

ASPECTOS GENÉTICOS DA ATIVIDADE FÍSICA: UM ESTUDO MULTIMODAL EM GÊMEOS MONOZIGÓTICOS E DIZIGÓTICOS

Maria Madalena de Castro OLIVEIRA*
José António Ribeiro MAIA*
Vítor Pires LOPES*
André SEABRA*
Rui GARGANTA*

RESUMO

O presente estudo visou testar a exequibilidade de uma avaliação multimodal da atividade física habitual em gêmeos monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ). A amostra foi constituída por 51 pares de gêmeos de ambos os sexos e diferente zigotia com idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos. Para a avaliação multimodal da atividade física recorreu-se a três instrumentos: acelerômetro, pedômetro e questionário. Os sujeitos foram monitorizados com o acelerômetro triaxial (TRITRAC R3D) e o pedômetro (Yamax DW-SW 700) de quinta a segunda-feira. O questionário utilizado foi o de Baecke, Burema e Frijters (1982). Os procedimentos estatísticos utilizados foram os seguintes: cálculo de resíduos de regressão múltipla em função de três ajustes distintos; coeficiente de correlação intraclasse; correlação canônica e índice de redundância de Stewart e Love; cálculo da heritabilidade (h^2) e estimação de modelos. Os principais resultados e conclusões retirados desta pesquisa foram: a) os cinco dias de avaliação apresentaram valores de fidedignidade superiores a 0,75 mostrando, por isso, serem suficientes para se estimar com precisão os níveis de atividade física habitual; b) os índices de atividade provenientes do questionário parecem fornecer informações algo independentes do acelerômetro e do pedômetro; c) apesar da consistência da estimação da atividade física, os valores médios dos diferentes indicadores fornecidos pelo acelerômetro e pedômetro apresentaram diferenças significativas em função dos dias de semana relativamente aos de fim-de-semana; d) o efeito do envolvimento (comum e único) assumiu a maior importância para a explicação das diferenças interindividuais em seis dos sete indicadores de atividade física estudados não sendo, por isso, possível realçar efeitos genéticos em todas as expressões diferenciadas deste fenótipo.

UNITERMOS: Atividade física; Gêmeos; Acelerômetro; Pedômetro.

INTRODUÇÃO

É atualmente reconhecido (Bouchard & Rankinen, 2001; Bouchard, Shephard & Stephens, 1994; Sallis & Owen, 1999) que um estilo de vida sedentário é um fator de risco para um grande número de doenças, que se torna mais prevalente com a idade, e que acarreta um elevado custo na redução da qualidade de vida e na longevidade. Em contraste, a atividade física regular é considerada um comportamento com

associações benéficas no estado de saúde (Bouchard & Rankinen, 2001), nomeadamente no que respeita à prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, hipertensão, osteoporose, desordens emocionais e alguns tipos de câncer (Blair & Brodney, 1999; Bouchard, Shephard & Stephens, 1994; Kesaniemi, Danforth, Jensen, Kopelman, Lefebvre & Reeder, 2001; Killoron, Fentem & Caspersen, 1994; Montoye,

* Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto - Portugal.

Kemper, Saris & Washburn, 1996; Sallis & Owen, 1999).

É inquestionável que a atividade física, expressa de modo qualitativo ou quantitativo, apresenta uma grande variação no seio da população quanto ao tipo, duração, frequência e intensidade (Maia, 2001), evidenciando diferenças interindividuais marcantes. Os determinantes desta variação ainda não são totalmente conhecidos em toda a sua extensão e interação, se bem que fatores como a idade, o sexo, o estatuto sócio-econômico ou as condições para a prática, a par de outros determinantes, joguem papéis importantes. De acordo com Caspersen, Nixon e Durant (1998) estes fatores, conjuntamente, só explicam $1/5$ a $1/3$ da variação nos níveis de atividade física habitual dos adolescentes, o que significa que está por explicar a maior parte da variação que este fenótipo apresenta no seio da população. Qual ou quais os fatores subjacentes à parte da variação que Caspersen e seus colaboradores consideram inexplicável? Há, com certeza, fatores intrínsecos ao próprio indivíduo a determinar a variação interindividual neste comportamento. Fatores como o genótipo e o envolvimento único provirão, com certeza, papéis determinantes no nível de atividade física habitual de cada sujeito.

Em termos de Epidemiologia Genética, as características observáveis passíveis de quantificação num qualquer indivíduo são

designadas de fenótipos - isto é, a expressão métrica, em termos de traços discretos ou contínuos de um dado genótipo. A atividade física enquanto característica individual pode, e deve, ser entendida também como um fenótipo. Um fenótipo quantitativo contínuo já que os níveis de atividade física se distribuem de acordo com a distribuição normal. Na sua essência, este fenótipo é de natureza complexa e multifatorial, resultado inequívoco da influência de múltiplos genes e distintos fatores do envolvimento que atribuem a este comportamento uma marca indelével na história biológica e cultural da espécie humana (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997; Maia, 2001; Plomin, Defries, McClean & Rutter, 2000). Aquilo que caracteriza a natureza métrica dos fenótipos que suscita o interesse inquisitivo de um conjunto particular de investigadores é, tão simplesmente, a existência de diferenças interindividuais. Trata-se aqui de pesquisar não só a presença de variação e a sua quantificação, mas também a identificação das suas fontes e dos mecanismos que a regem.

A FIGURA 1 pretende ilustrar a idéia de base deste estudo e que se centra no postulado de que a atividade física, enquanto fenótipo quantitativo de natureza complexa, é influenciado por um conjunto variado de fatores (genes e envolvimento) que, numa dada população e num dado ponto da sua história, produz a variação observável.

