

Fatores genéticos na variação inter-fratrias das componentes do somatótipo

CDD. 20.ed. 575.1

José António Ribeiro MAIA*
Catarina VASQUES**
Vítor Pires LOPES**
André SEABRA*
Rui GARGANTA*
Simonete PEREIRA*
Rogério César FERMINO*

*Faculdade de Desporto, Universidade do Porto - Portugal.

**Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Educação - Bragança - Portugal.

Resumo

Esta pesquisa pretende determinar a influência de fatores genéticos e ambientais na variação inter-fratrias nas componentes do somatótipo, bem como apresentar, de modo didático, um conjunto de etapas associados a pesquisa de Genética Quantitativa. A amostra foi constituída por 366 pares de irmãos dos 10 aos 18 anos de idade residentes no nordeste de Portugal Continental. As componentes do somatótipo foram estimadas com base no protocolo descrito por CARTER Et HEATH (1990), a partir de 10 medidas somáticas. A análise exploratória dos dados foi efetuada nos "softwares" SPSS e PEDSTATS. As estimativas dos fatores genéticos foram obtidas no "software" SAGE. Os resultados salientaram uma elevada qualidade da informação (erro técnico de medida $\approx 1\%$). A componente mesomorfa é a mais elevada qualquer que seja a estrutura das irmandades: irmão-irmão, irmã-irmã, ou irmão-irmã. Mesmo depois de ajustadas para diferentes covariáveis as estimativas dos fatores genéticos são elevadas: 0,49 para a endomorfia, 0,55 para a mesomorfia, e 0,71 para a ectomorfia. Estes resultados sugerem a presença de fatores genéticos substanciais a governar a variação no somatótipo no seio da população.

UNITERMOS: Somatótipo; Irmãos; Fatores genéticos.

Introdução

O olhar inquisitivo sobre o corpo do "homo sapiens", a sua representação e atribuição de significado tem exercido, ao longo dos tempos, um enorme fascínio em artistas, biólogos, médicos, antropólogos e investigadores do desporto. Os primeiros estudos acerca da proporcionalidade somática e modo de expressão da forma do corpo datam da antiguidade clássica (COMAS, 1960; HERESY, 1996; PANOFKY, 1993; ROSS, HEBBELINCK & WILSON, 1974). Assumiram um lugar de destaque na produção artística de DURER (1557), e seduziram pesquisadores de diferentes escolas tipológicas no seio da Antropologia Física (COMAS, 1960; OLIVIER, 1967). O corpo e a possibilidade da sua associação a características psicológicas dos indivíduos também

não escapou às interrogações de autores como Kretschmer (na Alemanha), Viola (na Itália), Sigaud, MacAuliffe e Thooris (na França), ou mais perto de nós, temporalmente, nos EUA, pela mão de SHELDON (1940, 1954) em dois dos seus textos mais importantes, *The Varieties of Human Physique* e o *Atlas of Man*.

O renovado interesse pela indagação e interpretação da morfologia externa do homem é retomado, entre outros autores, por HEATH e CARTER (1963, 1967) e CARTER e HEATH (1990) ao proporem, com base no pensamento de PARNELL (1954) um modelo relativamente simples de quantificação antropométrica do somatótipo (literalmente, forma de corpo, ou tipo físico). Esta proposta recebeu forte aceitação por

parte dos investigadores do desporto implementando pesquisas de grande alcance em diferentes olimpíadas (CARTER, 1984a, 1984b, 1994; DE GARAY, LEVINE & CARTER, 1974; TANNER, WHITEHOUSE & JARMAN, 1964), da averiguação do significado da variabilidade humana na Biologia (COMAS, 1960), do seu valor em Auxologia Desportiva (BEUNEN, 1973), na sua relação com o crescimento e desenvolvimento de crianças e jovens (BEUNEN, CLASSENS, LEFEVRE, OSTYN, RENSON & SIMONS, 1987; CLASSENS, BEUNEN & SIMONS, 1986; HEBBELINCK, DUQUET & BORMS, 1995), e muito recentemente foi associada a aspectos da síndrome metabólica (MALINA, 1997)

Uma das questões nucleares da investigação acerca da variação visível no somatótipo ao longo do crescimento e desenvolvimento de crianças e jovens ou em adultos reside, precisamente, na exploração das causas subjacentes à plasticidade do corpo (BEUNEN et al., 1987; CAIRES, 1941; CLASSENS, BEUNEN & SIMONS, 1986). Variabilidade genética e ambiental, bem como a respectiva interação, são candidatos naturais a tais explicações, que são tanto mais necessárias quando se pretende explorar distintos significados nas diferenças interindividuais do somatótipo de sujeitos aparentados (BOUCHARD, MALINA & PERUSSE, 1997), nos resultados das distâncias migratórias do somatótipo durante o crescimento (HEBBELINCK, DUQUET & BORMS, 1995; MONYEKI, TORIOLA, RIDDER, KEMPER, STEYNS, NTHANGENI, TEISK & VAN LENTHE, 2002), ou em resposta ao treino específico (BOUCHARD, MALINA & PERUSSE, 1997).

A investigação sobre esta matéria tem recorrido às metodologias e ferramentas da Epidemiologia Genética (EG) com base em delineamentos gemelares e/ou em famílias nucleares (trios, “pedigrees” extensos, irmandades) para avaliar, não só, a presença de agregação familiar, mas também estimar a magnitude dos efeitos genéticos. Por exemplo, SONG, PÉRUSSE, MALINA e BOUCHARD (1994) estudaram gêmeos e encontraram valores de correlação intraclasses (medida

de homogeneidade de pares de valores) mais elevados em gêmeos monozigóticos (MZ) do que em dizigóticos (DZ) nas componentes do somatótipo, o que sugere a presença de efeitos genéticos. De um modo semelhante, PEETERS, THOMIS, CLASSENS, LOOS, MAES, LYSSENS, VANDEN EYNDE, VLIETINCK e BEUNEN (2003) averiguaram longitudinalmente a presença de fatores genéticos nas mudanças das componentes do somatótipo em jovens ao longo de nove anos, mostrando o elevado valor da parte genética em detrimento da ambiental. SONG, MALINA e BOUCHARD (1993), SANCHÉZ-ANDREZ (1995), KATZMARZYK, MALINA, PÉRUSSE, RICE, PROVINCE, RAO e BOUCHARD (2000) e REBATO, SALCES, ROSIQUE, SAN MARTIN e SUSANNE (2000) pesquisaram, em famílias nucleares de diferentes países, a presença de fatores genéticos a governar a agregação familiar e salientaram a presença de efeitos genéticos moderados a substanciais na expressão das diversas componentes do somatótipo.

