



ARTIGO ORIGINAL

The longitudinal relationship between motor competence and measures of fatness and fitness from childhood into adolescence[☆]



Rodrigo Antunes Lima ^{a,b,*}, Anna Bugge ^b, Annette K. Ersbøll ^c,
David F. Stodden ^d e Lars B. Andersen ^{e,f}

^a Ministério da Educação, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Brasília, DF, Brasil

^b University of Southern Denmark, Institute for Sport Science and Clinical Biomechanics, Center for Research in Childhood Health, Campusvej, Dinamarca

^c University of Southern Denmark, National Institute of Public Health, Copenhagen, Dinamarca

^d University of South Carolina, Yvonne & Schuyler Moore Child Development Research Center, Columbia, Estados Unidos

^e Western Norway University of Applied Sciences, Sogndal, Noruega

^f Norwegian School of Sport Sciences, Department of Sports Medicine, Oslo, Noruega

Recebido em 20 de outubro de 2017; aceito em 26 de fevereiro de 2018

KEYWORDS

Motor development;
Longitudinal studies;
Health behavior;
Risk factors;
Obesity;
Physical fitness

Abstract

Objectives: To examine longitudinal (seven years) relationships among cardiorespiratory fitness (VO_{2peak}), body fatness, and motor competence.

Method: Data were collected as part of the Copenhagen School Child Intervention Study (CoS-CIS). Body fatness was assessed by the sum of four skinfolds. VO_{2peak} was measured directly in a continuous running protocol. Motor competence was assessed using the Körperkoordinationstest für Kinder. This study used multilevel linear mixed models to evaluate the reciprocal longitudinal association between body fatness, VO_{2peak} , and motor competence. All regressions were stratified by sex and adjusted by intervention and pubertal status. All variable coefficients were standardized.

Results: A reciprocal relationship was observed between children's motor competence with body fatness and VO_{2peak} at the seven-year follow-up (6–13 years of age). Children with higher motor competence at baseline had a lower risk of having higher body fatness ($\beta_{boys} = -0.45$, 95% CI: -0.52 to -0.38 ; $\beta_{girls} = -0.35$, 95% CI: -0.42 to -0.28) and higher VO_{2peak} ($\beta_{boys} = 0.34$, 95% CI: 0.27 – 0.40 ; $\beta_{girls} = 0.27$, 95% CI: 0.20 – 0.33) during childhood. Alternatively, higher body fatness or lower levels of VO_{2peak} at baseline were associated with lower motor competence during childhood.

DOI se refere ao artigo:

<https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2018.02.010>

[☆] Como citar este artigo: Lima RA, Bugge A, Ersbøll AK, Stodden DF, Andersen LB. The longitudinal relationship between motor competence and measures of fatness and fitness from childhood into adolescence. J Pediatr (Rio J). 2019;95:482–8.

* Autor para correspondência.

E-mail: rodrigoantlima@gmail.com (R.A. Lima).

PALAVRAS-CHAVE

Desenvolvimento motor;
Estudos longitudinais;
Comportamento saudável;
Fatores de risco;
Obesidade;
Aptidão física

Conclusions: These data suggest motor competence, body fatness, and VO_{2peak} demonstrate reciprocal relationships across childhood (6–13 years of age). Interventions addressing motor competence, cardiorespiratory fitness, and body fatness in early childhood are recommended, as intervention effects are likely to be enhanced because of the mutual reciprocal associations between these three variables.

© 2019 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Relação longitudinal entre a coordenação motora e as medidas de gordura e aptidão física da infância à adolescência

Resumo

Objetivos: Examinar as relações longitudinais (sete anos) entre a aptidão cardiorrespiratória (VO_2 pico), gordura corporal e coordenação motora.

Método: Os dados foram coletados como parte do *Copenhagen School Child Intervention Study (CoSCIS)*. A gordura corporal foi avaliada pela soma de quatro dobras cutâneas. O VO_2 pico foi medido diretamente em um protocolo de corrida contínua. A coordenação motora foi avaliada com o teste de coordenação corporal para crianças (*Körperkoordination für Kinder – KTK*). Usamos modelos lineares mistos multiníveis para avaliar a associação longitudinal recíproca entre a gordura corporal, o VO_2 pico e a coordenação motora. Todas as regressões foram estratificadas por sexo e ajustadas para intervenção e estado puberal. Todos os coeficientes das variáveis foram padronizados.