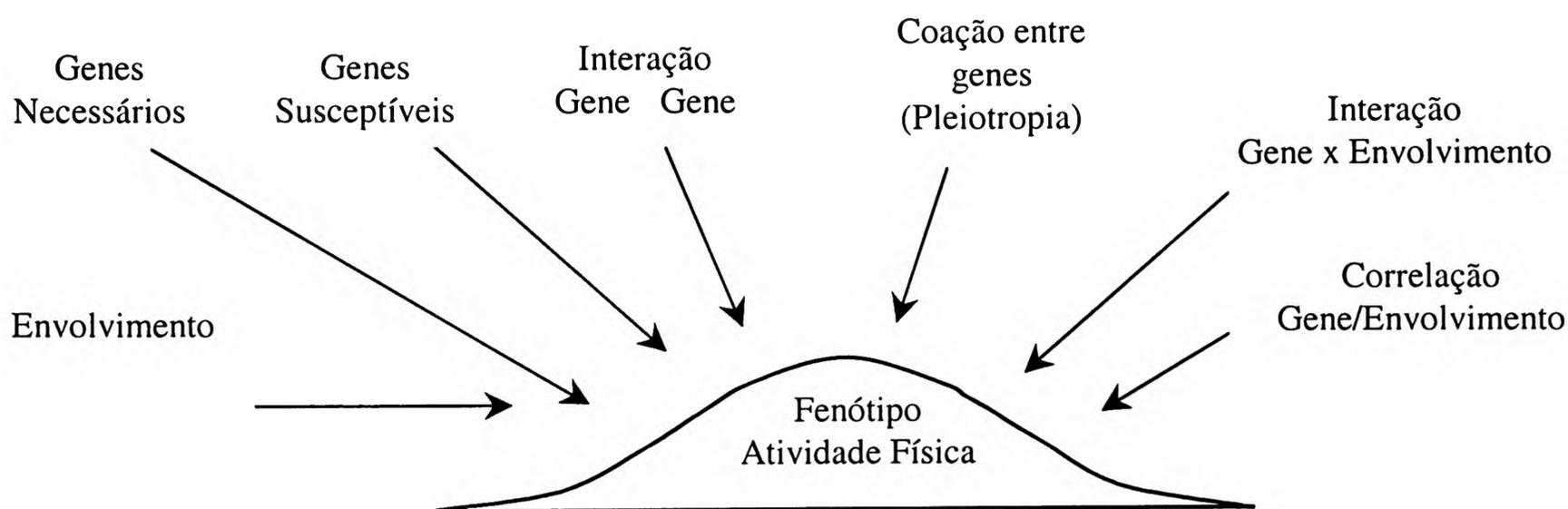


FIGURA 1 Fatores condicionadores do fenótipo atividade física (adaptado de Bouchard, Malina & Pérusse, 1997).

É inequívoco que no seio de uma qualquer população há variação genética. Com a exceção dos gêmeos monozigóticos, cada sujeito é geneticamente único. Conjuntamente à variação genética existe a variação do envolvimento. Os estudos que se realizam neste âmbito, com amostras constituídas por famílias nucleares ou gêmeos, interessam-se em pesquisar, numa primeira etapa, quanto da variação observada no fenótipo é consequência da variação genética e quanto pode ser atribuído aos fatores do envolvimento (Turner, Cardon & Hewitt, 1995).

A atividade física é um fenómeno/comportamento extremamente complexo (Caspersen, Powell & Christensen, 1985; Montoye et alii, 1996; Sallis & Owen, 1999), sendo atualmente considerada como um conjunto de comportamentos que inclui todo o movimento corporal (Sallis & Owen, 1999) a que se atribui um significado díspar em função do contexto em que é realizado.

A avaliação de um comportamento tão complexo, que tem por base hábitos e práticas individuais que possuem uma variação sazonal que pode ser considerável de dia para dia, de estação para estação e de ano para ano (Sallis & Owen, 1999), reveste-se de complexidades e dificuldades ao nível da precisão da sua medição. Na literatura é relativamente fácil encontrar uma grande diversidade de metodologias para a avaliação e medição da atividade física. A escolha da mais adequada ou o número de dias de avaliação necessários, são questões que apresentam alguma controvérsia. Para além de outros fatores, os propósitos do estudo, as idades dos participantes e a dimensão da amostra (entre outros aspectos de ordem prática), condicionam, logo à partida, a opção a tomar (Bassett Junior, 2000; Kohl, Fulton & Caspersen, 2000; Montoye et alii, 1996).

O conhecimento atual no domínio da atividade física, nomeadamente o de carácter epidemiológico, baseia-se em estudos que recorreram fundamentalmente a questionários devido aos seus baixos custos, às facilidades de implementação e à grande dimensão das amostras. Contudo, possuem limitações inerentes, uma vez que são por natureza subjetivos (Bassett Junior, 2000). Por essa razão, recomendações recentes sugerem a utilização de métodos objetivos para avaliar a atividade física que, face ao seu carácter multifacetado, reclamam, também, uma instrumentação multimodal (Bassett Junior, 2000; Freedson & Miller, 2000; Kohl, Fulton & Caspersen, 2000).

A presente pesquisa pretende, de uma forma vincadamente exploratória, responder ao desafio da avaliação multimodal da atividade física. Acresce a este fato, a necessidade de marcar uma estimativa mais plausível deste fenótipo monitorizando durante alguns dias os sujeitos, para estudar não só a sua variação, mas também as suas fontes, utilizando para tal gêmeos monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ). Este estudo é, assim, percorrido essencialmente, pelo seguinte objetivo: testar a exequibilidade de uma avaliação multimodal da atividade física habitual em gêmeos monozigóticos e dizigóticos que serão monitorizados durante cinco dias consecutivos recorrendo, simultaneamente, a três instrumentos - acelerômetro triaxial, pedômetro e questionário.

METODOLOGIA

Amostra

A amostra é constituída por 51 pares de gêmeos (102 sujeitos) de ambos os sexos e de diferente zigotia que à altura da coleta dos dados possuíam entre 12 e 18 anos de idade. A determinação da zigotia foi efetuada com base num método indireto, por questões de ordem financeira. Trata-se de um questionário proposto por Peeters, Van Gestel, Vlietinck, Derom e Derom (1998) elaborado para ser aplicado às mães, via telefone, com questões sobre quatro *itens*: opinião da mãe acerca da zigotia dos gêmeos, similaridade global e confusão gemelar, similaridade específica em traços que se sabe estarem na dependência dos genes e opinião de um observador independente. Os autores determinaram a validade concorrente deste questionário, face à determinação de zigotia por exame do ADN e marcadores sanguíneos, numa amostra constituída por 152 mães de gêmeos do mesmo sexo com idades compreendidas entre os dois e os 31 anos. O questionário mostrou uma validade elevada já que 98% dos gêmeos foram bem classificados.

A determinação da zigotia com recurso a um método indireto é um procedimento frequentemente utilizado em epidemiologia genética. Além disso, a validade deste questionário é elevada, tal como confirmam os resultados do recente estudo de Chen, Chang, Wu, Lin, Chang, Chiu e Soong (1999) em contraste à determinação da zigotia por exame do ADN. Por conseguinte, pensamos que, neste estudo, o erro na determinação da zigotia é muito limitado.

Avaliação da atividade física

Devido ao carácter multidimensional do fenótipo atividade física e às recentes recomendações sugerindo uma abordagem multimodal, foram utilizados neste estudo três instrumentos de avaliação. Um acelerômetro portátil, um pedômetro e um questionário. Cada um destes instrumentos avalia de forma distinta e simultaneamente complementar a atividade física habitual dos sujeitos.

Um dos problemas fundamentais na avaliação da atividade física diária diz respeito, precisamente, ao número de dias de monitorização para se obter um registro consistente ou estável do padrão diversificado da atividade de cada sujeito. A literatura neste domínio particular não apresenta qualquer solução única ou consensual, refletindo, por isso mesmo, a ausência de estudos em número suficiente para apontar um valor referencial. Na presente pesquisa, a opção foi de cinco dias consecutivos de forma a contemplar o fim de semana - quinta, sexta, sábado, domingo e segunda-feira.

