




DOI 10.20396/conex.v17i0.8657995

Artigo de Revisão

Uso de acelerômetros para avaliação dos níveis de atividade física e gasto energético em indivíduos com lesão da medula espinhal

Karina Santos Guedes de Sá¹ Mariane Borges² Marília Passos Magno e Silva³ Felipe Aidar⁴ Bianca Callegari³ Givago Silva Souza⁵ Ana Francisca Rozin Kleiner⁶ Anselmo de Athayde Costa e Silva⁷ 

RESUMO

Objetivo: Explicar se a acelerometria pode avaliar o nível de atividade física em indivíduos com lesão medular completa, esclarecer o uso de filtros para tratar dados do acelerômetro e demonstrar as equações usadas para estimar o gasto energético. **Metodologia:** Foi realizada revisão sistemática da literatura nas bases de dados PubMed e Science Direct, onde foram incluídos 16 artigos. **Resultados:** Verificamos que 1) a acelerometria pode ser utilizada para diversos fins, dentre os quais o mais abordado é a mensuração do nível de atividade física e previsão do gasto energético; 2) Em relação ao modelo de equipamento mais utilizado, observou-se que o Actigraph é o mais frequente nos artigos revisados; 3) O pulso é o melhor local para posicionar o dispositivo; 4) os filtros de baixa largura de banda (0,25 Hz) e alta

¹ Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Belém - PA, Brasil.

² Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física, Campinas, SP, Brasil.

³ Universidade Federal do Pará, Faculdade de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Belém - PA, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Educação Física, São Cristóvão - SE - Brasil.

⁵ Universidade Federal do Pará, Núcleo de Medicina Tropical, Belém - PA, Brasil.

⁶ Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Fisioterapia, São Carlos - SP, Brasil.

⁷ Universidade Federal do Pará, Faculdade de Educação Física, Castanhal - PA, Brasil.

Correspondência:

Anselmo de Athayde Costa e Silva. Universidade Federal do Pará, Faculdade de Educação Física, Avenida dos Universitários, Jaderlândia, CEP 68746360, Castanhal - PA, Email: anselmocostaesilva@yahoo.com.br

Recebido em: 31 dez. 2019

Aprovado em: 20 fev. 2020

largura de banda (2,5 Hz) foram os mais relatados; 5) O acelerômetro pode ser uma ferramenta usada para contar o nível de atividade física em pacientes tetraplégicos. **Conclusão:** A acelerometria se mostrou uma válida ferramenta para medir níveis de atividades entre atividades ativas e inativas, além de ser indicada para estimar gasto energético durante atividades físicas na população com LME.

Palavras-chave: Acelerometria. Lesão medular. Nível de atividade física.

Use of accelerometers for evaluation of physical activity and energy spending levels in individuals with spinal cord injury

ABSTRACT

Objective: To explain whether an accelerometry can assess the level of physical activity in individuals with complete spinal cord injuries, clarify the use of filters to treat accelerometer data, and demonstrate how equations are used to estimate energy expenditure. **Methodology:** A systematic literature review was performed in the PubMed and Science Direct databases, which included 16 articles. **Results:** Verifies that 1) accelerometry can be used for several fins, among which or more addressed is the measurement of the level of physical activity and prediction of energy expenditure; 2) Regarding the most used equipment model, the use of Actigraph is more frequent in the reviewed articles; 3) The pulse is the best place to position the device; 4) the low bandwidth (0.25 Hz) and high bandwidth (2.5 Hz) filters were the most related; 5) The accelerometer can be a tool used to count the level of physical activity in quadriplegic patients. **Conclusion:** Accelerometry has shown to be a valid tool for measuring activity levels between active and inactive activities, and is also indicated for estimating energy expenditure during activity activities in the SCI population.

Keywords: Accelerometry. Spinal cord injury. Level of physical activity.

Uso de acelerómetros para la evaluación de la actividad física y los niveles de gasto energético en personas con lesión de cable espinal

RESUMEN

Objetivo: Explicar si una acelerometría puede evaluar el nivel de actividad física en individuos con lesiones medulares completas, aclarar el uso de filtros para tratar los datos del acelerómetro y demostrar cómo se usan las ecuaciones para estimar el gasto de energía. **Metodología:** se realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos PubMed y Science Direct, que incluyeron 16 artículos. **Resultados:** Verifica que 1) la acelerometría se puede usar para varias aletas, entre las cuales se aborda la medición del nivel de actividad física y la predicción del gasto energético; 2) Con respecto al modelo

de equipo más utilizado, el uso de Actigraph es más frecuente en los artículos revisados; 3) El pulso es el mejor lugar para colocar el dispositivo; 4) los filtros de bajo ancho de banda (0.25 Hz) y alto ancho de banda (2.5 Hz) fueron los más relacionados; 5) El acelerómetro puede ser una herramienta utilizada para contar el nivel de actividad física en pacientes tetraplégicos. **Conclusión:** la acelerometría ha demostrado ser una herramienta válida para medir los niveles de actividad entre actividades activas e inactivas, y también está indicada para estimar el gasto de energía durante las actividades de actividad en la población con LME.

Palabras Clave: Acelerometría. Lesión de la médula espinal. Nivel de actividad física.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem aumentado o interesse no uso de dispositivos MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) para análise do movimento. Tais dispositivos consistem na integração de diversos sensores, como por exemplos, acelerômetros e giroscópios, em um pequeno chip (RODRÍGUEZ-MARTÍN *et al.*, 2013). Desta forma, os sinais extraídos destes sensores podem ser utilizados para a análise de uma gama de movimentos em diversos contextos e populações, incluindo pessoas com lesão da medula espinal (LME)(NIGHTINGALE *et al.*, 2017), em que esses equipamentos podem ser utilizados, por exemplo, para avaliar níveis de atividade física (CHOMISTEK *et al.*, 2017).

A avaliação desses níveis na população com LME é importante pois, o sedentarismo é atualmente uma das principais causas de mortalidade e morbidade por sua relação com doenças cardiovasculares e metabólicas(CRAGG *et al.*, 2013). Pesquisas têm sido conduzidas no sentido de promover os benefícios da prática de exercício físico para atenuar os efeitos negativos do sedentarismo em sujeitos com LME (ASTORINO; THUM, 2018). Para aumentar as possibilidades de medida, alguns estudos vêm sendo realizados para consolidar o uso de dispositivos MEMS para monitoramento do dia-a-dia da população com LME.

Tom E. Nightingale *et al.*, 2017 realizaram uma revisão sistemática voltada a esclarecer e fazer indicações quanto ao uso de ferramentas de avaliação para predição da atividade física e gasto energético em indivíduos com LME. Nesta revisão os acelerômetros demonstraram precisão, alcance e sensibilidade para a avaliação de atividade física em usuários de cadeira de rodas. No entanto os autores não detalharam as equações que podem ser utilizadas para avaliação do gasto energético e, não abordaram os procedimentos de tratamento/filtragem dos dados.

Indivíduos com LME possuem gasto energético significativamente diferente da população em geral, visto que as atividades que demandam energia estão restritas à parte superior do corpo, além de outros fatores como características da lesão e massa corporal (NIGHTINGALE *et al.*, 2017). Diante dessa especificidade é importante a proposta de equações específicas de predição de gasto energético para essa população. Além da especificidade, os cuidados com tratamento dos dados são importantes para assegurar a confiabilidade de medida.