Resultados: Observamos uma relação recíproca entre a coordenação motora e a gordura corporal. As crianças com maior coordenação motora no início do estudo apresentaram menor risco de ter maior nível de gordura corporal ($\beta_{meninos} = -0,45$, IC de 95%: -0,52: -0,38; $\beta_{meninas} = -0,35$, IC de 95%: -0,42: -0,28) e maior VO_2 pico ($\beta_{meninos} = 0,34$, IC de 95%: 0,27: 0,40; $\beta_{meninas} = 0,27$, IC de 95%: 0,20: 0,33). Por outro lado, maior nível de gordura corporal ou menores níveis de VO_2 pico no início do estudo foram associados a menor coordenação motora durante a infância. **Conclusões:** Esses dados sugerem que a coordenação motora, gordura corporal e VO_2 pico demonstram relações recíprocas durante a infância (6-13 anos). São recomendadas intervenções que abordem a coordenação motora, a aptidão cardiorrespiratória e a gordura corporal na primeira infância, pois os efeitos da intervenção são provavelmente maiores devido às associações recíprocas mútuas entre essas três variáveis.

© 2019 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

A coordenação motora (CM) é indispensável para muitas tarefas funcionais e intencionais na vida cotidiana, nos esportes e em atividades recreativas. Juntamente com a força e a energia, a CM reflete a função cooperativa dos sistemas nervosos central e periférico e do sistema musculoesquelético.¹ Uma pesquisa recente demonstrou forte comprovação das associações entre a CM e aptidão cardiorrespiratória,^{2,3} status do peso corporal^{2,3} e atividade física,^{3,4} sugeriu-se que a CM pode ter um importante impacto sobre a saúde das crianças.^{3,5}

Associações entre a CM e o status do peso corporal são observadas ainda na primeira infância (cinco anos)^{6,7} e continua até o início da vida adulta.⁸ Especificamente, Lopes et al.⁹ e D'Hondt et al.⁷ analisaram as associações transversais entre a CM e o status do peso em crianças entre 6-14 e 5-12 anos, respectivamente, e notaram que as crianças com maiores escores de CM já demonstraram menor IMC aos 5-6 anos. Além disso, a força inversa das associações entre a

CM e o IMC se tornou maior com o avanço da idade. Fransen et al.¹⁰ observaram o mesmo fenômeno com dados longitudinais de dois anos. É importante dizer que, neste estudo, as associações entre a CM e o IMC não foram mediadas por atividade física.¹⁰ Os dados dos estudos anteriormente mencionados e de outros corroboram indiretamente um modelo heurístico que propõe que a CM e o status do peso corporal demonstrarão relações recíprocas durante a infância, com aumento das forças das associações durante a infância.^{5,11}

O modelo também propõe que a CM e os aspectos da aptidão física relacionada à saúde (ou seja, resistência cardiorrespiratória, força/resistência muscular) demonstrarão as mesmas relações recíprocas durante a infância. Artigos de revisão recentes geralmente corroboram essas opiniões.^{2,3,5} A aptidão cardiorrespiratória está sistematicamente correlacionada à CM em crianças e adolescentes e uma análise sistemática recente de 12 dos 12 estudos demonstrou associações positivas entre a CM e a aptidão cardiorrespiratória.² O desenvolvimento da CM bruta promove postura ereta independente e locomoção

na primeira infância, que parece influenciar a melhoria inicial da aptidão cardiorrespiratória nas crianças¹¹ por meio da natureza repetitiva da exploração dos movimentos (por exemplo, engatinhar, andar). Hands¹² e Cairney & Veldhuizen¹³ observaram que as crianças com atraso motor apresentaram menor desempenho de aptidão cardiorrespiratória em comparação com os pares com maior nível de coordenação motora bruta e a diferença continuou após dois a cinco anos de acompanhamento.

Apesar de os dados transversais e longitudinais mencionados fornecerem forte comprovação das associações inversas consistentes entre a CM e o status do peso e das associações positivas entre a CM e a aptidão cardiorrespiratória, um caminho antecedente/consequente entre essas variáveis ainda não está claro. Recentemente, Robinson et al.⁵ compilaram a literatura que investigou o possível impacto da CM sobre os fatores relacionados à saúde. Em resumo, os autores observaram que a aptidão cardiorrespiratória (positivamente) e a gordura (negativamente) estavam longitudinalmente associadas à CM durante a infância. Contudo, a possível associação recíproca entre a CM e a aptidão física e a gordura não foi totalmente abordada.

É importante testar se as relações entre a CM, a aptidão cardiorrespiratória e a gordura são recíprocas para fornecer conhecimento para intervenções mais bem-sucedidas que visem a aumentar os níveis de CM e aptidão física e reduzir a gordura na infância e adolescência. Essas comprovações também podem ajudar os órgãos reguladores na criação de políticas para essa população. Para fornecer um entendimento mais abrangente das relações de longo prazo entre os componentes relacionados à saúde da CM, aptidão cardiorrespiratória e gordura, analisamos as associações longitudinais (período de sete anos da infância ao início da adolescência) entre aptidão física (VO_2 pico), gordura (soma de quatro dobras cutâneas) e níveis de CM e a possível natureza recíproca dessas associações. Mais especificamente, avaliamos os pontos fortes das relações entre essas variáveis com o passar do tempo.