O acelerômetro utilizado foi o TRITRAC R3D (medidas: 11 x 6,9 x 3,3 cm; peso: 170 g), um acelerômetro triaxial que avalia a aceleração corporal nos eixos antero posterior, médio - lateral e vertical e que providencia um valor composto destes três planos, designado de vector magnitude ou vector resultante. Os registros podem ser efetuados em intervalos de tempo que variam entre um e 15 minutos, de acordo com a pré-programação feita. Este instrumento providencia, ainda, uma estimativa das kilocalorias despendidas em atividade, bem como da soma destas com o metabolismo basal. O pedômetro usado neste estudo foi o Yamax Digi-Walker SW 700, um aparelho que registra o número de passos em resposta a oscilações verticais do corpo, bem como a distância percorrida e a estimativa do dispêndio energético para o número de passos dados (Bassett Junior, Cureton & Ainsworth, 2000). Os elementos da amostra usaram estes dois aparelhos durante os cinco dias de avaliação retirando-os apenas para dormir, tomar banho, nadar, trocar de roupa e realizar atividades que pusessem em causa a integridade física do sujeito ou do aparelho. Para além destes dois instrumentos foi ainda aplicado o questionário de Baecke, Burema e Frijters (1982). Este questionário é composto por três partes distintas, cada uma delas estimando um índice de atividade física. A primeira parte pretende estimar o índice de

atividade física diária no trabalho ou no tempo de escola (IAFT/E); a segunda parte é dedicada às atividades desportivas (IAFD) e a terceira visa avaliar a atividade nos tempos de lazer (IAFL). A atividade física total pode ser determinada através do somatório dos valores encontrados em cada uma destas três dimensões.

Procedimentos estatísticos

Para a concretização dos procedimentos estatísticos, os registros de contagens (vector resultante) e de Mets do acelerômetro foram reduzidos a somatórios diários e valores médios dos cinco dias. A informação do pedômetro, passos, quilómetros (km) e quilocalorias (kcal), foi expressa em somatórios diários e valores médios dos cinco dias. Através do questionário foi possível estimar índices de atividade física na escola (IAFE) no tempo de lazer (IAFL) e no desporto (IAFD).

Os efeitos da idade e do sexo em cada uma das variáveis foram estimados em função de três ajustes de complexidade crescente (ver por exemplo Bouchard, Lesage, Lortie, Simoneau, Hamel, Boulay, Pérusse, Thériault & Leblanc, 1986; Bouchard, Malina & Pérusse, 1997). O primeiro ajustamento considerou somente o efeito aditivo da idade + sexo; o segundo considerou o efeito linear e quadrático da: idade + sexo + idade² e o terceiro o efeito linear e quadrático da idade a que se adicionou o efeito interativo da idade com o sexo: idade + sexo + idade² (idade * sexo). Os valores de variância explicada pelos efeitos das covariáveis sexo e idade considerada nos diferentes ajustes foram baixos ou nulos e diferentes nos gêmeos MZ e DZ. Esta circunstância diversificada nos valores de variância relativos à importância das covariáveis idade e sexo nos gêmeos MZ e DZ implicou, dado o carácter exploratório do estudo e a reduzida dimensão da amostra, que não tivessem sido calculados os resíduos de regressão para qualquer variável. A consideração dos resíduos obrigaria ao cálculo de variâncias de diferente magnitude e escalas nos gêmeos MZ e DZ que poderiam condicionar alguns dos pressupostos fundamentais do modelo linear.

A pesquisa acerca da consistência ou estabilidade (fidedignidade) da monitorização dos registros diferenciados de atividade física foi realizada com base nos coeficientes de correlação intraclasse (r_{tt}).

Para estudar aspectos da comunalidade e carácter único de cada

procedimento de avaliação da atividade física recorreu-se à correlação canônica e ao índice de redundância de Stewart e Love.

A variância intrapar em cada zigotia foi analisada a partir do coeficiente de correlação intraclasse (t). Este coeficiente expressa, no contexto dos estudos gêmeares, uma medida de homogeneidade de pares de valores. Espera-se que a classe dos gêmeos MZ seja mais homogênea que a dos DZ, isto é, que apresente valores de correlação intraclasse superiores ao dos DZ. Apesar de haver múltiplas fórmulas para este cálculo, optamos pela sugestão de Snedecor e Cochran (1989) em que, $t = (MS_B - MS_W) / (MS_B + MS_W)$.

A avaliação da variância genética é realizada com recurso ao modelo central da Biometria Genética. No seio da população, a variação total observada em qualquer traço fenotípico complexo (V_{tot}) pode ser fracionada em dois tipos de variância: variância genética (V_G), implicando necessariamente o caráter único de cada genótipo, isto é, de cada sujeito, e variância do envolvimento (V_E), ou seja, as características particulares e irrepitíveis que correspondem ao envolvimento social, pessoal, etc. de cada indivíduo. Do mesmo modo, é ainda possível fracionar a variação do envolvimento em duas componentes distintas: a que é devida aos fatores relacionados com o envolvimento comumente

partilhado pelos indivíduos no seio da família (V_C) e a que é devida aos fatores do envolvimento que atuam de forma específica e única em cada indivíduo (V_{Esp}).

Assim, e a partir dos valores de correlação intraclasse dos gêmeos MZ e DZ, foram calculados os efeitos genéticos (a^2), do envolvimento comum (c^2) e do envolvimento único (e^2) de acordo com as seguintes fórmulas (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997; Plomin et alii, 2000): $a^2 = 2(r_{MZ} - r_{DZ})$; $c^2 = 2 r_{DZ} - r_{MZ}$; $e^2 = 1 - r_{MZ}$, em que r_{MZ} corresponde à correlação entre gêmeos monozigóticos e r_{DZ} à correlação entre gêmeos dizigóticos.

Os programas utilizados para os diferentes procedimentos estatísticos foram: Systat 10.0, SPSS 10.0 e TWINAN 90.

RESULTADOS, INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO

Estudo da fidedignidade (consistência)

Na TABELA 1 são apresentados os resultados do estudo da fidedignidade ou consistência da monitorização que refletem o padrão de atividade física nos cinco dias nas variáveis do acelerômetro e do pedômetro, no seio de cada zigotia, em função do sexo.

TABELA 1 Valores das estimativas de fidedignidade (r_{tt}) das variáveis para os cinco dias dentro de cada zigotia.

	MZ			DZ			
	Fem.	Masc.	Todos	Fem.	Masc.	So	Todos
Acelerômetro							
Counts	0,78	0,84	0,84	0,86	0,81	0,78	0,79
Mets	0,81	0,88	0,85	0,86	0,79	0,79	0,78
Pedômetro							
Passos	0,81	0,76	0,80	0,76	0,89	0,68	0,81
km	0,82	0,78	0,83	0,77	0,92	0,71	0,84
kcal	0,89	0,77	0,86	0,76	0,93	0,67	0,85

Fem.: gêmeos do sexo feminino; Masc.: gêmeos do sexo masculino; So: gêmeos do sexo oposto; Todos: todos os pares de gêmeos no seio de cada zigotia.

Para os registros do acelerômetro, os valores de fidedignidade variam entre 0,78 e 0,88. Se tivermos em conta todos os elementos da amostra no seio de cada zigotia, verificamos que os valores são 0,84 e 0,85 para os MZ e 0,78 e 0,79 para os DZ.

Para o pedômetro os valores são, na generalidade, superiores a 0,75. No total da amostra os valores são mais elevados situando-se entre 0,80 e 0,86 para os MZ e 0,81 e 0,85 para os DZ.

