

VERSION PRÉLIMINAIRE

Département d'anthropologie

Trimestre d'automne 2017

PALÉOANTHROPOLOGIE ANALYSES MORPHOLOGIQUES

ANT-6463

Professeur: Michelle Drapeau

Bureau: Pavillon Lionel-Groulx, C-3048

Téléphone: 343-6490

Courriel: m.drapeau@umontreal.ca

Disponibilité: lundi, 11h à 13h et sur rendez-vous

Ce séminaire propose d'explorer différentes méthodes d'analyse morphologique des ossements avec une emphase sur la morphologie tridimensionnelle. Il présente donc quelques approches de bases en analyses osseuses avec présentations d'applications concrètes en paléanthropologie. L'emphase sera mise sur des questions relatives à l'évolution humaine ancienne, mais plusieurs des ces méthodes s'appliquent à toute sorte de périodes, incluant les périodes historiques et récentes. Des textes seront à lire et à discuter à chaque semaine et chaque étudiant devra préparer au moins un commentaire ou question sur chacune des lectures obligatoires. Une copie de ces questions et commentaires sera à remettre à chaque semaine (au début du séminaire). Chaque étudiant sera en charge de l'animation d'une séance ordinaire en équipe de deux et devra aussi faire une présentation de son travail final à la fin du semestre. Un brouillon du travail pratique est à remettre le 1^{er} novembre et chaque étudiant sera en charge de critiquer de façon constructive les brouillons de deux autres étudiants.

Semaine	Sujet
6 septembre	•Introduction
13 septembre	•Principes de base en biomécanique
20 septembre	•Allométrie, Adaptation du squelette
27 septembre	•Modelage et remodelage - Question: Est-ce que l'analyse en coupe reflète vraiment le comportement?
4 octobre	•Articulations : mobilité et charges - Question: Est-ce que les articulations sont des structures plastiques?
11 octobre	•Écomorphologie
18 octobre	•Enthèses et activités - Question: Est-ce que les enthèses reflètent les activités et/ou leur intensité?
25 octobre	<u>Semaine de relâche</u>
1 novembre	•Méthodes d'acquisition d'images-Bases
8 novembre (semaine)	•Atelier en laboratoire d'écomorphologie (Attention : Le cours aura lieu en laboratoire à une période qui reste à déterminer)
15 novembre	•Morphométrie multivariée
22 novembre	•Analyse tridimensionnelles : nouvelles applications
29 novembre	•Présentations étudiantes
6 décembre	•Présentations étudiantes

VERSION PRÉLIMINAIRE

Évaluation

Participation en classe	
-Animation de la séance	20%
-Participation générale	10%
-Présentation du travail final	10%
Questions ou commentaire sur les lectures	10%
Premier brouillon	5%
Révision des brouillons des autres étudiants	10%
Travail final	35%

Échéanciers

Remise du brouillon	1 novembre
Remise de la révision des brouillons	8 novembre
Présentations étudiantes	29 novembre et 6 décembre
Remise du travail final	15 décembre

Textes obligatoires

J'ai une copie disponible pour la photocopie. Lorsque disponible, un lien sera disponible aussi sur StudiUM pour télécharger les PDFs.

LECTURES

Pour la semaine du 15 janvier: Principes de base en biomécanique

Gordon JE. 1978. Structures or Why things don't fall down. DaCapo Press.

Chapitre 2 : Why structures carry loads

Chapitre 3 : The invention of stress and strain

Chapitre 4 : Designing for safety

Frankel VH, Nordin M. 2001. Biomechanics of bone. In : M Nordin et VH Frankel (éd.), Basis biomechanics of the musculoskeletal system. p. 26-55.

Lorenz T, Campello M. 2001. Biomechanics of skeletal muscle. In : M Nordin et VH Frankel (éd.), Basis biomechanics of the musculoskeletal system. p. 147-171.

Hildebrand M. 1988. Analysis of vertebrate structure. John Wiley & Sons, Inc.

Chapitre 21 : Structural elements of the body (pp.419-442).

Chapitre 22 : Mechanics of support and movement (pp.443-464).

Lovejoy O. 1989. Quand l'homme se leva... Pour la Science 135: 64-74.