Material e métodos

Este estudo teve como base uma análise longitudinal dos dados do Estudo de Intervenção Infantil da Escola de Copenhague (CoSCIS), que teve início em 2001. As crianças que frequentam aulas pré-escolares em duas comunidades na área de Copenhague (46 turmas em idade pré-escolar em 18 escolas) foram recrutadas para participar do estudo. A CoSCIS é um estudo de intervenção longitudinal controlado que envolveu 18 escolas públicas (10 intervenções e oito controles) em dois subúrbios de Copenhague. A autoridade local de Ballerup decidiu atualizar as oportunidades de atividade física para suas crianças mais novas em idade escolar e entrou em contato com o grupo de pesquisa para quantificar e medir o efeito dessa intervenção. A intervenção foi então planejada em cooperação entre a autoridade local de intervenção e os pesquisadores. Todas as crianças das 46 turmas em idade pré-escolar (seis e sete anos) nas escolas nas duas autoridades locais foram convidadas a participar.¹⁴ O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade de Copenhague (referência KA00011gm).

O consentimento informado por escrito foi obtido dos pais/responsáveis de 706 crianças (69% da população) e 696 delas de fato participaram do estudo no início. A intervenção durou três anos e nenhuma variável principal examinada nesse estudo foi afetada pela intervenção.¹⁴ As crianças foram acompanhadas novamente em 2006 aos 13 anos.

Como a metodologia completa foi publicada anteriormente,¹⁴ a metodologia desse estudo apresenta somente as variáveis de interesse. As dobras cutâneas bicipital, tricípital, subescapular e supraílica foram medidas no lado autodeclarado não dominante do corpo pelos mesmos dois pesquisadores qualificados com um adipômetro Harpende (Harpende, West Sussex, Inglaterra) e a gordura foi calculada como a soma das quatro dobras cutâneas (S4DC). A aptidão cardiorrespiratória (VO_2 pico) foi avaliada com um protocolo de corrida contínua em uma esteira até exaustão. O VO_2 pico foi medido diretamente em um Sistema de Teste da Função Cardiopulmonare AMIS 2001 (Innovision, Odense, Dinamarca) nas idades de seis e nove anos e com o uso de um sistema metabólico portátil K4b2 da Cosmed (Cosmed, Roma, Itália) aos 13 anos. Os dois sistemas fornecem medição válida do VO_2 quando validados com relação ao método de saco de Douglas.¹⁵⁻¹⁷ Dos nove aos 13 anos, o estado puberal foi perguntado com o uso da escala de Tanner¹⁸ de fotos de seios para meninas e desenvolvimento genital para os meninos.

A CM foi avaliada com o *Körperkoordinationstest für Kinder* (KTK), uma bateria de testes alemã de normas padronizadas.¹⁹ O KTK apresentou alta confiabilidade teste-reteste (0,90 a 0,97).¹⁹ O KTK consiste em quatro testes independentes: (1) andar para trás em uma trave de equilíbrio de diferentes larguras: 6,0, 4,5, e 3,0 cm (KTK_{trave}), (2) mover-se lateralmente sobre plataformas por 20 segundos ($KTK_{plataforma}$), (3) saltos monopodais em altura (KTK_{saltom}) e (4) saltos laterais com os dois pés juntos por 15 segundos (KTK_{saltol}).

A bateria de testes KTK foi usada em vários estudos para avaliar os níveis de desempenho da CM em crianças e adolescentes em desenvolvimento normal até 15 anos.^{20,21} O escore do desempenho bruto em cada item foi resumido e padronizado em escores z (escore z de KTK) para avaliar a associação longitudinal entre S4DC, VO_2 pico e CM.

Em todas as análises, usamos a versão 13.0 do *software* Stata (StataCorp, College Station, TX, EUA). Fizemos regressões lineares multiníveis para avaliar a associação longitudinal recíproca entre VO_2 pico, S4DC e CM e como essa possível associação longitudinal recíproca se desenvolveria com o passar do tempo. Portanto, analisamos se o VO_2 pico e a S4DC (exposições) influenciam o desenvolvimento da CM (resultado) e se a CM (exposição) afeta o desenvolvimento do VO_2 pico e da S4DC (resultados). Observe que as regressões lineares multiníveis independentes foram desenvolvidas para avaliar as relações entre a CM e o VO_2 pico e entre a CM e a S4DC. Portanto, o VO_2 pico e a S4DC não estavam nos mesmos modelos de regressão. Apresentamos os coeficientes β padronizados para cada tempo de teste (resultados em números) e a relação longitudinal geral por sete anos de acompanhamento (resultados em texto), ambos fornecem os mesmos modelos multiníveis.

