

# EFEITOS GENÉTICOS E AMBIENTAIS SOBRE OS FENÓTIPOS DA APTIDÃO FÍSICA RELACIONADA À SAÚDE: UM ESTUDO COM GÊMEOS

Julio Cezar Fernandes da Silveira<sup>1</sup>  
Adair da Silva Lopes<sup>2</sup>

SILVEIRA, J. C. F. da; LOPES, A. da S. Efeitos genéticos e ambientais sobre os fenótipos da aptidão física relacionada à saúde: um estudo com gêmeos. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR*, Umuarama, v. 17, n. 2, p. 85-91, maio/ago. 2013.

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo estimar os efeitos genéticos e ambientais nos fenótipos de variáveis da aptidão física relacionada à saúde. A amostra foi composta de 52 pares de gêmeos (24 monozigóticos (MZ) e 28 dizigóticos (DZ)), com idades de 7 a 17 anos. Os testes/ medidas realizados foram: zigotia (dermatoglifos; questionário); antropometria (massa corporal; estatura); aptidão física (abdominal modificado; flexão em suspensão na barra modificada; sentar-e-alcançar modificado e vai-e-vem de 20 metros). Inicialmente, realizou-se o cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (CCI) para os MZ e DZ em cada fenótipo (força/ resistência abdominal; superior de tronco; flexibilidade, capacidade aeróbia e IMC). Posteriormente, foram calculados os efeitos genéticos ( $h^2$ ), do envolvimento comum ( $c^2$ ) e do envolvimento único ( $e^2$ ), por meio de equações específicas. Os resultados revelaram predominância moderada de  $h^2$  na força/ resistência abdominal (44,8%); na flexibilidade (48%); na capacidade aeróbia (48%) e no IMC (48%); e elevada na força/ resistência superior de tronco (72%).

**PALAVRAS-CHAVE:** Aptidão física; Genética; Gêmeos.

## GENETIC AND ENVIRONMENTAL EFFECTS ON PHYSICAL FITNESS PHENOTYPES RELATED TO HEALTH: A STUDY WITH TWINS

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to estimate the genetic and environmental effects in the health-related physical fitness phenotypes. The sample of this study was constituted by 52 pairs of twins, 24 monozygotic (MZ) and 28 dizygotic (DZ) twins with ages between 7 and 17 years old. The tests/measurements carried out were: zygosity (dermatoglyphics; questionnaire); anthropometry (body mass; height); physical fitness (modified curl up; modified pull-up; modified sit and reach and 20-meter shuttle run). Initially, the intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated for MZ and DZ in everyone phenotype (abdominal power/endurance; upper trunk power/endurance; flexibility, aerobic capacity and BMI). Then, the genetic ( $h^2$ ), the common environmental ( $c^2$ ) and the unique environmental ( $e^2$ ) effects were calculated, by means of specific equations. The results presented moderate predominance of  $h^2$  in the abdominal power/endurance (44.8%); flexibility (48%); aerobic capacity (48%) and BMI (48%); with strong predominance in the upper trunk power/endurance (72%).

**KEYWORDS:** Physical fitness; Genetics; Twins.

### Introdução

A evolução das espécies, em especial a da espécie humana, promoveu alterações nas estruturas orgânicas originárias, dando gênese às semelhanças e às diferenças oriundas da herança genética, influenciada pelo ambiente onde se desenvolve cada indivíduo (MICHELS, 2000).

É inquestionável a presença de grande variação nas diversas características ou fenótipos humanos, desde as mais facilmente quantificáveis como a estatura, até as mais complexas como a carga de algumas enzimas e outras características específicas da célula (MAIA, 2006).

Para a epidemiologia genética os caracteres observáveis passíveis de quantificação no indivíduo são designados de fenótipos, ou seja, a expressão métrica em termos de traços discretos ou contínuos de um determinado genótipo (MAIA; LOPES; MORAIS, 2001; OLIVEIRA et al., 2003).

A aptidão física está relacionada à saúde, enquanto fenótipo quantitativo complexo está condicionado a um conjunto de influências, que acabam produzindo variações no seio de qualquer população em determinado momento da história (MAIA et al., 2003a). Nessa variação, fica evidente a presença de dois grandes agentes causais: os genes e o ambiente (MAIA et al., 2004).

A variação da aptidão física, enquanto fenótipo complexo multifatorial e contínuo apresenta distribuição nor-

mal ou Gaussiana (MAIA; LOPES; MORAIS, 2001; MAIA et al., 2003a; MAIA et al., 2003b; OLIVEIRA et al., 2003; MAIA et al., 2004), diferentemente da distribuição dicotômica encontrada em caracteres monogênicos (BEIGUELMAN, 2008a).

