

AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR NA LESÃO MEDULAR: UMA REVISÃO DA LITERATURA

EVALUATION OF MUSCLE STRENGTH IN MEDULLAR INJURY: A LITERATURE REVIEW

EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR EN LA LESIÓN MEDULAR: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

TÂNIA VALDAMERI CAPELARI¹, JÉSSICA SACCOL BORIN¹, MELISSA GRIGOL², RAQUEL SACCANI³, FRANCIELE ZARDO⁴, FERNANDA CECHETTI^{1,4}

1. Programa de Pós-Graduação Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

2. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

3. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

4. Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Identificar quais são os instrumentos utilizados para avaliação de força muscular em sujeitos com lesão medular tanto na prática clínica, quanto em pesquisas científicas. **Métodos:** Inicialmente, realizou-se a revisão da literatura para identificação dos instrumentos utilizados em pesquisas científicas. A busca foi feita nas bases Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), PEDro e PubMed. Foram considerados estudos publicados entre 1990 e 2016 e selecionados os que apresentaram a avaliação da força muscular como desfecho ou para caracterização da amostra. A seguir, foi realizado um levantamento junto a fisioterapeutas para identificar quais são os instrumentos utilizados para avaliação na prática clínica, e qual o grau de satisfação dos profissionais com relação a eles. **Resultados:** Foram encontrados 495 artigos; 93 foram incluídos para avaliação qualitativa. Nos estudos, verificou-se o uso do teste muscular manual com diferentes sistemas de graduação, do dinamômetro isocinético, do dinamômetro portátil e do dinamômetro manual. Na prática clínica, o teste muscular manual com uso do escore motor recomendado pela American Spinal Cord Injury Association foi o método mais utilizado, apesar das limitações destacadas pelos fisioterapeutas entrevistados. **Conclusão:** Nas pesquisas científicas, é grande a variação de métodos e instrumentos utilizados para avaliação da força muscular em sujeitos com lesão medular, diferentemente da prática clínica. Os instrumentos disponíveis e utilizados atualmente apresentam importantes limitações, que foram destacadas pelos profissionais entrevistados. Nenhum instrumento apresenta a relação direta da força muscular com a funcionalidade do sujeito. Não há consenso sobre qual o melhor método para avaliação da força muscular na lesão medular, e são necessários novos instrumentos que sejam específicos para uso nessa população.

Descritores: Força muscular; Exame físico; Medula espinhal.

ABSTRACT

Objective: To identify the tools used to evaluate muscle strength in subjects with spinal cord injury in both clinical practice and scientific research. **Methods:** Initially, the literature review was carried out to identify the tools used in scientific research. The search was conducted in the following databases: Virtual Health Library (VHL), Pedro, and PubMed. Studies published between 1990 and 2016 were considered and selected, depicting an evaluation of muscle strength as an endpoint or for characterization of the sample. Next, a survey was carried out with physiotherapists to identify the instruments used for evaluation in clinical practice, and the degree of satisfaction of professionals with respect to them. **Results:** 495 studies were found; 93 were included for qualitative evaluation. In the studies, we verified the use of manual muscle test with different graduation systems, isokinetic dynamometer, hand-held dynamometer, and manual dynamometer. In clinical practice, the manual muscle test using the motor score recommended by the American Spinal Cord Injury Association was the most used method, despite the limitations highlighted by the physiotherapists interviewed. **Conclusion:** In scientific research, there is great variation in the methods and tools used to evaluate muscle strength in individuals with spinal cord injury, differently from clinical practice. The tools available and currently used have important limitations, which were highlighted by the professionals interviewed. No instrument depicts direct relationship of muscle strength and functionality of the subject. There is no consensus as to the best method for assessing muscle strength in spinal cord injury, and new instruments are needed that are specific for use in this population.

Keywords: Muscle strength; Physical examination; Spinal cord.

RESUMEN

Objetivo: Identificar cuáles son los instrumentos utilizados para evaluar la fuerza muscular en sujetos con lesión medular tanto en la práctica clínica, como en investigaciones científicas. **Métodos:** Inicialmente, se realizó la revisión de la literatura para identificar los instrumentos utilizados en investigaciones científicas. La búsqueda fue hecha en las bases de Biblioteca Virtual en Salud (BVS), PEDro y PubMed. Se consideraron estudios publicados entre 1990 y 2016 y se seleccionaron los que presentaron la evaluación de la fuerza muscular como resultado o para caracterización de la muestra. A continuación, se realizó un levantamiento junto a fisioterapeutas para identificar cuáles son los instrumentos utilizados para evaluación en la práctica clínica y cuál es el grado de satisfacción de los profesionales con relación a ellos. **Resultados:** Se han encontrado 495 artículos; 93 se incluyeron para la evaluación cualitativa. En los estudios se verificó el uso del test muscular manual con diferentes sistemas de gradación, del dinamómetro isocinético, del dinamómetro portátil y del dinamómetro manual. En la práctica clínica, la prueba muscular manual con uso de la puntuación motora recomendada por la American Spinal Cord Injury Association fue el método más utilizado, a pesar de las