Pour la semaine du 22 janvier: Allométrie, Adaptation du squelette

Hildebrand M. 1988. Analysis of vertebrate structure. John Wiley & Sons, Inc.

Chapitre 23 : Form, function and body size (pp. 465-471).

Schmidt-Nielsen K. 1984. Scaling. Why is animal size so important?

Chapitre 2 : Problems of size and scale.

Fleagle JG. 1985. Size and adaptation in primates. In : WL Jungers (éd.). Size and scaling in primate biology. p. 1-19.

Jungers, WJ. 1984. Aspects of size and scaling in primate biology with special reference to the locomotor skeleton. Yearbook of Physical Anthropology, 27: 73-97.

Holliday TW, Franciscus RG. 2009. Body size and its consequences: Allometry and the lower limb length of Liang Bua 1 (*Homo floresiensis*). Journal of human evolution 57: 223-228.

Pour la semaine du 29 janvier: Modelage et remodelage

- Martin RB, Burr DB, Sharkey. 1998. Skeletal tissue mechanics. Springer.
Début du Chapitre 6: Mechanical adaptability of the skeleton. p. 225-245.
- Ruff CB. 2000. Biomechanical analyses of archaeological human skeletons. In : MA Katzenberg and SR Saunders (éd.). Biological anthropology of the human skeleton. Wiley-Liss & Sons, Inc. p. 71-102.
- Robling AG, Stout SD. 2003. Histomorphology, geometry, and mechanical loading in past populations. In: SC Agarwal, SD Stout (éd.), Bone loss and osteoporosis. p. 189-205.
- Woo SL-Y et al. 1981. The effect of prolonged physical training on the properties of long bone: A study of Wolff's law. The journal of bone and joint surgery 63A: 780-787.
- Lieberman DE, Crompton AW. 1998. Response of bone to stress: constraints on symmorphosis. In: ER Weibel, CR Taylor, L Bolis (éd.), Principles of animal design. Cambridge University Press. p. 78-86.
- Bertram JEA, Swartz SM. 1991. The 'Law of bone transformation': A case of crying wolff? Biological Reviews 66: 245-273.

Pour la semaine du 5 février: Articulations : mobilité et charges

- Hildebrand M. 1988. Analysis of vertebrate structure. John Wiley & Sons, Inc.
Chapitre 21 : Structural elements of the body (Révision des pages 436-442).
- Currey, JD. 2002. Bones: Structure and mechanics.
Partie du chapitre 7 : The shapes of bones, p. 225-231
Chapitre 8: Articulations (pp. 245-271).
- Martin RB, Burr DB, Sharkey. 1998. Skeletal tissue mechanics. Springer.
Début du Chapitre 7: Synovial joint mechanics, p. 275-280.
- Hamrick MW. 1999. A chondral modeling theory revisited. Journal of theoretical biology 201: 201-208.
- Ruff, C. 1988. Hindlimb articular surface allometry in Hominoidea and *Macaca*, with comparisons to diaphyseal scaling. Journal of Human Evolution, 17: 687-714.
- Lieberman, DE, Devlin, MJ, Pearson, OM. 2001. Articular area responses to mechanical loading: Effects of exercise, age, and skeletal location. American Journal of Physical Anthropology, 116: 266-277.
- Takakura Y, Tamai S, and Masuhara K. 1986. Genesis of the ball-and-socket ankle. Journal of Bone and Joint Surgery British Volume 68: 834-837.

Pour la semaine du 12 février: Écomorphologie

- Spencer LM. 1997. Dietary adaptations of Plio-Pleistocene Bovidae: implications for hominid habitat use. Journal of Human Evolution, 32: 201-228.
- Kappelman J. 1988. Morphology and locomotor adaptations of the bovid femur in relation to habitat. Journal of Morphology, 198 : 119-130.
- Plummer TW, Bishop LC, Hertel F. 2008. Habitat preference of extant African bovids based on astragalus morphology: operationalizing ecomorphology for palaeoenvironmental reconstruction. Journal of Archaeological Sciences, 35: 3016-3027.
- Kovarovic K, Andrews P. 2007. Bovid postcranial ecomorphological survey of the Laetoli paleoenvironment. Journal of Human Evolution, 52: 663-680.
- DeGusta D, Vrba E. 2005. Methods for inferring paleohabitats from discrete traits in the bovid postcranial skeleton. Journal of Archaeological Science, 32: 1115-1123.
- Curran, SC. 2012. Expanding ecomorphological methods : geometric morphometric analysis of Cervidae post-crania. Journal of Archaeological Science, 39: 1172-1182.
- Klein, RG, Franciscus, RG, Steele, TE, 2010. Morphometric identification of bovid metapodials to genus and implications for taxon-free habitat reconstruction. Journal of Archaeological Science, 37: 389-401.