Os diversos métodos passíveis de utilização em epidemiologia genética buscam aliar informações de natureza quantitativa com informações de natureza qualitativa, bem como associar fenótipos a dados de natureza molecular utilizando, para isso, famílias nucleares ou gêmeos de diferentes zigotia (MAIA, LOPES; MORAIS, 2001; MAIA et al., 2003a).

Conforme Regateiro (2007), a genética molecular trouxe grande facilidade para o estudo de traços monogênicos, entretanto o mesmo não pode ser afirmado em relação aos traços poligênicos, por esse motivo, são relevantes as abordagens indiretas como os estudos populacionais, os estudos de concordância entre membros de famílias, em crianças adotadas e em gêmeos. Este último, destacaram Peeters et al., (1998), são de grande importância na determinação da contribuição genética e de fatores ambientais na variação encontrada em caracteres fenotípicos considerados normais ou patológicos.

A escassez de estudos envolvendo gêmeos monozigóticos e dizigóticos pode ser explicada pela dificuldade de amostragem, neste sentido, Lima et al., (1998) e Ferreira et

<sup>1</sup>Professor Assistente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE.

<sup>2</sup>Professor Titular do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

Endereço para correspondência: Rua Ceará, 544 – Centro. Marechal Cândido Rondon - Paraná. CEP: 85.960-000. Telefone: (0XX45) 3284-1805. E-mail: silveira@fsnet.com.br

al., (2005) destacaram que a gemelaridade ocorre em 1% do total das gestações e o tipo monozigótico constitui eventualidade mais rara que o dizigótico.

Tradicionalmente, o modelo favorito para separação dos componentes genéticos de variações fenotípicas entre indivíduos (hereditariedade) são baseados em estudos com gêmeos, em que os monozigóticos compartilham 100% dos seus genes e os dizigóticos 50%, em média (CERCATO, 2006).

Os estudos para a avaliação da importância do genótipo na determinação de caracteres quantitativos baseiam-se no fato de que a similaridade genotípica dos pares dizigóticos é, em média, aquela apresentada por pares de irmãos gerados sucessivamente, enquanto que os monozigóticos são oriundos de um único zigoto, sendo geneticamente idênticos (BEIGUELMAN, 2008a).

Neste sentido, Araújo, Arteaga e Mady (2004) destacaram que gêmeos monozigóticos são considerados idênticos (genes causadores e modificadores) e qualquer discordância fenotípica entre eles tem sido creditada à ação de fatores ambientais.

O essencial no estudo da influência genética e ambiental pelo método de gêmeos consiste no fato de que, se a influência genética for elevada, os gêmeos idênticos serão muito parecidos na variável fenotípica estudada, pelo contrário, quanto maior dependência de influências ambientais, maior será a diferença na variável estudada (FERNANDES FILHO; CARVALHO, 1999).

Os fenótipos são constituídos por dois componentes aditivos: um genético (G) e outro do envolvimento (E). Ao trabalhar com dados populacionais, no modelo clássico em genética, a variância total (Vtot) de um traço fenotípico pode ser fracionada em dois tipos de variância: da genética (VG) e do envolvimento (VE); esta última pode ser fracionada em duas outras fontes de variação: a que é resultante do envolvimento comum partilhado no seio da família ( $c^2$ ) e a que é específica e única dos membros de cada par ( $e^2$ ) (MAIA et al., 2003b).

A estimativa dos efeitos genéticos e ambientais (comum e único) pode auxiliar na compreensão da variabilidade das expressões fenotípicas envolvidas no *constructo* da aptidão física relacionada à saúde, bem como trazer evidências da margem de modificação destes mediante intervenções voltadas à prática de exercícios físicos direcionados à promoção da saúde.

O presente estudo tem como objetivo verificar os efeitos genéticos ( $h^2$ ) do envolvimento comum ( $c^2$ ) e do envolvimento único ( $e^2$ ) nos fenótipos envolvidos no *constructo* da aptidão física relacionada à saúde: força/ resistência abdominal; flexibilidade; capacidade aeróbia; força/ resistência superior de tronco; e, índice de massa corporal.

