

Validação dos limiares do acelerômetro Actical para a determinação do comportamento sedentário e da intensidade da atividade física em adolescentes

Validation of Actical accelerometer thresholds to determine the sedentary behavior and physical activity intensity in adolescents

Janaina Guido da Silva¹
Felipe Fossati Reichert²
David Ohara¹
Antonio Carlos Dourado¹
Edio Luiz Petroski³
Marcelo Romanzini¹

RESUMO

O objetivo do estudo foi verificar a validade de limiares para determinação de atividades sedentárias e atividades físicas de intensidade moderada a vigorosa para o acelerômetro Actical em adolescentes. Setenta e nove adolescentes (idade média 12,5 anos; 50,5% meninos) foram monitorados por acelerometria e calorimetria indireta em repouso e durante quatro atividades sedentárias e sete atividades físicas com diferentes intensidades. Escores de METs e limiares específicos para *counts* do acelerômetro Actical propostos por Colley e Tremblay (CT), Puyau et al. (PU) e Evenson et al. (EV) foram utilizados para classificar as atividades sedentárias (SED), moderadas a vigorosas (MOD-VIG) e vigorosas (VIG). A calorimetria indireta foi utilizada como método de referência e a validade dos limiares foi estimada por meio de curvas ROC (Receiver Operating Characteristic Curves) e dos coeficientes de concordância de Kappa. Os limiares propostos por PU e EV apresentaram excelente acurácia de classificação das SED (ROC $\geq 0,96$; $\kappa \geq 0,90$). Os limiares propostos de PU, EV e CT apresentaram acurácia elevada para classificação das atividades MOD-VIG (ROC = 0,89, 0,88 e 0,86, respectivamente; $\kappa = 0,77$, 0,75 e 0,73, respectivamente). A acurácia de classificação das VIG por meio dos limiares de EV e CT foi boa (ROC = 0,90 e 0,85; $\kappa = 0,69$ e 0,67) e significativamente superior àquela apresentada pelo limiar de PU (ROC = 0,74 e $\kappa = 0,51$). Conclui-se que limiares atualmente disponíveis para o acelerômetro Actical possuem boa validade para a determinação das atividades sedentárias e das atividades físicas de intensidade MOD a VIG em adolescentes.

PALAVRAS-CHAVE

Atividade motora; Jovens; Validade; Acelerometria.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify the validity of cut off points for the Actical accelerometer to estimate sedentary, moderate and vigorous physical activities among adolescents. Seventy-nine adolescents (mean age 12.5 years; 50.5% boys) were monitored by accelerometry and indirect calorimetry at rest and during four sedentary activities and eleven physical activities performed at different intensities. METs scores and specific thresholds for the Actical accelerometer counts proposed by Colley and Tremblay (CT), Puyau et al. (PU) and Evenson et al. (EV) were used to classify sedentary activities (SED), physical activities from moderate to vigorous (MOD-VIG) and vigorous (VIG). The validity of thresholds was tested by means of Receiver Operating Characteristic Curves (ROC) and Kappa agreement coefficients. PU and EV thresholds showed excellent accuracy to classify SED (ROC ≥ 0.96 , $\kappa \geq 0.90$). Accuracy of the cut points of PU, EV and CT for MOD-VIG were high (ROC = 0.89, 0.88 and 0.86, respectively, $\kappa = 0.77$, 0.75 and 0.73, respectively). Accuracy to classify VIG through EV and CT thresholds was good (ROC = 0.90 and 0.85, $\kappa = 0.69$ and 0.67) and significantly higher than that shown by the PU threshold (ROC = 0.74 $\kappa = 0.51$). It was concluded that thresholds currently available for the Actical accelerometer have good validity to estimate sedentary activities and physical activity from MOD to VIG intensities among adolescents.

KEYWORDS

Motor activity; Youth; Validity; Accelerometry.

INTRODUÇÃO

Estimativas quanto à prevalência de jovens insuficientemente ativos fisicamente, bem como a magnitude das associações entre a atividade física e desfechos em saúde em crianças e adolescentes são dependentes do método utilizado para a medida da atividade física^{1,2}. Sendo assim, em virtude da dificuldade de obtenção de medidas válidas em jovens por meio de métodos subjetivos (por exemplo, questionários e registros recordatórios)³, o uso de métodos objetivos, como a acelerometria, tem aumentado consideravelmente nos últimos anos⁴.

