance entre les points les plus saillants des épicondyles médial et latéral)	Pied à coulisse
Humerus	M5	Diamètre maximal à mi-diaphyse (diamètre le plus grand au milieu de l'os [défini par rapport à M1] sans considération pour son orientation)	Pied à coulisse
Humerus	M6	Diamètre minimal à mi-diaphyse (diamètre le plus petit au même niveau que M5 sans considération pour son orientation)	Pied à coulisse
Humerus	M7	Périmètre minimal de la diaphyse (circonférence la plus faible dans la région située en dessous du V déltoidien)	Ruban métrique
Femur	M1	Longueur maximale (distance entre le point le plus élevé de la tête et le point le plus bas du condyle médial)	Planche ostéométrique
Femur	M6	Diamètre antéropostérieur à mi-diaphyse (distance entre la face antérieure de l'os et la ligne âpre au milieu de l'os [défini par rapport à M1])	Pied à coulisse
Femur	M7	Diamètre transverse à mi-diaphyse (distance entre les bords médial et latéral de l'os à la même hauteur que M7)	Pied à coulisse
Femur	M8	Périmètre à mi-diaphyse (circonférence de l'os à la même hauteur que M6 et M7)	Ruban métrique
Femur	M18	Diamètre vertical de la tête (distance entre le point le plus élevé et le point le plus bas de la tête)	Pied à coulisse
Tibia	M1	Longueur maximale (distance entre la face articulaire du condyle latéral et la pointe de la malléole)	Planche ostéométrique
Tibia	M8	Diamètre antéropostérieur à mi-diaphyse (distance entre la crête antérieure et la face postérieure de l'os en son milieu [défini par rapport à M1])	Pied à coulisse
Tibia	M9	Diamètre transverse à mi-diaphyse (distance entre le bord inter-osseux et la face médiale de l'os, prise au même niveau que M8)	Pied à coulisse
Tibia	M10b	Périmètre minimal de la diaphyse (circonférence la plus faible dans la région distale de la diaphyse)	Ruban métrique

