

Análise correlacional dos níveis de atividade física e participação esportiva: pesquisa com gêmeos e famílias

<http://dx.doi.org/10.11606/1807-5509201700020505>

João Paulo dos Anjos Souza BARBOSA*
Thayse Natacha Q. F. GOMES**
Cláudia Lúcia de Moraes FORJAZ*
José Antônio Ribeiro MAIA**

*Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

**Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Resumo

Este ensaio inventariou a diversidade terminológica do conceito de atividade física (AF) e participação esportiva (PE), bem como a variedade na sua operacionalização em estudos de agregação familiar, além de descrever os resultados disponíveis em pesquisas com delineamentos familiar e gemelar. As bases *Pubmed*, *Scopus*, *SportsDiscus*, *Web of Science* e *Scielo* foram utilizadas na busca da informação, além das referências bibliográficas identificadas a partir dos artigos encontrados. Foram excluídos estudos de revisão sistemática sobre efeitos genéticos na AF e PE com informação quantitativa de heritabilidade, estudos de *genomewide linkage*, estudos de associação com genes candidatos, estudos de *genomewide association*, editoriais, cartas ao editor, relatos de caso, estudos laboratoriais, artigos que não reportassem a temática AF e PE em estudos de famílias e gêmeos, bem como pesquisa sobre pleiotropia. Os resultados mostram uma grande diversidade terminológica na expressão do conceito de AF e PE, bem como uma ampla variação em sua operacionalização. Além disto, a magnitude da agregação familiar na AF e PE varia, indicando a presença de fatores ambientais (físico e/ou social) que podem e devem ser considerados importantes para explicar a variação desses fenótipos numa população. Entretanto, é necessária uma maior padronização de terminologias e técnicas nesse tipo de estudo. Do mesmo modo, pesquisas futuras precisam identificar o tipo de influência exercida pelas diferentes variantes genéticas e fatores ambientais nesses fenótipos.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade motora; Esporte; Delineamento gemelar; Família.

Introdução

Níveis moderados a elevados de atividade física (AF) e participação esportiva (PE) têm sido associados a diferentes marcadores de saúde¹⁻², tendo sido descrita sua eficiência na redução de problemas associados ao sedentarismo nas populações modernas³. AF e PE são fenótipos complexos⁴, eventualmente independentes entre si⁵⁻⁶, que exibem forte variabilidade populacional quando expressos de forma quantitativa⁷⁻⁹.

Apesar de revisões sistemáticas sugerirem a importância de várias classes de variáveis correlatas (fatores biológico-demográficos, do ambiente físico natural e construído, socioculturais, psicológicos, cognitivos e emocionais) na interpretação da va-

riabilidade populacional de diferentes marcadores da AF e PE, o poder explicativo dessas variáveis é ainda reduzido¹⁰⁻¹². A Epidemiologia Genética (EG), aplicada à pesquisa de fenótipos associados às diferentes expressões de atividade física ou ao vasto universo das Ciências do Esporte, tem uma história relativamente recente¹³ e muito promissora em termos de suas abordagens *top-down* ou *bottom-up*¹⁴⁻¹⁵ ou no esclarecimento de mecanismos subjacentes à variabilidade dos níveis de AF e PE¹⁶⁻¹⁷.

A pesquisa em EG aplicada à AF e PE está voltada para a descrição e interpretação, em escala populacional, da variabilidade da expressão desses fenótipos. A busca do conhecimento na EG é mar-

cada por uma série de etapas bem definidas, que vão da identificação clara de agregação familiar de um fenótipo até o esclarecimento do(s) mecanismo(s) subjacente(s) a um ou mais genes candidatos à expressão desse fenótipo¹⁵.

Nesse sentido, a pesquisa na EG tem como etapa fundamental – a determinação da presença de agregação familiar do fenótipo em estudo. Agregação familiar pode ser definida como a presença de uma característica ou fenótipo numa frequência ou nível de expressão maior, no seio de famílias (i.e. entre os membros das famílias), do que a encontrada por mero acaso¹⁸. No entanto, para o sucesso na interpretação de pesquisas nesta área, um aspecto fundamental é a definição e medição precisa do fenótipo em estudo¹⁹.

Um grande crescimento da pesquisa de caráter populacional em AF e PE tem sido observado nos países lusófonos e, concretamente, no Brasil²⁰⁻²².

Contudo, essas pesquisas situam-se no domínio “clássico” da Epidemiologia da AF, centrada, na maior parte das vezes, no modelo ecológico²³. Em contrapartida, a pesquisa em EG é escassa, apesar de haver algum esforço em sua divulgação e implementação em Portugal^{17, 24-26} e no Brasil²⁷⁻²⁸. Além disso, as expressões AF e PE têm sido apresentadas de formas distintas e com definições relativamente imprecisas na literatura^{24-25, 28-34}. Dessa forma, torna-se relevante apresentar um ensaio sobre o estado da arte a respeito da variabilidade no uso dos termos AF e PE, bem como do conhecimento disponível sobre sua agregação familiar. Assim, os propósitos desse ensaio são: (1) inventariar a diversidade terminológica do conceito de AF e PE, bem como a variedade na sua operacionalização; (2) descrever os resultados disponíveis sobre a agregação familiar dos níveis de AF e PE em pesquisas com delineamentos familiar e gemelar.

Método

As bases *Pubmed*, *Scopus*, *SportsDiscus*, *Web of Science* e *Scielo* foram utilizadas para a busca sistemática da informação. A pesquisa *online* nas referidas bases de dados foi realizada entre outubro e dezembro de 2014, utilizando os seguintes descritores, bem como suas possíveis combinações: *Correlation*, *physical activity*, *sport participation*, *exercise*, *family* e *twins*. A tradução para o português desses descritores foi utilizada para a realização de busca na base de dados *Scielo*. Além disso, como forma de localizar estudos não referenciados na pesquisa inicial, foram consultadas as referências bibliográficas dos artigos identificados.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: (1) artigos publicados em língua inglesa e portuguesa; (2) artigos que tenham investigado a agregação familiar da AF e/ou PE; (3) artigos publicados até dezembro de 2014; (4) artigos com amostras compostas exclusivamente por humanos; (5) artigos que apresentassem os valores de correlações para qualquer uma das diversas expressões do fenótipo AF e/ou PE; e (6) artigos com base em delineamentos com famílias e/ou com gêmeos.

Foram excluídos os estudos: de revisão sistemática sobre efeitos genéticos na AF e PE com informação quantitativa de heritabilidade, estudos de *genome-wide linkage*, de associação com genes candidatos,

e de *genomewide association*; bem como editoriais, cartas ao editor, relatos de caso, estudos laboratoriais, artigos que não reportassem a temática AF e PE em estudos de famílias e gêmeos, e pesquisas sobre pleiotropia.

A seleção dos estudos foi realizada por dois pesquisadores independentes. Dos resultados da busca *online* foi realizada a leitura dos títulos para verificar se atendiam aos objetivos do presente ensaio, eliminando-se aqueles que não atendiam, bem como os duplicados. Dos estudos remanescentes, foi efetuada a leitura dos resumos para verificar se atendiam aos critérios de inclusão. Os estudos que atenderam esses critérios foram obtidos para a leitura completa do texto, bem como para uma nova avaliação com o propósito de verificar se possuíam informação correlacional. Por fim, os artigos selecionados foram analisados para a extração das informações relevantes: país, autor (ano), nome do estudo, amostra (número de pais/filhos, e gêmeos em função da sua zigtia, bem como as idades), instrumentos/fenótipos, método de estimação das correlações, *software* utilizado para análise estatística, e os resultados. Os fluxogramas do processo de busca e seleção dos artigos foram elaborados no *Prisma Flow* e estão apresentados nas FIGURAS 1 (pesquisas com famílias) e 2 (estudos com gêmeos).

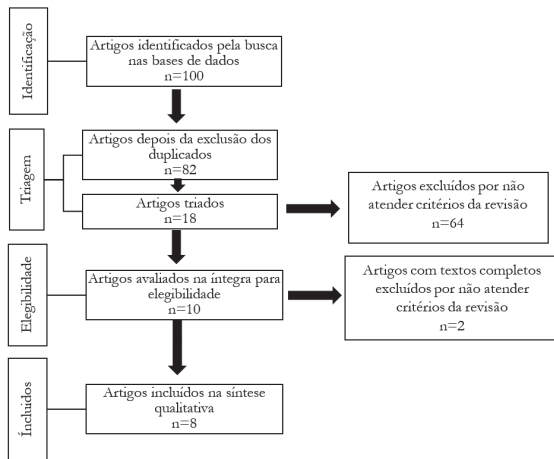


FIGURA 1 - Fluxograma da seleção dos estudos com famílias.

