

**ASPECTOS GENÉTICOS DA PRÁTICA DESPORTIVA:
UM ESTUDO EM GÊMEOS**

José António Ribeiro MAIA^{*}
Ruth LOOS^{**}
Gaston BEUNEN^{***}
Martine THOMIS^{***}
Robert VLIETINCK^{**}
Francisco Pina de MORAIS^{*}
Vitor Pires LOPES^{****}

RESUMO

Este estudo é percorrido por dois propósitos fundamentais: a) apresentar, ainda que de modo breve, aspectos da metodologia de genética quantitativa aplicados ao estudo de fenótipos de interesse dos cientistas das Ciências do Desporto; e b) aplicar tais técnicas e procedimentos em gêmeos monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ) para determinar a presença de efeitos genéticos nos seus índices de prática desportiva. A amostra é constituída por 104 pares de gêmeos, 40 MZ e 64 DZ, cuja média de idades é $17,30 \pm 5,82$ e $17,86 \pm 8,12$, respectivamente. O índice de prática desportiva foi obtido a partir do questionário de Baecke et alii (1982). Os procedimentos estatísticos compreendem tabelas de contingência, correlações tetracóricas, taxas de concordância "probandwise" bem como ajustamento de modelos univariados gemelares. Os programas estatísticos utilizados foram o SPSS 9.0 e o Mx. Os principais resultados e conclusões foram os seguintes: a) é evidente a presença de forte agregação familiar nos valores de prática desportiva; b) estes valores são mais fortes nos gêmeos MZ do que nos gêmeos DZ, e mais elevados nos meninos do que nas meninas; c) nos meninos o valor da dependência genética é de 82%, sendo muito reduzida a influência do envolvimento comum e único de cada par; d) nas meninas os resultados são diametralmente opostos, já que a influência genética é zero, e a do seu envolvimento comumente partilhado no seio da família é de 71%. Estas diferenças de efeitos genéticos e do envolvimento nos dois sexos sugerem interpretações de natureza biológica e sócio-cultural.

UNITERMOS: Genética quantitativa; Desporto; Gêmeos.

INTRODUÇÃO

O desporto moderno, legado inequívoco do espírito e cultura humanas, oferece a toda a gente um conjunto variado de benefícios que percorre um largo espectro do domínio biológico ao psicológico. O resumo atualizado destes benefícios pode ser consultado no volume

magistral editado por Bouchard, Shephard & Stevens em 1992, referente à famosa conferência de Toronto. Enquanto produto cultural do homem, é uma fonte inesgotável de socialização concorrendo com o papel do modelo familiar na

^{*} Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto – Portugal.

^{**} Centro de Genética Humana da Universidade Católica de Lovaina – Bélgica.

^{***} Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade Católica de Lovaina – Bélgica.

^{****} Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Bragança – Portugal.

transmissão de valores fundamentais da humanidade.

Se nos situarmos num plano meramente operativo e facilmente interpretável, a contabilidade da prática desportiva poderia resumir-se a uma simples adição que contemplasse os seguintes fatores: a modalidade praticada, a possibilidade de quantificação da sua intensidade em termos de dispêndio energético, a duração da prática em horas e a frequência semanal ou mensal. Este diamante de quatro faces evidencia, de modo inequívoco, uma enorme variação na população no seio de cada sexo em função da idade, estatuto sócio-econômico e outras condicionantes, bem como também é clara a variabilidade entre sexos em cada valor discreto de idade.

É consensual a idéia de que a adesão à prática do desporto, enquanto agente fundamental de socialização, depende de um conjunto variado de fatores de que destacamos o papel da família, dos amigos, do modelo de desportista, dos “mass-media” da disponibilidade e acesso a infra-estruturas, bem como a uma outra multiplicidade de agentes causais.

É um fato inequívoco que nem toda a gente pratica desporto, e os que o praticam o fazem por múltiplas razões. É também evidente que a prática desportiva expressa uma enorme variabilidade, desde o simples desporto de recreação e lazer à mais elevada manifestação da “performance” humana consignada na expressão olímpica “*citius, altius, fortius*”.

Duas questões que imediatamente saltam ao espírito inquisitivo humano são as seguintes: quais são os grandes vetores responsáveis pelo fato de nem toda a gente praticar desporto? A que se deve a circunstância dos que praticam desporto mostrarem uma grande variação na modalidade a que aderiram, na intensidade, duração e frequência da sua prática?

É mais que evidente que rapidamente se lavantariam disciplinas como a Psicologia, a Sociologia ou a Pedagogia, por exemplo, para procurar interpretar o sentido das questões anteriores e apresentar respostas dentro do seu universo epistemológico.

Contudo, aquilo que caracteriza o coração das questões anteriormente formuladas é a idéia de variação. Na primeira questão lidamos com variação limitada na adesão, ou não, à prática do desporto dado tratar-se de uma variável dicotômica. Na segunda questão a variação é expressa de forma contínua, podendo representar-

se por uma curva em função da distribuição normal.

A interpretação desta variação, do seu significado e alcance é, também, do domínio da Genética Quantitativa, uma vez que o fenótipo prática desportiva e a sua representação numérica numa escala contínua exige que se esclareça o quanto da variação total que distingue os indivíduos é devida a diferenças genéticas individuais e a efeitos diferenciados do seu envolvimento.

A ABORDAGEM DA GENÉTICA QUANTITATIVA

É emergente o reconhecimento que a maioria dos caracteres ou traços dos sujeitos, i.e., os fenótipos, é influenciada por múltiplos genes e uma variedade enorme de fatores do envolvimento. A Genética Quantitativa tornou-se o paradigma central de análise e atribuição de significado à variação fenotípica presente no seio da população (Lynch & Walsh, 1998).

Foi Ronald Fisher, um brilhante estatístico matemático, quem conciliou as posições aparentemente antagônicas das leis Mendelianas na transmissão de traços discretos com as idéias biométricas apresentadas por Francis Galton para traços quantitativos (Khoury, Beaty & Cohen, 1993). A tradição biométrica seguida por Galton trabalhava sobretudo com a famosa questão da genealidade herdada a partir de estudos em famílias nucleares e em gêmeos em traços ou fenótipos descritos de forma contínua.

A aventura Fisheriana da herança multifatorial de natureza poligênica foi acompanhada por dois vultos maiores da Genética Wright e Haldane. Os estudos de Genética Quantitativa aplicada aos humanos lidam, sobretudo, com delineamentos de famílias nucleares e gemelares (uma abordagem profunda desta matéria pode ser encontrada em Khoury et alii, 1993; Neale & Cardon, 1992). Neste domínio inquisitivo sobre a variação fenotípica importa esclarecer três questões que se apresentam como nucleares:

- Porque é que somos todos diferentes?
- Porque é que os filhos se assemelham aos seus progenitores?
- Porque é que os filhos dos mesmos progenitores são diferentes?

As três questões remetem-nos, forçosamente, para a identificação da natureza da variação entre indivíduos, bem como para a covariação entre sujeitos aparentados e serão objeto de análise nesta pesquisa. Importa desde já salientar que abordaremos exclusivamente o delineamento gemelar, deixando para uma outra oportunidade o problema da homogamia fenotípica na transmissão vertical parental.

A Epidemiologia Genética pode ser entendida como uma construção intelectual e operativa do casamento por conveniência entre a Genética e a Epidemiologia que visa, sobretudo, a análise da distribuição de traços ou características no seio das famílias com vista à compreensão da sua possível base genética (outras definições de Epidemiologia Genética podem ser encontradas em Khoury et alii, 1993). O estudo da agregação familiar, isto é, a tendência para determinados traços ou características se aglomerarem com frequência entre familiares de graus de parentesco diferente, é o tema central da Epidemiologia Genética. Neste domínio de pesquisa colocam-se, de forma sequencial, três questões que importa solucionar:

- O traço ou fenótipo em estudo tende a agregar-se em famílias?
- A agregação familiar está relacionada com a exposição a um envolvimento comumente partilhado, a suscetibilidade biológica herdada, ou a herança cultural?
- Como foi herdada a suscetibilidade genética?

A resposta a estas questões exige delineamentos de pesquisa compostos por amostras de famílias inteiras ou nucleares, gêmeos monozigóticos (MZ) e dizigóticos (DZ), bem como metodologias de análise de dados adequadas a cada circunstância.

