

Métodos e aplicabilidade do gasto energético de atividade na avaliação de crianças com doenças crônicas: Revisão da Literatura

Methods and applicability of activity energy expenditure in the assessment of children: Review of the literature

Gabriela B. Q. Davoli¹, Marisa M. L. Figueiredo², Mariana A. Souza³, Ana Claudia M. Sverzut⁴

RESUMO

Modelo de estudo: Revisão da literatura. Crianças com morbidades crônicas, progressivas e/ou inabilidades funcionais são menos ativas que crianças saudáveis. As alterações metabólicas que as acometem, favorecem o aumento do gasto energético (GE). A avaliação do gasto energético de atividade (GEA) fornece dados específicos sobre a eficiência da marcha, e serve como ferramenta de auxílio na eleição das intervenções terapêuticas. O método padrão ouro de avaliação do GEA pelo consumo máximo de oxigênio (VO_2) tem sua prática limitada na rotina clínica pela complexidade de aquisição de dados e seu valor financeiro elevado. Assim, equações preditivas, baseadas na relação linear entre a frequência cardíaca (FC) e o VO_2 têm sido apontadas como alternativas simples e de fácil execução. Entretanto, os estudos científicos são heterogêneos quanto ao melhor método de obtenção das variáveis que compõem estas equações. Diante disto, este estudo objetivou realizar uma revisão da literatura apresentando os métodos mais utilizados para avaliar o GEA baseado na FC, apontando as vantagens e desvantagens, a fim de orientar sua aplicabilidade na prática clínica. Nesta revisão foram inseridos 15 estudos que analisaram diferentes tipos de (a) percurso: testes em esteiras e realizados em solo; (b) velocidade: confortável, auto selecionada e selecionada pelos autores; (c) equações preditivas e variáveis analisadas: FC, tempo, distância percorrida; (d) grupo amostral: crianças com paralisia cerebral, distrofia muscular, fibrose cística e/ou saudáveis. Da análise, conclui-se que o GEA, estimado pelo índice do gasto energético (IGE), foi prevalente entre os estudos e o seu uso foi classificado como prático e confiável. Ainda assim, alguns parâmetros metodológicos podem ser melhor aperfeiçoados em estudos futuros.

Palavras chave: Metabolismo Energético. Criança. Doenças Neuromusculares. Paralisia Cerebral. Fibrose Cística. Frequência Cardíaca.

1. Aluna de graduação do Curso de Fisioterapia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP).
2. Fisioterapeuta, Mestre e Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da FMRP-USP
3. Fisioterapeuta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional da FMRP-USP.
4. Docente do Curso de Fisioterapia, Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, FMRP-USP.

Correspondência
Ana Claudia Mattiello-Sverzut
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP
2º andar, Prédio da Fisioterapia e Terapia Ocupacional.
Avenida Bandeirantes, 3900, Campus Universitário,
14049-900, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Recebido em 03/02/2015
Aprovado em 03/06/2016

ABSTRACT

Study Design: Literature review. Children with chronic morbidities, progressive and / or functional disabilities are less active than healthy children. The metabolic changes that affect them favour increased energy expenditure (EE). The assessment of energy expenditure activity (EEA) provides specific details of the movement efficiency, and provides resources for establishing a therapeutic protocol. The gold standard for assessment of EEA by maximum oxygen uptake (VO_2) is limited in a clinical routine by the complexity of data acquisition and its high charge value. Thus, predictive equations based on the linear relationship between heart rate (HR) and VO_2 have been appointed as simple alternatives and easy to perform. However, there is no consensus about the best method to obtain the variables that compose these equations. Then, the aim of this study was to review the methods used to assess the EEA based on HR, pointing out the advantages and disadvantages in order to guide the clinical practice. In this review, 15 studies were analyzed considering (a) different types of route: tests performed on soil and mats; (b) speed: comfortable, self-selected and selected by the researchers; (c) predictive equations and variables analyzed: HR, time, distance traveled; (d) sample group: children with cerebral palsy, muscular dystrophy, cystic fibrosis and / or healthy. In general, the EEA, estimated by the energy expenditure index (EEI), was prevalent among these studies and its use has been reported as practical and reliable. Nevertheless, some methodological parameters could be improved in future studies.

Key words: Energy Metabolism. Child. Neuromuscular Diseases. Cerebral Palsy. Cystic Fibrosis. Heart Rate.

Introdução

Crianças com morbidades crônicas, progressivas e/ou inabilidades funcionais, como aquelas com fibrose cística, paralisia cerebral e distrofias musculares, são menos ativas que crianças saudáveis devido às alterações biomecânicas, cardiorrespiratórias e metabólicas que as acometem, estando mais propensas a desenvolverem uma variedade de problemas de saúde associados ao estilo de vida sedentário.^{1,2} A elevação do consumo de oxigênio, dos valores da frequência cardíaca e da razão entre o esforço e a velocidade de marcha são modificações metabólicas que irão favorecer o aumento do gasto energético (GE) durante a marcha, os quais atuam como coadjuvantes à diminuição do estímulo, empenho e habilidade das crianças na prática de atividades funcionais.³⁻⁶ Deve ser destacado, também, que o nível de deambulação durante a infância é considerado como fator preditivo para a locomoção ou atividade na adolescência e vida adulta.^{3,4} Portanto, a análise do GE durante a marcha deve ser continuamente avaliada pelo seu potencial valor terapêutico.