Trabalho realizado na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

Correspondência: Fernanda Cechetti. Rua Sarmento Leite, 245, Porto Alegre, RS, Brasil. CEP: 90050-270. nandacechetti@gmail.com

limitaciones destacadas por los fisioterapeutas entrevistados. Conclusión: En las investigaciones científicas, es grande la variación de los métodos e instrumentos utilizados para evaluar la fuerza muscular en sujetos con lesión medular, diferentemente de la práctica clínica. Los instrumentos disponibles y utilizados actualmente presentan importantes limitaciones, que fueron destacadas por los profesionales entrevistados. Ningún instrumento presenta la relación directa de la fuerza muscular con la funcionalidad del sujeto. No hay consenso sobre cuál es el mejor método para evaluar la fuerza muscular en la lesión medular, y son necesarios nuevos instrumentos que sean específicos para su uso en esa población.

Descriptor: Fuerza muscular; Examen físico; Médula espinal.

INTRODUÇÃO

A lesão medular é uma condição devastadora que atinge milhares de pessoas todos os anos.¹ Na lesão medular, a atrofia muscular e a perda de força contribuem para o desenvolvimento de incapacidade dos sujeitos. A fraqueza muscular e a paralisia limitam o desempenho de atividades funcionais, com diminuição da qualidade de vida.^{2,3}

Nesse contexto, a força muscular está relacionada à funcionalidade, e sua avaliação é fundamental no processo da reabilitação sendo o primeiro passo para determinar objetivos realistas.^{3,4} Os instrumentos de avaliação utilizados para o sujeito com lesão medular são, em sua maioria, semelhantes aos utilizados em outras áreas da reabilitação. Poucos são exclusivos.⁴ O custo, o tempo disponível para avaliação e a tolerância dos sujeitos avaliados devem ser considerados na escolha técnica empregada. Além disso, a escolha do teste deve levar em conta qual sistema será avaliado (muscular autônomo ou sensorial). Quanto à avaliação de força muscular, existem diferentes métodos que podem ser tanto objetivos, com uso de equipamentos específicos, quanto subjetivos.^{5,6}

Apesar da importância da avaliação para o processo reabilitativo e das recomendações da *American Spinal Injury Association* (ASIA), não existe consenso internacional sobre quais instrumentos devam ser utilizados na avaliação de força em sujeitos com lesão medular.⁷ Assim, este estudo tem como objetivo, através de uma revisão bibliográfica, identificar os principais instrumentos utilizados para avaliação da força muscular em pesquisas realizadas com lesão medular. Também foi realizado um levantamento para caracterizar a avaliação de força muscular pelos fisioterapeutas na prática clínica para posterior identificação da satisfação dos mesmos frente aos instrumentos disponíveis na literatura científica.

MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre sob o número de aprovação 934.809 (UFCSPA). A busca foi realizada no período de agosto de 2015 a dezembro de 2016, nas bases de dados Pubmed, PEDro e Biblioteca Virtual em Saúde. Ela foi realizada por dois pesquisadores independentes, além de um terceiro instituído como revisor para os casos de discordância. Os seguintes descritores foram utilizados: lesão medular (*spinal cord injury*) e força muscular (*muscular strenght*).

Foram incluídos artigos na língua inglesa, portuguesa e espanhola, realizados com seres humanos, publicados entre 1990 e 2016, que utilizaram como desfecho ou critério para classificação da amostra a força muscular de tronco, membros inferiores e/ou superiores, ou a força de preensão manual. Foram excluídos artigos repetidos, dissertações, teses, artigos de revisão e validação, e os que não apresentaram texto completo disponível ou não detalharam o método de avaliação utilizado.

Levantamento de dados

Os dados referentes à prática clínica para identificação da satisfação dos profissionais que trabalham diariamente com pacientes que sofreram lesão medular foram coletados através de um questionário elaborado pelos pesquisadores, com 26 questões mistas. Os participantes foram escolhidos através de amostragem intencional. O questionário foi enviado por e-mail para 44 fisioterapeutas da região sul do Brasil com experiência em fisioterapia Neurofuncional. Esses foram questionados sobre sua formação acadêmica e experiência profissional, conhecimento acerca dos instrumentos de avaliação de força muscular, rotina clínica e opinião quanto à qualidade dos métodos de avaliação disponíveis. Os resultados foram considerados através de análise descritiva. Foram excluídos os com incoerência nas respostas ou cujos profissionais não relataram experiência na reabilitação de lesão medular.