A resposta à primeira questão, quando se dispõe de informação de natureza dicotómica de pais e gêmeos, ou só de gêmeos, reclama o uso de tabelas de contingência que permitem o cálculo de estatísticas adequadas (χ^2 , "odds ratios" e taxas de concordância "probandwise"), bem como é possível o recurso à regressão logística, ou ainda ao cálculo de coeficientes de correlação tetracóricos (Khoury et

alii, 1993; Ramakrishnan, Goldberg, Henderson, Eisen, True, Lyons & Tuang, 1992).

A segunda questão exige uma análise mais sofisticada e profunda para identificar, na variação fenotípica total, as partes devidas às diferenças genéticas entre sujeitos, ao envolvimento comumente partilhado no seio da família, e ao envolvimento único do sujeito. Os procedimentos de análise vão desde os métodos clássicos de análise de variância e estimativas de heritabilidade (h^2), às metodologias de biometria mais sofisticadas e flexíveis de ajustamento de modelos (para uma abordagem profunda desta matéria consultar Eaves, Eysenck & Martin, 1989; Falconer, 1990; Lynch & Walsh, 1998; Neale & Cardon, 1992).

A terceira questão reclama estudos de segregação e "linkage" que estão para além dos propósitos desta pesquisa e que podem ser consultados em Khoury et alii (1993), Lynch & Walsh (1998).

OS MÉTODOS DE ANÁLISE

Enquanto que as metodologias de análise relativas à primeira questão são de entendimento imediato e de cálculo ligeiramente simples, a resposta à segunda questão exige uma explicação mais detalhada para se entender os resultados provenientes das metodologias que iremos utilizar.

A adesão à prática do desporto e a sua expressão quantitativa contínua (ver metodologia), não podem ser tratadas como se fossem simples traços Mendelianos. Trata-se, isso sim, de fenótipos complexos emergentes de múltiplas influências como foi anteriormente referido (FIGURA 1). O estudo das causas fundamentais da variância observada nestes fenótipos exige um quadro conceitual robusto, medições altamente fiáveis dos fenótipos, amostras de dimensão suficiente de famílias nucleares com vários graus de parentesco, "pedigrees" extensos, a que se associa a forte possibilidade de identificar genes candidatos ou marcadores moleculares dos fenótipos em estudo.

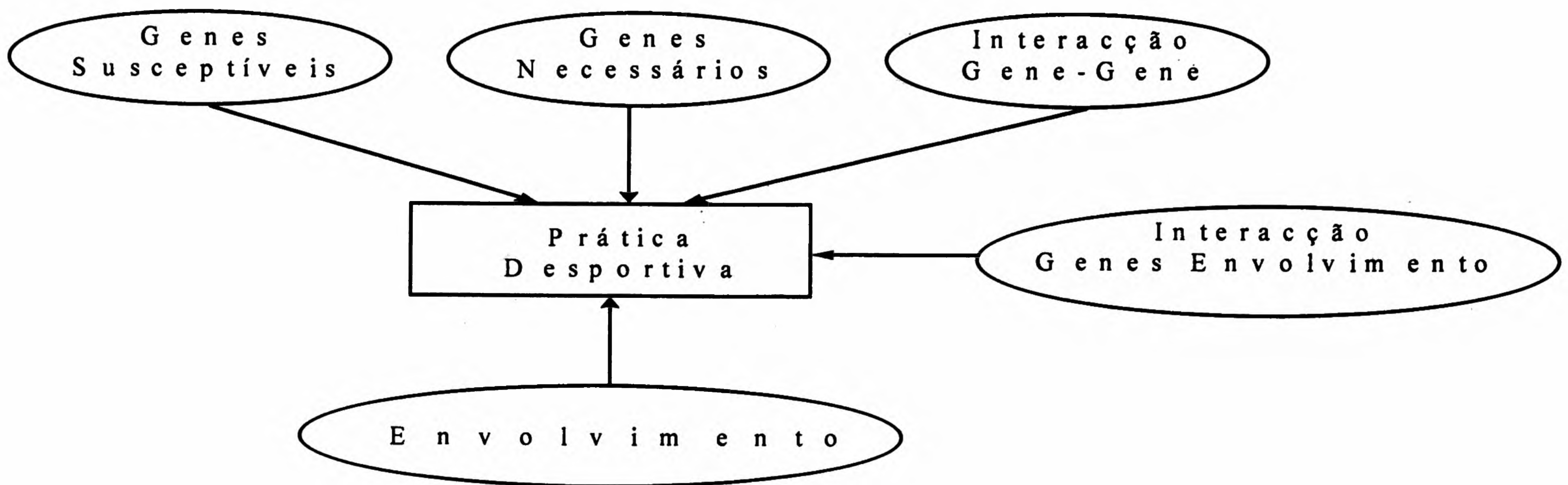


FIGURA 1 - Fatores responsáveis pela variação nos níveis de prática desportiva (Adaptado de Bouchard et alii, 1998).

Nesta aventura há que distinguir, claramente, os conceitos de genes necessários de genes suscetíveis (Bouchard, Malina & Pérusse, 1997). Um gene suscetível é o que aumenta a sensibilidade ou predisposição do seu portador para evidenciar valores distintos de um dado fenótipo. Estes genes possuem um efeito acrescentado nas diferenças individuais observadas, contribuindo com pequenos efeitos na variância total observada. São responsáveis por diferenças nos níveis distintos do índice de prática desportiva. Genes necessários são aqueles que se consideram suficientes para causar o aparecimento da prática desportiva e dos seus valores numa escala quantitativa. São os genes responsáveis pela produção de um largo efeito na variância total do fenótipo.

Ainda que difíceis de investigar atualmente, as interações gene-gene e gene-envolvimento (resposta diferenciada às condições do mesmo envolvimento em sujeitos com genótipos distintos) são também fatores a considerar.

Estão disponíveis na literatura duas abordagens fundamentais para estudar as bases genéticas da prática desportiva: a metodologia do genótipo não medido ou não identificado, designada de “top-down” e a metodologia referente ao genótipo medido, identificado na carta genética, designada de “bottom-up” (Bouchard et alii, 1998) conforme FIGURA 2. Como é evidente, a metodologia utilizada nesta pesquisa é a “top-down”.

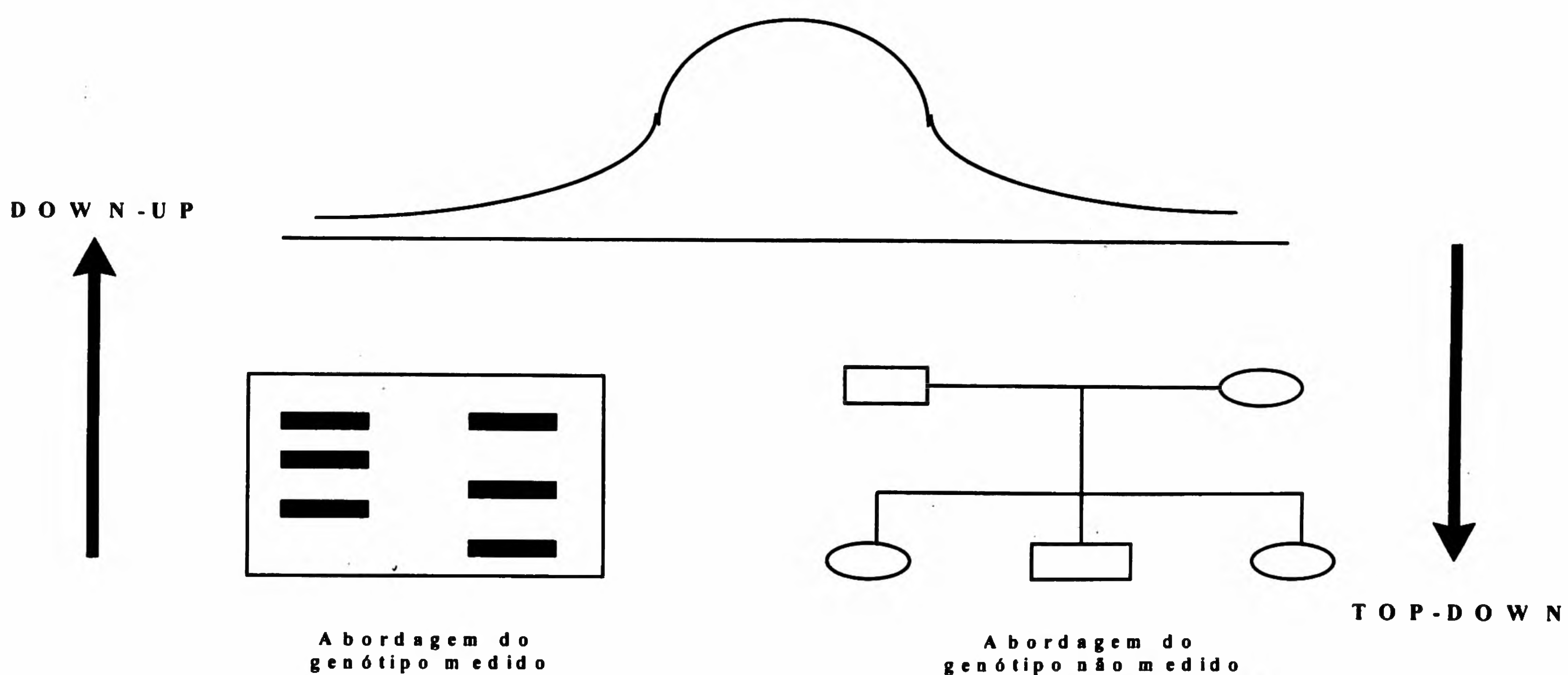


FIGURA 2 Metodologias de estudo em genética (Adaptado de Bouchard et alii, 1997).