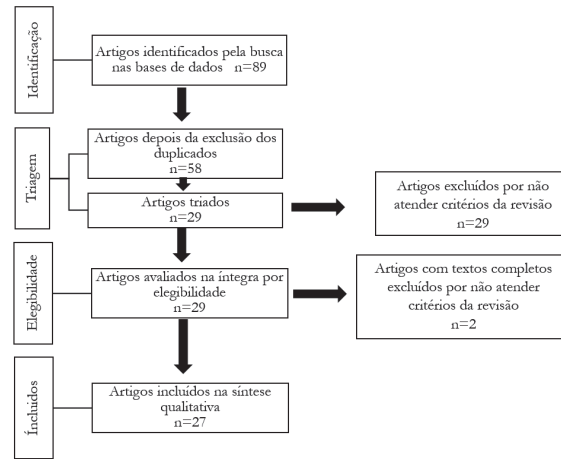


FIGURA 2 - Fluxograma da seleção dos estudos com gêmeos.

Resultados

Estudos de famílias e gêmeos: terminologia

Foram encontrados 35 estudos (8 com famílias e 27 em gêmeos), nos quais observa-se a presença de grande variação terminológica para expressar o conceito de AF e PE (TABELAS 1 e 2). Em relação à AF, a terminologia vai desde AF total até participação em exercício (AF de lazer), passando por expressões como: AF leve, AF moderada, AF vigorosa, gasto energético da AF, índice de AF (trabalho/escola), índice de lazer, entre outros. Quanto ao conceito de PE, os termos que mais aparecem são o esporte competitivo, índice esportivo e o próprio termo PE.

O modo utilizado para estimar a AF na literatura também varia muito, uma vez que diferentes instru-

mentos foram empregados: questionários (n=21), diários (n=2), pedômetros (n=1), acelerômetros (n=5) e câmera respiratória (n=1). Mesmo quando se consideram apenas os questionários, sua multiplicidade também é evidente, não só em termos do nome, mas também do conteúdo e do sistema de quantificação dos níveis de AF, que varia de valores arbitrários^{24-25, 28-35} à medida de dispêndio energético³⁶⁻⁴⁷.

O modo de determinar a PE, diferentemente da AF que também faz uso de alguns métodos objetivos, como acelerômetro e pedômetro, é realizado apenas por questionários (n=9) e entrevista estruturada (n=1). As perguntas feitas nesses questionários e entrevista são diferentes entre os estudos, entretanto, a base dos questionamentos envolve sempre a prática de algum esporte e sua frequência.

TABELA 1 - Terminologia e conceitos de atividade física (AF) e participação esportiva (PE) nos estudos de famílias.

Autor (ano) Nome de estudo	País	Instrumento	Unidade	Fenótipos	Operacionalização
ATIVIDADE FÍSICA					
Perusse et al. (1989) Québec Family Study	Canadá	Diário B3DPAR	METS	AF habitual	Soma de escores categóricos de 96 períodos de 15 min/dia. Média de 3 dias. AF de baixo gasto energético (dormir, descansar na cama) e de alto gasto energético (trabalho manual pesado, AF de alta intensidade).

(continua)

TABELA 1 - (continuação)

Autor (ano) Nome de estudo	País	Instrumento	Unidade	Fenótipos	Operacionalização		
Perusse et al. (1989) Québec Family Study	Canadá	Diário B3DPAR	METS	Participação em exercício (AF lazer)	Número de períodos de AF classificada em 6-9. Média/dia. Categoria 6 (AF de lazer e esportivas em ambiente recreacional), 7 (trabalho manual moderado), 8 (AF de lazer e esportivas de alta intensidade) e 9 (trabalho manual intenso e atividades esportivas de alta intensidade ou esportes competitivos).		
Simonen et al. (2002) Québec Family Study	Canadá	Diário B3DPAR	METS	AF total	Soma das 9 categorias, envolvendo AF de baixo a alto gasto energético		
				AF moderada a vigorosa	Soma das categorias 6 a 9 descritas acima		
				AF no ano passado	Frequência média semanal no último ano e duração média da sessão da AF mais frequente. Cálculo do tempo gasto nas AF comuns (horas por semana). Inclui esportes organizados, caminhadas, ciclismo, e outras, com exceção de AF domésticas e ocupacionais.		
Mitchell et al. (2003) San Antonio Family Heart Study	Estados Unidos	Questionário de Stanford 7 dias	METS	AF	Horas semanais de AF moderada, intensa e muito intensa. AF especificada em diferentes categorias. Cálculo de METs para cada categoria e média/semana.		
Seabra et al. (2008) Healthy Portuguese Families Study	Portugal	Questionário de Baecke	Unidades arbitrárias	Índice de AF trabalho/escola	Multiplicação dos escores relacionados a frequência de AF escolares (jovens) e ocupacionais (adultos), como exemplo, a frequência de estar sentado, em pé, andar, levantar peso, cansaço e sudorese na AF, e estimativa da demanda das exigências físicas de trabalho.		
Chaves et al. (2014) Vouzela Active Study	Portugal						
Maia et al. (2014) Healthy Portuguese Families Study	Portugal			Índice de AF lazer	Índice de AF total	Multiplicação dos escores relacionados a frequência de AF de lazer como assistir TV, tempo de caminhada, andar de bicicleta, fazer compras, etc.	Somatório de AF trabalho/escola, esporte e lazer
Jacobi et al. (2011) Fleurbaix-Laventie Ville-Santé II Study	França	Pedômetro	Passos/dia	AF semanal	Média de passos/dia nos dias da semana		
				AF dias de fim de semana	Média de passos/dia nos dias de final de semana		
				AF dia de quarta-feira	Número de passos nas quartas-feiras (dia sem aula para crianças e meio período para os adolescentes)		
Horimoto et al. (2011) Baependi Heart Study	Brasil	Questionário (WHO Santa Monica)	Unidades arbitrárias	AF semanal	Multiplicação do número de dias na semana pelo tempo médio em cada sessão de AF, incluindo esportes.		
				AF diária	Auto relato do nível de AF diário de trabalho e tempo livre, excluindo os esportes.		

(continua)

TABELA 1 - (continuação)

Autor (ano) Nome de estudo	País	Instrumento	Unidade	Fenótipos	Operacionalização
PARTICIPAÇÃO ESPORTIVA					
Seabra et al. (2008) Healthy Portuguese Families Study	Portu- gal	Questionário de Baecke	Uni- dades arbitrá- rias	Índice esporte	Multiplicação dos escores ligados ao tipo de esporte, frequência de prática de esporte e frequência de suor durante a prática esportiva.
Maia et al. (2014) Healthy Portuguese Families Study	Portu- gal				

METS – unidades metabólicas.

TABELA 2 - Terminologia e conceitos de atividade física (AF) e participação esportiva (PE) nos estudos com gêmeos.

Autor (Ano) Nome do estudo	País	Instrumento	Unidade	Fenótipos	Operacionalização
ATIVIDADE FÍSICA					
Kaprio et al. (1981) The Finnish Twin Registry	Finlândia	Questionário	Unidades arbitrárias	AF total	AF cotidiana e número de anos de AF na vida adulta. AF total calculada pelo produto dos escores de intensidade e duração.
Aarnio et al. (1997) Three Generation Study	Finlândia	Questionário	METS	AF	Frequência e intensidade de AF de lazer. Formação de categorias: muito ativo, ativo, moderadamente ativo, dificilmente ativo, inativo conforme a geração (filho, pai, avô).
Aaltonen et al. (2010) Finnish Twin Cohort Study	Finlândia	Questionário	METS	AF tempo livre	Volume de AF Lazer em METS medido em uma semana.
Aaltonen et al. (2013) FinnTwin 16 Cohort Study	Finlândia	Entrevista estruturada	Unidades arbitrárias	AF lazer	“Quantas vezes você exerce ou pratica esportes durante o lazer?” Classificação: inativo, moderadamente ativo e muito ativo.
Joosen et al. (2005)	Holanda	Câmara respiratória e Acelerômetro Triaxial (Vida diária)	MJ.d ⁻¹ e Mcounts.d ⁻¹	Gasto energé- tico AF	Gasto energético da AF medido nas últimas 24 h de 36h de permanência numa câmara respiratória.
				AF	Acelerações do corpo em 3 direções: anterioposterior, mediolaterais e verticais. Expressa em Kcounts/dia pelo somatório dos valores em minuto de todos os eixos por dia.
Stubbe et al. (2006) Vink.M, et al. (2011) Projeto GenomeEU- win	Holanda	Questionário	METS - Kcal/kg/h	Participação em exercício (AF lazer)	Multiplicação da duração, frequência e intensidade das AF de lazer e participação em exercício.