Não é do nosso conhecimento que tenha sido realizado qualquer estudo em língua portuguesa acerca dos efeitos da componente genética a explicar aspectos da variação entre famílias ou irmandades nas três componentes do somatótipo, e daqui o objetivo da presente pesquisa. Este assunto é tanto mais importante quando se associa a tomadas de decisão de seleção de atletas infante-juvenis, se pretende esclarecer aspectos da variabilidade da resposta da composição corporal e da forma do corpo ao exercício, e quando se pretende identificar que tipos de somatótipo serão mais fortemente associados ao risco metabólico de desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Os propósitos desta pesquisa são os seguintes: 1) estimar a magnitude dos efeitos genéticos nas três componentes do somatótipo com base num delineamento com irmandades; e 2) apresentar a pesquisadores lusófonos aspectos de uma sequência didáctica de análise e interpretação de uma abordagem de Genética Quantitativa sem informação de microsátélites (isto é, marcadores genéticos ou genes candidatos).

Material e métodos

A amostra foi constituída por 366 pares de irmãos ($n = 732$) com idades compreendidas entre os 10 e 18 anos, estudantes e residentes nos concelhos de Bragança e Macedo de Cavaleiros (Nordeste de Portugal Continental). A idade média das meninas era de $14,13 \pm 2,30$ e dos meninos de $13,97$

$\pm 2,38$. Nenhum dos elementos da amostra participava de campeonatos de qualquer modalidade desportiva que coloque exigências de rendimento moderado a elevado.

A análise foi elaborada de acordo com as seguintes etapas:

- As estimativas da qualidade das medições somáticas foram calculadas com base no erro técnico de medida (ETM) e o respectivo coeficiente de variação (CV).

- Os cálculos das diferentes componentes do somatótipo foram realizadas no Excel a partir das fórmulas conhecidas da literatura (CARTER & HEATH, 1990), para estimar a endomorfia (grau de gordura relativa), mesomorfia (desenvolvimento músculo-esquelético relativamente à altura) e ectomorfia (desenvolvimento da linearidade do corpo) que se encontram descritas em língua portuguesa no texto de CELSO, MAIA, FREITAS, BEUNEN, LEFEVRE, CLASSENS, MARQUES, RODRIGUES, THOMIS, GARGANTA, LOPES e SEABRA (2004)

- Recorreu-se ao PEDSTATS (WIGGINTON & ABECASIS, 2005) para inspecionar a estrutura de cada irmandade. Neste “software” foi também efetuada a análise exploratória da informação no que diz respeito às três componentes do somatótipo no seio de cada fratria.

- Os valores de correlação entre pares de irmãos foram calculados no módulo FCOR do “software” de EG, SAGE (SAGE, 2005). Dado que no cálculo multivariado das correlações entre irmão-irmão, irmã-irmã, irmão-irmã deste módulo do SAGE está implementado um algoritmo baseado nas séries de Taylor, não é necessária a presença de normalidade multivariada (KEEN & ELSTON, 2003). As correlações obtidas, intraclasse entre pares de irmãos do mesmo sexo, e interclasse entre pares de irmãos do sexo oposto, são estimativas robustas dos valores populacionais.

- A última etapa dos cálculos consistiu na avaliação de modelos alternativos para estimar a magnitude dos efeitos genéticos a governar a variação nas componentes do somatótipo. Foi realizada no módulo ASSOC do SAGE incluindo, passo a passo, diferentes covariáveis: idade, sexo, interação idade-sexo, idade², tal como sugerido na literatura por BOUCHARD, MALINA e PÉRUSSE (1997), KATZMARZYK et al. (2000).

Resultados

Na TABELA 1 são apresentados os valores do ETM e CV para as diferentes medidas somáticas associadas

ao cálculo das componentes do somatótipo. Referem-se a estimativas de fiabilidade intra-observador.

TABELA 1 - Valores do erro técnico de medida (ETM) e coeficiente de variação (CV).

Medida somática	ETM	CV %
Peso (kg)	0,18	0,32
Altura (cm)	0,39	0,24
Prega tricipital (mm)	0,38	2,58
Prega subescapular (mm)	0,69	6,30
Prega suprailíaca (mm)	0,27	2,51
Prega geminal (mm)	0,22	1,42
Perímetro braquial (cm)	0,20	0,72
Perímetro geminal (cm)	0,64	1,82
Diâmetro bicondilo-umeral (cm)	0,04	0,58
Diâmetro bicondilo-femular (cm)	0,06	0,59

Os resultados mostram erros extremamente reduzidos, sendo que nas pregas de adiposidade subcutânea o CV varia entre 1,42% e 6,30%. Estes valores atestam a elevada qualidade da informação disponível, sobretudo do rigor que o antropometrista

colocou em todo o processo de marcação anatômica dos pontos de referência e medição.

As estatísticas descritivas das medidas utilizadas para o cálculo das três componentes do somatótipo encontram-se na TABELA 2.

TABELA 2 - Medidas descritivas \pm desvio-padrão das 10 medidas utilizadas para o cálculo do somatótipo entre membros das fratrias.