Na pesquisa que iremos apresentar, localizada na metodologia “top-down”, interessa considerar um conjunto importante de pressupostos (Falconer, 1990; Lynch & Walsh, 1998):

Os pares de gêmeos são da mesma idade e partilham o mesmo envolvimento familiar de origem (i.e., possuem o mesmo envolvimento comum).

- Os gêmeos MZ partilham os mesmos fatores genéticos (os mesmos alelos em cada “locus”). Os gêmeos DZ partilham somente metade dos genes, tal como o que ocorre entre irmãos.

Um envolvimento semelhante afeta gêmeos MZ e gêmeos DZ.

- A comparação da similaridade entre gêmeos MZ e gêmeos DZ relativamente a um fenótipo permite identificar as fontes de variação na população genes, envolvimento comumente partilhado e envolvimento único.

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

Da comparação destas fontes de variação é possível calcular uma razão designada de heritabilidade (h^2) que se refere à proporção de variância total que pode ser atribuída a efeitos

genéticos ($h^2=V_G/V_{TOT}$). Do um modo semelhante podem calcular-se a contribuição dos fatores do envolvimento comum ($c^2=V_C/V_{TOT}$) e dos fatores específicos ($e^2=V_{ESP}/V_{TOT}$).

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

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

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

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

Ausência de acasalamento preferencial.

Uma forma muito simples e esclarecedora da presença de agregação e, conseqüentemente, da informação relativa aos efeitos genéticos é a que resulta da interpretação do coeficiente de correlação e a sua representação gráfica. Se multiplicarmos o valor do coeficiente de correlação por 100 e o tratarmos como uma percentagem teremos uma medida simples que expressa o quanto da variação total no fenótipo prática desportiva é causada por fatores partilhados pelos membros de cada par, evidenciando diferenças nos padrões de semelhança ou agregação familiar.

A FIGURA 3 refere-se aos diagramas de dispersão dos índices de prática desportiva dos gêmeos DZ e MZ do presente estudo.

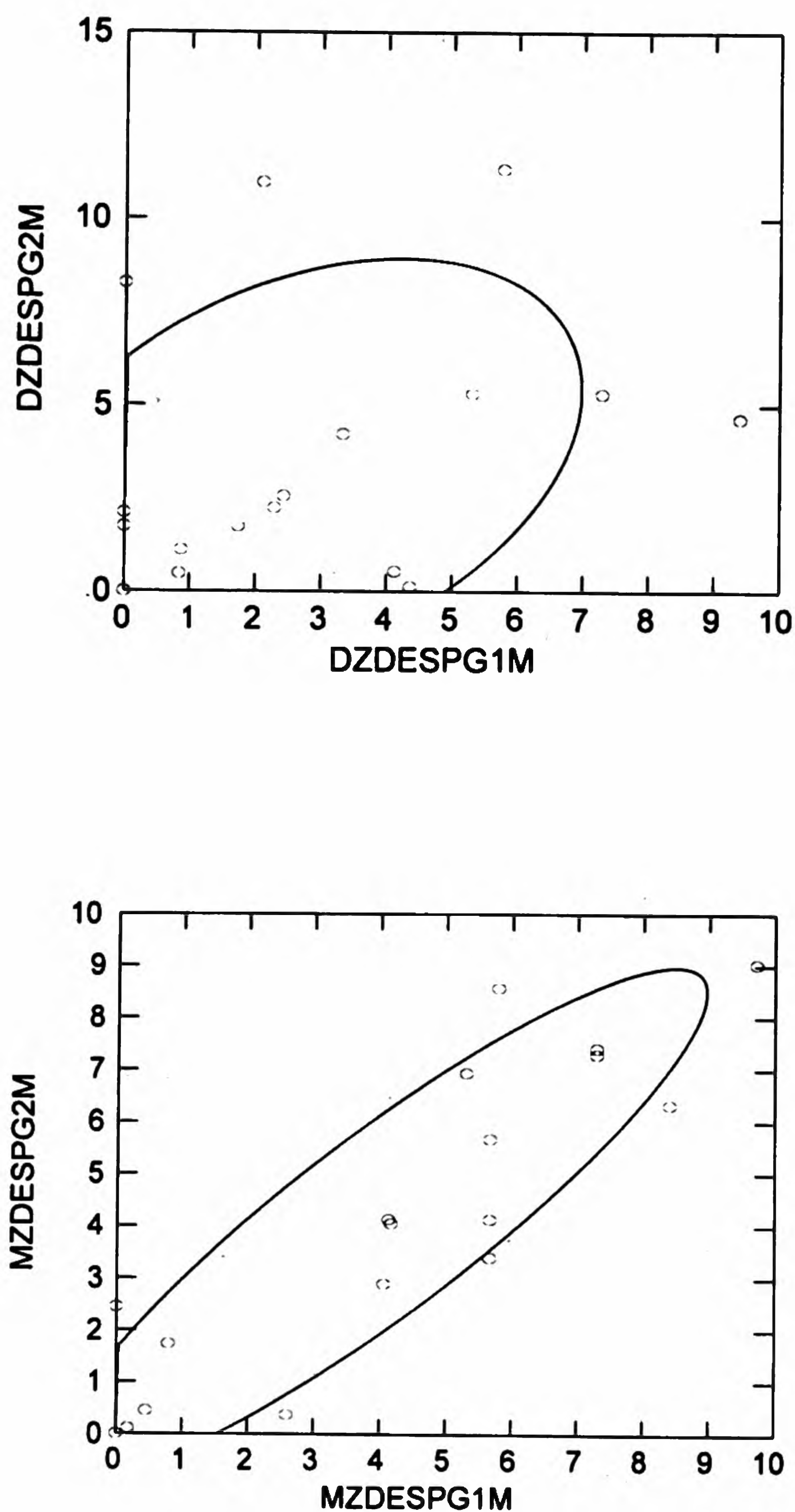


FIGURA 3 Diagramas de dispersão dos valores dos índices de prática desportiva de gêmeos DZ (diagrama superior) e MZ (diagrama inferior) do sexo masculino.

Nos gêmeos DZ a correlação é de 0,347, implicando que de todos os fatores responsáveis pela variação nos resultados 34,7% são devidos a fatores que os membros do par possuem em comum. Nesta circunstância surge imediatamente o problema seguinte: dado que os gêmeos DZ, por exemplo, passaram juntos a maior parte da sua vida, não poderemos saber se os 34,7% são inteiramente devidos ao fato de partilharem o mesmo envolvimento “in utero”, viverem com os mesmos progenitores desde o nascimento, ou simplesmente porque têm, em comum, metade dos genes. Ora, é somente quando dispusermos de um outro tipo de relação em que o grau de similaridade genética ou similaridade do envolvimento partilhado for diferente, como é o

caso dos gêmeos MZ, que esclareceremos tal questão.

Enquanto os gêmeos DZ, tal como os irmãos, partilham, em média, metade dos genes, os gêmeos MZ são geneticamente idênticos. No diagrama de dispersão, a elipse é diferente da dos gêmeos DZ. A correlação na amostra de gêmeos MZ é 0,904, mais do dobro da dos DZ. A maior similaridade dos gêmeos MZ, dada a sua identidade genética, estabelece a base para a identificação da contribuição dos fatores genéticos nas diferenças nos índices de prática desportiva. Um dos propósitos desta pesquisa é pois identificar a presença de tais padrões de agregação familiar de um modo quantitativo mais rigoroso.

