

Aerobic fitness of children and adolescents

Aptidão aeróbica de crianças e adolescentes

Neil Armstrong*

A aptidão aeróbica pode ser definida como a habilidade de fornecer oxigênio aos músculos e de utilizá-lo para gerar energia durante os exercícios. A aptidão aeróbica depende, portanto, dos componentes pulmonares, cardiovasculares e hematológicos do fornecimento de oxigênio e dos mecanismos oxidativos do músculo em exercício. O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), a taxa mais alta de oxigênio que um indivíduo consegue consumir durante um exercício, é amplamente reconhecido como a melhor medida da aptidão aeróbica¹. Entretanto, embora o $VO_{2máx}$ limite o desempenho do exercício aeróbico, ele não descreve totalmente todos os aspectos da aptidão aeróbica. Exercícios de intensidade e duração necessárias para atingir o $VO_{2máx}$ são raramente realizados por jovens e períodos típicos de atividade física são submáximos e de curta duração². Nessas circunstâncias, é a cinética transitória do VO_2 que melhor avalia a resposta integrada do sistema de fornecimento de oxigênio e os requisitos metabólicos do músculo em exercício. A constante de tempo da resposta cinética do VO_2 ao exercício em um indivíduo jovem não está relacionada ao $VO_{2máx}$ ³. Além disso, o $VO_{2máx}$ não é nem a melhor medida da habilidade de realizar exercício submáximo nem o método mais sensível para monitorar os avanços da aptidão aeróbica através de treinamento. Apesar de suas origens no metabolismo aeróbico, o acúmulo de lactato no sangue é um bom indicador da aptidão aeróbica submáxima e uma forma de detectar melhoras na capacidade oxidativa do músculo através de treinamento na ausência de alterações no $VO_{2máx}$ ³. Todavia, o $VO_{2máx}$ é a medida mais difundida da aptidão aeróbica em indivíduos jovens e, portanto, meu enfoque será sobre essa variável.

Robinson⁴ publicou o primeiro estudo laboratorial sobre o $VO_{2máx}$ de meninos em 1938 e Astrand⁵ relatou o $VO_{2máx}$ de meninos e meninas em 1952, embora a avaliação e

interpretação do $VO_{2máx}$ em jovens ainda gerem controvérsias. O critério convencional para a obtenção do $VO_{2máx}$ durante um teste de exercício é a estabilização ou platô no VO_2 a despeito do aumento na intensidade do exercício, porém há mais de 50 anos atrás, Astrand⁵ demonstrou que essa resposta não é típica da maioria das crianças e adolescentes. Tornou-se mais comum usar então o termo pico de VO_2 , o VO_2 mais alto obtido durante um teste de exercício progressivo até a exaustão, para descrever a aptidão aeróbica de jovens. Se em um teste de exercício progressivo, o jovem apresentar sintomas claros de cansaço, acompanhado de uma frequência cardíaca de mais ou menos 200 batidas por minuto⁻¹ e uma razão de troca respiratória > 1.0, pode-se considerar um esforço máximo e o pico de VO_2 reflete os limites da aptidão aeróbica⁶. O pico de VO_2 é uma variável robusta com reprodutibilidade

em três testes com um intervalo de 1 semana entre cada um de aproximadamente 4%, que é comparável à reprodutibilidade da avaliação do $VO_{2máx}$ em adultos⁷.

Os dados sobre o pico de VO_2 encontram-se disponíveis para crianças a partir dos 3 anos de idade, mas os estudos são difíceis de interpretar e são geralmente limitados pelo pequeno tamanho amostral, ausência de critérios objetivos para o término do exercício, e uma tendência ao relato apenas de dados de massa. A base de dados sobre indivíduos com idade entre 8 e 16 anos é mais segura, e achados de estudos transversais indicam um aumento quase linear no pico de VO_2 ($L \cdot \text{min}^{-1}$) dos meninos em relação à idade. Dados sobre as meninas revelam uma tendência semelhante, mas com uma tendência de estabilização ao redor dos 14 anos de idade. Há poucos estudos longitudinais, mas eles geralmente refletem os achados dos estudos transversais. Os dados dos meninos mostram um aumento gradual dos 8 até e acima dos 16 anos com os maiores aumentos anuais entre as idades de 13 e 15 anos. Os dados das meninas são menos consistentes e o pico de VO_2 parece aumentar progressivamente até a idade de 13 anos e então estabilizar na idade de 14 anos. Os meninos apresentam maior pico de VO_2 que as meninas pré-púberes, e acima da faixa etária de 8-16 anos, os valores dos meninos aumentam em mais ou menos 150% e o das meninas em aproximadamente 80%³.