Medidas somáticas	Irmãos		Irmãs		Irmão-irmã	
	Irmão 1	Irmão 2	Irmã 1	Irmã 2	Irmão	Irmã
Altura (cm)	158,43 \pm 13,89	163,49 \pm 13,05	156,06 \pm 9,77	159,02 \pm 9,22	163,19 \pm 10,41	157,47 \pm 12,07
Peso (kg)	51,35 \pm 14,97	56,05 \pm 13,85	49,44 \pm 11,21	53,98 \pm 11,65	56,84 \pm 13,84	51,28 \pm 13,46
Prega tricipital (mm)	12,12 \pm 5,83	11,81 \pm 5,81	11,77 \pm 4,65	15,83 \pm 5,04	13,23 \pm 5,57	13,63 \pm 5,80
Prega subescapular (mm)	8,64 \pm 5,45	8,18 \pm 4,31	9,53 \pm 4,47	10,77 \pm 5,13	9,47 \pm 4,62	9,05 \pm 4,85
Prega ilíaca (mm)	8,19 \pm 5,32	8,41 \pm 5,39	9,74 \pm 4,55	9,73 \pm 4,21	8,83 \pm 4,35	9,12 \pm 5,42
Prega geminal (mm)	12,65 \pm 5,57	12,53 \pm 6,84	14,78 \pm 4,78	15,49 \pm 4,58	13,96 \pm 5,59	13,94 \pm 5,54
Perímetro braquial (cm)	25,99 \pm 3,92	26,98 \pm 3,84	25,21 \pm 3,33	26,60 \pm 3,53	26,92 \pm 3,69	25,54 \pm 3,53
Perímetro geminal (cm)	31,93 \pm 4,03	33,92 \pm 3,85	32,33 \pm 3,46	33,50 \pm 3,30	33,78 \pm 3,73	32,78 \pm 3,73
Diâmetro bicondilo- umeral (cm)	6,55 \pm 0,05	6,66 \pm 0,59	6,06 \pm 0,40	6,14 \pm 0,50	6,45 \pm 0,63	6,28 \pm 0,57
Diâmetro bicondilo- femular (cm)	9,24 \pm 0,75	9,35 \pm 0,74	8,69 \pm 0,69	8,89 \pm 0,84	9,15 \pm 0,75	9,05 \pm 0,81

A generalidade dos valores médios refletem algumas diferenças, mas sempre com sobreposição das distribuições, o que sugere semelhança fraterna, ainda que os membros possam ter idades diferentes e sejam dos dois sexos.

Na FIGURA 1 temos alguns dos aspectos da análise exploratória dos dados realizados no PEDSTATS para se perceber a versatilidade deste “software” em inspecionar a qualidade da informação que temos em mãos. O breve exemplo da FIGURA 1 trata da componente endomorfia. Lembramos os leitores que os valores de correlação referidos foram calculados de modo simples com base na fórmula bem conhecida de Karl Pearson, e são uma primeira “impressão” da magnitude da associação entre as componentes do somatótipo entre irmãos. De igual modo, salientamos os

histogramas iniciais que revelam alguma assimetria positiva das distribuições, que não exige qualquer transformação logarítmica para as normalizar. O mesmo comportamento é verificado para as outras componentes. Os algoritmos implementados no SAGE são robustos a violações da normalidade multivariada, tal como referimos anteriormente.

Os valores das TABELA 3 referem-se às estatísticas descritivas das componentes do somatótipo entre fratrias do mesmo sexo e sexo oposto, sugerindo uma forte proximidade em termos de valores médios. Salienta-se o valor mais elevado da mesomorfia em todas as fratrias, e o mais baixo da ectomorfia, sugerindo a prevalência do desenvolvimento musculoesquelético em relação à altura, e um equilíbrio entre as componentes endomorfia e ectomorfia.

Dado que o "output" do PEDSTATS vem, por defeito, em PDF, nem sempre é fácil alterar o conteúdo informacional dos gráficos.