Embora alguns estudos tenham sido realizados sobre o tema, a utilização de acelerômetros para avaliação de níveis de atividade física em tetraplégicos parece estar pouco esclarecida, visto que existem poucos estudos focados nessa população. Dessa forma, o objetivo desta revisão sistemática é apresentar a metodologia de avaliação da atividade física e gasto energético em indivíduos com

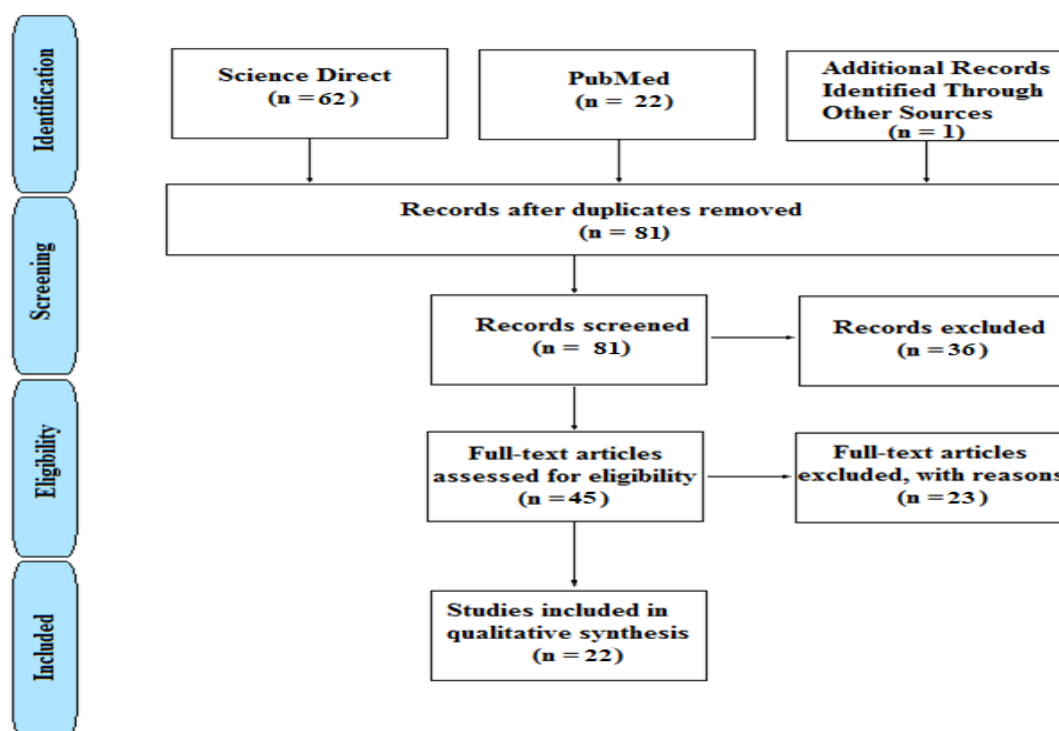
LME. Adicionalmente pretende-se caracterizar os resultados de acordo com o nível de lesão.

MÉTODOS

Nesta revisão sistemática de literatura, a busca foi estruturada e realizada nas bases de dados Pubmed e Science Direct. A estratégia de busca dos artigos originou-se através da pergunta de pesquisa, construída a partir da estratégia PICO(MILNER; COSME, 2017), na qual identificamos um problema a ser pesquisado através de quatro componentes: P= população a ser pesquisada (pessoas com LME), I= Interesse da pesquisa (Níveis de atividade física, gasto energético), C= comparação (acelerometria) e O= resultado esperado (o acelerômetro é capaz de avaliar níveis de atividade física e prever gasto energético em tetraplégicos). Através da pergunta foram identificados os termos importantes que seriam utilizados para a busca: (Spinal Cord Injury OR Spinal Cord Injured OR Quadriplegia OR Paraplegia) AND (Wheelchair) AND (Accelerometry OR Actigraphy). Também foram utilizados os termos semelhantes encontrados no banco de dados MeSH do PubMed.

Foram incluídos artigos originais, transversais e observacionais de coorte. As buscas compreenderam o período dos anos de 2004 a 2018, pois com os descritores utilizados aqui, não foram encontrados estudos anteriores ao ano de 2004. Os critérios para inclusão dos estudos eram: ter realizado pesquisas com seres humanos com LME dependentes de cadeira de rodas para sua locomoção, utilizar acelerômetro para avaliação de níveis de atividade física. O critério de exclusão foi não atender aos critérios de inclusão. Os artigos encontrados nas buscas, após removidas as duplicatas, tiveram seus títulos e resumos lidos e aqueles que foram escolhidos foram elegíveis para a leitura do texto na íntegra. O fluxo desta revisão está descrito na Figura 1.

A avaliação da qualidade dos artigos foi realizada por meio da ferramenta de Avaliação da Qualidade para Coortes e Estudos Transversais ("Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies - NHLBI, NIH.pdf", [s.d.]) que avalia os estudos de coorte observacionais e estudo transversais, através de 14 questões. Para o presente estudo foi excluída a questão que dizia respeito à reavaliação por não se aplicar ao delineamento dos artigos incluídos na revisão. O instrumento contém 13 questões que dizem respeito a: se o estudo definiu bem sua população; se o artigo esclarece seus critérios de inclusão; se os resultados levam em consideração as possíveis variáveis do estudo; se o tempo de desenvolvimento do estudo foi suficiente para encontrar resultados confiáveis. As respostas são "sim", "não" e "não relatado" ("sim" = 1, "não" e "não relatado" = 0) e a pontuação mínima de 0 e pontuação máxima de 13 pontos.

Figura 1 - Diagrama de fluxo PRISMA

Fonte: MOHER *et al.* (2009)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados foi realizada no mês de março de 2019 e a extração das informações e avaliação de qualidade dos estudos estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. O acelerômetro pode ser utilizado para diversos propósitos em medidas de aptidão física. Através desta revisão pode-se observar que onze estudos utilizaram o acelerômetro com a finalidade de mensurar níveis de atividade física (FERRICARUANA *et al.*, 2018; HIREMATH *et al.*, 2015; MA *et al.*, 2018; MCCRACKEN *et al.*, 2018a; NOOIJEN *et al.*, 2016; POSTMA *et al.*, 2005; SMITH *et al.*, 2017; VAN DEN BERG-EMONS *et al.*, 2008; VAN DEN BERG-EMONS; BUSSMANN; STAM, 2010; WARMS; BELZA, 2004; WARMS; WHITNEY; BELZA, 2008) e seis estudos quantificaram gasto energético (GARCÍA-MASSÓ *et al.*, 2013; HIREMATH *et al.*, 2016; HIREMATH; DAN DING, 2009; HIREMATH; DING, 2011; LEARMONTH *et al.*, 2016a; NIGHTINGALE *et al.*, 2015). Outros três estudos objetivaram a identificação do melhor posicionamento para colocação do equipamento no corpo (NIGHTINGALE *et al.*, 2014, 2015; OJEDA; DING, 2014). Além disto, dois estudos utilizaram o acelerômetro para avaliar o movimento de propulsão da cadeira de rodas (OJEDA; DING, 2014; POSTMA *et al.*, 2005), dois estudos para computar medidas de movimento de cadeira de rodas e condução automotora (COULTER *et al.*, 2011; KOOIJMANS *et al.*, 2014) e dois para avaliar o impacto da dor e tamanho do dano medular nas atividades de vida diária e marcha (KRATZ *et al.*, 2017; SMITH *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Descrição dos artigos