O GE é uma variável influenciada pela idade, gênero e peso corporal, e é subdividido em gasto energético total (GET), de repouso (GER) e de atividade (GEA). O GEA reflete o equilíbrio entre o se-

dentarismo e as atividades de vida diária, e é um dos principais componentes do GET, fornecendo dados específicos sobre a eficiência da marcha e de outros elementos cinético-funcionais.⁷⁻¹⁰ O consumo máximo de oxigênio (VO_2) representa o método padrão-ouro para avaliação do GEA.^{11,12,13} No entanto, a utilização deste método tem custo elevado e deve ser operado por profissionais especializados, além do que, é pouco suportado pelas crianças, razões pelo qual são de baixa utilização na prática clínica regular.^{14,15,16} Vários pesquisadores têm buscado alternativas de menor custo e complexidade operacional para avaliar o GEA por meio de equações preditivas como: o índice do gasto energético (IGE), o índice do gasto fisiológico (IGF), o índice do gasto total (IGT) e o índice do batimento cardíaco total (IBCT), que se baseiam na relação linear entre a frequência cardíaca (FC) e o VO_2 .^{8, 9,17,18}

Contudo, a diversidade metodológica referente às populações estudadas (crianças típicas, crianças com paralisia cerebral e crianças com distrofias musculares) e ao procedimento experimental utilizado (percurso, velocidade de caminhada, tempo do teste e de repouso) para obter as variáveis que constituem as tais equações preditivas (frequência cardíaca de marcha e/ou de repouso, distância total percorrida e velocidade média) dificultam a escolha de um método em especial em detrimento à

outro menos específico. Diante deste conjunto de fatos, e considerando a relevância da avaliação do GEA na reabilitação de crianças com morbidades crônicas incapacitantes, o objetivo desta revisão da literatura buscou explorar as vantagens e as desvantagens dos métodos mais utilizados para obtenção do gasto energético de atividade, com o intuito de auxiliar os terapeutas na eleição e aplicação do método mais apropriado à sua prática fisioterapêutica pediátrica.

Considerações metodológicas para obtenção do gasto energético de atividade

Este trabalho de revisão foi conduzido mediante as seguintes etapas: pré-seleção, seleção e leitura de artigos. Inicialmente (pré-seleção), foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases PUBMED, LILACS e SCIELO, mediante a inserção das palavras-chave: *physiological cost index children*, *energy expenditure index children*, *energy expenditure index children gait*, sendo pré-selecionados os artigos cujos títulos estavam relacionados com o tema da busca.

Os resumos dos artigos pré-selecionados foram lidos, e escolhidos aqueles cujos resumos atendiam o objetivo desta revisão (seleção). Na última etapa, foi realizada a leitura detalhada destes em busca das seguintes informações: características da amostra avaliada e metodologia utilizada para o cálculo do gasto energético. Assim, os critérios de inclusão dos artigos nesta revisão foram: realizar o cálculo do gasto energético de atividade estimado pela frequência cardíaca, avaliar crianças e/ou adolescentes, e ter especificado a metodologia de avaliação. Já os critérios de exclusão foram: artigos de revisão, avaliar o gasto energético de atividade pelo consumo de oxigênio, utilizar população adulta, idosa e/ou não especificar a metodologia de avaliação do gasto energético de atividade.

Inicialmente foram selecionados 140 artigos, seguidos da eleição de 31 resumos e ao final 15 estudos científicos foram inseridos nesta revisão. As principais informações referentes a estes 15 artigos estão sumarizadas na Tabela 1. Nesta tabela são identificados: autor principal, ano de publicação do artigo, grupo amostral e procedimentos metodológicos adotados no estudo. A seguir, são discutidas as variáveis mais relevantes utilizadas

pelos diferentes autores para o cálculo do GEA, destacando aspectos positivos e negativos.

Objetivos para análise do GEA

O GEA pode ser utilizado como medida do gasto energético para uma determinada função. No entanto, a maioria dos estudos objetivou validar a utilidade das equações preditivas do GEA (nove artigos dentre 15). Outros seis utilizaram as equações preditivas como ferramenta de auxílio de decisões terapêuticas, principalmente para avaliação da indicação de dispositivos auxiliares (bengalas, andadores) e órteses. Dos estudos que objetivaram validar a utilidade das equações preditivas, dois avaliaram apenas o índice do gasto energético, cinco comparam o IGE com o consumo máximo de oxigênio (VO_2), um comparou o índice do gasto fisiológico com o VO_2 e um comparou o IGF com o índice do gasto total. Dos que utilizaram as equações preditivas como ferramenta de auxílio de decisões terapêuticas, três utilizaram o IGE, dois utilizaram o IGF e um utilizou o IGF, índice do batimento cardíaco total e o VO_2 . Esses dados indicam que a aplicação prática do gasto energético de atividade ainda é incipiente, por desconhecimento da ferramenta ou pelo reduzido número de estudos que adota essa metodologia para análise de crianças e/ou adolescentes.