Contudo, é ainda necessário que se apresente uma nova explicação acerca do alcance

das relações que se estabelecem nas comparações dos valores de correlação entre gêmeos MZ e DZ.

Para se interpretar e esclarecer o significado de similaridade intra-par quando o traço em estudo é quantitativo contínuo vamos

servir-nos da FIGURA 4 e dos diferentes resultados do coeficiente de correlação entre membros do mesmo par (Beunen & Thomis, 1999).

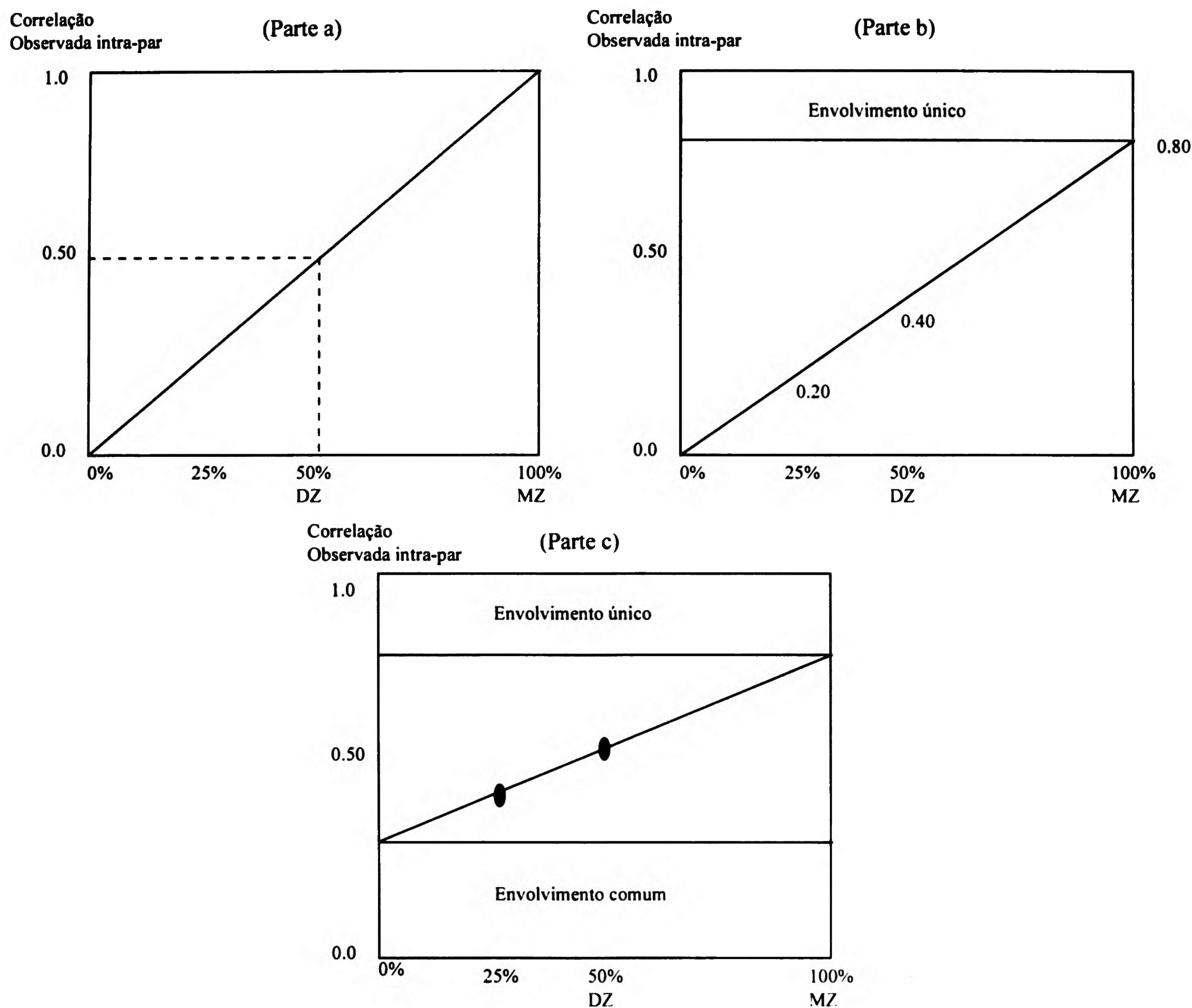


FIGURA 4 - Representação esquemática dos diferentes valores esperados, em teoria, da correlação intra-par.

- Parte a: quando estamos na presença exclusiva de efeitos genéticos aditivos, os valores esperados (i.e., teóricos) para as similaridades intra-par são os seguintes: gêmeos MZ = 100%; gêmeos DZ, irmãos ou pai-filho(a), mãe-filha(o) = 50%; primos ou avô-neto = 25%, e na população o valor é 0%.

Parte b: se a similaridade não é perfeita, por exemplo se o valor de $r_{MZ} = 0,80$, mas a similaridade nos outros pares segue uma relação proporcional de acordo com as razões da relação genética - $r_{DZ} = 0,40$ e avô-neto, $r = 0,20$, dois fatores são causadores da variação fenotípica -

fatores genéticos aditivos e fatores do envolvimento únicos do sujeito. No caso dos gêmeos MZ, e se considerassemos o fenótipo X, se o $r_{MZ} = 0,80$ tal significaria que 80% da variação no fenótipo seria devida a efeitos gênicos e 20% ao envolvimento único do sujeito.

- Parte c: se a similaridade nos pares for maior do que o esperado de acordo com o modelo teórico ($r_{MZ} < 2r_{DZ}$), então parte da variação no fenótipo é devida, também, a fatores comuns do envolvimento.

ESTUDOS EMPÍRICOS DISPONÍVEIS

A expressão mais elevada do fenótipo prática desportiva é a que se encontra consignada na "performance" dos atletas olímpicos. Até cerca de 1950, o estado da arte nesta matéria baseava-se no truismo bem conhecido que o "homo olympicus" era o resultado de um genótipo superior e um meio altamente favorável para a sua expressão.

Contudo, mais tarde, autores alemães (Grebe, 1955; Grimm, 1966; Weiss, 1979, 1980), italianos (Gedda, 1960) e americanos (Jokl & Jokl, 1968) mostraram de uma forma cada vez mais veemente que os fatores gênicos herdados eram o maior determinante no sucesso desportivo. Nas pesquisas de Gedda (1960) e de Weiss (1979, 1980) ressalta a noção de que o sucesso no desporto possui um padrão familiar, uma espécie de linhagem familiar. Estas pesquisas inspiraram-se no trabalho pioneiro de Galton sobre a genealidade herdada nas diferentes expressões do espírito humano desde as artes e as letras até às ciências.

Pensava-se, na altura, que o campeão teria que escolher os seus pais. É evidente que tal pensamento é errado dado que nenhum filho escolhe os seus progenitores. Na altura foi também aconselhado, sobretudo nos ex-países do leste europeu acasalamientos preferenciais entre desportistas de elite para favorecer o aparecimento de descendentes com forte probabilidade de excelência no desporto.

Recentemente, e num esforço louvável de síntese da informação disponível, Bouchard et alii (1997) apresentaram uma lista bem exhaustiva dos fenótipos condicionadores do sucesso desportivo, bem como da sua forte carga genética. Desde as dimensões corporais às aptidões motoras, passando por indicadores fisiológicos e bioquímicos, parece ser inequívoco que os valores

de heritabilidade são moderados a elevados, desde 0,25 a 0,75, ainda que alguns indicadores os valores sejam superiores a 0,75.

Se bem que a informação anteriormente citada se refira às determinantes biológicas do sucesso desportivo, e apesar do volume de produção científica nesta matéria, o mesmo não se passa sobre o problema da simples adesão à prática desportiva. Uma busca exhaustiva acerca da investigação empírica neste domínio permitiu identificar somente três pesquisas - duas realizadas na Holanda (Boomsma, Van der Bree & Orlebeke, 1989; Koopmans, Van Doomen & Boomsma, 1994) e uma realizada na Bélgica (Beunen & Thomis, 1999).

A pesquisa de Boomsma et alii (1989) procurava identificar o padrão de transmissão vertical na participação desportiva de pais para filhos. A amostra desta investigação sobre semelhança parental e de gêmeos era constituída por 90 famílias (pai, mãe e filhos que eram gêmeos). A idade dos filhos variava entre os 14 e os 20 anos. A informação sobre a prática desportiva foi obtida a partir da resposta à questão: praticas desporto? A resposta de natureza dicotómica continha, como é óbvio, sim ou não.