(continua)

TABELA 2 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	País	Instrumento	Unidade	Fenótipos	Operacionalização
Huppertz, et al. (2012) The Netherlands Twin Registry	Holanda	Questionário	METS	Participação em exercício (AF lazer)	Prática de 17 AF comuns na Holanda e possibilidade de adicionar até duas AF extras. Multiplicando o escore do MET, frequência e a duração de cada atividade e a soma de todas as atividades que a criança se comprometia em realizar e horas semanais gastas em exercício semanalmente.
Spinath et al. (2002) German Observational Study of Adult Twins (GOSAT)	Alemanha	Kaulins and Willis M101 motion records	Escore Actometer	AF	Multiplicação da frequência e intensidade de movimentos corporais, principalmente, exercidos pelos membros superiores de adultos.
Maia et al. (2002) Healthy Portuguese Families Project	Portugal	Questionário de Baecke	Unidades arbitrárias	Índice AF lazer	Frequência de TV, tempo de caminhada, andar de bicicleta, fazer compras, etc.
Carlsson et al. (2006) The Swedish Twin Registry	Suécia	Questionário AF lazer	Unidades arbitrárias	AF ano passado	Média de AF realizada no tempo de lazer no ano passado.
Eriksson et al. (2006)	Suécia	Questionário de Baecke	Unidades arbitrárias	Índice AF (trabalho/escola)	Multiplicação dos escores relacionados a frequência de AF escolares (jovens) e ocupacionais (adultos), como exemplo, a frequência de estar sentado, em pé, andar, levantar peso, cansaço e sudorese na AF, e estimativa da demanda das exigências físicas de trabalho.
				Índice lazer	Multiplicação dos escores relacionados a frequência de AF de lazer como assistir TV, tempo de caminhada, andar de bicicleta, fazer compras, etc.
				Índice AF total	Somatório de AF trabalho/escola, esporte e lazer
Wood et al. (2008) Study of Activity and Impulsivity Levels in children (SAIL)	Inglaterra	Acelerômetro	counts. min ⁻¹	AF	AF em 7 dias consecutivos. Calculada a intensidade cumulativa de aceleração da perna e cintura.
Fisher et al. (2010) Twins Early Development Study (TEDS)	Inglaterra	Acelerômetro	counts. min ⁻¹	AF total	AF monitorada por 7 dias. Calculada a média da AF total counts/min dos dias avaliados.
				AF moderada a vigorosa	AF monitorada por 7 dias. Calculada a média da AF >2000 counts/min
					Intensidade de AF calibrada individualmente, através dos dados do teste de VO ₂ , usados para determinar os limiares para cada criança a cada velocidade da esteira.
Hopkins, et al. (2010)	Inglaterra	Acelerômetro uniaxial	counts. min ⁻¹	AF total	Somatória de AF leve, moderada e intensa
				AF leve	Somatória de AF < Fr 0.25

(continua)

TABELA 2 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	País	Instrumento	Unidade	Fenótipos	Operacionalização
Hopkins, et al. (2010)	Inglaterra	Acelerômetro uniaxial	counts. min ⁻¹	AF moderada	Somatória de AF = Fr 0.25-0.5
				AF vigorosa	Somatória de AF > Fr 0.5
Lauderdale et al. (1997) Vietnam Era Twin Registry	Estados Unidos	Questionário	METS	AF moderada a vigorosa	“Houve um esforço consistente para aumentar o nível de AF escolhendo atividades mais ativas, como subir escadas?” e “Realiza AF mais vigorosas?” Respostas: Sim ou Não.
Franks et al. (2005)	Estados Unidos	Questionário	Kcal.d-1	AF	Horas/semana de AF no ano passado. AF esportivas e recreativas que exigem um maior dispêndio de energia.
				Gasto energético AF	Energia total gasta em AF ajustada pela taxa metabólica basal, idade e sexo.
Duncan et al. (2008) University of Washington Twin Registry (UWTR)	Estados Unidos	Questionário	min.sem ⁻¹	AF 60min	Quantas vezes/semana pratica AF moderada por 30min/dia e/ou vigorosa por 20min/dia. No mínimo 60 min/sem, critérios segundo o GenoEUtwin.
				AF 150min	Quantas vezes/semana pratica AF moderada por 30min/dia e/ou vigorosa por 20min/dia. No mínimo 150 min/sem, critérios segundo CDC/ACSM.
PARTICIPAÇÃO ESPORTIVA					
Simonen et al. (2004) Finnish Twin Cohort	Finlândia	Entrevista estruturada	Unidades arbitrárias	Exercício de adolescente a vida adulta, Esporte competitivo	Somatório das horas semanais através do intervalo de tempo de participação, meses de participação, frequência (vezes/semana), duração (minutos/sessão) e intensidade (leve, moderada, extenuante) em esportes de nível competitivo.
Boomsma et al. (1989)	Holanda	Questionário	Unidades arbitrárias	Participação esportiva	“Você já foi envolvido em atividades esportivas durante os últimos três meses?” Respostas: Sim ou Não.
Koopmans et al. (1994)/ Stubbe et al. (2005) Netherlands Twin Registry	Holanda	Questionário	Unidades arbitrárias	Participação esportiva	“Você participa de esportes regularmente?” Respostas: Sim ou Não
De Moor et al. (2007) The Netherlands Twin Registry	Holanda	Questionário	METS	Participação esportiva	Quantas vezes por semana exercem AF moderada por, pelo menos, 30 min e vigorosa por, pelo menos, 20 min. Respostas recodificadas: sedentários, leve ou moderadamente praticantes de esporte e praticantes vigorosos.

(continua)

TABELA 2 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	País	Instrumento	Unidade	Fenótipos	Operacionalização
Beunen e Thomis (1999) The Leuven Longitudinal Twin Study	Bélgica	Questionário	horas.ano ⁻¹	Participação esportiva	Horas/semana praticadas em algum esporte no ano anterior, esportes não competitivos, mas sim, aqueles praticados com os amigos e com a família.
Maia et al. (2002) Healthy Portuguese Families Study	Portugal	Questionário de Baecke	Unidades arbitrárias	Índice esporte	Multiplificação dos escores ligados ao tipo de esporte, frequência de prática de esporte e frequência de suor durante a prática esportiva.
Frederiksen e Christensen (2003) Middle Aged Danish Twins (MADT)	Dinamarca	Questionário	Unidades arbitrárias	Participação esportiva	“Você, em seu tempo de lazer, participa em qualquer um dos seguintes esportes? Jogging, ginástica, natação, tênis, badminton, futebol, handebol, aeróbica, remo, tênis de mesa, ou vôlei. Respostas: Sim ou Não
Eriksson et al. (2006)	Suécia	Questionário de Baecke	Unidades arbitrárias	Índice esporte	Multiplificação dos escores ligados ao tipo de esporte, frequência de prática de esporte e frequência de suor durante a prática esportiva.
De Moor et al. (2007b) TwinsUK Adult Twin Registry	Inglaterra	Questionário	Unidades arbitrárias	Participação esportiva	Lista de esportes que participava durante o período de escola, clubes, universidade ou nível máximo de competição em nível nacional e estadual.

METS – unidades metabólicas; Fr – Número Froude (calibração usada no teste de esteira); CDC – Center of Control Disease; ACSM – American College of Sports Medicine.

Correlações em famílias

A TABELA 3 sumariza os estudos em famílias (n=8). É evidente a presença de heterogeneidade na dimensão amostral, não apenas em número de *pedigrees* extensos (n=42) ou famílias nucleares (entre n=95 a n=2375), mas também no número total de sujeitos, que varia de 802⁴⁸ até 9500 indivíduos²⁵. O cálculo das correlações baseia-se, também, em diferentes procedimentos de estimação, tendo como principais o *Generalized Estimating Equations* (GEE)²⁴ e a máxima verossimilhança³⁶, implementados em *softwares* distintos, como o SEGPATH^{36, 38}, S.A.G.E.^{25, 28, 39} e GEESE^{24, 48}. O cálculo das correlações é efetuado, também, a partir de estratégias distintas, como: geração de modelos com padrões de correlações diferenciados em famílias³⁸, cálculos diretos entre membros de família^{25, 39, 49} e testes sequenciais de igualdade de valores entre membros das famílias^{24, 48}.

Os resultados de agregação familiar obtidos também são diferentes, englobando, para a AF, desde a

ausência de agregação significativa, identificada por MITCHELL et al. (2003)³⁹ para a AF total, a valores elevados (r=0,51), como os relatados por MAIA et al (2014)²⁴ para o índice de AF de lazer. Essa diferença entre os resultados é também patente em outros fenótipos de AF, como foi observado no estudo de SIMONEN et al.³⁸, onde os autores reportam, por exemplo, r=0,00 para a AF moderada a vigorosa e r=0,43 para a AF reportada referente ao ano anterior. No que diz respeito à AF estimada de forma objetiva (pedômetro), o estudo de JACOBI et al.⁴⁹ foi o único que usou esta técnica em famílias, obtendo correlações que variaram de 0,00 a 0,31.

