

Préface

Cet ouvrage intitulé *Les variations osseuses asymptomatiques du squelette postcrânien humain* est issu d'une recherche doctorale dont la qualité a été unanimement saluée par les membres du jury et aborde un sujet peu connu, aux applications médico-légales, mais aussi aux implications dans les études archéologiques.

Les variations anatomiques sont connues depuis bien longtemps, mais leur étude a été délaissée par les anthropologues.

De ce fait, aujourd'hui, peu d'ouvrages présentent ne serait-ce qu'un inventaire de ces variations et, quand c'est le cas, cela se limite majoritairement au squelette crânien. Il était donc temps qu'une étude fasse le point sur ce sujet, incluant un recensement des autres régions anatomiques du squelette.

Dans cet ouvrage, Madame E. Verna propose une définition anatomique des variations osseuses asymptomatiques les plus pertinentes selon le contexte d'étude (médico-légal ou archéologique), puis une estimation de la fréquence de ces variations, de leur dimorphisme, de leur latéralisation, de leur variabilité à partir de l'étude de deux populations : l'une contemporaine, l'autre ostéo-archéologique et complétée par des données de la littérature.

Cet ouvrage, qui disons-le faisait défaut jusqu'ici, pourra être utilisé comme un document dans l'étude des variations anatomiques et comme une référence pour les variations postcrâniennes.

La qualité des illustrations accompagnées de fréquences multiples pour chaque variation pourra permettre au chercheur de l'utiliser au fil de ses travaux de recherche ou d'expertise. Car cet ouvrage présente une approche à l'interface de plusieurs disciplines,

issue d'une recherche fondamentale, mais aussi de cas appliqués, dans une perspective d'identification individuelle et donc médico-légale, tout autant que dans une approche populationnelle et donc de meilleure connaissance des populations du passé. À n'en pas douter, anatomistes, anthropologues, médecins légistes et radiologues y trouveront une aide précieuse.

Jaroslav BRŮŽEK
Professeur à la Faculté des sciences
de l'Université Charles, Pragues
Directeur de recherche émérite, UMR PACEA

Avant-propos

Cet ouvrage permet, de manière simple et rapide, d'employer les variations osseuses asymptomatiques (VOA) dans les différentes aires de recherche de l'anthropologie biologique. Il va permettre à chacun de l'utiliser selon son objectif d'étude. Certaines VOA présentent des différences de fréquence en fonction des populations, certaines en fonction du support d'étude (os sec, imagerie). Il s'avère également intéressant de connaître celles ayant une fréquence très importante (supérieure à 80-90 %), l'observation cette fois-ci de l'absence de la variation peut avoir un intérêt.

Une bonne connaissance de l'ensemble des VOA retrouvées sur le squelette post-crânien va faciliter leur utilisation. Même si l'étiologie exacte de la majorité d'entre elles reste inconnue, une définition claire, couplée à une bonne iconographie et l'accès à une fréquence populationnelle en permettra une utilisation simple et rapide dans différents contextes. Quel que soit le contexte, leur utilisation peut permettre d'apporter des informations sur un individu et ainsi de mieux le caractériser.

Cet ouvrage présente chacune des 82 VOA présentes sur le squelette post-crânien humain et regroupe différentes informations :

- les synonymes en français, en anglais et en latin ;
- une description simple qui permet de placer la VOA sur l'os et de connaître son origine ;
- une illustration à partir de quatre images : un schéma Illustrator, sur os sec (collections ostéo-archéologiques de l'UMR 7268 ou du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris), une reconstruction 3D à partir du logiciel Avizo® et une image d'une coupe au format DICOM (imagerie médicale de l'Assistance publique des hôpitaux de Marseille) ;

- une fréquence à partir d'étude sur os sec (collections ostéologiques) et/ou une fréquence à partir d'étude sur imagerie médicale (radiographie, IRM, scanner) en fonction de la population étudiée ;
- les associations observées pour la VOA en fonction du sexe, de l'âge et de la latéralité (mises en évidence à l'aide de tests statistiques).

Concernant l'illustration, les quatre supports ne sont pas toujours disponibles pour chacune des VOA. Certaines variations, notamment celles du membre supérieur, sont plus rarement observées à partir d'imagerie (à part la radiographie, le bras est rarement scanné, ceci a limité l'accès aux images). L'ensemble des illustrations a été recueilli par l'auteur, ce qui explique parfois le manque de certaines images qui n'ont pas été retrouvées lors de l'étude.