Autores (qualidade)	Objetivo	Tipo de dispositivo e posicionamento	População	Protocolo	Principais resultados do estudo
Warms <i>et al.</i> (2004)	Avaliar a adequação e a validade do acelerômetro como uma medida de atividade física da vida diária.	Actiwatch (Mini Mitter Company, Bend, OR) posicionado no punho	LME: 22 (Paraplégicos: 16; Tetraplégicos: 6)	Medida realizada durante atividades ativas: propulsão da cadeira e exercícios de amplitude de movimento e; atividades inativas: sentado com os braços no colo e sentado fazendo atividades de digitação.	A contagem média de atividade foi significativamente diferente entre atividades ativas e inativas, o que mostra a capacidade de discriminação do acelerômetro;
Postma <i>et al.</i> (2005)	Quantificar o nível de mobilidade durante a propulsão da cadeira de rodas.	ADXL202 (AnalogDevices, Breda, Holanda) Posicionados nas coxas, punhos, antebraços e esterno.	LME: 10 (Paraplégicos: 4; Tetraplégicos: 6)	O acelerômetro foi utilizado em atividades de propulsão da cadeira de rodas que também foram filmadas para comparação da acelerometria com análise de vídeo.	A concordância global entre a análise de vídeo e os resultados do acelerômetro foi de 92%, com intervalo de concordância variando entre 87-96%.
Van den Berg-Emons <i>et al.</i> (2008)	Avaliar a mudança ao longo do tempo no nível de atividade física após lesão medular (LME), explorar seus determinantes e comparar o nível de atividade física um ano após a alta do centro de reabilitação.	ADXL202b (Analog Devices, Claudius Prinsenlaan 126, 4818 CP Breda, The Netherlands) Posicionados nas coxas, nos punhos e 2 no esterno.	LME: 40 (Paraplégicos)	Foram realizadas medidas com o acelerômetro por 2 dias consecutivos (recordatório de 48h). Foram realizadas atividades como propulsão da cadeira de rodas, locomoção com handbike, etc.	As atividades dinâmicas e a intensidade da atividade cotidiana aumentaram durante a reabilitação hospitalar. O nível de lesão e a magnitude da lesão foram determinantes na alteração no nível de atividade física após a alta.
Warms <i>et al.</i> (2008)	Descrever o nível de atividade física com um acelerômetro de punho e duas medidas de auto-relato; comparar indivíduos ativos e não-ativos.	Acelerômetro (Actiwatch; Mini MitterRespironics, Inc., Bend, OR, USA). Posicionado no punho.	46 usuários de cadeira de rodas, incluindo pessoas com LME. (Não especifica número de tetra e paraplégicos)	As medições por acelerometria foram realizadas em um período de 15 minutos durante sete dias, em atividades leves, moderadas e extenuantes.	Houve variabilidade na atividade física autorreferida e a objetivamente mensurada (acelerômetro). Os indivíduos que praticam exercícios regulares não foram significativamente diferentes dos não praticantes em medidas objetivas de atividade física.
Hiremath <i>et al.</i> (2009)	Examinar a validade dos dispositivos SenseWear® Armband (SenseWear) e RT3 para avaliar o gasto energético (EE) durante as atividades relacionadas com cadeira de rodas.	SenseWear® Armband (SenseWear) e RT3. SenseWear no braço direito superior, RT3 foi posicionado na cintura	LME: 6 (Paraplégicos)	O acelerômetro foi utilizado em atividades de propulsão da cadeira de rodas, exercício ergométrico e de escritório, realizadas em um período de 8 minutos, com 5 a 10 minutos de descanso entre elas. Foi utilizado analisador de gases para avaliar a validade concorrente.	Foram observadas correlações excelentes e boas entre gasto energético mensurado diretamente a estimado pelos modelos SenseWear (ICC=0,787, p <0,0001) e RT3 (ICC=0,705, p <0,0001).

Tabela 1 - Descrição dos artigos (continuação).

Autores (qualidade)	Objetivo	Tipo de dispositivo e posicionamento	População	Protocolo	Principais resultados do estudo
Coulter <i>et al.</i> (2011)	Desenvolver e validar um sistema de monitoramento para medir o movimento da cadeira de rodas	Acelerômetro tri-axial (activPAL) posicionados na roda da cadeira	LME: 14 (Paraplégicos: 7; Tetraplégicos: 7)	As medidas ocorreram em atividades internas (propulsão da cadeira em uma pista seguido de um momento de descanso de 30 segundos) e atividades ao ar livre (manobras em rampa e curvas para direita e esquerda)	O sistema de monitoramento demonstrou excelente validade para as rotações das rodas, ângulo absoluto e duração do movimento para a frente e para trás, em ambas as cadeiras de rodas manuais e motorizadas.
Hiremath <i>et al.</i> (2011)	Avaliar o desempenho de SenseWear® e RT3 na estimativa de gasto de energia em usuários de cadeira de rodas	SenseWear® e RT3 no braço direito superior, RT3 no punho	e 24 indivíduos com paraplegia, incluindo pessoas com LME. (Paraplégicos)	Medidas realizadas durante propulsão da cadeira de rodas, exercício ergométrico e atividades de escritório (ler um livro e digitação por 4 minutos cada atividade), com repouso de 8 minutos entre as atividades. Foi utilizado analisador de gases para avaliar a validade concorrente	Os erros de estimação de EE para os AMs variaram de 24,4 a 125,8% para o SW e de 22,0 a 52,8% para o RT3. Os coeficientes de correlação de classe (ICCs) entre o ES e o Estimado pelas duas AMs para cada atividade e todas as atividades como um todo foram consideradas ruins com todos os CCIs menores que 0,75.
Van den Berg-Emons <i>et al.</i> (2011)	Usar um acelerômetro para medir os níveis de atividade física diária em um grande grupo para validar a escala de atividade física para pessoas com deficiência (PASIPD)	Acelerômetro (Temec Instruments BV, Spekhofstraat 2, 6466 LZ Kerkrade, The Netherlands). Parte superior das pernas e tronco	LME: 21	Os participantes utilizaram o acelerômetro por 48 horas, fazendo suas atividades diárias normais	Coefficientes significativos de correlação de Spearman entre as medidas de resultado do monitor PASIPD e atividade variou 0,22-0,37. O PASIPD superestimou a duração da atividade física medido usando o monitor
García-Masso <i>et al.</i> (2013)	Validar o uso de acelerômetros, para estimar o consumo de O ₂ (VO ₂) no deficiente físico e determinar a melhor colocação para acelerômetros sobre o corpo humano.	Actigraph GT3X; Nos dois punhos, na cintura e no peito	LME: 20 (Paraplégicos)	O acelerômetro foi utilizado em atividades nas situações: deitado, em transferências do corpo, lavando louças, trabalhando em um computador, assistindo TV, exercício no ergometro de braço, exercício de propulsão passiva, propulsão lenta e propulsão rápida, com duração de 10 min com intervalo de descanso de 1 – 2 min entre elas. A atividade de transferência foi realizada em 1 min e 1 min para descanso.	O modelo obtido para o punho não dominante foi o mais preciso. Os dados de acelerometria no punho não dominante (melhor colocação) melhoram os modelos anteriores para esta população.

Tabela 1 - Descrição dos artigos (continuação).

Autores (qualidade)	Objetivo	Tipo de dispositivo e posicionamento	População	Protocolo	Principais resultados do estudo
Ojeda and. Ding (2014)	Avaliar o desempenho de três acelerômetros triaxiais colocados no braço, no punho e sob a cadeira de rodas, para estimar os parâmetros temporais da propulsão da cadeira de rodas.	Acelerômetro triaxial off-the-shelf (Shimmer Research, Dublin). Parte superior do braço, punho e sob a cadeira de rodas	LME: 26 (Paraplégicos: 20; Tetraplégicos: 6)	As medições ocorreram durante a visita 1, onde foi realizada a propulsão da cadeira em uma superfície de 33 metros e em uma superfície com 5º de inclinação de 15 metros, com velocidades lenta e rápida; na 2ª visita foi realizado o mesmo exercício realizado na primeira visita e depois do treinamento com vídeo (melhor forma para a propulsão da cadeira) realizou-se novamente a propulsão das cadeiras.	Precisão razoável, especialmente usando o acelerômetro posicionado na parte superior do braço, onde o MAPE (porcentagem média absoluta de erro) foi de 8,0% para o número do traçado e 12,9% para a frequência de propulsão.
Kooijmans <i>et al.</i> (2014)	O estudo avaliou se a condução automotora em cadeira de rodas pode ser validamente detectada por um novo método usando um conjunto de dois acelerômetros comumente usados.	Dois acelerômetros do modelo ActiGraph GT3X+. Um posicionado no punho, o outro para os raios da roda de cadeira de rodas.	LME: 10 (Paraplégicos: 7; Tetraplégicos: 3)	As medições do acelerômetro ocorreram durante a condução automotora em cadeira de rodas e ciclismo de mão.	A concordância total entre a análise de vídeo e os dados do acelerômetro foi de 85,2%, variando de 76,7% para 92,3%. A sensibilidade geral para a detecção de condução em cadeira de rodas automotora foi de 88,3%. A especificidade geral foi de 83,3%. Com base nas análises de vídeo, a duração somada da condução automotora em 6854s, e 6182s para outras atividades.
Nightingale <i>et al.</i> (2014)	Avaliar a influência da colocação anatômica de um acelerômetro na previsão de gasto energético da atividade física em usuários de cadeiras de rodas manuais.	3 acelerômetros ActiGraph GT3X+ posicionados: no Punho direito, braço e cintura	15 usuários de cadeira de rodas (9 paraplégicos)	As medidas ocorreram em atividades de mesa (trabalho no computador) e propulsão da cadeira de rodas. Cada atividade durou 6 minutos, intercaladas com períodos de recuperação de 5 minutos.	Das três localizações anatômicas consideradas, um acelerômetro montado no punho explica melhor a variância e resulta no menor erro aleatório ao prever o gasto de energia da atividade física em usuários de cadeira de rodas manual.
Hiremath <i>et al.</i> (2015)	Desenvolver e validar algoritmos para monitoramento de atividade física (PAMS) para detectar atividades realizadas com cadeira de rodas.	4 G-WRM Raios da cadeira de rodas, punhos e braço	LME: 45 (paraplégicos: 32; tetraplégicos: 13)	O Acelerômetro foi utilizado em atividades de Propulsão, propulsão para cima e para baixo em uma rampa, realizar trabalho de mesa usando livros e computador, jogar dardos, jogar basquete em cadeira de rodas com duração de 6 min, com uma pausa de 3 minutos entre as atividades.	Informações multimodais do PAMS podem ajudar a detectar vários tipos de atividades em cadeira de rodas em Laboratório estruturado, ambientes organizacionais semi-estruturados e não-estruturados.

