

# INFLUÊNCIA GENOTÍPICA E DO AMBIENTE SOBRE AS QUALIDADES FÍSICAS OBSERVADAS PELO MÉTODO DE GÊMEOS EM INDIVÍDUOS DO SEXO MASCULINO

João Felipe Valle Machado<sup>1</sup> jfmach@terra.com.br

Paula Roquetti Fernandes<sup>1,2</sup> prf@cobrase.org.br

José Fernandes Filho<sup>1,3</sup> jff@eefd.ufrj.br

doi:10.3900/fpj.7.6.393.p

Machado JFV, Fernandes PR, Fernandes Filho J. Influência genotípica e do ambiente sobre as qualidades físicas observadas pelo método de gêmeos em indivíduos do sexo masculino. *Fit Perf J.* 2008 nov-dez;7(6):393-9.

## RESUMO

**Introdução:** O objetivo da presente estudo foi verificar a influência genotípica e do ambiente sobre as qualidades físicas de força estática de preensão de mão (FE), velocidade de reação (VR), equilíbrio estático (EQ), agilidade (AG), coordenação motora (CM), velocidade de deslocamento (VD), potência de membros inferiores (PMI) e resistência aeróbica ( $VO_{2máx}$ ). **Materiais e Métodos:** Foram calculados índices de herdabilidade quantitativos ( $h^2$ ) por meio das diferenças intra-par encontradas em gêmeos monozigóticos e dizigóticos. A amostra estudada foi constituída por oito pares de gêmeos do sexo masculino (sendo cinco pares monozigóticos e três pares dizigóticos). **Resultados:** Os índices de herdabilidade seguiram a seguinte ordem: EQ e FE acima de 0,90;  $VO_{2máx}$ , VD e PMI entre 0,76 e 0,87; CM igual a 0,45; e AG e VR abaixo de 0,15. A influência genotípica foi significativa apenas em relação à FE ( $h^2=0,96$ ) e ao EQ ( $h^2=0,97$ ). Os índices de herdabilidade indicaram que houve uma maior influência genotípica no EQ, FE,  $VO_{2máx}$ , VD e PMI, e uma maior influência ambiental na CM, AG e VR. Isto é observado pelos valores de  $h^2$  que, se forem acima de 0,50, demonstram maior influência genotípica, e, abaixo de 0,50, demonstram maior influência ambiental. **Discussão:** Foram encontradas correlações entre a FE, EQ, VD e PMI, que foram qualidades com elevada herdabilidade, e entre AG e a VR, que apresentaram os valores mais baixos de herdabilidade.

## PALAVRAS-CHAVE

Genética, Genótipo, Hereditariedade.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - Laboratório de Biotecnologia da Motricidade Humana - LABIMH - Rio de Janeiro - Brasil

<sup>2</sup>Centro de Excelência em Avaliação Física - CEAF - Rio de Janeiro - Brasil

<sup>3</sup>Escola de Educação Física e Desporto - UFRJ - Rio de Janeiro - Brasil

## GENOTYPIC AND ENVIRONMENTAL INFLUENCE ON THE PHYSICAL QUALITIES OBSERVED BY THE METHOD OF TWINS IN MALES

### ABSTRACT

**Introduction:** The purpose of this study was to assess the genetic and environmental influence on the physical qualities of the static strength of hand prehension (FE), speed of reaction (VR), static balance (EQ), agility (AG), motor coordination (CM), speed of displacement (VD), power of lower limbs (PMI) and aerobic endurance ( $VO_{2max}$ ). **Materials and Methods:** We calculated quantitative indices of heritability ( $h^2$ ) by intra-pair differences in monozygotic and dizygotic twins. The sample was composed of eight pairs of male twins (five monozygotic pairs and three dizygotic pairs). **Results:** The index of heritability followed the order: EQ and FE over 0.90;  $VO_{2max}$ , VD and PMI between 0.76 and 0.87; CM equal to 0.45; AG and VR below 0.15. The genotypic influence was significant only in relation to FE ( $h^2=0.96$ ) and the EQ ( $h^2=0.97$ ). The indices of heritability showed that there was a greater genotypic influence on the EQ, FE,  $VO_{2max}$ , VD and PMI, and greater environmental influence in CM, AG and VR. This is observed by the values of  $h^2$  that, if are above 0.50 show greater genetic influence, or if below 0.50 show greater environmental influence. **Discussion:** We found correlations between FE, EQ, VD and PMI, which were qualities with high heritability, and between AG and VR, which had the lowest values of heritability.