Tabela 1 Média (DP) das características físicas e motoras dos participantes por idade e sexo

	Todos			Meninos			Meninas		
	6 anos	9 anos	13 anos	6 anos	9 anos	13 anos	6 anos	9 anos	13 anos
n	696	615	442	369	323	231	327	292	211
Idade (anos)	6,75 (0,37)	9,59 (1,07)	13,35 (0,34)	6,81 (0,37)	9,59 (1,31)	13,39 (0,34)	6,67 (0,35)	9,58 (0,71)	13,31 (0,33)
Escore KTK	119,18 (27,66)	195,17 (34,64)	249,40 (29,41)	120,07 (28,42)	194,77 (34,89)	251,37 (29,88)	118,18 (26,79)	195,62 (34,42)	247,26 (28,81)
VO ₂ pico ^a (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	46,71 (5,97)	49,06 (7,14)	49,27 (8,69)	48,45 (5,93)	51,80 (6,81)	53,18 (8,37)	44,75 (5,38)	45,93 (6,15)	45,17 (6,96)
S4DC ^a (mm)	26,62 (9,97)	33,56 (16,46)	34,93 (16,83)	24,35 (8,95)	30,13 (14,52)	31,63 (16,96)	29,18 (10,43)	37,37 (17,62)	38,54 (15,93)

KTK, *Körperkoordinationstest für Kinder*; S4DC, soma das quatro dobras cutâneas.

^a Diferença significativa de $p < 0,05$ entre meninos e meninas em todas as idades.

Os coeficientes β padronizados são apresentados para ajudar os leitores a compararem a força entre os coeficientes. Essa abordagem foi usada anteriormente.²² As crianças com informações ausentes em um dos três pontos de medição foram incluídas nas análises. A estrutura de dados hierárquicos foi considerada com os alunos em turmas e as turmas nas escolas (efeitos aleatórios). As regressões foram ajustadas por grupo (Intervenção; Controle) e estado puberal (pré-púbere, puberdade inicial e puberdade). Todas as análises foram estratificadas por sexo (meninos e meninas).

Em todos os modelos de regressão multinível calculamos a variação relacionada aos blocos (escola e turmas na escola) e o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) de cada modelo para interpretar a variação entre as turmas na escola, as turmas e os indivíduos.^{23,24} Em todos os modelos de regressão, a maior parte do coeficiente de variação (CCI) teve como base o nível do indivíduo (o CCI conjugado das escolas e das turmas sempre ficou abaixo de 5%). Todos os modelos de regressão foram testados para linearidade entre as variáveis dependentes e independentes; normalidade dos resíduos da equação de regressão; e igualdade de variação dos resíduos da equação.

Resultados

A maior parte dos meninos aos nove anos estava nos estágios iniciais de desenvolvimento de genitália (95,4% no Estágio 1 e 4,6% no Estágio 2). Aos 13 anos, a maior parte dos meninos se autocaracterizou como Estágio 3 do desenvolvimento de genitália (45,7%), seguido do Estágio 4 (40,3%), Estágios 2 e 5 (6,3% cada) e Estágio 1 (1,4%). Aos nove anos, 54,7% das meninas se reconheceram como no Estágio 1 com relação a seu desenvolvimento das mamas, ao passo que 40,4% relataram estar no Estágio 2 e 4,9% relataram estar no Estágio 3. Aos 13 anos, a maior parte das meninas se autocaracterizou como Estágio 4 (55,3%), 23,3% relataram estar no Estágio 3, 15,2% relataram estar no Estágio 5, 5,7% relataram estar no Estágio 2 e 0,5% relatou estar no Estágio 1.

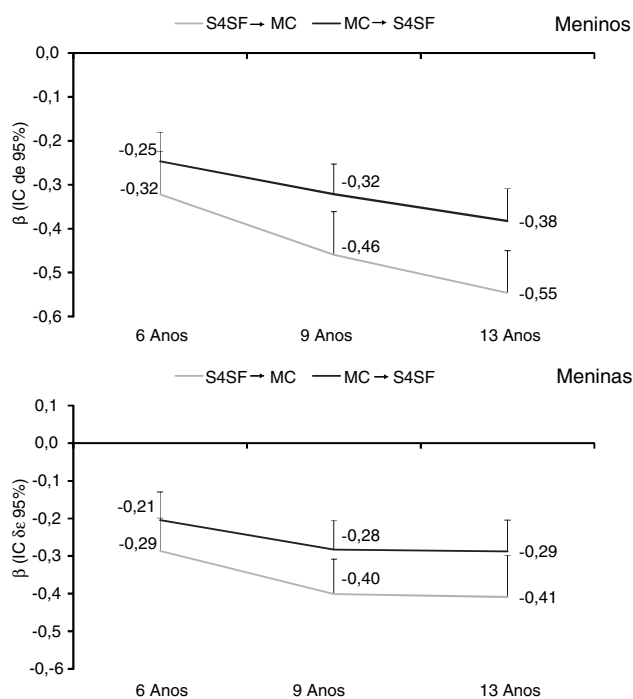
A **tabela 1** apresenta as características físicas e motoras dos participantes em cada idade monitorada. Foram observadas diferenças em VO₂ pico e S4DC entre os meninos e as meninas em todas as faixas etárias.

