

# Análisis de la semejanza familiar de fenotipos del tamaño y forma corporal en familias vizcaínas

JELENKOVIC A, SALCES I, REBATO E

*Rev. Esp. Antrop. Fís.* (2007) **27**: 85-92

*Aceptado* : 8 octubre 2007

Dpto. Genética, Antropología Física y Fisiología Animal,  
Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco, Bilbao  
ajelenkovic001@ikasle.ehu.es

*Palabras clave*: antropometría, ACP, correlaciones familiares

---

El objetivo de este estudio es determinar el grado de semejanza familiar de fenotipos relacionados con el tamaño y la forma corporal en familias nucleares vizcaínas. La muestra está compuesta por 1308 individuos pertenecientes a 483 familias. En cada individuo se han tomado 7 medidas: estatura, talla sentado, altura ileoespinal, anchuras biacromial y bicrestal, y anchuras biepicondilares del húmero y fémur. Estas medidas se han ajustado para los efectos de la edad y del sexo con el método LMS. Las puntuaciones-Z resultantes se han introducido en un análisis de componentes principales, obteniéndose 2 factores: el primero (F1) es un factor de tamaño o robustez y el segundo (F2) un factor de forma. Sobre ambos rasgos sintéticos se ha realizado un análisis de correlaciones familiares. Las heredabilidades máximas estimadas han presentado un valor moderado, de 56% y 53%, para F1 y F2 respectivamente. Se ha observado una significativa influencia mitocondrial y materna en el tamaño corporal, mientras que la forma estaría más influenciada por el sexo de los descendientes.

© 2007 Sociedad Española de Antropología Física

---

## Introducción

Los estudios sobre la heredabilidad de las dimensiones óseas tienen una larga tradición en la literatura científica, en particular los realizados sobre la estatura (Rebato et al., 1997, 2005, Roche, 1992, Salces, 2002, Salces et al. 2001, 2002, 2007, Silventoinen et al., 2000, Susanne, 1975). Esta variable es una de las más utilizadas en los estudios bioantropológicos, tanto de las poblaciones actuales como de las pasadas, por su interés filogenético y por su variabilidad ontogénica y poblacional. La estatura, además de expresar el tamaño total del cuerpo, sirve como referencia para el resto de las dimensiones corporales, de forma que el aspecto físico y la corpulencia de una persona se basan sobre todo en las relaciones entre la estatura, por un lado, y el peso y los diámetros transversales, por otro. Aunque su medida es relativamente sencilla, se trata de un fenotipo anatómicamente complejo, en el que se incluyen los segmentos cefálico, raquídeo, pélvico y de los miembros inferiores, los cuales contribuyen de forma diferencial a la talla total según la edad, el sexo y la población.

Además de la estatura, el estudio de otros rasgos con substrato óseo como la longitud de las piernas, la talla sentado, o diversas anchuras óseas, tiene también un notable interés, ya que, relacionadas entre sí en forma de índices, estas medidas describen el tamaño y la robustez de las diferentes partes del cuerpo y su morfología. La importancia de las variables esqueléticas y de las proporciones del cuerpo está bien establecida en el área de las ciencias del deporte, cineantropometría, ergonomía y, sobre todo, en los estudios de crecimiento y desarrollo (p.e. Eveleth y Tanner, 1990), por lo que el análisis de su variabilidad está plenamente justificado. Como en otros rasgos antropométricos, los determinantes genéticos y ambientales subyacen en la gran diversidad individual y poblacional que encontramos en la morfología corporal, la cual forma parte de la variabilidad que permite la adaptación ecológica de nuestra especie.

El objetivo de este trabajo es estimar el grado de semejanza familiar de fenotipos relacionados con el tamaño y la forma corporal ósea, mediante el análisis de correlaciones en una muestra de familias nucleares. Partiendo de la hipótesis de que los rasgos analizados presentarán un grado variable de semejanza familiar, se han analizado algunos de los factores que pueden influir en su variación, como el sexo y la generación.