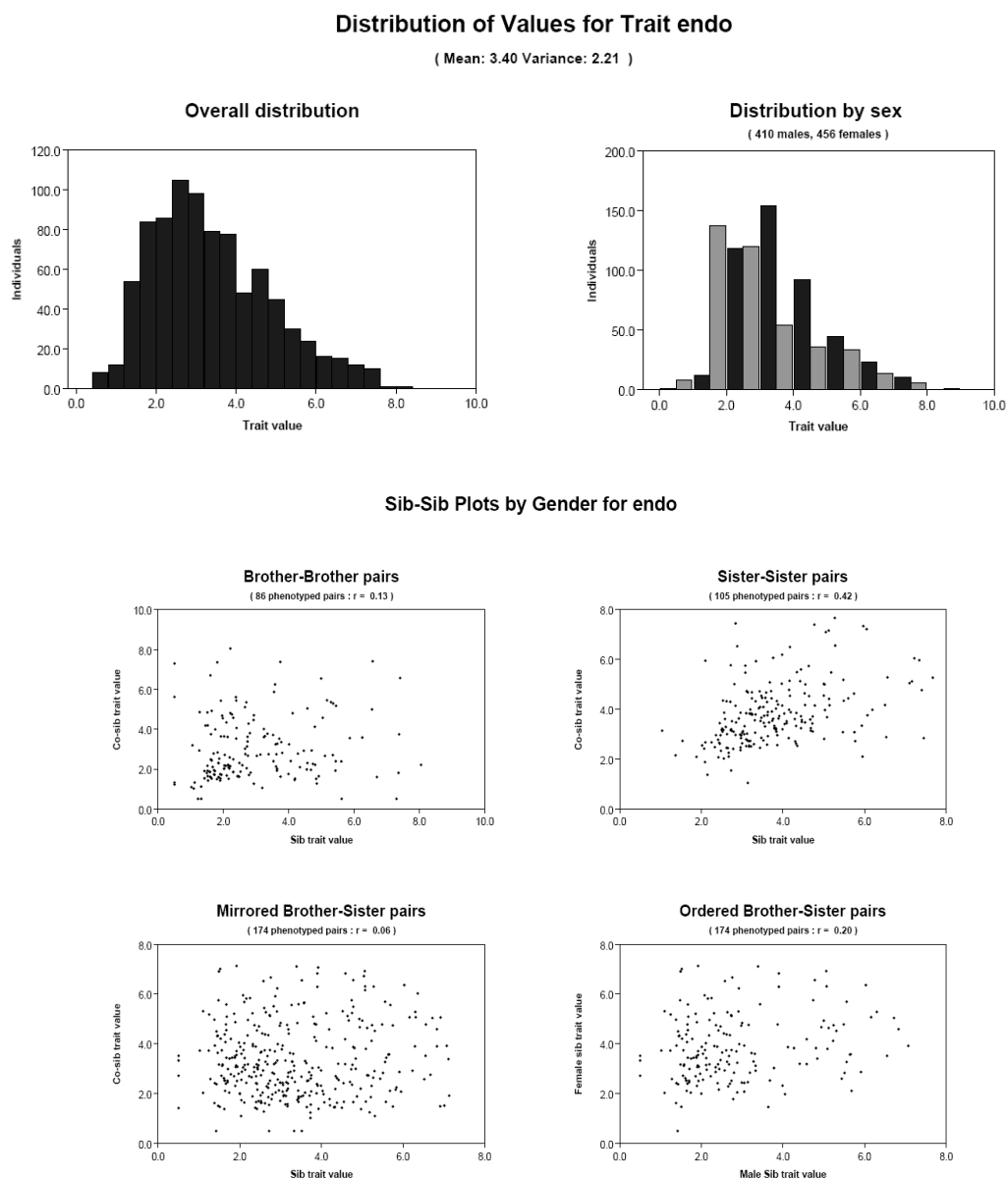


FIGURA 1 - Fragmentos da análise exploratória dos dados a partir da endomorfia, que no "output" é designada por "endo".

TABELA 3 - Média \pm desvio-padrão das componentes do somatótipo entre fatrias.

Irmandades		Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Irmãos (n = 85)	Irmão 1	3,07 \pm 1,69	4,53 \pm 1,31	3,06 \pm 1,54
	Irmão 2	2,95 \pm 1,53	4,55 \pm 1,31	2,93 \pm 1,45
Irmãs (n = 101)	Irmã 1	3,74 \pm 1,21	3,90 \pm 1,19	2,83 \pm 1,25
	Irmã 2	3,90 \pm 1,24	4,14 \pm 1,37	2,53 \pm 1,25
Irmão(ã) (n = 174)	Irmão	3,40 \pm 1,55	4,30 \pm 1,24	2,84 \pm 1,48
	Irmã	3,28 \pm 1,39	4,19 \pm 1,27	2,81 \pm 1,38

Na TABELA 4 encontram-se os valores das correlações (\pm erro-padrão) das três componentes do somatótipo entre os diferentes pares de irmãos

TABELA 4 - Correlações (\pm erro-padrão) das componentes do somatotipo entre pares de irmãos.

Irmandade	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Irmão-irmão	0,13 \pm 0,11	0,32 \pm 0,07	0,51 \pm 0,09
Irmã-irmã	0,42 \pm 0,08	0,31 \pm 0,08	0,51 \pm 0,09
Irmão-irmã	0,20 \pm 0,07	0,21 \pm 0,03	0,19 \pm 0,08

Resultados obtidos no "software" SAGE.

Os valores de correlação entre irmãos do mesmo sexo só diferem na endomorfia, sendo que a agregação é mais evidente nas irmãs ($r = 0,42$), do que nos irmãos

($r = 0,13$). Na mesomorfia e ectomorfia os valores obtidos são muito próximos. Já as correlações irmão-irmã são bem distintas das outras. O teste de homogeneidade de correlações para idênticos valores na endomorfia, mesomorfia e ectomorfia mostrou diferenças significativas no padrão de resultados [$\chi^2_{(12)} = 30,63$; $p = 0,002$]. Praticamente todos os resultados das correlações são estatisticamente significativos, mostrando o grau moderado da associação fraterna na forma do corpo, o que sugere a presença de agregação familiar governada por fatores genéticos.

Os resultados do ajustamento de modelos (TABELA 5) com e sem covariáveis estatisticamente significativas para estimar os efeitos genéticos na explicação da variabilidade inter-fratrias nas três componentes do somatótipo.

TABELA 5 - Resultados do ajustamento de modelos para estimar a componente genética (h^2) na estrutura multifacetada do somatotipo.

Elementos do modelo*	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Componentes de variância			
Poligênica	0,79 \pm 0,17	0,79 \pm 0,15	1,43 \pm 0,27
Residual	0,84 \pm 0,16	0,66 \pm 0,13	0,59 \pm 0,18
Covariáveis			
Idade	- 0,33 \pm 0,05	- 0,49 \pm 0,20	-
Sexo	- 1,27 \pm 0,51	- 0,63 \pm 0,08	-
Idade x Sexo	0,16 \pm 0,03	-	-
Idade ²	-	0,01 \pm 0,01	-
Variância total	1,64 \pm 0,08	1,45 \pm 0,07	2,02 \pm 0,11
Heritabilidade (h^2)	0,48 \pm 0,09	0,54 \pm 0,09	0,71 \pm 0,09

Resultados obtidos no "software" SAGE.

*Todas as estimativas dos parâmetros de cada modelo na endomorfia, mesomorfia e ectomorfia são estatisticamente significativas ($p < 0,001$).

Das quatro covariáveis consideradas, três são significativas na endomorfia, duas na mesomorfia e nenhuma na ectomorfia. Da variância total, a maior fatia em termos de variância genética foi atribuída à ectomorfia e a menor à endomorfia. Daqui que a variância residual seja relativamente maior na endomorfia e menor na ectomorfia.

A heritabilidade (h^2) é substancial na ectomorfia ($\approx 71\%$), e moderada na mesomorfia ($\approx 55\%$) e na endomorfia ($\approx 49\%$). São pois estimativas que sugerem a importância dos fatores genéticos a governar diferenças inter-fratrias nas componentes do somatótipo, mais do que 50% da variação fenotípica total.

Discussão

Antes de discutirmos o significado dos resultados é imperioso que se efetue, em primeiro lugar, um exame algo detalhado da qualidade da informação, do ajustamento para as covariáveis e seu significado, bem como do uso do PEDSTATS enquanto ferramenta de "screening" dos resultados obtidos em famílias e/ou irmandades.