Relação longitudinal recíproca entre CM e S4DC

Os resultados que indicaram CM e S4DC demonstraram uma influência recíproca entre si em todas as faixas etárias para meninos e meninas. Para meninos e meninas, a S4DC apresentou forte associação no desenvolvimento da CM ($\beta_{\text{meninos}} = \text{escores } z -0,45$, IC de 95%: $-0,52; -0,38$; $\beta_{\text{meninas}} = \text{escores } z -0,35$, IC de 95%: $-0,42; -0,28$), em oposição a CM com influência sobre o desenvolvimento da S4DC ($\beta_{\text{meninos}} = \text{escores } z -0,31$, IC de 95%: $-0,36; -0,26$; $\beta_{\text{meninas}} = \text{escores } z -0,26$, IC de 95%: $-0,31; -0,20$). Avaliamos também a forte da associação longitudinal entre CM e S4DC com o passar do tempo. Para meninos, a força da associação entre a CM e a S4DC aumentou nos pontos de tempo do acompanhamento, independentemente da direção analisada. Para as meninas, pudemos observar um aumento na forte da associação dos seis a nove anos e manutenção da força da associação dos nove aos 13 anos, independentemente da direção analisada (**fig. 1**).

Relação longitudinal recíproca entre CM e VO₂ pico

Independentemente do sexo, a CM e o VO₂ pico também demonstraram relações recíprocas com o passar do tempo. Embora para meninos, a CM demonstrou forte influência sobre o VO₂ pico ($\beta_{\text{meninos}} = \text{escores } z 0,34$, IC de 95%: $0,27; 0,40$), em oposição à influência do VO₂ pico sobre o desenvolvimento da CM ($\beta_{\text{meninas}} = \text{escores } z 0,24$, IC de 95%: $0,18; 0,30$). E para as meninas, os resultados não demonstraram um efeito diferencial marcado de uma variável sobre o desenvolvimento da outra variável com o passar do tempo (VO₂ pico \rightarrow CM; $\beta_{\text{meninas}} = \text{escores } z 0,25$, IC de 95%: $0,18; 0,32$) (CM \rightarrow VO₂ pico; $\beta_{\text{meninas}} = \text{escores } z 0,27$, IC de 95%: $0,20; 0,33$). Ao avaliar o padrão das associações entre CM e VO₂ pico durante os pontos de tempo em meninos, independentemente da direção analisada, foi possível observar um aumento na força da associação de seis a nove anos e uma manutenção posterior aos 13 anos. Para as meninas, a força que a CM teve sobre o desenvolvimento do VO₂ pico foi relativamente estável durante o período de acompanhamento ($0,24 \leq \beta \leq 0,30$). Por outro lado, o impacto do VO₂ pico sobre a CM aumentou dos seis aos nove anos e estabilizou dos nove aos 13 anos (**fig. 2**).



S4SF, sum the four skinfolds; MC, motor competence.

Figura 1 Estimativas de parâmetros da inclinação para associação entre S4DC e CM aos seis, nove e 13 anos. Legenda: a) Linha verde: S4DC (Exposição) e CM (Resultado); b) Linha preta: CM (Exposição) e S4DC (Resultado). Ajustado para: Grupo (Intervenção; Controle) e estado puberal (pré-púbere, puberdade inicial e puberdade).

Discussão

De modo geral, observamos uma relação recíproca entre a CM das crianças com S4DC e VO₂ pico durante o período de acompanhamento de sete anos (6-13 anos). As crianças com menor nível de desempenho da CM no início do estudo apresentaram maior risco de ter maior nível de S4DC e menor nível de VO₂ pico durante a infância. Por outro lado, o maior nível de S4DC ou menores níveis de VO₂ pico no início do estudo foram associados ao menor desenvolvimento da CM com o passar do tempo. Exceto a relação longitudinal estável entre CM e VO₂ pico para meninas, a força da associação entre CM e S4DC e VO₂ pico aumentou de seis para nove anos e, então, passou a ser estável dos nove aos 13 anos em meninos e meninas, independentemente da direção analisada (CM → S4DC, S4DC → CM; CM → VO₂ pico, VO₂ pico → CM).