Tabela 1 - Descrição dos artigos (continuação).

Autores (qualidade)	Objetivo	Tipo de dispositivo e posicionamento	População	Protocolo	Principais resultados do estudo
Learmonth <i>et al.</i> (2015)	Este estudo examinou a associação entre as taxas de gasto energético e Contagem de acelerômetro (isto é, magnitude do vetor (VM)) em uma faixa de velocidades	2 GT3X. Ambos os punhos	24 usuários de cadeira de rodas (não especifica número de tetra e paraplégicos)	Durante as medições os participantes completaram um período de 6 minutos de descanso sentado e foram realizados três períodos de 6 minutos de Propulsão de cadeira de rodas. correspondendo as três Velocidades de esteira (1,5, 3,0 e 4,5 mph).	Foram estabelecidas associações lineares fortes entre VO2 e VM para a esquerda, direita e acelerômetros combinados.
Nightingale <i>et al.</i> (2015)	Avaliar a validade de dois acelerômetros, em dois locais anatômicos diferentes, para a previsão do gasto energético da atividade física (PAEE) em usuários de cadeira de rodas (MWUs).	GT3X + e GENEActiv. Punho direito (W) e braço (UA).	17 usuários de cadeira de rodas (10 participantes com paraplegia)	A medição ocorreu durante a Propulsão de cadeira de rodas e atividades de dobrar t-shirts e colocar em uma Mesa empilhando-os. A propulsão da cadeira de rodas ocorreu numa Esteira adaptada.	Os resultados do acelerômetro em cada localização anatômica foram significativamente associadas com PAEE Média ± DP Os erros de estimação do PAEE para todas as atividades combinadas foram de 1, 14, 3 e 4 para GT3X + -UA, GT3X + -W, GENEActiv-UA e GENEActiv-W, respectivamente.
Nooijen <i>et al.</i> (2016)	Verificar se a adição de uma intervenção comportamental para promover a atividade física leva a um estilo de vida melhor	Acelerômetro triaxial. Nos 2 punhos e no esterno	LME: 45 (Paraplégicos: 32; Tetraplégicos: 13)	As medições foram realizadas em treinos de <i>Handcycle</i> , realizado 3 vezes por semana, que ocorreram nas últimas 8 semanas de reabilitação hospitalar.	Diferença evidente 6 meses após a alta e mantida aos 12 meses após a nenhum efeito de intervenção significativo foi encontrado para tempo sedentário.
Kratz <i>et al.</i> (2016)	Examinar a aceitação da dor na vida diária	Acelerômetro PRO-Diary, CamNTech, Cambridge, Reino Unido (punho)	LME: 128 (paraplégicos: 77; tetraplégicos: 51)	Os participantes receberam um acelerômetro PRO-Diary e um diário de bordo. Durante o período de monitoramento domiciliar de 7 dias, os participantes usaram o PRO-Diário continuamente e inseriram avaliações auto relatadas de dor e interferência da dor 5 vezes ao longo do dia.	A aceitação da dor moderou significativamente a associação momentânea entre a intensidade da dor e a interferência da dor; A aceitação da dor também moderou a associação entre a intensidade da dor e a atividade física; a alta aceitação da dor foi associada a um aumento e baixa aceitação da dor com uma diminuição da atividade física no contexto de alta dor.

Tabela 1 - Descrição dos artigos (continuação).

Autores (qualidade)	Objetivo	Tipo de dispositivo e posicionamento	População	Protocolo	Principais resultados do estudo
Hiremath <i>et al.</i> (2016)	Desenvolver e avaliar modelos de estimativa de gasto energético (EE) para um sistema de monitoramento da atividade física (PAMS) em usuários de cadeira de rodas manual com lesão medular (LM).	2 Acelerômetros G-WRM: PAMS-Arm (braço) e PAMS-Wrist (punho)	LME: 45 (paraplégicos: 32; tetraplégicos: 13)	Os participantes escolheram e realizaram 10 PAs de uma lista. As PAs incluíam: impulsionar sua cadeira de rodas em velocidades auto selecionadas em várias superfícies, ou subir e descer uma rampa; sendo empurrado em sua cadeira de rodas; jogando basquete ou dardos em cadeira de rodas; dobrando roupa; executando deskwork; usando uma banda de resistência; e realizar ergometria de braço em velocidades e resistências auto selecionadas.	O desempenho da estimativa de EE para o PAMS-Arm (erro médio \pm DP: $-9,82\% \pm 37,03\%$) e PAMS-Wrist ($-5,65\% \pm 32,61\%$) no conjunto de dados de validação indicou que tanto o PAMS-Arm quanto o PAMS-Wrist capaz de estimar EE para uma gama de atividades físicas com menos de 10% de erro.
Smith <i>et al.</i> (2017)	Estabelecer o valor correlacional do edema medular axial usando RM ponderada em T2. Hipotetizaram uma relação direta entre o tamanho do dano na ressonância magnética axial e capacidade de andar, função motora e alterações musculares distais observadas na lesão medular incompleta motora (iSCI).	Monitor de passos com um acelerômetro (tornozeleto)	LME: 14 tetraplégicos	A capacidade de andar foi investigada usando os teste de caminhada e contagem de passada diária. O torque máximo de flexão plantar foi quantificado usando-se dinamometria. Infiltração de gordura muscular (MFI) e área de secção transversal muscular relativa (rmCSA) foram quantificados usando ressonância magnética de separação de gordura / água.	As taxas de danos não foram significativamente correlacionadas com a IMF. Embora as taxas de danos não tenham sido significativamente correlacionadas com a IMF, encontraram uma IMF significativamente maior no grupo de participantes com cadeira de rodas em comparação com caminhanter da comunidade.
McCracken <i>et al.</i> (2018)	Criar e comparar pontos de corte individuais e em grupo para a acelerometria do punho, que corresponde à atividade física moderada a vigorosa (AFMV) em pessoas com lesão medular (LM).	Dois acelerômetros triaxiais raw. GT3X usando ActiLife v6.12.0g posicionado no punho e na cadeira de rodas.	LME: 20 (paraplégicos: 11; tetraplégicos: 9)	O teste consistiu de uma sessão laboratorial de 2 horas (estudo de calibração) seguida por um período habitual de monitoramento de PA por 6 dias. Durante a visita ao laboratório, os participantes completaram um teste submáximo de esteira rolante graduada que envolvia a movimentação em ≥ 3 velocidades diferentes enquanto conectado a um carrinho metabólico e usando um acelerômetro no punho.	Pontos de corte individuais para MVPA variaram de 6040 a 21540 VM-CPM, com um ponto de corte de 11652 (CI 7395-15909). Para a AFM total diária, a análise de Bland-Altman revelou um viés de $0,22 \pm 33,0$ minutos, com limites de concordância de 95% de $-64,5$ a $64,9$ minutos.