Quando se realiza uma pesquisa no domínio da Antropometria é corrente ser-se "inundado" por grandes massas de dados que originam, necessariamente, erros que podem ser apreciáveis não somente intra-observador, mas também entre-observadores. Este fato obriga a uma forte vigilância metodológica e o recurso a procedimentos

estatísticos adequados ao controle da informação recolhida (ULJASZEK & LOURIE, 1994). Os valores de fiabilidade das medições obtidas nesta pesquisa são muito elevados, dado que não somente o erro técnico de medida é muito baixo (sempre inferior a uma unidade em cada uma das variáveis), como também o coeficiente de variação é inferior a 1%. A exceção, bem conhecida na literatura (ULJASZEK & LOURIE, 1994) é para as pregas de adiposidade subcutânea (entre 1,42% e 6,30%). Resultados semelhantes foram obtidos por SONG, MALINA e BOUCHARD (1993), SANCHÉZ-ANDREZ (1995), KATZMARZYK et al. (2000) e REBATO et al. (2000), o que atesta a qualidade da informação disponível.

Um outro aspecto metodológico importante refere-se ao problema complexo do ajustamento das três componentes do somatótipo a um conjunto de covariáveis como são a idade e o sexo, bem como à sua interação, ou a valores de idade² ou idade³ (BOUCHARD, MALINA & PÉRUSSE, 1997). Neste domínio, de tentativa de “purificação” dos fenótipos em causa, há duas escolas de pensamento estratégico, e que se baseiam em flexibilidades computacionais dos “softwares” utilizados: 1) a que prefere um ajustamento prévio das componentes, tomando os resíduos da regressão múltipla ajustados que são para a média e variância e que recorrem ao “software” SEGPATH (KATZMARZYK et al., 2000; SONG, MALINA & BOUCHARD, 1993), ou à sua versão mais “primitiva”, o MLECOR (REBATO et al., 2000; SANCHÉZ-ANDREZ, 1995); 2) outros recorrem a “softwares” mais versáteis como o QTDT (HUYGENS, THOMIS, PETERS, VLIETINCK & BEUNEN, 2004), Solar (ALMASY & BLANGERO, 1998), ou SAGE (SAGE, 2005), em que o ajustamento é efectuado no próprio procedimento de estimação da h². Qualquer destes procedimentos é adequado, e a sua preferência é uma questão de “gosto” dos investigadores.

Um outro aspecto prende-se com o significado das covariáveis. Quando se lida com delineamentos gemelares é corrente não ajustar as componentes do somatótipo à idade e/ou ao sexo. Ao invés, opta-se pela sua inclusão no modelo a testar e verificar a magnitude do seu contributo para a variância e covariância total. Tal é o caso do estudo de PEETERS et al., (2003) ao realizarem uma pesquisa longitudinal com 105 pares de gêmeos MZ e DZ. Esta atitude implica o recurso a sofisticação estatística de modelação com base no “software” Mx (NEALE & CARDON, 1992). SONG, CLAESSENS, LEFEVRE e BEUNEN (1994) também estudaram gêmeos MZ e

DZ, mas o seu procedimento de análise foi bem simples e clássico (FALCONER, 1989), calculando somente correlações intraclasse e razões F, depois de ajustar cada componente do somatótipo (Y), de acordo com a expressão: $Y = \text{idade} + \text{idade}^2 + \text{idade}^3$ num modelo de regressão múltipla e considerar os resíduos de regressão em cada sexo. Contudo, estes autores não apresentam o valor de variância explicada por estas covariáveis, o que pode limitar o entendimento da sua importância.

Na pesquisa que recorre a irmandades e/ou famílias nucleares, a remoção de covariáveis como a idade, sexo ou combinações complexas destas variáveis (KATZMARZYK et al., 2000), o nível educacional, ocupação dos progenitores e dimensão da família (REBATO et al., 2000), efeitos geracionais (SANCHÉZ-ANDREZ, 1995), níveis de atividade física e “intake” calórico (SONG, MALINA & BOUCHARD, 1993) produziu efeitos cuja magnitude se situa entre os cinco e os 20% da variância total.

Na presente pesquisa, nem sempre foi necessário incluir, no modelo de cálculo de h² de cada uma das componentes do somatótipo, todas as covariáveis. Na endomorfia só entraram a idade, sexo e a respectiva interação. Na mesomorfia, a idade e o sexo, e na ectomorfia nenhuma covariável foi necessária. Resultados equivalentes foram reportados noutras pesquisas com irmandades (REBATO et al., 2000; SANCHÉZ-ANDREZ, 1995). Convém realçar, também que, contrariamente ao referenciado nas pesquisas anteriores, o “software” SAGE calcula automaticamente a vantagem (que deve ser estatisticamente significativa) da inclusão de covariáveis comparando esse modelo com um outro sem covariáveis com base em razões de logaritmos de verosimilhança, esperando que o modelo com as covariáveis seja significativamente melhor que o anterior. Trata-se, pois, de um tipo de análise mais detalhada, realizada de modo automático e permitindo estimar não somente variâncias, efeitos das covariáveis e h², mas também os respectivos erros-padrão para se ter uma idéia da precisão dos valores estimados.

Ao contrário do “software” SOLAR, o “software” SAGE não fornece valores de variância explicada pelas covariáveis. Contudo, pode não ser importante saber a sua magnitude, dado que o que é relevante é obter estimativas robustas de h² ajustadas para covariáveis. Genericamente, quando se lida com irmandades ou famílias nucleares é de esperar algum efeito da idade e sexo, ou combinações destas ou outras variáveis quando se sabe que as componentes

do somatótipo variam com a idade e o sexo quer na infância, adolescência ou no estado adulto (CARTER & HEATH, 1990).

É importante salientar a elevada versatilidade no “output” do “software” PEDSTATS em termos de informação relativa à exploração do comportamento dos dados quer na sua distribuição (sob a forma de histogramas), ou a diagramas de dispersão com pares de irmãos. Este programa estatístico também inspecciona a estrutura de cada família, identificando todos os erros de cruzamento entre famílias intactas. Contudo, não tem disponível qualquer teste de normalidade univariado, bivariado ou multivariado. Por outro lado, providencia valores numéricos de estatísticas descritivas para a totalidade da amostra, fundadores, grupos de familiares em função do sexo, ou detalhes de cada família ou irmandade, o que permite um controle apertado dos dados.

