

**Artigo original**

José António Ribeiro Maia ¹
Vitor Pires Lopes ²
André Seabra ³
Rui Garganta ⁴

ASPECTOS GENÉTICOS DA ACTIVIDADE FÍSICA E APTIDÃO FÍSICA ASSOCIADA À SAÚDE. ESTUDO EM GÊMEOS DOS 12 AOS 40 ANOS DE IDADE DO ARQUIPÉLAGO DOS AÇORES (PORTUGAL)

GENETIC ASPECTS OF PHYSICAL ACTIVITY AND HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS: A STUDY OF TWINS AGED 12-TO-40 YEARS FROM THE AZORES ISLANDS (PORTUGAL)

RESUMO

Este estudo tem como propósitos estudar aspectos da variação genética nos níveis de actividade física e aptidão física associada à saúde de gémeos do arquipélago dos Açores (Portugal). Com base numa amostra de 64 pares de gémeos dos 12 aos 40 anos pertencentes às 8 das 9 ilhas, foram avaliados (1) os níveis de actividade física com base no questionário de Baecke, (2) e os valores da aptidão física referenciados pela saúde providenciados pela bateria Fitnessgram. Os procedimentos estatísticos utilizados foram os usuais neste tipo de análises, bem como foram calculadas as estimativas de heritabilidade (h^2). Todos os cálculos foram efectuados nos programas SPSS 10 e Systat 10. Os resultados mostraram estimativas de h^2 moderadas a elevadas para os níveis de actividade física, entre 23.4% e 77%. Um quadro algo semelhante de resultados ocorreu para os diferentes testes marcadores da aptidão física - entre 30% e 80%. As conclusões remetem-nos para diferenças genéticas moderadas a elevadas entre sujeitos e que são responsáveis pela heterogeneidade nos valores de actividade física e aptidão física. Contudo, é também aberta uma porta à influência ambiental nos programas de educação física e desportiva, para além de outros elementos.

Palavras-chave: variação, genética, gémeos, actividade física, aptidão física, Açores.

ABSTRACT

This study aims to investigate genetic variation of twins in the archipelago of the Azores (Portugal), in the areas of physical activity and health-related physical fitness. Based on a sample of 64 twin pairs, aged 12 to 40 years, from 8 of the 9 islands, we evaluated (1) levels of physical activity based on the Baecke questionnaire, and (2) health-related physical fitness values, as provided by the Fitnessgram test battery. Standard statistical procedures were used for these analyses, as well as inheritabilities estimates (h^2). All calculation were performed on SPSS 10 and SYSTAT 10. Results revealed moderate to high h^2 estimates for physical activity, between 23.4% and 77%. A similar picture was observed in the marker test for physical fitness; between 30% and 80%. We may conclude that moderate to high genetic differences between subjects are responsible for the heterogeneity of observed values in physical activity and physical fitness. It should also be mentioned that environmental factors are also important, opening an important window for physical and sports education, as well as for other environmental factors.

Key words: variation, genetics, twins, physical activity, physical fitness, Azores

¹ Prof. Doutor José António Ribeiro Maia, Lab. de Cineantropometria e Estatística Aplicada. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto. Portugal

² Prof. Doutor Vitor Pires Lopes, Escola Superior de Educação de Bragança. Bragança. Portugal

³ Mestre André Seabra, Lab. de Cineantropometria e Estatística Aplicada. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto. Porto. Portugal

⁴ Prof. Doutor Rui Garganta da Silva, Lab. de Cineantropometria e Estatística Aplicada. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Universidade do Porto. Portugal

INTRODUÇÃO

Um dado inquestionável, até para o sujeito menos sensível a questões da Epidemiologia da Actividade Física é o seguinte – a actividade física (ActF) e os níveis de aptidão física associada à saúde (ApFS) evidenciam uma forte variação no seio da população. Nos extremos desta distribuição podem considerar-se os indivíduos menos activos com forte propensão para a inactividade cuja ApFS é insuficiente, e os extremamente activos, apaixonados por fortes dispêndios energéticos das provas de longa duração revelando níveis muito elevados de ApFS. Ora esta variação, representada por uma distribuição em forma de sino (distribuição normal), exprime um fenómeno bem interessante – a presença de diferenças interindividuais marcantes.

Um terreno fértil de conceitos e metodologias para pesquisar o alcance das diferenças interindividuais num qualquer traço métrico humano é o da Epidemiologia Genética. Esta área do saber pretende interpretar, numa primeira etapa, o quanto da variação presente nas diferenças entre sujeitos é atribuída a factores genéticos transmitidos no seio de famílias nucleares. O contributo deste olhar para o fenómeno da variação que ocorre no seio de qualquer população, informando sobre o facto indesmentível das diferenças entre sujeitos, é bem relatado por Gilger (2000), salientando as suas promessas interpretativas, que Bouchard et al. (1997) muito bem detalham na sua aplicação ao lato território das Ciências do Desporto.