Tabela 1 - Descrição dos artigos (continuação).

Autores (Qualidade)	Objetivo	Tipo de dispositivo e posicionamento	População	Protocolo	Principais resultados do estudo
Jasmin <i>et al.</i> (2018)	Avaliar o nível de concordância entre os acelerômetros individualmente calibrados e a Avaliação do autorrelato de Atividade Física para Pessoas com Lesão Medular ao avaliar atividade física moderada-vigorosa; e examinar qualitativamente os diferentes componentes da atividade física que cada medida avalia.	Acelerometro GT9X link, ActiGraph, LLC, Pensacola, FL; 30 Hz; posicionado no punho e na cadeira de rodas.	LME: 19 (paraplégicos: 11; tetraplégicos: 8)	No primeiro dia de coleta de dados, os participantes completaram um teste de esteira rolante graduado enquanto usavam o acelerômetro para estabelecer o ponto de corte de acelerômetro de atividade física moderado-vigoroso de cada participante. Os participantes foram instruídos a usar o acelerômetro de pulso e usar um acelerômetro de raios nos próximos 6 dias. Os participantes retornaram ao laboratório após os 6 dias e completaram a Avaliação de Recall de Atividade Física para Pessoas com SCI com referência aos 3 dias finais de seu período de monitoramento.	Baixos níveis de concordância entre as duas medidas ao medir o total (bias ¼ 5,6 ± 70,41 min / d, 95% limites de concordância ¼ 143,6–132,4 min / d), com rodas (bias ¼ 9,7 ± 30,2 min / d, 95% limites de concordância ¼ 69,0–49,5 min / d) e não-rodado (polarização ¼ 12,3 ± 53,8 min / d, 95% limites de concordância ¼ 93,1–117,6 min / d) atividade física moderada-vigorosa.
Ferri-Caruana <i>et al.</i> (2018)	Medir a atividade física (AF) em pessoas com paraplegia e estabelecer a relação entre estar engajado em exercício físico (EF) e alcançar a recomendação do nível de atividade física moderada a vigorosa (AFMV).	Acelerômetro GT3X (Manufacturing Technology Inc., Fort Walton Beach, USA) posicionado no punho.	96 paraplégicos	Os participantes foram instruídos a usar o acelerômetro por uma semana típica, preso ao punho não dominante usando uma cinta elástica. O monitor foi usado noite e dia, e não precisou ser removido, exceto durante atividades em que o acelerômetro era susceptível de ser molhado.	Para todos os participantes, uma média (DP) de 5.341,70 (966,4) minutos por semana foi gasta em comportamentos sedentários, 2.188,99 (723,9) minutos foram dedicados à atividade leve e 206,24 (180,0) minutos foram dedicados à AFMV. Houve uma relação significativa entre PE e atingir os níveis mínimos de AFMV recomendados [$x^2(1) = 25,03, P < 0,01$].

Tabela 2 - Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross Sectional Studies - National Heart, Lung and Blood Institute

Questions	Van den Berg et al(2008)	Warms et al(2004)	Shivayogi et al(2009)	Coulter et al(2011)	Shivayogi et al(2011)	Van den Berg et al(2013)	X Masso et al(2013)	Ojeda and Alvarado(2014)	Nightingale et al(2014)	V. Hiremath et al(2016)	Nooijen et al.(2016)	Postma et al.(2005)	Warms et al (2008)	Learmonth et al(2016)	Nightingale et al(2016)	Kooijmans et al (2014)	Kratz et al. (2016)	V. Hiremath et al. (2016)	Smith et al. (2017)	McCracken et al. (2018)	Jasmin et al. (2018)	Ferri-Caruana et al. (2018)
1. Was the research question or objective in this paper clearly stated?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2. Was the study population clearly specified and defined?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
3. Was the participation rate of eligible persons at least 50%?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4. Were all the subjects selected or recruited from the same or similar populations? Were inclusion and exclusion criteria for being in the study prespecified and applied uniformly to all participants?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5. Was a sample size justification, power description, or variance and effect estimates provided?	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. For the analyses in this paper, were the exposure(s) of interest measured prior to the outcome(s) being measured?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. Was the timeframe sufficient so that one could reasonably expect to see an association between exposure and outcome if it existed?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8. For exposures that can vary in amount or level, did the study examine different levels of the exposure as related to the outcome?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 2 - Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross Sectional Studies - National Heart, Lung and Blood Institute (continuação)

Questions	Van den Berg et al(2008)	Warms et al(2004)	Shivayogi et al(2009)	Coulter et al(2011)	Shivayogi et al(2011)	Van den Berg et al.(2011)	X Masso´ et al(2013)	Ojeda and Ding(2014)	Nightingale et al.(2014)	V. Hiremath et al.(2015)	Nooijen et al.(2016)	Postma et al.(2005)	Warms et al (2008)	Learmonth et al.(2015)	Nightingale et al.(2015)	Kooijmans et al (2014)	Kratz et al. (2016)	V. Hiremath et al. (2016)	Smith et al. (2017)	McCracken et al. (2018)	Jasmin et al. (2018)	Ferri-Caruana et al. (2018)
9. Were the exposure measures (independent variables) clearly defined, valid, reliable, and implemented consistently across all study participants?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10. Was the exposure(s) assessed more than once over time?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. Were the outcome measures (dependent variables) clearly defined, valid, reliable, and implemented consistently across all study participants?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12. Were the outcome assessors blinded to the exposure status of participants?	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. Were key potential confounding variables measured and adjusted statistically for their impact on the relationship between exposure(s) and outcome(s)?	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
TOTAL	9/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	7/13	7/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13	8/13

Os estudos que avaliaram o gasto energético através de um acelerômetro na qual as equações de predição para gasto energético são evidenciadas na Tabela 3. Hiremath *et al.* (HIREMATH; DAN DING, 2009) utilizaram dois acelerômetros (SenseWear - Bodymedia Inc., Pittsburgh, PA e; RT3 Stayhealthy Inc., Monrovia, CA) posicionados respectivamente no braço e na cintura. Os autores compararam os dados coletados pelos acelerômetros com os dados de um analisador metabólico de gases durante a realização de três atividades (que foram randomizadas em três sessões: propulsão da cadeira de rodas, exercício com cicloergometro de braço e atividades de escritório - em no máximo 8 minutos) e, desenvolveram duas equações para predição de gasto energético. A primeira equação foi desenvolvida para o aparelho da marca Sense Wear™ e apresentou correlação (r) = 0.79 ($p < 0.0001$) com o analisador metabólico de gases e, a segunda equação foi desenvolvida para o aparelho da marca RT3™ que apresentou correlação (r) de 0.71 ($p < 0.0001$).

García-Massó *et al.*, 2013 utilizaram quatro acelerômetros da marca Actigraph e modelo GT3X (Manufacturing Technology Inc., Fort Walton Beach, USA) localizados nos punhos, cintura e peito e compararam com os dados de um analisador metabólico portátil K4b2™ (Cosmed, USA). Os participantes foram avaliados durante a realização de dez atividades (deitar-se, transferências corporais, mover itens, esfregar, trabalhar no computador, assistir TV, exercício com cicloergometro de braço, propulsão passiva, propulsão lenta e propulsão rápida). Os autores elaboraram duas equações de regressão, sendo a primeira para o punho dominante e a segunda para o punho não dominante, sendo esta última mais precisa.

O mesmo modelo de acelerômetro foi utilizado na pesquisa de Tom E. Nightingale *et al.*, 2015 em comparação com o acelerômetro da marca GENEActiv (GENEActiv, Activinsights, Cambridge, UK). Os aparelhos foram posicionados na região do punho e braço. Foi realizada avaliação do VO₂ coletado pelo sistema metabólico TrueOne 2400. Foram elaboradas quatro equações de predição, sendo duas (equações 1 e 2) para o aparelho Actigraph GT3X e duas (equações 3 e 4) para o acelerometro da marca GENEActiv, para cada posicionamento (braço e punho).