## Material e Método

### Sujeitos

A amostra, considerando a especificidade do estudo, foi do tipo não probabilística, disposta por acessibilidade, constituída de 52 pares de gêmeos (24 pares monozigóticos (10 masculino e 14 feminino) e 28 pares dizigóticos (16 masculino e 12 feminino)), com idades de 7 a 17 anos, estudantes

da rede de ensino público e privado do município de Guarapuava – PR.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão:

a) ser fruto de nascimento gemelar; b) serem gêmeos do mesmo sexo; c) possuir idade de 7 a 17 anos; os critérios de exclusão foram: a) não possuir a permissão do responsável legal; b) apresentar algum problema físico ou de ordem clínica, que impedisse a realização dos testes motores; c) um dos co-gêmeos não aceitar participar do estudo.

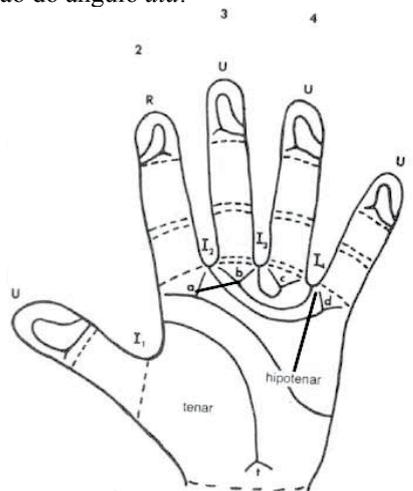
Antes do início das avaliações, todos os sujeitos receberam um termo de consentimento livre e esclarecido para ser assinado pelos pais ou responsáveis legais, consentindo a participação na coleta de dados. Os pais e os indivíduos da pesquisa foram informados de todos os procedimentos da avaliação, tendo ampla liberdade para interromper a participação em qualquer momento da pesquisa.

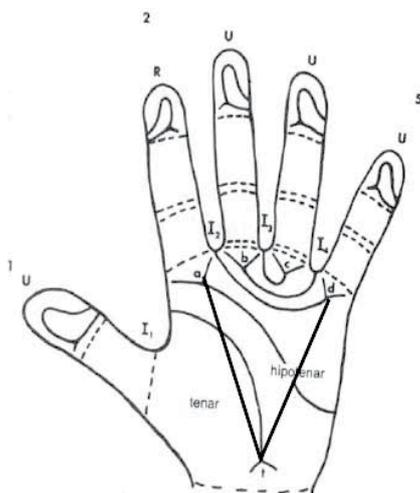
O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética na Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, sob processo de n. 167/09 FR 262552, e aprovado, conforme certificado de n. 161.

### Determinação da zigotia

A determinação da zigotia foi realizada por dois métodos indiretos: I) Impressões Dígito-Palmares: os dermatoglifos foram analisados de acordo com as recomendações de Beiguelman (2008b), sendo classificados como dizigóticos (DZ) os gêmeos que apresentaram: a) Diferença intrapar de TRC (número total de linhas dermatoglíficas nos 10 dedos) igual ou superior a 50 linhas; b) Diferença intrapar igual ou superior a 12 linhas  $a - b$ ; c) Diferença intrapar igual ou superior a 17 linhas  $A' - d$ ; d) Diferença intrapar de 45 graus no ângulo  $atd$ ; e, ainda, coeficiente de correlação intraclasses (CCI) dos diferentes índices dermatoglíficos igual ou inferior a 0,91 (REGATEIRO, 2007); e, II) Questionário: proposto por Peeters et al., (1998) foi aplicado aos responsáveis pelos pares de gêmeos, sendo este realizado na forma de entrevista, conforme instruções dos autores. As respostas foram avaliadas conforme as recomendações de Maia et al., (2007), que consiste em adicionar 1 (um) ponto a cada resposta, que indique similaridade entre os gêmeos e subtrair 1 (um) ponto a cada resposta, que sugira diferença.

As figuras seguintes ilustram os pontos de referência para a obtenção do número de linhas  $a - b$  e  $A' - d$ ; e para a obtenção do ângulo  $atd$ .





**Figura 1:** Referências para a obtenção do número de linhas  $a - b$  e  $A' - d$ ; e obtenção do ângulo  $atd$  (NORA; FRASER, 1991).