Considerando-se os fenótipos de PE, 3 estudos encontrados usaram a mesma definição de PE e observaram variações de correlações entre as díades (duplas de familiares), menores que com os fenótipos de AF. Por exemplo, no estudo de SEABRA et al.²⁵ as correlações para o índice de esporte nas diferentes díades variaram de 0,12 a 0,30, enquanto que no estudo de MAIA et al.²⁴, esses valores variaram de 0,18 a 0,30.

TABELA 3 – Valores de agregação familiar dos níveis de atividade física (AF) e participação esportiva (PE) nos estudos com famílias.

Autor (Ano) Nome do estudo	N Famílias N sujeitos N pais (idade) N filhos (idade)	Software	Método de estimação	Correlações por fenótipo (r / $r \pm$ erro padrão)				
					AFH	AFL		
Perusse et al. (1989) Québec Family Study	375 famílias nucleares 1610 sujeitos 353 pais (44,2 \pm 5,1) 364 mães (42,1 \pm 5,0) 477 filhos (14,5 \pm 3,3) 416 filhas (14,8 \pm 3,4)	SEGPATH	Pairwase Equações Path					
				Cônjuges	0,18	0,16		
				Pais - criança natural	0,16	0,09		
				Pai adotivo - criança adotada	0,08	0,12		
				Irmãos	0,42	0,34		
				Irmãos não relacionados	0,17	0,37		
Simonen et al. (2002) Québec Family Study	200 famílias nucleares 696 sujeitos 140 pais (54,5 \pm 7,3) 172 mães (52,2 \pm 7,6) 164 filhos (26,3 \pm 9,2) 220 filhas (28,1 \pm 10,4)	SEGPATH	Pairwase Equações Path		AF muito rigorosa	AFT	AF ano passado	
				Pai-mãe	0,22 \pm 0,09	0,25 \pm 0,09	0,43 \pm 0,06	
				Pai-filho	0,14 \pm 0,09	0,14 \pm 0,09	0,04 \pm 0,13	
				Mãe-filho	0,08 \pm 0,09	0,03 \pm 0,09	0,10 \pm 0,09	
				Pai-filha	0,22 \pm 0,07	0,18 \pm 0,08	0,06 \pm 0,07	
				Mãe-filha	0,22 \pm 0,07	0,13 \pm 0,08	0,13 \pm 0,08	
				filho-filha	0,01 \pm 0,08	0,07 \pm 0,08	0,14 \pm 0,08	
				filho-filho	0,10 \pm 0,11	0,08 \pm 0,10	0,07 \pm 0,09	
Mitchell et al. (2003) San Antonio Family Heart Study	42 pedigrees 1364 sujeitos	S.A.G.E.	FCOR		AF			
				Cônjuges	0,05			
				Pais-filhos	-0,01			
				Irmãos	0,01			
Seabra et al. (2008) Healthy Portuguese Families Study	2375 famílias nucleares 9500 sujeitos 2375 pais (45,45 \pm 5,84) 2375 mães (42,92 \pm 5,47) 2425 filhos (16,15 \pm 4,03) 2325 filhas (16,01 \pm 3,98)	S.A.G.E.	FCOR		iAF trabalho/ escola	iAFL	iAFT	
				Pai-mãe	0,27	0,29	0,21	
				Pais-filhos	0,05	0,19	0,1	
				Pai-filho	0,1	0,19	0,12	
				Pai-filha	-0,04	0,18	0,05	
				Mãe-filho	0,11	0,15	0,12	
				Mãe-filha	0,04	0,23	0,18	
				Irmão-irmã	0,13	0,24	0,24	
Jacobi et al. (2011) Fleurbai-x-Laventie Ville-Santé II Study	286 famílias nucleares francesas (1151 sujeitos) 237 pais (44,2 \pm 5,1) e 283 mães (42,4 \pm 4,6) 631 crianças (8-18 anos)	SAS	Coeficiente de correlação intraclasse Anova 1 fator Método searle		AF Toda semana	AF Dias de semana	AF Dias de fim de semana	AF Dia de quarta feira
				Cônjuges	0,05	0,02	0,14	0,06
				Irmãos	0,28	0,25	0,24	0,31

(continua)

TABELA 3 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	N Famílias N sujeitos N pais (idade) N filhos (idade)	Software	Método de estimação	Correlações por fenótipo (r/ r±erro padrão)				
Jacobi et al. (2011) Fleurbai-x-Laventie Ville-Santé II Study	286 famílias nucleares francesas (1151 sujeitos) 237 pais (44,2±5,1) e 283 mães (42,4±4,6) 631 crianças (8-18 anos)	SAS	Coeficiente de correlação intraclasse Anova 1 fator Método searle	Mae-filho	0,21	0,15	0,25	0,15
				Pai-filho	0,01	0,00	0,05	0,02
Horimoto et al. (2011) Baependi Heart Study	95 famílias nucleares 1693 sujeitos	S.A.G.E.	FCOR		AF semanal	AF Diária		
				Pais-filhos	0,00±0,03	0,02±0,03		
				Irmãos	0,14±0,03*	0,08±0,03*		
				Pai-mãe	0,05±0,06	0,08±0,06		
Chaves et al. (2014) Active Vouzela Study	260 famílias nucleares 802 sujeitos 136 pais (43,1±5,3) 239 mães (40,3±5,8) 203 filhos (12,5±3,2) 224 filhas (12,9±3,8)	GESEE	Generalized Estimating Equations (GEEs)		iAFT			
				Cônjuges	0,32*			
				Pais-filhos	0,15*			
				Irmãos	0,32*			
Maia et al. (2014) Healthy Portuguese Families Study	2661 famílias nucleares 10644 sujeitos Pais (45,6±5,8) Mães (43,1±5,5) Filhos (16,2±4,2) Filhas (16,1±4,2)	GESEE	Generalized Estimating Equations (GEEs)		iAF (trabalho/escola)	iAFL	iAFT	
				Pai-mãe	0,217*	0,202*	0,221*	
				Pai-filho	0,06	0,123*	0,118*	
				Pai-filha	0,03	-	-	
				Mãe-filho	0,06	-	-	
				Mãe-filha	-0,03	-	-	
				Irmão-irmão	0,122	0,506*	0,348*	
				Irmão-irmã	-	-	-	
				Irmã-irmã	-	-	-	
PARTICIPAÇÃO ESPORTIVA								
Seabra et al. (2008) Healthy Portuguese Families Study	2375 famílias nucleares 9500 sujeitos 2375 pais (45,45±5,84) 2375 mães (42,92±5,47) 2425 filhos (16,15±4,03) 2325 filhas (16,01±3,98)	S.A.G.E.	FCOR					iesporte
					Pai-mãe			0,29
					Pais-filhos			0,16
					Pai-filho			0,18
					Pai-filha			0,16
					Mãe-filho			0,12
					Mãe-filha			0,23
					Irmão-irmã			0,24
					Irmãs			0,3

(continua)

TABELA 3 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	N Famílias N sujeitos N pais (idade) N filhos (idade)	Software	Método de estimação	Correlações por fenótipo (r/ r±erro padrão)	
					iesporte
Maia et al. (2014) Healthy Portuguese Families Study	2661 famílias nucleares 10644 sujeitos Pais (45,6±5,8) Mães (43,1±5,5) Filhos (16,2±4,2) Filhas (16,1±4,2)	GESEE	Generalized Estimating Equations (GEEs)	Pai-mãe	0,303*
				Pai-filho	0,182*
				Pai-filha	-
				Mãe-filho	-
				Mãe-filha	-
				Irmão-irmão	0,222*
				Irmão-irmã	-
				Irmã-irmã	-

AFH – atividade física habitual; AFL – atividade física de lazer; AFT – atividade física total; iAF – índice de atividade física; iAFL – índice de atividade física de lazer; iAFT – índice de atividade física total; iesporte – índice de esporte; *p<0,05.

Correlações em estudos com gêmeos

A TABELA 4 sumariza os resultados das pesquisas com gêmeos (n=27). Nela também se verifica uma grande variação na dimensão amostral, incluindo de 20⁴⁰ a 37501^{42, 46} pares de gêmeos. O cálculo das correlações baseia-se, essencialmente, em procedimentos de máxima verossimilhança, implementados nos *softwares* PRELIS^{35, 50-51}, SAS^{32, 37, 52} e Mx^{17, 31, 42-43, 46, 53}, com correlações tetracóricas para dados binários^{46, 50} e intraclasse para dados contínuos^{29, 40, 44-45}.

