

Quelques remarques sur les données ostéométriques infra-crâniennes en archéologie préventive. Point de vue d'un anthropobiologiste « de laboratoire »

Sébastien VILLOTTE^{1,2}

1. CNRS, UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux
2. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles
sebastien.villotte@u-bordeaux.fr

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 en archéologie préventive. 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 malheureusement le plus souvent des squelettes bien différenciés 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 évidemment conseillée. Les mesures doivent être prises à droite et à gauche, afin d'étudier les asymétries (tant directionnelle que fluctuante). Pour l'asymétrie fluctuante, domaine d'étude assez technique, je renvoie aux travaux de Palmer (voir son site web <http://www.biology.ualberta.ca/palmer.hp/asym/asymmetry.htm>). Pour l'asymétrie directionnelle (AD), plusieurs méthodes de calcul sont proposées (Trinkaus *et alii* 1994 ; Steele, Mays 1995 ; Storm 2009 ; Sparacello *et alii* 2017) :

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

Les deux dernières ne s'intéressent qu'à l'amplitude de l'asymétrie 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 la clavicule, de l'humérus, du radius, de l'ulna, du fémur, du tibia et de la fibula méritent d'être enregistrées, et ce si possible sur le terrain. Les longueurs maximales de ces os correspondent aux M1 du système de Martin et leur définition est relativement simple. Pour le fémur, il est également nécessaire d'enregistrer la longueur totale du fémur (M2) prise en position naturelle (distance directe de la tête au plan qui passe par les deux condyles). Pour le tibia, il s'agit bien de M1 mais cette mesure, appelée «longueur totale du tibia», correspond à la distance de la face articulaire du condyle latéral du tibia à la pointe de la malléole, mesurée parallèlement à l'axe entre les articulations proximales et distales. Cette mesure, qui ne prend pas en compte les tubercules intercondyliques, est celle généralement utilisée pour l'estimation de la stature (voir toutefois 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. Premièrement, une comparaison immédiate de deux groupes (p. ex. les fémurs des hommes du site X sont en moyenne significativement plus longs que ceux des hommes du site de Y). Les interprétations ne sont pas aisées 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 (même exemple que précédemment, mais 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). Ces mesures (préférentiellement celles pour le membre inférieur) permettent ensuite l'estimation de la stature, notamment avec les équations de Trotter et Gleser (1958, 1952) (attention cependant pour le tibia, voir Jantz *et alii* 1994). Toutefois, les mêmes problèmes d'interprétations que ceux rencontrés pour les différences de longueurs maximales des os longs se retrouvent ici. Ces mesures permettent ensuite directement le calcul de ratios : indice brachial (M1 radius / M1 humérus), 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. Les longueurs maximales des os du membre supérieur pris isolément ou ensemble (par exemple M1 humérus + M1 radius) sont des bons indicateurs de dominance fonctionnelle d'un côté (Steele, Mays 1995). Enfin, ces longueurs maximales permettent des calculs d'indice intra-os, principalement de robustesse (cf. *infra*).

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 (diamètres vertical (M18) et horizontal (M19) de la tête) qui permettent d'estimer (de façon certes très imprécise) la masse corporelle de l'individu suivant différentes équations (Auerbach, Ruff 2004 ; Trinkaus, Ruff 2012). Les dimensions des autres extrémités, notamment la largeur épicondylienne du fémur (M21), celles des extrémités tibiales proximale (M3) et distale (M6), ainsi que le diamètre supéro-inférieur de la tête de l'humérus (M10) peuvent être utiles pour des comparaisons inter groupes.

Dimensions des diaphyses

Le temps et les moyens mis à disposition pour les études anthropobiologiques en archéologie préventive ne permettent généralement pas l'acquisition de données scanners ou de moulage de surface nécessaires à l'étude des propriétés géométriques de sections transverses (PGST). Toutefois les mesures externes restent un relativement bon proxy pour discuter de ces propriétés. Comme le remodelage diaphysaire est en partie contrôlé par les stimulations mécaniques, ces mesures sont particulièrement intéressantes pour discuter des contraintes biomécaniques subies. Les os longs « fins » (clavicule, ulna, radius et fibula), pour lesquels les mesures diaphysaires externes varient trop peu, sont à laisser de côté.

Pour l'humérus, le périmètre minimal (M7) permet le calcul de l'indice de robustesse (M7 / M1), à étudier dans le cadre de l'AD. Les diamètres maximal (M5) et minimal (M6) à mi-diaphyse permettent de discuter l'orientation des contraintes (M5 / M6) et de la résistance à la torsion (après transformation de ces valeurs, p. ex. d'après Sparacello *et alii* 2017), à étudier également dans le cadre de l'AD. 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'AD très hautes peut laisser suspecter une spécialisation des activités (en faveur d'activités uni-manuelles). À l'inverse, une absence notable d'AD est un bon indicateur d'une pluralité d'activités physiques impliquant les deux membres supérieurs, ce qui se retrouve notamment dans le monde agricole (Perréard-Lopreno 2007). L'étude de l'AD est par ailleurs un excellent moyen d'aborder la question d'une éventuelle division sexuelle des tâches au sein d'un groupe humain.