Acelerômetros são pequenos dispositivos eletrônicos que medem a aceleração do movimento corporal⁵, permitindo quantificar de forma objetiva a frequência, duração e intensidade das atividades praticadas. Apesar de serem considerados válidos, a falta de padronização durante a coleta, análise e interpretação de dados têm se constituído como uma limitação ao uso destes equipamentos⁶. Uma das principais dificuldades se refere à transformação da medida do acelerômetro (*counts*) em estimativas do gasto energético ou da intensidade da atividade física, os quais podem ser obtidos por meio do uso de equações ou de limiares para valores de *counts* específicos a cada modelo de acelerômetro elaborados a partir de estudos de calibração⁷.

Diversos modelos de acelerômetros são utilizados em estudos que objetivam medir a atividade física, como por exemplo o Actigraph, GeneActiv, RT3, Tritrac e Actical. O Actical (Respiromics Co. Inc., Bend, Oregon) é o menor e mais leve destes acelerômetros, tornando atrativo sua utilização em indivíduos que possuem dimensões corporais pequenas, tais como crianças e adolescentes. Até o presente momento, apenas os estudos de calibração de Evenson et al.⁸, Puyau et al.⁹ e Colley e Tremblay¹⁰ derivaram limiares para valores de *counts* do Actical que pudessem ser utilizados para determinar o tempo gasto em comportamento sedentário e nas atividades físicas de diferentes intensidades. Estes limiares foram de 44⁸ e 100⁹ *counts.min*⁻¹ para a identificação das atividades sedentárias, 1500⁹, 1600¹⁰ e 2032⁸ *counts.min*⁻¹ para a identificação das atividades moderadas, além de três limiares relacionados às atividades vigorosas (2876⁸, 4760¹⁰ e 6500⁹ *counts.min*⁻¹).

Nesse sentido, para estimar o tempo gasto nas diferentes intensidades da atividade física por meio do Actical, pesquisadores devem fazer a escolha de um dos limiares disponíveis, os quais variam substancialmente, especialmente para a identificação das atividades vigorosas. No entanto, há atualmente uma grande divergência quanto à escolha de limiares de acelerômetros em estudos com jovens e, normalmente, este processo está mais atrelado a uma decisão de caráter arbitrário do que científico, ou seja, na opinião dos pesquisadores, na observância dos limiares mais utilizados na literatura ou nas sugestões dos revisores no processo de avaliação do manuscrito¹¹. Este quadro reforça a necessidade premente de estudos de validação de limiares do acelerômetro Actical (assim como de outros modelos de acelerômetros) em crianças e adolescentes, os quais podem contribuir para uma uniformização do uso destes limiares por parte de pesquisadores que utilizam este acelerômetro como método de medida da atividade física em jovens.

Considerando as informações apresentadas, o objetivo do presente estudo será de verificar a validade de limiares para determinação de atividades seden-

tárias e atividades físicas de intensidade moderada a vigorosa para o acelerômetro Actical em adolescentes.

MÉTODOS

Amostra

Os dados do presente estudo foram coletados entre setembro de 2010 e março de 2011 em uma amostra composta por 79 adolescentes, de ambos os sexos com faixa etária de 10 e 15 anos, selecionados de uma única escola pública de Londrina/PR (Tabela 1). O processo de seleção amostral foi estratificado por sexo e grupo etário (10,0-12,5 e 12,5-15,0 anos). Em cada estrato, os participantes foram selecionados aleatoriamente a partir de uma lista contendo os nomes dos alunos pertencentes ao ensino fundamental II da respectiva escola. Em caso de recusa, um novo sorteio era realizado. Foram considerados como critérios de inclusão: a) pertencer a faixa etária compreendida entre 10 e 15 anos de idade, e; b) não possuir limitações físicas que impedissem a participação nas atividades físicas envolvidas no protocolo do estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (protocolo 445/2010). Todos os adolescentes entregaram um termo de consentimento assinado pelos pais autorizando os mesmos a participarem do estudo.