A análise dos dados foi efetuada em duas etapas: na primeira calcularam-se coeficientes de correlação tetracóricos (coeficiente de correlação adequado para lidar com dados dicotómicos). Esta etapa permitiu, desde logo, uma interpretação do significado dos valores a partir das comparações dos r_{MZ} com os r_{DZ} em cada sexo. Na segunda etapa foi utilizada a técnica de ajustamento de modelos com diferentes possibilidades interpretativas de efeitos genéticos e do envolvimento para "explicar" a variação nos resultados obtidos.

Os valores da parte exploratória resultantes dos diferentes pares de gêmeos estão na TABELA 1.

TABELA 1 - Valores de correlação tetracóricos (r_t) por par de diferente zigozitia.

	MZ_f	MZ_m	DZ_f	DZ_m	DZ_{os}
Pares (n)	28	16	17	15	14
r_t	0,90	0,89	0,70	0,14	- 0,02

(MZ = monozigótico; DZ = dizigótico; Dzos = dizigótico de sexo oposto; m = meninos; f = meninas).

Na generalidade o padrão dos resultados é positivo, com magnitudes de r_t moderadas a elevadas. No sexo feminino os valores de r sugerem a forte presença do envolvimento comum, e no sexo masculino tal presença não parece ser tão evidente. Se a análise se limitasse exclusivamente a estes valores poderíamos pensar que a contribuição dos fatores genéticos e do envolvimento eram diferentes nos dois sexos. Nos gêmeos DZ de sexo oposto, o valor de $r_t = 0$ pode sugerir a presença de diferentes

fatores para explicar a variância nos resultados, e o fato da covariância ser também zero em rapazes e raparigas.

Quando se utilizou a metodologia de ajustamento de modelos para interpretar a contribuição distinta dos fatores genéticos e do envolvimento na variância e covariância observadas nos gêmeos MZ, DZ e DZ de sexo oposto, obtiveram-se os resultados apresentados na TABELA 2.

TABELA 2 - Estimativas de variância para os fatores genéticos (a^2) e do envolvimento específico (e^2).

	a^2	e^2
Meninas	0,35	0,65
Meninos	0,77	0,23

As conclusões que emergem destes resultados são as seguintes: a) nas meninas a maior contribuição para a variação nas respostas à prática do desporto é devida a fatores do envolvimento comum partilhado no seio da família; b) nos meninos o contrário é verdade, já que a maior influência na sua prática desportiva é imputada a fatores de natureza genética, sendo o seu a^2 (fração da variância fenotípica imputada às diferenças genéticas entre sujeitos) o dobro do observado nas meninas.

O segundo estudo da autoria de Koopmans et alii (1994) aborda o problema da

identificação dos fatores genéticos e do envolvimento responsáveis pelos hábitos tabágicos e de prática desportiva.

A amostra provém do registro gemelar da Holanda e os autores consideraram, exclusivamente, 1587 famílias nucleares (pai, mãe e filhos gêmeos). A idade média dos gêmeos é de $18,00 \pm 2,3$, cujos limites são 13 e 22 anos.

A resposta dicotómica à questão pratica ou não desporto nos pares de diferente zigosita e sexo estão na TABELA 3.

TABELA 3 Frequência de respostas positivas à prática do desporto, bem como valores de correlação tetracóricos (r_t).

Pares	n	% prática	Concordância (%)			r_t
			Ambos	Só 1	Nenhum	
MZ_m	249	76	69,9	11,6	18,5	0,89
DZ_m	241	76	64,7	22,8	12,4	0,60
MZ_f	329	67	59,0	16,1	24,9	0,85
DZ_f	303	70	59,7	21,1	19,1	0,72
Dz_{os}	456	m-79 f-72	54,4	32,7	12,9	0,35

Deste quadro emergem os seguintes comentários:

É evidente a presença de forte agregação na prática desportiva dado que $r_{MZ} > r_{DZ}$.

É clara a presença de fatores genéticos para contribuírem para as diferenças individuais na prática do desporto.

- Não se constatarem diferenças significativas nos r_{MZm} e r_{MZf} , bem como nos r_{DZm} e r_{DZf} . Isto sugere que os mesmos fatores genéticos e do envolvimento contribuem para a variação nos resultados, ainda que a sua magnitude seja diferente.

Dado que o r_{DZos} é significativamente mais baixo que o r_{DZm} e r_{DZf} , sugere que diferentes fatores influenciam o comportamento dos meninos e das meninas, i.e., genes e envolvimento comum expressos num sexo provavelmente não se expressarão no sexo oposto.

Contudo, quando se testaram as hipóteses subjacentes ao padrão dos resultados anteriores verificou-se, essencialmente, que a contribuição dos fatores genéticos e do envolvimento não diferem entre sexos. As estimativas obtidas foram as seguintes: $a^2 = 48\%$; c^2 (fração da variância fenotípica imputada aos efeitos do envolvimento comum) = 38% ; e^2 (fração da variância fenotípica imputada aos efeitos do envolvimento único dos sujeitos) = 12% .

A terceira pesquisa é proveniente da Bélgica e foi realizada por Beunen & Thomis (1999) numa amostra de 91 pares de gêmeos MZ e DZ de 15 anos de idade. A variável dependente considerada é o número de horas semanais dispendidas na prática formal do desporto realizado no clube, com os amigos e a família, excluindo o tempo referente à prática de Educação Física escolar. Os resultados exploratórios iniciais estão na TABELA 4.

TABELA 4 - Valores do coeficiente de correlação de Pearson nos diferentes pares de gêmeos.

	MZ _m	MZ _f	DZ _m	DZ _f	DZ _{os}
Pares (n)	17	17	19	19	19
r de Pearson	0,66	0,98	0,62	0,71	0,23

m=menino; f=menina; os=sexo oposto.

Destes valores emergem os seguintes comentários:

As correlações intra-par nas meninas são maiores que nos meninos; o r_{DZf} é maior que metade do valor do r_{MZf} , implicando a presença de fatores do envolvimento comum na prática do desporto.

Dada a diferença nos valores de r nos dois sexos, poderia sugerir-se diferente suscetibilidade biológica na prática do desporto.

Uma vez mais, e na esteira dos autores anteriores, o recurso ao procedimento de ajustamento de modelos produziu, essencialmente, os seguintes resultados:

Nos meninos o modelo ACE (a ser explicado mais adiante) produziu $a^2=83\%$, $c^2=0\%$, $e^2=17\%$, o que permite concluir que o tempo dispendido no desporto é fortemente dependente dos genes.

- Nas meninas, o mesmo modelo revelou $a^2 = 44\%$, $c^2 = 54\%$, $e^2 = 2\%$. Estes valores

sugerem que o tempo dispendido na prática desportiva é bem mais influenciável por fatores do envolvimento comumente partilhados no seio da família do que pelos genes.

Apesar do valor distinto de a^2 nos meninos e meninas, o modelo não-escalar de dependência sexual não evidenciou a presença de um conjunto distinto de genes de participação desportiva agindo de modo distinto nos meninos e nas meninas de 15 anos de idade.

METODOLOGIA

A pesquisa que iremos apresentar faz parte de um vasto projeto tendente ao esclarecimento dos fatores interpretativos da prática do desporto e valores de atividade física em famílias nucleares do Norte de Portugal. Deste estudo que abordará cerca de 6.000 famílias nucleares, uma parte refere-se à identificação da variação destes fenótipos em gêmeos e nas suas

famílias. Este relatório refere-se exclusivamente aos gêmeos. Trata-se da primeira e única pesquisa, até ao momento, em Portugal, e possui uma amostra de 40 pares de gêmeos MZ (idade = 17,30 ± 5,82) e 64 pares de gêmeos DZ (idade = 17,86 ± 8,12).

A determinação da zigozitia foi efetuada com base num método indirecto (por motivos de ordem financeira), usando o questionário de zigozitia através do telefone (aplicado às mães) proposto por Peeters, Van Gestel, Vlietinck, Derom & Derom (1998), que apresentou a sua elevada validade concorrente face aos métodos de determinação de zigozitia por ADN e marcadores sanguíneos.

A cotação da resposta das mães foi efetuada pelo primeiro autor. Passado um mês foi realizada uma nova cotação para avaliar a fiabilidade intra-observador na determinação da zigozitia. O valor da estatística Kappa foi de 100% para os gêmeos MZ e 100% para os gêmeos DZ.