### Aptidão física relacionada à saúde

A aptidão física foi avaliada por meio da bateria de testes *Prudential Fitnessgram* (COOPER INSTITUTE FOR AEROBICS RESEARCH, 1999) conforme o quadro 1:

**Quadro 1:** Estrutura da Bateria de Testes do *Fitnessgram*

Teste	Componente da Aptidão
Vai e Vem de 20 metros	Capacidade Aeróbia
Abdominal Modificado	Força/ Resistência Abdominal
Sentar e Alcançar Modificado	Flexibilidade
Flexão na Barra Modificada	Força/ Resistência Superior do Tronco
Índice de Massa Corporal	Composição Corporal

### Tratamento e Análise dos Dados

No presente estudo, foi considerado um conjunto importante de pressupostos, conforme Falconer (1987):

- Os pares de gêmeos partilham do mesmo envolvimento familiar de origem (possuem o mesmo envolvimento comum).
- Os gêmeos monozigóticos partilham os mesmos fatores genéticos (os mesmos alelos em cada *locus*). Os gêmeos dizigóticos partilham, em média, somente metade dos genes, tal como o que ocorre entre irmãos fraternos;
- Um envolvimento semelhante afeta gêmeos monozigóticos e dizigóticos;
- A comparação da similaridade entre os gêmeos monozigóticos e dizigóticos em relação a um fenótipo permite identificar as fontes de variação na população – genes, envolvimento comum e envolvimento único.

Os dados foram organizados, revisados e corrigidos manual e eletronicamente, a fim de se detectar possíveis *outliers* e/ou erros de digitação em planilhas no software Microsoft Office Excel 2007 (©Microsoft). Posteriormente, estas planilhas foram exportadas para o SPSS 15.0, por meio

do qual foram realizadas as análises estatísticas.

Para a estimativa dos efeitos genéticos e ambientais nos componentes da aptidão física relacionada à saúde, foi inicialmente calculado o coeficiente de correlação intraclasses (CCI) separadamente do grupo de gêmeos MZ e do grupo de gêmeos DZ, sendo, a partir deste, calculados os efeitos genéticos ( $h^2$ ), do envolvimento comum ( $c^2$ ) e do envolvimento único ( $e^2$ ), de acordo com as equações:  $h^2 = 2(r_{MZ} - r_{DZ})$ ;  $c^2 = 2r_{DZ} - r_{MZ}$ ;  $e^2 = 1 - r_{MZ}$  propostas por Bouchard, Malina; Perussé (1997).

Conforme estes autores são imperiosos que se cumpram quatro pressupostos fundamentais:

- Ausência de interação dos genótipos com o envolvimento (diferentes genótipos reagem de maneiras semelhantes aos mesmos fatores de envolvimento);
- Ausência de correlação entre genótipos e envolvimento (diferentes genótipos são expostos a condições semelhantes de envolvimento);
- Ausência de interação gene-gene (não se verifica epistasia);
- Ausência de fecundação preferencial.

### Resultados e Discussão

Os índices obtidos na determinação da zigotia por meio do questionário e dos índices dermatoglíficos estão dispostos na Tabela 1:

**Tabela 1:** Coeficiente de Correlação Intraclasses dos Índices Dermatoglíficos e Cotação dos Questionários

Variáveis	MONOZIGÓTI- COS (MZ) (Amplitude)	DIZIGÓTI- COS (DZ) (Amplitude)
Dermatoglíficos	0,92 – 0,99	0,28 – 0,90
Questionário	- 2 a 6*	- 10 a 0*

\*Valores provenientes da aplicação do questionário de Peeters et al., (1998)

Conforme instruções do questionário, uma cotação igual ou superior a 0 é entendida como monozigosidade (MZ), entretanto, para este estudo, esta cotação não excluía a monozigosidade em razão do estudo desenvolvido por Maia et al., (2007) ter utilizado este questionário em conjunto com técnicas de análise de microsátélites de DNA, e ter verificado que todos os DZ foram classificados corretamente, mas entre os MZ 1 par foi classificado equivocadamente como DZ.

Esta validação cruzada de questionário e análise de microsátélites de DNA, embora tenha apresentado uma margem elevada de classificação adequada (97,8%), que é altamente aceitável nas investigações nas ciências do esporte (MAIA et al., 2007), não relata, talvez até por questões operacionais, a classificação socioeconômica da amostra utilizada para a resposta do instrumento, o que pode limitar a sua aplicabilidade e reprodutibilidade no Brasil, razão pela qual, optou-se pela sua utilização em conjunto com os marcadores biológicos representados pelas impressões dígito-palmares (dermatoglíficos).

Conforme pode ser observado, nos questionários há

uma sobreposição de valores, resultado de 2 classificações errôneas de gêmeos MZ, cujas mães acreditavam tratar-se de gêmeos DZ, e 1 classificação equivocada de gêmeos DZ.

Embora a literatura referencie que dois terços das gestações gemelares são dizigóticas (MOORE, 1990), por este trabalho ter utilizado uma amostragem intencional não probabilística, disposta por acessibilidade, casualmente chegou-se a uma elevada proximidade na distribuição numérica dos grupos de gêmeos MZ e DZ.