Introduction

Les variations anatomiques suscitent depuis longtemps, à partir de la fin du XIX^e siècle, un intérêt auprès des anthropologues et des anatomistes notamment. Même si la première description des variations anatomiques retrouvée dans la littérature remonte à l'Antiquité avec la description d'os suturaires faite par Hippocrate (Le Double 1903), il faudra attendre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e pour voir apparaître des études spécifiques sur ces variations. Ces travaux ne sont alors que purement descriptifs et effectués majoritairement par des anatomistes, ce qui a permis de compiler un ensemble de données conséquent. Les travaux de (Le Double 1903, 1906, 1912), lui-même anatomiste, en sont de bons exemples, et ses traités font toujours autorité dans le domaine médical. Il a en particulier écrit d'importants ouvrages sur les vertèbres, regroupant l'ensemble des variations dites « anormales » du squelette axial (Le Double 1912). D'autres études se tournent vers une démarche comparative, comme celle de Chambellan (1883). Il s'agit là de la première utilisation des variations anatomiques en tant que caractères anthropologiques dans un but de comparaison entre individus ou entre populations (Gemmerich 1999). Toutefois, ces travaux servent surtout à valider des classifications sociales et raciales hiérarchisées, et la comparaison des individus entre eux a entraîné la définition de « critères de diagnose raciale » (Wood-Jones 1931, 1934). L'étude des variations anatomiques est délaissée de manière générale entre les deux guerres mondiales, puis connaît un nouvel essor dans les années 1950 sous l'impulsion de chercheurs tels que Berry et Berry (1967) et Ossenberg (1969). À cette époque, les études passent d'une approche intra-populationnelle à inter-populationnelle dans le but d'étudier l'affinité entre les groupes humains (Berry 1974 ; Murail 2005), c'est-à-dire les microévolutions ou la dynamique de peuplement. En premier lieu, elles sont réalisées à partir d'un panel de variations crâniennes pour effectuer une simple comparaison anatomique de populations, puis, dans un second temps, elles mettent en évidence des processus de peuplement et d'apparentement entre populations (combinaison de plusieurs types de données : anthropologiques, génétiques, linguistiques, géographiques, etc.). Ces avancées sont à mettre en parallèle

avec la maîtrise de nouveaux outils statistiques permettant entre autres l'estimation de distances biologiques (Grüneber 1952) par la « mesure moyenne de divergence » (MND) (révisée par (Sjovold 1973)).

Les variations anatomiques ont également été utilisées dans des analyses phylogénétiques sur des fossiles hominidés (Thoma 1981) ou sur des grands singes actuels (Braga 1993). Les résultats sont identiques à ceux obtenus à partir de la génétique et montrent ainsi le potentiel de ces dernières. Des expérimentations réalisées dans des situations connues ont permis de mettre en avant des relations entre différents groupes humains, de montrer certaines évolutions au sein de groupes, mais également d'étudier le déterminisme génétique et de calculer le taux d'héritabilité de certaines variations (Berry 1975 ; Saunders et Popovitch 1978 ; Cheverud et Buikstra 1981a, 1981b, 1982 ; Sjovold 1984). L'influence des facteurs environnementaux a également été étudiée (Bocquet-Appel 1984). L'ensemble de ces études a permis de nuancer le poids accordé aux variations anatomiques en tant que « marqueurs familiaux » et de montrer que l'apparition de ces dernières est soumise à la fois à des facteurs génétiques et environnementaux (Fily *et al.* 2001). Les conclusions obtenues suite à leur utilisation en contexte d'anthropologie funéraire doivent être nuancées et davantage formulées sous la forme d'hypothèses. Des travaux de synthèse sont également élaborés afin de regrouper le maximum de variations et de servir de référentiel pour le crâne, les dents et le squelette postcrânien (Hauser et De Stefano 1989 ; Saunders 1989 ; Scott et Turner 1997).

Ces dernières années, l'étude de ces variations s'est essentiellement focalisée sur l'anthropologie funéraire. Crubézy (1990, 1991, 1992) a utilisé les caractères discrets dans des études mêlant anatomie et génétique afin de mettre en évidence d'éventuels regroupements familiaux, tout en gardant à l'esprit que seule la parenté biologique peut être appréhendée et non la parenté sociale. Il semble donc plus judicieux de parler de proximité biologique au sein d'un ensemble funéraire. Gemmerich (1999) a testé la relation entre lien de parenté et variation anatomique sur une collection de référence suisse (collection Simon). Aucune corrélation n'a été mise en évidence, remettant ainsi en cause l'utilisation des variations anatomiques en tant que « marqueurs familiaux ». Cette étude aura toutefois permis de mettre en avant des comportements socio-démographiques et d'aller vers l'interprétation de phénomènes microévolutifs (Murail 2005). Ceci a été confirmé par l'étude de la nécropole de Missiminia (Soudan) (Crubézy *et al.* 1999) qui a permis d'étudier les mouvements de population et l'organisation des espaces funéraires sur une période de trois siècles en se basant sur les variations anatomiques.