### KEYWORDS

Genetics, Genotype, Heredity.

## GENOTÍPICA Y LA INFLUENCIA AMBIENTAL SOBRE LAS CUALIDADES FÍSICAS OBSERVADAS POR EL MÉTODO DE GEMELOS EN LOS HOMBRES

### RESUMEN

**Introducción:** El objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia de la genética y el medio ambiente sobre las cualidades físicas de la resistencia de la mano prensión (FE), la rapidez de reacción (VR), equilibrio estático (EQ), agilidad (AG), la coordinación motora (CM), la velocidad de desplazamiento (VD), el poder de las extremidades inferiores (PMI) y de resistencia aeróbica ( $VO_{2max}$ ). **Materiales y Métodos:** Se calcularon los índices cuantitativos de heredabilidad ( $h^2$ ) por medio de las diferencias intra-par en gemelos monocigóticos y dizigóticos. La muestra se compone de ocho pares de gemelos de sexo masculino (cinco pares monocigóticos y tres pares dizigóticos). **Resultados:** El índice de heredabilidad seguido el orden: EQ y FE más de 0,90;  $VO_{2max}$ , VD y PMI entre 0,76 y 0,87; CM igual a 0,45; AG y VR por debajo de 0,15. El efecto genotípica fue significativa sólo en relación con FE ( $h^2=0,96$ ) y EQ ( $h^2=0,97$ ). Los índices de heredabilidad mostraron que hubo una mayor influencia genotípica en EQ, FE,  $VO_{2max}$ , VD y PMI, y una mayor influencia del medio ambiente en CM, AG y VR. Esto se observa en los valores de  $h^2$  que, están por encima de 0,50 indican una mayor influencia genética y, por debajo de 0.50, muestran una mayor influencia ambiental. **Discusión:** Se encontraron correlaciones entre FE, EQ, VD y PMI, que son cualidades con alta heredabilidad, y entre AG y VR, con los valores más bajos de heredabilidad.

### PALABRAS CLAVE

Genética, Genótipo, Herencia.

## INTRODUÇÃO

Recentemente, uma maior atenção está sendo dada ao enfoque genético no que se refere às predisposições esportivas e à saúde. Sabe-se que a informação genética constitui a base da herança transmitida dos pais para os filhos (o fator genético ou caráter) e que a mesma determina, em um grau considerável, o crescimento, a formação do organismo, suas reações adaptativas às influências exteriores, os ritmos de desenvolvimento e as várias fases ontogênicas<sup>1</sup>.

O estudo de pares de gêmeos tem sido tradicionalmente empregado, em diferentes áreas de pesquisa da Genética Humana, com a finalidade

de averiguar a influência relativa do genótipo e do meio ambiente sobre a variação fenotípica normal ou patológica<sup>2</sup>.

A utilização dos pares de gêmeos em estudos para avaliar o valor relativo do genótipo na determinação do fenótipo baseia-se, fundamentalmente, no fato de que a similaridade genotípica dos pares dizigóticos é, em média, aquela apresentada por pares de irmãos gerados sucessivamente, pois, como esses últimos, são oriundos da singamia de pares de gametas distintos, produzidos pelos mesmos genitores<sup>2</sup>. Eles possuem, em média, 50% dos genes similares. Já os

pares monozigóticos, por serem oriundos de um único zigoto, são geneticamente idênticos, isto é, possuem o mesmo genótipo<sup>2</sup>.