A distribuição dos gêmeos em função da zigotia e sexo é apresentada na Tabela 2:

**Tabela 2:** Distribuição da Amostra em Função da Zigotia

Variáveis	MZ	f (%)	DZ	f (%)
Masculino	10	41,67%	15	53,57%
Feminino	14	58,33%	13	46,43%
Total	24	100%	28	100%

MZ: Monozigóticos; DZ: Dizigóticos

Segundo recomendação de Malina, Bouchard e Perrussé (1997) quando se trabalha com amostras gemelares de pequena dimensão, como no presente estudo, os gêmeos devem ser separados apenas em monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ), desconsiderando as variáveis sexo e idade, que, caso se busquem dados descritivos, podem ser removidos por meio de regressão linear múltipla, mas que não foram objetivo do presente estudo.

Após a determinação da zigotia com a finalidade de caracterizar a amostra utilizada, foram determinados os valores médios, desvio padrão e amplitude da idade dos gêmeos, que na Tabela 3, já são apresentados estratificados somente MZ e DZ, conforme recomendação citada anteriormente.

**Tabela 3:** Valores Médios e Desvio Padrão (M ± Dp) da Idade dos Gêmeos Monozigóticos e Heterozigóticos

	Monozigóticos (Mz)	Dizigóticos (Dz)
Média	12,83	12,18
Desvio Padrão	2,24	3,26
Amplitude	8 – 17	7 – 17

Pode ser observado na tabela 3 que há uma grande proximidade na idade média do grupo de gêmeos MZ e do grupo de gêmeos DZ, havendo uma maior homogeneidade na idade dos gêmeos MZ.

Os valores do coeficiente de correlação intraclasse para os fenótipos da aptidão física relacionada à saúde mensurada por meio dos testes motores, estão dispostos na tabela 4:

**Tabela 4:** Valores de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) para os Fenótipos da Aptidão Física Relacionada à Saúde

Variáveis	Monozigóticos (Mz)	Dizigóticos (Dz)
Força/ Resistência Abdominal	0,87	0,65
Flexibilidade	0,88	0,64

Força/ Resistência Superior do Tronco	0,88	0,52
Capacidade Aeróbia	0,89	0,65
Composição Corporal	0,92	0,68

Os valores do CCI para a força/ resistência abdominal guardam grande proximidade aos encontrados por Maia et al., (2003a) MZ= 0,84 e DZ= 0,69; e aos encontrados por Achour Jr. (1998) MZ= 0,88 e DZ= 0,68 e superiores aos encontrados por Maia et al., (2003b) MZ= 0,55 e DZ= 0,35.

Os valores do CCI para a flexibilidade divergem dos resultados apontados pela literatura, obtidos por Achour Jr. (1998) MZ= 0,60 e DZ= 0,32, e aos obtidos por Okuda; Horii e Kano (2005) MZ= 0,58 e DZ= 0,29 (DZ), considerando que os resultados obtidos neste estudo evidenciaram um CCI mais elevado tanto para os gêmeos MZ quanto para os DZ.

Para a força/ resistência superior do tronco, a comparação restou prejudicada em razão da preferência dos autores, provavelmente por questões operacionais, pela aplicação do teste de flexão de braços, por isso, a comparação foi realizada com resultados de outros estudos, baseados neste teste motor. O estudo de Maia et al., (2003a) encontrou um CCI para MZ= 0,80 e para DZ= 0,40 para os DZ, enquanto que em outro estudo Maia et al., (2003b) encontraram um r de MZ=0,84 e DZ=0,57. Os resultados mostram-se condizentes com os obtidos neste estudo, especialmente do segundo estudo referenciado, indicando uma grande presença de efeitos genéticos nessa variável motora.

A capacidade aeróbia apresentou resultados condizentes com os obtidos por Maia et al., (2003a), que encontrou valores de r de MZ= 0,86 e DZ= 0,59 para os DZ; e com Maia et al., (2003b), que verificou um CCI de MZ= 0,82 e DZ= 0,53. Por questão operacional, os resultados obtidos neste fenótipo foram oriundos do número de voltas completas realizadas, pois para o cálculo da estimativa do volume máximo de oxigênio, são utilizadas a idade do indivíduo e a velocidade do estágio em que o teste foi interrompido. Como se tratava de gêmeos, a idade era necessariamente a mesma e como os estágios possuem um número de voltas, que varia de 7 a 15, o poder discriminante do volume máximo de oxigênio, neste caso, é muito reduzido, induzindo correlações similares e, conseqüentemente, um cálculo que superestima os efeitos ambientais nesta expressão fenotípica.