A atividade física habitual é um fenómeno complexo que tem por base hábitos e práticas individuais que variam consideravelmente de dia para dia, de estação para estação e de ano para ano (Sallis & Owen, 1999). Nenhum indivíduo tem dois dias exatamente iguais de atividade física, daqui que, quanto maior for a variabilidade individual, mais dias serão necessários para se estimar, com segurança, o seu nível de atividade física habitual. No sentido de minimizar a variabilidade intra individual, a literatura sugere que a avaliação contemple vários dias consecutivos, incluindo os de fim-de-semana (Freedson & Miller, 2000; Montoye et alii, 1996; Trost, Pate, Freedson, Sallis & Taylor, 2000). No entanto, quantos dias serão necessários para minimizar essa variabilidade e para se atingirem valores satisfatórios de fidedignidade?

Um estudo anterior realizado por Trost et alii (2000) com 381 crianças americanas de ambos os sexos do 1o. ao 12o. graus de escolaridade (entre sete e 15 anos de idade), com o propósito de estabelecer o número de dias necessários para avaliar a atividade física habitual através de acelerômetros uniaxiais (CSA), veio mostrar que seriam necessários quatro a cinco dias de monitorização, no grupo dos adolescentes (entre o 7o. e 12o. graus de escolaridade), para se atingirem estimativas de fidedignidade \geq a 0,70, que os autores consideraram satisfatórias. Os autores encontraram neste grupo um coeficiente de fidedignidade entre 0,64 e 0,66 para quatro dias de monitorização e entre 0,76 e 0,77 para sete dias. Concluíram que, dependendo das idades, três a

cinco dias pareciam ser os necessários para se atingir coeficientes de fidedignidade de 0,80. Num outro estudo, Janz, Witt e Mahoney (1995) reportaram um coeficiente de correlação intraclasse que variou entre 0,79 e 0,82 para cinco dias de monitorização com um CSA de 30 crianças dos sete aos 15 anos de idade. De acordo com os dados deste estudo, foi estimado que quatro ou mais dias de monitorização seriam os necessários para reduzir o erro de avaliação e se obter coeficientes de fidedignidade \geq a 0,70.

Embora as comparações entre estudos devam ser feitas com algumas reservas, tendo em conta as distinções nas amostras e no acelerômetro usado, podemos considerar que os valores de fidedignidade do presente estudo mostram uma estabilidade bastante satisfatória para os cinco dias de avaliação, já que os valores de fidedignidade das diferentes variáveis estiveram próximos ou foram superiores a 0,80.

Aspectos da comunalidade e unicidade da avaliação multimodal

Dado que na presente pesquisa se possuía informação proveniente de três fontes acelerômetro, pedômetro e questionário, foi da maior conveniência verificar aspectos da sua comunalidade e unicidade para determinar:

- a) valor da correlação canônica (R_c) entre pares de combinações lineares de variáveis, isto é, conjuntos únicos que expressam de modo multifacetado a idéia de atividade física;
- b) a magnitude da proporção de variância generalizada (R_c^2) associada às correlações canônicas de cada análise;
- c) resultado da redundância de Stewart e Love (SL_{RI}). Este valor reflete o quanto de variância cada conjunto independente extrai do conjunto dependente. Trata-se, pois, de refletir a idéia de unicidade dos indicadores de cada conjunto.

A TABELA 2 apresenta os resultados principais da correlação canônica para o conjunto das duas zigotias.

TABELA 2 - Valores de R_c , R_c^2 e SL_{RI} para as várias análises de comunalidade e unicidade dos múltiplos conjuntos de indicadores de atividade física.

Conjunto de Observações Conj. Depend. / Conj. indep.	R_c	R_c^2	SL_{RI}
Mets / Passos	0,84	0,97	0,50
Mets / km	0,85	0,97	0,48
Mets / kcal	0,81	0,95	0,38
Mets / índices	0,35	0,24	0,06
índices / Passos	0,43	0,30	0,13
índices / km	0,49	0,34	0,15
índices / kcal	0,45	0,29	0,12

Os valores de R_c entre os índices de atividade física do questionário, os *Mets* e a informação do pedômetro são baixos. Isto reflete a ausência substancial de proporções de variância generalizada comum. Tal significa que estamos na presença de duas informações algo independentes, refletindo facetas distintas do fenótipo complexo em estudo. Aliás não seria de esperar outra coisa, dado que o questionário procura marcar um ano de atividade física e os valores dos *Mets* e os do pedômetro refletem somente uma semana de atividade. Acrescentamos a este dado a circunstância do *Met* ser um indicador da intensidade e os índices providenciados pelo questionário uma medida composta da intensidade, frequência e duração das atividades.

Os resultados da variância dos *Mets* que a informação proveniente do pedômetro e dos índices do questionário extraem (SL_{RI}) são baixos a moderados. Tal sugere aspectos da unicidade da informação, reforçando o caráter multimodal da avaliação da atividade física providenciado pelos diferentes instrumentos.

Padrão de atividade física

Para conhecermos o padrão de atividade física dos gêmeos analisamos as alterações dos valores médios diários dos diferentes indicadores de atividade física ao longo dos cinco dias. Esta análise permitiu verificar que tanto os gêmeos MZ como os DZ evidenciaram um padrão distinto de atividade física entre os dias de semana e os de fim-de-semana. O sábado e o domingo apresentaram, em todos os indicadores, valores médios inferiores aos dias de semana, sendo o domingo o dia em que esses valores foram mais baixos. Em contraste, os três dias de semana apresentaram valores semelhantes, evidenciando um padrão consistente de atividade física durante

os dias úteis. Este quadro não é de todo surpreendente e provavelmente reflete o que se passa na sociedade portuguesa em que o fim-de-semana é utilizado principalmente para descansar. Aliás, quando da análise dos diários preenchidos pelos elementos da amostra durante o uso dos aparelhos, constatamos que estes dias começavam mais tarde, isto é, os sujeitos levantavam-se mais tarde e em muitos casos não saíam de casa. Acresce referir a circunstância dos dados terem sido recolhidos durante as estações de outono e inverno, épocas do ano em que as condições climáticas não convidam a atividades recreativas “extra-muros” Relativamente aos dias de semana, pensamos que o horário escolar é o principal fator regulador da atividade física diária destes jovens em período de aulas.

Os nossos resultados são semelhantes aos de um estudo de Trost et alii (2000) onde adolescentes do 7o. ao 12o. graus de escolaridade dos dois sexos ($n = 194$), monitorizados durante sete dias consecutivos com recurso a um CSA, exibiram níveis inferiores de atividade física moderada a vigorosa durante o período de fim-de-semana comparativamente com o período de semana. Também Lopes, Monteiro, Barbosa, Magalhães e Maia (2001) constataram, numa amostra de 26 crianças com $9,5 \pm 0,6$ anos de idade, monitorizados durante quatro dias consecutivos com o CSA, que a quantidade de atividade física era menor no fim-de-semana do que nos dias de semana.

Estimativas de efeitos genéticos e do envolvimento

A variância intrapar em cada zigotia pode ser mais facilmente interpretada a partir do coeficiente de correlação intraclasse cujos resultados se encontram na TABELA 3. O

coeficiente de correlação intraclasse expressa, neste contexto, uma medida de homogeneidade de pares de valores. A partir dos valores de correlação intraclasse dos gêmeos MZ e DZ, e de acordo com as fórmulas apresentadas na metodologia, foram calculados os efeitos genéticos (a^2), do

envolvimento comum (c^2) e do envolvimento único (e^2), à exceção das variáveis *counts* e *mets* em que tivemos que recorrer ao “software” TWINAN 90 para estimar os respectivos componentes, face à magnitude das correlações intraclasse.