Este é o primeiro estudo de acompanhamento de longo prazo (sete anos) da possível relação recíproca entre CM e S4DC que também avaliou a força da associação com o passar do tempo. Robinson et al.⁵ também observaram a falta de literatura com relação a esses importantes achados de desenvolvimento e, assim, esses dados acrescentam informações para a literatura existente nessa área. Como a maior parte dos estudos anteriores que abordam essas variáveis usou o IMC como sua avaliação do estado de obesidade, o uso das dobras cutâneas no presente estudo forneceu uma medição mais válida da gordura corporal da infância

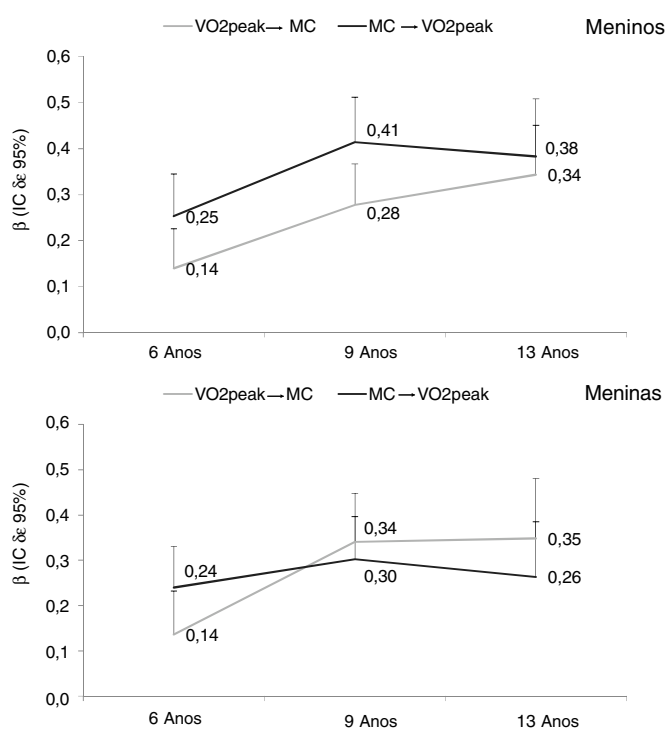


Figura 2 Estimativas de parâmetros da inclinação para associação entre VO₂ pico e CM aos seis, nove e 13 anos. Legenda: a) Linha verde: VO₂ pico (Exposição) e CM (Resultado); b) Linha preta: CM (Exposição) e VO₂ pico (Resultado). Ajustado para: Grupo (Intervenção; Controle) e estado puberal (pré-púbere, puberdade inicial e puberdade).

à adolescência e o IMC se tornou uma medida menos válida de obesidade.²⁵ Os dados atuais aumentaram o período de tempo dos dados longitudinais de quatro anos publicados por Lopes et al.,²¹ que também observaram que as crianças com maior nível de CM no início do estudo mostraram menor gordura corporal com o passar do tempo, conforme medido pela soma das dobras cutâneas. De modo geral, a relação mútua entre a CM e a gordura corporal durante a infância sugere a necessidade de estudo consistente, por meio da intervenção em ambos os fatores para potencializar os efeitos da intervenção.

O presente estudo corrobora parcialmente o modelo heurístico proposto por Stodden et al.,¹¹ que hipotetiza que a CM e o status do peso corporal demonstrarão relações recíprocas durante a infância, com aumento da força das associações durante a infância. É claro que crianças mais pesadas enfrentam problemas para ser ativas e desenvolver sua CM, em comparação com seus pares com peso normal. Por outro lado, as crianças que demonstram menor CM demonstram menos sucesso e prazer em muitas atividades apropriadas para o desenvolvimento (por exemplo, esporte e jogos); assim, elas são menos propensas a continuar a participar de atividades que inerentemente exigem várias formas de CM.¹¹ Isso prejudica ainda mais o desenvolvimento da CM e a participação em atividades físicas e promove trajetórias de desenvolvimento negativo da CM, status do peso e aptidão física.²⁶ De fato, foi possível observar associações recíprocas entre a S4DC e a CM, que se tornaram mais fortes com o passar do tempo (meninos:

aumento de todo o período de monitoramento) ou continuaram estáveis (meninas: aumentou até os nove anos, com estabilização posterior), o que pode significar que intervenção bem-sucedida, com foco no ganho de peso saudável (ou seja, nutrição e atividade física), e baixos níveis de CM em crianças novas podem ter maior impacto mantido durante a infância.²⁶

Obviamente, a resistência cardiovascular das crianças está relacionada ao estado de peso ou da CM. A relação recíproca demonstrada entre a CM e a resistência cardiovascular demonstra parcialmente esse efeito. Poucos estudos analisaram a associação entre a CM e o nível de aptidão física longitudinalmente,^{2,12,27} porém, no melhor de nosso conhecimento, nenhum analisou se a CM e o VO₂ pico influenciavam mutuamente seu desenvolvimento durante a infância. Em especial, a maior parte dos estudos somente analisou a influência da CM sobre a aptidão física.⁵ É mostrado que menor nível de CM influencia negativamente o desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória.^{10,12,28} Em um estudo de acompanhamento de seis anos (crianças com 10 anos no início do estudo), Barnett et al.²⁷ observaram que a CM no início do estudo consegue mostrar o nível de aptidão física em crianças australianas. Complementarmente, a competência esportiva percebida mediava essa relação. Foi interessante observar que, segundo nossos dados, a CM sugere impacto mais forte sobre o desenvolvimento do VO₂ pico que a causalidade reversa dos seis aos nove anos. Contudo, dos nove aos 13 anos ou para meninas, os modelos de regressão não demonstraram fortes relações de nenhuma direção. De acordo com nossos resultados, a capacidade de participar de várias atividades diferentes que exigem níveis adequados de CM provavelmente gera mais oportunidades de ser fisicamente ativo, leva, assim, a maior nível de aptidão cardiorrespiratória e menor gordura corporal.¹¹ Posteriormente, o maior nível de aptidão cardiorrespiratória permitia uma participação mais duradoura e maior chance de desenvolver melhor CM.¹¹