## **Material y métodos**

### *Muestra*

Se ha analizado de forma transversal una muestra de 1308 individuos pertenecientes a 483 familias nucleares residentes en la provincia de Bizkaia. La muestra está compuesta por 194 padres (edad media de 41,7 años, rango de edad de 22 a 66 años), 461 madres (edad media de 38,3 años, rango de edad de 22 a 62 años), 305 hijos (edad media de 10,65 años, rango de edad de 3 a 22 años) y 336 hijas (edad media de 11,10 años, rango de edad de 3 a 27 años). Todas las familias provienen de diversas localidades situadas a lo largo de la margen izquierda del Nervión, un área muy poblada con elevados porcentajes de migración de otras regiones de España. Dado que se trata de una investigación con datos humanos se han seguido los protocolos de los comités de ética institucionales.

### *Medidas antropométricas*

Siguiendo las indicaciones del Programa Biológico Internacional (Weiner y Lourie, 1981), en cada individuo se han tomado siete medidas con substrato óseo (cm). Estas incluyen tres medidas de linealidad corporal (estatura, talla sentado y altura ileoespinal), dos anchuras corporales (biacromial y bicrestal) y dos de las extremidades (biepicondilares del húmero y fémur). Para todas las mediciones se ha utilizado un equipo antropométrico GPM Siber-Hegner (precisión 0,1 mm). La edad decimal de cada individuo se obtuvo a partir de la diferencia entre el día de nacimiento y el día de muestreo.

### *Ajuste de los datos*

Con el fin de eliminar los efectos de la edad y el sexo, cada variable ha sido ajustada para la edad por separado para cada generación y sexo con el método LMS (Cole, 1988). Resultado del ajuste se obtienen las SDS o puntuaciones-z para cada individuo en cada una de las variables. Los individuos con puntuaciones fuera del rango 3SDS en alguno de los rasgos, han sido eliminados para esa variable concreta para no distorsionar la muestra.

### *Análisis de Componentes principales (ACP)*

Se ha realizado un análisis de componentes principales (ACP) con las puntuaciones-z de las siete variables previamente ajustadas para la edad y el sexo. Para ello, se han introducido las SDS en el ACP para cada generación por separado, siendo únicamente retenidos los factores con un autovalor mayor que 1, tanto en los progenitores como en los descendientes. Para comprobar la adecuación de la muestra a los análisis realizados se han realizado el test estadístico de KMO (valor de Kaiser-Meyer-Olkin) y la prueba de Bartlett. Los factores resultantes serán las variables utilizadas para el análisis de semejanza familiar. Este análisis reduce el problema de comparaciones múltiples y redundancia de la información, y transforma una serie de variables interdependientes en unos pocos componentes o factores independientes (Livshits et al., 2002).

### *Modelo de correlaciones familiares*

Mediante el programa informático SEGPATH (Province y Rao, 1995) se han estimado las correlaciones familiares, que se han utilizado posteriormente para analizar el grado de semejanza familiar de los factores extraídos del ACP. Este programa adecua el modelo directamente a los datos familiares bajo el supuesto de que los fenotipos en la familia siguen conjuntamente una distribución normal multivariada. El modelo se basa en cuatro tipos de individuos: padres (P), madres

**Tabla 1.** Relación de hipótesis comprobadas

**Hipótesis**

1. Modelo general	Se estiman 8 correlaciones (PM, PB, PS, MB, MS, BB, BS, SS)
2. Sin diferencias sexuales entre hijos	PB=PS, MB=MS, BS=BB=SS
3. Sin diferencias sexuales entre hijos o padres	PB=MB=PS=MS, BS=BB=SS
4. Sin diferencias sexuales ni generacionales	PB=MB=PS=MS=BS=BB=SS
5. Sin semejanza entre hermanos	BS=BB=SS=0
6. Sin semejanza entre padres-hijos	PB=MB=PS=MS=0
7. Sin semejanza entre esposos	PM=0
8. Modelo mitocondrial	MB=MS=BB=BS=SS
9. Modelo más parsimonioso	Combinación de todas las hipótesis no rechazadas