Entre gêmeos monozigóticos (MZ), os valores de correlação de AF variam de 0,27 a 0,94, sendo ambos encontrados no fenótipo participação em exercício (AF lazer)⁴⁶⁻⁴⁷. Quanto aos métodos utilizados para estimar a AF, os valores de correlação apresentam menor variação entre os estudos que usam acelerômetros^{40, 43, 45, 54} (MZ – variação de 0,55 a 0,80), comparativamente aos demais estudos, que empregam

questionários (MZ - variação de 0,27 a 0,94). Nos gêmeos dizigóticos (DZ), os valores de correlação são, sistematicamente, menores que nos MZ, variando de 0,12 a 0,83^{47, 52} e, similarmente, menor variação foi observada entre os estudos que usaram acelerômetros (de 0,18 a 0,71), quando comparados aos que utilizaram questionários (0,12 a 0,83).

Quanto à PE, os valores de correlação são geralmente maiores que os de AF. Nos gêmeos MZ, esses valores dos fenótipos de PE variam de 0,41 a 0,98, respectivamente, para os fenótipos exercício de adolescente à vida adulta⁵³ e participação esportiva¹⁶. Novamente, nos gêmeos DZ, os valores de correlação são menores e variam substancialmente de 0,06 a 0,84, respectivamente, para os fenótipos esporte competitivo⁵³ e participação esportiva⁵⁵. Tanto em gêmeos MZ e DZ, os maiores valores encontrados de correlação no fenótipo PE foram no sexo feminino^{16, 55}.

TABELA 4 – Valores de agregação familiar dos níveis de atividade física (AF) e participação esportiva (PE) nos estudos com gêmeos.

Autor (Ano) Nome do estudo	Pares MZ e Pares DZ (idade)	Software	Método de estimação	Fenótipo = Correlação (r)	
				MZ	DZ
ATIVIDADE FÍSICA					
Kaprio et al. (1981) The Finnish Twin Registry	1537 MZ e 3507 DZ (Acima de 18 anos)	Não mencionado	Coefficiente de cor- relação intraclasse	AFT= 0,57*	AFT= 0,26*

(continua)

TABELA 4 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	Pares MZ e Pares DZ (idade)	Software	Método de estimação	Fenótipo = Correlação (r)	
				MZ	DZ
Lauderdale et al. (1997) Vietnam Era Twin Registry	1006 MZ e 530 DZ (33-51 anos)	SAS	Componentes da variância Máxima verossimilhança Correlação poli- córica	AFMV=0,38*	AFMV=0,12*
Aarnio et al. (1997) Three Generation Study	3254 gêmeos (meninas – 1697 e meninos – 1557) (16 anos)	SAS	Correlação intra e intergeração	AF♂=0,72	AF♂=0,45
				AF♀=0,64	AF♀=0,41
Spinath et al. (2002) German Observational Study of Adult Twins (GOSAT)	168 MZ e 132 DZ (18-70 anos)	LISREL-PC e PRELIS	Componentes da variância Máxima verossimilhança	AF=0,40	AF=0,20
Maia et al. (2002) Healthy Portuguese Families Study	203 MZ e 153 DZ (12-25 anos)	Mx	Pairwise Equações Path	iAFL ♂=0,69	iAFL ♂=0,22
				iAFL ♀=0,72	iAFL ♀=0,56
Franks et al. (2005)	62 MZ e 38 DZ (4-10 anos)	PROC MIXED - SAS	Componentes da variância	AF=0,78*	AF=0,80*
				Gasto energé- tico=0,87*	Gasto energé- tico=0,76*
Joosen et al. (2005)	12 MZ e 8 DZ (18-39 anos)	SPSS	Coeficiente de correlação de Pearson Intrapar	Câmara res- piratória AF =0,56*	Câmara respiratória AF=0,43
				Câmara respi- ratória Gasto energético AF =0,78*	Câmara respi- ratória Gasto energético AF =0,60*
				Vida diária AF =0,88*	Vida diária AF =0,42
				Vida diária gasto energéti- co =0,82*	Vida diária gasto energéti- co =0,64*
Carlsson et al. (2006) The Swedish Twin Registry	5334MZ e 8028 DZ (14-46 anos)	Mx	Componentes da variância estimada por modelos de equações estruturais	AF♂=0,62	AF♂=0,31
				AF♀=0,58	AF♀=0,30
Eriksson et al. (2006) The Swedish Young Male Twins Study	1022 (18 anos)	SAS	Componentes da variância Máxima verossimilhança Correlação policórica	iAFT =0,46	iAFT =0,19
				iAFL =0,39	iAFL =0,18
				iAF (trabalho/ escola)=0,58	iAF (trabalho/ escola)=0,23

(continua)

TABELA 4 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	Pares MZ e Pares DZ (idade)	Software	Método de estimação	Fenótipo = Correlação (r)	
				MZ	DZ
Strubbe et al. (2006) Projeto The GenomeUtwin: Austrália, Dinamarca, Fin- lândia, Holanda, Noruega, Suécia e Reino Unido.	7 países: Austrália: 1260 MZ e 798 DZ (31,8 anos); Dinamarca: 3046 MZ e 3502 DZ (31,1 anos); Finlândia: 2841 MZ e 3502 DZ (26,9 anos); Holanda: 1266 MZ e 758 DZ (25,7 anos); Noruega: 1502 MZ e 1285 DZ (24,7 anos); Suécia: 3598 MZ e 5329 DZ (28,6 anos); Reino Unido: 163 MZ e 259 DZ (32,4 anos).	Mx	Correlação tetracórica	PE _x ♂=0,43- 0,71	PE _x ♂=0,27- 0,48
				PE _x ♀=0,48- 070	PE _x ♀=0,24- 0,38
Duncan et al. (2008) University of Washington Twin Registry (UWTR)	1003 MZ (29±13 anos) 386 DZ (33±15 anos)	Stata 9.2/ Mx	Componentes da variância estimado por modelos de equações estru- turais	AF60 min =0,43	AF60 min =0,30
				AF- 150min=0,30	AF- 150min=0,25
Wood et al. (2008) Study of Activity and Impulsivity Levels in children (SAIL)	325 MZ e 253 DZ (8,51±0,42 anos)	Mx	Componentes da variância estimado por modelos de equações estru- turais, equações Path	PA=0,72	PA=0,58
Aaltonen et al. (2010) Finnish Twin Cohort Study	4280MZ e 9276 gêmeos DZ no baseline (ano 1975) (29,6±9,0 anos) e 4383 MZ e 9439 gêmeos DZ no follow-up (ano 1981) (35,6±9,1 anos)	SPSS 15.0, Stata 10.0	Coeficiente de cor- relação intraclasse	Baseline AFL =0,54	Baseline AFL =0,24
				Follow-up AFL =0,43	Follow-up AFL=0,15
Fisher et al. (2010) Twins Early De- velopment Study (TEDS)	57 MZ (11,06±0,59 anos) 60 DZ (11,27±0,48 anos)	Mx	Componentes da variância estimado por modelos de equações estru- turais, correlações intraclasse entre pares.	AFT =0,76*	AFT=0,71*
				AFMV=0,69*	AFMV =0,52*
Van der Aa, et al. (2010) The Netherlands Twin Registry	1704 MZ e 1305 DZ (Grupo 13-14 – 14,51 anos) (Grupo 15-16 – 16,23 anos) (Grupo 17-19 – 18,06 anos)	Mx	Correlação poli- córica	Grupo 13-14 anos	
				AFM ♂=0,85	AFM ♂=0,23
				AFV ♀=0,83	AFV ♀=0,67
				Grupo 15-16 anos	
				AFM ♂=0,76	AFM ♂=0,48
				AFV ♀=0,83	AFV ♀=0,52
				Grupo 17-19 anos	
				AFM ♂=0,73	AFM ♂=0,48
				AFV ♀=0,71	AFV ♀=0,34

(continua)