Grupo Amostral

Para caracterizar o gasto energético em crianças e adolescentes, os artigos inseridos nesta revisão apresentam foco em morbidades como sequela de paralisia cerebral, fibrose cística e distrofia muscular de Duchenne. Especificamente, 11 deles avaliaram crianças com paralisia cerebral (PC), sendo que cinco analisaram apenas crianças com PC, cinco compararam PC com crianças com o desenvolvimento típico, e 1 comparou crianças com PC, fibrose cística e com desenvolvimento típico. Além disso, três estudos avaliaram crianças com distrofia muscular de Duchenne (DMD) e um avaliou crianças saudáveis. Como destacado, a maioria das publicações avaliou o gasto energético de atividade de crianças com PC, comparando-as ou não com crianças típicas. Este achado difere-se da aplicabilidade clínica do GEA em adultos, que tem sido relatado em uma maior variedade de doenças como: mucopolissacaridose,¹⁹ acidente vascular encefálico,²⁰ lesão me-

dular,²¹ amputados,¹¹ indicando que a análise do GEA em crianças/adolescentes ainda é incipiente quanto a análise das diversas morbidades que acomete esse grupo amostral.

Tipos de percurso

Foram encontrados na literatura dois tipos de procedimentos para obtenção do gasto energético de atividade: os testes realizados em esteira e os testes realizados em solo. O teste em esteira foi o modelo precursor para avaliar a relação linear entre o consumo máximo de oxigênio e a frequência cardíaca em crianças.^{22,23} Nestas circunstâncias, a velocidade fixa e controlada não se assemelha à caminhada natural, podendo haver diminuição do suporte de peso corporal e do balanço natural dos membros superiores, considerando que a criança pode apoiar-se no corrimão influenciando negativamente as variáveis que compõem o GEA.²⁴ Outro fator negativo é o grau de familiarização pelo sujeito com o instrumento de medida. No caso, pode haver influência da ansiedade das crianças que não foram familiarizadas com a esteira.^{24,25} Neste sentido, para Rose et al.⁹ a avaliação do GEA, em velocidade auto selecionada no solo é mais efetiva do que na esteira.

Os testes no solo permitem uma avaliação mais fidedigna das crianças que apresentam alterações da marcha devido ao acometimento da doença.⁹ Podem ser subdivididos quanto à forma do percurso eleito: em circuitos e em trechos lineares. O modo circuito pode apresentar-se em formas distintas: oval, circular, em oito e retangular. O circuito oval foi o tipo mais utilizado dentre os estudos contidos nessa revisão. Ainda, são consideradas boas opções os modos circular e em oito. Estes, diferentemente do circuito retangular, não possuem curvas fechadas, o que ameniza os efeitos da aceleração e da desaceleração, e permitem que a criança tenha uma marcha fluida.^{8,26} Quanto aos percursos lineares, o teste de caminhada dos 6 minutos (TC6), foi considerado um método sensível na avaliação do IGE em pacientes com distrofia muscular de Duchenne.²⁷ O TC6 é facilmente conduzido no ambiente clínico. Ainda, em relação aos percursos lineares, as distâncias aleatórias de 100 e 150 metros são as mais adotadas e podem não ser as mais adequadas para avaliar crianças com doenças crônicas e inabilidades progressivas, já que a cami-

nhada de rotina diária em ambientes internos, deste grupo de pacientes, não costuma ultrapassar 50 metros, como destacado por Raja et al.²⁸ Assim, quando adotados valores superiores a este, o desempenho do paciente pode ter sua relevância clínica e científica contestada em função do desenvolvimento de fadiga muscular central ou periférica. Portanto, a eleição de curtas distâncias parece favorecer o desempenho da criança e representar o modelo de atividade diária, permitindo obtenção de dados para o gasto energético de atividade.

Velocidade

Assim como há variedade dos percursos utilizados para obtenção do GEA, diferentes velocidades foram empregadas nos testes. Dos 15 estudos apresentados (Tabela 1), cinco estudos realizaram o teste em velocidade confortável,^{16,29-32} sete estudos estabeleceram a velocidade auto selecionada,^{8,9,27,28,33,34,35} e três tiveram a velocidade selecionada pelos próprios autores,^{23,24,36} as vezes, com aumento gradual da velocidade durante o teste.^{23,36} Dos estudos que tiveram a velocidade auto selecionada, dois estabeleceram etapas de marcha, com ritmos diferentes (lenta, rápida e confortável), e para cada etapa, a criança selecionava a velocidade que considerasse mais apropriada à realização do teste, em cada um dos ritmos determinados.^{9,35} Considerando que os índices baseados na frequência cardíaca são suscetíveis à variação da velocidade, superfície de caminhada, temperatura do ambiente e estado emocional do indivíduo, avaliar o gasto energético de atividade em diferentes ritmos de marcha parece ser uma medida clínica cautelosa e que permite obter resultados específicos quanto à capacidade cardiorrespiratória dos pacientes.^{24,35} No entanto, se o ambiente clínico inviabilizar essa ação, a velocidade auto selecionada pela criança parece ser uma boa alternativa de avaliação.²⁹