Finalmente, um comentário quando se utilizam resíduos da regressão para ajustamento das covariáveis: uma vez que são normalizados, não há qualquer problema no uso dos mais diversos procedimentos estatísticos para analisar os resultados, recorrendo a procedimentos estatísticos que podem ir do simples *t-test* a técnicas de máxima verosimilhança. Contudo, quando se utilizam os valores originais das componentes, e com base no conhecimento da sua ligeira assimetria à direita pode ser importante recorrer a métodos robustos como os que estão implementados no SAGE.

O pensamento original de SHELDON (1940, 1954) atribuía ao somatótipo um valor fixo ao longo da vida que assumia estar na dependência estrita do património genético de cada sujeito. Tratava-se de uma visão extremamente fixista, fortemente criticada por antropólogos e biólogos destacados do seu tempo como Montagu, Washburn ou Dobzhanski, e que a investigação futura com dados longitudinais (BEUNEN et al., 1987; CLASSENS, BEUNEN & SIMONS, 1986; MONYKI et al., 2002), ou de plasticidade de resposta da morfologia externa ao treino-ingestão calórica (BOLONCHUK, SIDERS, LYKKEN & LUKASKI, 2000) vieram desmentir com inequívoca clareza. Todas as características quantitativas humanas, sejam elas, por exemplo, indicadores do tamanho ou forma do corpo, são o resultado inequívoco, para além dos efeitos aditivos dos genes e do ambiente, da interação entre genes e ambiente (BAKER, 1996). Contudo, é importante salientar que: 1) as distâncias migratórias do somatótipo dos sujeitos durante a sua ontogénese;

2) a resposta a regimes distintos de exercício-alimentação; ou 3) a simples descrição das componentes do somatótipo de grupos populacionais distintos evidenciam uma forte heterogeneidade individual. Ora é esta variação que interessa quantificar e interpretar, tentando esclarecer quanto pode ser atribuída a efeitos genéticos. A literatura desta matéria encontra-se resumida em dois textos fundamentais: o de CARTER e HEATH (1990) e o de BOUCHARD, MALINA e PÉRUSSE (1997). São aqui salientadas pesquisas com gêmeos e com famílias nucleares, onde se mostram não só correlações moderadas a elevadas entre membros da mesma família em linhagens com diferentes graus de extensão, como também uma forte componente genética a regular a variação populacional nas componentes do somatótipo, que na maioria dos casos é $\geq 50\%$. Os valores de correlação e estimativas de h^2 são sempre mais elevados em pesquisas com gêmeos do que com famílias nucleares, cuja causa provável está na forte assunção de um envolvimento comum igual para os membros de cada par de gêmeos NEALE e CARDON (1992).

Os valores médios das diferentes componentes do somatótipo entre irmãos salientam forte proximidade, com predominância para a mesomorfia, sugerindo agregação familiar na forma corporal. Resultados similares foram mencionados por SONG, MALINA e BOUCHARD (1993) e REBATO et al., (2000). Contudo, também é clara a presença de variabilidade nos resultados médios das componentes entre os autores mencionados, e por duas ordens de razão: 1) pelo fato da amplitude etária cobrir a puberdade com as notórias diferenças entre sexos na expressão das componentes, em que as meninas se deslocam para o quadrante da endomorfia, e os meninos para o de mesomorfia (MALINA, BOUCHARD & BAR-OR, 2004); 2) pelo conhecimento preciso da importância do “timing” e “tempo” maturacionais e das suas implicações na expressão somatotípica das três componentes na forma corporal de sujeitos avançados ou atrasados maturacionalmente (BEUNEN, 1973; BEUNEN et al., 1987).

As correlações encontradas são de magnitude baixa a moderada, privilegiando irmãos do mesmo sexo na endomorfia (irmãs) e ectomorfia (irmãos e irmãs). Os resultados de REBATO et al., (2000) em irmandades espanholas dos quatro aos 20 anos são inferiores aos do presente estudo, dado que as componentes foram previamente ajustadas a diferentes covariáveis. No mesmo sentido vão os valores de SONG, MALINA e BOUCHARD (1993) em jovens canadenses, ou os de

SANCHEZ-ANDREZ (1995) em crianças e jovens espanholas. Trata-se de um padrão relativamente comum de correlações baixas a moderadas com os seus ajustamentos para as covariáveis. Tais resultados, significativamente maiores do que zero, salientam a presença de agregação familiar cuja origem pode ser genética e/ou ambiental.

Os valores das estimativas dos efeitos genéticos a governar a variação entre famílias e a similitude entre irmãos, ajustadas para diferentes covariáveis, são moderados a elevados: 0,48 (endomorfia), 0,54 (mesomorfia) e 0,71 (ectomorfia). É importante constatar que não tem sido frequente o estudo da Genética Quantitativa acerca das componentes do somatótipo em que haja um propósito inequívoco de calcular a h^2 . Só conseguimos localizar dois estudos recentes, o de KATZMARZYK et al. (2000) em 103 famílias nucleares canadenses (província de Ontário), e HUYGENS et al. (2004), em 748 irmãos provenientes de 335 famílias flamengas (Bélgica). No primeiro caso, as estimativas de h^2 foram de 0,56 (endomorfia), 0,68 (mesomorfia), e 0,64 (ectomorfia). No segundo caso, e com base no “software” QTDT, foram estimadas componentes de variância e calculadas quantidades que os autores designam por “transmissibilities” (t^2) ou limites superiores de h^2 : $t^2 = 0,67$ (endomorfia), $t^2 = 0,97$ (mesomorfia), e $t^2 = 0,86$ (ectomorfia). Enquanto que os resultados da presente pesquisa são semelhantes ao de KATZMARZYK et al. (2000) são menores do que os de HUYGENS et al. (2004). A não ser que se consiga fraccionar a variância total em variância genética aditiva, variância ambiental comum e variância ambiental única/residual, as estimativas de h^2 estão relativamente contaminadas por aspectos do ambiente