Para o índice de massa corporal (IMC), o CCI apresenta similaridade com o estudo desenvolvido por Maia et al. (2003b), que encontrou um r de MZ=0,96 e DZ= 0,52. Esta divergência de valores obtidos pelo estudo desenvolvido em Portugal, provavelmente, decorre da amostra utilizada, 50 pares MZ e 101 pares DZ, destes últimos 45 pares eram DZ do sexo oposto, ou seja, “casais”, o que pode ter feito com que a correlação para este grupo fosse menor. Outro estudo desenvolvido por Maia et al., (2003a), encontrou um r para o IMC de MZ= 0,92, exatamente o mesmo encontrado neste estudo para os gêmeos MZ e, DZ= 0,54, novamente a divergência pode ser explicada pela utilização na amostra de 39 DZ, de 17 DZ do sexo oposto, o que induz a correlações menores. O estudo de Achour Jr. (1998) encontrou uma grande proximidade no CCI dos MZ= 0,99 e dos DZ= 0,96, o que indica a presença de elevados efeitos do envolvimento único.

A partir dos resultados do coeficiente de correlação

intraclasse dos gêmeos MZ e dos gêmeos DZ, estimaram-se os efeitos genéticos e ambientais presentes em cada fenótipo, que estão expostos na tabela 5.

**Tabela 5:** Estimativa de Variância Genética ( $h^2$ ), do Envolvimento Comum ( $c^2$ ) e Único ( $e^2$ ) para os Gêmeos nos Testes Motores da Aptidão Física Relacionada à Saúde

Variáveis	$h^2$	$c^2$	$e^2$
Força/ Resistência Abdominal	44,8	42,6	12,6
Flexibilidade	48,0	40,0	12,0
Força/ Resistência Superior do Tronco	72,0	16,0	12,0
Capacidade Aeróbia	48,0	41,0	11,0
Composição Corporal	48%	44%	8%

$$h^2 = 2(r_{MZ} - r_{DZ}); c^2 = 2r_{DZ} - r_{MZ}; e^2 = 1 - r_{MZ}$$

A estimativa das variâncias genética ( $h^2$ ) e de envolvimento na expressão fenotípica da força/ resistência abdominal evidenciou semelhança aos resultados do estudo de Achour Jr. (1998), obtidos com gêmeos na faixa etária de 9 a 17 anos ( $h^2$ : 40%;  $c^2$ : 48%;  $e^2$ : 12%), pela proximidade dos efeitos genéticos e do envolvimento comum e contrapõe o estudo de Maia et al., (2003a) em gêmeos de 12 a 40 anos ( $h^2$ : 30%;  $c^2$ : 54%;  $e^2$ : 16%) pela predominância dos efeitos do envolvimento comum neste; e também ao estudo de Maia et al., (2003b) com gêmeos de 6 a 12 anos ( $h^2$ : 38,4%;  $c^2$ : 16,2%;  $e^2$ : 45,4%) pela predominância dos efeitos do envolvimento único. Embora o estudo de Maia et al., (2003a) tenha utilizado gêmeos com faixa etária mais elevada, os resultados evidenciaram maior proximidade aos obtidos neste estudo, se comparado ao estudo com faixa etária similar (Maia et al., 2003b). Para Fernandes (2005) a flexão abdominal não é uma prática comum em crianças e adolescentes em suas brincadeiras e intervenções pedagógicas nas escolas, não sendo surpresa valores inferior do envolvimento comum e único.

A expressão fenotípica da flexibilidade evidenciou predominância dos efeitos genéticos, em consonância com o encontrado por Achour Jr. ( $h^2$ : 56%;  $c^2$ : 4%;  $e^2$ : 40%). De acordo com Maia; Lopes e Morais (2001) os valores de  $h^2$  reportados pela literatura variam entre 0.18 e 0.69, embora as referências a respeito deste da flexibilidade, obtida por meio deste teste, sejam limitadas.

O fenótipo força/ resistência superior de tronco revelaram uma predominância dos efeitos genéticos. Conforme realizado com o CCI dos gêmeos MZ e DZ, estes resultados foram comparados com resultados do teste flexão de braços, em razão da escassez de trabalhos que utilizam este teste em amostras gemelares. Embora o resultado pareça elevado, o resultado semelhante foi encontrado por Fernandes (2005) para a flexão de braços, chegando aos valores de  $h^2$ : 74,1%;  $c^2$ : 8,2%;  $e^2$ : 17,8%. Resultados ainda mais elevados para a força de tronco são reportados por Ishidoya (1957) e Weiss (1972), ambos citados por Maia (2001), em que os efeitos genéticos chegam a 85% da variabilidade fenotípica. Para Fernandes (2005), os fenótipos relativos a testes de produção de força são altamente dependentes de fatores genéticos, seja em termos de força funcional ou força rápida.