RESULTADOS

Foram encontrados 495 artigos, e 94 foram elegíveis para análise qualitativa. (Figura1) Os seguintes dados foram extraídos: ano de publicação, autores, instrumentos utilizados e caracterização da técnica empregada.

Dentre os estudos revisados (Tabela 1), quarenta e dois fizeram uso do teste muscular manual, trinta do dinamômetro isocinético, quatorze do dinamômetro portátil e dois do dinamômetro manual. O uso de instrumentos customizados com células de carga ou outras formas alternativas para avaliação objetiva da força muscular foi verificado em 16 estudos. O teste de repetição máxima foi utilizado por três autores. Alguns autores utilizaram mais de uma técnica associadas.

Nos trabalhos que empregaram o teste muscular manual (TMM), o uso de 11 diferentes instrumentos e escalas foi identificado: ASIA, Kendall, Daniels & Worthingan, Medical Research Council e sua modificação, Brunnstron e Dennen modificada, OXFORD e *Graded Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension* (GRASSP), além de escalas inespecíficas.

O instrumento para TMM recomendado pela ASIA através dos Padrões Internacionais de Classificação com seu escore motor de extremidades superiores e inferiores foi o mais frequente, sendo observado em dezenove estudos (Tabela 1). Os escores motores desse instrumento avaliam 10 grupos musculares chave, cinco de membros superiores e cinco de membros inferiores, utilizando uma escala de seis pontos com adição da categoria não testável (NT).⁴

O uso da metodologia proposta por Kendall para o TMM foi observado em cinco trabalhos.^{49, 67, 75, 80, 86} Esse método apresenta um sistema de graduação com a introdução de números e símbolos. Os músculos são avaliados de forma individual, com posicionamento específico para cada um. A escolha de quais os músculos que deverão ser avaliados é feita pelo examinador.¹⁰²

O método de Daniels e Worthingan foi empregado em três estudos.^{12,84,87} Essa metodologia também utiliza escala de seis pontos para graduação do TMM, ao invés de músculos isolados, aqui são avaliados grupos musculares, os quais também devem ser determinados pelo examinador.¹⁰³

Outra escala aplicada para graduação do TMM foi a elaborada pelo Medical Research Council,^{23, 50, 79,86} além de sua variação.^{83, 96,99} Nela, a força pode ser graduada utilizando-se uma escala de 0 a 5. Não há definição da resistência que deve ser exercida pelo

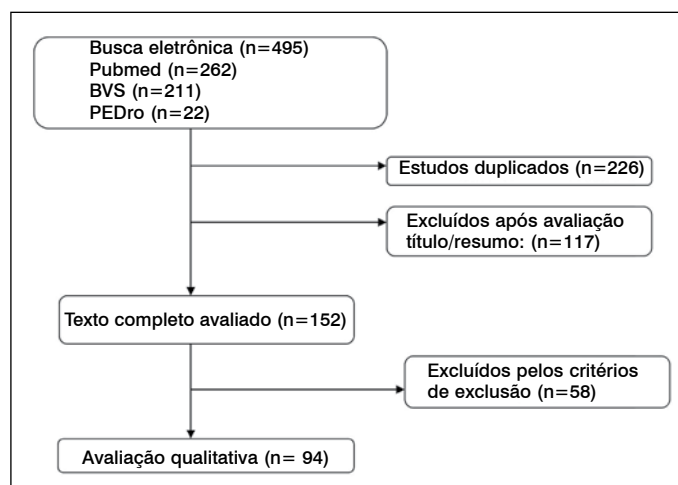


Figura 1. Fluxograma do processo de revisão.

Tabela 1. Instrumentos utilizados para avaliação de força muscular na pesquisa científica.