TABELA 1 – Características gerais da amostra

Variável	Média (DP) ou %	Amplitude
Idade (anos)	12,5 (1,3)	10,1-15,0
Massa corporal (kg)	48,3 (10,6)	26,4-73,3
Estatura (cm)	156,2 (8,7)	135,0-176,5
IMC (kg/m ²)	19,6 (3,2)	13,6-28,1
Variável	% (n)	
Percentual por idade		
10,0 - 12,5 anos	48,1	
12,5 - 15,0 anos	51,4	
Percentual por sexo		
Masculino	50,5	
Feminino	49,5	
Percentual por estado nutricional		
Eutróficos	77,3	
Excesso de peso	22,7	

*Estado nutricional classificado conforme pontos de corte de Cole et al.¹²

Procedimentos

O estudo foi realizado no Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina. Os adolescentes foram orientados a permanecerem em jejum no mínimo duas horas antes do início das avaliações para minimizar o impacto do efeito térmico dos alimentos sobre as medidas de consumo de oxigênio. Os participantes foram monitorados por calorimetria indireta e acelerometria em repouso e durante um protocolo contendo várias atividades físicas em diferentes intensidades (Tabela 2). Estas atividades foram selecionadas

de forma a representar as atividades do cotidiano de adolescentes de mesma faixa etária. Cada adolescente foi monitorado individualmente em repouso (20 minutos) e durante cinco minutos em cada uma das demais atividades. Entre cada atividade foi concedido um tempo de cinco minutos para a recuperação. Os equipamentos (calorimetria indireta e acelerômetro) foram sincronizados e inicializados no minuto inicial do período de repouso e, para facilitar o processamento dos dados coletados, cada atividade foi iniciada em um novo minuto.

TABELA 2 – Descrição das atividades realizadas no protocolo de calibração

Atividade	Descrição	Duração	Intensidade
1. Repouso	Deitar em posição supinada, braços ao lado do corpo, com instruções de minimizar os movimentos corporais	20 min.	---
2. DVD	Sentar em uma cadeira e assistir filmes infantis	5 min.	Sedentária
3. Escrever	Sentar em uma cadeira e redigir um texto padronizado com os braços apoiados em uma mesa	5 min.	Sedentária
4. Videogame	Sentar em uma poltrona e utilizar controles de mão para jogar videogame (Playstation 3)	5 min.	Sedentária
5. Em pé	Permanecer em pé, sendo permitida a movimentação leve dos membros	5 min.	Sedentária
6. Caminhar 2 km/h	Caminhar continuamente a uma velocidade de 2 km/h em torno de quadras poliesportivas	5 min.	Leve
7. Caminhar 4 km/h	Caminhar continuamente a uma velocidade de 4 km/h em torno de quadras poliesportivas	5 min.	Moderada
8. Voleibol	Jogar voleibol em dupla em uma quadra com tamanho reduzido	5 min.	Moderada
9. Correr 7,2 km/h	Correr continuamente a uma velocidade de 7,2 km/h em torno de quadras poliesportivas	5 min.	Vigorosa
10. Futebol	Em meia quadra, conduzir uma bola de futsal e realizar arremate ao gol	5 min.	Vigorosa
11. Basquetebol	Conduzir a bola rapidamente realizando dribles entre obstáculos e, na sequência, arremessar a mesma à cesta	5 min.	Vigorosa
12. Pular corda	Pular corda de forma ritmada	5 min.	Vigorosa

As atividades sedentárias (repouso, ver DVD, jogar videogame, escrever, ficar em pé) foram realizadas em um laboratório com ambiente climatizado, enquanto que as demais atividades foram realizadas em um ginásio de esporte coberto e ventilado. Para a mensuração do VO_2 em repouso, os adolescentes permaneceram deitados em uma maca num ambiente tranquilo com pouca iluminação. Durante as atividades de caminhada e corrida, um avaliador ditou o ritmo dos adolescentes utilizando um sensor de velocidade (Polar S1 Foot Pod, Polar RS 300XTM).