(M), hijos (B) e hijas (S), dando lugar a ocho correlaciones familiares (una entre esposos PM; cuatro entre progenitores-descendientes (PB, PS, MB, MS) y tres entre los descendientes (BB, BS, SS). Se ha estimado un modelo general así como una serie de modelos reducidos (Tabla 1). Las hipótesis nulas se han analizado usando el test de máxima verosimilitud (la diferencia en menos dos veces el log likelihood  $[-2 \ln L]$  obtenida bajo los dos modelos), el cual se distribuye aproximadamente como una  $\chi^2$  con tantos grados de libertad como diferencia exista entre los parámetros estimados en los dos modelos. Cada hipótesis nula se comparó con el modelo general mediante estas estimaciones de máxima verosimilitud. Los modelos no rechazados se compararon usando el Akaike’s Information Criterion (AIC), que se define como  $-2\ln L$  más dos veces el número de parámetros estimados, siendo el “mejor” modelo o más parsimonioso el que presenta un AIC más bajo. La heredabilidad máxima ( $h^2$ ) se ha estimado bajo el modelo más parsimonioso, utilizando la fórmula de Rice et al. (1997):  $(r_{desc} + r_{p-d}) / (1 + r_{esposos}) / (1 + r_{esposos} + 2r_{esposos}r_{p-d})$ , donde  $r_{desc}$ ,  $r_{p-d}$  y  $r_{esposos}$  son las correlaciones entre descendientes, entre progenitores-descendientes y entre esposos, respectivamente. Esta estimación incluye ambas fuentes de variación, la genética y la ambiental, y está ajustada para el grado de semejanza entre esposos.

**Resultados**

En la Tabla 2 se muestran los estadísticos descriptivos de cada una de las variables separados por generación y sexo. La edad media es mayor en los padres que en las madres, hecho que se invierte en los descendientes, aunque las edades son más similares en este caso. En todos los rasgos antropométricos los padres han presentado un valor medio más alto que las madres, no siendo tan evidente esta diferencia entre los descendientes.

En la Tabla 3 se observan los resultados del análisis de componentes principales de las medidas óseas ajustadas para los efectos del sexo y la edad. Se han obtenido 2 factores o componentes (F1 y F2), que explican un porcentaje de varianza del 38,58% y, 48,37% para progenitores y descen-

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos para las variables de estudio separados por generación y sexo.

Variables	PADRES (n = 194)		MADRES (n = 461)		HIJOS (n = 305)		HIJAS (n = 353)	
	m	s.d.	m	s.d.	m	s.d.	m	s.d.
Edad (años)	41,7	6,6	38,3	6,4	10,7	4,0	11,1	4,4
Estatura (cm)	171,1	7,1	158,0	6,0	141,1	21,5	140,6	18,3
Altura ileoespinal (cm)	93,7	5,1	90,9	4,8	77,7	13,8	79,6	11,7
Talla sentado (cm)	87,4	4,5	82,5	4,5	71,7	10,3	72,4	9,5
Anchura biacromial (cm)	32,3	2,1	29,1	1,9	24,5	3,8	24,4	3,4
Anchura bicrestal (cm)	33,5	2,1	32,4	2,6	24,9	4,8	25,8	4,7
Anchura biepicondilar del húmero (cm)	6,5	0,5	5,7	0,5	5,6	0,8	5,3	0,6
Anchura biepicondilar del fémur (cm)	9,6	0,8	8,7	0,8	8,3	1,2	7,9	0,9

dientes en el F1, y un 18,68% y 15,08% para progenitores y descendientes en el F2. Teniendo en cuenta las “puntuaciones” de las diferentes variables en cada factor, el F1 puede considerarse en ambas generaciones como un indicador del tamaño total del individuo (estructura ósea). En el F2, la estatura y dos de sus componentes (altura de la pierna y talla sentado) se contraponen a las anchuras, pudiéndose considerar

por tanto como un factor de anchura vs. altura o linealidad (transversal vs. longitudinal). Como se observa en esta tabla, las variables tienen distintas contribuciones en este segundo factor, siendo las medidas con mayor peso la altura ileoespinal y la anchura biepicondilar del fémur, mientras que la talla sentado y la anchura biepicondilar del húmero no están prácticamente representadas. No obstante, a pesar de que el F2 no represente de forma equitativa los diferentes rasgos, puede considerarse una descripción de la “forma corporal” de los individuos.

