

La ressemblance familiale du somatotype pendant la croissance

Familial resemblance of somatotype during growth

Esther Rebato¹, Itziar Salces¹, Javier Rosique¹ et Charles Susanne²

¹ Departamento de Biología Animal y Genética (Laboratorio de Antropología Física). Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea. Apdo. 644-48080 Bilbao (España). E-mail: ggpreoce@lg.ehu.es

² Laboratory of Anthropogenetics, Faculty of Sciences, Free University Brussels. Pleinlaan 2, 1050 Brussels (Belgium)

Mots clés: ressemblance familiale, somatotype anthropométrique, maximum de vraisemblance, Pays Basque, croissance

Key words: Familial Resemblance, Anthropometric Somatotype, Maximum-likelihood, Basque Country, Growth.

Résumé

Nous avons étudié la ressemblance familiale des composants du somatotype anthropométrique de Heath-Carter dans un échantillon de 1350 germains de 634 familles nucléaires de la province de Biscaye (Pays Basque, Espagne). Les corrélations entre les différents types de germains pour l'endomorphie, la mésomorphie et l'ectomorphie ont été calculées par la méthode de vraisemblance maximale, après avoir standardisé les données par régression multiple selon deux modèles, tenant compte de l'âge, du sexe, et de chacun des composants par rapport aux deux autres (Modèle 1), de quelques variables socio-familiales partagées par les germains (Modèle 2). Afin d'examiner l'effet de l'âge sur les corrélations, l'échantillon total a été divisé en trois catégories d'âge dont les limites correspondent aux périodes prépubertaire, pubertaire et postpubertaire. Pour les deux modèles, toutes les corrélations étaient significatives, avec des valeurs plus élevées pour la mésomorphie que pour l'endomorphie. Le sexe des germains influence significativement les corrélations de la mésomorphie mais pas celles des deux autres composants. En général, les germains de même sexe ont des ressemblances mésomorphiques et ectomorphiques significatives, mais entre soeurs la corrélation est relativement peu élevée par rapport aux frères pour l'endomorphie. Ce dernier composant est le plus influencé par l'âge, montrant une diminution significative des corrélations pendant la période de croissance considérée.

Abstract

We have studied the familial resemblance of Heath-Carter's anthropometric somatotype in a sample of 1350 siblings from 634 nuclear families from the Biscay province (Basque Country, Spain). Correlations between the different types of siblings for endomorphy, mesomorphy and ectomorphy were computed by maximum-likelihood after standardising the data by a multiple regression according to two different models, taking into account the age, the sex and each somatotype component with respect to the other two (Model 1), several shared socio-familial by the siblings (Model 2). In order to examine the effect of age on correlations, the whole sample was divided in three categories of age whose limits correspond to the prepuberal, puberal and postpuberal periods. For both models, all correlations were statistically significant, being the values for mesomorphy higher than for endomorphy. The sex of siblings influences significantly on mesomorphy correlations but not on the other two components. In general, like-sex siblings have significant resemblances for mesomorphy and ectomorphy, but between sisters correlations was rather low compared with that between brothers for endomorphy. This last component was the most influenced by the age, showing a significant decrease of correlations during the considered growth period.

Introduction

L'étude de la forme du corps humain a toujours suscité de l'intérêt autant pour une finalité clinique ou esthétique que pour ses variations liées à la croissance, au sexe ou au vieillissement. Les scientifiques, désireux de quantifier et de comparer les variations infinies de la morphologie d'*Homo sapiens*, ont développé de nombreux systèmes pour classer cette variation physique. Depuis les années 60, le calcul du somatotype représente une des méthodes les plus utiles de quantification de la forme corporelle, indépendamment de la taille. L'emploi de mesures anthropométriques adéquates a permis de créer une méthode pour évaluer l'image globale de la forme du corps humain et d'étudier sa plasticité: le calcul du somatotype anthropométrique (Heath et Carter, 1967; Carter *et al.*, 1983). Le somatotype consiste en la description qualitative de la forme et de la composition corporelle, en un moment déterminé, exprimée par trois composants: 1) l'endomorphie (la graisse relative), 2) la mésomorphie (développement musculo-squelettique relatif) et 3) l'ectomorphie (linéarité relative).