Medidas

- Acelerometria

Informações de *counts* registrados durante o protocolo de atividades físicas foram registradas por meio do acelerômetro Actical (Respironics Co. Inc., Bend, Oregon). O Actical tem capacidade de armazenamento dos dados de 45 dias para intervalos de amostragem (*epochs*) de um minuto¹³. O aparelho é sensível para detectar desde movimentos sedentários até movimentos de alta intensidade. O Actical possui um único acelerômetro omnidirecional que pode sentir os

movimentos em todas as direções⁹. Duas unidades do Actical foram utilizadas no estudo. O Actical foi fixado na cintura e posicionado na linha axilar anterior no nível da crista-íliaca. *Counts* foram sumarizados em *epochs* de 15 segundos. A inicialização do Actical, bem como seu posicionamento no corpo do avaliado e o *download* das informações registradas no protocolo de atividades físicas foram realizados por um avaliador devidamente familiarizado com a acelerometria.

- Calorimetria indireta

A medida do consumo de oxigênio (VO_2) foi obtida pelo sistema metabólico portátil da marca Cosmed (Model K4b2, Rome, Italy). O K4b2 é um equipamento leve (925 gramas) composto por uma máscara conectada a um sistema analisador miniaturizado, uma bateria e um transmissor de frequência cardíaca POLAR Pacer. Cerca de uma hora antes de cada sessão de mensuração, a unidade foi calibrada com gases padrão por um avaliador devidamente treinado conforme as instruções do fabricante. Máscaras de tamanho apropriado à face dos avaliados foram utilizadas para evitar o vazamento do ar pela máscara. O K4b2 tem sido validado previamente em crianças e adolescentes¹⁴.

- Redução dos dados

Os dados registrados pela calorimetria indireta e pelos acelerômetros foram transferidos para uma planilha do programa Microsoft Office Excel 2007. Os minutos 16-20 do período de repouso e os minutos 4-5 de cada atividade foram considerados para fins de análise. Valores do VO_2 que foram registrados pela calorimetria e os valores de *counts* que foram registrados pelos acelerômetros foram computados como valores médios para cada atividade. Valores de *counts* do Actical coletados em *epochs* de 15 segundos foram redefinidos para *epochs* de um minuto, para se ajustar aos limiares desenvolvidos por Puyau et al.⁹ e Colley e Tremblay¹⁰ com esse mesmo intervalo de amostragem. Escores de METs foram computados individualmente por meio da divisão do VO_2 ($ml.kg.min^{-1}$) mensurados em cada atividade pelos valores de VO_2 registrados em repouso.

- Classificação da atividade sedentária e intensidade da atividade física

Limiares derivados para o Actical nos estudos de calibração de Evenson et al.⁸ (EV), Puyau et al.⁹ (PU), Colley e Tremblay¹⁰ (CT) foram utilizados para classificar os valores de *counts* registrados pelos acelerômetros nas seguintes intensidades: a) sedentária (SED); b) moderada a vigorosa (MOD-VIG) e; c) vigorosa (VIG) (Tabela 3). Escores de METs foram classificados como SED (<1,5 METs), MOD-VIG (≥ 3 METs) ou VIG (≥ 6 METs) e foram adotados como critérios para a validação dos limiares. Esta classificação é similar àquela adotada no estudo de calibração de Puyau et al.⁹.

Análise estatística

Valores de sensibilidade, especificidade e de área sob a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) foram utilizados para determinar a acurácia dos limiares para a classificação da intensidade da atividade física. A interpretação das áreas sob a curva ROC para cada conjunto de limiar foi realizada com base na classificação proposta por Metz¹⁵: a) $\geq 0,90$ = excelente acurácia; b) 0,80-0,89 = boa acurácia; c) 0,70-0,79 = razoável acurácia; d) <0,70 = pobre acurácia. O teste de DeLong et al.¹⁶ foi utilizado para comparar se as áreas sob

TABELA 3 – Limiares para atividades sedentárias e atividades físicas moderada a vigorosa para o acelerômetro Actical derivados em estudos de calibração de acelerômetros em crianças e adolescentes

Estudo	Idade	Limiares (counts por minuto)		
		Sedentária	Moderada a vigorosa	Vigorosa
*Evenson et al. ⁸	5-8 anos	0-44	≥ 2032	≥ 2876
Puyau et al. ⁹	7-18 anos	0-99	≥ 1500	≥ 6500
Colley, Tremblay ¹⁰	9-15 anos	---	≥ 1600	≥ 4760