Por otro lado, aunque el % de la varianza explicado no es muy elevado, se observa una buena adecuación de la muestra a los análisis realizados, ya que se ha obtenido un valor mayor de 0,6 en el test de KMO y la prueba de Bartlett ha sido significativa, tanto en progenitores como en descendientes (Tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis de componentes principales de las variables de tamaño óseo corporal para cada generación. Nivel de significación: \*\*\*p≤0,001

Variable	Progenitores		Descendientes	
	F1	F2	F1	F2
Estatura	0,814	-0,432	0,842	-0,383
Altura ileoespinal	0,649	-0,604	0,678	-0,612
Talla sentado	0,671	-0,183	0,744	-0,077
Anchura biacromial	0,590	0,426	0,723	0,310
Anchura bicrestal	0,649	0,459	0,718	0,278
Anchura biepicondilar húmero	0,389	0,096	0,558	0,074
Anchura biepicondilar fémur	0,495	0,566	0,560	0,591
<b>Valor propio</b>	2,70	1,30	3,39	1,06
<b>% varianza expl.</b>	38,58	18,68	48,37	15,08
<b>KMO</b>	0,67	0,77		
<b>Prueba de Bartlett</b>		***		***

**Tabla 4.** Resultados de las hipótesis comprobadas para los rasgos de tamaño y forma ósea del cuerpo. g.l.: grados de libertad, () : g.l. del modelo más parsimonioso. Nivel de significación: \*p≤0,05, \*\* p≤0,01, \*\*\*p≤0,001

Hipótesis	g.l.	X <sup>2</sup>	F1		F2		
			p	AIC	X <sup>2</sup>	p	AIC
1. Modelo general				16,00			16,00
2. Sin diferencias sexuales entre hijos	4	-3,14		11,14	-10,25	*	18,25
3. Sin diferencias sexuales entre hijos o padres	5	-6,98		12,98	-10,33		16,33
4. Sin diferencias sexuales ni generacionales	6	-7,43		11,43	-10,43		14,43
5. Sin semejanza entre hermanos	3	-13,69	**	23,69	-13,33	**	23,33
6. Sin semejanza entre padres- hijos	4	-12,55	*	20,55	-12,10	*	20,10
7. Sin semejanza entre esposos	1	-17,34	***	31,34	-13,23	***	27,23
8. Modelo mitocondrial	4	-3,35		11,35	-8,70		16,70
9. Modelo más parsimonioso		(4) -3,14		11,14	(6) -10,43		14,43

En la Tabla 4 se muestran los resultados de las diversas hipótesis planteadas. Para el F1 se han aceptado las hipótesis que indican que no hay diferencias sexuales ni generacionales (hipótesis 2, 3, 4), así como el modelo mitocondrial (hipótesis 8), rechazándose el resto las hipótesis; la hipótesis 2 es el modelo más parsimonioso para este factor en base a los valores del AIC. Para el F2 los resultados obtenidos han sido muy similares, salvo el caso de la hipótesis 2 que ha sido rechazada, siendo el modelo más parsimonioso la hipótesis 4, en la cual no hay influencia de las diferencias sexuales ni generacionales.