Para a capacidade aeróbia, os resultados evidencia-

ram a predominância de efeitos genéticos. Estes resultados estão em consonância com os reportados por Maia et al., (2003a), que indicaram  $h^2$ : 54%;  $c^2$ : 32%;  $e^2$ : 14%, e com o estudo de Maia et al., (2003b), que reportaram  $h^2$ : 58,2%;  $c^2$ : 24%;  $e^2$ : 17,8%. Em um estudo utilizando a corrida da milha, Fernandes (2005) chegou a valores próximos aos encontrados no presente estudo  $h^2$ : 50%;  $c^2$ : 36,7%;  $e^2$ : 13,3%.

Para o índice de massa corporal (IMC): verificou-se uma grande diferença dos resultados obtidos para o fenótipo IMC do presente estudo para os estudos de Maia, et al., (2003a; 2003b). No estudo de Maia et al., (2003a), verificaram-se  $h^2$ : 76%;  $c^2$ : 16%;  $e^2$ : 8%, enquanto que em outro estudo, Maia et al., (2003b), os resultados obtidos foram  $h^2$ : 88%;  $c^2$ : 8%;  $e^2$ : 4%. Este estudo evidenciou apenas um resultado similar ao de Maia et al., (2003a), em relação a presença dos efeitos do envolvimento único ( $e^2$ ), que chegaram a 8%. Sobre os demais componentes da variância, encontrou-se uma grande diferença não apenas nos valores, mas especialmente nos efeitos predominantes neste fenótipo, pois, enquanto nos dois estudos referenciados há um predomínio dos efeitos genéticos (76% – 88%), no presente estudo estes efeitos chegaram a 48%. Por outro lado, os efeitos do envolvimento comum que neste estudo se aproximou dos efeitos genéticos (44%), nos demais variaram entre 8 e 16%.

Acredita-se que a utilização de gêmeos DZ do sexo oposto tenha contribuído para esta diferença entre Maia et al., (2003a; 2003b) e o presente estudo, uma vez que o valor de  $r$  foi muito menor entre os DZ naqueles estudos, desta maneira acentuando os efeitos genéticos neste fenótipo. Wang et al., (1990) encontrou efeitos genéticos da ordem de 78% para esta expressão fenotípica, novamente divergindo dos resultados obtidos neste trabalho. Deve-se ponderar que a amostra utilizada no estudo de Wang et al., de MZ ( $n=75$ ) foi duas vezes maior do que a de DZ ( $n=35$ ), possibilitando uma diminuição, maior do que a esperada, em relação ao CCI dos gêmeos DZ. Achour Jr. (1998) verificou para este fenótipo a predominância dos efeitos do envolvimento comum (93%), sobre os efeitos genéticos (6%) e do envolvimento único (1%).

Embora estes resultados apresentem algumas surpresas, quando comparados com a literatura, eles revelam algo relevante para área: uma grande possibilidade de intervenção na alteração deste fenótipo, uma vez que o envolvimento comum e o envolvimento único juntos chegam a 52% na determinação da expressão fenotípica, passíveis de modificação mediante intervenções adequadas.

## Conclusão

Os fenótipos do *constructo* aptidão física relacionada à saúde apresentaram efeitos genéticos ( $h^2$ ) moderados para a força/ resistência abdominal, flexibilidade, capacidade aeróbia e índice de massa corporal oscilando entre 44,8% e 48% e elevados para a força/ resistência superior do tronco que alcançou 72%.

Embora tenha se evidenciado a predominância dos efeitos genéticos nos fenótipos analisados, não é aconselhável se analisar isoladamente a variância fenotípica. Ao se somar os efeitos do envolvimento comum ( $c^2$ ) e do envolvimento único ( $e^2$ ), que em conjunto podem ser denominados de “fatores ambientais”, os resultados nos fenótipos força/

resistência abdominal, flexibilidade, capacidade aeróbia e índice de massa corporal variaram de 52% a 55.2%, exceção à força/ resistência superior do tronco em que estes efeitos chegaram somente a 28%.

Os resultados indicam que na maioria dos fenótipos, aproximadamente metade de sua expressão, pode ser objeto de intervenção, em especial, por meio de programas curriculares de Educação Física e programas governamentais de atividade física voltadas para a melhora da aptidão física relacionada à saúde e, no fenótipo de força/ resistência superior de tronco, menos suscetível à modificação, uma intervenção adequada pode alterar aproximadamente 30% dessa expressão.