TABELA 4 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	Pares MZ e Pares DZ (idade)	Software	Método de estimação	Fenótipo = Correlação (r)	
				MZ	DZ
Hopkins, et al. (2010)	11 MZ (13,3±1,6 anos) 11 DZ (13,6±1,6 anos)	SPSS 15.0, Stata 11.0	Coeficiente de cor- relação intraclasse	AFL =0,80	AFL =0,63
				AFM =0,78	AFM =0,18
				AFV =0,55	AFV =0,51
				AFT =0,77	AFT =0,58
Vink.M, et al. (2011) Projeto The GenomEUtwin: Austrália, Dina- marca, Finlândia, Holanda, Norue- ga, Suécia e Reino Unido.	7 países: Austrália: 1260 MZ e 798 DZ (31,8 anos); Dinamarca: 3046 MZ e 3502 DZ (31,1 anos); Finlândia: 2841 MZ e 3502 DZ (26,9 anos); Holanda: 1266 MZ e 758 DZ (25,7 anos); Noruega: 1502 MZ e 1285 DZ (24,7 anos); Suécia: 3598 MZ e 5329 DZ (28,6 anos); Reino Unido: 163 MZ e 259 DZ (32,4 anos).	Mx	Correlação tetra- córica - modelo limiar padrão - Zage (Score Z) ≤ 0 e Zage >0)	Z age (Score Z) ≤ 0	
				AFL♂=0,27- 0,72	AFL♂=0,3- 0,48
				AFL♀=0,5- 0,73	AFL♀=0,3- 0,47
				Z age >0	
				AFL♂=0,43- 0,59	AFL♂=0,18- 0,37
				AFL♀=0,32- 0,55	AFL♀=0,19- 0,39
Huppertz, et al. (2012) The Netherlands Twin Register	648 MZ e 649 DZ (7 anos) 620 MZ e 582 DZ (10 anos) 1540 MZ e 1338 DZ (12 anos)	openMx	Modelo saturado	7 anos	
				PEx♂=0,94	PEx♂=0,83
				PEx♀=0,90	PEx♀=0,80
				10 anos	
				PEx♂=0,90	PEx♂=0,56
				PEx♀=0,86	PEx♀=0,76
				12 anos	
				PEx♂=0,88	PEx♂=0,69
Aaltonen et al. (2013) FinnTwin 16 Cohort Study	5216 baseline (1975) (16,2 anos) 4949 follow-up 1 (17,1 anos) 4930 follow-up 2 (18,6 anos) 4531 follow-up (1979) (24,5 anos)	R-CRAN statistical soft- ware- 'psych' e 'OpenMx'	Correlação policó- rica intra par	Baseline	
				AFL♂=0,72	AFL♂=0,48
				AFL♀=0,77	AFL♀=0,50
				Follow-up 1	
				AFL♂=0,71	AFL♂=0,48
				AFL♀=0,77	AFL♀=0,54
				Follow-up 2	
				AFL♂=0,69	AFL♂=0,51
				AFL♀=0,76	AFL♀=0,31
				Follow-up 3	
				AFL♂=0,79	AFL♂=0,64
				AFL♀=0,80	AFL♀=0,69

(continua)

TABELA 4 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	Pares MZ e Pares DZ (idade)	Software	Método de estimação	Fenótipo = Correlação (r)	
				MZ	DZ
PARTICIPAÇÃO ESPORTIVA					
Boomsma et al.	44 MZ e 46 DZ (14-20 anos)	LISREL-PC e PRELIS	Componentes da variância Correlação Tetracó- rica / Polisérica	PE♂=0,89*	PE♂=0,14
				PE♀=0,90*	PE♀=0,70*
Koopmans et al. (1994)	578 MZ e 1000 DZ (13-22 anos)	LISREL-PC, PRELIS e Mx	Componentes da variância Correlação tetra- córica	PE♂=0,89	PE♂=0,60
				PE♀=0,85	PE♀=0,72
Beunen e Thomis (1999) The Leu- ven Longitudinal Twin Study	91 gêmeos (15 anos)	Não mencionado	Componentes da variância	PE♂=0,66	PE♂=0,62
				PE♀=0,98	PE♀=0,71
Frederiksen e Ch- ristensen (2003) Middle Aged Danish Twins (MADT)	616 MZ e 132 DZ (45-68 anos)	Não mencionado	Correlação tetra- córica	PE=0,54*	PE=0,13
Simonen et al. (2004) Finnish Twin Cohort	147 MZ e 153 DZ (35-70 anos)	Mx	Correlação tetra- córica	Exercício de adolescente a vida adulta =0,41	Exercício de adolescente a vida adulta =0,28
				Esporte competitivo =0,44	Esporte competitivo =0,06
Stubbe et al. (2005) Netherlands Twin Registry/ Netherlands Twin Registry	1095 MZ e 811 DZ (13-20 anos)	Mx	Correlação tetra- córica	Grupo 13-14 anos	
				PE♂=0,88	PE♂=0,82
				PE♀=0,87	PE♀=0,84
				Grupo 15-16 anos	
				PE♂=0,80	PE♂=0,82
				PE♀=0,83	PE♀=0,84
				Grupo 17-18 anos	
				PE♂=0,88	PE♂=0,65
				PE♀=0,80	PE♀=0,68
				Grupo 19-20 anos	
				PE♂=0,86	PE♂=0,35
				PE♀=0,83	PE♀=0,53

(continua)

TABELA 4 - (continuação)

Autor (Ano) Nome do estudo	Pares MZ e Pares DZ (idade)	Software	Método de estimação	Fenótipo = Correlação (r)	
				MZ	DZ
Eriksson et al. (2006) The Swedish Young Male Twins Study	1022 (18 anos)	SAS	Componentes da variância Máxima verossimi- lhança Correlação poli- córica	iesporte=0,55	iesporte=0,32
De Moor et al. (2007) The Netherlands Twin Registry	1225 MZ e 716 DZ (18-50 anos)	Mx	Correlação tetra- córica	PE♂=0,59	PE♂=0,25
				PE♀=0,55	PE♀=0,28
De Moor et al. (2007b) TwinsUK Adult Twin Registry	793 Mz e 1000 DZ (51,9±12,8 anos)	Mx	Componentes da variância estimado por modelos de equações estru- turais	PE=0,66	PE=0,32

MZ – gêmeos monozigóticos; DZ – gêmeos dizigóticos; AFT – atividade física total; AFMV – atividade física moderada a vigorosa; AF – atividade física; iAFL – índice de atividade física de lazer; iAFT – índice de atividade física total; iAF – índice de atividade física; PEx – participação em exercício; AFL – atividade física de lazer; AFM – atividade física moderada; iesporte – índice de esporte; *p<0,05.

Discussão

Uma vez que este ensaio foi estruturado em função de dois objetivos: (1) inventariar a diversidade terminológica da expressão do conceito de AF e PE, bem como a variedade na sua operacionalização, e (2) descrever os resultados disponíveis sobre a agregação familiar nos níveis de AF e PE em pesquisas com delineamentos familiar e gemelar, a discussão será feita com esses dois tópicos.

Diversidade terminológica e operacionalização da expressão do conceito de AF e PE

A AF é genericamente entendida como qualquer movimento corporal produzido pela musculatura esquelética que resulta em gasto energético⁴, expressa-se de modo diversificado e tem uma multiplicidade de variáveis correlatas de ordem biopsicossocial, cultural e comportamental¹⁰⁻¹². O fenótipo PE pode ser considerado uma expressão muito específica de AF de lazer, caracterizado, também, por treinamento sistemático e que envolve competições; habitualmente induz níveis moderados a elevados de gasto energético⁵⁶, podendo contribuir para aumentar as chances do praticante atender aos níveis re-

comendados de AF diária⁵⁷, com potencial para afetar positivamente a sua saúde⁵⁸. Entretanto, apesar de haver algum conhecimento sobre as influências genéticas em atletas de alto nível¹³, há pouco conhecimento sobre as influências genéticas na prática de AF e esportes na população em geral.

Nesse cenário, a pesquisa em EG com AF e PE tem usado expressões muito diferentes para conceituar esses fenótipos, recorrendo a modelos de análise diferenciados e a delineamentos gemelares e familiares, o que torna relativamente árdua a tarefa de esclarecer, adequadamente, a complexidade dessa influência quando os resultados disponíveis são analisados. A variação na terminologia, evidenciada neste ensaio, torna difícil a interpretação das alterações nos níveis e padrões de AF e PE ao longo de distintas gerações.

Como visto nos resultados, os estudos empregam uma diversidade de unidades para marcar e operacionalizar AF e PE, que incluem desde unidades arbitrárias, obtidas de questionários, até o gasto energético (expresso em Kcal ou METS), obtido indiretamente a partir de acelerômetros e pedômetros, ou diretamente em câmaras de respiração e água duplamente marcada.

Agregação familiar nos níveis de AF e PE em pesquisas com delineamentos familiar e gemelar

Em geral, os resultados de correlação da AF e PE em famílias são variáveis, tanto para os fenótipos descritores da AF quanto aos da PE, sendo necessária uma melhor precisão terminológica e operacional para uma melhor interpretação dos resultados. Apesar dessa diversidade, a maior parte dos estudos em famílias mostra correlações significantes, embora com valores baixos (0,11 a 0,42) entre as díades geneticamente relacionadas (pais/filhos ou irmãos)^{24, 36, 38, 48-49}.