Pour la semaine du 19 février: Enthèses et activités

- Al-Oumaoui I, Jiménez-Brobeil S, de Souich P. 2004. Markers of activity patterns in some populations of the Iberian Peninsula. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14: 343-359.
- Zumwalt A. 2006. The effect of endurance exercise on the morphology of muscle attachment sites. *The Journal of Experimental Biology*, 209: 444-454.
- Villotte S, Castex D, Couallier V, Dutour O, Knüsel CJ, Hebry-Gambier D, 2010. Enthesopathies as occupational stress markers: Evidence from the upper limb. *American Journal of Physical Anthropology*, 142: 224-234.
- Villotte S, Knüsel CJ. 2013. Understanding enthesal changes: Definition and life course changes. *International Journal of Osteoarchaeology*, 23: 135-146.
- Niinimäki S, 2011. What do muscle marker ruggedness scores actually tell us? *International journal of osteoarchaeology*, 21: 292-299.
- Alves Cardoso F, Henderson CY. 2010. Enthesopathy formation in the humerus: Data from known age-at-death and known occupation skeletal collections. *American Journal of Physical Anthropology*, 141: 550-560.

Pour la semaine du 1 novembre: Méthodes d'acquisition d'image-Bases

- Coqueugniot H., Dutour O. 2015. Apports de l'imagerie numérique 3D à l'étude de l'os ancien, normal et pathologique. In: Balasse M, Brugal J-P, Dauphin Y, Geigl E-M, Oberlin C, Reiche I. (dir.), *Messages d'os. Archéométrie du squelette animal et humain. Éditions des archives contemporaines*: Paris. pp. 255-267.
- Tocheri, M.W. 2009. Laser Scanning: 3D analysis of biological surfaces. In: Sensen CW et Hallgrímsson (dir.), *Advanced imaging in biology and medicine*. Springer-Verlag: Berlin. pp. 85-101.
- Zollikofer CPE, Ponce de León MS. 2005. Virtual Reconstruction. A primer in computer-assisted paleontology and biomedicine. Wiley-Interscience: Hoboken, NJ. Chapitre 3: Data acquisition, pp. 57-95.
- Balzeau A. 2015. Imagerie par tomographie RX. In: Balasse M, Brugal J-P, Dauphin Y, Geigl E-M, Oberlin C, Reiche I. (dir.), *Messages d'os. Archéométrie du squelette animal et humain. Éditions des archives contemporaines*: Paris. pp. 269-282.

Pour la semaine du 8 novembre : Atelier en laboratoire d'écomorphologie

Pour la semaine du 15 novembre: Morphométrie multivariée

- Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets HD, Fink WL. 2004. *Geometric morphometrics for biologists*. Elsevier : Amsterdam. pp. 1-16.
- Cucchi T, Baylac M, Evin A, Bignon-Lau O, Vigne J-D. 2015. Morphométrie géométrique et archéozoologie : concepts, méthodes et applications. In: Balasse M, Brugal J-P, Dauphin Y, Geigl E-M, Oberlin C, Reiche I. (dir.), *Messages d'os. Archéométrie du squelette animal et humain. Éditions des archives contemporaines*: Paris. pp. 197-216.
- Zollikofer CPE et Ponce de León MS. 2005. Virtual Reconstruction. A primer in computer-assisted paleontology and biomedicine. Wiley-Interscience: Hoboken, NJ. Chapitre 8: Morphometric analysis, pp. 225-276.
- O'Higgins P. 2000. The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. *Journal of Anatomy*, 197: 103-120.
- Marchi D, Proctor DJ, Huston E, Nicholas CL, Fischer F. 2017. Morphological correlates of the first metacarpal proximal articular surface with manipulative capabilities in apes, humans and South African early hominins, *Comptes Rendus Palevol*, 16: 645-654.