Particularmente, nos estudos das interações da influência genética sobre a *performance* e a forma física humana, é extremamente importante destacar que os efeitos dos genes não ocorrerão sempre do mesmo modo e na mesma magnitude nos dois sexos e em diferentes intervalos de idade. Por exemplo, na avaliação da aptidão física associada à saúde, os efeitos genéticos são de moderados a substanciais, na explicação das diferenças inter-individuais. Traduzindo, há uma forte variabilidade de resposta dos jovens e dos adultos aos estímulos das aulas de educação física, treinos esportivos e programas de intervenção comunitários<sup>3</sup>.

O estudo de Maia *et al.*<sup>3</sup> investigou os componentes genéticos e ambientais envolvidos em atividades físicas moderadas (como caminhar ou subir escadas) e intensas (como corrida, ciclismo e natação, por exemplo). Muito da variabilidade fenotípica, para ambas as atividades moderadas e intensas, é resultado dos efeitos da agregação familiar. Os genes podem influenciar a participação regular em exercícios intensos específicos mais do que na atividade moderada, como por exemplo, o exercício de caminhada.

Desta forma, existe um número crescente de trabalhos científicos que vêm avaliando, de maneira quantitativa, a influência genética sobre os níveis de atividade física e a *performance* humana, tais como estudos com núcleos familiares<sup>4,5,6</sup> e de estudos com gêmeos<sup>7,8,9</sup>.

Porém, de acordo com Heck *et al.*<sup>10</sup>, embora estudos baseados em famílias tenham provido sustentação para a função dos genes na *performance* humana, a identificação e detecção dos genes e das interações gene-ambiente que influenciam, esta *performance* é difícil devido a fatores, como: a resposta ao treinamento, que é altamente heterogênea e pode ser influenciada por vários componentes, em adição aos fatores genéticos; a expressão da variação genética influenciando a *performance* pode ser dependente do contexto (a predisposição genética para hipertrofia muscular pode ser evidente somente após um tipo específico de treinamento de resistência); e genes e ambientes, que podem agir independentemente ou em conjunto para influenciar os resultados do treinamento.

Assim, o objetivo deste estudo foi verificar a influência genotípica e do ambiente nas qualidades físicas básicas através do método de gêmeos, calculando-se os índices de herdabilidade quantitativos ( $h^2$ ) utilizando medidas realizadas em gêmeos monozigóticos e gêmeos dizigóticos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo se caracterizou por ter sido transversal, descritivo, do tipo comparativo (utilizado para a comparação de diferenças entre médias quando a causa das diferenças é isolada e conhecida) e correlacional<sup>9</sup>. Para atender os objetivos estabelecidos, a amostra foi constituída de oito pares de gêmeos (cinco pares monozigóticos e três pares dizigóticos), na faixa etária de 11 a 27 anos, do sexo masculino. O presente trabalho atendeu às Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde de 10/10/1996<sup>12</sup>, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Castelo Branco - UCB.

A coleta foi realizada na seguinte seqüência:

- 1) Anamnese
- 2) Realização da bateria de testes das qualidades físicas:
  1. Força estática de prensão de mão (FE), teste de dinamometria manual (Grip) - Johnson e Nelson (1979)<sup>13</sup>;
  2. Velocidade de reação (VR), chamada também de teste de tempo de reação (TTR)<sup>14</sup>;
  3. Equilíbrio estático (EQ), teste do flamingo<sup>13</sup>;
  4. Agilidade (AG), teste do Shuttle Run<sup>14</sup>;
  5. Coordenação motora (CM), teste do Burpee<sup>13</sup>;
  6. Velocidade de deslocamento (VD), teste de corrida de 30m<sup>13</sup>;
  7. Potência de membros inferiores (PMI), teste do Sargent Jump Test - salto vertical, mede indiretamente a força muscular dos membros inferiores<sup>15</sup>;
  8. Resistência aeróbica ( $VO_{2máx}$ ), teste de 1000m para os avaliados com idade entre oito e 13 anos<sup>15</sup> e teste de 2400m para os avaliados com idade entre 13 e 60 anos<sup>15</sup>.