O cálculo dos valores de prática desportiva dos gêmeos foi efetuada a partir do questionário de Baecke, Burema & Fritjers (1982). Para além de uma resposta dicotómica (prática, não prática), é possível estimar o valor de tal prática com base no cálculo de um índice de prática desportiva que considera a intensidade (estimativa do dispêndio energético por modalidade), a duração da prática (número de horas semanais), bem como a frequência (número de meses por ano).

ANÁLISE EXPLORATÓRIA INICIAL

A determinação da agregação familiar na prática do desporto com base nas respostas dicotómicas foi obtida do seguinte modo:

- Tabelas de contingência

As tabelas de contingência são tabelas de dupla entrada - em coluna estão as respostas do gêmeo 2 e em linha as respostas do

gêmeo 1. Destas tabelas calcula-se o valor da estatística χ^2 . Se o seu valor foi tão extremo que permita rejeitar a hipótese nula, conclui-se pela forte associação entre as respostas dos gêmeos, sugestão de agregação familiar.

- Taxas de concordância "probandwise"

É um valor utilizado para determinar algo semelhante à noção de risco relativo e que pode ser formulado do seguinte modo - se um membro do par praticar desporto, qual é a probabilidade (i.e., o risco) do outro membro também praticar desporto?

- Coeficiente de correlação tetracórico

Utilizado quando se dispõe de dados dicotómicos dado permitir, por comparação com os resultados obtidos em gêmeos MZ e DZ, uma primeira "impressão" acerca dos efeitos distintos que influenciam o fenómeno prática desportiva.

AJUSTAMENTO DE MODELOS UNIVARIADOS A DADOS GEMELARES

Convencionalmente, o ajustamento de modelos segue os princípios da "Path Analysis" inventados por Sewall Wright, em 1921. Trata-se de uma técnica estatística que permite representar de forma diagramática simples modelos lineares estruturais e efectuar predições sobre as variâncias e covariâncias das variáveis contidas no modelo. O diagrama "path" é um instrumento heurístico de grande alcance didático, dado que representa a estrutura das relações que se estabelecem entre as variáveis permitindo o estabelecimento formal de um sistema de equações estruturais.

Quando a informação disponível sobre o fenótipo é coletada em gêmeos MZ e DZ, é possível estimar parâmetros de um modelo que inclua o efeito aditivo dos genes (A), do envolvimento comumente partilhado no seio da família (C) e do envolvimento único de cada elemento do par (E). O modelo está representado na FIGURA 5.

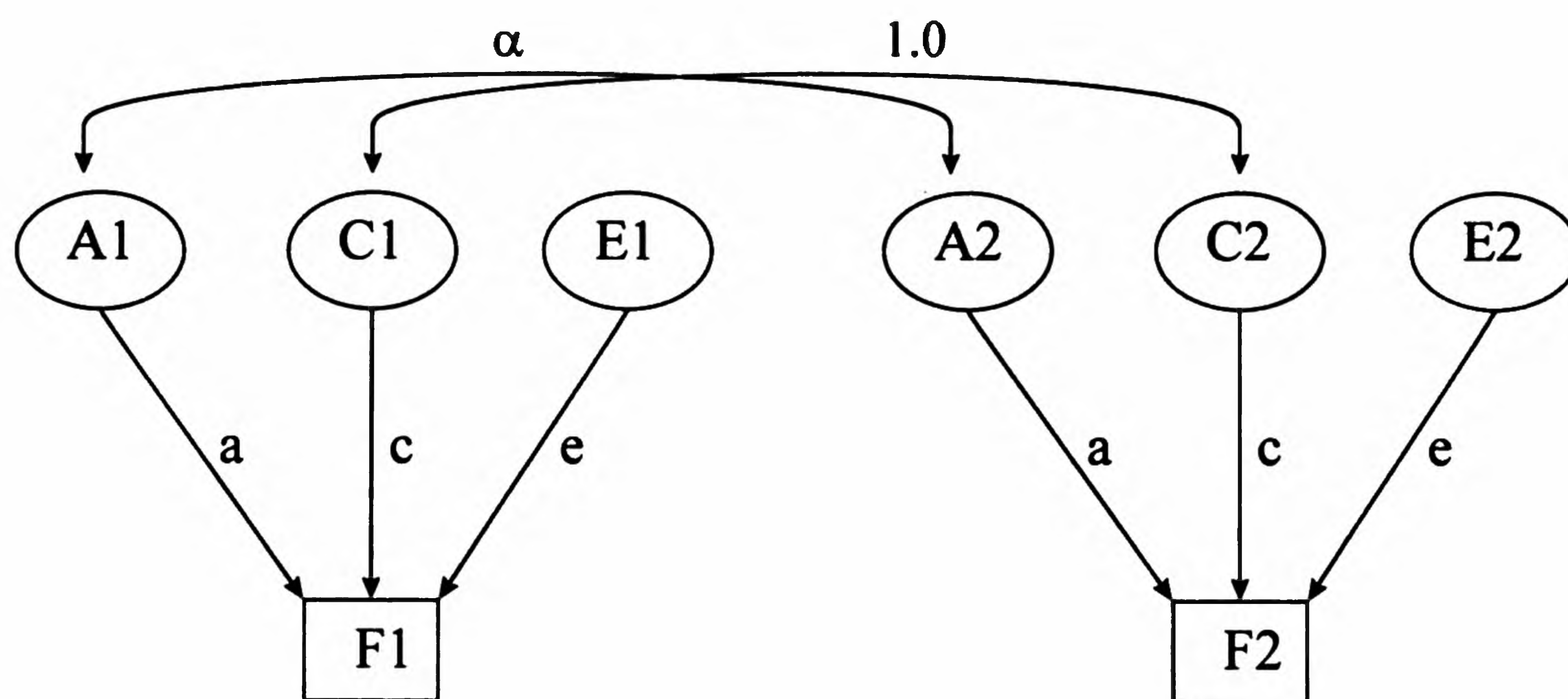


FIGURA 5 - Diagrama *path* do modelo ACE.

Neste modelo as elipses correspondem a aspectos latentes, não observados, neste caso os diferentes fatores que influenciam o fenótipo. Os quadrados representam os valores observados no fenótipo de cada membro do par. As setas unidirecionais correspondem às relações “causais” no modelo; as setas bi-direcionais representam covariação ou “causalidade recíproca” entre duas variáveis. Convencionalmente as letras maiúsculas referem-se aos fatores independentes e as minúsculas representam coeficientes “path” (i.e., análogos aos coeficientes beta da regressão linear). Os parâmetros estruturais a estimar neste modelo e que correspondem aos efeitos dos fatores que lhes dão origem, são a , c , e . Se os valores dos fenótipos observados estiverem standardizados, o quadrado de cada uma destas estimativas refere-se à proporção de variância do seu fator respectivo para explicar a totalidade da variância observada no fenótipo. O parâmetro α é fixado em 1 para gêmeos MZ e 0,5 para gêmeos DZ. Por necessidade de identificação do modelo, as variâncias das variáveis latentes estão fixadas em 1,0.

De um ponto de vista genérico, a partir da matriz de covariância dos fenótipos observados nos pares de gêmeos MZ e DZ, testam-se as seguintes hipóteses (Neale & Cardon, 1992):

- Não existe qualquer agregação familiar no fenótipo (Modelo E; $e > 0$; $a = c = d = 0$).

A agregação familiar é devida exclusivamente a efeitos genéticos aditivos (Modelo AE; $a > 0$ e $e > 0$; $c = d = 0$).

- A agregação familiar é devida exclusivamente a efeitos do envolvimento (Modelo CE, $e > 0$ e $c > 0$; $a = d = 0$).

- A agregação familiar é devida a efeitos genéticos aditivos e de dominância (Modelo ADE; $a > 0$, $d > 0$ e $e > 0$; $c = 0$).

- A agregação familiar é devida a efeitos genéticos aditivos e do envolvimento comumente partilhado (Modelo ACE; $a > 0$, $c > 0$ e $e > 0$; $d = 0$).

Para estas hipóteses foram utilizados de forma competitiva no seu poder interpretativo, três classes de modelos univariados: a) modelo escalar dependente do sexo, que considera que ainda que os mesmos genes afetem meninos e meninas, os seus efeitos diferem somente por uma constante multiplicativa nos vários “loci” envolvidos; a) modelo não escalar dependente do sexo, que postula que diferentes genes controlam a expressão do fenótipo em causa nos dois sexos; c) modelo genético não implicando qualquer distinção de efeitos dos genes nos dois sexos.