Cabe ressaltar que embora haja disparidade dos valores de correlação e mesmo ausência de significância em algumas correlações, dentro de cada estudo, as correlações entre pais-filhos são consistentemente inferiores às correlações entre irmãos e entre cônjuges. Esse padrão é importante porque os cônjuges não estão relacionados geneticamente, enquanto que pais e filhos e pares de irmãos compartilham, em média, metade dos seus genes idênticos por descendência, o que sugere que os fenótipos ligados à AF podem estar mais fortemente relacionados a influências ambientais comuns (compartilhadas dentro da família) do que a fatores genéticos³⁸.

É importante considerar também a presença de heterogeneidade na magnitude das correlações em relação a um fenótipo qualquer. Por exemplo, no estudo de MAIA et al.²⁴, no qual o questionário de Baecke foi utilizado para estimar as correlações familiares de três fenótipos de AF (índice de lazer, índice trabalho/escola e índice total), os valores oscilaram entre -0,03 e 0,34, sendo que os maiores valores para as correlações das diferentes díades foram sempre observados para a AF total. Esse resultado pode resultar do fato de que a agregação familiar, quando se refere à AF total, é geralmente vista em termos de transmissão de genes segregantes, facetas culturais e instalações de acessibilidade, estilos de vida e práticas sociais compartilhadas pela família^{24, 48}.

Similarmente, quando a AF foi estimada a partir do pedômetro, os coeficientes de correlação foram diferentes nos distintos fenótipos. Isso pode ser exemplificado com o estudo de JACOB et al. (2011)⁴⁹, que comparou a AF nos dias da semana, nos de fim de semana e num dia específico da semana; sendo que as correlações entre os membros das famílias para o fenótipo AF nos dias de fim de semana foram mais elevadas que

as demais. Esse resultado pode ser intuitivamente explicado, tendo em vista que os membros das famílias gastam mais tempo juntos e compartilham mais AFs de lazer nos fins de semana do que durante os dias da semana, quando os pais tendem a trabalhar e os filhos, usualmente, estão na escola ou exercendo outras atividades.

Além das possíveis razões supracitadas sobre os possíveis agentes de heterogeneidade nos resultados encontrados, é possível que diferenças culturais e de coorte, efeito biológico do sexo, dimensões amostrais pequenas, e métodos distintos para avaliar a AF e PE³⁸ contribuam para as diferenças observadas nos resultados da agregação familiar para a AF e PE. Diante desse quadro, o conhecimento sobre a contribuição genética, no seio familiar, para a variação desses fenótipos é ainda incompleto e inconsistente²⁵.

Por outro lado, os estudos de delineamento gemelar revelam, em sua maioria, resultados de correlações moderados a elevados, reforçando a ideia de que os fatores genéticos explicam, substancialmente, a variação interindividual em termos populacionais tanto da AF quanto da PE. Contudo, também nesse delineamento, os resultados são diversos, sugerindo que influências do ambiente compartilhado pelos gêmeos, bem como do ambiente único de cada membro do par, devem ser adicionadas ao componente genético^{42, 47}. É interessante observar que as pesquisas que avaliaram separadamente gêmeos do sexo feminino e masculino apresentaram maiores correlações para o sexo feminino, de modo que fatores ambientais parecem ter uma maior contribuição nessa variação^{16, 31, 34, 55}. Esses resultados sugerem a necessidade de medidas específicas para os dois sexos para promover e desenvolver hábitos de AF e PE. Nos estudos que envolveram medida do gasto energético total^{40, 59}, os resultados sugerem que os fatores genéticos contribuem para as diferenças interindividuais no dispêndio energético⁴⁰.

Conclusão

Os dados apresentados neste ensaio permitem concluir a existência de uma diversidade terminológica substancial na expressão do conceito de atividade física e participação esportiva, bem como em sua operacionalização em pesquisas com delineamento familiar e gemelar. Além disso, a magnitude de agregação familiar na

atividade física e participação esportiva é bastante variável, indicando a presença de fatores ambientais (físico e/ou social), que podem e devem ser considerados importantes, sendo necessário investigar a partir de mais estudos, o tipo de influência exercida por esses diferentes fatores nesses fenótipos.

Implicações Futuras

Diante das evidências levantadas nesse ensaio, torna-se clara a necessidade de se padronizar fenótipos marcadores da AF e PE, bem como a forma operacional de sua definição, em estudos futuros de agregação familiar.

Abstract

Correlational analysis of physical activity levels and sport participation: research with twins and families

This essay reports on the terminological diversity of the concepts of physical activity (PA) and sport participation (SP), as well as the variety of methods used to assess these parameters in studies on familial aggregation. In addition, it describes the results of research studies using family and twin designs. The PubMed, Scopus, SportsDiscus, Web of Science, and SciELO databases were used to search for information, and references identified from the retrieved articles were also considered. Systematic reviews of the genetic effects on PA and SP with quantitative information of heritability, genomewide linkage studies, studies on associations among candidate genes, genomewide association studies, editorials, letters to the editor, case studies, laboratory studies, studies that did not report PA and SP in families or twins, and studies about pleiotropy were excluded. The results show a large terminological diversity on the concepts of PA and SP, as well as on the methods of assessing these parameters. Furthermore, the magnitude of familial aggregation in PA and SP varies considerably, indicating the presence of environmental factors (physical and/or social) that can and should be considered important when explaining the variability of these phenotypes in a population. Likewise, future research should standardize the terms and measurements used for PA and SP in familial aggregation studies. In addition, it should investigate the type of influence that genetic variants and environmental factors may exert on these phenotypes.

KEYWORDS: Motor Activity; Sports; Twin design; Family.

Referências

1. Steinbeck KS. The importance of physical activity in the prevention of overweight and obesity in childhood: a review and an opinion. *Obes Rev* 2001;2(2):117-30.
2. Steele RM, Brage S, Corder K, Wareham NJ, Ekelund U. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome in youth. *J Appl Physiol* 2008;105(1):342-51.
3. World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. Geneva: WHO, 2003. Contract No.: 916.
4. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 1985;100(2):126-31.
5. Katzmarzyk PT. Physical activity, sedentary behavior, and health: paradigm paralysis or paradigm shift? *Diabetes* 2010;59(11):2717-25.
6. Uijtdewilligen L, Nauta J, Singh AS, van Mechelen W, Twisk JWR, van der Horst K, et al. Determinants of physical activity and sedentary behaviour in young people: a review and quality synthesis of prospective studies. *Br J Sport Med* 2011;45(11):896-905.
7. Ekelund U, Tomkinson G, Armstrong N. What proportion of youth are physically active? Measurement issues, levels and recent time trends. *Br J Sport Med* 2011;45(11):859-65.
8. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet* 2012;380(9838):247-57.
9. Verloigne M, Van Lippevelde W, Maes L, Yıldırım M, Chinapaw M, Manios Y, et al. Levels of physical activity and sedentary time among 10- to 12-year-old boys and girls across 5 European countries using accelerometers: an observational study within the ENERGY-project. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2012;9(1):1-8.
10. Sallis JF, Prochaska JJ, Taylor WC. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(5):963-75.
11. Ferreira I, Van Der Horst K, Wendel-Vos W, Kremers S, Van Lenthe FJ, Brug J. Environmental correlates of physical activity in youth – a review and update. *Obes Rev* 2007;8(2):129-54.
12. Van Der Horst K, Paw MJCA, Twisk JWR, Van Mechelen W. A brief review on correlates of physical activity and sedentariness in youth. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(8):1241-50.
13. Bouchard C, Malina RM, Pérusse L. Genetics of fitness and physical performance 1997.
14. Bray MS, Fulton JE, Kalupahana NS, Lightfoot JT. Genetic epidemiology, physical activity, and inactivity. In: Bouchard C, Hoffman EP, editors. *Genetic and molecular aspects of sport performance*. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell; 2011. pp 81-9.
15. Vilhena e Santos DM, Katzmarzyk PT, Seabra AFT, Maia JAR. Genetics of physical activity and physical inactivity in humans. *Behav Genet* 2012;42(4):559-78.
16. Beunen G, Thomis M. Genetic determinants of sports participation and daily physical activity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999;23 Suppl 3:S55-63.
17. Maia JAR, Thomis M, Beunen G. Genetic factors in physical activity levels. *Am J Prev Med* 2002;23(2):87-91.
18. Maia JAR, Loos R, Beunen G, Thomis M, Vlietinck R, Morais FP, et al. Aspectos genéticos da prática desportiva: um estudo em gêmeos. *Rev Paul Educ Fis* 1999;13(2):160-76.
19. Aylsworth AS. Defining Disease Phenotypes. In: *Genetic Analysis of Complex Diseases*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc.; 2005. p. 51-89.
20. Hallal PC, Knuth AG, Reis RS, Rombaldi AJ, Malta DC, Iser BPM, et al. Tendências temporais de atividade física no Brasil (2006-2009). *Rev Bras Epidemiol* 2011;14:53-60.
21. de Farias Júnior JC, da Silva Lopes A, Mota J, Santos MP, Ribeiro JC, Hallal PC. Perception of the social and built environment and physical activity among Northeastern Brazil adolescents. *Prev Med* 2011;52(2):114-9.
22. Rech CR, Reis RS, Hino AAF, Hallal PC. Personal, social and environmental correlates of physical activity in adults from Curitiba, Brazil. *Prev Med* 2014;58:53-7.
23. Sallis JF, Cervero RB, Ascher W, Henderson KA, Kraft MK, Kerr J. An ecological approach to creating active living communities. *Ann Rev Public Health* 2006;27(1):297-322.
24. Maia J, Gomes TN, Trégouët D-A, Katzmarzyk PT. Familial resemblance of physical activity levels in the Portuguese population. *J Sci Med Sport* 2014;17(4):381-6.
25. Seabra AF, Mendonça DM, Göring HHH, Thomis MA, Maia JA. Genetic and environmental factors in familial clustering in physical activity. *Eur J Epidemiol* 2008;23(3):205-11.