### Estatística descritiva

A análise descritiva apresentada é composta por um conjunto de medidas que têm por objetivo definir o perfil do grupo estudado, obtendo-se valores representativos dos dados obtidos, por meio das medidas de tendência central (média e mediana), caracterizando-se a variação destes dados por meio de medida de dispersão (desvio padrão).

### Estimativa de herdabilidade de dados quantitativos

O processo mais utilizado para obter estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) consiste na comparação de diferenças de um dado caráter, observadas em gêmeos monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ)<sup>16</sup>. Para caracteres de variação quantitativa, tomam-se as diferenças entre pares de

gêmeos MZ e entre pares de gêmeos DZ, recorrendo-se à seguinte fórmula<sup>17</sup>:

$$h^2 = (S^2_{DZ} - S^2_{MZ})/S^2_{DZ}$$

em que  $S^2$  representa a variância de cada série de diferenças.

Quando  $h^2=1$ , a variância do caráter é atribuível exclusivamente a causas genéticas, já que os gêmeos MZ são concordantes:  $S^2=0$ , e o caráter apresenta em cada par uma expressão constante. Quando  $h^2=0$ , a variação é inteiramente explicada pelos efeitos ambientais. Em ambos os casos, pressupomos que os erros de medida são aleatórios e tendem, portanto, a anular-se.

### Estatística inferencial

Qualquer que seja a fórmula aplicada para a estimativa da herdabilidade de variáveis quantitativas, a demonstração de que ela difere significativamente de zero será feita por meio de um  $F$ , obtido pela divisão da variância dentro dos pares dizigóticos pela variância dentro dos pares monozigóticos<sup>2</sup>. Desta forma, para a comparação entre as variâncias de pares de gêmeos monozigóticos e dizigóticos, utilizou-se à distribuição  $F$ , como vem sendo aplicado por estudos anteriores<sup>18,19,20</sup>, empregando-se a tabela de valores críticos para esta distribuição apresentada por Triola<sup>21</sup>, para avaliar o nível de significância de cada teste.

## RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentadas as médias, as medianas e os desvios padrões da idade, estatura, massa corporal (MC) e do índice de massa corporal (IMC) dos avaliados, para caracterizar a amostra. Foi observada uma baixa diferença entre as médias das idades dos pares monozigóticos e dizigóticos (com um valor 15,5% maior no grupo monozigótico), assim como em relação às medianas (com um valor 13,3% maior no grupo dizigótico).

Em resposta ao questionário aplicado para se obter a anamnese, foi caracterizado que, de modo geral, não existem diferenças intra-par quanto à criação e à prática

de atividades físicas que possam ser consideradas como limitação para a aplicação do método de gêmeos. Os integrantes de cada par de gêmeos foram criados juntos, provavelmente sofrendo influências ambientais em comum.

Em relação à prática da atividade física, foi observado que, no grupo monozigótico, 80% dos pares praticam atividade física regular e, no grupo dizigótico, 67% dos pares praticam atividade física regular. Isto indica que também existem diferenças na frequência da prática de atividade física entre os tipos de gêmeos.

Nenhum dos entrevistados declarou ser atleta profissional ou amador. Entretanto, 33% dos pares dizigóticos indicaram que já foram atletas amadores, porém, só participavam de competições locais (escolares e intermunicipais). Todos os indivíduos entrevistados indicaram que não faziam atividades físicas regulares diferentes do seu irmão.

Estas informações serviram, então, como base para a avaliação da aplicabilidade do método de gêmeos para o presente estudo.

Segundo Beiguelman<sup>2</sup>, a investigação do método de gêmeos exige a aceitação de várias premissas, como:

1. Os gêmeos são uma amostra da população geral;
2. Os gêmeos são uma amostra de todos os gêmeos;
3. Os componentes de cada par de gêmeos estão sujeitos às mesmas influências do ambiente;
4. O meio ambiente dos gêmeos é, em média, igual ao dos elementos da população geral;
5. As variáveis que atuam sobre os gêmeos monozigóticos, provocando diferenças fenotípicas intra-par, são as mesmas que agem sobre os gêmeos dizigóticos.