Tabela 3 - Equações de predição para gasto energético

Autor e ano	Equação
Hiremath <i>et al.</i> (2009)	(1) $EE_{MET} = 3.1444 + 0.9597 * TAVG$ $3.8 * LAVG + 0.2412 * TMAD + 2.1558 * GSRAVG -$ $1.1321 * PHYACT + 0.5125 * EE_{SW}$ (2) $EE_{MET} = -1.836 + 2.9614 * EE_{RT3} - 2.3773 * EE_{ACT} + 1.6368 * VM - 0.639 * ACCX -$ $0.9719 * ACCY - 1.434 * ACCZ$
García-Massó <i>et al.</i> (2013)	(1) $VO_2 = 4.1355 + 0.0376 X_{50} - 0.0155 X_{90} - 0.0047 X_{NA1} + 0.0062 X_{ND1} + 0.02 Z_{75} -$ $0.0363 Z_{90} + 0.0161 VR_{75} + 0.253 VR_{90}$ (2) $VO_2 = 4.0558 - 0.0318 Y_{25} + 0.0107 Y_{90} + 0.0051 Y_{ND2}$ $0.0061 Z_{ND2} + 0.0357 VR_{50}$
Nightingale <i>et al.</i> (2015)	(1) $PAEE_{UA} = (0.000372 * \text{Physical activity counts} \cdot \text{min}^{-1}) + 0.291708$ (2) $PAEE_{W} = (0.000245 * \text{Physical activity counts} \cdot \text{min}^{-1}) + 0.132379$ (3) $PAEE_{UA} = (0.006260 * SVMg \cdot \text{min}^{-1}) + 0.139778$ (4) $PAEE_{W} = (0.003210 * SVMg \cdot \text{min}^{-1}) + 0.392209$

Quanto ao tipo de equipamento utilizado, o acelerômetro mais manuseado nos estudos foi o da marca Actigraph que foi utilizado em 8 estudos (FERRI-CARUANA *et al.*, 2018; GARCÍA-MASSÓ *et al.*, 2013; KOOIJMANS *et al.*, 2014; LEARMONTH *et al.*, 2016a; MA *et al.*, 2018; MCCRACKEN *et al.*, 2018a; NIGHTINGALE *et al.*, 2014, 2015). Em menor proporção foram utilizados os aparelhos ADXL202 (POSTMA *et al.*, 2005; VAN DEN BERG-EMONS *et al.*, 2008), SenseWear (HIREMATH; DAN DING, 2009; HIREMATH; DING, 2011), GWRM (HIREMATH *et al.*, 2015, 2016) em dois estudos cada, activPAL (COULTER *et al.*, 2011), GENEActiv (NIGHTINGALE *et al.*, 2015), temec Instruments BV (VAN DEN BERG-EMONS *et al.*, 2011), CamNTech (KRATZ *et al.*, 2017), dispositivo da marca off-the-shelf Shimmer Research (OJEDA; DING, 2014) e acelerômetro contido em um contador de passos (SMITH *et al.*, 2017) foram utilizados apenas em um estudo cada. Com relação ao posicionamento do acelerômetro, houve um grande número de locais descritos.

A escolha do local parece estar ligada com o objetivo a que o estudo pretende alcançar, por exemplo, estudos que avaliaram de forma direta ou indireta a movimentação do tronco utilizaram locais como o esterno, tronco e peito, estudos que avaliaram propulsão utilizaram a cadeira e punhos. Assim, a região mais descrita nos artigos foi a do punho, relatada em dezoito artigos (FERRI-CARUANA *et al.*, 2018; GARCÍA-MASSÓ *et al.*, 2013; HIREMATH *et al.*, 2015, 2016; HIREMATH; DING, 2011; KOOIJMANS *et al.*, 2014; KRATZ *et al.*, 2017; LEARMONTH *et al.*, 2016a; MA *et al.*, 2018; MCCRACKEN *et al.*, 2018b; NIGHTINGALE *et al.*, 2014, 2015; NOOIJEN *et al.*, 2016; OJEDA; DING, 2014; POSTMA *et al.*, 2005; VAN DEN BERG-EMONS *et al.*, 2008; WARMS; BELZA, 2004; WARMS; WHITNEY; BELZA, 2008), destes a maioria utilizou ambos os punhos, esta região pode ter sido a mais frequentemente escolhida pois parece gerar melhores parâmetros de desempenho quando avaliamos populações com LME. A região do esterno, tronco e peito foram descritas em cinco artigos (GARCÍA-MASSÓ *et al.*, 2013; NOOIJEN *et al.*, 2016; POSTMA *et al.*, 2005; VAN DEN BERG-EMONS *et al.*, 2008, 2011). Seis estudos posicionaram o acelerômetro na cadeira de rodas

(COULTER *et al.*, 2011; HIREMATH *et al.*, 2015; KOOIJMANS *et al.*, 2014; MA *et al.*, 2018; MCCRACKEN *et al.*, 2018a; OJEDA; DING, 2014), regiões descritas como braço e parte superior do braço foram utilizados em sete artigos (HIREMATH *et al.*, 2015, 2016; HIREMATH; DING, 2011; NIGHTINGALE *et al.*, 2014, 2015; OJEDA; DING, 2014; POSTMA *et al.*, 2005). Três estudos posicionaram na cintura (GARCÍA-MASSÓ *et al.*, 2013; HIREMATH; DAN DING, 2009; NIGHTINGALE *et al.*, 2014). Três nas coxas e parte superior das pernas (POSTMA *et al.*, 2005; VAN DEN BERG-EMONS *et al.*, 2008, 2011) e apenas um estudo posicionou no tornozelo (SMITH *et al.*, 2017).

Poucos foram os estudos que relataram a utilização de filtros no tratamento de dados coletados através do acelerômetro, essa descrição está contida na Tabela 4.

Tabela 4 - Uso de filtros para o tratamento dos dados coletados com o acelerômetro

Autor/Ano	Filtro
Ojeda and. Ding (2014)	filtro passa-baixa Butterworth de 8ª ordem
Nightingale <i>et al.</i> (2014)	filtros de baixa largura de banda (0,25 Hz) e de alta largura de banda (2,5 Hz)
Nightingale <i>et al.</i> (2015)	filtros de largura de banda baixos (0,25 Hz) e altos (2,5 Hz)
McCracken <i>et al.</i> (2018)	filtro Butterworth de passa-baixa de 2ª ordem (frequência de corte de 3,1 Hz)

Dos artigos utilizados nesta revisão, 86.3% obtiveram pontuação 8 no Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross Sectional Studies ("Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies - NHLBI, NIH.pdf", [s.d.]), o que demonstra que estes artigos são referências confiáveis para a presente revisão (Tabela 2). Os demais estudos que obtiveram pontuações menores que 8 também são fontes de informação importantes, porém podem não ter tido um rigor metodológico quando avaliados com esta ferramenta. Nesta revisão foram avaliados um total de 707 pessoas com LME, destes 481 eram paraplégicos e 149 tetraplégicos.

MEDIDA DE ATIVIDADE FÍSICA E GASTO ENERGÉTICO

A técnica da acelerometria vem sendo utilizada para avaliar gasto energético durante atividade física, detectar níveis de aceleração da cadeira de rodas, medir níveis de atividade física, entre outras finalidades. Através de suas medidas e características próprias do aparelho, o acelerômetro é capaz de detectar aceleração através da propulsão da cadeira de rodas. Por meio das informações coletadas pelo acelerômetro (com base em frequência, intensidade e duração das atividades) é possível estimar gasto energético e o nível de prática de atividade física. Por

serem sensores que detectam tanto frequência quanto intensidade do movimento, pode ser utilizados para a detecção da variação de atividades(LEARMONTH *et al.*, 2016b). Mediante dos resultados encontrados nesta revisão, os acelerômetros das marcas Actigraph GT3X e Sense Wear utilizados na região do punho, parecem ser os mais indicados para a mensuração do gasto energético. Existem equações de regressão linear que utilizam as contagens do acelerômetro para estimar o gasto energético (Tabela 3). Todas as correlações apresentadas pelos artigos incluídos nesta revisão, apresentaram valores de correlação forte entre 0.70 a 0.86, o que demonstra que podem ser empregadas de forma confiável.