*Limiares originalmente propostos para counts por 15 segundos e transformados para counts por minuto para fins de comparação.

a curva ROC diferiram entre os limiares dentro de cada intensidade verificada (sedentária, moderada e vigorosa) Coeficientes de Kappa foram calculados para determinar a concordância de classificação de cada limiar nas diferentes intensidades da atividade física. Coeficientes de Kappa $\geq 0,80$ foram considerados muito bons, 0,61-0,80 bons, 0,41-0,60 moderados, 0,21-0,40 razoáveis e $<0,20$ pobre¹⁷. Valores de sensibilidade e especificidade foram calculados para cada limiar. A sensibilidade foi definida como a habilidade de um limiar específico à uma intensidade da atividade física (SED, MOD-VIG ou VIG) em identificar corretamente os casos classificados na respectiva intensidade. Por outro lado, a especificidade foi definida como a habilidade de um limiar específico à uma intensidade da atividade física em corretamente identificar os casos não classificados na respectiva intensidade. Todas as análises foram conduzidas no pacote estatístico IBM SPSS 20.0.

RESULTADOS

Dos 79 adolescentes selecionados, dois foram excluídos das análises devido a falhas na inicialização do acelerômetro. De um total de 924 casos possíveis para cada variável (79 sujeitos x 12 atividades), dados completos de VO_2 e *counts* foram obtidas em 898 casos (97,1%). A intensidade das atividades variou de 1,0 a 7,4 METs, enquanto que a média para *counts* do Actical variou entre 0,2 e 9749,1 *counts.min*⁻¹ (Tabela 4). Exceto para atividades esportivas (voleibol, basquetebol e futebol), *counts* do Actical aumentaram de forma similar aos incrementos observados nos escores de METs para cada atividade.

Indicadores de validade para as atividades sedentárias, moderadas e vigorosas são apresentados na Tabela 5. Áreas sob a curva ROC indicaram excelente acurácia (ROC $\geq 0,90$) para a identificação das SED por meio dos limiares de PU e EV. Similarmente, coeficientes de Kappa para os pontos de corte de PU e EV para atividade sedentária indicaram concordância muito boa para a identificação das SED. Com relação às atividades físicas MOD-VIG, áreas sob a curva ROC (0,86 a 0,89) e coeficientes de Kappa (0,73 a 0,77) indicaram boa e similar classificação por meio dos limiares de PU, CT e EV. No entanto, ressalta-se que o limiar mais elevado de EV tendeu a apresentar menor sensibilidade para a classificação das MOD-VIG quando comparado aos demais limiares. A acurácia de classificação das VIG por meio dos limiares de EV e CT foi boa (ROC = 0,90 e 0,85, respectivamente; $\kappa = 0,69$ e 0,67, respectivamente) e significativamente superior àquela apresentada pelo limiar de PU (ROC = 0,74 e $\kappa = 0,51$).

TABELA 4 – Estatísticas descritivas para VO₂, METs e counts do Actical para cada atividade

	VO ₂ (ml.kg.min ⁻¹)		METs		Actical (counts.min ⁻¹)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Repouso	4,5	1,4	1	---	0,9	4,8
Ver DVD	4,6	1,2	1,0	0,2	1,9	7,6
Escrever	5,2	1,8	1,2	0,2	0,2	0,7
Videogame	5,3	1,5	1,2	0,2	1,3	3,9
Em pé	5,8	1,5	1,3	0,3	8,4	15,9
Caminhar a 2 km/h	9,5	1,9	2,2	0,4	549,7	288,8
Caminhar a 4 km/h	12,8	2,3	3,0	0,7	2207,5	375,5
Voleibol	17,9	4,9	4,2	1,3	1152,3	511,0
Correr a 7,2 km/h	27,8	6,0	6,5	1,7	9749,1	1431,2
Pular corda	30,1	7,3	6,9	2,2	7088,9	1949,1
Basquetebol	30,4	7,6	7,0	1,9	5609,4	1923,6
Futebol	31,8	8,4	7,4	2,1	5796,5	1495,1