Existem possíveis limitações para o uso dessas premissas, como citado por Beiguelman<sup>2</sup>. Por exemplo, as diferenças no desenvolvimento intra-uterino e as diversificações do ambiente dos gêmeos (que se acentuam com a idade) podem afetar a variabilidade intra-par de gêmeos monozigóticos, enquanto um tratamento mais semelhante, dado mais aos gêmeos monozigóticos do que aos dizigóticos (observado principalmente na infância), pode contribuir para uma maior similaridade entre os gêmeos monozigóticos do

**Tabela 1** - Média, mediana e desvio padrão (dp) da idade, da estatura, da massa corporal (MC) e do índice de massa corporal (IMC)

	monozigóticos			dizigóticos		
	média	mediana	dp	média	mediana	dp
idade (anos)	17,4	13,0	6,3	14,7	15,0	3,1
estatura (cm)	160,8	160,3	10,2	161,5	162,8	16,1
MC (kg)	47,7	42,5	10,3	48,1	47,5	13,8
IMC (kg.m <sup>-2</sup> )	18,2	17,8	1,80	18,0	18,1	1,80

que entre gêmeos dizigóticos. Desta forma, as limitações para a aplicação do método de gêmeos podem ser reduzidas se os fatores de distorção apontados (que vão contra as premissas indicadas) forem contrabalançados por outros.

Neste contexto, embora os grupos amostrados apresentem uma heterogeneidade em relação ao local de residência e à idade dos indivíduos, a esse grupo poderá ser aplicado o método de gêmeos, como será discutido a seguir.

Os resultados obtidos para as medidas de força estática de prensão de mão, potência de membros inferiores, de velocidade de deslocamento, velocidade de reação, equilíbrio estático, coordenação, agilidade e  $VO_{2máx}$  dos grupos monozigótico e dizigóticos estão apresentados na Tabela 2, enquanto os índices de herdabilidades quantitativos ( $h^2$ ), são demonstrados na Tabela 3. Destaca-se que ocorreu uma similaridade entre as medidas das qualidades físicas observadas nos grupos monozigótico e dizigótico.

Houve uma variação entre os índices de herdabilidade de  $h^2$  de 0,01 a 0,97, que seguiu a seguinte ordem: equilíbrio e força acima de 0,90;  $VO_{2máx}$ , velocidade de deslocamento e potência de membros infe-

riores entre 0,76 e 0,87; coordenação motora, 0,45; e agilidade e velocidade de reação abaixo de 0,15. O equilíbrio apresentou o maior índice de herdabilidade e a velocidade de reação apresentou o menor índice.

Os resultados das comparações das variâncias dos dados das qualidades físicas demonstraram que apenas para as variáveis força de prensão de mão e equilíbrio foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os gêmeos monozigóticos e dizigóticos ( $p < 0,05$ ).

De acordo com estudos compilados por Frederiksen & Christensen<sup>22</sup>, a herdabilidade da força de prensão de mão variou de 22% a 65%, enquanto a herdabilidade do  $VO_{2máx}$  variou de 20% a 66%. Os resultados demonstrados na Tabela 3, em relação à força de prensão de mão e o  $VO_{2máx}$  foram maiores que os reportados por Frederiksen & Christensen<sup>22</sup>.

## DISCUSSÃO

Tiainen *et al.*<sup>9</sup> indicaram que estudos de efeitos genéticos em pessoas idosas vêm apontando uma variação da influência genética de 22% a 52% em relação à força de prensão de mão. Arden & Spector<sup>8</sup> encontraram um índice de herdabilidade de força de