Os métodos da Epidemiologia Genética são diversos, procurando conciliar informação de natureza quantitativa com informação de natureza qualitativa. Também procura associar e ligar informação de fenótipos observados com dados de natureza molecular. Habitualmente, os delineamentos utilizados em Epidemiologia Genética consideram famílias nucleares ou gémeos de diferentes zigotia (uma descrição exaustiva das metodologias pode ser encontrada em Khoury et al., 1993; Neale & Cardon, 1992; Rao & Province, 2001).

A variação nos níveis de ActF e de ApFS é condicionada por um conjunto variado de influências que produzem a variação clara

no seio de qualquer população num dado ponto da sua história. É mais que evidente que o passado histórico-biológico do ser humano está repleto de uma vivência plena de actividade física de cariz multifacetado. Contudo, não deixa de ser interessante pensar que alguns sujeitos serão portadores de genes sensíveis que os predisõem, de modo diferenciado, para participar em actividade físicas diversas e mostrar, em consequência, valores distintos de aptidão física. Parece que na presença de determinados factores do envolvimento, tais genes baixam o limiar de sensibilidade na resposta a tais estímulos tornando os seus portadores particularmente activos em detrimento de outros, que na presença dos mesmos estímulos permanecem num silêncio de resposta ou com resistência na resposta (Bouchard et al., 1997). É evidente que os factores genéticos e os do envolvimento, bem como a sua interacção e covariação, são agentes de forte responsabilidade na explicação da variação nos níveis de ActF e ApFS. Isto é, em cada um de nós há não só variação nas sequências de DNA, na interacção e coacção entre genes, mas também uma variabilidade clara nos estilos de vida, condições materiais do envolvimento, etc., que transportam consigo as potencialidades explicativas da variação observada nos fenótipos. Ora é precisamente o propósito nuclear desta pesquisa tentar esclarecer a importância díspar, ou não, das influências genéticas e do envolvimento nos níveis diferenciados de ActF e ApFS em jovens e adultos do arquipélago dos Açores (Portugal) e que se situa no oceâneo Atlântico (39°,43'/39°,55' latitude norte).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Amostra

Este estudo foi efectuado somente com famílias que tivessem filhos gémeos. Foram localizadas e contactadas 151 famílias, 151 pais, 151 mães e 151 pares de gémeos de diferente zigotia, o que prefaz 604 sujeitos. A sua distribuição pelas 8 das 9 ilhas do arquipélago dos Açores, zigotia e idade está detalhada nas Tabelas 1 e 2. Ainda que as idades dos gémeos da amostra original variassem entre os 6 e os

40 anos, só consideraremos nesta pesquisa idades compreendidas entre os 12 e os 40 anos. Daqui que o número total de pares de gémeos que estudaremos será de 64.

Tabela 1 - Distribuição das famílias por ilha

Ilha	Famílias/pares de gémeos
Pico	10
Santa Maria	10
Flores	13
Graciosa	6
Terceira	43
Faial	13
São Miguel	49
São Jorge	7
Total	151

Tabela 2 - Distribuição dos gémeos em função da idade e zigotia considerados na presente pesquisa (MZ=gémeos monozigóticos; DZ=gémeos dizigóticos; m=masculino; f=feminino; so=sexo oposto)

Idade (anos)	Nº de pares	MZ _m	MZ _f	DZ _m	DZ _f	DZ _{so}
12	14	4	3	2	-	5
13	11	2	-	4	2	3
14	11	3	4	2	2	-
15	8	3	1	1	1	2
16	8	1	3	1	1	2
17	5	1	-	2	1	1
22	1	-	-	-	-	1
25	1	-	-	-	-	1
30	1	-	-	-	-	1
32	1	-	-	-	-	1
34	1	-	-	-	1	-
39	1	-	-	1	-	-
40	1	-	-	1	-	-
Total	64	14	11	14	8	17

Actividade física

A actividade física foi estimada com o questionário de Baecke et al. (1982), auto-administrado e que procura estimar a actividade física referente a 1 ano. As estimativas de fiabilidade das respostas ao questionário (calculadas com base no coeficiente de correlação intra-

classe) foram superiores a 0.80 (sobre esta matéria consultar Oliveira & Maia, 2002).

Este questionário é composto por 16 itens de resposta tipo *Lickert* numa escala de 5 pontos. Os itens procuram representar/estimar três índices de actividade física: actividade física no tempo escolar/trabalho (AFET), actividade física no tempo dedicado ao desporto (AFD), e actividade física nos tempos de recreação e lazer (AFRL).