Em especial, o diferente padrão das relações entre MC, S4DC e VO₂ pico para meninos e meninas pode ser parcialmente explicado por seu estado puberal. Como a CM, S4DC e VO₂ pico não diferiram para meninos e meninas devido aos efeitos da observação inicial, que foi feita dos seis aos nove anos¹⁴ e na qual as meninas atingiram estado puberal mais rapidamente do que os meninos, é possível que o desenvolvimento físico fosse influenciado por seu estado de maturação. Além disso, o fato de que as meninas reduzem sua participação em atividades físicas antes que os meninos também pode influenciar o padrão das relações entre CM, S4DC e VO₂ pico.²⁹

Este estudo teve algumas limitações que foram consideradas na interpretação dos resultados. Este estudo longitudinal fez parte de um projeto de intervenção e alguns resultados podem ser influenciados pela intervenção; contudo, este estudo apresentou um acompanhamento de quatro anos após o término da intervenção e as análises foram ajustadas para o grupo (intervenção, controle). Além disso, a intervenção não influencia o desenvolvimento da CM, do VO₂ pico ou da S4DC.¹⁴ Os estudos longitudinais fornecem inferências valiosas sobre os mecanismos antecedentes/consequentes; contudo, uma comprovação da causalidade reafirmaria a comprovação experimental. Algumas das diferenças nas associações entre meninos e meninas

podem ser explicadas pelas diferenças no estado puberal. Outra limitação é o fato de que a nutrição/dieta e o nível de prática de atividade física dos participantes não foram considerados no estudo, que podem ter influenciado as variáveis.

O desenvolvimento das trajetórias da CM, S4DC e VO₂ pico da infância à adolescência (6-13 anos) parece resultar de mecanismos recíprocos. Parece lógico que as intervenções devam abordar a CM, aptidão cardiorrespiratória e outros fatores associados à gordura corporal no início da infância, pois os efeitos da intervenção precoce provavelmente serão melhores, devido às associações recíprocas e possivelmente sinérgicas entre essas três variáveis com o passar do tempo. Conforme observado pelo aumento da força das associações nos pontos de tempo ou no mínimo em um ponto de tempo longitudinal, promover CM, aptidão física e estado de peso saudável no início da infância pode promover trajetórias comportamentais positivas dessas variáveis da infância à adolescência.

Financiamento

Bolsa de Estudos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), nº 1361/13-9, *The Danish Heart Foundation and TrygFonden*.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

A todas as crianças e seus parentes que participaram do estudo, aos diretores e professores e aos políticos e funcionários nas autoridades locais de Ballerup e Tårnby.

Referências

1. Katartzis E, Gantiraga E, Papadopoulos C, Komsis G. The relationship between specific strength components of lower limbs and vertical jumping ability in school-aged children. *J Hum Mov Stud*. 2005;48:227-43.
2. Cattuzzo MT, dos Santos RH, Ré AH, de Oliveira IS, Melo BM, de Sousa MM, et al. Motor competence and health related physical fitness in youth: a systematic review. *J Sci Med Sport*. 2016;19:123-9.
3. Lubans DR, Morgan PJ, Cliff DP, Barnett LM, Okely AD. Fundamental movement skills in children and adolescents. *Sport Med*. 2010;40:1019-35.
4. Holfelder B, Schott N. Relationship of fundamental movement skills and physical activity in children and adolescents: a systematic review. *Psychol Sport Exerc*. 2014;15:382-91.
5. Robinson LE, Stodden DF, Barnett LM, Lopes VP, Logan SW, Rodrigues LP, et al. Motor competence and its effect on positive developmental trajectories of health. *Sports Med*. 2015;45:1273-84.
6. Hondt DE, Deforche B, De Bourdeaudhuij I, Lenoir M. Relationship between motor skill and body mass index in 5- to 10-year-old children. *Adapt Phys Act Q*. 2009;26:21-37.
7. D'Hondt E, Deforche B, Vaeyens R, Vandorpe B, Vandendriessche J, Pion J, et al. Gross motor coordination in relation to weight status and age in 5- to 12-year-old boys and girls: a cross-sectional study. *Int J Pediatr Obes*. 2011;6:e556-64.