VERSION PRÉLIMINAIRE

Pour la semaine du 22 novembre: Analyses tridimensionnelles: nouvelles applications
Skinner MM et al. 2010. Contributions of enamel-dentine junction shape and enamel deposition to primate molar crown complexity. *American Journal of Physical Anthropology*, 142: 157-163.
Morimoto N, Ponce de León MS, Zollikofer CPE, 2011. Exploring femoral diaphyseal shape variation in wild and captive chimpanzees by means of morphometrics mapping: a test of Wolff's law. *The Anatomical Record*, 294: 589-609.
Strait et al. 2009. The feeding biomechanics and dietary ecology of *Australopithecus africanus*. *Proceedings of the National Academy of Science*, 106: 2124-29.
Tsegai ZJ, Stephens NB, Treece GM, Skinner MM, Kivell TL, Gee AH. 2017. Cortical bone mapping: An application to hand and foot bones in hominoids, *Comptes Rendus Palevol*, 16 : 690-701.

TRADUCTION DE TERMES DE BIOMÉCANIQUE

Load	Charge
Mass	Masse
Weight	Poids
Lever	Levier
Load arm	Distance de l'appui à la résistance
Lever arm	Distance de l'appui à la force appliquée
Strength	Ténacité
Stress	Pression/tension
Strain	Allongement, raccourcissement, contrainte (Déformation ?)
Young's modulus	Module de Young
Shear	Cisaillement
Strong	Fort
Weak	Fragile/faible
Stiffness	Raideur/rigidité
Ductile	Malléable
Brittle	Rigide/cassant (se brise en morceaux)

MODÉLISATION DES OS LONGS

Les os longs peuvent être modélisés comme des poutres.
 La ténacité d'un os long peut être calculée.

Force axiale

Proportionnelle seulement à la quantité de matériel perpendiculaire à la force

Force de flexion

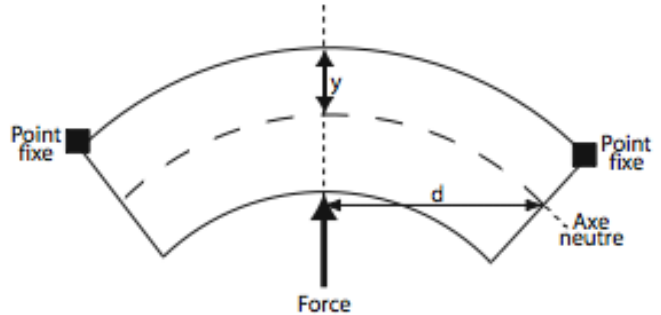
Proportionnelle à la quantité de matériel, la distribution du matériel, la longueur de l'os.

Ténacité en flexion = I/M_y

Où $M = \text{Force} * \text{distance}(d)$

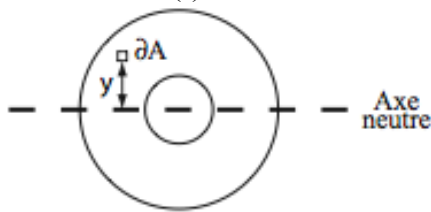
$y =$ distance de l'axe neutre jusqu'au point le plus distant de l'os
 (perpendiculaire à la coupe)

$I =$ second moment de l'aire



Second moment de l'aire (I)