O procedimento de ajustamento de modelos apresenta, sinteticamente, três vantagens relativamente ao estudo exclusivo das correlações:

- Permite obter um teste da qualidade do ajustamento do modelo aos dados e verificar a sua relevância em termos interpretativos.

- Permite calcular estatísticas comparativas para modelos alternativos (anteriormente foram formulados três modelos para cada uma das cinco hipóteses, i.e., 3 x 5 modelos, para explicar o comportamento dos dados).

- Permite calcular interativamente e pelo método de máxima verosimilhança estimativas para os parâmetros fundamentais do modelo.

A qualidade do ajustamento de cada um destes modelos é realizada por comparação inicial com um modelo saturado, e depois, a decisão da escolha dentre os três tipos

fundamentais do modelo é realizada em função da redução significativa da estatística χ^2 , bem como pelo menor valor da estatística AIC (Akaike Information Criterion que pretende estabelecer um compromisso entre parcimônia e complexidade, penalizando os modelos com excesso de parâmetros que violam o princípio de simplicidade expresso pela “navalha de Occam”).

Na análise exploratória inicial foi utilizado o programa estatístico SPSS 9.0. O ajustamento de modelos foi realizado num

programa específico construído por Neale (1997) e conhecido por Mx.

RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO

A TABELA 5 refere-se à primeira parte do estudo exploratório dos dados dos gêmeos de diferente zigosítia e sexo, sobretudo no que concerne aos valores dos coeficientes de correlação tetracóricos.

TABELA 5 - Valores de concordância de prática desportiva nos gêmeos MZ e DZ dos dois sexos, bem como dos coeficientes de correlação tetracóricos (r_t).

Gêmeos	pares (n)	Concordância (%)			r_t
		Ambos	Só 1	Nenhum	
MZ _m	25	80,0	4,0	16,0	0,95
DZ _m	20	35,0	50,0	15,0	0,41
MZ _f	15	14,7	20,6	64,7	0,42
DZ _f	29	33,3	29,6	37,1	0,47
DZ _{os}	15	26,7	40,0	33,3	0,44

Os valores mais elevados de prática conjunta ocorre nos gêmeos MZ_m, sendo a sua concordância muito superior à dos gêmeos DZ_m. No sexo feminino, os resultados de prática conjunta de gêmeos MZ e DZ são distintos dos de Koopmans et alii (1994), mesmo quando se verifica que a amostra do presente estudo é de dimensão muito inferior. O valor mais baixo de prática desportiva das meninas portuguesas pode dever-se a diferenças de natureza sócio-cultural entre os dois países, mesmo tendo em consideração a diferença temporal dos estudos. Na Holanda, a tradição da prática desportiva é bem mais forte que em Portugal, sobretudo no que concerne ao problema das “barreiras” de natureza cultural e psicológicas de acesso ao desporto formal institucionalizado nos clubes, bem como pode ainda refletir aspectos relativos ao desenvolvimento sócio-econômico.

O padrão de correlações mostra, sobretudo no sexo masculino, uma agregação familiar clara ($r_{MZm} > r_{DZm}$). Esta diferença é uma

indicação segura da presença de influências genéticas na diferente adesão à prática do desporto. Resultados idênticos são referidos nas pesquisas de Boomsma et alii (1989) e Koopmans et alii (1994).

No sexo feminino os valores de r não seguem o padrão esperado para evidenciar a presença de efeitos genéticos inequívocos. O valor de r_{MZf} não é superior ao r_{DZf} , o que revela um nítido contraste com os resultados obtidos nas pesquisas dos autores anteriormente citados. O r_{DZos} não é significativamente distinto do r_{DZm} e r_{DZf} . Tal sugere a presença de fatores do envolvimento, em detrimento dos fatores genéticos, que contribuem decisivamente para a adesão à prática do desporto, sobretudo nas meninas.

A segunda parte do estudo exploratório versou o cálculo de tabelas de contingência e taxas de concordância “probandwise” (TCP). Os resultados estão na TABELA 6.

TABELA 6 - Resultados (valores de χ^2 e da prova) das tabelas de contingência para os pares de gêmeos de diferente zigosidade, bem como das taxas de concordância “probandwise” (TCP).

Gêmeos	χ^2	p	TCP
MZ _m	13,56	0,000	98%
DZ _m	0,52	0,470	58%
MZ _f	4,71	0,029	59%
DZ _f	0,58	0,322	64%
DZ _{os}	1,72	0,190	62%

Somente o valor de χ^2 para os gêmeos MZ_m e MZ_f evidenciou significado estatístico. É claro, da diferença de valores da TCP, a sugestão de um “forte risco” de prática desportiva entre membros do mesmo par, sobretudo nos meninos. O “risco” de prática dos gêmeos MZ_m é 98%, ao passo que nos DZ_m é somente de 58%.

Contudo, o mesmo não parece ocorrer no sexo feminino, onde os valores da TCP são muito semelhantes. Quando o gêmeo 1 pratica desporto, o “risco” do seu co-gêmeo praticar desporto é muito baixo.

Um padrão semelhante de resultados refere-se às modalidades praticadas. Os membros dos pares MZ tendem a agrupar-se nos mesmos desportos. O mesmo não acontece nos gêmeos DZ, sobretudo nos de sexo oposto. Esta “identidade” de prática nos gêmeos MZ pode estar associada a uma forte ligação não somente biológica, mas também e sobretudo afetiva, emocional e comportamental.

O passo fundamental da análise quantitativa dos dados dos gêmeos MZ e DZ dos dois sexos compreendeu o ajustamento dos três modelos fundamentais para testar as hipóteses previamente formuladas. Dado tratar-se de modelos alternativos para explicar o padrão de resultados expressos na matriz de covariância, torna-se imperioso decidir pelo “melhor”. Daqui que seja necessária a sua comparação em termos simultaneamente estatísticos e substantivos. O modelo que melhor se ajustou aos dados e que revelou melhorias substanciais relativamente aos outros é o modelo genético não implicando a presença de genes distintos a operar nos dois sexos.

Na TABELA 7 encontram-se os resultados do modelo final (ACE) que se revelou mais parcimonioso (menor valor de AIC) e de melhor ajustamento aos dados.

TABELA 7 Valores da estatística de ajustamento final (AIC), bem como das estimativas de variância dos parâmetros fundamentais do modelo genético (ACE) em cada sexo.

Sexo	AIC	a ²	c ²	e ²
Meninos	-1,28	0,82	0,08	0,10
Meninas	-0,74	0,00	0,71	0,29

Do resultado distinto do ajustamento dos três modelos alternativos, é clara a rejeição de dois tipos de sugestões: a) a presença de genes distintos em meninos e meninas relativos à sua prática desportiva; e b) que num dos sexos a suscetibilidade genética para a prática seria mais elevada.

Nos meninos, os resultados evidenciam, em confirmação do sugerido pela análise exploratória, um forte efeito genético nos seus índices de prática desportiva, dado que a² = 0,82 (82% da variância total é devida a diferenças genéticas entre os sujeitos). Um valor tão elevado de a² pode traduzir a presença inequívoca não só de genes necessários mas também de genes

suscetíveis dada a variação obtida no fenótipo em estudo. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Beunen & Thomis (1999), ainda que os autores considerem somente o fenótipo horas dedicadas à prática desportiva. Convém salientar que a prática desportiva, ainda que se situe no plano da recreação e lazer, “exige” empenhamento psicológico e reclama, sempre, um dado nível de desempenho. Inúmeros autores têm demonstrado que tal desempenho se encontra associado, entre outros fatores, às diferenças nos valores da morfologia somática e nível distinto das aptidões motoras. Ora estes fenótipos complexos encontram-se, também, fortemente condicionados por fatores genéticos (Bouchard et alii, 1997).