DP = desvio padrão

TABELA 5 – Indicadores de validade para atividades sedentárias e atividades físicas moderadas a vigorosas para o acelerômetro Actical em adolescentes

	Sedentária	Moderada a vigorosa	Vigorosa
Evenson et al. ⁸	ROC _{IC95%} = 0,96 [0,94 – 0,97] S = 96,9; E = 94,2 κ = 0,90	ROC _{IC95%} = 0,86 [0,84 – 0,89] S = 79,0; E = 93,9 κ = 0,73	ROC _{IC95%} = 0,90 [0,87 – 0,92] S = 93,6; E = 84,9 κ = 0,69
Puyau et al. ⁹	ROC _{IC95%} = 0,97 [0,95 – 0,98] S = 98,2; E = 94,0 κ = 0,91	ROC _{IC95%} = 0,89 [0,86 – 0,91] S = 86,2; E = 90,9 κ = 0,77	ROC _{IC95%} = 0,74 [0,69 – 0,78] S = 54,1; E = 93,1 κ = 0,51
Colley, Tremblay ¹⁰	---	ROC _{IC95%} = 0,88 [0,85 – 0,90] S = 84,5; E = 90,9 κ = 0,75	ROC _{IC95%} = 0,85 [0,82 – 0,89] S = 81,4; E = 89,2 κ = 0,67

ROC = área sob a curva ROC; IC_{95%} = intervalo de confiança; S = sensibilidade; E = especificidade; κ = coeficiente Kappa. Sensibilidade e especificidade expressos em porcentagem.

DISCUSSÃO

A falta de padronização quanto ao uso de limiares direcionados à identificação das diferentes intensidades da atividade física e atividades sedentárias, por meio de acelerômetros, tem dificultado o entendimento da relação entre essas exposições e desfechos em saúde¹⁸. Nesse sentido, o presente estudo testou a validade de três conjuntos de limiares específicos ao acelerômetro Actical e identificou que, em geral, os mesmos possuem boa validade para a identificação das SED, MOD-VIG e VIG em adolescentes.

Este é o primeiro estudo a testar a validade dos limiares existentes para o acelerômetro Actical em adolescentes brasileiros, limitando a comparação dos resultados encontrados em relação à literatura. Sendo assim, mediante um protocolo contendo diversas atividades físicas comuns ao cotidiano de adolescentes, identificou-se que os limiares de EV e PU apresentaram excelente e similar acurácia para a determinação das SED. Destaca-se que ambos os limiares são bas-

tante comparáveis (44 e 99 *counts.min*⁻¹) e foram elaborados a partir do emprego de atividades sedentárias cotidianas de adolescentes. Portanto, considerando a similar validade e comparabilidade destes limiares, ambos são adequados para a estimativa das SED em adolescentes brasileiros por meio do acelerômetro Actical. Do ponto de vista prático, este achado é de grande importância uma vez que o tempo gasto em comportamento sedentário é associado com desfechos negativos à saúde em crianças e adolescentes¹⁹. Assim, a utilização de limiares de acelerômetros válidos que façam a correta distinção entre as atividades sedentárias e de intensidade leve, permitirão determinar com maior precisão a magnitude das associações entre o comportamento e diferentes desfechos em saúde.

Considerando que as recomendações quanto à prática de atividades físicas na adolescência englobam o envolvimento de pelo menos 60 minutos diários em MOD-VIG²⁰, a determinação desta intensidade da atividade física por meio de acelerômetros se torna um tema de especial interesse aos pesquisadores da área. O presente estudo identificou que os limiares analisados apresentam boa acurácia para a classificação das MOD-VIG, apesar de uma tendência de menor sensibilidade do limiar de EV, em relação aos limiares de CT e PU. Isto sugere que, em termos práticos, o uso de um limiar mais elevado como o de EV (2032 *counts.min*⁻¹) poderia gerar um maior número de falsos negativos quando da identificação das pessoas que atendem as recomendações de prática para as MOD-VIG comparado aos menores limiares de CT e PU (1600 e 1500 *counts.min*⁻¹, respectivamente). Um ponto crucial para a interpretação destas informações se refere ao critério adotado para a identificação das MOD-VIG (3 ou 4 METs). Considerando a falta de consenso na literatura quanto ao critério mais apropriado para a identificação das MOD-VIG em adolescentes, adotou-se neste estudo o critério de 3 METs, o qual está em consonância com aquele utilizado por CT e PU, porém diferente daquele empregado por EV (4 METs). Isto pode ter favorecido os limiares de CT e PU quando da interpretação da acurácia destes limiares para a classificação das MOD-VIG.