TABELA 3 Valores de correlação intraclasse (t) e estimativas de variância genética (a^2 e d^2), do envolvimento comum (c^2) e único dos gêmeos (e^2).

Variáveis	t		a^2	d^2	c^2	e^2
	MZ	DZ				
Counts*	0,83	0,28	34,5%	---	---	65,5%
Mets*	0,81	0,24	19,8%	40,9%	---	39,3%
Passos	0,92	0,91	2%	---	90%	8%
km	0,94	0,92	4%	---	90%	6%
kcal	0,82	0,81	2%	---	80%	18%
IAFD	0,69	0,65	8%	---	61%	31%
IAFL	0,64	0,56	16%	---	48%	36%

* os valores das estimativas foram obtidos do programa TWINAN 90.

Tanto para as atividades no tempo de lazer (IAFL) como para as atividades desportivas (IAFD), os gêmeos MZ apresentam valores de correlação intraclasse superiores aos DZ. O efeito do envolvimento (comum e único) assume a maior importância para a explicação das diferenças interindividuais nestes dois tipos de atividade. A proporção de variação relacionada com fatores do envolvimento não partilhado (envolvimento único - e^2 -) pelos membros de cada par assume uma importância considerável (31% e 36%), enquanto que os efeitos aditivos dos genes são de magnitude muito baixa (8 e 16%).

Os resultados do presente estudo relativos à atividade física no tempo de lazer não são consistentes com os resultados de Kaprio, Koskenvuo e Sarna (1981) e Aarnio, Winter, Hujala e Kaprio (1997), se bem que as amostras e os instrumentos de avaliação sejam diferentes e por isso levantem limitações à comparação de resultados. O estudo de Kaprio, Koskenvuo e Sarna (1981) foi realizado numa amostra de 1537 pares de gêmeos MZ e 3057 DZ, todos do sexo masculino, com mais de 18 anos de idade. Os valores de correlação intraclasse para o total da amostra foram de 0,57 nos MZ e de 0,26 nos DZ, o que produziu uma estimativa de heritabilidade de 0,62, evidenciando a presença substancial de efeitos genéticos a governar os níveis de atividade física no tempo de lazer. Este estudo contrasta em

metodologia e amostragem com o de Aarnio et alii (1997) que obtiveram informação sobre a atividade física no tempo de lazer em 3254 pares de gêmeos de ambos os sexos, com 16 anos de idade, mas os resultados são consistentes. Os valores de correlação no sexo masculino foram de 0,72 nos MZ e de 0,45 nos DZ e no sexo feminino de 0,64 nos MZ e 0,41 nos DZ. Face ao padrão de correlação, foi evidente a presença de efeitos genéticos (sexo masculino $h^2 = 0,54$; sexo feminino $h^2 = 0,46$) e do envolvimento único dos membros de cada par (sexo masculino $e^2 = 0,28$; sexo feminino $e^2 = 0,59$).

No nosso estudo, os efeitos do envolvimento comumente partilhado no seio da família e do envolvimento único são responsáveis por grande parte da variância na atividade física no tempo de lazer dos elementos da nossa amostra. Mais adiante lançaremos possíveis explicações para este fato.

O índice de atividade física no desporto permite a comparação com alguns estudos (Beunen & Thomis, 1999; Boomsma, Van Der Bree, Orlebeke & Molenaar, 1989; Koopmans, Van Doomen & Boomsma, 1994) entre os quais está um português que recorreu ao mesmo questionário do nosso estudo para o cálculo dos valores de prática desportiva (Maia, Loos, Beunen, Thomis, Vlietinck, Morais & Lopes, 1999). Ainda que os procedimentos estatísticos usados não sejam

os mesmos, os resultados encontrados por Maia et alii (1999) em 104 pares de gêmeos de ambos os sexos com uma média de 17 anos de idade, permitem que se estabeleçam comparações com os resultados desta pesquisa. Os valores de correlação tetracóricos para o sexo masculino foram de 0,95 para os MZ e 0,42 para os DZ, enquanto para o sexo feminino foram de 0,41 nos MZ e 0,47 nos DZ.

No sexo feminino, os valores de correlação não seguem o padrão esperado para evidenciar a presença inequívoca de efeitos genéticos, uma vez que o valor de r_{MZf} não é superior ao r_{DZf} . Neste sexo, a metodologia de ajustamento de modelos revelou valores de estimativas de variância do efeito genético de zero e de 0,71 para os efeitos referentes ao envolvimento comumente partilhado no seio da família. Para os efeitos do envolvimento único dos sujeitos o modelo produziu um valor de 0,29. Perante a circunstância da estimativa de variância do efeito genético ser zero, o autor atribuiu algumas justificações. A primeira tem a ver com o elevado valor de variância atribuível aos efeitos do envolvimento comum. Os fatores de ordem sociocultural do agregado familiar, bem como a influência dos pares, assumem, sem dúvida, papéis determinantes não só na adesão à prática desportiva como também nos valores dos seus níveis. A segunda diz respeito à dimensão reduzida da amostra. O autor sugeriu que, apesar da análise prévia à potência do teste ter mostrado que a

dimensão da amostra era plausível para as inferências efetuadas, os valores encontrados poderiam refletir a necessidade de uma amostra de maior dimensão.

As estimativas de variância são consistentes com as encontradas no nosso estudo na amostra total ($h^2 = 8\%$; $c^2 = 61\%$ e $e^2 = 31\%$). É de referir que a nossa amostra é majoritariamente feminina (57 elementos) e que tal fato pode estar por detrás destes resultados. Em contraste, os resultados do sexo masculino do estudo de Maia et alii (1999) evidenciam um forte efeito genético nos índices de prática desportiva já que 82% da variância total é devida a diferenças genéticas entre sujeitos.

Outros três estudos (Beunen & Thomis, 1999; Boomsma et alii, 1989; Koopmans, Van Doomen & Boomsma, 1994), dois deles em amostras pequenas, examinaram os determinantes genéticos e do envolvimento na participação desportiva, cujos resultados mais relevantes se encontram na TABELA 4.

Como facilmente se constata, existem grandes diferenças nos valores de correlação e nas estimativas de heritabilidade e do envolvimento de estudo para estudo. As inconsistências dos resultados podem ficar a dever-se a: a) diferentes dimensões das amostras; b) fenótipo marcado de forma distinta e/ou utilização de diferentes procedimentos estatísticos no tratamento dos dados.

TABELA 4 Resumo dos estudos sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento na prática desportiva.