Autor	Instrumentos	Método
Carrasco-Lopez et al. (2016) ⁸	TMM	UEMS
Bouton et al. (2016) ⁹	TMM	GRASSP
Stevens et al. (2015) ¹⁰	Dinamômetro portátil	Força isométrica máxima; uma série com o mínimo de três repetições com de 3 a 5s de contração.
Kim et al. (2015) ¹¹	Dinamômetro portátil	Break-test
Senthilvelkumar et al. (2015) ¹²	TMM	DanielsandWorthighan
Gomes-Osman; Field-Fote (2015) ¹³	Dinamômetro manual	Média de três repetições
Mulroy et al. (2015) ¹⁴	Dinamômetro isocinético	uma série de duas repetições de 5s de contração, com 15s de descanso entre elas.
Dipiro et al. (2015) ¹⁵	TMM	LEMS
	Dinamômetro isocinético	Contração isométrica máxima: três repetições, com 3s duração e 60s de repouso entre elas.
Duffell; Brown; Mirbagheri (2015) ¹⁶	Dinamômetro isocinético	Duas repetições da contração isométrica máxima.
Bravo-Esteban et al. (2014) ¹⁷	Dinamômetro isocinético	Contrações isométricas com duração de 5s; cinco ciclos de contração isotônica; 10 ciclos de contração isocinética
Chu; Hornby; Schmit (2014) ¹⁸	Dinamômetro isocinético	Contrações isométricas: oito repetições com duração de 5s e repouso de 25s entre elas.
Jarocho et al. (2015) ¹⁹	TMM	Escala Lovett
Esclarín-Ruz et al. (2014) ²⁰	TMM	LEMS
Backus et al. (2014) ²¹	Dispositivo AMES	seis contrações voluntárias máximas (três para extensão e três para flexão). Calculou-se a média do pico de torque.
Fleerkotte et al. (2014) ²²	TMM	LEMS
Guiraud et al. (2014) ²³	TMM	MRC
	Dinamômetro isocinético	Contração isométrica máxima
Kalsi-Ryan et al. (2014) ²⁴	TMM	GRASSP
Gabison et al. (2014) ²⁵	Dinamômetro portátil	uma série de três repetições de 5s, com descanso de 30s entre cada.
Van Straaten et al. (2014) ²⁶	Células de carga adaptadas	1 série com 2 a 3 contrações voluntárias isométricas máximas com duração de 3 a 5s cada.
Froelich-Grobe et al. (2014) ²⁷	1 RM	Contração voluntária máxima
Rosety-Rodriguez et al. (2014) ²⁸	Dinamômetro manual	Força de prensão máxima medida em uma série de três repetições com intervalo de 90s entre cada.
Dost et al. (2014) ²⁹	Dinamômetro isocinético	cinco contrações voluntárias máximas
Triolo et al. (2013) ³⁰	Dinamômetro isocinético	Contrações isométricas: oito repetições com duração de 5s e repouso de 25s entre elas.
Labruyere; Zimmerli; Van Hedel (2013) ³¹	TMM	LEMS
Fornusek; Davis; Russold (2013) ³²	Dinamômetro isocinético	uma série de três contrações isométricas com duração de 7s, com intervalo de 10s entre cada.
Yeoun-Seung Kang et al. (2013) ³³	TMM,	UEMS
	Dinamômetro customizado com transdutor de força.	Contração voluntária máxima: média de três repetições.
Thompson; Hornby (2013) ³⁴	TMM	LEMS
Jayaraman et al. (2013) ³⁵	TMM	LEMS
	Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima isométrica: três repetições
Cortes et al. (2013) ³⁶	TMM	UEMS
Sadowsky et al. (2013) ³⁷	Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima: cinco repetições
Lindberg et al. (2012) ³⁸	Sensor de força piezoelétrico acoplado a ergômetro customizado	Pico de força nos últimos 60s do teste máximo e submáximo.
Triolo Etal.(2012) ³⁹	Dinamômetro isocinético	Média do pico de torque de 12 repetições com 15s de intervalo entre cada.
Nooijen et al. (2012) ⁴⁰	Dinamômetro portátil	Break-test
Wu et al. (2012) ⁴¹	TMM	LEMS
	Dinamômetro isocinético	Medida do torque voluntário máximo, sem detalhes da metodologia.
Trumbower et al. (2012) ⁴²	Dinamômetro isocinético	três contrações voluntárias máximas, com 3 a 6s de duração, e 1 minuto de repouso entre elas.
Sledziewski; Schaaf; Mount (2012) ⁴³	TMM	UEMS
Alcobendas-Maestro et al. (2012) ⁴⁴	TMM	LEMS
Zijdewind et al. (2012) ⁴⁵	Transdutor de força customizado para a mão	Contração máxima, mantida por 5s. Contrações combinadas 5s, com 1 minuto de repouso entre elas.
Serra-Añó et al. (2012) ⁴⁶	Dinamômetro isocinético	seis séries de três repetições com duração de 5s, e 30s de intervalo entre cada.
Serra-Añó et al. (2012) ⁴⁷	Dinamômetro isocinético	um série de três contrações isométricas de 5s; 30s de descanso entre cada. 3 minutos de descanso, cinco repetições de contrações concêntricas diferentes velocidades
Boland et al. (2011) ⁴⁸	TMM	LEMS; UEMS + abdutor do polegar.
Johnston et al. (2011) ⁴⁹	Dinamômetro isocinético	3 repetições; 2 minutos de descanso entre elas.
Yang et al. (2011) ⁵⁰	TMM	Kendall
Lundell et al.(2011) ⁵¹	TMM	MRC
Harvey et al. (2011) ⁵²	TMM	GRASSP –subteste de força
Saraf et al.(2010) ⁵³	TMM	LEMS
	Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima mantida por 2 a 5s.