As fórmulas que permitem calcular os três índices são as seguintes:

$$AFET = [I_1 + (6 - I_2) + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8] / 8$$

Em que I_i , $i = 1, 2, \dots, 8$ são itens do questionário. A AFET é pois representada por uma média de 8 itens.

$$AFD = (I_9 + I_{10} + I_{11} + I_{12}) / 4$$

Em que I_i , $i = 9, 10, \dots, 12$ são itens do questionário. O item 9 resulta da consideração da intensidade, duração e frequência da prática das diferentes modalidades que cada sujeito realiza. A intensidade é estimada com base nas sugestões de níveis propostos Durnin e Passmore (1967): nível baixo = 0.76 MJ/h, nível médio = 1.26 MJ/h; nível elevado = 1.76 MJ/h.

O índice de AFD, é uma média simples, e reflecte as dimensões fundamentais do conceito de actividade física, considerando as práticas formais que são culturalmente referenciadas na nossa sociedade.

$$AFRL = [(6 - I_{13}) + I_{14} + I_{15} + I_{16}] / 4$$

Em que I_i , $i = 13, 14, \dots, 16$ são itens do questionário. O índice AFRL, é também um valor médio, e expressa algumas das direcções fundamentais de organismos mundiais sobre a prática mínima recomendável de actividade física diária.

A actividade física total (AFT) corresponde ao somatório dos 3 índices anteriores, em que $AFT = AFET + AFD + AFRL$.

Aptidão física (associada à saúde)

A aptidão física foi avaliada de acordo com a bateria de testes *Prudential Fitnessgram* conforme Tabela 3 (*Cooper Institute for Aerobics*

Tabela 3 - Estrutura da bateria de testes do *Fitnessgram*

Testes	Componentes da Aptidão
Corrida/marcha da Milha	Capacidade Aeróbica
<i>Curl-up's</i>	Força Abdominal
Flexões a 90 graus	Força Superior do Tronco
<i>Trunk Lift</i>	Flexibilidade e Força dos Extensores do Tronco
Índice de Massa Corporal	Composição Corporal

Research, 1992). Esta bateria de testes é a visão operacional do quadro substantivo da avaliação da aptidão física associada à saúde de acordo com a posição criterial, que procura responder numa base individual à eterna questão “*how fit is fit enough*” (aptidão física quanto basta e que se encontre fortemente associada a indicadores e critérios de saúde). A avaliação criterial descreve a *performance* numa base estritamente individual, não a comparando com o seu grupo de referência, mas sim relativamente a um critério que determina o nível adequado de aptidão a atingir - designado por intervalo óptimo de aptidão (uma discussão detalhada da avaliação da aptidão física pode ser encontrada em Maia, 1996).

As estimativas de fiabilidade obtidas com o coeficiente de correlação intraclassa para os diferentes testes providenciou resultados entre 0.80 e 0.99.

Determinação da zigotia

A determinação da zigotia foi efectuada com base num método indirecto (por motivos de ordem financeira), usando o questionário de zigotia (aplicado às mães) proposto por Peeters et al. (1998), que apresentou elevada validade concorrente face aos métodos de determinação de zigotia por DNA e marcadores sanguíneos.

A cotação da resposta das mães foi efectuada pelo primeiro autor. Passado um mês foi realizada uma nova cotação para avaliar a fiabilidade intra-observador na determinação da

zigotia. O valor da estatística Kappa foi de 1 (100% de classificação correcta) para os gémeos MZ e também de 1 para os gémeos DZ.

Procedimentos estatísticos

A primeira parte da análise compreendeu a inspecção da entrada dos dados, a detecção de erros, bem como a análise exploratória por forma a determinar a normalidade das distribuições, a presença de *outliers*, bem como a averiguação da magnitude das médias e variâncias em cada zigotia.

No modelo clássico de Genética Quantitativa (Falconner, 1990, Lynch & Walsh, 1998), qualquer fenótipo é constituído por duas componentes aditivas - uma genética (G) e outra do envolvimento (E). Quando se pensa em termos populacionais a variância total (V_{TOT}) de qualquer traço fenotípico pode ser fraccionada em dois tipos de variância - a variância genética (V_G) e a variância do envolvimento (V_E). A variância do envolvimento pode ser ainda fraccionada em duas outras fontes de variação - a que é devida ao envolvimento comum partilhado no seio da família (V_C) e a que é específica e única de cada sujeito (V_{ESP}).

Da comparação destas fontes de variação é possível calcular uma rácio designada de heritabilidade (h^2) que se refere à proporção de variância total que pode ser atribuída a efeitos genéticos ($h^2 = V_G / V_{TOT}$). De um modo de heritabilidade (h^2) que se refere à proporção de variância total que pode ser atribuída a efeitos genéticos ($h^2 = V_G / V_{TOT}$). De um modo semelhante podem calcular-se a contribuição dos factores

do envolvimento comum ($c^2=V_C/V_{TOT}$) e dos factores específicos ($e^2=V_{ESP}/V_{TOT}$).