Estudo	Amostra	Coef. Correlação				Estimativas de variância					
		MZ		DZ		a^2		c^2		e^2	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Boomsma et alii (1989)	90 pares de gêmeos, dos 14 aos 20 anos	0,89	0,90	0,14	0,70	77%	35%	--	--	23%	65%
Beunen & Thomis (1999)	91 pares de gêmeos, com 15 anos	0,66	0,98	0,62	0,71	83%	44%	0%	54%	17%	2%
Koopmans, Van Doomen & Boomsma (1994)	1578 pares de gêmeos, dos 13 aos 22 anos	0,89	0,85	0,60	0,72	48%	Ambos os sexos		38%	12%	

Os resultados dos estudos que apresentamos evidenciam a presença de fatores genéticos a governar a variação interindividual na prática desportiva, se bem que para o sexo feminino os fatores do envolvimento pareçam ter uma maior contribuição nessa variação. O mesmo se passa no presente trabalho relativamente ao total da amostra constituída por gêmeos de ambos os sexos.

No envolvimento comum incluem-se os efeitos não genéticos partilhados por gêmeos MZ e DZ, como sejam a classe social, ambiente familiar e influência parental.

A prática desportiva organizada e a atividade física durante o período de lazer representam, para a maioria das crianças e jovens, uma pequena fração da totalidade da sua atividade física diária, ainda que evidenciem aspectos da sua intensidade mais elevada.

A atividade física habitual pode ser marcada com o recurso a diferentes instrumentos de avaliação, sendo que nos estudos de caráter epidemiológico o questionário é o mais utilizado. O mesmo acontece em pesquisas que procuram estimar os aspectos genéticos da atividade física habitual em amostras constituídas por famílias nucleares ou por gêmeos. Até à data não temos conhecimento de alguma pesquisa que recorresse a outra ferramenta a não ser a pesquisa de Goran (1997) que utilizou o “Double labeled water” para a avaliação do dispêndio energético em condições de “free living” estimando, assim, o dispêndio energético associado à atividade física habitual. No presente estudo tivemos a possibilidade de calcular o coeficiente de correlação intraclasse e estimar o valor de heritabilidade dos níveis de atividade física habitual avaliados por acelerômetro e pedômetro para além do questionário.

Para as variáveis relativas à atividade física relacionada com o deslocamento a pé (passos, km e kcal), os valores de correlação dos

gêmeos MZ e DZ são muito próximos. Isto sugere que a atividade física relacionada com o deslocamento a pé é mais influenciável por fatores do envolvimento do dia-a-dia do que pelos genes. De fato, a grande parte da variância fenotípica (> 95%) é atribuída aos fatores do envolvimento comum e envolvimento único, enquanto que a proporção de variância atribuível ao efeito aditivo dos genes é muito baixa (2 a 4%). Parece-nos que os elevados valores de correlação que encontramos, tanto nos gêmeos MZ como nos DZ, se devem à circunstância da maior parte dos gêmeos desta amostra se encontrarem na mesma turma, partilharem o mesmo horário escolar e, por isso, se deslocarem juntos na maior parte do tempo fazendo com que os seus valores de atividade relacionada com o deslocamento a pé sejam muito similares.

Para os indicadores de atividade física fornecidos pelo acelerômetro, *counts* e *mets*, o quadro altera-se substancialmente. Os valores de correlação dos gêmeos MZ são mais do dobro dos valores dos DZ, evidenciando um efeito genético de dominância resultante da interação de diferentes *alelos* em diferentes *loci*, e uma não responsabilidade do envolvimento comum na variância fenotípica observada (embora seja também possível que este padrão seja o reflexo de um envolvimento comum a jogar um papel mais importante nos gêmeos MZ do que nos DZ).

A TABELA 5 mostra os coeficientes de correlação bem como as estimativas de variância genética, do envolvimento comum e único dos gêmeos, de pesquisas sobre a contribuição genética para a explicação da variância interindividual na atividade física habitual (Maia, 2001), na atividade intensa e moderada (Lauderdale, Fabsitz, Meyer, Sholinsky, Ramakrisnan & Goldberg, 1997), e participação em exercício (Pérusse, Tremblay, Leblanc & Bouchard, 1989).

TABELA 5 Resumo dos estudos sobre a temática da influência dos genes e do envolvimento nos níveis de atividade física.

Estudo	Amostra	Coef. Correlação				Estimativas de variância					
		MZ		DZ		a ²		c ²		e ²	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Maia (2001)	AF total	0,71	0,80	0,43	0,70	68%	40%	20%	28%	12%	32%
Pérusse et alii (1989)	AF habitual	0,72		0,62		Ambos os sexos		29%	0%	71%	
	Participação em exercício	0,76		0,74		0%	12%	88%			
Lauderdale et alii (1997)	AF moderada	0,27 < r < 0,50		0,10 < r < 0,44		38%	0%	72%			
	AF intensa	0,39 < r < 0,58		0,7 < r < 0,35		48 a 58%	0%	42 a 62%			

Os resultados das estimativas de variância genética e do envolvimento comum e único, do nosso estudo, relativos aos indicadores de atividade física *counts* e *mets*, refletem alguma convergência com os resultados dos estudos referidos anteriormente, ainda que calculados por procedimentos distintos. Nestas pesquisas, entre 29 e 68% da totalidade da variância fenotípica é devida a diferenças genéticas entre os sujeitos, e mais uma vez se constata diferenças dos valores de estudo para estudo. Os valores do nosso estudo encontram-se dentro deste intervalo e evidenciam que as características genéticas dos sujeitos parecem contribuir para a variação observada no fenótipo atividade física, a que se adicionam as influências do envolvimento único dos sujeitos.

Um aspecto nuclear relativo aos resultados, sobretudo à fraca magnitude dos efeitos genéticos obtidos dos dados de dois dos instrumentos usados, prende-se, necessariamente, com o problema da dimensão da amostra. Quando se lida com o delineamento gemelar, ou outro mais complexo, e se procura estimar a magnitude dos diferentes fatores que são responsáveis pela variância presente num qualquer fenótipo, medido de forma contínua ou discreta, é da maior importância não só a determinação da dimensão da amostra por forma a que o seu poder estatístico seja suficiente para formalmente rejeitar hipóteses nulas falsas, mas também a estimação, com a maior precisão possível de a², c² e e² (isto é, a amplitude dos intervalos de confiança para as estimativas pontuais deve ser o mais reduzida possível).

Neale e Maes (2001) apresentam uma lista de *itens* importantes que devem merecer, por parte do investigador, a maior consideração quando se realizam estudos de Epidemiologia

Genética e se pretende mostrar o efeito pretendido. A lista é pois a seguinte:

Qual é o efeito que o investigador considera, por exemplo, a² ou c²?

Qual é a magnitude do efeito na população estudada? Efeitos de maior valor são mais facilmente detectados do que aqueles de menor valor.

Qual o nível de significância adaptado para rejeitar H₀?

Qual a dimensão da amostra em estudo? Amostras de maior tamanho detectam com maior frequência e com mais precisão efeitos de magnitude reduzida.

Qual o nível de medição da variável?

Os autores acima referidos, numa simulação para detectar um efeito de e² = 0,50 e para um valor de potência de 80%, estimaram a dimensão da amostra em 1383 pares de gêmeos.

No mesmo sentido vão as pesquisas de Nance e Neale (1989) que para detectar um a² = 0,50 necessitaram de uma amostra que oscilava entre os 511 a 1389 pares de gêmeos em função do fracionamento dos efeitos do envolvimento. Também Boomsma e Dolan (2000) simularam pesquisas de detecção de QTL's de efeito pequeno a médio em estudos de "Linkage" e estimaram que o número mínimo de irmãos necessários seria de 1000.