O pico de VO_2 está altamente correlacionado à massa corporal, e pesquisadores têm convencionalmente "contro-

**Veja artigo relacionado
na página 426**

* Professor, University of Exeter, Exeter, UK. Director, Children's Health and Exercise Research Centre, University of Exeter, Exeter, UK.

Como citar este artigo: Armstrong N. Aerobic fitness of children and adolescents. *J Pediatr* (Rio J). 2006;82:406-8.

doi:10.2223/JPED.1571

lado” para o crescimento dividindo o pico de VO_2 pela massa corporal e expressando-o como a razão de mililitros de oxigênio por kg de massa corporal por minuto ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Quando o pico de VO_2 é expresso dessa forma, surge um cenário diferente daquele que é aparente quando usamos valores absolutos de pico de VO_2 (em $L \cdot min^{-1}$). Na maioria dos estudos, o pico de VO_2 em massa dos meninos tem se mostrado significativamente estável acima da faixa etária de 8-16 anos com valores próximos de $48-50 mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, enquanto que os valores das meninas diminuem com a idade, aproximadamente $45-35 mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Os meninos apresentam maior pico de VO_2 relacionados à massa na infância e adolescência que as meninas, com a diferença entre os sexos reiterada pelo maior acúmulo de gordura corporal pelas meninas durante a puberdade.

Entretanto, a escala de razão, em vez da remoção da influência das “sobre-escalas” de massa corporal, favorece os indivíduos magros e penaliza os mais gordos. Esse efeito pode ser claramente demonstrado correlacionando-se a variável com escala de razão (pico de VO_2 em $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) com a variável original de massa corporal. Se a escala remove o efeito da massa corporal, a relação entre essas duas variáveis não deverá ser significativamente diferente de zero. Vários estudos revelaram que não é esse o caso, mostrando que a escala de razão não consegue produzir uma variável livre de tamanho³.

Para avaliar o efeito da escala sobre a interpretação do pico de VO_2 durante o crescimento e maturação, Welsman et al.⁸ usaram a escala de razão e alométrica (análise logarítmica de covariância) para remover os efeitos da massa corporal do pico de VO_2 em crianças, adolescentes e adultos. Nos indivíduos do sexo masculino, as análises convencionais de razão foram consistentes com os achados da literatura, não apresentando nenhuma diferença significativa entre os grupos etários. Em contrapartida, as análises alométricas apresentaram aumentos progressivos e significativos no pico de VO_2 nos grupos, indicando que com relação ao tamanho do corpo, o pico de VO_2 nos meninos aumentou durante o crescimento ao invés de permanecer estável. O pico de VO_2 nas meninas, de acordo com os dados da escala de razão, não apresentou nenhuma alteração da pré-puberdade até em torno da puberdade, mas uma redução significativa da puberdade até a idade adulta, enquanto que os dados alométricos revelaram que o pico de VO_2 das meninas aumentou consideravelmente na puberdade sem nenhum declínio subsequente na idade adulta.

O uso de alometria para dados longitudinais é complexo, mas modelos em multiníveis permitem o particionamento dos efeitos do tamanho corporal, idade e sexo simultaneamente com uma estrutura alométrica. Armstrong & Welsman⁹ usaram modelos em multiníveis para a interpretação do pico de VO_2 em indivíduos com idades entre 11 e 17 anos e basearam sua análise em 388 determinações do pico de VO_2 . Eles encontraram um aumento progressivo no pico de VO_2 com a idade em ambos os sexos, independentemente da massa corporal. A magnitude do aumento relacionado com a idade foi menor nas meninas que nos meninos, onde

a diferença entre os sexos aumentou com a idade. Esses dados desafiam a idéia convencional acerca do pico de VO_2 durante o crescimento, que foi baseado no uso da escala de razão.