Equações preditivas do GEA

Dos 15 estudos inseridos nesta revisão, 10 obtiveram o GEA baseado na frequência cardíaca utilizando o índice do gasto energético (IGE) proposto por Rose et al.¹⁶ (Tabela 2). Cinco estudos obtiveram o GEA utilizando o índice do gasto fisiológico (IGF) proposto por Mac Gregor et al.¹⁷ (Tabela 2). Ambos os índices, IGE e IGF são semelhantes, como citado por Rose et al.³⁶ e Ijzerman et

al.³¹ Contudo o método original de obtenção do índice do gasto fisiológico como proposto por Mac Gregor et al.¹⁷ é difícil de ser empregado, devido a utilização da frequência cardíaca de trabalho, que pode comprometer a confiabilidade e reprodutibilidade dos dados. Ainda, dentre os estudos que avaliaram o IGF, dois deles propuseram como equações alternativas: (a) o índice do batimento cardíaco total (IBCT) e (b) o índice de gasto total (IGT) (Tabela 2). O IBCT tem como intuito calcular o gasto energético de atividade independentemente do estado de equilíbrio;¹⁸ o IGT, não utiliza a frequência cardíaca de repouso em sua fórmula.⁸ Segundo estes autores, crianças com disfunções motoras não apresentam valores fidedignos de frequência cardíaca de repouso e, portanto, utilizam a média da frequência cardíaca de trabalho. Como poucos estudos avaliaram a confiabilidade clínica do IBCT e do IGT e de suas variáveis, infere-se que o IGE seja a equação melhor fundamentada.

Frequência cardíaca (FC)

As equações preditivas do gasto energético de atividade que utilizam a frequência cardíaca como um parâmetro de cálculo devem considerar valores de FC de repouso e valores de FC obtidos durante a marcha. O padrão de obtenção da frequência cardíaca de repouso (FCr) foi homogêneo dentre os estudos, na maioria deles as crianças permaneceram sentadas durante um período pré-determinado. Contudo o tempo eleito para a mensuração do repouso foi divergente: 10 estudos estabeleceram um período máximo de repouso de 5 minutos, 3 estudos elegeram 10 minutos de repouso, 1 estudo utilizou 2 minutos e outro apenas 15 segundos de repouso. Rose et al.⁹ relataram que é necessário que a criança permaneça 5 minutos em repouso para que valores reprodutíveis de FCr sejam obtidos. A frequência cardíaca pode sofrer influência: da temperatura ambiente, do posicionamento das crianças (em supino, sentado), do estado emocional (apreensão/ ansiedade), dentre outros achados como, a preparação fisiológica corporal prévia a uma tarefa conhecida.^{37,38} Mediante a estes achados, se a FC for aferida nos 5 minutos de repouso subsequentes a realização do teste, valores inferiores a frequência cardíaca de repouso (medida antes da realização do teste) podem ser encontrados.⁹ Assim, para evitar intervenções nos valores de GEA

obtidos, esta revisão orienta que a FCr seja aferida de forma controlada e padronizada: após a criança permanecer sentada, durante 5 minutos em uma cadeira.

Os trabalhos inseridos nesta revisão utilizaram duas nomenclaturas em relação aos valores de frequência cardíaca obtidos durante a marcha: (a) FC de trabalho e (b) FC de marcha. A FC de trabalho é dependente do estado de equilíbrio, sendo obtida após 3 minutos de atividade (momento qual o organismo se adapta a uma nova demanda fisiológica, e atinge o equilíbrio, como observado em crianças saudáveis). Já a FC de marcha independe do estado de equilíbrio.^{9,18}

Apesar destas nomenclaturas, Hood et al.¹⁸ acreditam que grande parte dos estudos que propuseram avaliar a frequência cardíaca de trabalho podem não ter conseguido mensurá-la realmente, já que o estado de equilíbrio, qual a FC de trabalho é dependente, não ocorre na maioria das crianças com PC, e não é atingido em crianças com espinha bífida.^{39,40} Assim a frequência cardíaca de marcha, é uma alternativa para o cálculo da FC durante a atividade.

O tempo de duração dos testes e o momento da aquisição da frequência cardíaca de marcha (FCm) não apresentou-se muito bem padronizado entre os estudos. O tempo de duração do teste variou entre 2 e 10 minutos.^{9,29,30,33} Três estudos utilizaram tempo de duração do teste de 2 minutos e obtiveram a FCm durante os 30 segundos finais da caminhada.^{9,16,35} Os demais estudos não apresentaram tempo de duração homogêneo dos testes e tampouco padronização para aquisição da FCm. Portanto, parece que o modelo proposto por Rose et al.⁹ possui fundamentação metodológica e científica para o cálculo do GEA, e neste caso, indica-se duração do teste de 2 minutos e obtenção da FCm nos 30 segundos finais da caminhada.