O objetivo de medir níveis de atividade física foi o mais frequente nos estudos revisados, pois se mostra mais sensível do que outros métodos de mensuração ao contabilizar essa variação de atividade. Tendo em vista que, por exemplo, os questionários de auto relato estão sujeitos a erros já que dependem da recordação do avaliado quanto à atividade realizada, o uso do acelerômetro se mostra eficaz mesmo a baixos níveis de atividade, sendo uma medida objetiva(WARMS; BELZA, 2004). Todas as equações dispostas na tabela 3 apresentaram precisão para o cálculo de gasto energético. O braço e o punho não dominantes parecem ser os locais mais indicados para o posicionamento, as equações que utilizaram esses pontos apresentaram melhores valores de correlações, isso está relacionado com o fato de que essas regiões são mais sensíveis para detectar níveis de atividade de física(NIGHTINGALE *et al.*, 2017).

TIPOS DE DISPOSITIVOS

Estão disponíveis no mercado diversos tipos de acelerômetros, destes o mais constante nos estudos revisados foi o Actigraph (GT3X Pensacola, FL, USA). O Actigraph é um equipamento tri axial capaz de medir e registrar aceleração em três planos de movimento (horizontal, vertical e perpendicular), tendo uma frequência de amostragem de 30 Hz (DANIEL; BATTISTELLA, 2014). Entretanto, não se tem estudos que mostrem a superioridade de um equipamento com relação a outro, fazendo comparação, por exemplo, entre as taxas de amostragens, sensibilidade na detecção de oscilações nos eixos X, Y e Z, para avaliação de sujeitos com LME.

PROCEDIMENTOS DE FILTRAGEM DO SINAL

Quando uma coleta de dados é realizada com o acelerômetro, os dados precisam ser tratados/filtrados a fim de eliminar os ruídos de frequência que surgem durante a coleta(LI; LIBERAL; ENGHETA, 2017). Esses sistemas de filtragem dos dados são descritos frequentemente em estudos com eletromiografia de superfície, plataforma de força e sistemas de cinemetria. Nos trabalhos compilados aqui, poucos descrevem os filtros para o tratamento de dados, nesses artigos foram descritos os filtros passa-baixa Butterworth de 2ª e 8ª ordem (MCCRACKEN *et al.*, 2018b; OJEDA; DING, 2014) e filtros de baixa largura de

banda (0,25 Hz) e de alta largura de banda (2,5 Hz) (NIGHTINGALE *et al.*, 2014, 2015).

EM TETRAPLÉGICOS

A acelerometria já é bem descrita em usuários de cadeira de rodas (WARMS; WHITNEY; BELZA, 2008), (HIREMATH; DAN DING, 2009), porém seu uso em tetraplégicos ainda é pouco frequente. É importante ressaltar que nem todos os estudos discriminaram os resultados entre para e tetraplégicos. Todos os estudos revisados aqui, que abordaram pessoas com lesão da medula espinhal e que diferenciaram grupos de paraplégicos e tetraplégicos, não realizaram comparação entre esses grupos e não houve estudos utilizando apenas tetraplégicos, o que demonstra uma necessidade de mais estudos na área já que tetra e paraplégicos apresentam níveis de funcionalidade diferentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse estudo foi apresentar a metodologia de avaliação da atividade física e gasto energético em indivíduos com LME. Dessa forma, verificou-se que: 1) A acelerometria pode ser utilizada para a mensuração de nível de atividade física e gasto energético em indivíduos com LME; 2) Quanto ao tipo de sensor mais utilizado, observou-se que o Actigraph é o mais frequente dentro dos artigos revisados; 3) o punho é o melhor local para posicionamento do dispositivo; 4) Poucos estudos relataram a utilização de filtros para o tratamento de dados coletados com o acelerômetro; 5) O acelerômetro pode ser uma ferramenta utilizada para contar nível de atividade física em tetraplégicos, porém nos estudos analisados que utilizaram pessoas com LME, não houve comparação entre grupos de paraplégicos e tetraplégicos, o que pode ser um fator de viés nos resultados.

AGRADECIMENTOS

Este artigo contou com auxílio financeiro do CNPq, processo número 43256420160.

REFERÊNCIAS

ASTORINO, Todd A.; THUM, Jacob S. Interval training elicits higher enjoyment versus moderate exercise in persons with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, v. 41, n. 1, p. 77-84, 2 jan. 2018. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10790268.2016.1235754?journalCode=y scm20>.

CHOMISTEK, Andrea K.; YUAN, Changzheng; MATTHEWS, Charles E.; TROIANO, Richard P.; BOWLES, Heather R.; WILLETT, Walter C.; RIMM, Eric; BASSETT, David. Physical Activity Assessment with the ActiGraph GT3X and Doubly Labeled Water. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 49, n. 9, p. 1935–1944, set. 2017. Disponível em: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-201709000-00021>.

COULTER, Elaine; DALL, Philippa; ROCHESTER, Lynn; HASLER, J P.; GRANAT, Malcolm. Development and validation of a physical activity monitor for use on a wheelchair. *Spinal Cord*, v. 49, n. 3, p. 445–450, mar. 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sc2010126>.

CRAGG, Jacquelyn J.; KOONAN, Vanessa K.; KRASSIOUKOV, Andrei; BORISOFF, Jaimie. Cardiovascular disease and spinal cord injury. *Neurology*, v. 81, n. 8, p. 723–728, 20 ago. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3776463/>.

DANIEL, Christiane Riedi; BATTISTELLA, Linamara Rizzo. Validation of accelerometry for measuring energy expenditure: a systematic review. *Acta Fisiátrica*, v. 21, n. 2, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270759457_Validation_of_accelerometry_for_measuring_energy_expenditure_a_systematic_review.

FERRI-CARUANA, Ana; MILLÁN-GONZÁLEZ, Luis; GARCÍA-MASSÓ, Xavier; PÉREZ-NOMBELA, Soraya; PELLICER-CHENOLL, Maite; SERRA-AÑO, Pilar. Accelerometer assessment of physical activity in individuals with paraplegia who do and do not participate in physical exercise. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, p. 1–7, 14 dez. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10790268.2018.1550597?journalCode=y scm20>.

GARCÍA-MASSÓ, Xavier; SERRA-AÑO, Pilar; GARCÍA-RAFFI, Luís M.; PEREZ, Enrique A Sanches; LÓPEZ-PASCUAL, Juan; GONZÁLEZ, L M. Validation of the use of Actigraph GT3X accelerometers to estimate energy expenditure in full time manual wheelchair users with spinal cord injury. *Spinal Cord*, v. 51, n. 12, p. 898–903, dez. 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sc201385>.

HIREMATH, Shivayogi V.; INTILLE, Stephen S.; KELLEHER, Annmarie; COOPER, Rory A.; DING, Dan. Detection of physical activities using a physical activity monitor system for wheelchair users. *Medical Engineering & Physics*, v. 37, n. 1, p. 68–76, jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350453314002793?via%3Dihub>.

HIREMATH, Shivayogi V.; INTILLE, Stephen S.; KELLEHER, Annmarie; COOPER, Rory A.; DING, Dan. Estimation of Energy Expenditure for Wheelchair Users Using a Physical Activity Monitoring System. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 97, n. 7, p. 1146–1153.e1, jul. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999316001556?via%3Dihub>.

HIREMATH, Shivayogi V.; DING, Dan. *Evaluation of activity monitors to estimate energy expenditure in manual wheelchair users*. 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. *Anais...* In: 2009 ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY. Minneapolis, MN: IEEE, set. 2009. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5333626>. Acesso em: 9 abr. 2019

HIREMATH, Shivayogi V.; DING, Dan. Evaluation of activity monitors in manual wheelchair users with paraplegia. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, v. 34, n. 1, p. 110–117, jan. 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/107902610X12911165975142?journalCode=ybcm20>.

KOOIJMANS, Hedwig; HOREMANS, Herwin L.; STAM, Henk; BUSSMANN, Johannes B. Valid detection of self-propelled wheelchair driving with two accelerometers. *Physiological Measurement*, v. 35, n. 11, p. 2297–2306, 1 nov. 2014. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/35/11/2297>.

KRATZ, Anna L.; EHDE, Dawn M.; BOMBARDIER, Charles H.; KALPAKIJAN, Claire Z.; HANKS, Robin A. Pain Acceptance Decouples the Momentary Associations Between Pain, Pain Interference, and Physical Activity in the Daily Lives of People With Chronic Pain and Spinal Cord Injury. *The Journal of Pain*, v. 18, n. 3, p. 319–331, mar. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526590016303315?via%3Dihub>.

LEARMONTH, Yvonne C.; KINNETT-HOPKINS, Dominique; RICE, Ian M.; ROBB, Jen L Dysterheft; MOTL, R W. Accelerometer output and its association with energy expenditure during manual wheelchair propulsion. *Spinal Cord*, v. 54, n. 2, p. 110–114, fev. 2016a. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sc201533>.

LI, Yue; LIBERAL, I.; ENGHETA, Nader. Dispersion synthesis with multi-ordered metatronic filters. *Optics Express*, v. 25, n. 3, p. 1937, 6 fev. 2017. Disponível em: <https://www.osapublishing.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-25-3-1937>.

MA, Jasmin K.; MCCRACKEN, Laura A.; VOSS, Christine; CHAN, Franco H N; WEST, Christopher R.; GINIS, Kathleen A Martin. Physical activity measurement in people with spinal cord injury: comparison of accelerometry and self-report (the Physical Activity Recall Assessment for People with Spinal Cord Injury). *Disability and Rehabilitation*, p. 1–7, out. 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09638288.2018.1494213>.

MCCRACKEN, Laura A.; MA, Jasmin K.; VOSS, Christine; CHAN, Franco H; GINIS, Kathleen A Martin; WEST, Christopher R. Wrist Accelerometry for Physical Activity Measurement in Individuals With Spinal Cord Injury—A Need for Individually Calibrated Cut-Points. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 99, n. 4, p. 684–689, abr. 2018b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999317313916?via%3Dihub>.

MILNER, Kerry; COSME, Sheryl. The PICO Game: An Innovative Strategy for Teaching Step 1 in Evidence-Based Practice: The PICO Game. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, v. 14, n. 6, p. 514–516, dez. 2017. Disponível em: <https://sigmapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/wvn.12255>.

MOHER, David; LIBERATI, Alessandro; TETZLAFF, Jennifer; ALTMAN, Douglas G. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, v. 6, n. 7, 21 jul. 2009. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000097>.

NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE. *Homepage: Study Quality Assessment Tools: Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies*. Disponível em: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>

NIGHTINGALE, Tom Edward; WALHIM, Jean-Philippe; THOMPSON, Dylan; BILZON, James Lee John. Predicting Physical Activity Energy Expenditure in Manual Wheelchair Users.

Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 46, n. 9, p. 1849–1858, set. 2014. Disponível em: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2014/09000/Predicting_Physical_Activity_Energy_Expenditure_in.21.aspx.

NIGHTINGALE, Tom Edward; WALHIN, Jean-Philippe; THOMPSON, Dylan; BILZON, James Lee John. Influence of Accelerometer Type and Placement on Physical Activity Energy Expenditure Prediction in Manual Wheelchair Users. *PLOS ONE*, v. 10, n. 5, p. e0126086, 8 maio 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0126086>.

NIGHTINGALE, TOM Edward; ROUSE, Peter C.; THOMPSON, Dylan; BILZON, James Lee John. Measurement of Physical Activity and Energy Expenditure in Wheelchair Users: Methods, Considerations and Future Directions. *Sports Medicine - Open*, v. 3, n. 1, p. 10, dez. 2017. Disponível em: <https://sportsmedicine-open.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-017-0077-0>.

NOOIJENA, Carla FJ.; STAM, Henk J.; BERGEN, Michael P.; BONGERS-JANSSEN, Helma MH; VALENT, Linda; LANGEVELD, Sacha van; TWISK, Jos; Act-Active Research Group; BERG-EMONS, Rita JG van den. A behavioural intervention increases physical activity in people with subacute spinal cord injury: a randomised trial. *Journal of Physiotherapy*, v. 62, n. 1, p. 35–41, jan. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1836955315001290?via%3Dihub>.

OJEDA, Manoela; DING, Dan. Temporal Parameters Estimation for Wheelchair Propulsion Using Wearable Sensors. *BioMed Research International*, v. 2014, p. 1–10, 2014. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/645284/>.

POSTMA, Karin; BERG-EMONS, Hendrika van den; BUSSMANN, Johannes B.; SLUIS, Tebbe A.; BERGEN, M P.; STAM, Henk. Validity of the detection of wheelchair propulsion as measured with an Activity Monitor in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, v. 43, n. 9, p. 550–557, set. 2005. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/3101759>.

RODRÍGUEZ-MARTÍN, Daniel; PÉREZ, Carlos; MONSONIS, Albert Samà; CABESTANY, Joan; CATALÀ, Andreu. A Wearable Inertial Measurement Unit for Long-Term Monitoring in the Dependency Care Area. *Sensors*, v. 13, n. 10, p. 14079–14104, 18 out. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3859110/>.

SMITH, Andrew C.; WEBER, Kenneth A.; PARRISH, Todd B.; HORNBY, T George; TYSELING, Vicki M.; MCPHERSON, Jacob G.; WASIELEWSKI, Marie; ELLIOTT, James M. Ambulatory function in motor incomplete spinal cord injury: a magnetic resonance imaging study of spinal cord edema and lower extremity muscle morphometry. *Spinal Cord*, v. 55, n. 7, p. 672–678, jul. 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sc201718>.

VAN DEN BERG-EMONS, Rita J.; BUSSMANN, Johannes B.; HAISMA, Janneke A.; SLUIS, Tebbe A.; WOUDE, Lucas H van der; BERGEN, Michael P.; STAM, Henk J. A Prospective Study on Physical Activity Levels After Spinal Cord Injury During Inpatient Rehabilitation and the Year After Discharge. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 89, n. 11, p. 2094–2101, nov. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999308007995?via%3Dihub>.

VAN DEN BERG-EMONS, Rita. J.; L'ORTYE, Annemiek A.; BUFFART, Laurien M.; NIEUWENHUIJSEN, Channah; NOOIJEN, Carla F.; BERGEN, Michael P.; STAM, Henk J.; BUSSMANN, Johannes B. Validation of the Physical Activity Scale for Individuals With Physical Disabilities. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 92, n. 6, p. 923–

928, jun. 2011. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999310009767?via%3Dihub>.

VAN DEN BERG-EMONS, Rita. J.; BUSSMANN, Johannes B.; STAM, Henk J. Accelerometry-Based Activity Spectrum in Persons With Chronic Physical Conditions. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 91, n. 12, p. 1856–1861, dez. 2010. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999310007379?via%3Dihub>.

WARMS, Catherine A.; BELZA, Basia. Actigraphy as a Measure of Physical Activity for Wheelchair Users With Spinal Cord Injury. *Nursing Research*, v. 53, n. 2, p. 136–143, mar. 2004. Disponível em:

https://journals.lww.com/nursingresearchonline/Fulltext/2004/03000/Actigraphy_as_a_Measure_of_Physical_Activity_for.10.aspx.

WARMS, Catharine A.; WHITNEY, JoAbbe D.; BELZA, Basia. Measurement and description of physical activity in adult manual wheelchair users. *Disability and Health Journal*, v. 1, n. 4, p. 236–244, out. 2008. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1936657408000733?via%3Dihub>.