$I = \sum \partial A y^2$



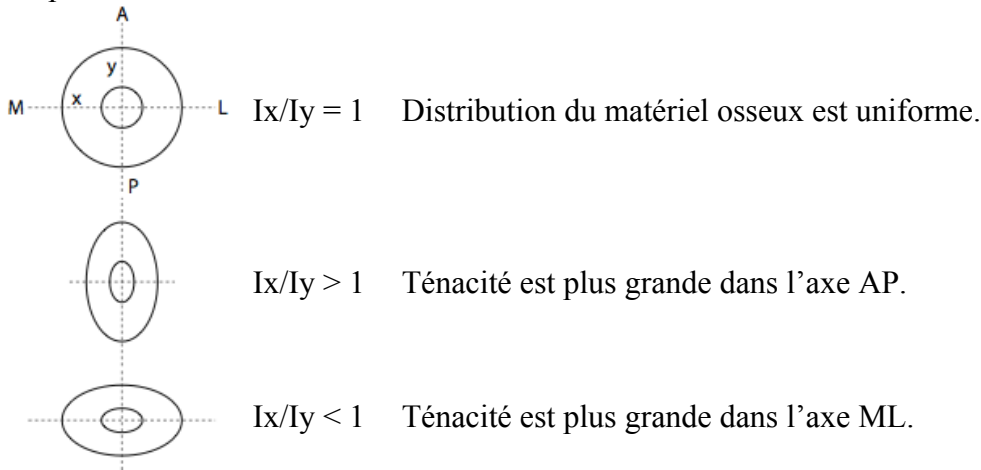
$\sum \partial A =$ aire de chacune des minuscules unités (voir figure), unité mm^2
 $y =$ distance de cette aire à l'axe neutre, unité mm

Plus le matériel est éloigné de l'axe neutre, plus grand est le second moment et donc résiste mieux les forces en flexion.

I reflète la « résistance » dans un axe (souvent AP ou ML)

Aussi I_{max} et I_{min}

$I_{\text{ap}}/I_{\text{ml}} =$ forme



$J =$ moment polaire d'inertie (proportionnelle à la ténacité en torsion)

$J = I_{\text{ap}} + I_{\text{ml}}$

ISOMÉTRIE ET ALLOMÉTRIE

Distance linéaire	$L_2 = k * L_1$
Aire ou Surface	$L_2^2 = k^2 * L_1^2$
Volume (masse)	$L_2^3 = k^3 * L_1^3$

Par exemple, en doublant les distances linéaires, les surfaces (ou aires) sont quadruplées et le volume est 8 fois plus grand.

Distance linéaire	$L_2 \Rightarrow 2 * L_1$
Aire ou Surface	$L_2^2 = 2^2 * L_1^2 = 4 L_1^2$
Volume	$L_2^3 = 2^3 * L_1^3 = 8 L_1^3$

Force des os ou des muscles est proportionnelle à leur aire en coupe.

Si l'animal est doublé en taille (gonflé pour qu'il soit deux fois plus gros), il est donc 8 fois plus lourd, mais la force/résistance de ses muscles et de ses os longs n'est que 4 fois plus grande. Son corps doit donc s'adapter à la force/résistance relativement réduite de ses os et muscles.

Stratégies

Géométrie différente (allométrie au sens classique)

Locomotrice

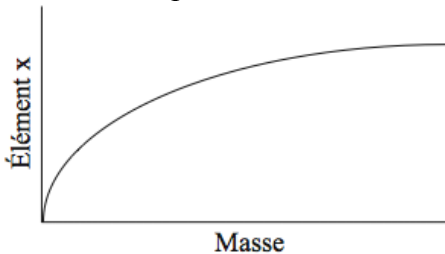
Posturale

Comportementale

Alimentaire

Souvent, toutes ces réponses simultanément

Relation exponentielle



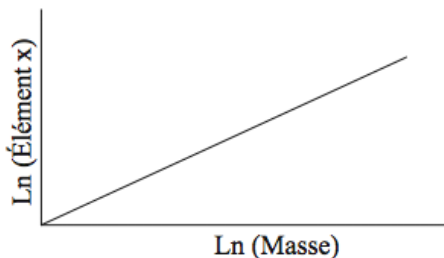
$$y = a x^b$$

En faisant le log (naturel ou base 10) des variables, la relation devient linéaire.

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

b devient la pente de la régression.

b représente le rythme de changement.



L'isométrie d'une pente est définie par [dimension de l'ordonnées/dimension de l'abscisse]. Pour une comparaison longueur par masse (comme à gauche), on calcule la pente comme suit: 1/3 (longueur=1 dimension; masse=3 dimensions). La pente isométrique est donc 1/3 ou 0,33333. Une pente plus grande indique une allométrie positive et une pente plus petite une allométrie négative.