Métodos de medida do GEA

Com base nos artigos aqui inseridos, para avaliar o índice do gasto energético (IGE) Rose et al.^{23,36} e Keefer et al.²⁴ optaram pelos testes em esteira e os demais autores por testes em solo, sendo que McDonald et al.²⁷ e Tomas et al.³³ selecionaram os percursos lineares, Rose et al.¹⁶ adotou o circuito retangular e Rose et al.,⁹ Norman et al.,²⁹ Lephart et al.³² e Souza et al.³⁵ selecionaram o circuito oval.

Quanto a velocidade, os autores que realizaram avaliações em esteira apresentaram valores quantificados que foram pré-selecionadas pelos mesmos,^{23,24,36} os autores que realizaram avaliações em solo optaram por velocidades confortáveis^{16,29,32} e auto selecionadas pelos participantes.^{9,27,33,35} Para o IGE, o momento de obtenção da frequência cardíaca de repouso variou muito nos testes em esteira sendo medida ao final de dois minutos ou de cinco minutos do repouso ou no minuto final após dez minutos totais de repouso.^{23,24,36} Já nos testes em solo, foi observada uma mensuração mais homogênea, sendo esta, em sua maioria, medida aos dois minutos finais de cinco minutos de repouso por Rose et al.,^{9,16} Norman et al.,²⁹ Lephart et al.³² e Souza et al.³⁵ Para McDonald et al.²⁷ e Tomas et al.³³ o registro da FCr ocorreu ao final de cinco minutos de repouso ou de um total de dez minutos do

mesmo. O registro da FC durante a execução de marcha apresentou muita divergência entre os autores ocorrendo em diferentes momentos (minutos e/ou segundos) que antecederam o final do teste de caminhada (Tabela 1).

Somente testes realizados em solo foram utilizados para quantificar o GEA pelo índice do gasto fisiológico (IGF). Raja et al.²⁸ empregaram o percurso linear, Plasschaert et al.³⁰ o circuito em oito, Tollerz et al.⁸ e Taktak et al.³⁴ optaram pelo circuito oval e Ijzerman et al.³¹ pelo circular. As velocidades tidas como confortável foram selecionadas para os circuitos em oito e circular,^{30,31} já para o circuito oval e percurso linear adotou-se a velocidade auto selecionada pelos participantes.^{8,28,34} O registro da frequência cardíaca de repouso variou entre os testes em solo, sendo determinada após cinco minutos de repouso no circuito em oito;³⁰ no circuito

Tabela 1: Destaque às principais características metodológicas dos artigos científicos que utilizaram o cálculo do gasto energético de atividade (GEA) baseado na frequência cardíaca.

Autor	Grupo Amostral	Procedimento Metodológico
Rose et al. (1985) ¹⁶	20 crianças com PC (4 a 12 anos)	Caminho retangular 10m x 6m Velocidade confortável Equação preditiva: IGE FCr: 2 min finais de 5 min de repouso FCm: 2 min finais de 5 min de caminhada
Rose et al. (1989) ²³	31 crianças: 18 típicas e 13 PC (7 a 17 anos)	Esteira Aumento gradual de velocidade a cada 2 min Equação preditiva: IGE FCr: ao final de 2 min de repouso FCm: ao final de 2 min da velocidade máxima alcançada
Rose et al. (1990) ³⁶	31 crianças: 18 típicas e 13 PC (7 a 17 anos)	Esteira Aumento gradual de velocidade a cada 2 min Equação preditiva: IGE FCr: ao final de 5 min de repouso sentado FCm: média dos 10 s finais de cada min de caminhada
Rose et al. (1991) ⁹	102 indivíduos (6 a 18 anos)	Circuito oval de 55 m e esteira Velocidades auto selecionadas (lenta, rápida e confortável) Equação preditiva: IGE FCr: 2 min após 5 min de repouso FCm: 30 s finais de 2 min de caminhada
Thomas et al. (2009) ³³	23 pacientes com PC (7 a 17 anos)	Percurso linear de 33 m Velocidade auto selecionada Equação preditiva: IGE FCr: 5 min de 10 min de repouso FCm: 5 min dos 10 min do teste de caminhada
Norman et al. (2004) ²⁹	10 PC (média de 12 anos) e 15 saudáveis (média de 11 anos)	Circuito oval 50 m Velocidade confortável Equação preditiva: IGE FCr: médias dos 2 min após 5 min de repouso FCm : 2 min finais dos 6 min de caminhada

(continuação) **Tabela 1: Destaque às principais características metodológicas dos artigos científicos que utilizaram o cálculo do gasto energético de atividade (GEA) baseado na frequência cardíaca.**