Nas meninas, as estimativas dos parâmetros são completamente diversas das dos meninos. A estimativa do efeito genético é zero. Em contra-partida, os efeitos de magnitude superior são referentes ao envolvimento comumente partilhado no seio da família. Estas estimativas são superiores às obtidas por Beunen & Thomis (1999). Os maiores valores refletem a circunstância de a^2 ser zero no presente estudo. Entre outras, pensamos que três tipos de justificações poderão ser atribuídas a estes resultados:

- A primeira prende-se com o elevado valor de c^2 . É provável que fatores de natureza sócio-cultural transmitidos no seio da família, juntamente com a influência dos pares relevantes, assumam um papel determinante não só na adesão à prática desportiva como também nos valores dos seus índices. Aliás, é bem evidente dos trabalhos de Lewko & Greendorfer (1977) e McPherson, Curtis & Loy (1989) o papel altamente relevante dos progenitores na transmissão de modelos de comportamentos e atitudes relativamente ao desporto. É bom lembrar que os progenitores não transmitem somente genes aos seus descendentes. Ainda que os genes transmitam somente a linhagem germinal biológica da espécie,

comportamentos, hábitos e atitudes sócio-culturais são herdados pela vivência contínua no envolvimento comum da “célula familiar”. A título de exemplo mencionamos uma pesquisa sobre a agregação familiar nos hábitos generalizados de atividade física realizado em 500 famílias portuguesas (Pereira, 1999), e que mostrou a importância do papel da mãe na transmissão de hábitos de cultura física às filhas.

- A segunda reflete a circunstância de ser provável que apesar de a^2 ser zero nas meninas, tal não implique necessariamente que estas não possuam genes para a prática desportiva. Pode isso sim, veicular a sugestão de, apesar de presentes, não se expressarem, pelo menos nesta amostra.

A terceira permite ser adequado pensar que estes valores podem refletir idiosincrasias próprias da presente amostra, uma vez que na pesquisa de Beunen & Thomis (1999), o a^2 é de 47%. Isto sugere, necessariamente, a recolha de maior quantidade de pares de gêmeos, e da replicação desta pesquisa noutras amostras. Contudo, é importante salientar que a análise prévia à potência do teste em rejeitar uma H_0 falsa mostrou que a dimensão da amostra do presente estudo era adequada para que as inferências efetuadas sejam plausíveis.

Em conclusão, este trabalho pretendeu: a) apresentar aspectos fundamentais das metodologias de Genética Quantitativa para estudar fenótipos de interesse dos cientistas das Ciências do Desporto, concretamente os níveis de prática desportiva; b) rever a informação empírica disponível sobre os efeitos genéticos na prática desportiva; c) aplicar tal metodologia em gêmeos MZ e DZ dos dois sexos cujos resultados suportam a sugestão de um forte efeito genético na prática desportiva dos sujeitos do sexo masculino; d) e que o mesmo não parece ocorrer no sexo feminino, dado que o efeito fundamental está associado às influências do envolvimento comumente partilhado no seio da família.

ABSTRACT

GENETIC ASPECTS OF SPORTS PRACTICE: A TWIN STUDY

The purposes of this study are twofold: a) to present, briefly, some aspects of quantitative genetics applied to Sport Sciences, and b) to apply such techniques and methodologies to study the genetic effects of sports practice in monozygotic (MZ) and dizygotic (DZ) twins. Sample size comprises 104 twin pairs, 40 MZ and 64 DZ, whose mean age is, respectively 17.30 ± 5.82 and 17.86 ± 8.12 . An index of sports practise was built based on the questionnaire suggestions of Baecke et alii (1982). Statistical procedures include the following techniques: contingency tables, tetrachoric correlations, probandwise concordance rates, as well as model fitting techniques to univariate twin models. Software used was SPSS 9.0 and Mx. Main results and conclusions are as follows: a) it is evident the presence of familial aggregation in sports practise; b) these values are more evident in MZ twins than in DZ twins, and more so in males than in females; c) in males, genetic differences account for 82% of the variation in the index of sports practise; d) in females the results are just the opposite, where genetic influences are zero, and shared environmental influences account for 71%. These differences in genetic and environmental effects in the two sexes call for biological and social-cultural interpretations.

UNITERMS: Quantitative genetics; Sport; Twins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAECKE, J.A.; BUREMA, J.; FRITJERS, E.R. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.36, p.936-42, 1982.
- BEUNEN, G.; THOMIS, M. Genetic determinants of sports participation and daily physical activity. **International Journal of Obesity**, v.3, p.1-9, 1999.
- BOOMSMA, D.I.; VAN DER BREE, M.B.M.; ORLEBEKE, J.F. Resemblances of parents and twins in sports participation and heart rate. **Behavioral Genetics**, v. 19, p.123-41, 1989.
- BOUCHARD, C.; MALINA, R.; PÉRUSSE, L. **Genetics of fitness and physical performance**. Champaign. Human Kinetics, 1997.
- BOUCHARD, C.; SHEPHARD, R.J.; STEVENS, T. **Physical activity, fitness and health: International proceedings and consensus statement**. Champaign, Human Kinetics, 1992.
- EAVES, L.J.; EYSENCK, H.J.; MARTIN, N.G. **Genes, culture and personality: an empirical approach**. New York, Academic Press, 1989.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. Essex, Longman Scientific & Technical, 1990.
- GEDDA, L. Sport and genetics: a study on twins. **Acta Genetica Gemmologica**, v.9, p.387-405, 1960.
- GREBBE, H. Sportfamilien. **Acta Genetica Gemmologica**, v.4, p.318-26, 1955.
- GRIMM, H. Zur frage nach den erb-faktoren fur sportliche liestungsfahigkeit. In: **WELTKONGRESS FUR SPORTMEDIZIN**, 16., Koln, 1996. Koln, Deutscher Arzte Verlag, 1966. p.530-634.
- JOKL E.; JOKL, P. **The physiological basis of athletics records**. Springfield, Thomas, 1968.
- KHOURY, M.J.; BEATY, T.H.; COHEN, B.H. **Fundamentals of genetic epidemiology**. New York, Oxford University, 1993.
- KOOPMANS, J.R.; VAN DOOMEN, L.J.P.; BOOMSMA, D.I. Smoking and sports participation. In: GOLDBOURT, U.; de FAIRE, U.; BERG, K., eds. **Fators in coronary heart disease**. Dordrecht, Kluwer Academic, 1994. p.217-35.
- LEWKO, J.H.; GREENDORFER, S.L. Family influence and sex differences in children's socialization into sport: a review. In: LANDERS, D.M.; CHRISTINA, R., eds. **Psychology of motor behavior and sport**. Champaign, Human Kinetics, 1977. p.434-47.
- LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Massachusetts, Sinauer Associates, 1998.
- McPHERSON, B.D.; CURTIS, J.E.; LOY, J.W. **The social significance of sport: an introduction to the sociology of sport**. Champaign, Human Kinetics, 1989.
- MAES, H.H.M. **Univariate and multivariate genetic analysis of physical characteristics of twins and parents**. Lovaina, 1992. Dissertação (Doutorado) - Universidade Católica de Lovaina.
- NEALE, M.C. **Mx: statistical modeling**. 4.ed. Richmond, Department of Psychiatry, 1997.

- NEALE, M.C.; CARDON, L.R. **Methodology for genetic studies of twins and families**. Dordrecht, Kluwer Academic, 1992.
- PEETERS, H.; VAN GESTEL, S.; VLIETINCK, R.; DEROM, C.; DEROM, R. Validation of a telephone zygosity questionnaire in twins of known zygosity. **Behavioral Genetics**, v.28, p.159-63, 1998.
- PEREIRA, P.C.R. **Influência parental e outros determinantes nos níveis de atividade física: um estudo em jovens do sexo feminino dos 12 aos 19 anos**. Porto, 1999. Tese (Mestrado) - Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto.
- RAMAKRISHMAN, V.; GOLDBERG, J.; HENDERSON, W.G.; EISEN, S.A.; TRUE, W.; LYONS, M.J.; TSUANG, M.T. Elementary methods for the analysis of dichotomous outcomes in unselected samples of twins. **Genetic Epidemiology**, v.9, n.4, p.273-87, 1992.
- THOMIS, M. **The power of individual genetic factor scores in predicting the sensitivity to environmental stress**. Lovaina, 1997. Dissertação (Doutorado) - Universidade Católica de Lovaina.
- WEISS, V. Der heritabilitatsindex in der begabungs- und eignungsdiagnose bei kindern und jugendlichen. **Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch**, v.126, n.6, p.865-72, 1980.
- _____. Die heritabilitaten sportlicher tests, berechnet aus den leistungen zehnjähriger zwillingspaare. **Leistungssport**, v.1, p.58-61, 1979.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v.20, p.557-85, 1921.

Recebido para publicação em: 10 dez. 1999

Revisado em: 18 fev. 2000

Aceito em: 24 mar. 2000

ENDEREÇO: José António Ribeiro Maia
Laboratório de Cineantropometria e Estatística Aplicada
Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física
Universidade do Porto
Rua Dr. Plácido Costa, 91
4200-450 - Porto - PORTUGAL