26. Chaves RN, Souza MC, Santos D, Seabra A, Garganta R, Maia JAR. Fatores genéticos e ambientais da atividade física: um estudo em famílias com três gerações. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2010;12:408-14.
27. Forjaz CLM, Bartholomeu T, Rezende JAS, Oliveira JA, Basso L, Tani G, et al. Genetic and environmental influences on blood pressure and physical activity: a study of nuclear families from Muzambinho, Brazil. *Braz J Med Biol Res* 2012;45:1269-75.
28. Horimoto AR, Giolo SR, Oliveira CM, Alvim RO, Soler JP, de Andrade M, et al. Heritability of physical activity traits in Brazilian families: the Baependi Heart Study. *BMC Med Genet* 2011;12:155.
29. Kaprio J, Koskenvuo M, Sarna S. Cigarette smoking, use of alcohol, and leisure-time physical activity among same-sexed adult male twins. *Prog Clin Biol Res* 1981;69 Pt C:37-46.
30. Frederiksen H, Christensen K. The influence of genetic factors on physical functioning and exercise in second half of life. *Scan J Med Sci Sports* 2003;13(1):9-18.
31. Carlsson S, Andersson T, Lichtenstein P, Michaelsson K, Ahlbom A. Genetic effects on physical activity: results from the Swedish twin registry. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(8):1396-401.
32. Eriksson M, Rasmussen F, Tynelius P. Genetic factors in physical activity and the equal environment assumption – the Swedish young male twins study. *Behav Genet* 2006;36(2):238-47.
33. Moor MHM, Stubbe JH, Boomsma DI, Geus EJC. Exercise participation and self-rated health: do common genes explain the association? *Eur J Epidemiol* 2006;22(1):27-32.
34. Aaltonen S, Ortega-Alonso A, Kujala UM, Kaprio J. Genetic and environmental influences on longitudinal changes in leisure-time physical activity from adolescence to young adulthood. *Twin Res Hum Genet* 2013;16(02):535-43.
35. Koopmans JR, Doornen LJP, Boomsma DI. Smoking and sports participation. In: Goldbourt U, Faire U, Berg K, editors. *Genetic factors in coronary heart disease*. Dordrecht: Springer Netherlands; 1994. p. 217-35.
36. Perusse L, Tremblay A, Leblanc C, Bouchard C. Genetic and environmental influences on level of habitual physical activity and exercise participation. *Am J Epidemiol* 1989;129(5):1012-22.
37. Aarnio M, Winter T, Kujala UM, Kaprio J. Familial aggregation of leisure-time physical activity - a three generation study. *Int J Sports Med* 1997;18(07):549-56.
38. Simonen RL, Pérusse L, Rankinen T, Rice T, Rao DC, Bouchard C. Familial aggregation of physical activity levels in the Québec family study. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(7):1137-42.
39. Mitchell BD, Rainwater DL, Hsueh W-C, Kennedy AJ, Stern MP, Maccluer JW. Familial aggregation of nutrient intake and physical activity. *Ann Epidemiol* 2003;13(2):128-35.
40. Joosen AM, Gielen M, Vlietinck R, Westerterp KR. Genetic analysis of physical activity in twins. *Am J Clin Nutr* 2005;82(6):1253-9.
41. Duncan GE, Goldberg J, Noonan C, Moudon AV, Hurvitz P, Buchwald D. Unique environmental effects on physical activity participation: a twin study. *PLoS ONE* 2008;3(4):e2019.
42. Stubbe JH, Boomsma DI, Vink JM, Cornes BK, Martin NG, Skytthe A, et al. Genetic influences on exercise participation in 37,051 twin pairs from seven countries. *PLoS ONE* 2006;1(1):e22.
43. Wood AC, Rijdsdijk F, Saudino KJ, Asherson P, Kuntsi J. High heritability for a composite index of children's activity level measures. *Behav Genet* 2008;38(3):266-76.
44. Aaltonen S, Ortega-Alonso A, Kujala UM, Kaprio J. A longitudinal study on genetic and environmental influences on leisure time physical activity in the Finnish twin cohort. *Twin Res Hum Genet* 2010;13(05):475-81.
45. Hopkins N, Stratton G, Maia J, Tinken TM, Graves LE, Cable TN, et al. Heritability of arterial function, fitness, and physical activity in youth: a study of monozygotic and dizygotic twins. *J Pediatr* 2010;157(6):943-8.
46. Vink JM, Boomsma DI, Medland SE, de Moor MH, Stubbe JH, Cornes BK, et al. Variance components models for physical activity with age as modifier: a comparative twin study in seven countries. *Twin Res Hum Genet* 2011;14(1):25-34.
47. Huppertz C, Bartels M, van Beijsterveldt CEM, Boomsma DI, Hudziak JJ, de Geus EJC. The impact of shared environmental factors on exercise behavior from age 7 to 12. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44(10):2025-32.
48. de Chaves RN, Baxter-Jones A, Santos D, Gomes TN, dos Santos FK, de Souza MC, et al. Clustering of body composition, blood pressure and physical activity in Portuguese families. *Ann Hum Biol* 2014;41(2):159-67.
49. Jacobi D, Caille A, Borys JM, Lommez A, Couet C, Charles MA, et al. Parent-offspring correlations in pedometer-assessed physical activity. *PLoS One* 2011;6(12):e29195.
50. Boomsma DI, van den Bree MB, Orlebeke JF, Molenaar PC. Resemblances of parents and twins in sports participation and heart rate. *Behav Genet* 1989;19(1):123-41.
51. Spinath FM, Wolf H, Angleitner A, Borkenau P, Riemann R. Genetic and environmental influences on objectively assessed activity in adults. *Pers Individ Dif* 2002;33(4):633-45.

52. Lauderdale DS, Fabsitz R, Meyer JM, Sholinsky P, Ramakrishnan V, Goldberg J. Familial determinants of moderate and intense physical activity: a twin study. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(8):1062-8.
53. Simonen R, Levalhti E, Kaprio J, Videman T, Battié MC. Multivariate genetic analysis of lifetime exercise and environmental factors *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(9):1559-66.
54. Fisher A, van Jaarsveld CHM, Llewellyn CH, Wardle J. Environmental influences on children's physical activity: Quantitative estimates using a twin design. *PLoS ONE* 2010;5(4):e10110.
55. Stubbe JH, Boomsma DI, De Geus EJC. Sports participation during adolescence: a shift from environmental to genetic factors. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(4):563-70.
56. Patience MA, Kilpatrick MW, Sun H, Flory SB, Watterson TA. Sports game play: a comparison of moderate to vigorous physical activities in adolescents. *J Sch Health* 2013;83(11):818-23.
57. Katzmarzyk PT, Malina RM, Song TM, Bouchard C. Physical activity and health-related fitness in youth: a multivariate analysis. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(5):709-14.
58. Geidne S, Quennerstedt M, Eriksson C. The youth sports club as a health-promoting setting: an integrative review of research. *Scand J Public Health* 2013;41(3):269-83.
59. Franks PW, Ravussin E, Hanson RL, Harper IT, Allison DB, Knowler WC, et al. Habitual physical activity in children: the role of genes and the environment. *Am J Clin Nutr* 2005;82(4):901-8.

ENDEREÇO DE CORRESPONDÊNCIA

Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz
Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte
Av. Prof. Mello Moraes, 65 – Butantã
CEP 05508-030
São Paulo - SP

Fone: (11) 30913136 - Fax: (11) 38135921
E-mail: cforjaz@usp.br

Submetido: 23/06/2016

Aceito: 28/07/2016