L'analyse du somatotype a été incorporée aux études auxologiques et son étude durant la période de croissance a permis de mieux comprendre les différences sexuelles de l'acquisition de la forme corporelle. L'analyse du format corporel a aussi une importance épidémiologique: l'étude de l'association entre les composants du somatotype et les modèles extrêmes de la distribution de graisse (centripète et périphérique) rend possible l'identification de groupes à risque de certaines maladies cardio-vasculaires, de l'athérosclérose coronaire et du diabète mellitus non dépendant à l'insuline, qui sont associés à l'obésité centrale. D'autre part, les différences géographiques des somatotypes médians au même âge peuvent être la conséquence tant d'adaptations nutritionnelles ou d'activités différentes, que du potentiel génétique. Pour déterminer l'importance de la partie héritable des composants du somatotype, des études gémellaires (Kovàr, 1977; Chovanová *et al.*, 1982; Maes, 1992; Song *et al.*, 1994), de fratries ou de parents-enfants ont été réalisées (Bouchard *et al.*, 1980; Pérusse *et al.*, 1988; Song *et al.*, 1993; Sánchez-Andrés, 1995). Ces études sur la contribution relative de la génétique et du milieu sur le développement de la forme corporelle indiquent que les niveaux d'héritabilité du somatotype sont modérés, et que des contributions plus complexes de variables environnementales existent.

Le but de cette recherche était d'étudier le degré de ressemblance familiale des composants du somatotype anthropométrique de Heath-Carter et les changements avec l'âge des corrélations entre germains, dans un échantillon de fratries de la province de Biscaye (Pays Basque, Espagne). De plus, nous avons considéré l'effet sur les corrélations de quelques variables sociofamiliales partagées par les germains et affectant potentiellement la forme corporelle.

Matériel et Méthodes

L'échantillon

Nous avons étudié un échantillon de 1350 germains (685 garçons et 665 filles) de 634 familles nucléaires de la province de Biscaye (Pays Basque, Espagne). L'âge de ces germains est situé de 4 à 22 ans pour les garçons et de 4 à 24 ans pour les filles (tableau 1). L'âge décimal de chaque personne a été calculé comme la différence entre le jour de l'échantillonnage et le jour de la naissance. L'information recueillie inclut des données socio-familiales telles que la profession du père et son niveau d'éducation, ainsi que le nombre de germains. Le niveau d'occupation a été subdivisé en 5 groupes: 1) ouvriers non qualifiés, 2) agriculteurs, marins, pêcheurs, 3) ouvriers qualifiés, 4) employés d'administration ou d'entreprise, marchands, commerçants et 5) managers et autres professions spécialisées. Le niveau d'éducation a été subdivisé en 4 groupes: 1) pas d'éducation scolarisée, 2) école primaire, 3) école secondaire et 4) études universitaires. Finalement, 8 groupes résument le nombre de germains: de 2 à 9.

Age	Garçons	Filles	Total
4	20	19	39
5	27	23	50
6	30	22	52
7	25	18	43
8	30	25	55
9	63	39	102
10	59	49	108
11	57	61	118
12	68	59	127
13	66	59	125
14	53	91	144
15	47	59	106
16	55	64	119
17	43	41	84
18	29	27	56
19	8	4	12
20	5	5	10
Total	685	665	1350

Tableau 1. Distribution de l'échantillon des germains en fonction de l'âge et du sexe.
Table 1. Distribution of the sibling sample regarding age and sex

Anthropométrie

Equations pour le calcul du somatotype anthropométrique

Les équations de régression utilisées par la méthode Heath-Carter se basent sur des mesures anthropométriques: taille (cm), poids (kg), quatre plis sous-cutanés (triceps, subscapulaire, suprailliaque et le mollet, mm), deux diamètres osseux (largeurs bicondyliques humérale et fémorale, cm) et deux circonférences (mollet et bras en flexion maximale, en cm). Les mesures ont été prises selon les critères IBP (Weiner et Lourie, 1981). Les équations utilisées sont celles de Heath et Carter, 1967 et de Carter *et al.*, 1983, à savoir:

$$\text{Endomorphie} : -0,7182 + [0,1451(\text{ }) - 0,0068(\text{ }^2) + 0,00014(\text{ }^3)]$$

=somme des plis triceps, subscapulaire et suprailliaque
 est multipliée par (170,18/taille)

$$\text{Mésomorphie} : [(0,858H) + (0,601F) + (0,188CBC) + (0,161CPC)] - (0,131E) + 4,5$$

H = largeur bicondyliques humérale

F = largeur bicondyliques fémorale

E = taille

CBC=circonférence du bras (CB) corrigée pour le pli du triceps=CB-(pli du triceps/10)

CPC=circonférence mollet (CP) corrigée pour le pli du mollet=CP-(pli du mollet/10)

Ectomorphie : $[(E/P)^{1/3}] 0,732] - 28,58$

E = taille

P = poids

Il faut tenir compte que :

si $[E/(P)^{1/3}] < 40,75$ et $> 38,25$, l'ectomorphie = $[E/(P)^{1/3}] 0,463]-17,63$

si $[E/(P)^{1/3}] < 38,25$, l'ectomorphie = 0,1

Analyses statistiques

Pour décrire l'échantillon, les moyennes (m) et écarts-types (sd) des composants du somatotype (endomorphie, mésomorphie et ectomorphie) ont été calculés. Le test de Kolmogorov-Smirnov de normalité a été appliqué à chaque composant: la distribution des données a pu être considérée comme normale ($p < 0,05$), et donc les variables ne furent pas transformées. Avant de calculer les coefficients de corrélation, les trois composants du somatotype ont été standardisés par régression multiple. La 1ère analyse (Modèle 1) consiste à standardiser pour l'âge, le sexe et chacun des composants par rapport aux deux autres selon l'équation: $\hat{age} + \text{sexe} + (\hat{age} \times \text{sexe}) + \hat{age}^2 + \hat{age}^3 + \text{composants}$. Sexe et âge sont les sources principales de la variation des somatotypes pouvant affecter les estimations de corrélation, spécialement pendant la phase de croissance. Le somatotype est une estimation composite de la forme corporelle (les trois composants définissent ensemble le physique de l'individu, ils ne sont pas indépendants l'un de l'autre): les corrélations pour un composant spécifique ont donc été calculées après ajustement pour les 2 autres par cette méthode de régression.

La 2de analyse ajoutait à celle de la 1er les variables socio-familiales déjà mentionnées (Modèle 2). L'équation précédente devient:

$\text{Age} + \text{sexe} + (\hat{age} \times \text{sexe}) + \hat{age}^2 + \hat{age}^3 + \text{composants} + \text{occupation du père} + \text{niveau d'éducation} + \text{grandeur de la fratrie}$.

Les variables socio-familiales ont été considérées comme une estimation des conditions socio-économiques, capables de modifier par la voie nutritionnelle et l'activité physique la forme corporelle de l'individu. L'inclusion de variables socio-familiales partagées par chaque membre de la fratrie permet un contrôle statistique de l'environnement commun, qui peut produire une surestimation des corrélations obtenues. Le tableau 2 montre les valeurs des paramètres des régressions multiples utilisées pour adapter les variables selon les modèles 1 et 2. Toutes les valeurs R^2 ajustées étaient significatives ($p < 0,001$), et les pourcentages de variance expliquée s'avèrent être similaires pour les deux modèles. L'échantillon total a aussi été divisé en trois catégories d'âge: <12 ans (période prépubertaire), 12-15 ans (période pubertaire) et 15 ans (période postpubertaire), afin d'examiner l'effet de l'âge sur les corrélations. Les limites de ces catégories sont basées sur des études précédentes de l'âge moyen à la ménarche et de l'âge au PHV d'échantillons d'enfants de la province de Biscaye (Rebato *et al.*, 1993, 1994; Rosique et Rebato, 1995).

Paramètres	Endomorphie ¹	Mésomorphie ¹	Ectomorphie ¹	Endomorphie ²	Mésomorphie ²	Ectomorphie ²
Endomorphie		-0,144	-0,405		-0,103	-0,338
Mésomorphie	-0,215		-0,427	-0,230		-0,547
Ectomorphie	-1,23	-0,902		-1,250	-0,874	
SEXE	0,432	0,872	0,466	0,061	0,701	0,441
Age x Sexe	-0,065	-0,126	-0,048	0,035	-0,118	-0,058
Age	1,718	1,507	1,242	1,848	1,671	1,393
(Age)**2	-0,115	-0,094	-0,077	-0,129	-0,118	-0,092
(Age)**3	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
Occupation				-0,003	-0,018	-0,016
Niveau d'études				-0,013	-0,123	-0,056
N° de germains				-0,010	0,085	0,033
R ²	0,950	0,950	0,950	0,960	0,970	0,950

Tableau 2. Valeurs des paramètres de régressions multiples utilisés pour l'ajustement des composants du somatotype avec les Modèles 1 et 2.

Table 2. Values of the multiple regression parameters used for the fitting of somatotype components with Models 1 and 2.

Calcul des corrélations entre germains

Les corrélations de chaque composant du somatotype ont été calculées par maximum de vraisemblance selon la méthode de Rao *et al.* (1982), grâce au logiciel MLECOR (Rao *et al.*, 1987), qui permet de calculer simultanément tous les types de corrélations possibles. L'influence du sexe sur les corrélations a été analysée par le test de rapport de vraisemblance (Byard *et al.*, 1985) qui est équivalent à un test de X^2 avec 2 degrés de liberté. Les coefficients de corrélation estimés ont été comparés deux à deux avec un test t_s d'homogénéité basé sur le t de Student (Sokal et Rohlf, 1981).

Résultats

Par rapport aux composants du somatotype, les filles ont un niveau plus élevé d'endomorphie ou de graisse corporelle relative, alors que la mésomorphie tend à être plus élevée chez les garçons, l'ectomorphie étant similaire aux deux sexes (somatotypes moyens: 4,1-4,1-2,6 pour les garçons et 4,9-3,4-2,5 pour les filles). Les analyses statistiques (MANOVA) indiquent que les deux premiers composants contribuent significativement au dimorphisme sexuel, ce qui n'est pas le cas de l'ectomorphie.

Corrélations entre germains

Le tableau 3 donne les corrélations de chaque composant du somatotype après ajustement pour l'âge, le sexe et les 2 autres composants (Modèle 1) ainsi que les variables socio-familiales (Modèle 2). En ce qui concerne le Modèle 1, toutes les estimations de corrélation étaient statistiquement significatives. Les coefficients de corrélation les plus élevés ont été obtenus pour la mésomorphie quel que soit le sexe des germains, mais en particulier pour les germains de même sexe atteignant les valeurs théoriquement attendues (0,5 dans le cas des frères et 0,62 pour les soeurs). Les corrélations les moins élevées sont observées pour l'endomorphie (0,18) entre soeurs (SS) et germains de sexe différent (FS), les corrélations étant quelque peu plus élevées pour les frères (0,31). Le rapport de vraisemblance (X^2) de la mésomorphie était statistiquement significatif, en contraste avec les 2 autres composantes, accentuant l'importance du sexe dans les ressemblances familiales de la mésomorphie.

VARIABLES	FF		FS		SS		GERMAINS (SIBS)		
	n	r	n	r	n	r	n	r	χ^2
Endomorphie									
Modèle 1	170	0,27***	662	0,18***	158	0,18*	698	0,20***	1,46
Modèle 2	131	0,31***	494	0,21***	127	0,19*	537	0,23***	1,61
Mésomorphie									
Modèle 1	170	0,50***	662	0,38***	158	0,62***	796	0,45***	14,78***
Modèle 2	131	0,42***	494	0,19***	127	0,66***	614	0,31***	37,64***
Ectomorphie									
Modèle 1	170	0,31***	662	0,23***	158	0,21**	710	0,24***	0,92
Modèle 2	131	0,34***	494	0,19***	127	0,36***	554	0,25***	4,60

Tableau 3. Coefficients de corrélation calculés par vraisemblance maximale entre les différents types de germains et taille de l'échantillon pour les composants somatotypiques ajustés pour l'âge, sexe et par rapport aux effets des deux autres composants (Modèle 1), et ajustés pour l'âge, le sexe, les variables socio-familiales et par rapport aux effets des deux autres composants (Modèle 2). FF: frère-frère; FS: frère-soeur; SS: soeur-soeur. χ^2 : Test de rapport de vraisemblance (g.l.= 1). * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

Table 3. Correlation coefficients computed by maximum-likelihood between the different types of siblings and sample size for the somatotype components fitted for age, sex and the effects of the other two components (Model 1) and fitted for age, sex, socio-familial variables and the effects of the other two components (Model 2). FF: brother-brother, FS: brother-sister, SS: sister-sister, χ^2 : Test of significance (g.l.= 1). * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001.

Dans le Modèle 2, tous les coefficients de corrélation sont statistiquement significatifs, même si les corrélations de l'endomorphie entre soeurs (SS) sont à la limite de la signification statistique (p<0,05). Comme dans le cas précédent (Modèle 1), les corrélations les plus élevées correspondent à la mésomorphie pour les germains de même sexe (0,42 FF et 0,66 SS). Les corrélations les moins élevées sont obtenues pour les germains de sexe différent (0,19 FS) pour la

mésomorphie et l'ectomorphie, et entre soeurs pour l'endomorphie (0,19 SS). Les corrélations obtenues d'après les Modèles 1 et 2 ne sont pas significativement différentes, à l'exception de celles relatives à la mésomorphie entre germains de sexe différent (FS) ($t_s=2,94$, $p<0,01$) et entre germains (SIBS) ($t_s=2,81$, $p<0,01$). Dans les deux cas, les estimations de corrélation obtenues en considérant les variables environnementales partagées par les germains sont moins élevées: 0,38 FS et 0,45 SIBS (Modèle 1) vs 0,19 FS et 0,31 SIBS (Modèle 2).

Variations avec l'âge des corrélations entre germains

Au tableau 4 se trouvent les coefficients de corrélation estimés sur l'ensemble des germains sans tenir compte de leur sexe (SIBS) pour les 3 composants du somatotype et en les ajustant suivant les Modèles 1 et 2. Bien que seul les périodes pré et postpubertaires ont un nombre suffisant de cas pour offrir des résultats fiables, nous pouvons affirmer que l'endomorphie est la composante la plus influencée par l'âge et ceci dans les deux modèles, montrant une diminution significative de la première période à la dernière (tableau 5). La ressemblance familiale pour l'ectomorphie paraît décroître également avec l'âge, du moins dans le cas du Modèle 1 (tableau 5).

Période d'âge	Endomorphie	Mésomorphie	Ectomorphie
I Prépubertaire ¹	0,42*** (n= 265)	0,46*** (n= 262)	0,38*** (n= 262)
I Prépubertaire ²	0,39*** (n=220)	0,36*** (n=218)	0,35*** (n=217)
II Pubertaire ¹	-0,18 NS (n= 22)	0,36 NS (n= 22)	-0,02 NS (n= 22)
II Pubertaire ²	-0,24 NS (n=17)	0,30 NS (n=17)	0,30 NS (n=17)
III Postpubertaire ¹	0,28 ** (n= 122)	0,38*** (n= 121)	0,14 NS (n= 122)
III Postpubertaire ²	0,34** (n=77)	0,30** (n=77)	0,14 NS (n=77)

Tableau 4. Estimations des corrélations entre germains et taille de l'échantillon (entre parenthèses) par Maximum de Vraisemblance en fonction de la période d'âge pour les trois composants du somatotype, ajustés pour l'âge, le sexe et par rapport aux effets des autres deux composants (Modèle 1) et ajustés pour l'âge, le sexe, les variables socio-familiales, et par rapport aux effets des autres deux composants (Modèle 2).

Table 4. Correlation estimations between siblings and sample size (in brackets) by maximum-likelihood regarding the age periods, for the three somatotype components fitted for age, sex and the effects of the other two components (Model 1) and fitted for age, sex, socio-familial variables and the effects of the other two components (Model 2).

Composants (Modèle 1)	Prépubertaire ¹ vs Pubertaire ¹	Prépubertaire ¹ vs Postpubertaire ¹	Pubertaire ¹ vs Postpubertaire ¹
	Endomorphie	2,65**	1,45
Mésomorphie	0,50	0,93	0,08
Ectomorphie	1,73	2,35*	1,67
Composants (Modèle 2)	Prépubertaire ² vs Pubertaire ²	Prépubertaire ² vs Postpubertaire ²	Pubertaire ² vs Postpubertaire ²
	Endomorphie	2,36*	0,45
Mésomorphie	0,25	0,52	0,00
Ectomorphie	0,22	1,71	1,18

Tableau 5. Résultats du test d'homogénéité (ts) entre les coefficients de corrélation des trois périodes d'âge considérées (Modèles 1 et 2). * $p<0,05$; ** $p<0,01$.