Nestas formulações do modelo clássico é imperioso que se cumpram quatro pressupostos fundamentais (Bouchard et al., 1997):

- Ausência de interacção dos genótipos com o envolvimento (isto significa que diferentes genótipos reagem de modo similar aos mesmos factores do envolvimento, traduzindo uma igualdade de susceptibilidade).

- Ausência de correlação entre genótipos e envolvimento (isto quer dizer que os vários genótipos são expostos a condições semelhantes do envolvimento).

- Ausência de interacção gene-gene (i.e. não se verifica epistasia).

- Ausência de acasalamento preferencial.

Estimativas de heritabilidade (h^2)

Com base nos valores dos coeficientes de correlação de Pearson ou da correlação intraclasse, é possível estimar uma quantidade designada por heritabilidade. Heritabilidade representa, pois, o quanto da variância observada (V_{TOT}) é devida a variância genética (V_G), ou diferenças genéticas interindividuais. Daqui que genericamente se represente $h^2 = V_G/V_{TOT}$.

Como lidamos com gémeos MZ e DZ e em que os gémeos MZ são cópias um do outro, partilhando os mesmos genes e o mesmo envolvimento comum, e que os gémeos DZ partilham, em média, metade dos genes e o mesmo envolvimento comum, as correlações esperadas em cada zigotia são, pois:

$$r_{MZ} = h^2 + c^2$$

$$r_{DZ} = \frac{1}{2} h^2 + c^2$$

Se subtrairmos os dois valores de correlação, obteremos:

$$h^2 = 2(r_{MZ} - r_{DZ})$$

Dado que a variância total é fixada em 1, e que é composta de forma aditiva pela variância genética (h^2), do envolvimento comum (c^2) e do envolvimento único (e^2), obtem-se:

$$h^2 + c^2 + e^2 = 1$$

que de acordo com regras simples de álgebra permite obter:

$$e^2 = 1 - r_{MZ}$$

$$c^2 = 2r_{DZ} - r_{MZ}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de idade dos gémeos MZ e DZ estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores médios e desvios padrão ($M \pm Dp$) das idades dos gémeos dos dois sexos e das duas zigotias.

Sexo	MZ, $M \pm Dp$ (Amplitude)	DZ, $M \pm Dp$ (Amplitude)
Masculino	13.50 \pm 1.76 (11-17)	15.23 \pm 6.42 (11-40)
Feminino	13.61 \pm 1.81 (11-16)	14.75 \pm 5.05 (11-34)

É evidente uma variação distinta das idades em cada sexo nos gémeos MZ e DZ, o que implica que os valores médios de idade mostrem alguma diferença, sobretudo pela circunstância de haver gémeos DZ com idades superiores a 17 anos, o que não ocorre nos gémeos MZ.

A Tabela 5 contém os valores das estatísticas descritivas dos vários índices de actividade física.

Tabela 5 - Valores médios e do desvio padrão dos itens de actividade física, por sexo, nos gémeos MZ e DZ

Variáveis	MZ, $M \pm Dp$		DZ, $M \pm Dp$	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
AFE	2.31 \pm 0.36	2.69 \pm 0.55	2.59 \pm 0.49	2.46 \pm 0.42
AFD	2.74 \pm 0.68	2.34 \pm 0.62	2.60 \pm 0.75	2.38 \pm 0.57
AFRL	2.86 \pm 0.48	2.66 \pm 0.52	2.85 \pm 0.46	2.76 \pm 0.52
AFT	7.91 \pm 1.07	7.69 \pm 1.09	8.04 \pm 0.97	7.61 \pm 1.14

O que estes dados mostram, na sua generalidade, é uma equivalência, em termos médios e de variação, nos índices de actividade física nos dois sexos, ainda que a tendência seja para uma ligeira superioridade do sexo masculino. Este último aspecto tem sido realçado pela generalidade da literatura específica. A interpretação deste facto assenta, sobretudo, em condicionalismos de natureza cultural e familiar que tem dirigido uma maior “pressão” para o sexo masculino na sua participação activa e viril num conjunto multifacetado de actividades físico-desportivas.

Na Tabela 6 estão mencionadas as estatísticas descritivas básicas das diferentes componentes da ApFS.

Tabela 6 - Valores médios e de desvio padrão dos itens bateria de testes de Aptidão física

Variáveis	MZ, M±Dp	MZ, M±Dp	DZ, M±Dp	DZ, M±Dp
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
IMC	21.79±5.08	18.57±3.09	18.48±3.16	20.93±3.69
<i>Curl up</i>	27.26±19.47	23.73±13.01	32.38±22.72	33.66±24.31
<i>Push-up</i>	16.97±12.00	10.54±7.60	17.00±9.83	7.64±6.31
<i>Trunk lift</i>	32.87±6.53	33.69±7.83	33.05±7.38	35.65±6.79
Corrida	9.38±2.36	9.74±1.49	8.48±1.73	11.69±2.71

Genericamente, os valores médios mostram alguma similitude nos dois sexos, ainda que se note uma superioridade no sexo masculino. Esta aptidão mais elevada dos gémeos do sexo masculino está associada, normalmente, a níveis mais elevados de actividade física generalizada e participação desportiva, bem como a diferenças de tamanho e maior massa muscular.

Salientamos a presença, nas provas de *Curl up* e *Push up*, de sujeitos que não conseguem realizar uma única repetição, o que se afigura algo incompreensível.

Tal como é referido na literatura (ver por exemplo Bouchard et al., 1986; Bouchard et al., 1997), quando se lida com amostras gemelares de dimensão reduzida, como é o caso da presente pesquisa, há toda a vantagem em considerar somente gémeos MZ e DZ, depois de se remover os efeitos de covariáveis da idade e sexo. Para cumprir esta sugestão, há que calcular resíduos da regressão múltipla (assumindo importância das covariáveis, e que é expressa pela magnitude de R^2), em que cada variável dependente corresponde aos fenótipos em estudo, e as variáveis independentes são a idade e o sexo. A Tabela 7 refere-se aos valores de variância explicada das variáveis independentes sexo e idade nos diferentes fenótipos marcadores da ActF e ApFS.

A quantidade de variância explicada pela idade e sexo é diversa em cada um dos índices de ActF, situando-se entre 1% e 21%. O efeito da idade e do sexo na variância total das diferentes componentes da ApFS é também

distinta quer nos gémeos MZ, quer nos gémeos DZ. O efeito conjunto mais baixo é no *Curl up*, enquanto que os mais elevados são na Corrida (gémeos DZ), no *Push up* (gémeos MZ) e no IMC. Este quadro de resultados é semelhante a outros referenciados na literatura (ver por exemplo Bouchard et al., 1986). Tal como foi anteriormente explicado, a remoção destes efeitos permite obter resíduos de regressão que são quantidades que permitirão estudar os efeitos genéticos e do envolvimento na actividade física independentemente dos efeitos do sexo e da idade.

Tabela 7 - Percentagem de variância (R^2) explicada pelos efeitos da idade e sexo nos gémeos relativamente aos índices de actividade física e aos testes de ApFS.

Variáveis Dependentes	Variáveis Independentes (Idade e Sexo)	
	MZ	DZ
Actividade física		
AFE	13.5%	20%
AFD	6%	21%
AFRL	5.4%	1%
AFT	4%	5%
Aptidão física		
<i>Trunk lift</i>	18%	5%
<i>Curl up</i>	3%	1%
<i>Push-up</i>	37%	25%
Corrida	9%	43%
IMC	30%	36%

A similitude dos valores intra-par nos gémeos MZ e DZ nos diferentes índices de ActF estão na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) para a AFE, AFRL, AFD e AFT nos gémeos MZ e DZ do grupo 2

Variáveis	r _{MZ}	r _{DZ}
AFE	0.92	0.53
AFRL	0.72	0.48
AFD	0.74	0.62
AFT	0.83	0.65

Espera-se que os valores de r_{MZ} sejam superiores aos de r_{DZ} para se presenciarem efeitos de natureza genética. É pois com base nestes resultados que serão estimados os efeitos genéticos e do envolvimento que trataremos a seguir.

Estimativas de efeitos genéticos e do envolvimento – Actividade física

Ficou evidente a maior similitude intrapar nos gémeos MZ do que nos gémeos DZ. Tal informação, sugere, desde logo, que efeitos genéticos e do envolvimento influenciarão de modo diverso as diferentes componentes da ActF, tal como se pode constatar na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativas (em termos percentuais) de variância genética (h²), do envolvimento comum (c²) e único (e²) dos gémeos

Variáveis	h ²	c ²	e ²
AFE	77%	14.1%	8.5%
AFRL	47.8%	23.9%	28.3%
AFD	23.4%	50.6%	26%
AFT	37%	46.5%	16.5%

Estes resultados sugerem os seguintes comentários:

-O índice de AFRL apresenta um efeito genético da ordem dos 47.8%. Valores desta magnitude são sugeridos por Lauderdale et al. (1997), ainda que os gémeos deste estudo sejam adultos e do sexo masculino. Também Kaprio et al. (1981) referem um valor próximo deste, ainda que seja mais elevado (62%), mas a sua amostra contém, também, adultos jovens e idosos de diferentes intervalos de idade. Maia et al. (2001) pesquisaram os efeitos genéticos na AFRL de 411 pares de gémeos MZ dos dois sexos. O recurso a modelos mais complexos de análise salientou um h²=63% nos sujeitos do sexo masculino e h²=32% no sexo feminino. Genéricamente, poderia sugerir-se, que na

AFRL, os efeitos genéticos condicionam as diferenças interindividuais em cerca de 50%. Este parece ser um valor elevado. Os efeitos do envolvimento comum e único repartem, de modo mais ou menos equivalente, o resto da variância, i.e. 25% para cada um. Estes resultados reclamam uma atenção parcimoniosa relativamente à influência comum vivida no seio da família e à influência única de cada membro do par, e que reflecte o modo como cada sujeito constrói aspectos da sua AFRL com os seus amigos e outros significantes. Abre-se, pois, a necessidade de dirigir uma dupla atenção em programas de intervenção comunitária nas actividades físicas de recreação e lazer, e que poderia seguir o seguinte *slogan* – FAÇA ACTIVIDADE FÍSICA. TRAGA A SUA FAMÍLIA E OS SEUS AMIGOS.

-O índice de AFD evidencia uma estimativa de efeitos aditivos dos genes de 23.4%. Este resultado entra em contradição com os valores reportados por Beunen e Thomis (1999) e Maia et al. (2002) que referem estimativas muito mais elevadas e distintas nos dois sexos, “favorecendo” os rapazes. Algumas das justificações para esta discrepância podem residir na circunstância do estudo dos Açores possuir uma amostra bem mais reduzida, o que condicionaria, à partida, e eventualmente, o espectro de variação no fenótipo em causa. É evidente que os estudos anteriormente mencionados recorreram a procedimentos estatísticos diferenciados dado que consideraram em cada zigotia os dois sexos, e o sexo distinto nos gémeos DZ, o que poderia, também, explicar uma parte das diferenças de resultados. O facto de na pesquisa dos Açores se ter removido, conjuntamente, o efeito da idade e do sexo implica, necessariamente, uma menor quantidade de variância de prática desportiva a explicar pelos factores genéticos. Isto quer dizer que os efeitos dos genes não ocorrerão sempre do mesmo modo e magnitude nos dois sexos e em diferentes intervalos de idade. Importante, apesar dos condicionalismos apontados à remoção do efeito do sexo e da idade, é a relevância do envolvimento familiar comum, 50.6%. Este resultado pode parecer estranho uma vez que sabemos que uma percentagem ínfima de pais destes gémeos praticava desporto. Ora, é muito provável, que apesar dos progenitores não

praticarem, que inculquem nos seus filhos, de uma forma discursiva sólida, contínua e acertada, os valores de uma vida activa e saudável adstrita à prática desportiva. Os estudos de Beunen e Thomis (1999) e Maia et al. (2002) mostram valores reduzidos para a influência familiar comum. Pode ser, que aspectos de natureza cultural e geográfica, entre outros, possam, também, explicar esses resultados. É de salientar, ainda, a influência do envolvimento único dos gémeos, dado contribuir com 26% para a variância total. Também aqui fazemos o mesmo apelo que para a AFRL – FAÇA DESPORTO E NÃO SE ESQUEÇA DE TRAZER, TAMBÉM, A SUA FAMÍLIA E OS SEUS AMIGOS.

-No índice de AFT, o efeito aditivo dos genes nas diferenças entre sujeitos é de 37%. Este resultado é diverso do anteriormente reportado por Maia et al. (2002) com uma amostra de maior dimensão (441 pares de gémeos), e que mostrou um efeito distinto no sexo masculino ($h^2=68.4\%$) e no sexo feminino ($h^2=39.4\%$). Pensamos que as sugestões do ponto anterior se aplicam também aqui.

Os valores do coeficiente de correlação de Pearson a utilizar no cálculo das estimativas de heritabilidade e do envolvimento estão na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores de r para as componentes da ApFS nos gémeos MZ e DZ do grupo 2

Variáveis	r_{MZ}	r_{DZ}
<i>Curl up</i>	0.84	0.69
<i>Push-up</i>	0.80	0.40
<i>Trunk lift</i>	0.87	0.62
Corrida	0.86	0.59
IMC	0.92	0.54

Estimativas de efeitos genéticos e do envolvimento – Aptidão física associada à saúde

Tal como referimos anteriormente para o domínio da ActF, também aqui se verifica que na expressão diferenciada da ApFS os valores de $r_{MZ} > r_{DZ}$. Esta relação entre os resultados da correlação nem sempre é a mesma, isto é, $r_{MZ} - r_{DZ}$ nem sempre possui a mesma magnitude, indiciando que os efeitos do envolvimento comum e único de cada par serão diversos nas componentes da ApFS (Tabela 11).

Tabela 11 - Estimativas (em termos percentuais) de variância genética (h^2), do envolvimento comum (c^2) e único (e^2) dos gémeos.

Variáveis	h^2	c^2	e^2
<i>Curl up</i>	30%	54%	16%
<i>Push-up</i>	80%	0%	20%
<i>Trunk lift</i>	56%	31%	13%
Corrida	54%	32%	14%
IMC	76%	16%	8%

Estes resultados possibilitam, entre outras, as interpretações seguintes:

-À excepção da prova de *Curl up*, todas as outras mostram estimativas de efeitos genéticos superiores a 50%. Na corrida é de 54% e na prova de *Push-up* é de 80%. Trata-se, pois, de uma influência substancial dos genótipos nas diferenças interindividuais entre sujeitos. Na sua generalidade, valores equivalentes a estes são encontrados na literatura, sobretudo no resumo mais actualizado desta matéria produzido por Bouchard et al. (1997). Essencialmente, isto quer dizer que uma parte substancial da variação nos resultados das provas de ApFS é devida às diferenças no património genético dos sujeitos.

-As provas de força muscular *Curl up*, *Push-up* e *Trunk lift* (esta última está, também, intimamente associada à marcação da flexibilidade da parte inferior do tronco) traduzem alguma discrepância nos efeitos genéticos – de 30% (*Curl up*) a 80% (*Push-up*). No *Trunk lift* ($h^2=56\%$), como referimos anteriormente, um teste misto de força dos músculos extensores do tronco e flexibilidade da zona lombar, são relatados, na literatura, valores de heritabilidade entre 18% e 69% para o teste de *sit-and-reach*, e entre 70% e 91% para diferentes medidas de amplitude articular. Esta dispersão de resultados é devida, sobretudo a diferenças na amostragem, processos de cálculo e fenótipos observados. Contudo, não deixa de ser clara a relevância dos efeitos dos genes nesta componente da ApFS. Não obstante esta circunstância, a possibilidade de alteração dos valores de flexibilidade, a partir de influências do envolvimento, i.e. do treino, é também relevante.

-Na prova de *Push-up*, os efeitos genéticos são de magnitude muito elevada, 80%. Valores equivalentes foram encontrados por

Ishidoya (1957) em gémeos japoneses, e por Weiss (1977) numa amostra de gémeos alemães. Contudo, outros autores (por exemplo, Maes, 1992) sugerem que estimativas conservadoras para os efeitos genéticos na força funcional da parte superior do tronco se situam entre 27% e 75%.

-Na prova de *Curl up*, a estimativa de variância genética indutora de diferenças na *performance* dos sujeitos é de 30%. Um resultado próximo foi obtido numa amostra japonesa ($h^2=45\%$). Estes valores de magnitude reduzida, abrem uma enorme janela aos efeitos do envolvimento (i.e. do treino) para melhorar os níveis desta aptidão.

-A prova corrida/marcha da milha evidencia um valor de 54%. Esta prova, sobretudo a aptidão que lhe está subjacente, a aptidão cardio-respiratória, tem sido objecto de forte discussão na literatura no que se refere à sua dependência genética. Há autores que não encontraram qualquer efeito genético para o VO_2 max, enquanto que outros encontraram valores de 90%. Uma discussão esclarecida sobre esta matéria, sobretudo no que se refere à influência da dimensão das amostras, da determinação da zigotia, do processo de cálculo do coeficiente de correlação intraclasse e da heritabilidade, bem como do controlo de covariáveis relevantes (idade, sexo, massa muscular) é referida por Bouchard et al. (1986), e Bouchard et al. (1997). Os resultados que foram obtidos nesta pesquisa são semelhantes às estimativas mais conservadoras para o consumo máximo de O_2 , ou seja, aproximadamente 50% da variação observada é devida a efeitos genéticos.

-No IMC, é obtido um resultado equivalente ao referenciado na literatura, o que mostra o claro efeito do genótipo no controlo da variação na estatura e no peso.

-Os efeitos do envolvimento comum e único são muito diferentes nas várias componentes da ApFS, situando-se entre $c^2=0$ no *Push-up*, e $c^2=54\%$ na prova de *Curl up*. Estas influências, que devem ser consideradas com a maior atenção, não deixam, contudo, de salientar que a maior influência nas componentes da ApFS é dos genes. Isto não quer dizer, de modo algum, que está implícito nas nossas palavras um qualquer determinismo genético. É claro que o envolvimento, i.e. a influência posi-

tiva da família (por exemplo, ausência de *stress* psicológico, apoio parental, nutrição adequada, etc.), e do envolvimento único de cada membro do par (por exemplo, influência dos amigos, Prof. de Educação Física, etc.), e outras manifestações do envolvimento, de que o treino físico é o mais relevante, não possam melhorar significativamente a expressão das aptidões motoras. O que também é claro para nós, face aos resultados, é que haverá um limite na sensibilidade ao treino, que será sempre diferente para os sujeitos, e cuja resposta será, também, inequivocamente distinta face ao valor dos efeitos genéticos.

CONCLUSÕES

Os resultados mostram um efeito genético substancial na AFE e na AFRL, 77% e 47.8%. De modo diverso situa-se a AFD e a AFT, cujos valores se cifram em 23.4% e 37.4%, respectivamente. Abre-se, pois, nestes últimos índices uma janela enorme à influência familiar e à dos outros significantes.