En la Tabla 5 se observa que todas las correlaciones familiares han sido altamente significativas ( $p < 0,001$ ) en ambos factores, tanto en el modelo general como en el más parsimonioso. Considerando tan solo el modelo más parsimonioso, para ambos factores las correlaciones más bajas se han obtenido entre los esposos. Si se considera específicamente cada par de parientes, para el F1 se han detectado valores más altos para los pares que relacionan la madre con los descendientes (0,37) que entre los padres y descendientes (0,25) o entre los distintos tipos de hermanos (0,29 en los tres casos). En el caso del factor de forma

**Tabla 5.** Correlaciones familiares obtenidas para los rasgos de tamaño y forma ósea del cuerpo. n°: n° pares, r: correlación, e.s.: error estándar. Nivel de significación: \* $p \leq 0,05$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$

	F1			F2		
	n°	r	e.s.	n°	r	e.s.
<b>Modelo General</b>						
PM	169	0,24 ***	0,07	169	0,26 ***	0,07
PB	113	0,19 ***	0,09	113	0,36 ***	0,08
PS	122	0,31 ***	0,08	122	0,26 ***	0,08
MB	250	0,39 ***	0,05	250	0,18 ***	0,06
MS	288	0,35 ***	0,05	288	0,39 ***	0,05
BB	41	0,42 ***	0,12	41	0,18 *	0,19
BS	168	0,24 ***	0,09	168	0,28 ***	0,09
SS	46	0,27 ***	0,11	46	0,33 ***	0,10
<b>Modelo más parsimonioso</b>						
PM	169	0,24 ***	0,07	169	0,26 ***	0,07
PB	261	0,25 ***	0,03	933	0,30 ***	0,03
PS	261	0,25 ***	0,03	933	0,30 ***	0,03
MB	612	0,37 ***	0,03	933	0,30 ***	0,03
MS	612	0,37 ***	0,03	933	0,30 ***	0,03
BB	236	0,29 ***	0,03	933	0,30 ***	0,03
BS	236	0,29 ***	0,03	933	0,30 ***	0,03
SS	236	0,29 ***	0,03	933	0,30 ***	0,03

(F2) todas las correlaciones han sido iguales (0,30) entre los diferentes tipos de parientes, al no existir diferencias sexuales ni generacionales. Los valores de heredabilidad máxima estimados han sido de 56% y 53% para F1 y F2, respectivamente.

### Discusión

Las medidas óseas estudiadas muestran un notable dimorfismo sexual en la generación parental, con valores más altos en el sexo masculino, mientras que en la generación filial los valores medios han sido similares en ambos sexos. Esta diferencia podría deberse a que la mayoría de los individuos de la generación filial no han finalizados su proceso de crecimiento y en consecuencia no han alcanzado las dimensiones definitivas del adulto. Hay que tener en cuenta, además, que se trata de valores promedio y, por tanto, no representativos de la variabilidad de la muestra de descendientes.

Respecto al tratamiento multivariado utilizado en este estudio para reducir el número de variables a considerar, hay que mencionar que a pesar de que los componentes principales son estadísticamente independientes, y por tanto no pueden compartir determinantes comunes, pueden existir varios genes subyacentes (efecto pleiotrópico) influyendo cada uno de ellos en múltiples componentes (Li et al., 1996). No obstante, si se captura la mayor parte de la varianza en unos pocos componentes, el ACP permite reducir el número de parámetros y analizar de forma más exhaustiva los modelos genéticos subyacentes (Gu et al., 1997). Además, los factores extraídos de este tipo de análisis podrían representar rasgos que contienen un mayor grado de variabilidad genética que las variables originales por separado (Hauspie et al., 1985).

La interpretación del primer factor (F1) extraído del ACP como indicador de tamaño corporal total concuerda con los resultados obtenidos por Livshits y Smousse (1993) y Livshits et al., (1995, 2002). Estos últimos autores obtuvieron dos componentes principales al analizar diversas medidas óseas de longitud y anchura del tronco y de las extremidades en dos poblaciones bien

diferenciadas (Chuvasha y Turkemia), y observaron un primer factor de longitud corporal y un segundo con especial relevancia para las anchuras corporales. En el presente estudio el F2 se ha interpretado como un factor que contrasta el tamaño lineal del cuerpo a las anchuras corporales (factor de “forma”), aunque las interpretaciones descritas en la literatura son más diversas que para F1. No obstante, los resultados obtenidos concuerdan con los hallazgos de Livshits et al. (1995) que, aunque también incluyen circunferencias en sus análisis, han obtenido un segundo factor que contrasta el tamaño lineal del cuerpo con las anchuras corporales y las circunferencias.