Larson et al. (2010) ⁵⁴	Dinamômetro portátil	Contração voluntária máxima, através de uma série de três repetições, com intervalo de 15s entre cada repetição.
Harvey et al. (2010) ⁵⁵	Dinamômetro isocinético	Melhor de seis tentativas de 1RM, com 1 minuto de descanso entre elas.
Valent et al. (2009) ⁵⁶	Dinamômetro portátil	break-test
Glinsky et al. (2009) ⁵⁷	Célula de carga e feedback visual	Contração isométrica máxima, medida em uma série de oito contrações de 4s, com 1 minuto de descanso entre cada. Média das três melhores medidas.
Bowden; Stokic (2009) ⁵⁸	TMM	LEMS, UEMS
Rudhe; Van Hedel (2009) ⁵⁹	TMM	UEMS, GRASSP
Jacobs (2009) ⁶⁰	1 RM	Equação de regressão de Mayhew.
Beekhuizen; Field-Fote (2008) ⁶¹	Dinamômetro portátil	Média de cinco repetições.
Glinsky et al. (2008) ⁶²	Células de carga	Medida do torque isométrico voluntário máximo. Realizou-se 1 série de 8 contrações com duração de 4s, e 1 minuto de intervalo entre cada.
Haisma et al. (2008) ⁶³	Dinamômetro portátil	Break- test
Kern et al. (2008) ⁶⁴	Transdutores de força customizados	Medida da contração isométrica voluntária máxima três repetições, com 2 minutos de descanso entre elas.
Johnston et al (2008) ⁶⁵	Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima. Pico de torque foi medido quando os sujeitos foram capazes de manter a contração por 2 segundos.
Wirth; Van Hedel; Já; Curt (2008) ⁶⁶	Transdutor de força customizado	Contração voluntária máxima. Pico de torque foi medido quando os sujeitos foram capazes de manter a contração por 2 segundos.
Wirth; Van Hedel; Já; Curt (2008) ⁶⁷	Transdutor de força customizado	Contração voluntária máxima. Pico de torque foi medido quando os sujeitos foram capazes de manter a contração por 2 segundos.
De Groot et al. (2008) ⁶⁸	TMM	Kendall
	Dinamômetro portátil	Break test
Jayaraman et al. (2008) ⁶⁹	Dinamômetro isocinético	Contração isométrica máxima, medida em uma série de três repetições, com intervalo de 5s entre elas.
Gregory et al. (2007) ⁷⁰	Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima medida em três repetições, com 60s de repouso entre elas.
Liu et al. (2007) ⁷¹	Dinamômetro isocinético	Média de cinco contrações isométricas voluntárias máximas.
Widman et al. (2007) ⁷²	Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima: três repetições.
Haisma et al. (2007) ⁷³	Dinamômetro portátil	Break- test
Amanda Liussuwan et al. (2007) ⁷⁴	Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima: três repetições.
Van Drogelen et al. (2006) ⁷⁵	TMM	Kendall
Wirz et al. (2006) ⁷⁶	TMM	LEMS
Javiere et al. (2006) ⁷⁷	Pesos e polias	Tempo para completar 20 repetições com 70% de 1 RM.
Rittweger et al. (2006) ⁷⁸	Dinamômetro customizado	Medida da contração voluntária máxima
Norton; Gorassini (2006) ⁷⁹	TMM	MRC
	TMM	Kendall
Haisma et al. (2006) ⁸⁰	Dinamômetro portátil	Break test
Jayaraman et al. (2006) ⁸¹	Dinamômetro isocinético	Contração isométrica máxima, medida em uma série de três repetições
Bjerkofors; Jansson, Thorstensson (2006) ⁸²	Dinamômetro isocinético	quatro contrações máximas, com repouso de 4s entre elas. 2 minutos de repouso entre cada série.
Warms et al. (2004) ⁸³	Dinamômetro portátil.	MRC modificado Noreau e Vachon
Mulcahey et al. (2004) ⁸⁴	TMM	Daniels and Worthingan
Kim; