

Validação da acelerometria para medida do gasto energético: revisão sistemática

Validation of accelerometry for measuring energy expenditure: a systematic review

Christiane Riedi Daniel¹, Linamara Rizzo Battistella²

RESUMO

Objetivo: Examinar a qualidade dos estudos de validação da acelerometria comparados com o consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) e como objetivo secundário apresentar as principais características dos estudos inseridos e os principais modelos de acelerômetros testados. **Método:** Após pesquisa na base de dados MedLine, LILACS, Embase e CLINAHL com os descritores “Oxygen Consumption” OR “Energy Metabolism” AND “Accelerometry” AND “Validation Studies”, os dois autores realizaram a seleção dos artigos de acordo com título, leitura do resumo e do texto completo. Após a inclusão dos artigos, estes tiveram sua qualidade avaliada pela ferramenta QUADAS-2 que avalia o risco de viés e a preocupação com a aplicabilidade do teste. **Resultados:** Foram selecionados 11 trabalhos que se ajustaram aos critérios de inclusão. A análise QUADAS-2 mostrou que para o risco de viés houve problemas com a sua identificação principalmente no que diz respeito ao teste proposto e o padrão-ouro, em relação à aplicabilidade na maioria dos estudos o risco foi baixo. O acelerômetro mais utilizado foi o *Actgraph* e *SenseWear Armband Pro3* que foi testado em 3 estudos. **Conclusão:** Conclui-se através desta revisão sistemática que são necessárias mais informações a respeito da metodologia proposta nos estudos para classificação da qualidade dos mesmos e que a acelerometria é uma alternativa válida para medida do gasto energético em condições de atividades livres e controladas independente do tipo de acelerômetro.

Palavras-chave: Acelerometria, Consumo de Energia, Estudos de Validação

ABSTRACT

Objective: The primary objective of this review was to examine the quality of the validation studies of the accelerometry tool as compared with measuring maximal oxygen uptake (VO₂max). A secondary objective was to present the main characteristics of the studies and of the main models of accelerometers tested. **Method:** After searching the MedLine, LILACS, Embase e CLINAHL databases with the descriptors “Oxygen Consumption” OR “Energy Metabolism” AND “Accelerometry” AND “Validation Studies,” the two authors made the selection according to the title, the abstract, and the full text. After that, the quality of the articles was assessed by the QUADAS-2 tool for risk of bias and for concerns regarding the applicability of the test. **Results:** We selected 10 studies that fit the inclusion criteria. The QUADAS-2 analysis showed that for the risk of bias there were problems with identification, particularly with regard to the proposed test and with the gold standard. In relation to the applicability, in most studies the risk was low. The most used accelerometers were the *Actgraph* and the *SenseWear Armband Pro3* that was tested in 3 studies. **Conclusion:** This systematic review concluded that more information is needed about the proposed methodology in studies to classify their quality and that accelerometry is a valid alternative to measure energy metabolism in conditions of free-living and controlled activities, regardless of the accelerometer.

Keywords: Accelerometry, Energy Consumption, Validation Studies

¹ Fisioterapeuta, Doutoranda pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; Professora Assistente, Universidade Estadual do Centro Oeste.

² Médica Fisiatra, Professora Titular, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Endereço para correspondência:
Instituto de Reabilitação Lucy Montoro
Christiane Riedi Daniel
Rua Jandiatuba, 580
São Paulo - SP
CEP 05716-150
E-mail: christiane_riedi@usp.br

Recebido em 23 de Abril de 2014.

Aceito em 26 de Julho de 2014.

DOI: 10.5935/0104-7795.20140019

INTRODUÇÃO

A atividade física é considerada um importante indicador de saúde e sua prática regular impacta na prevenção dos fatores de risco cardiovascular e desenvolvimento de doenças como as cardíacas, diabetes do tipo 2, acidente vascular encefálico, câncer de cólon e de útero, e estão diretamente relacionadas ao gasto energético durante a atividade física e ao gasto energético total.^{1,2}

A atividade física como forma de exercício terapêutico, regular padronizado também é importante no programa de reabilitação nos aspectos cardiovasculares, neuromusculares e na perspectiva do controle motor e plasticidade cortical.³

Com base nisso torna-se necessário à investigação de ferramentas simples, práticas e pouco invasivas com sensibilidade adequada para a medida do nível de atividade física (AF) e gasto energético (GE), tanto em condições controladas (laboratório) como em atividades livres. Nesta perspectiva, o acelerômetro é um instrumento que avalia o GE e o nível de AF, através da estimativa tempo-real da frequência, intensidade e duração desta atividade⁴ e que por ser portátil e de fácil manuseio⁵ possibilita a aquisição destas medidas nas mais diversificadas condições.^{6,7}

O objetivo inicial deste estudo era realizar uma revisão dos estudos de validação do acelerômetro para medida do GE em portadores de AVE que apresentam em consequência da doença uma diminuição da mobilidade e da capacidade funcional com aumento da fadiga, gerando assim um ciclo de inatividade física,⁸ porém como não foi possível encontrar com os descritores estabelecidos pelo *Mesh* estudos de validação nesta população, expandiu-se a pesquisa a qualquer população e isso se justifica pela grande quantidade de modelos de acelerômetros existentes no mercado.

OBJETIVO

O objetivo primário desta revisão foi examinar a qualidade dos estudos de validação do acelerômetro comparado com o consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) para medida do GE e como objetivo secundário apresentar as principais características dos estudos inseridos e os modelos de acelerômetros testados.

METODO

Crítérios para considerar os estudos desta revisão

Tipos de estudos

Estudos de validação.

Tipos de participantes

Adultos (maiores que 18 anos) saudáveis ou com qualquer patologia.

Tipos de ferramentas investigadas

Foram investigados estudos que utilizaram a acelerometria como ferramenta de avaliação do gasto energético de indivíduos, comparadas com o VO₂máx.

Métodos de pesquisa para identificação dos estudos

Estratégia de busca

Os estudos elegíveis foram identificados após a pesquisa no banco de dados MedLine, LILACS, Embase e CLINAHL. Os dois autores avaliaram os estudos utilizando os critérios de inclusão e qualidade dos estudos. Os descritores escolhidos para a execução da pesquisa foram: "Oxygen Consumption" OR "Energy Metabolism" AND "Accelerometry" AND "Validation Studies".

Crítérios de seleção

Foram incluídos todos os trabalhos, encontrados nos últimos 10 anos até a primeira quinzena de fevereiro de 2014, sendo considerados os idiomas: inglês, português e espanhol.

Seleção dos artigos

A seleção e avaliação dos artigos ocorreram de forma independente por dois autores. Foram excluídos os artigos que não se relacionavam com o tema de acordo com título e resumo. Dos artigos selecionados, os pesquisadores avaliaram os textos completos, classificando a qualidade e os critérios de inclusão. Com os artigos selecionados os autores se reuniram para entrar em consenso sobre a inclusão e exclusão dos estudos na revisão. Caso houvesse desacordo entre os revisores, um terceiro seria solicitado para resolver as diferenças. Entretanto, não foi necessário.

Avaliação da qualidade dos artigos

Por se tratar de uma revisão de artigos que realizam a validação de ferramentas que mensuram o gasto energético optou-se pela utilização do QUADAS-2, instrumento que avalia a qualidade dos estudos de acurácia, para tal, busca investigar o risco de viés dos estudos e a preocupação com a aplicabilidade do teste estudado. Para o risco de viés foi utilizado o *check-list* que contempla quatro domínios: seleção dos pacientes, teste investigado, padrão ouro e o fluxo do estudo e para a aplicabilidade do teste apenas os 3 primeiros domínios devem ser analisados. Para facilitar a classificação dos estudos algumas perguntas padronizadas (questões sinalizadoras) devem ser respondidas. Os estudos são

classificados em baixo, alto ou não detectados o risco de viés e a aplicabilidade.⁹

RESULTADOS

Após a busca, na MedLine foram encontrados 39 artigos, destes, 29 foram identificados como possíveis estudos a serem incluídos. Nove artigos foram excluídos por se tratarem de crianças e 4 de adolescentes, restando assim 16 para análise. Após a leitura na íntegra destes estudos 6 foram excluídos, pois utilizavam a acelerometria para validação de outras ferramentas o que não se enquadrava no objetivo deste estudo.

Na base de dados LILACS e Embase, não foram encontrados retornos com os descritores escolhidos. Na base de dados CLINAHL foram encontrados 28 retornos, porém apenas 1 foi inserido nesta revisão visto que a 12 não eram estudos de validação, 10 utilizavam o acelerômetro como referência para testar outras formas de medida da atividade física e gasto energético e 5 utilizavam apenas o consumo máximo de oxigênio como ferramenta de avaliação.

Sendo assim realizou-se a análise da qualidade dos 11 estudos através da ferramenta QUADAS-2 em 11 artigos cujos resultados foram apresentados de acordo com os 4 itens propostos pela ferramenta: seleção dos pacientes, teste investigado, utilização do padrão ouro e fluxo e tempo do estudo.

A Figura 1 apresenta a análise QUADAS-2 para risco de viés onde é possível observar que o risco é baixo nos quesitos seleção dos pacientes e fluxo e tempo e que o ponto crítico desta revisão é a falta de clareza nas informações a respeito do emprego do teste proposto e do padrão ouro.

A Figura 2 mostra a qualidade metodológica referente preocupação com a aplicabilidade do teste proposto e observa-se que apenas 9,1% dos estudos apresentam problema no que diz respeito a seleção dos pacientes e a pergunta clínica.

Após a avaliação qualitativa, buscou-se identificar as características dos participantes dos estudos inseridos nesta revisão (Tabela 1).

Na Tabela 2 é possível observar as principais características dos estudos, bem como a metodologia estatística empregada.

DISCUSSÃO

Apesar da vasta literatura sobre a utilização da acelerometria como forma de medida do GE, os estudos de validação destes equipamentos são em menor quantidade e quando realizados em patologias tornam-se escassos.

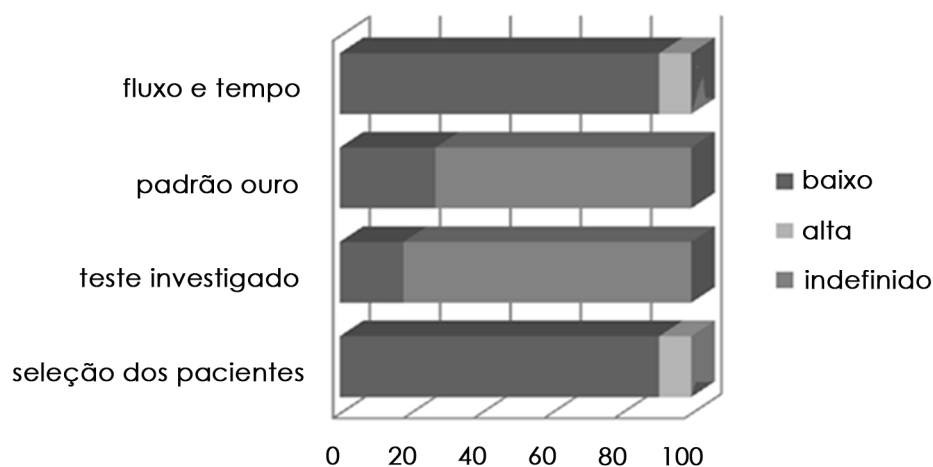


Figura 1. Qualidade metodológica para risco de viés

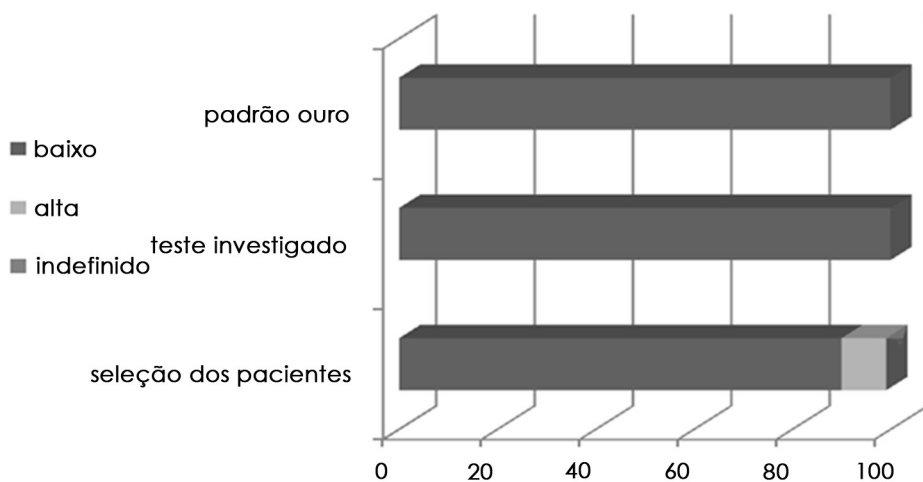


Figura 2. Qualidade metodológica referente à preocupação com a aplicabilidade do teste

Tabela 1. Características dos participantes dos estudos analisados

Estudo	Característica da amostra	N Gênero	Idade (anos)	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m ²)
Item-Glatthorn et al. ⁵	Osteoartrose de quadril	26 M	54 ± 9	84 ± 11	176 ± 6	27,18 ± 8
Villars et al. ²	Saudáveis	35 M	27,6 ± 6,5	82,3 ± 14,4	NI	25,2 ± 4
Tweedy & Trost ¹⁰	Idosos da comunidade	11 M/3 F	32 ± 8	NI	NI	NI
Soric et al. ¹¹	Estudantes	19 M	28 ± 6	69 ± 11	173 ± 8	23 ± 3
Kuffel et al. ¹²	Saudáveis	14 M/16 F	28 ± 7,7	NI	NI	24,6 ± 3,6
Kumahara et al. ¹³	Saudáveis	28 M/51 F	38,5 ± 12	60,8 ± 10,2	164,35 ± 0,05	22,4 ± 2,7
Horner et al. ¹⁴	Militares	114 M/41 F	20,6 ± 3,9	67,9 ± 12	171 ± 0,10	23,25 ± 2
Bharathi et al. ¹⁵	Saudáveis	94 M	39 ± 13	NI	NI	21 ± 3
Johansson et al. ¹⁶	Saudáveis	6 M/2 F	28-63	61,2-120,5	166-188	NI
Patel et al. ¹⁷	DPOC	4 M/4 F	61,5 ± 4,3	84 ± 19	NI	30,2 ± 5,8
Johannsen et al. ¹⁸	Saudáveis	15 M/15 F	38,2 ± 10,6	71,2 ± 13,7	171 ± 7	24 ± 3,4

IMC: índice de massa corporal; M: masculino; F: feminino; NI: não identificado; DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica.

O objetivo inicial deste trabalho era investigar estudos de validação da acelerometria frente ao consumo máximo de oxigênio em portadores de AVE em qualquer fase da doença (aguda, subaguda ou crônica), esta opção ocorreu, pois a inatividade física resultante das sequelas motoras limitam a deambulação, a capacidade funcional e a realização de atividade de vida diária.¹⁹ Porém encontrou-se dificuldade na seleção de artigos relacionados ao assunto o nos mostra que apesar de estudos como os de Manns Haennel²⁰ avaliarem a acelerometria em AVE muitos destes artigos não estudos de validação.

As palavras *Mesh* foram escolhidas por ser um vocabulário controlado utilizado para sua indexação na MedLine e em outras bases de dados, esta escolha traz como ponto positivo a forma consistente de recuperação das informações e como ponto negativo o fato de que outros estudos que não utilizem estes descritores, poderão não aparecer na pesquisa.

O restrito número de trabalhos de validação encontrados em pacientes com AVE mostra a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que investiguem a validade da acelerometria nesta população. A acelerometria neste caso possibilita avaliar os pacientes com AVE tanto em condições controladas com as de laboratórios quanto em atividades livres e de vida diária.

Dos estudos inseridos nesta revisão a avaliação da qualidade foi realizada pela ferramenta QUADAS-2 e pode-se verificar uma dificuldade para extrair as informações, principalmente no que diz respeito a interpretação dos testes tanto o proposto quanto o padrão ouro. De acordo com Withing et al.⁹ para a ferramenta QUADAS-2 se as questões sinalizadoras forem respondidas com sim o risco de viés é baixo e quando uma das questões for respondida como não já existe o risco. O uso do termo indefinido só deve ser utilizado se os dados forem insuficientes para permitir o julgamento o que foi encontrado nesta revisão, tanto nos testes proposto quanto no padrão-ouro.

No estudo de Item-Glatthorn et al.⁵ não foi possível identificar a forma de seleção dos pacientes oferecendo algum viés. E no estudo de Villars et al.² o risco de viés ocorreu em função das exclusões dos pacientes devido a problemas no registro do equipamento.

Já em relação à aplicabilidade dos testes é possível verificar que todos os estudos inseridos nesta revisão apresentam uma preocupação com a aplicabilidade do teste bem como do estudo, apenas o estudo de Item-Glatthorn et al.⁵ apresentou-se como uma preocupação no item seleção dos pacientes.

Tabela 2. Características dos principais estudos e metodologia estatística empregada

Estudo	Comparação	Método	Variáveis analisadas	Análise estatística	Conclusão
Item-Glatthorn et al. ⁵	<i>Intelligent Device for Energy Expenditure and Activity</i> (IDEEA) x <i>Gaitrite</i>	Marcha e fases da marcha	Ciclo da marcha (s) Balança (s) Suporte duplo (s) Comprimento passo (cm) Cadência (passos/min) Velocidade (m/s)	ICC (LOA) 0,99 (0,07; 0,016) 0,92 (0,2*; 0,06) 0,81(-0,86; 0,23) 0,78 (-7,3; 11,2) 0,99 (0,5; 1,9) 0,93 (0,16; 0,19)	Indicada para análise quantitativa dos parâmetros temporais porém para avaliação do apoio duplo e comprimento de passo deve ser usada com precaução
Villars et al. ²	<i>Actiheart</i> e RT3 triaxial acelerômetro x dupla coluna de água	Atividades livres de vida diária	GET GER GEAF	Ac x DCH ₂ O: ICC: < 0,01 LOA: 42,3; 24,4 R ² = 0,06 Ac/FC x DCH ₂ O: ICC: 0,3 LOA: 37; 31,2 R ² = 0,11	Bom nível de concordância entre o acelerômetro e frequência cardíaca com a dupla coluna de água no gasto energético em atividades físicas livres
Tweedy & Trost ¹⁰	<i>Actigraph</i> MTI acelerômetro x calorimetria indireta	Caminhada confortável (CC), acelerada (CA) e rápida (CR)	METS	Coefficiente de Pearson: CC: 0,58* CA: 0,64* CR: 0,7*	Índice válido para medida do gasto energético em todas as atividades de caminhada
Soric et al. ¹¹	Calorimetria indireta x Acelerômetro <i>Sensewear Armband Pro3</i>	Patinação recreativa	GE METS	Regressão Linear METS: R ² = 0,73 p < 0,001 GE: R ² = 0,81 p < 0,001 LOA: METS: -0,24; -0,23 GE: -0,34; -0,14	Falta de sensibilidade para avaliação da atividade vertical na patinação recreativa
Kuffel et al. ¹²	Calorimetria indireta x acelerômetro <i>Actigraph GT1M</i> analisados de 2 formas (2006 e análise redefinida (AR))	Deambulação a 20 e 40 s/min	GE	Anova: 20s: p = 0,001 40s: p = 0,01 LOA 2006: -2,4; 2,2 AR: -1,5; 1,8	O modelo atual de predição do gasto energético é mais sensível quando comparada com o modelo antigo
Kumahara et al. ¹³	Pletismografia x acelerometria uniaxial	Atividades livres Caminhadas em esteira	GET GEAF GEE	Equação de regressão linear GET R ² = 0,92 p < 0,001 GEAF R ² = 0,56 p < 0,01 GEE R ² = 0,8 p < 0,001	A Acelerometria foi útil na pesquisa da atividade física diária e no gasto energético em condições não controladas.
Homer et al. ¹⁴	Dupla coluna de água x acelerometriatriaxial 3DNX	Atividades livres	GET AF GEP AFp	GET x GEP R ² = 0,65 p < 0,001 AF x AFp R ² 0,41 p < 0,01	A Acelerometria aumenta a acurácia na estimação do gasto energético em militares.
Bharathi et al. ¹⁵	Acelerometria uniaxial x calorimetria indireta	Teste de esforço Atividades livres	AF GE	Correlação de Pearson AF x GE r = 0,28 p = 0,01	O gasto energético das atividades livres medidas através do acelerômetro pode oferecer uma medida acurada.
Johansson et al. ¹⁶	Acelerometria <i>Actigraph</i> Frequentamento com sensor de movimento Analisador de gases Água duplamente marcada	Atividades livres Caminhadas em diferentes velocidades Corrida	GE FC/AC x ADM GE FC x ADM GE AC x ADM	Bland-Altman + Pearson GE FC/AC x ADM r ² = -0,26; p = 0,53 LOA (-3,2; 6,8) GE FCflex x ADM r ² = -0,62; p = 0,1 LOA (6,2-7,9) GE AC x ADM r ² = 0,03; p = 0,93 LOA (-5,8; -6,6)	O Método que associado a FC e acelerometria bem como o acelerômetro isolado possui potencial de ser utilizado como ferramenta para aferir o gasto energético em atividades livres.
Patel et al. ¹⁷	Acelerômetro <i>SenseWear Pro</i> Medidor de atividade física Analisador de gases	Teste de caminhada de 6 minutos <i>Shuttle test</i>	GE AC GE AC + AF GE VO ₂	Bland-Altman GEAC x VO ₂ R ² = 0,68; p < 0,001 GEAC + AF x GE VO ₂ ; R ² 0,86; p < 0,001 Reprodutibilidade <i>Shuttle</i> x TC6 teste 1 r 0,84 p < 0,05 <i>Shuttle</i> x TC6 teste 2 r = 0,86 p < 0,05	A acelerometria e o monitor de atividade física são reprodutíveis e acurados para medida do GE durante a caminhada de baixa para moderada velocidade em DPOC com limitação funcional moderada.
Johannsen et al. ¹⁸	<i>SenseWear Pro</i> , <i>SenseWear mini</i> Água duplamente marcada	Atividade livres de vida diária	GE diário GET	Bland-Altman GE diário <i>SenseWear Pro</i> x ADM R ² 0,68 p < 0,001 <i>Sensewaer Mini</i> x ADM R ² 0,71 p < 0,001 GET <i>SenseWear Pro</i> x ADM R ² 0,8 p < 0,001 <i>Sensewaer Mini</i> x ADM R ² 0,85 p < 0,001	O <i>SenseWear pro 3</i> e o <i>SenseWear mini</i> se mostram acurados para medida do gasto energético em atividades livres de vida diária.

ACC: acelerometria; AC: acelerômetro; AF: nível de atividade física; AFp: nível de atividade física predita; ADM: água duplamente marcada; CA: caminhada acelerada; CC: caminhada confortável; CR: caminhada rápida; GE: gasto energético; GEAF: gasto energético na atividade física; GEE: gasto energético na esteira; GEP: gasto energético predito; GER: gasto energético repouso; GET: gasto energético total; ICC: coeficiente de correlação intraclass; LOA: limite de concordância; METS: equivalente metabólico; * estatisticamente significativo.

Totalizou-se 498 indivíduos nesta revisão, destes a maioria dos participantes eram homens (366) com uma variação grande no número de indivíduos pesquisados entre os estudos, porém de acordo com Kottner et al.²¹ ao propor um *guidelines* para estudos de confiabilidade e concordância, indicam que as amostras costumam não ser muito grandes mas é necessário que o desenho do estudo esteja adequado para responder corretamente a pergunta. A diferença entre os gêneros não é destacada neste *guidelines*. Nos estudos avaliados o desenho foi considerado adequado no delineamento da pesquisa.

Em relação às características dos participantes, 72,7% (8) estudos foram realizados com indivíduos saudáveis, 9,1% (1) com portadores de osteoartrite, 9,1% (1) com idosos, 9,1% (1) com DPOC, como cada patologia possui características diferentes em sua manifestação clínica, destacam-se a necessidade de um maior número de estudos de validação em diferentes populações.

Ao verificar os tipos de acelerômetros foi possível observar que 7 marcas foram testadas, o acelerômetro *Actigraph* foi o mais utilizado (3 estudos). Este acelerômetro foi testado em caminhadas de diferentes velocidades,¹⁰ deambulação a 20 e 40 s/min, porém comparando duas formas de leitura do acelerômetro¹² e em caminhadas em diferentes velocidades e corrida¹⁶ nestas 3 condições o acelerômetro se mostrou sensível, sendo recomendado pelos autores. No estudo de Kuffel et al.¹² a análise redefinida utilizada na acelerometria foi considerada mais sensível que o modelo antigo, isso é importante, pois demonstra que a forma de análise influencia nos resultados dos estudos.

O acelerômetro *Sensewear Armband Pro3*, também foi utilizado em 3 estudos. Soric et al.¹¹ analisaram o acelerômetro durante a patinação recreativa e verificaram a deficiência do equipamento na captação de medidas para atividades verticais como a patinação recreativa e Patel et al.¹⁷ investigaram o uso do acelerômetro em portadores de DPOC moderada e nesta condição a acelerometria foi considerada reproduzível e acurada para medida do gasto energético. Johannsen et al.¹⁸ utilizaram o *Sensewear Armband Pro3* juntamente com o *Sensewear Mini* com a água duplamente marcada em atividades de vida diária.

Os outros 3 acelerômetros triaxiais utilizados foram IDEEA⁵ durante a marcha e suas fases, RT3² e 3DNX¹⁴ ambos em atividades livres de vida diária, e os três equipamentos foram indicados pelos pesquisadores. O IDEEA

apesar da indicação dos pesquisadores para análise quantitativa do gasto energético dos parâmetros temporais, este dispositivo deve ser utilizado com precaução na mensuração do GE das fases de apoio duplo e comprimento da passada.

Já os 2 acelerômetros uniaxiais foram utilizados nos estudos de Kumahara et al.¹³ e Bharathi et al.¹⁵ que avaliaram atividades livres e exercícios em esteira. Concluíram que este tipo de acelerômetro pode ser utilizado na avaliação de atividade livres bem como no aumento da acurácia da predição do gasto energético.

Desta forma é possível detectar através desta revisão sistemática que apesar dos resultados serem considerados apropriados para o registro do gasto energético na maioria das condições propostas, em situações específicas como em fases da marcha e oscilações verticais devem ser utilizados com cautela. Essa constatação reflete na necessidade de antes da utilização do acelerômetro na rotina clínica sejam verificadas, a validação da ferramenta no tipo de medição a ser feita e também para a população a ser investigada em função de suas particularidades.

CONCLUSÃO

Conclui-se através desta revisão sistemática que são necessárias mais pesquisas a respeito da metodologia proposta nos estudos para classificação da qualidade dos mesmos e que a acelerometria é uma alternativa válida para medida do GE em condições de atividades livres e controladas independente do tipo de acelerômetro. A acelerometria poderia de constituir em uma ferramenta de apoio ao programa de reabilitação, no entanto, enfatiza-se a necessidade de mais estudos de validação deste instrumento em condições patológicas em função das particularidades das manifestações clínicas.

REFERÊNCIAS

- Anastasopoulou P, Tubic M, Schmidt S, Neumann R, Woll A, Härtel S. Validation and comparison of two methods to assess human energy expenditure during free-living activities. *PLoS One*. 2014;9(2):e90606. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0090606>
- Villars C, Bergouignan A, Dugas J, Antoun E, Schoeller DA, Roth H, et al. Validity of combining heart rate and uniaxial acceleration to measure free-living physical activity energy expenditure in young men. *J Appl Physiol* (1985). 2012;113(11):1763-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01413.2011>
- Brasil. Ministério da Saúde. Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2013.
- Rand D, Eng JJ, Tang PF, Jeng JS, Hung C. How active are people with stroke?: use of accelerometers to assess physical activity. *Stroke*. 2009;40(1):163-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.523621>
- Item-Glatthorn JF, Casartelli NC, Petrich-Munzinger J, Munzinger UK, Maffiuletti NA. Validity of the intelligent device for energy expenditure and activity accelerometry system for quantitative gait analysis in patients with hip osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(11):2090-3. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2012.06.018>
- Yu Z, Volgyi E, Wanf R, Embera A, Wiklund P, Alén M, et al. Comparison of heart rate monitoring with indirect calorimetry for energy expenditure evaluation. *J Sport Health Sci*. 2012(1):178-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jshs.2012.07.004>
- Santos DA, Silva AM, Matias CN, Magalhães JP, Fields DA, Minderico CS, et al. Validity of a combined heart rate and motion sensor for the measurement of free-living energy expenditure in very active individuals. *J Sci Med Sport*. 2014;17(4):387-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2013.09.006>
- Carver T, Nadeau S, Leroux A. Relation between physical exertion and postural stability in hemiparetic participants secondary to stroke. *Gait Posture*. 2011;33(4):615-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.02.001>
- Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*. 2011;155(8):529-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
- Tweedy SM, Trost SG. Validity of accelerometry for measurement of activity in people with brain injury. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(9):1474-80. DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000177584.43330.ae>
- Soric M, Mikulic P, Misigoj-Durakovic M, Ruzic L, Markovic G. Validation of the Sensewear Armband during recreational in-line skating. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(3):1183-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-2045-6>
- Kuffel EE, Crouter SE, Haas JD, Frongillo EA, Bassett DR Jr. Validity of estimating minute-by-minute energy expenditure of continuous walking bouts by accelerometry. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2011;8:92. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1479-5868-8-92>
- Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M, Yoshioka M, Yoshitake Y, Shindo M, et al. The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br J Nutr*. 2004;91(2):235-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1079/BJN20031033>
- Hornor F, Bilzon JL, Rayson M, Blacker S, Richmond V, Carter J, et al. Development of an accelerometer-based multivariate model to predict free-living energy expenditure in a large military cohort. *J Sports Sci*. 2013;31(4):354-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2012.734632>
- Bharathi AV, Kuriyan R, Kurpad AV, Thomas T, Ebrahim S, Kinra S, et al. Assessment of physical activity using accelerometry, an activity diary, the heart rate method and the Indian migration study questionnaire in south Indian adults. *Public Health Nutr*. 2010;13(1):47-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1368890009005850>

-
16. Patrik Johansson H, Rossander-Hulthén L, Slinde F, Ekblom B. Accelerometry combined with heart rate telemetry in the assessment of total energy expenditure. *Br J Nutr*. 2006;95(3):631-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1079/BJN20051527>
 17. Patel SA, Benzo RP, Slivka WA, Scirba FC. Activity monitoring and energy expenditure in COPD patients: a validation study. *COPD*. 2007;4(2):107-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15412550701246658>
 18. Johannsen DL, Calabro MA, Stewart J, Franke W, Rood JC, Welk GJ. Accuracy of armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(11):2134-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181e0b3ff>
 19. Moore SA, Hallsworth K, Plötz T, Ford GA, Rochester L, Trenell MI. Physical activity, sedentary behaviour and metabolic control following stroke: a cross-sectional and longitudinal study. *PLoS One*. 2013;8(1):e55263. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0055263>
 20. Manns PJ, Haennel RG. SenseWear Armband and Stroke: Validity of Energy Expenditure and Step Count Measurement during Walking. *Stroke Res Treat*. 2012;2012:247165.
 21. Kottner J, Audigé L, Brorson S, Donner A, Gajewski BJ, Hróbjartsson A, et al. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(1):96-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.03.002>