comumente partilhado no seio de famílias ou irmandades (por exemplo: práticas de atividade físico-desportivas comuns, hábitos nutricionais comuns, atitudes comuns relativamente ao corpo e ao exercício físico, etc). Ora os estudos com famílias nucleares ou com irmandades não permitem obter estimativas de h^2 não contaminadas por ambiente comum, a não ser que o delineamento da pesquisa utilize “pedigrees” extensos com mais de três ou quatro gerações onde é possível modelar efeitos ambientais diversos e que estão bem implementados nos algoritmos do SAGE, ou incluam variáveis que podem refletir aquilo que o algoritmo do “software” SOLAR designa como “household effects”. Daqui que os resultados produzidos pelos diversos “softwares” correspondam a sobre-estimativas de h^2 . Os valores reportados por HUYGENS et al., (2004) são bastante elevados e fortemente condicionados pela variância ambiental comum, para além do fato do QTDT não ser, computacionalmente, o melhor “software” para estimar h^2 , nem tão-pouco foi concebido para esse propósito. Dado que do ponto de vista teórico da Genética Quantitativa (FALCONER, 1960; KHOURY, BEATY & COHEN, 1993) o valor máximo esperado para h^2 entre irmãos ser de 0,50 (os irmãos partilham, em média, metade dos genes idênticos por descendência), todas as quantias superiores a 0,50 contêm informação de variância ambiental comum. Contudo, e apesar destes problemas, não deixa de ser interessante salientar que há uma componente genética substancial, em termos populacionais, a governar a variação entre famílias e semelhanças fraternas nas três componentes do somatótipo, uma vez que as estimativas mais conservadoras rondam os 50%.

Conclusões

Em suma, os resultados desta pesquisa salientam, de modo bem claro, a importância dos fatores genéticos na explicação de uma parte substancial da

variação populacional nas componentes do somatótipo de irmãos não praticantes de desporto com exigências competitivas.

Abstract

Genetic and environmental factors in the variability of somatotype components of siblings

The aims of this study were to determine the influence of genetic and environmental factors in siblings variation in somatotype components, as well as to present a sequence of didactic steps when conducting a Quantitative Genetic analysis. The sample is comprised of 366 sibling pairs aged from 10 to 18 years

of age residing in the northeast of Portugal. Somatotype components were estimated according to CARTER & HEATH (1990) protocol based on 10 somatic measurements. Exploratory data analysis was done in SPSS and PEDSTATS. Genetic factors were estimated in the SAGE software. Results showed a high quality of data available (technical error of measurement $\approx 1\%$). Mesomorphy was the most salient component is physique structure of siblings, being it brother-brother, sister-sister, or brother-sister. Even when adjusted for covariates, genetic factors are high: 0.49 for endomorphy, 0.55 for mesomorphy, and 0.71 for ectomorphy. These results suggest that substantial genetic factors govern somatotype variation in the population.

UNITERMS: Somatotype; Siblings; Genetic factors.

Referências

- ALMASY, L.; BLANGERO, J. Multipoint quantitative trait linkage analysis in general populations. *American Journal of Human Genetics*, Chicago, v.62, n.5, p.1198-211, 1998.
- BAKER, P.T. The Raymond Pearl memorial lecture: the eternal triangle-genes, phenotypes, and environment. *American Journal of Human Biology*, Hoboken, v.9, p.93-101, 1996.
- BEUNEN, G. Somatotype and skeletal maturity in boys 12 through 14. *Hermes*, Leuven, n.8, p.411-22, 1973.
- BEUNEN, G.; CLAESSENS, A.; LEFEVRE, J.; OSTYN, M.; RENSON, R.; SIMONS, J. Somatotype as related to age at peak velocity and to age at peak velocity in height, weight and static strength in boys. *Human Biology*, Detroit, v. 4, n.59, p.641-55, 1987.
- BOLONCHUK, W.W.; SIDERS, W.A.; LYKKEN, G.I.; LUKASKI, H.C. Association of dominant somatotype of men with body structure, function during exercise, and nutritional assessment. *American Journal of Human Biology*, Hoboken, v.2, n.12, p.167-80, 2000.
- BOUCHARD, C.; MALINA, R.M.; PERUSSE, L. *Genetics of fitness and physical performance*. Champaign: Human Kinetics, 1997.
- CAIRES, A. *Biotipologia: o conhecimento da personalidade*. Lisboa: Argo, 1941.
- CARTER, J.E.L. (Ed.). *Physical structure of Olympic athletes: Part I. The Montreal Olympic games anthropological project*. Basel: Karger, 1984a.
- _____. *Physical structure of Olympic athletes: Part II. Kinanthropometry of Olympic athletes*. Basel: Karger, 1984b.
- CARTER, J.E.L.; ACKLAND, T.R. (Eds.). *Kinanthropometry in aquatic sports: a study of world class athletes*. Champaign: Human Kinetics, 1994.
- CARTER, J.E.L.; HEATH, B.H. *Somatotyping: developments and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- CELSO, C.A.; MAIA, J.A.; FREITAS, D.L.; BEUNEN, G.; LEFEVRE, J.; CLAESSENS, A.L.; MARQUES, A.T.; RODRIGUES, A.L.; THOMIS, M.A.; GARGANTA, R.M.; LOPES, V.P.; SEABRA, A.F. *Corpo, maturação biológica e atividade física: um olhar interactivo em crianças e jovens madeirenses*. Funchal: Esculápio, 2004.
- CLAESSENS, A.; BEUNEN, G.; SIMONS, J. Stability of anthroposcopic and anthropometric estimates of physique in Belgian boys followed longitudinally from 13 to 18 years of age. *Annals of Human Biology*, London, v.3, n.13, p.235-44, 1986.
- COMAS, J. *Manual of physical anthropology*. Springfield: [s.ed.], 1960.
- DEGARAY, A.L.; LEVINE, L.; CARTER, J.E.L. *Genetic and anthropological studies of Olympic athletes*. New York: Academic Press, 1974.
- DURER, A. *De symmetria partium humanorum corporum*. Paris: Officina Caroli Perier, 1557.
- FALCONER, D.S. *Introduction to quantitative genetics*. New York: Ronald Press, 1960.
- _____. *Introduction to quantitative genetics*. 3rd ed. Harlow: Longman Science and Technology, 1989.
- HEATH, B.H.; CARTER, J.E.L. Need for modification of somatotyping methodology. *American Journal of Physical Anthropology*, Philadelphia, v.21, p.227-33, 1963.
- _____. A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, Philadelphia, v.27, n.1, p.57-74, 1967.
- HEBBELINCK, M.; DUQUET, W.; BORMS, J. Stability of somatotypes: a longitudinal study of Belgian children age 6 to 17 years. *American Journal of Human Biology*, Hoboken, v.7, p.575-88, 1995.