Mais recentemente, tem-se observado um crescente aumento no interesse em monitorar a prevalência da prática de atividades físicas de intensidade vigorosa²¹, bem como sua relação com desfechos em saúde em adolescentes^{22,23}. Para tanto, a correta discriminação das atividades VIG e MOD é importante, visto que a relação entre a atividade física e indicadores de saúde parece dependente da intensidade da atividade praticada¹⁸. Verificou-se que a acurácia de classificação das VIG por meio dos limiares de EV e CT foi boa e estatisticamente superior ao limiar de PU, o qual apresentou apenas razoável acurácia para a classificação destas atividades. Ao contrário dos limiares relacionados às SED e MOD-VIG, os limiares do Actical disponíveis para a identificação das VIG são bastantes discrepantes (2876, 4760 e 6500 *counts.min*⁻¹ para EV, CT e PU, respectivamente). Nesse sentido, foi identificado que em limiares mais elevados, tal como aquele proposto por PU, a acurácia de classificação das VIG diminui, especialmente por uma drástica redução da sensibilidade. Assim, o limiar de 6500 *counts.min*⁻¹ é inapropriado para a determinação das VIG, uma vez que o mesmo apresenta uma tendência de gerar um elevado número de falsos positivos.

Algumas limitações do presente estudo devem ser consideradas para uma melhor interpretação dos resultados. Embora o protocolo de atividades físicas tenha sido elaborado para representar as atividades do cotidiano de adoles-

centes, as atividades foram padronizadas de forma a permitir a obtenção de medidas do VO_2 em estado estável. Além disso, o universo de tipos de atividades físicas praticadas por adolescentes é bem superior às utilizadas no protocolo do estudo, o que de certa forma pode restringir a extrapolação dos resultados. Finalmente, o critério de 3 METs utilizado para a classificação das MOD-VIG é questionável e pode ter favorecido os menores limiares de EV e CT. Pontos positivos do estudo também merecem ser destacados. O tamanho amostral é superior aos utilizados pelos estudos de calibração que deram origem aos limiares investigados, embora inferior a de outro estudo que realizou análises de validação em outro modelo de acelerômetro²⁴. O emprego da calorimetria indireta como método de referência permitiu considerar a variabilidade individual na intensidade do esforço em cada atividade física realizada pelos participantes. Finalmente, este foi o primeiro estudo a analisar a validade de limiares do Actical em adolescentes brasileiros.

Em conclusão, os resultados do presente estudo indicam que alguns limiares disponíveis na literatura para o acelerômetro Actical possuem boa validade para a estimativa do comportamento sedentário e da intensidade da atividade física em adolescentes. O limiar de Puyau et al. não é recomendado para a determinação das atividades de intensidade vigorosa. Novos estudos de validação de limiares de outros modelos de acelerômetros, tais como o ActiGraph, podem contribuir para uma uniformização dos procedimentos adotados para análise das informações relacionadas à acelerometria, permitindo maior comparabilidade entre os estudos.

Contribuição dos autores

Marcelo Romanzini, Janaína Guido e David Ohara participaram da concepção do projeto, análise e interpretação dos dados, redação da primeira versão do manuscrito e aprovação da versão final. Felipe F. Reichert e Edio Luiz Petroski participaram concepção do projeto, análise dos dados, revisaram criticamente o manuscrito e aprovaram a versão final.