Los resultados demuestran la existencia de una significativa y elevada correlación entre los esposos para los dos factores analizados, lo que concuerda con datos previos sobre otros rasgos antropométricos en los progenitores de esta misma muestra (Salces et al., 2004). En la presente investigación el parecido entre los esposos se explicaría más por la existencia de homogamia fenotípica y/o por una posible estratificación social que por un efecto de cohabitación, dada la poca labilidad de las variables óseas. Las altas correlaciones obtenidas en los pares MB y MS para el factor de tamaño o de estructura ósea (F1), junto con la aceptación de la hipótesis del modelo mitocondrial, apuntan hacia una importante influencia del progenitor femenino en esta variable. Son además importantes los altos valores obtenidos para los pares MB y MS (0,37) en el modelo más parsimonioso, que superan incluso a los obtenidos para la descendencia (0,29). Esta observación podría ser explicada por el llamado “efecto materno o herencia materna”. Dicho concepto fue definido por Cavalli-Sforza y Bodmer (1981) como el efecto que el fenotipo o el genotipo materno tienen sobre la descendencia directa, y que no puede transmitirse a las siguientes generaciones. En caso de que se transmita se trataría de una herencia citoplasmática o extra-nuclear (Boldsen y Mascie-Taylor, 1990). Sin embargo, para el F2, aunque también se ha aceptado el modelo mitocondrial, el valor de correlación estimado ha sido más del doble en el par MS que en el MB en el modelo general. Esta diferencia concuerda con el rechazo de la hipótesis 2 (sin diferencias sexuales entre hijos), aceptándose en consecuencia que el sexo de los descendientes influye sobre la semejanza observada en la forma corporal. Sin embargo, dado que el modelo más parsimonioso corresponde a la hipótesis nº 4, las correlaciones entre todos los pares de parientes para este fenotipo han sido iguales (0,30), por no existir diferencias sexuales ni generacionales, salvo para los esposos que han sido algo menores (0,26).

Diversos estudios han señalado la existencia de un efecto materno sobre la variación antropométrica de los rasgos óseos. Así, Welon y Bielicki (1971) señalaron dicho efecto sobre las hijas para la estatura, una variable con substrato óseo que resume el tamaño total del cuerpo. El mismo resultado fue obtenido, dos décadas después, por Boldsen y Mascie-Taylor (1990) en una muestra británica. También Susanne (1971) señaló el efecto materno para la anchura biacromial en una muestra familiar belga al igual que Nikolova en familias búlgaras (1996). Más recientemente, Salces et al. (2001 y 2002) han obtenido evidencias significativas de un efecto materno sobre la estatura (para los hijos varones) y sobre la anchura bicrestal en familias vizcaínas. Sin embargo, la interpretación de este tipo de resultados resulta compleja debido a que los individuos analizados están en crecimiento y los efectos maternos suelen experimentar una progresiva dilución durante el desarrollo, a medida que se expresan los genes del propio individuo (Lande y Kirpatrick, 1990).

Algunas investigaciones indican que la variación de las medidas con substrato óseo suele mostrar una significativa contribución de los factores genéticos con valores de entre 60 y 70% de varianza genética en aquellos factores que resumen la longitud y las anchuras corporales, e incluso mayores en el caso de la estatura (Mueller 1976, Rebato et al., 2005, Salces et al., 2003, Susanne, 1977, 1980). Los valores de heredabilidad obtenidos en esta investigación han sido inferiores a los mencionados (56% y 53%, para los factores de tamaño y forma, respectivamente). Sin embargo, los resultados no son estrictamente comparables a nivel metodológico; además, la determinación genética de los rasgos estudiados es variable entre poblaciones y puede estar sometida al influjo de

la evolución secular y del crecimiento, entre otros factores (Relethford, 2000, Salces, 2002), lo que dificulta la comparación.