Autor	Grupo Amostral	Procedimento Metodológico
Plasschaert et al. (2008) ³⁰	42 crianças com PC (média de 12 anos) 42 controles (média de 11 anos)	Circuito em 8, com total de 34 m Velocidade confortável Equação preditiva: IGF e IBCT FCr: após 5 min de repouso FCt: medida durante os 8 min de caminhada
Taktak e Bowker. (1995) ³⁴	9 pacientes com DMD (5 a 13 anos)	Circuito oval de 4 m Velocidade auto selecionada Equação preditiva: IGF FCr: menor valor de 5 min de repouso. FCm: medida a cada 10 s desde o início do teste de caminhada até alcançar uma razão estável de bat/s ou a cada 2 s
Mc donald et al. (2010) ²⁷	174 pacientes com DMD (5 a 20 anos)	Percurso linear (TC6) Velocidade auto selecionada Equação preditiva: IGE FCr: final dos 5 min de repouso FCm: durante e 3 min após o teste de caminhada
IJzerman e Nene. (2002) ³¹	20 crianças com PC (idade não relatada)	Circuito circular de 160 m Velocidade confortável Equação preditiva: IGF FCr: 2 min finais de 5 min em repouso FCt: 4 min finais de 8 min caminhada
Keefer et al. (2004) ²⁴	13 crianças com PC (2 a 11 anos)	Esteira Velocidades pré-determinadas Equação preditiva: IGE FCr: último min de 10 min de repouso FCm: 15 s dos 2 min da caminhada na esteira
Lephart et al. (2014) ³²	1 criança com PC (9 anos)	Circuito oval de 55 m Velocidade confortável Equação preditiva: IGE FCr: 2 min finais de 5 min de repouso FCm: ao final de 2 min de caminhada
Bratteby Tollerz et al. (2011) ⁸	42 crianças de 5 a 16 anos (8 com PC, 12 fibrose cística e 22 saudáveis)	Circuito oval de 30 m Velocidade auto selecionada Equação preditiva: IGF e IGT FCr: média dos dois menores valores de FC obtidos durante 10 min de repouso FCt : após 3 min iniciais de caminhada FCm: média da FC obtida durante toda a caminhada
Raja et al. (2007) ²⁸	227 crianças com PC (5 a 16 anos) 100 crianças saudáveis (7 a 15 anos)	Percurso linear de 50 m, 100 m e 150 m Velocidade auto selecionada Equação preditiva: IGF FCr: durante 15 s de repouso FC final: após ter completado a caminhada
Souza et al. (2014) ³⁵	3 crianças com DMD (6 a 8 anos)	Circuito oval de 55 m Velocidades auto selecionadas (lenta, rápida e confortável) Equação preditiva: IGE FCr: média dos 2 min finais de 5 min de repouso FCm: 30 s finais de 2 min de caminhada

Notas: PC: Paralisia cerebral; DMD: Distrofia muscular de Duchenne; m: metros; IGE: índice do gasto energético; IGF: índice do gasto fisiológico; IBCT: índice do batimento cardíaco total; IGT: índice do gasto total; FCr: frequência cardíaca de repouso; FCm: frequência cardíaca de marcha; min: minuto; s: segundos; TC6: teste de caminhada dos 6 minutos; bat: batimento cardíaco.

Tabela 2: Equações preditivas.

Autor	Equação Preditiva	Fórmula
Rose et al.(1991) ⁹	IGE	$(FCm-FCr)/Vm$
Mac Gregor et al.(1981) ¹⁷	IGF	$FCT-FCr/Vm$
BrattebyTollerz et al.(2011) ⁸	IGT	Média da FCT/Vm
Hood et al.(2002) ¹⁸	IBCT	$Bat(t)/D(t)$

Notas: IGE: índice do gasto energético; IGF: índice do gasto fisiológico; IGT: índice do gasto total; IBCT: índice do batimento cardíaco total; FCr: frequência cardíaca de repouso; FCm: frequência cardíaca de marcha; FCT: frequência cardíaca de trabalho; Vm: velocidade média; Bat (t): batimento cardíaco total; D (t): distância total percorrida

circular ocorreu nos dois minutos finais de cinco minutos qual a criança permaneceu sentada;³¹ no percurso linear aos 15 segundos de repouso;²⁸ e como média e/ou menor valor obtido em determinado período de descanso como observado nos estudos que utilizaram do circuito oval.^{8,34} A aferição da frequência cardíaca de trabalho também foi variada, sendo medida alguns minutos após o início da caminhada ou precedentes ao encerramento do teste,^{8,31} ao final da caminhada,²⁶ ou durante todo o teste.^{30,34}

Como o IGF, os índices do gasto total e do batimento cardíaco total foram desempenhados com testes em solo. Tollerz et al.⁸ adotaram o circuito oval, e Plasschaert et al.³⁰ o circuito em oito. A frequência cardíaca, nesses métodos, foi obtida como a média da FC registrada ao longo de toda a caminhada.