Table 5. Results of the homogeneity test (ts) between correlations coefficients of the three age considered periods (Models 1 and 2). * $p<0,05$; ** $p<0,01$.

Discussion

Les résultats obtenus par le Modèle 1 donnent le niveau de ressemblance le plus élevé pour toutes les relations entre germains en ce qui concerne la mésomorphie, les résultats sont influencés par le sexe des germains. Les similarités plus élevées entre germains de même sexe par rapport à ce composant peut résulter d'influences environnementales spécifiques affectant plus les germains de même sexe que ceux de sexe différent (Song *et al.*, 1994). Différentes études sur jumeaux

(Kovár, 1977) et germains (Song *et al.*, 1993) ont aussi montré des corrélations plus élevées pour la mésomorphie, ainsi qu'un certain niveau d'agrégation familiale (Song *et al.*, 1993; Sánchez-Andrés, 1995). En tenant compte de variables socio-familiales communes aux membres de la fratrie (Modèle 2), un effet notable sur les corrélations de mésomorphie est observé: celles-ci tendent à diminuer entre germains de sexe différent (FS) et entre germains (SIBS), probablement comme résultat de l'influence importante de ces variables environnementales sur ce composant. Ni la quantité relative de graisse corporelle (endomorphie) ni l'ectomorphie ne sont affectées par les variables socio-familiales sélectionnées. A ce niveau la littérature est contradictoire. Dans une récente étude de la population espagnole (Sánchez-Andrés, 1995), des variables semblables à celles que nous avons utilisées n'ont pas d'effets significatifs sur les composants du somatotype. Mais les variables telles qu'activité physique et apport d'énergie ont une influence considérable sur les corrélations familiales (Song *et al.*, 1993), et Bouchard *et al.* (1980) démontrent que les corrélations entre germains diminuent notablement par un contrôle de sept indicateurs socio-économiques: ceci correspond à nos résultats sur la mésomorphie.

En général, le degré de ressemblance familiale peut être fonction de l'âge. Différentes études, longitudinales aussi bien que transversales, ont montré des variations avec l'âge des corrélations entre germains durant la croissance pour différents caractères anthropométriques (Mueller 1977; Friedlander *et al.*, 1989; Rebato *et al.*, 1997, 1999). Osborne et George (1959), dans leur étude classique de jumeaux, ont montré que pour le somatotype les estimations d'héritabilité étaient pour la période pré-pubertaire et pubertaire moins élevées que celles relatives aux adultes. Néanmoins, nos résultats indiquent la tendance contraire. Ce fait peut être dû à l'influence de l'environnement familial partagé par les enfants (nutrition, activité physique, etc.), surtout pour les plus jeunes, qui fait augmenter leur ressemblance phénotypique. Les analyses faites sur notre échantillon révèlent que les caractéristiques des somatotypes montrent des degrés de ressemblance entre germains semblables à ceux observés dans d'autres populations occidentales. Après avoir contrôlé pour l'âge, le sexe et des variables socio-familiales, les corrélations sont situées entre: 0,19 et 0,31 pour l'endomorphie, 0,19 à 0,66 pour la mésomorphie, 0,19 à 0,36 pour l'ectomorphie.

Conclusion

Dans le cas de la population biscaïenne, la mésomorphie est le composant qui a le degré le plus élevé de ressemblance, et l'endomorphie l'héritabilité la moins élevée. En général, des germains de même sexe montrent des ressemblances plus élevées de mésomorphie et d'ectomorphie, ainsi que pour l'endomorphie mais uniquement chez les garçons. Le sexe des germains a une grande influence sur les corrélations relatives à la mésomorphie, mais pas sur l'ectomorphie ou l'endomorphie. Ces deux dernières composantes ont été influencées par l'âge, montrant une diminution de la ressemblance au fur et à mesure que les enfants croissent. De plus, le contrôle des variables socio-familiales de la profession du père, de son niveau d'éducation et de la grandeur de la famille tendent à faire diminuer les coefficients de corrélation pour la mésomorphie, mais pas pour les autres composants.