Des études sur l'analyse ADN, notamment sur l'ADN mitochondrial (Passariius *et al.* 2008), ont été entreprises afin de confirmer ou non le lien de parenté entre individus et ainsi valider la transmission génétique de certaines variations (Gruneberg 1952). Toutefois, il faut que l'ADN soit bien conservé et non contaminé, ce qui limite les conclusions.

Ces variations servent également dans des problématiques de peuplement en Suisse pour la période du Campaniforme (Desideri et Eades 2002), en Amérique (Ossenberg 1994) et en Polynésie (Hanihara 1992). Elles sont également utilisées dans la classification de groupes humains (Hanihara *et al.* 2003).

Enfin, elles peuvent être utilisées en anthropologie médico-légale afin d'aider à l'identification d'individus (Verna *et al.* 2014, 2015 ; Verna 2016). Le principe consiste à améliorer la caractérisation du profil biologique de l'individu au moyen de la cotation de variations anatomiques rares afin d'avancer vers une identification comparative ante/post-mortem, voire une identification positive (Riddick 1983 ; Schmitt *et al.* 2006). En effet, en anthropologie médico-légale, mais également de manière plus large en anthropologie biologique, la détermination du sexe, l'estimation de l'âge au décès et l'estimation de la stature sont des paramètres essentiels à la constitution du profil biologique d'un individu à partir de restes osseux. Toutefois, la construction de ce dernier à partir de ces trois paramètres uniquement limite les interprétations, car plusieurs individus peuvent partager un même profil. De plus, les méthodes d'estimation de l'âge et de la stature sont encore imprécises, surtout pour les individus adultes, et donnent, dans la majorité des cas, des fourchettes d'estimation larges pouvant ainsi correspondre à plusieurs individus. Quant à la détermination du sexe à partir de restes osseux, il n'est pas toujours possible de le déterminer avec certitude si l'os coxal (os le plus discriminant) est absent. Sans l'obtention de ces données ou avec des données imprécises, l'apport de l'expertise anthropologique reste donc limité. L'introduction et l'observation d'autres paramètres tels que les pathologies ou tout autre signe distinctif, notamment les variations anatomiques, peuvent être un atout dans l'établissement du profil biologique le plus complet et le plus singulier possible afin de ne correspondre qu'à un nombre très restreint d'individus ou, dans le meilleur des cas, à un seul et unique individu (Schmitt *et al.* 2006). En plus des variations anatomiques, l'observation des marqueurs de posture et des anomalies congénitales peut aussi se révéler être une piste intéressante pour compléter le profil biologique. Cependant, avant toute utilisation, une définition de chaque entité est nécessaire afin de mieux cerner leurs caractéristiques et leurs intérêts.

Les variations anatomiques sont plus connues sous le nom de caractères discrets. Ces derniers sont des éléments anatomiques nombreux, non constants et asymptomatiques retrouvés sur la majorité des os (Saunders 1978). L'apparition des caractères discrets suit la loi du tout ou rien (marqués alors absents ou présents), mais, pour certains d'entre eux, différents stades peuvent être appréciables (en particulier les caractères discrets crâniens). La cotation par stades entraîne cependant de nombreuses erreurs intra- et inter-observateur (Murail 2005). La cotation selon le mode du tout ou rien, 0 pour l'absence du caractère et 1 pour la présence, est à privilégier pour le squelette postcrânien. Certains caractères peuvent être plus ou moins volumineux (tel que le troisième trochanter)