Financiamentos

Suporte financeiro recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

1. Rowlands AV, Ingledeu DK, Eston RG. The effect of type of physical activity measure on the relationship between body fatness and habitual physical activity in children: a meta-analysis. *Ann Hum Biol.* 2000;27(5):479-97.
2. Barufaldi LA, Abreu GA, Coutinho ES, Bloch KV. Meta-analysis of the prevalence of physical inactivity among Brazilian adolescents. *Cad Saude Publica.* 2012;28(6):1019-32.
3. Chinapaw MJ, Mokkink LB, van Poppel MN, van Mechelen W, Terwee CB. Physical activity questionnaires for youth: a systematic review of measurement properties. *Sports Med.* 2010;40(7):539-63.
4. Rowlands AV. Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. *Pediatr Exerc Sci.* 2007;19(3):252-66.
5. Chen KY, Bassett DR, Jr. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37 Suppl 11:S490-500.
6. Ekelund U, Tomkinson G, Armstrong N. What proportion of youth are physically active? Measurement issues, levels and recent time trends. *Br J Sports Med.* 2011;45(11):859-65.

7. Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37 Suppl 11:S523-30.
8. Evenson KR, Catellier DJ, Gill K, Ondrak KS, McMurray RG. Calibration of two objective measures of physical activity for children. *J Sports Sci.* 2008;26(14):1557-65.
9. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Zakeri I, Butte NF. Prediction of Activity Energy Expenditure Using Accelerometers in Children. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(9):1625-31.
10. Colley RC, Tremblay MS. Moderate and vigorous physical activity intensity cut-points for the Actical accelerometer. *J Sports Sci.* 2011;29(8):783-9.
11. Kim Y, Beets MW, Welk GJ. Everything you wanted to know about selecting the “right” ActiGraph accelerometer cut-points for youth, but...: a systematic review. *J Sci Med Sport.* 2012;15(4):311-21.
12. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ.* 2000;320(7244):1240-43.
13. De Vries SI, Van Hirtum HW, Bakker I, Hopman-Rock M, Hirasings RA, Van Mechelen W. Validity and reproducibility of motion sensors in youth: a systematic update. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(4):818-27.
14. Harrell JS, McMurray RG, Baggett CD, Pennell ML, Pearce PF, Bangdiwala SI. Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(2):329-36.
15. Metz CE. Basic principles of ROC analysis. *Semin Nucl Med* 1978;8(4):283-98.
16. DeLong ER, DeLong DM, Clarke-Pearson DL. Comparing the areas under two or more correlated receiver operating characteristic curves: a nonparametric approach. *Biometrics.* 1988;44(3):837-45.
17. Altman D. *Practical statistics for medical research.* London: Chapman and Hall; 1991.
18. Parikh T, Stratton G. Influence of intensity of physical activity on adiposity and cardiorespiratory fitness in 5-18 year olds. *Sports Med.* 2011;41(6):477-88.
19. Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, Saunders TJ, Larouche R, Colley RC, Goldfield G, Connor Gorber S. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2011;8:98.
20. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr.* 2005;146(6):732-7.
21. Singh GK, Kogan MD, Siahpush M, van Dyck PC. Prevalence and correlates of state and regional disparities in vigorous physical activity levels among US children and adolescents. *J Phys Act Health.* 2009;6(1):73-87.
22. Mitchell EA, Beasley R, Björkstén B, Crane J, García-Marcos L, Keil U; ISAAC Phase Three Study Group. The association between BMI, vigorous physical activity and television viewing and the risk of symptoms of asthma, rhinoconjunctivitis and eczema in children and adolescents: ISAAC Phase Three. *Clin Exp Allergy.* 2013;43(1):73-84.
23. Sayers A, Mattocks C, Deere K, Ness A, Riddoch C, Tobias JH. Habitual levels of vigorous, but not moderate or light, physical activity is positively related to cortical bone mass in adolescents. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011;96(5):E793-802.
24. Trost SG, Loprinzi PD, Moore R, Pfeiffer KA. Comparison of accelerometer cut points for predicting activity intensity in youth. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(7):1360-8.

**ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA
MARCELO ROMANZINI**

Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Educação Física e Esporte,
Departamento de Educação Física
AC Bandeirantes, Jardim Portal de
Versalhes 1
CEP 86057970 - Londrina, Paraná,
Brasil.
Telefone: (43) 3371-4238
E-mail: mromanzini@uel.br
mromanzini@hotmail.com

RECEBIDO 18/01/2014
REVISADO 24/04/2014
APROVADO 24/04/2014