**Tabela 2** - Média, mediana, desvio padrão (dp) da força estática de prensão de mão (FE), agilidade (AG), velocidade de reação (VR), equilíbrio estático (EQ), potência de membros inferiores (PMI), velocidade de deslocamento (VD), coordenação motora (CM), e resistência aeróbica ( $VO_{2máx}$ )

	monozigóticos			dizigóticos		
	média	mediana	dp	média	mediana	dp
FE (kgf)	69,7	52,8	30,5	65,1	60,5	31,0
AG (s)	11,7	11,8	1,15	12,8	11,9	1,88
VR (s)	0,73	0,72	0,10	0,91	0,80	0,22
EQ (tentativas em 1 min)	5,6	5,00	3,89	5,50	5,50	4,59
VD (0,1s)	5,98	6,01	0,64	6,08	6,07	0,71
PMI (Kgm.s <sup>-1</sup> )	649,3	567,8	212,5	642,0	599,4	268,7
CM (número de partes executadas em 10s)	15,5	15,0	1,84	18,2	19,0	3,60
$VO_{2máx}$	38,8	39,4	3,04	35,7	36,7	4,32

**Tabela 3** - Variância de cada série de diferenças entre pares de gêmeos monozigóticos ( $S^2_{MZ}$ ) e entre pares de gêmeos dizigóticos ( $S^2_{DZ}$ ), Teste *F* e índices de herdabilidade quantitativos ( $h^2$ ) da força estática de prensão de mão (FE), agilidade (AG), velocidade de reação (VR), equilíbrio estático (EQ), velocidade de deslocamento (VD), potência de membros inferiores (PMI), coordenação motora (CM) e resistência aeróbica ( $VO_{2máx}$ )

	$S^2_{MZ}$	$S^2_{DZ}$	F	$h^2$
FE	5,10	119,7	23,5*	0,96
AG	0,10	0,11	1,13	0,12
VR	0,004	0,004	1,01	0,01
EQ	1,00	28,8	28,8*	0,97
VD	0,02	0,10	4,14	0,76
PMI	2240,7	13721,1	6,12	0,84
CM	2,30	4,17	1,81	0,45
$VO_{2máx}$	2,06	15,6	7,57	0,87

\*diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ )

preensão de mão de 0,30 em gêmeas idosas. Este resultado corrobora os resultados demonstrados no estudo de Tiainen *et al.*<sup>9</sup>. Porém, ao se analisar o índice de herdabilidade em pessoas mais jovens, o valor encontrado pode ser mais alto que o apresentado por aqueles autores, como, por exemplo, no presente estudo foi encontrado um índice de herdabilidade para a força de preensão de mão de  $h^2=0,96$ . Isto é um indicativo de que, quanto maior for a idade, maior pode ser a influência ambiental em relação a força de preensão de mão.

Estudos reportados por Malina & Bouchard<sup>23</sup>, mostraram as correlações intra-par para o  $VO_{2máx}$  de gêmeos mozigóticos e dizigóticos, que possibilitaram calcular o índice de herdabilidade ( $h^2$ ), utilizando-se a equação apresentada por Holzinger<sup>17</sup>. Este cálculo indicou um índice  $h^2=0,39$ , que foi inferior ao encontrado neste estudo. Porém, o resultado desse estudo foi inferior ao valor de 0,94 apresentado por Venerando & Milani-Comparetti<sup>16</sup>. Klissouras<sup>16</sup> destacou que as estimativas de herdabilidade do  $VO_{2máx}$  são geralmente elevadas. Isto é confirmado pelos valores revisados por Rupert<sup>24</sup>.

De acordo com estudos citados por Bouchard *et al.*<sup>6</sup>, a força máxima aeróbica é caracterizada por limitada treinabilidade em crianças com menos de 10 anos de idade, mas o  $VO_{2máx}$  é claramente um fenótipo treinável, em média, em crianças mais velhas, adolescentes e adultos para ambos os sexos. O presente estudo encontrou um índice de herdabilidade para o  $VO_{2máx}$  ( $h^2=0,87$ ) maior que o apresentado no estudo de Bouchard *et al.*<sup>6</sup> (0,47). Desta forma, torna-se importante identificar o nível da influência genotípica e do ambiente sobre o  $VO_{2máx}$  para que se possa planejar um melhor treinamento.