## Referências

ACHOUR JUNIOR, A. **Flexibilidade de coluna/ quadril em gêmeos, crianças e adolescentes, da cidade de Londrina-PR**. 1998. 86 páginas. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

ARAÚJO, Q. A.; ARTEAGA, E.; MADY, C. Cardiopatia hipertrófica em gêmeos monozigóticos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 82, n. 4, p. 396-397, 2004.

BEIGUELMAN, B. **A interpretação genética da variabilidade humana**. Ribeirão Preto: SBG, 2008a.

\_\_\_\_\_. **O estudo de gêmeos**. Ribeirão Preto: SBG, 2008b.

BOUCHARD, C.; MALINA, R. M.; PERUSSÉ. **Genetics of fitness and physical performance**. Champaign: Human Kinetics, 1997.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos**. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/comissao/conep/resolucao.html>>. Acesso em: 25 ago. 2010.

CERCATO, C. Perspectivas dos conhecimentos genéticos para compreensão e tratamento da obesidade. **Revista Einstein**. Sup. 1, p. 14-17, 2006.

COOPER INSTITUTE FOR AEROBICS RESEARCH. The prudential FITNESSGRAM test administration Manual. Dallas: Author, 1999.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987.

FERNANDES, S. C. T. C. **O código relacional na atividade física e aptidão física associada à saúde**. 2005. 128 páginas. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Ciências do Desporto. Porto: Universidade do Porto, 2005.

FERNANDES FILHO, J.; CARVALHO, J. L. T. Potencialidades desportivas de crianças segundo a

perspectiva da escola soviética. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 1, n. 1, p. 96-107, 1999.

FERREIRA, I. et al. Corionicidade e complicações perinatais. **Acta Medica Portuguesa**, v. 18, p. 183-188, 2005.

LIMA, J. A. et al. Osteocondromatose em gêmeos monozigóticos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 33, n. 4, p. 325-326, 1998.

MAIA, J. A. R. et al. Determinação da gemelaridade: do questionário de Peeters aos micro-satélites aleatórios espalhados pelo DNA. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, v. 7, n. 2, p. 147-155, 2007.

MAIA, J. A. R. Genética e desporto: uma abordagem introdutória baseada em investigação no domínio da epidemiologia genética. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 20, sup. 5, p. 29-30, 2006.

MAIA, J. A. R.; LOPES, V. P.; MORAIS, F. P. de. **Um estudo de epidemiologia genética em gêmeos e suas famílias realizado no arquipélago dos Açores**. Porto: Saúde & Sá, 2001.

MAIA, J. A. R. et al. Heterogeneidade nos níveis de actividade física de crianças dos 6 aos 12 anos de idade. Um estudo em gêmeos. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**. v. 4, n. 1, p. 39-50, 2004.

MAIA, J. A. R. et al. Aspectos genéticos da actividade física e aptidão física associada a saúde. Estudo em gêmeos dos 12 aos 40 anos de idade do Arquipélago dos Açores (Portugal). **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 5, n. 1, p. 7-16, 2003a.

MAIA, J. A. R. et al. Efeitos genéticos e do envolvimento dos níveis de actividade física e aptidão física associada a saúde. Um estudo em gêmeos dos 6 aos 12 anos de idade do Arquipélago dos Açores (Portugal). **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v. 11, n. 4, p. 33-44, 2003b.

MICHELS, G. Aspectos históricos da cineantropometria - do mundo antigo ao renascimento. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 2, n. 1, p. 106-110, 2000.

MOORE, K. L. **Embriologia clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.

NORA, J. J.; FRASER, F. C. **Genética médica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

OKUDA, E.; HORII, D.; KANO, T. Genetic and environmental effects on physical fitness and motor performance. **International Journal of Sport and Health Science**, v. 3, p. 1-5, 2005.

OLIVEIRA, M. M. de C. et al. Aspectos genéticos da

atividade física: um estudo multimodal em gêmeos monozigóticos e dizigóticos. **Revista Paulista de Educação Física**, v.17, n. 2, p. 104-118, 2003.

PEETERS, H. Validation of a telephone zygosity questionnaire in twins of known zygosity. **Behavior Genetics**, v. 28, n. 3, p. 159-163, 1998.

REGATEIRO, F. J. **Manual de genética médica**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2007.

WANG, Z. et al. Heritability of blood pressure in 7-to 12-year-old Chinese twins, with special reference to boy size effect. **Genetic Epidemiology**, n. 7, p. 447-452, 1990.