Daqui se infere, desde logo, que qualquer pesquisa que pretenda detectar efeitos genéticos ou do envolvimento de média magnitude e que, simultaneamente, rejeite H₀ falsas, deve ter amostras de pares de gêmeos MZ e DZ na casa das centenas ou de milhares. Tal não é o caso do presente estudo que só possui 51 pares de gêmeos (ver TABELA 6).

TABELA 6 - Dimensão total das amostras e seu fracionamento gemelar. Os estudos citados procuraram estimar os efeitos genéticos na atividade física.

Estudo	Ano	Dimensão total da amostra	Dimensão da amostra em função da zigotia
Kaprio, Koskenvuo & Sarna – AF no tempo de lazer	1981	4594 pares de gêmeos masculinos, com mais de 18 anos	1537 pares MZ 3057 pares DZ
Lauderdale et alii – AF moderada e intensa	1997	3344 pares de gêmeos, todos do sexo masculino, dos 33 aos 51 anos	Os autores não referem a dimensão da amostra em função da zigotia
Aarnio et alii – AF no tempo de lazer	1997	3254 pares de gêmeos, com 16 anos	1697 pares MZ e DZ femininos e 1557 MZ e DZ masculinos
Maia – Atividade física total	2001	411 pares de ambos os sexos, dos 12 aos 25 anos	203 pares MZ 208 pares DZ
Presente estudo	2001	51 pares de ambos os sexos, dos 12 aos 18 anos	32 pares MZ 19 pares DZ

A análise da tabela torna evidente a discrepância nas dimensões das amostras, sobretudo no estudo de Maia (2001) e do presente estudo. Dos milhares de pares de gêmeos das pesquisas de Kaprio, Loskenvuo e Sarna (1981), Lauderdale et alii (1997) e Aarnio et alii (1997), passamos às quatro centenas de Maia (2001) e meia centena do trabalho presente. Este é, em nosso entender, um dos fortes condicionantes à demonstração de efeitos genéticos mais avultados dos resultados dos 51 pares de gêmeos. Conclusão semelhante é apresentada por Lauderdale et alii (1997) para a ausência de efeitos genéticos moderados a substanciais na atividade física intensa. Tal condicionante é devido à reduzida frequência de pares de gêmeos que registaram atividade física de intensidade elevada. Também Maia et alii (1999) se referem ao mesmo problema numa pesquisa acerca dos efeitos genéticos distintos em rapazes e moças no que à sua prática desportiva diz respeito. Contudo, e tal como foi referido anteriormente, a natureza exploratória e multimodal da pesquisa tinha esta limitação.

Em síntese, o objetivo central deste trabalho consistiu no teste à exequibilidade da avaliação multimodal da atividade física habitual em gêmeos MZ e DZ. Parece-nos que, de fato,

cada instrumento fornece informações algo independentes, refletindo cada um diferentes facetas do complexo fenótipo atividade física e daqui os diferentes resultados das estimativas de variância dos efeitos genéticos e do envolvimento. Deve ter-se em atenção que o questionário utilizado pretende estimar a atividade física no período de um ano. O pedômetro reflete somente a atividade física relacionada com a deslocamento a pé não dando indicações acerca da sua intensidade. Já o acelerômetro, reflete um quadro mais completo, permitindo caracterizar a atividade física, através das contagens/minuto, em termos de duração, intensidade e frequência - no presente trabalho estudou-se apenas a intensidade representada pelo total de *counts*. Quando se transformam os dados em *mets* entra-se com informação relativa ao dispêndio energético na atividade. O modelo de acelerômetro utilizado faz a detecção de acelerações em três eixos o que permite registrar praticamente qualquer movimento humano. Pensamos que este é sem dúvida o instrumento que reflete uma avaliação mais completa, pesa embora ser muito mais dispendiosa e morosa a sua utilização.

CONCLUSÕES

Os cinco dias de avaliação apresentaram valores de fidedignidade superiores a 0,75 mostrando, por isso, serem suficientes para se estimar com precisão os níveis de atividade física habitual em gêmeos MZ e DZ. Os gêmeos apresentaram, nas diferentes expressões do fenótipo atividade física, valores médios diários que evidenciaram um padrão distinto de atividade entre dias úteis e os dias de fim-de-semana. O fim-de-semana mostrou valores inferiores em todas as

variáveis se bem que em algumas situações essas diferenças não tenham apresentado significado estatístico. O efeito do envolvimento (comum e único) assume a maior importância para a explicação das diferenças interindividuais em seis dos sete indicadores de atividade física estudados não sendo, por isso, possível realçar efeitos genéticos substanciais em todas as expressões diferenciadas deste fenótipo. Contudo, este último aspecto reflete a circunstância da amostra ser de reduzida dimensão.

ABSTRACT

GENETIC FACTORS OF PHYSICAL ACTIVITY: A MULTIMODAL STUDY IN MONOZYGOTIC AND DIZYGOTIC TWINS

The present study sought to test the feasibility of a multiform evaluation of the physical activity in monozygotic (MZ) and dizygotic twins (DZ), that were monitored for five consecutive days using three evaluation instruments simultaneously - accelerometer, pedometer and questionnaire. The sample of this research was constituted by 51 pairs of twins of both sexes and different zygosity, aged between 12 and 18 years old. The subjects were monitored with the triaxial accelerometer (TRITRAC - R3D) and the pedometer (Yamax DW-SW 700) from Thursday to Monday. The questionnaire used was that of Baecke, Burema and Frijters (1982). The statistical procedures used were the following: calculation of residues of multiple regression according to three adjustments: intraclass correlation coefficient; canonic correlation and index of redundancy of Stewart and Love; heritability (h^2) and estimation of models. The main results and conclusions of this research were: a) the five-day evaluation presented reliability numbers superior to 0.75 showing, that, they were enough to calculate accurately the levels of habitual physical activity; b) the indexes of activity resulting from the questionnaire seemed to supply information somehow independent of the accelerometer and the pedometer; c) in spite of the consistency of the estimated physical activity, average resulting of different indicators which were supplied by the accelerometer and pedometer presented significant differences whether the days of the week and the weekend were concerned; d) the effect of the environment (shared and unique) assumed the most significant importance for the explanation of the interindividual differences in six of the seven indicators of physical activity studied, thus it is not possible to enhance genetic effects in all the differentiated expressions of this phenotype.

UNITERMS: Physical activity; Twins; Accelerometer; Pedometer.

REFERÊNCIAS

AARNIO, M.; WINTER, T.; HUJALA, U.M.; KAPRIO, J. Familial aggregation of leisure-time physical activity: a three generation study. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v.18, p.549-56, 1997.

BAECKE, J.A.H.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J.E. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.36, p.936-42, 1982.

BASSETT JUNIOR, D.R. Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Champaign, v.71, n.2, p.30-36, 2000.

BASSETT JUNIOR, D.R.; CURETON, A.L.; AINSWORTH, B.E. Measurement of daily walking distance: questionnaire versus pedometer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Madison, v.32, n.5, p.1018-23, 2000.