Références

- Bouchard, C., Demirjian, A., et Malina, R., 1980, Heritability estimates of somatotype components based upon familial data. *Human Heredity*, 30, 112-118.
- Byard, P.J., Poosha, D.V.R., et Satyanarayana, M., 1985, Genetic and environmental determinants of height and weight in families from Andhra Pradesh, India. *Human Biology*, 57, 621-633.
- Carter, J.E.L., Ross, W.D., Duquet, W., et Aubry, S.P., 1983, Advances in somatotype methodology and analysis. *Yearbook of Physical Anthropology*, 26, 193-213.
- Chovanová, E., Bergman, P., et Stukosky, R., 1982, Genetic aspects of somatotypes in twins. *Anthropos (Brno)*, 22, 5-12.
- Friedlander, Y., Adler, B., et Palthi, H., 1989, Trends in sibling correlations for height and weight, the effect of age changes (0-24 months) and spacing between siblings (0-10 years). *Human Biology*, 61, 271-285.

- Heath, B.H., et Carter, J.E.L., 1967. A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, 27, 57-74.
- Kovár, R., 1977. Somatotypes of twins. *Acta Universitatis Carolinae Gymnica*, 13, 49-59.
- Maes, H.H.M., 1992. Univariate and multivariate genetic analysis of physical characteristics of twins and parents. Doctoral Dissertation. Catholic University of Leuven, Leuven, Belgium.
- Mueller, W.H., 1977. Sibling correlations in growth and adult morphology in a rural Colombian population. *Annals of Human Biology*, 4, 133-142.
- Osborne, R.H., et De George, F.V., 1959. *Genetic Basis of Morphological Variation: An evaluation and Application of The Twin Study Method.* (Cambridge : Harvard University Press).
- Pérusse, L., Leblanc, C., et Bouchard, C., 1988. Inter-generation transmission of physical fitness in the Canadian population. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 13, 8-14.
- Rao, D.C., Laskarzewski, P.M., Morrison, J.A., Khoury, P., Kelly, K., Wette, R., Russell, J., et Glueck, C.J., 1982. The Cincinnati lipid research clinic family study: Cultural and biological determinants of lipids and lipoprotein concentrations. *American Journal of Human Genetics*, 34, 888-903.
- Rao, D.C., Vogler, G.P., McGue, M., et Russell, J.M., 1987. Maximum-likelihood estimation of familial correlations from multivariate quantitative data on pedigrees: A general method and examples. *American Journal of Human Genetics*, 41, 1104-1116.
- Rebato, E., González Apraiz, A., et Rosique, J., 1993. Application du Modèle I de Preece-Baines (PB1) à l'étude de la croissance staturale chez deux populations biscaïennes. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5, 93-102.
- Rebato, E., Rosique, J., et González Apraiz, A., 1994. Menarcheal age in a sample of Basque schoolgirls: A comparative study with other Spanish populations. *Anthropologische Anzeiger*, 52, 143-148.
- Rebato, E., Salces, I., San Martín, L., Rosique, J., et Susanne, C., 1999. Sibling correlations of skin pigmentation during growth. *Human Biology*, 71, 277-293.
- Rebato, E., Salces, I., San Martín, L., Rosique, J., Hauspie, R., et Susanne, C., 1997. Age variations in sibling correlations for height, sitting height and weight. *Annals of Human Biology*, 2, 585-592.
- Rosique, J., et Rebato, E., 1995. Comparative study of statural growth in Spanish Populations. *American Journal of Human Biology*, 7, 553-564.
- Sánchez Andrés, A., 1995. Genetic and environmental influences on somatotype components: Family study in a Spanish population. *Human Biology*, 67, 727-738.
- Sokal, R.R., et Rohlf, F.J., 1981. *Biometry*. W.H. (San Francisco : Freeman and Co.), p. 703.
- Song, T.M.K., Malina, R.M., et Bouchard, C., 1993. Familial resemblance in somatotype. *American Journal of Human Biology*, 5, 265-272.
- Song, T.M.K., Pérusse, L., Malina, R.M., et Bouchard, C., 1994. Twin resemblance in somatotype and comparisons with other twin studies. *Human Biology*, 66, 453-464.
- Weiner, J.S., et Lourie, J.A., 1981. *Practical Human Biology.* (London : Academic Press), p. 439.