Considerações finais e recomendações

Apesar da pequena variedade de doenças nas quais o gasto energético de atividade foi utilizado em crianças, os resultados mostraram a utilidade do índice do gasto energético como instrumento de avaliação, em 3 dos trabalhos inclusos. Rose et al.,¹⁶ por exemplo, avaliaram o IGE em crianças com paralisia cerebral, comparando o gasto energético na marcha com bengala e com andador. Neste sentido, em pacientes com paralisia cerebral, o IGE foi utilizado para comparar o uso de andador posterior e bengala em ambiente escolar.³² Ainda, em pacientes com distrofia muscular de Duchenne, Souza et al.³⁵ propuseram intervenções terapêuticas a partir da avaliação do IGE. Estes achados indicam

que a avaliação do IGE pode auxiliar na escolha das intervenções adequadas^{32,33} além de demonstrarem sua aplicabilidade na prática clínica pediátrica.

Esta revisão concluiu que o cálculo do GEA baseado na frequência cardíaca pelo índice do gasto energético (IGE) é um método barato, confiável e fácil de ser utilizado na prática clínica como ferramenta de avaliação em crianças saudáveis ou não. E que a maior variedade metodológica refere-se aos tipos/distâncias de percursos e aos intervalos de tempo adotados para determinação da frequência cardíaca de repouso e de marcha. Sugere-se para a prática clínica pediátrica: (a) a avaliação do IGE em múltiplas velocidades; (b) o circuito oval, com dimensão de 55 metros, como percurso; (c) a medida da frequência cardíaca de repouso, após 5 minutos de repouso; (d) obtenção da frequência cardíaca de marcha nos 30 segundos finais da caminhada.

É importante destacar que esta revisão baseou-se nos parâmetros semelhantes e/ou que se destacaram entre os estudos aqui apresentados, com intuito de ser uma ferramenta de consulta e esclarecimento aos profissionais de saúde que cuidam de crianças e adolescentes, quanto aos melhores parâmetros para avaliação do gasto energético de atividade na prática clínica. Ainda assim, alguns parâmetros metodológicos necessitam ser melhor aperfeiçoados, principalmente quanto ao tempo de aplicação do teste e do momento adequado para obtenção da frequência cardíaca de marcha. Além da necessidade de estudos sobre o GEA em outros tipos de doenças, que acometem as crianças/adolescentes, além dos aqui apresentados.

Agradecimentos

Agradecemos o suporte financeiro provido pela Fapesp (Bolsas de Mestrado e Iniciação Científica; processos número 2013/03834-0, 2013/03835-6 e 2015/02488-6). Ana Claudia Mattiello-Sverzut é bolsista PQ (CNPq).