- BEUNEN, G.; THOMIS, M. Genetic determinants of sports participation and daily physical activity. **International Journal of Obesity**, London, v.3, p.1-9, 1999.
- BLAIR, S.; BRODNEY, S. Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research issues. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.31, n.11, p.S646-62, 1999.
- BOOMSMA, D.I.; DOLAN, C.V. Multivariate QTL analysis using structural equation modeling: a look at power studies under simple conditions. In: SPECTRON, T.D.; SNIEDER, H.; MacGREGOR, A.J. (Eds.). **Advances in twin and Sib-pair analysis**. London: Greenwich Medical Media, 2000. p.203-18.
- BOOMSMA, D.I.; VAN DER BREE, M.B.D.; ORLEBEKE, J.F.; MOLENAAR, P.C.M. Resemblances of parents and twins in sports participation and heart rate. **Behavior Genetics**, New York, v.19, n.1, p.23-141, 1989.
- BOUCHARD, C.; LESAGE, R.; LORTIE, G.; SIMONEAU, J.; HAMEL, P.; BOULAY, M.R.; PÉRUSSE, L.; THÉRIAULT, G.; LEBLANC, C. Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.18, n.6, p.639-46, 1986.
- BOUCHARD, C.; MALINA, R.; PÉRUSSE, L. **Genetics of fitness and physical performance**. Champaign: Human Kinetics, 1997.
- BOUCHARD, C.; RANKINEN, T. Individual differences in response to regular physical activity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.33, n.6, p.S446-51, 2001.
- BOUCHARD, C.; SHEPHARD, R.; STEPHENS, T. **Physical activity, fitness and health: International Proceedings and Consensus Statement**. Champaign: Human Kinetics, 1994.
- CASPERSEN, C.J.; NIXON, P.; DURANT, R. Physical activity epidemiology applied to children and adolescents. **Exercise and Sport Sciences Review**, Baltimore, v.26, p.341-403, 1998.
- CASPERSEN, C.J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSEN, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**, Rockville, v.100, n.2, p.126-31, 1985.
- CHEN, W.J.; CHANG, H.W.; WU, M.Z.; LIN, C.C.H.; CHANG, C.; CHIU, Y.N.; SOONG, W.T. Diagnosis of zygosity by questionnaire and polymarker polymerase chain reaction in young twins. **Behavior Genetics**, New York, v.29, p.115-23, 1999.
- FREEDSON, P.S.; MILLER, K. Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Champaign, v.71, n.2, p.21-29, 2000.
- GORAN, M.I. Genetic influences on human energy expenditure and substrate utilization. **Behavior Genetics**, New York, v.27, n.4, p.389-99, 1997.
- JANZ, K.F.; WITT, J.; MAHONEY, L.T. The stability of children's physical activity as measured by accelerometry and self-report. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.27, n.9, p.1326-32, 1995.
- KAPRIO, J.; KOSKENVUO, M.; SARNA, S. Cigarette smoking, use of alcohol, and leisure-time physical activity among same-sexed adult male twins. In: **PROGRESS in clinical and biological research**. New York: Allan R. Liss, 1981. p.37-46.
- KESANIEMI, Y.A.; DANFORTH, E.; JENSEN, M.D.; KOPELMAN, P.G.; LEFEBVRE, P.; REEDER, B.A. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.33, n.6, p.S351-58, 2001.
- KILLORON, A.; FENTEM, P.; CASPERSEN, C. **Moving on: international perspectives on promoting physical activity**. [S.l.]: Health Education Authority, 1994.
- KOHL, H.W.; FULTON, J.E.; CASPERSEN, C.J. Assessment of physical activity among children and adolescents: a review and synthesis. **Preventive Medicine**, New York, v.31, n.2, p.S54-S76, 2000.
- KOOPMANS, J.R.; VAN DOOMEN, L.J.P.; BOOMSMA, D.I. Smoking and sports participation. In: GOLDBOURT, U.; FAIRE U.; BERG, K. (Eds.). **Factors in coronary heart disease**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. p.217-235.
- LAUDERDALE, D.S.; FABBITZ, R.; MEYER, J.M.; SHOLINSKY, P.; RAMAKRISHNAN, V.; GOLDBERG, J. Familiar determinants of moderate and intense physical activity: a twin study. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Madison, v.29, n.8, p.1062-68, 1997.
- LOPES, V.P.; MONTEIRO, A.M.; BARBOSA, T.; MAGALHÃES, P.M.; MAIA, J.A.R. Atividade física habitual em crianças: diferenças entre rapazes e raparigas. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, Porto, v.1, n.3, p.53-59, 2001.
- MAIA, J.A.R. Aspectos genéticos da actividade física. Um estudo univariado em gêmeos. In: MAIA, J.A.R. (Ed.). **Actas do seminário genética e práticas desportivo-motoras**. Porto: FCDEF-UP, 2001.

MAIA, J.A.R.; LOOS, R.; BEUNEN, G.; THOMIS, M.; VLIETINCK, R.; MORAIS, F.P.; LOPES, V.P. Aspectos genéticos da prática desportiva: um estudo em gêmeos. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v.13, n.2, p.160-76, 1999.

MONTOYE, H.; KEMPER, H.; SARIS, W.; WASHBURN, R. *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign: Human Kinetics, 1996.

NANCE, W.E.; NEALE, M.C. Partitioned twin analysis: a power study. *Behavioral Genetics*, New York, v.19, n.1. p.143-50, 1989.

NEALE, M.C.; MAES, H.M. *Methodology for genetic studies of twins and families*. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001.

PEETERS, H.; Van GESTEL, S.; VLIETINCK, R.; DEROM, C.; DEROM, R. Validation of a telephone zygosity questionnaire in twins of known zygosity. *Behavior Genetics*, New York, v.28, n.3, p.159-63, 1998.

PÉRUSSE, L.; TREMBLAY, A.; LEBLANC, C.; BOUCHARD, C. Genetic and environmental influences on level of habitual physical activity and exercise participation. *American Journal of Epidemiology*, Baltimore, v.129, n.5, p.1012-22, 1989.

PLOMIN, R.; DEFRIES, J.C.; MCCLEAN, G.E.; RUTTER, M. *Behavioral genetics*. 4th ed. New York: H. Freeman, 2000.

SALLIS, J.; OWEN, N. *Physical activity & behavioral medicine*. [S.l.]: Sage, 1999.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. 8th ed. Ames: Iowa State University Press, 1989.

TROST, S.G.; PATE, R.R.; FREEDSON, P.S.; SALLIS, J.F.; TAYLOR, W.C. Using objective physical activity measures with youth: how many days of monitoring are needed? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Madison, v.32, n.2, p.426-31, 2000.

TURNER, J.R.; CARDON, L.R.; HEWITT, J.K. *Behavior genetic approaches in behavioral medicine*. New York: Plenum Press 1995.

Recebido para publicação em: 10 jun. 2002

Revisado em: 04 nov. 2002

Aceito em: 20 maio 2003

ENDEREÇO: José António Ribeiro Maia

Laboratório de Cineantropometria e Estatística Aplicada
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física
Universidade do Porto
R. Dr. Plácido Costa, 91
4200 - Porto - PORTUGAL
email: jmaia@fcdef.up.pt