À medida que as crianças crescem, elas também amadurecem e as respostas fisiológicas dos adolescentes devem ser consideradas em termos de idade biológica, bem como cronológica. Vários estudos classificaram a maturação de acordo com índices de pêlos pubianos descritos por Tanner¹⁰ e relataram que o pico de VO_2 em relação à massa corporal não está relacionado à maturação nos meninos e meninas³. Entretanto, um estudo com 176 indivíduos de 12 anos de idade demonstrou que embora o pico de VO_2 em relação à massa corporal continuasse inalterado com o estágio de maturação, quando a massa corporal foi adequadamente controlada usando-se a alometria, houve um efeito positivo significativo da maturação sobre o pico de VO_2 independentemente da massa corporal¹¹. De forma semelhante, quando os estágios 2-5 de desenvolvimento de pêlos pubianos foram introduzidos no modelo em multiníveis do pico de VO_2 de indivíduos com idades entre 11-17 anos descritos acima, houve um aumento positivo e significativo do estágio de maturação sobre o pico de VO_2 independentemente da idade e da massa corporal em ambos os sexos⁹.

Os dados descritos aqui mostram que a interpretação da aptidão aeróbica de jovens torna-se comprometida se a idade, crescimento e maturação não forem considerados adequadamente. O uso da escala de razão para ajustar diferenças em massa corporal a fim de comparar a capacidade aeróbica dentro ou entre estudos é bastante difundido, mas os dados expressos dessa forma devem ser interpretados com cuidado, já que a hipótese de que o pico de VO_2 aumenta em proporção direta à massa corporal não se sustenta. Métodos inadequados de controle da massa corporal, na verdade, atrapalham nossa compreensão de aptidão aeróbica durante o crescimento e maturação.

O artigo de Rodrigues et al.¹² publicado neste número fornece, pela primeira vez, dados rigorosamente determinados sobre os aspectos da aptidão aeróbica de brasileiros entre 10-14 anos de idade. O valioso estudo de Rodrigues et al. servirá de base para futuras pesquisas sobre um importante componente da saúde e bem-estar dos jovens brasileiros. O objetivo deste editorial é estimular o debate sobre a interpretação de dados e melhorar a compreensão acerca da aptidão aeróbica de crianças e adolescentes.

Referências

1. Astrand PO, Rodahl K. Textbook of work physiology. 2nd ed. New York: McGraw Hill; 1986.
2. Armstrong N, Balding J, Gentle P, Kirby B. Patterns of physical activity among 11 to 16 year old British children. *BMJ*. 1990;301:203-5.
3. Armstrong N. Paediatric exercise physiology. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2006.
4. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie*. 1938;10:251-323.
5. Astrand PO. Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age. Copenhagen: Munksgaard; 1952.

6. Armstrong N, Welsman J, Winsley R. Is peak VO_2 a maximal index of children's aerobic fitness? *Int J Sports Med.* 1996;17: 356-9.
7. Welsman J, Bywater K, Farr C, Welford D, Armstrong N. Reliability of peak VO_2 and maximal cardiac output assessed using thoracic bioimpedance in children. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94:228-34.
8. Welsman JR, Armstrong N, Nevill AM, Winter EM, Kirby BJ. Scaling peak VO_2 for differences in body size. *Med Sci Sports Exerc.* 1996;28:259-65.
9. Armstrong N, Welsman J. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation. *Eur J Appl Physiol.* 2001;85:546-51.
10. Tanner JM. *Growth at adolescence.* 2nd ed. Oxford: Blackwell; 1962.
11. Armstrong N, Welsman JR, Kirby BJ. Peak oxygen uptake and maturation in 12-yr-olds. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30:165-9.
12. Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. *J Pediatr (Rio J).* 2006;82:426-30.