En conclusión, los resultados obtenidos indican la existencia de semejanza familiar en los rasgos óseos analizados, siendo los coeficientes de heredabilidad de grado medio respecto a otros datos de la literatura. Además, mientras que el efecto mitocondrial y materno parecen tener una importante influencia sobre la heredabilidad del tamaño corporal global, el parecido para la forma del cuerpo se encuentra más influenciado por las diferencias sexuales entre los descendientes.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por un proyecto de investigación bianual de la UPV-EHU (UPV05/12), además de una beca predoctoral de Formación de Profesorado Universitario (MEC).

### Bibliografía

- BOLDSSEN JL Y MASCIE-TAYLOR CGN (1990) Evidence for maternal inheritance of female height in British National Simple. *Hum. Biol.* **62**(6): 767-772.
- CAVALLI-SFORZA LL Y BODMER WF (1981) Genética de las Poblaciones Humanas. Ed. Omega. Barcelona. 942pp.
- COLE T (1988) Fitting smoothed centile curves to reference data. *J. R. Stat. Soc.* **151**(3): 385-418.
- EVELETH PB Y TANNER JM (1990) *Worldwide variation in human growth*. Ed. Cambridge University Press. Cambridge. 397 pp.
- GU C, RICE T, PÉRUSSE L, BOUCHARD C Y RAO DC (1997) Principal Components Analysis of Morphological Measures in The Québec Family Study: Familial correlations. *Am. J. Hum. Biol.* **9**: 725-733.
- HAUSPIE RC, SUSANNE C y DEFRISE-GUSSENHOVEN E (1985) Testing for the presence of genetic variance in factors of face measurements of Belgian twins. *Ann Hum. Biol.* **12**(5): 429-440.
- LANDE R Y KIRPATRICK M (1990) Selection response in traits with maternal inheritance. *Genetical Research in Cambridge*. **55**: 189-197.
- LI Z, RICE T, PÉRUSSE L, BOUCHARD C Y RAO DC (1996) Familial aggregation of subcutaneous fat patterning: Principal components of skinfolds in the Québec Family study. *Am. J. Hum. Biol.* **8**: 535-542.
- LIVSHITS G Y SMOUSE P (1993) Multivariate fluctuating asymmetry in Israeli adults. *Hum. Biol.* **65**(4): 547-578.
- LIVSHITS G, OTREMSKI I Y KOBLYANSKI E (1995) Genetics of human body size and shape: complex segregation analysis. *Ann. Hum. Biol.* **22**(1): 13-27.
- LIVSHITS G, ROSET A, YAKOVENKO K, TROFIMOV S Y KOBLYANSKY E (2002) Genetics of human body size and shape: body proportions and indices. *Ann. Hum. Biol.* **29**(3): 271-289.
- MUELLER WH (1976) Parent-child correlations for stature and weight among school-aged children: a review of 24 studies. *Hum. Biol.* **48**(2): 379-397.
- NIKOLOVA M (1996) Similarities in anthropometrical traits of children and their parents in a Bulgarian population. *Ann. Hum. Genet.* **60**(6): 517-525.
- PROVINCE MA Y RAO DC (1995) General purpose model and computer program for combined segregation and path analysis (SEGPATH): automatically creating computer from symbolic language model specifications. *Genet. Epidemiol.* **12**(2): 203-219.
- REBATO E, SALCES I, SAN MARTÍN L, ROSIQUE J, HAUSPIE R Y SUSANNE C (1997) Age variations in sibling correlations for height, sitting height and weight. *Ann. Hum. Biol.* **24**(6): 585-592.
- REBATO E, SALCES I, SAHA R., SINHA M., SUSANNE C, HAUSPIE RC, Y DASGUPTA P (2005) Age trends of sibling resemblance for height, weight and BMI during growth in a mixed longitudinal sample from Sarsuna-Barisha (India). *Ann. Hum. Biol.* **32**(3): 339-350.
- RELETHFORD JH (2000) *The human species. An introduction to Biological Anthropology*. Ed. Mountain View: Mayfield Publishing Company. California. 499pp.
- RICE T, WARWICK DAW E, GAGNON J, BOUCHARD C, LEON AS, SKINNER JS, WILMORE JH Y RAO DC (1997) Familial resemblance for body composition measures: The HERITAGE Family Study. *Obes. Res.* **5**(6): 557-562.
- ROCHE AF (1992) *Growth, maturation and body composition. The Fels longitudinal study 1929-1991*. Cambridge studies in biological anthropology. Ed. Cambridge University Press. Cambridge. 90 pp.
- SALCES I, REBATO E, SUSANNE C, SAN MARTIN L, ROSIQUE J Y VINAGRE A (2001) Ressemblance familiale de traits anthropométriques. I. Evaluation d'une influence liée à l'activité professionnelle de la mère. *Biom. Hum. et Anthropol.* **19**(1-2): 103-110.
- SALCES I (2002) *Determinantes genéticos y ambientales del crecimiento y composición corporal en la provincia de Vizcaya. Investigación sobre la transmisión familiar y las variaciones ontogénicas*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco (UPV-EHU), Bilbao.