(Dastugue 1984) et être mesurables. L'opposition discret/mesurable n'exclut pas forcément le caractère en tant que « discret », cela dépend de l'orientation que l'on souhaite donner à l'étude. Il faut seulement être prudent lors de leur utilisation. Concernant la fréquence de ces caractères dans les différentes populations, elle est spécifique à chacun et peut varier en fonction du sexe, du côté et de l'âge. Une différence inter-populationnelle, parfois importante, peut être observée pour certains caractères. Au travers de la littérature, une tendance se dégage avec une étude plus importante des caractères discrets du crâne (Hauser et De Stefano 1989) aux dépens de ceux présents sur le squelette postcrânien. Le crâne a pendant longtemps été considéré comme la pièce maîtresse du squelette (Gemmerich 1999). Les caractères discrets présents sur le squelette postcrânien suscitent moins d'intérêt, bien que des travaux de synthèse aient été réalisés sur cette région, comme ceux de Saunders (1978) et de Finnegan (1978). L'origine des caractères discrets est complexe et sujette à débat depuis le début de leur utilisation. Un déterminisme unique commun à tous n'est pas envisageable (Murail 2005). Leur héritabilité semble assez faible, même s'il existe quelques exceptions identifiées *via* l'étude de cas familiaux (Saunders et Popovich 1978), mais ces derniers ne répondent pas aux lois simples de la génétique, c'est-à-dire un gène pour un caractère (Murail 2005). Le déterminisme polyfactoriel est donc à privilégier et des expérimentations animales (Grüneberg 1952) confortent cette hypothèse. Certains facteurs épigénétiques peuvent également intervenir dans l'apparition de ces caractères (tels que des carences lors de l'enfance). L'origine des caractères discrets est polyfactorielle, elle est fonction d'un pool génétique et d'un environnement particulier. Il est donc plus prudent d'effectuer des interprétations à l'échelle populationnelle et non individuelle dans le cas d'étude d'ensemble funéraire ou de peuplement.

Les anomalies congénitales peuvent être définies comme des variations structurelles osseuses déviant de la morphologie standard humaine, c'est-à-dire des anomalies de structure ou de fonction. Ces anomalies peuvent être pathologiques ou non (Barnes 2012) et ont une origine génétique (contrôlées par un pool génétique). L'ouvrage majeur sur les anomalies congénitales est celui d'Ethne Barnes, *Atlas of developmental field anomalies of the human skeleton : a paleopathology perspective* (2^e édition 2012). Ce dernier référence l'ensemble des anomalies congénitales du squelette humain. Dans ce manuel, seules les anomalies qualifiées d'asymptomatiques ont été retenues. Elles peuvent être plus ou moins fréquentes selon les populations avec, pour certaines, une fréquence nulle dans certaines populations (Barnes 2012). Ce sera le cas, par exemple, de la vertèbre papillon (Merbs 2004). Ces différences permettent d'appréhender le modèle génétique de la population, c'est-à-dire les liens familiaux, les mariages et les migrations (Barnes 2012). Ces anomalies permettent de caractériser un individu, sachant qu'elles se développent lors de l'embryogenèse et sont donc présentes dès le plus jeune âge.

Les marqueurs osseux d'activité sont des variations symptomatiques ou asymptomatiques représentant la réponse de l'os face aux différents stress subis lors de la vie de l'individu (Kennedy 1989). Ces marqueurs peuvent être classés en trois groupes (Villotte 2008) selon la nature de la manifestation osseuse, en tenant compte toutefois de l'extrême variabilité de ces marqueurs : les adaptations osseuses structurales, les modifications pathologiques et les facettes articulaires surnuméraires et autres caractères discrets. Dans la suite de ce travail, ne seront pris en compte que les marqueurs appartenant au groupe des facettes articulaires surnuméraires au vu de leur caractère asymptomatique, et nous les regrouperons sous le terme de marqueurs de posture. En effet, ils ne peuvent pas être qualifiés de caractères discrets, car ils sont la conséquence de facteurs biomécaniques. Ils ont été décrits en premier lieu dans la littérature médicale au milieu du XVI^e siècle en tant que maladies liées au travail (notamment celui des mines). Puis, du XVIII^e au XIX^e siècle, ils vont être considérés comme les effets du travail sur le squelette humain (décrits par Charles Turner Thackrah (1795-1833) et William Arbuthnot Lane (1856-1943) (voir (Kennedy 1989)). À la fin du XIX^e siècle, une importante synthèse est réalisée par William Turner regroupant une grande partie des marqueurs d'activité (Kennedy 1989). Aleš Hrdlička, au début du XX^e siècle, porte une attention particulière à ces marqueurs, et de nombreuses études vont faire suite à ses découvertes. Un ouvrage important dans le domaine est celui de Fransesco Ronchese intitulé *Occupational Marks and Other Physical Signs : A guide to personal identification* publié en 1948 (Capasso *et al.* 1999). Actuellement, la synthèse la plus complète regroupant 130 marqueurs osseux en lien avec un type d'activité est l'*Atlas of Occupational Markers on Human Remains* de Capasso *et al.* (1999).