Referências

1. Fragala-Pinkham MA, Haley SM, Rabin J, Kharasch VS. A fitness program for children with disabilities. *Phys Ther*. 2005; 85:1182-200.
2. Fernhall B, Unnithan VB. Physical activity, metabolic issues, and assessment. *Phys Med Rehabil Clin North Am*. 2002; 13:925-47.
3. Durstine JL, Painter P, Franklin BA, Morgan D, Pitetti KH, Roberts SO. Physical activity for the chronically ill and disabled. *Sports Med*. 2000; 30:207-19.
4. De Groot JF, Takken T, Schoenmakers MA, Tummers L, Vanhees L, Helder PJ. Reproducibility of energy cost of locomotion in ambulatory children with spina bifida. *Gait Posture*. 2010; 31:159-63.
5. Schrack JA, Simonsick EM, Chaves PH, Ferrucci L. The role of energetic cost in the age-related slowing of gait speed. *J Am Geriatr Soc*. 2012; 60:1811-6.
6. Lundberg A. Oxygen consumption in relation to work load in students with cerebral palsy. *J Appl Physiol*. 1976; 40:873-5.
7. Wiskin AE, Davies JH, Wootton SA, Beattie RM. Energy expenditure, nutrition and growth. *Arch Dis Child*. 2011; 96:567-72.
8. Bratteby-Tollerz LU, Olsson RM, Forslund AH, Norrlin SE. Reliability of energy cost calculations in children with cerebral palsy, cystic fibrosis and healthy controls. *Acta Paediatr*. 2011; 100:1616-20.
9. Rose J, Gamble JG, Lee J, Lee R, Haskell WL. The energy expenditure index: a method to quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. *J Pediatr Orthop*. 1991; 11:571-8.
10. Piccinini L, Cimolin V, Galli M, Berti M, Crivellini M, Turconi AC. Quantification of energy expenditure during gait in children affected by cerebral palsy. *Eur Medicophys*. 2007; 43:7-12.
11. Hagberg K, Tranberg R, Zügner R, Danielsson A. Reproducibility of the physiological cost index among individuals with a lower-limb amputation and healthy adults. *Physiother Res Int*. 2011; 16:92-100.
12. Sutherland DH. The evolution of clinical gait analysis part III - kinetics and energy assessment. *Gait Posture*. 2005; 21:447-61.
13. de Carvalho DC, Cliquet A Jr. Energy expenditure during rest and treadmill gait training in quadriplegic subjects. *Spinal Cord*. 2005; 43:658-63.
14. Aviram R, Belokopytov M, Ben-Chaim S, Rotstein A. Evaluation of energy expenditure in children with cerebral palsy using a multi-sensor accelerometer. *J Sports Med Phys Fit*. 2011; 51:506-14.
15. Kerr C, McDowell BC, Cosgrove A. Oxygen cost versus a 1-minute walk test in a population of children with bilateral spastic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2007; 27:283-7.
16. Rose J, Medeiros JM, Parker R. Energy cost index as an estimate of energy expenditure of cerebral-palsied children during assisted ambulation. *Dev Med Child Neurol*. 1985; 27:485-90.
17. MacGregor J. The evaluation of patient performance using long-term ambulatory monitoring technique in the domiciliary environment. *Physiotherapy*. 1981; 67:30-3.
18. Hood VL, Granat MH, Maxwell DJ, Hasler JP. A new method of using heart rate to represent energy expenditure: the Total Heart Beat Index. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83:1266-73.
19. Matos MA, Prado A, Schenkel G, Barreto R, Acosta AX. Energy expenditure during gait in patients with mucopolysaccharidosis. *Acta Ortop Bras*. 2013; 21:116-9.
20. Danielsson A, Willén C, Sunnerhagen KS. Measurement of energy cost by the physiological cost index in walking after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007; 88:1298-303.
21. Arazpour M, Bani MA, Hutchins SW, Jones RK. The physiological cost index of walking with mechanical and powered gait orthosis in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2013; 51:356-9.
22. Cooper DM, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K. Growth-related changes in oxygen uptake and heart rate during progressive exercise in children. *Pediatr Res*. 1984; 18:845-51.
23. Rose J, Gamble JG, Medeiros J, Burgos A, Haskell WL. Energy cost of walking in normal children and in those with cerebral palsy: comparison of heart rate and oxygen uptake. *J Pediatr Orthop*. 1989; 9:276-9.
24. Keefer DJ, Tseh W, Caputo JL, Apperson K, McGreal S, Morgan DW. Comparison of direct and indirect measures of walking energy expenditure in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2004; 46:320-4.
25. Corry IS, Duffy CM, Cosgrave AP, Graham HK. Measurement of oxygen consumption in disabled children by the CosmedK2 portable telemetry system. *Dev Med Child Neurol*. 1996; 38:585-93.
26. Graham RC, Smith NM, White CM. The reliability and validity of the physiological cost index in healthy subjects while walking on 2 different tracks. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86:2041-6.
27. McDonald CM, Henricson EK, Han JJ, Abresch RT, Nicorici A, Atkinson L, et al. The 6 minute walk test in Duchenne/Becker muscular dystrophy: longitudinal observations. *Muscle Nerve*. 2010; 42:966-74.
28. Raja K, Joseph B, Benjamin S, Minocha V, Rana B. Physiological cost index in cerebral palsy: its role in evaluating the efficiency of ambulation. *J Pediatr Orthop*. 2007; 27:130-6.
29. Norman JF, Bossman S, Gardner P, Moen C. Comparison of the energy expenditure index and oxygen consumption index during self-paced walking in children with spastic diplegia cerebral palsy and children without physical disabilities. *Pediatr Phys Ther*. 2004; 16:206-11.
30. Plasschaert F, Jones K, Forward M. The effect of simulating weight gain on the energy cost of walking in unimpaired children and children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89:2302-8.
31. Ijzerman MJ, Nene AV. Feasibility of the physiological cost index as an outcome measure for the assessment of energy expenditure during walking. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002; 83:1777-82.
32. Lephart K, Utsey C, Wild DL, Fisher SR. Estimating energy expenditure for different assistive devices in the school setting. *Pediatr Phys Ther*. 2014; 26:354-9.

33. Thomas SS, Buckon CE, Schwartz MH, Russman BS, Sussman MD, Aiona MD. Variability and minimum detectable change for walking energy efficiency variables in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2009; 51:615-21.
34. Taktak DM, Bowker P. Lightweight, modular knee-ankle-foot orthosis for Duchenne muscular dystrophy: design, development, and evaluation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995; 76:1156-62.
35. Souza MA, Ferreira ME, Baptista CRAJ, Mattiello-Sverzut AC. Gasto energético na marcha de crianças com distrofia muscular de Duchenne: estudo de caso. *Fisioter Pesqui.* 2014; 2:193-8.
36. Rose J, Gamble JG, Burgos A, Medeiros J, Haskell WL. Energy expenditure index of walking for normal children and for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1990; 32:333-40.
37. Parati G, Castiglioni P, Di Rienzo M, Omboni S, Pedotti A, Mancia G. Sequential spectral analysis of 24-hour blood pressure and pulse interval in humans. *Hypertension.* 1990; 16:414-21.
38. Danielsson A, Willén C, Sunnerhagen KS. Measurement of energy cost by the physiological cost index in walking after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007; 88:1298-303.
39. Boyd R, Fatone S, Rodda J, Olesch C, Starr R, Cullis E, et al. High- or low- technology measurements of energy expenditure in clinical gait analysis? *Dev Med Child Neurol.* 1999; 41:676-82.
40. Bartonek A, Eriksson M, Saraste H. Heart rate and walking velocity during independent walking in children with low and mid lumbar myelomeningocele. *Pediatr Phys Ther.* 2002; 14:185-90.