As estimativas de herdabilidade são geralmente baixas e inconsistentes quando a análise incide sobre traços como a destreza, o equilíbrio e a coordenação<sup>16</sup>. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram isto, em relação à agilidade e coordenação, porém o equi-

líbrio apresentou uma alta herdabilidade, discordando dessa tendência.

Uma maior herdabilidade para o aumento da força isocinética em adolescentes, comparados a pré-adolescentes do sexo feminino, pode ser explicado por diferenças na maturação do metabolismo da ativação neuromuscular<sup>25</sup>. O presente estudo foi realizado sem separar a amostra por nível de maturação, representando uma amostra heterogênea em relação ao metabolismo da ativação neuromuscular, que pode ter causado um maior variação em relação à média.

Na Tabela 4 são apresentadas correlações entre as variáveis analisadas. Dois grupos de variáveis apresentaram correlações significativas. Um destes grupos foi formado pela força, equilíbrio, velocidade de deslocamento e potência de membros inferiores que foram qualidades com elevado índice de herdabilidade ( $h^2 \geq 0,76$ ). Destaca-se que houve correlações positivas e negativas entre estas variáveis, que sempre significaram que um bom desempenho em uma variável estava correlacionado a um bom desempenho na outra variável.

O outro grupo de variáveis que se correlacionaram foi formado pela agilidade e a velocidade de reação. Foi apresentada uma correlação positiva e significativa entre estas duas qualidades físicas, que apresentaram os valores mais baixos de índices de herdabilidade. Somente a coordenação e o  $VO_{2máx}$  não apresentaram nenhuma correlação com as variáveis analisadas.

Provavelmente, as principais limitações do presente estudo foram: um baixo número de indivíduos amostrados; as diferenças de idade dos indivíduos dentro de cada grupo de gêmeos; e possíveis diferenças ambientais entre os locais de origem dos indivíduos, que cheguem a causar alguma variabilidade entre os pares de gêmeos. A anamnese indicou que outros fatores que poderiam ser limitações (como diferenças intra-par quanto à criação e à prática de atividades físicas), provavelmente não foram tão importantes.

**Tabela 4 - Coeficientes de correlação entre força estática de preensão de mão (FE), agilidade (AG), velocidade de reação (VR), equilíbrio estático (EQ), velocidade de deslocamento (VD), potência de membros inferiores (PMI), coordenação motora (CM) e resistência aeróbica ( $VO_{2máx}$ ).**

	FE	AG	VR	EQ	VD	PMI	CM
AG	-0,43						
VR	-0,38	0,90*					
EQ	-0,59*	0,32	0,32				
VD	-0,81*	0,47	0,39	0,59*			
PMI	0,96*	-0,41	-0,35	-0,53*	-0,83*		
CM	0,28	-0,48	-0,42	-0,26	-0,26	0,33	
$VO_{2máx}$	0,48	-0,29	-0,39	-0,30	-0,44	0,40	0,08

\*diferença estatisticamente significativa ( $p \leq 0,05$ )

Dentro dos objetivos atingidos e das limitações encontradas para a realização deste estudo, os resultados podem contribuir para o avanço do conhecimento científico na identificação da influência genotípica e do ambiente, para que se possa, futuramente, realizar e desenvolver trabalhos mais específicos e adequados a um indivíduo ou grupo de indivíduos.

A partir das observações realizadas ao longo deste estudo, podem-se fazer as seguintes recomendações para a continuidade desta linha de pesquisa:

1. A realização de estudos de comparação entre sexos que considerassem as diferentes classes de idade/nível maturacional seriam fundamentais para estender o conhecimento sobre a influência genética e do ambiente;
2. O desenvolvimento de estudos com um número maior de pares gêmeos é claramente necessário para uma avaliação mais abrangente; e
3. Avaliações psicológicas, nutricionais e sócio-econômicas poderiam contribuir para caracterizar e esclarecer possíveis diferenças entre os indivíduos estudados.