Pour le fémur, les diamètres antéropostérieur (M10) et transverse (M9) sous-trochantériens, les diamètres antéropostérieur (M6) et transverse (M7) à mi-diaphyse, ainsi que la circonférence à ce niveau (M8), sont à enregistrer. Les deux premières mesures (ou plus exactement l'indice de platymétrie du fémur M10 / M9) semblent très dimorphiques sexuellement. Ces mesures posent toutefois deux problèmes. Premièrement, elles sont rarement prises exactement selon ce que leur nom laisse penser (il conviendrait plutôt de les appeler diamètres maximal et minimal [perpendiculaire au maximal] sous-trochantérien). Deuxièmement, la localisation exacte de la prise de mesure est variable suivant les observateurs. Les diamètres à mi-diaphyse permettent d'illustrer l'orientation des contraintes biomécaniques (indice pilastrique du fémur M6 / M7) et ainsi de discuter de la mobilité de l'individu, quand ils sont étudiés conjointement avec la robustesse du fémur (M8 / M1).

Pour le tibia, cinq mesures méritent également d'être enregistrées : le périmètre minimum de la diaphyse (M10b) et les diamètres transverses et antéropostérieurs au foramen nourricier (M9a et M8a) et à mi-diaphyse (M9 et M8). L'indice cnémique (M9 / M8 ou M9a / M8a) permet de discuter de 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 du terrain (voir Shaw, Stock 2009 pour une illustration à partir des PGST). La localisation au foramen nourricier offre l'avantage de pouvoir être mesuré sur des os fragmentés, car la morphologie de la diaphyse du tibia change beaucoup et une erreur d'estimation de la localisation de la mi-diaphyse entraîne des variations conséquentes de mesures. Malheureusement, comme la localisation du foramen nourricier est variable suivant les individus, les comparaisons ne sont pas toujours aisées. Il semble donc judicieux de mesurer systématiquement M8a et M9a et d'enregistrer également M8 et M9 quand l'os est suffisamment bien préservé.

Conclusions

L'enregistrement des 28 mesures sélectionnées représente vraisemblablement une vingtaine 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), mais 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 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 informelle de ces données 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).

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.
- 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
Clavicule	M1	Longueur maximale (distance entre les points les plus éloignés des extrémités sternale et acromiale)	Planche ostéométrique
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 déltôïdien)	Ruban métrique
Humerus	M10	Diamètre supéro-inférieur de la tête (distance entre le point le plus élevé et le point le plus bas du bord de surface articulaire)	Pied à coulisse
Radius	M1	Longueur maximale (distance entre le point le plus élevé sur le rebord de la tête du radius et la pointe de l'apophyse styloïde)	Planche ostéométrique
Ulna	M1	Longueur maximale (distance entre le point le plus élevé de l'olécrâne et le point le plus bas de l'apophyse styloïde)	Planche ostéométrique
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	M2	Longueur physiologique (distance entre le point le plus élevé de la tête et le plan qui passe par les deux condyles)	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	M9	Diamètre transverse sous-trochantérien (distance maximale au niveau de la zone de plus grand élargissement médio-latéral sous-trochantérien)	Pied à coulisse
femur	M10	Diamètre antéropostérieur sous-trochantérien (distance prise perpendiculaire à M9 dans la région sous-trochantérienne)	Pied à coulisse
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
Femur	M19	Diamètre horizontal de la tête (distance entre les points les plus éloignés du pourtour de la tête, selon un axe perpendiculaire à M18)	Pied à coulisse
Femur	M21	Largeur épicondylienne du fémur (distance entre les points les plus saillants des condyles)	Planche ostéométrique
Tibia	M1	Longueur maximale (distance entre la face articulaire du condyle latéral et la pointe de la malléole)	Planche ostéométrique
Tibia	M3	Largeur de l'extrémité proximale (distance entre les points les plus saillants des condyles médial et latéral)	Pied à coulisse
Tibia	M6	Largeur de l'extrémité distale (distance entre le point le plus saillant de la malléole et la face latérale de l'épiphyse distale)	Pied à coulisse
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	M8a	Diamètre antéropostérieur au foramen nourricier (distance entre la crête antérieure et la face postérieure de l'os à l'emplacement du foramen)	Pied à coulisse
Tibia	M9a	Diamètre transverse au foramen nourricier (distance entre le bord inter-osseux et la face médiale de l'os, prise au même niveau que M8a)	Pied à coulisse
Tibia	M10b	Périmètre minimal de la diaphyse (circonférence la plus faible dans la région distale de la diaphyse)	Ruban métrique
Fibula	M1	Longueur maximale (distance entre le point le plus élevé de l'apophyse styloïde et le point le plus bas de la malléole)	Planche ostéométrique