- HERESY, G.L. **The evolution of allure: sexual selection from medici venus to the incredible hulk**. Cambridge: MIT Press, 1996.
- HUYGENS, W.; THOMIS, M.A.; PETERS, M.W.; VLIETINCK, R.F.; BEUNEN, G.P. Determinants and upper-limit heritabilities of skeletal muscle mass and strength. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign, v.27, n.2, p.186-200, 2004.
- KATZMARZYK, P.T.; MALINA, R.M.; PÉRUSSE, L.; RICE, T.; PROVINCE, M.; RAO, DC.; BOUCHARD, C. Familial resemblance for physique : heritabilities for somatotype components. **Annals of Human Biology**, London, n.5, p.467-77, 2000.
- KEEN, K.J.; ELSTON, R.C. Robust asymptotic sampling theory for correlations in pedigrees. **Statistics in Medicine**, Chichester, v.22, n.20, p.3229-47, 2003.
- KHOURY, M.J.; BEATY, T.H.; COHEN, B.H. **Fundamentals of genetic epidemiology**. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- MALINA, R.M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Growth, maturation and physical activity**. Champaign: Human Kinetics, 2004.
- MALINA, R.M.; KATZMARZYK, P.T.; SONG, T.M.K.; THERIAULT, G.; BOUCHARD, C. Somatotype and cardiovascular risk factors in healthy adults. **American Journal of Human Biology**, Hoboken, v.9, p.11-9, 1997.
- MONYEKI, K.D.; TORIOLA, A.L.; RIDDER, J.H.; KEMPER, H.C.G.; STEYNS, N.P.; NTHANGENI, M.E.; TEISK, J.W.R.; VAN LENTHE, F.J. Stability of somatotypes in 4 to 10 year-old rural South African girls. **Annals of Human Biology**, London, v.29, n.1, p.37-49, 2002.
- NEALE, M.C.; CARDON, L.C. **Methodology for genetic studies of twins and families**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1992.
- OLIVIER, G. **Morphologie et types humains**. Paris : Vigot Frères, 1967.
- PANOFSKY, E. **Meaning in the visual arts**. London: Penguin Books, 1993.
- PARNELL, R.W. Somatotyping by physical anthropology. **American Journal of Physical Anthropology**, Philadelphia, v.12, n.2, p.209-39, 1954.
- PEETERS, M.W.; THOMIS, M.A.; CLAESSENS, A.L.; LOOS, R.J.F.; MAES, H.H.M.; LYSSENS, R.; VANDEN EYNDE, B.; VLIETINCK, R.; BEUNEN, G. Heritability of somatotype components from early adolescence into young adulthood: a multivariate analysis on a longitudinal twin study. **Annals of Human Biology**, London, v.30, n.4, p.402-18, 2003.
- REBATO, E.; SALCES, I.; ROSIQUE, J.; SAN MARTIN, L.; SUSANNE, C. Analysis of sibling resemblance in anthropometric somatotype components. **Annals of Human Biology**, London, v.27, n.2, p.149-61, 2000.
- ROSS, W.D.; HEBBELINCK, M.; WILSON, B.D. Somatotype in sport and the performing arts. **Medicina dello Sport**, Rome, v.20, p.314-26, 1974.
- SAGE. **Statistical analysis of genetic epidemiology**, 2005. Disponível em: <<http://darwin.cwru.edu/sage/>>.
- SÁNCHEZ-ANDRÉZ, A. Genetic and environmental influences on somatotype components: family study in a spanish population. **Human Biology**, Detroit, v.67, n.5, p.727-38, 1995.
- SHELDON, W.H. **The varieties of human physique**. New York: Harper and Brothers, 1940.
- _____. **The atlas of man**. New York: Harper and Brothers, 1954.
- SONG, T.M.K.; MALINA, R.M.; BOUCHARD, C. Familial resemblance in somatotype. **American Journal of Human Biology**, Hoboken, v.5, p.265-72, 1993.
- SONG, T.M.K.; PÉRUSSE, L.; MALINA, R.M.; BOUCHARD, C. Twin resemblance in somatotype and comparisons with other twin studies. **Human Biology**, Detroit, v.66, n.3, p.453-64, 1994.
- TANNER, J.M.; WHITEHOUSE, R.H.; JARMAN, S. **The physique of olympic athletes**. London: George Allen and Unwin, 1964.
- ULIJASZEK, S.J.; LOURIE, J.A. Intra and inter-observer error in anthropometric measurements. In: ULIJASZEK, S.J.; MASCIE-TAYLOR, C.G.N. (Eds.), **Anthropometry: the individual and the population**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- WIGGINTON, J.E.; ABECASIS, G.R. PEDSTATS: descriptive statistics, graphics and quality assessment for gene mapping data. **Bioinformatics**, Cary, v.21, n.16, p.3445-7, 2005.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao revisor anônimo os comentários que permitiram clarear diferentes aspectos do trabalho. Do mesmo modo agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia o apoio na realização deste estudo (POCI/DES/62499/2004).

ENDEREÇO

José António Ribeiro Maia
Laboratório de Cineantropometria e Estatística Aplicada
Faculdade de Desporto
Universidade do Porto
R. Dr. Plácido Costa, 91
4200-450 - Porto - PORTUGAL
e-mail: jmaia@fade.up.pt

Recebido para publicação: 09/10/2006

Revisado: 04/07/2007

Aceito: 07/08/2007