- SALCES I, REBATO E, SUSANNE C, SAN MARTIN L, ROSIQUE J Y VINAGRE A (2002) Family resemblance for anthropometric traits. II. Assessment of occupational maternal and age effects. *HOMO* **52**(3): 201-213.
- SALCES I, Rebato E, Slachmuylder JL, Vercauteren M, Rosique J y Susanne C (2003) Genetic and environmental sources on familial transmission in Basque families. II. Stature, Weight and Body Mass Index. *Ann. Hum. Biol.* **30**(2): 176-190.
- SALCES I, REBATO E Y SUSANNE C (2004) Evidences of phenotypic and social assortative mating for anthropometric and physiological traits in couples from the Basque Country (Spain). *J. Biosoc. Sci.* **36**(2): 235-250.
- SALCES I, REBATO E, SUSANNE C, HAUSPIE RC, SAHA R, DASGUPTA P (2007) Heritability variations of morphometric traits in West Bengal (India) children aged 4-19 years: A mixed longitudinal growth study. *Ann. Hum. Biol.* **34**(2): 226-239.
- SILVENTOINEN K, KAPRIO J Y LAHELMA E (2000) Genetic and environmental contributions to the association between body height and educational attainment: a study of adult Finnish twins. *Behav. Genet.* **30**(6): 477-485.
- SUSANNE C (1971) *Recherche sur la transmission des caractères mesurables de l'homme*. Mémoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelles, 167. Bruxelles (Belgique).
- SUSANNE C (1975) Genetic and environmental influences on morphological characteristics. *Ann. Hum. Biol.* **2**(3): 279-287.
- SUSANNE C (1977) Heritability of anthropological characters. *Hum. Biol.* **49**(4): 573-580.
- SUSANNE C (1980) Interrelations between some social and familial factors and stature and weight of young Belgian male adults. *Hum. Biol.* **52**(4): 701-709.
- WEINER JS Y LOURIE JA (1981) *Practical Human Biology*. Ed. Academic Press. London, England. 439pp.
- WELON Z Y BIELICKI T (1971) Further investigations of parent-child similarity in stature as assessed from longitudinal data. *Hum. Biol.* **43**(4): 477-485.

### **Abstract**

The objective of the study was to examine the familial aggregation of body size and shape related phenotypes in Biscay nuclear families. The research was carried out on 1308 individuals belonging to 438 families. Seven body size traits were assessed from each study individual: height, iliospinal anterior height, sitting height, biacromial and biiliac breadths, and femur and humerus breadths. All these measurements were adjusted for age and gender effects by the LMS method. The outcome Z-scores were employed in a principal component analysis and two factors were extracted: the first one (F1) is a size or robustness factor and the second one (F2) a shape factor. A familial correlations analysis was implemented on the two synthetic traits. Maximum heritability estimates show a moderate value of 56% and 53% for F1 and F2 respectively. A significant mitochondrial and maternal effect was involved in body size variation, whereas body shape is more influenced by sexual differences between the offspring.

*Key words:* anthropometry, PCA, familial correlations

**Familial aggregation analysis of body size and shape phenotypes in Biscay nuclear families.**