8. Stodden D, Langendorfer S, Robertson MA. The association between motor skill competence and physical fitness in young adults. *Res Q Exerc Sport*. 2009;80:223–9.
9. Lopes VP, Stodden DF, Rodrigues LP. Weight status is associated with cross-sectional trajectories of motor co-ordination across childhood. *Child Care Health Dev*. 2014;40:891–9.
10. Franssen J, Deprez D, Pion J, Tallir IB, D'Hondt E, Vaeyens R, et al. Changes in physical fitness and sports participation among children with different levels of motor competence: a 2-year longitudinal study. *Pediatr Exerc Sci*. 2014;26:11–21.
11. Stodden DF, Goodway JD, Langendorfer SJ, Robertson MA, Rudisill ME, Garcia C, et al. A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: an emergent relationship. *Quest*. 2008;60:290–306.
12. Hands B. Changes in motor skill and fitness measures among children with high and low motor competence: a five-year longitudinal study. *J Sci Med Sport*. 2008;11:155–62.
13. Cairney J, Veldhuizen S. Is developmental coordination disorder a fundamental cause of inactivity and poor health-related fitness in children? *Dev Med Child Neurol*. 2013;55:55–8.
14. Bugge A, El-Naaman B, Dencker M, Froberg K, Holme IM, McMurray RG, et al. effects of a three-year intervention: the Copenhagen School Child Intervention Study. *Med Sci Sport Exerc*. 2012;44:1310–7.
15. Eiberg S, Hasselstrom H, Grønfeldt V, Froberg K, Svensson J, Andersen LB. Maximum oxygen uptake and objectively measured physical activity in Danish children 6–7 years of age: the Copenhagen school child intervention study. *Br J Sports Med*. 2005;39:725–30.
16. McLaughlin JE, King GA, Howley ET, Bassett DR Jr, Ainsworth BE. Validation of the COSMED K4 b2 Portable Metabolic System. *Int J Sports Med*. 2001;22:280–4.
17. Jensen K, Jørgensen S, Johansen L. A metabolic cart for measurement of oxygen uptake during human exercise using inspiratory flow rate. *Eur J Appl Physiol*. 2002;87:202–6.
18. Tanner JM. Normal growth and techniques of growth assessment. *Clin Endocrinol Metab*. 1986;15:411–51.
19. Kiphard E, Schilling F. *Körperkoordinationstest für Kinder 2. Beltz Test*. Göttingen, Germany: Überarbeitete und ergänzte Auflage; 2007.
20. D'Hondt E, Deforche B, Gentier I, De Bourdeaudhuij I, Vaeyens R, Philippaerts R, et al. A longitudinal analysis of gross motor coordination in overweight and obese children versus normal-weight peers. *Int J Obes (Lond)*. 2013;37:61–7.
21. Lopes VP, Maia JA, Rodrigues LP, Malina R. Motor coordination, physical activity and fitness as predictors of longitudinal change in adiposity during childhood. *Eur J Sport Sci*. 2012;12:384–91.
22. Lima RA, Pfeiffer KA, Bugge A, Møller NC, Andersen LB, Stodden DF. Motor competence and cardiorespiratory fitness have greater influence on body fatness than physical activity across time. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27:1638–47.
23. Goldstein H, Browne W, Rasbash J. Partitioning variation in multilevel models. *Underst Stat*. 2002;1:223–31.
24. Merlo J, Chaix B, Ohlsson H, Beckman A, Johnell K, Hjerpe P, et al. A brief conceptual tutorial of multilevel analysis in social epidemiology: using measures of clustering in multilevel logistic regression to investigate contextual phenomena. *J Epidemiol Commun Health*. 2006;60:290–7.
25. D'Hondt E, Deforche B, Gentier I, Verstuyf J, Vaeyens R, De Bourdeaudhuij I, et al. A longitudinal study of gross motor coordination and weight status in children. *Obesity*. 2014;22:1505–11.
26. Rodrigues LP, Stodden DF, Lopes VP. Developmental pathways of change in fitness and motor competence are related to overweight and obesity status at the end of primary school. *J Sci Med Sport*. 2016;19:87–92.
27. Barnett LM, Morgan PJ, van Beurden E, Beard JR. Perceived sports competence mediates the relationship between childhood motor skill proficiency and adolescent physical activity and fitness: a longitudinal assessment. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008;5:40.
28. Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, Faught BE. Trajectories of cardiorespiratory fitness in children with and without developmental coordination disorder: a longitudinal analysis. *Br J Sports Med*. 2011;45:1196–201.
29. Committee on Physical Activity and Physical Education in the School Environment; Food and Nutrition Board; Institute of Medicine. In: Kohl H, Cook H, editors. *Educating the student body: taking physical activity and physical education to school*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2013.