## REFERÊNCIAS

1. Filin VP, Volkov VM. Seleção de talentos nos esportes. Londrina: Mio-graf; 1998.
2. Beiguelman B. Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética; 1994.
3. Maia JAR, Lopes VP, Seabra A, Garganta R. Aspectos genéticos da atividade física e aptidão física associada à saúde. Estudo em gêmeos dos 12 aos 40 anos de idade do Arquipélago dos Açores (Portugal). Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2003; 5:7-16.
4. Gaskill SE, Rice T, Bouchard C, Gagnon J, Rao DC, Skinner JS, *et al.* Familial resemblance in ventilatory threshold: the heritage family study. Med Sci Sports Exerc. 2001;33:1832-40.
5. Mitchell BD, Rainwater DL, Hsueh W, Kennedy AJ, Stern MP, Maccluer JW. Familial aggregation of nutrient intake and physical activity: results from San Antonio family heart study. Ann Epidemiol. 2003;13:128-35.
6. Bouchard C, An P, Rice T, Skinner JS, Wilmore JH, Gagnon J, *et al.* Familial aggregation of  $\dot{V}O_{2max}$  response to exercise training: results from the heritage family study. J Appl Physiol. 1999;87:1003-8.
7. Joosen AMCP, Gielen M, Vlitinck R, Westerterp KR. Genetic analysis of physical activity in twins. Am J Clin Nutr. 2005; 82(6):1253-9.
8. Arden NK, Spector TD. Genetic influences on muscle strength, lean body mass, and bone mineral density: a twin study. J Bone Miner Res. 1997;12:2076-81.
9. Tiainen K, Sipilä S, Alen M, Heikkinen E, Kaprio J, Koskenvuo M, *et al.* Heritability of maximal isometric muscle strength in older female twins. J Appl Physiol. 2004;96:173-80.
10. Heck LA, Barroso CS, Callie ME, Bray MS. Gene-nutrition interaction in human performance and exercise response. Nutrition. 2004;20:598-602.
11. Thomas JR, Nelson JK. Métodos de pesquisa em atividade física. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2002.
12. Conselho Nacional de Saúde. Normas para a realização de pesquisa em seres humanos, Resolução 196/96. 1996.
13. Marins JCB, Giammichi RS. Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático. 3ª ed. Rio de Janeiro: Shape; 2003.
14. Dantas EHM. A prática da preparação física. 3ª ed. Rio de Janeiro: Shape; 1995.
15. Fernandes Filho J. A prática da avaliação física. 2ª ed. Rio de Janeiro: Shape; 2003.
16. Sobral F. O adolescente atleta. Lisboa: Livros Horizonte; 1988.
17. Holzinger KJ. The relative effect of nature and nurture influences on twin differences. J Educ Psychol. 1929;20:241-8.
18. Rodas G, Calvo M, Estruch A, Garrido E, Ercilla G, Arcas A, *et al.* Heritability of running economy: a study made on twin brothers. Eur J Appl Physiol. 1998;77:511-6.
19. Calvo M, Rodas G, Vallejo M, Estruch A, Arcas A, Javierre C, *et al.* Heritability of explosive power and anaerobic in humans. Eur J Appl Physiol. 2002;86:218-25.
20. Reis VM, Machado JFV, Fortes MSR, Roquetti Fernandes P, Silva AJ, Silva Dantas PM, *et al.* Evidence for higher heritability of somatotype compared to body mass index female twins. J Physiol Anthropol. 2007;26:9-14.
21. Triola MF. Introdução à estatística. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC Editora; 1999.
22. Frederiksen H, Christensen K. The influence of genetic factors on physical functioning and exercise in second half of life. Scand J Med Sci Sports. 2003;13:9-18.
23. Malina RM, Bouchard C. Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação. São Paulo: Editora Roca; 2002.
24. Rupert JL. The search for genotypes that underlie human performance phenotypes. Comp Biochem Physiol. 2003;136:191-203.
25. Maridaki M. Heritability of neuromuscular performance and anaerobic power in preadolescent and adolescent girls. J Sports Med Phys Fitness. 2006;46:540-7.

Recebido: 19/07/2008 – Aceito: 25/10/2008