Na ApFS os efeitos genéticos são moderados a substanciais na explicação das diferenças interindividuais, 30% no *curl-up*, 80% no *push-up*, 56% no *trunk lift* e 54% na corrida. Este quadro traduz, necessariamente, uma forte variabilidade de resposta dos jovens e dos adultos aos estímulos das aulas de educação física, treinos desportivos e programas de intervenção comunitária.

Se aos factores do envolvimento incumbe, também, uma fatia substancial de explicação na heterogeneidade dos resultados, então há que responsabilizar de uma forma adequada a família, os professores, treinadores e sociedade civil em geral para o desenvolvimento de programas de intervenção adequados e atraentes para envolver todas as famílias, sem excepções. Há que tornar bem visível o *slogan*: FAÇA DESPORTO E ACTIVIDADE FÍSICA. TRAGA SEMPRE A FAMÍLIA E OS AMIGOS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baecke, J. A. H., Burema, J. & Fritters, E. R. (1982). A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, 36:936-942.

- Beunen, G., & Thomis, M. (1999). Genetic determinants of sports participation and physical activity. **International Journal of Obesity**, 3:1-9.
- Bouchard, C., Lesage, R., Lortie, G., Simoneau, J. A., Hamel, P., Boulay, M. R., Pérusse, L., Theriault, G. & Leblanc, C. (1986). Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 18:639-642.
- Bouchard, C., Malina, R. M. & Pérusse, L. (1997). **Genetics of Fitness and Physical Performance**. Champaign. Human Kinetics.
- Cooper Institute for Aerobics Research (1992). **The Prudential Fitnessgram Test Administration Manual**. Dallas. Author.
- Durnin, J., & Passmore, R. (1967). **Energy, work and leisure**. Heinman Studies in Biology, nº 3. London. Heinman Educational Books, Ltd.
- Falconer, D.S. (1990). **Introduction to Quantitative Genetics**. Essex. Longman.
- Gilger, J. W. (2002). Contributions and promise of human behavioral genetics. **Human Biology**, 7:229-255.
- Ishidoya, Y. (1957). Sportfähigkeit der zwillinge. **Acta Genetica Medica Gemmologica**, 6:321-326.
- Kaprio, J., Koskenvuo, M. & Sarna, S. (1981). Cigarette smoking, use of alcohol, and leisure time physical activity among same sexed adult male twins. In: L. Gedda, P. Parisi, W.E. Nance (Orgs.) **Twin research volume 3** (pp. 37-46). New York. Allan R. Liss.
- Khoury, J. M., Beaty, T. H. & Cohen, B. H. (1993). **Fundamentals of genetic epidemiology**. New York. Oxford University Press.
- Lauderdale, D. S., Fabistiz, R., Meyer, J. M., Sholinsky, P., Ramakhrisan, V. & Goldberg, J. (1997). Familial determinants of moderate and intense physical activity: a twin study. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, 29:1062-1068.
- Lynch, M. & Walsh, B. (1998). **Genetics and Analysis of Quantitative Traits**. Massachusetts. Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Maes, H. H. M. (1992). **Univariate and multivariate genetic analysis of physical characteristics of twins and parents**. Tese de doutorado. Faculty of Physical Education and Physiotherapy. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven.
- Maia, J. A. R. (1996). Avaliação da aptidão física. Uma abordagem metodológica. **Horizonte**. XIII (73), Dossier.
- Maia, J. A. R., Thomis, M. & Beunen, G. (2002). Genetic factors in physical activity levels: a twin study. **American Journal of Preventive Medicine**, 23:87-91.
- Neale, M. & Cardon, L. (1992). **Methodology for genetic studies of twins and families**. Dordrecht. Kluwer Press.
- Oliveira, M. M. C. & Maia, J. A. R. (2002). **Avaliação multimodal da actividade física. Um estudo exploratório em gémeos monozigóticos e dizigóticos**. Porto. FCDEF-UP.
- Peeters, H., Van Gestel, S., Vlietinck, R, Derom, C. & Derom, R. (1998). Validation of a telephone zygosity questionnaire in twins of known zygosity. **Behavioral Genetics**, 28:159-163.
- Rao, D. C. & Province, M. A. (2001). **Genetic dissection of complex traits**. Academic Press. New York.
- Weiss, V. (1977). Die heritabilitaten sportlicher tests, berechnet aus den leistungen zehnjahiger zwillingspaare. **Arzliche Jugendkunde**, 68:167-172.

Endereço do autor:

José António Ribeiro Maia
 Laboratório de Cineantropometria e Estatística Aplicada
 Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física
 Rua Dr. Plácido Costa, 91
 4200-450 Porto
 Portugal
 E-mail: jmaia@fcdef.up.pt

Recebido em 10/03/2003
 Revisado em 28/03/2003
 Aceito em 02/04/2003