Les marqueurs de posture sont utilisés dans beaucoup de domaines de l'anthropologie biologique (paléoanthropologie, anthropologie funéraire, anthropologie médico-légale, etc.) et ils permettent de proposer des interprétations sur les activités des populations du passé afin de mieux appréhender leur mode de vie (Villotte 2009). Des reconstitutions de modèles d'activité se basant sur des expérimentations actuelles avec des activités connues (Dutour 1992, 2000) ont été réalisées afin de tenter d'appréhender une association entre un marqueur et une activité. Dans notre approche, seuls seront sélectionnés les marqueurs de posture asymptomatiques. Les enthésopathies ne seront pas utilisées au vu de leur caractère pathologique, même si des études antérieures associent parfois ces enthésopathies à l'étude des caractères discrets (Finnegan 1978 ; Saunders 1978).

Dastugue (1984) propose une définition d'un caractère discret comme étant « “un signe” et sa qualité essentielle, première, est d'être au maximum “signifiant” ». Cette définition semble pouvoir s'appliquer également aux anomalies congénitales et aux marqueurs de posture sélectionnés dans notre étude.

Pour être « signifiants » ils doivent remplir plusieurs conditions :

- être définissables sans ambiguïté. Ceci est relativement compliqué pour une partie des caractères discrets, car il est difficile de trouver une définition consensuelle dans la littérature, la plupart possédant de multiples définitions plus ou moins proches les unes des autres (par exemple, la région du col fémoral) ;

- être constitutionnels et normaux. Il s’agit de deux états difficiles à remplir. La limite entre constitutionnel et acquis est parfois très délicate à saisir pour certains caractères (par exemple, les facettes d’accroupissements du tibia et du talus) qui ne peuvent alors être considérés comme caractères discrets au sens strict du terme. Pourtant, ces derniers ne sont ni mesurables ni symptomatiques, illustrant bien ici toute la difficulté de définir *stricto sensu* un caractère discret. Cette remarque s’applique également pour certaines anomalies congénitales (la *spina bifida occulta*). De même, pour le terme « normaux », qu’est-ce que la normalité ? Il semble difficile de faire une différence entre le normal et l’anormal (Dastugue 1982) et c’est pour cette raison que l’étude des caractères discrets côtoie très souvent le pathologique avec une limite parfois très mince entre ces deux mondes ;

- établir une éventuelle hiérarchie. Cela doit dépendre de l’objectif et du matériel de l’étude. Il n’est pas nécessaire de prendre l’ensemble des caractères discrets crâniens, dentaires et postcrâniens pour l’étude. Par exemple, en anthropologie médico-légale, seuls ceux ayant une fréquence inférieure à 10 % et qui sont facilement observables en imagerie peuvent être considérés comme pertinents et donc être sélectionnés ;

- être stables. C’est-à-dire privilégier les études sur des individus adultes matures permettant d’éviter les contraintes liées à la maturation osseuse qui pourrait empêcher l’observation de certains caractères.

Cette approche permet de donner une définition commune et d’orienter le choix des variations selon l’objectif de l’étude.

Afin de faciliter l’emploi de ces différents termes (caractères discrets, anomalies congénitales asymptomatiques et marqueurs de posture), ils sont regroupés sous une même dénomination : **variation osseuse asymptomatique (VOA)**.

La définition de la variation peut différer quelque peu selon les auteurs, risquant d’entraîner des confusions et l’emploi erroné d’un nom. Dans ce manuel, est présent l’ensemble des synonymes retrouvés dans la littérature pour chacune des VOA afin d’éviter les confusions et de pouvoir s’appuyer sur une définition claire.

Peu de classifications ayant été réalisées pour le squelette postcrânien, nous avons repris la classification des caractères discrets crâniens établie par Ossenberg (1969), tout

en l'adaptant et en incluant de la meilleure façon possible les anomalies congénitales et les marqueurs de posture. La classification proposée est donc la suivante :

- les variations hyperstotiques : les variations résultant de l'ossification d'éléments cartilagineux ou ligamenteux et, par extension, toute variation produisant une sur-ossification par rapport à l'état d'origine ;
- les variations hypostotiques : les variations résultant d'ossification incomplète ou de persistance de stades immatures à l'âge adulte ;
- les os surnuméraires ;
- les variations de facettes articulaires : le dédoublement, l'absence, la position, le nombre.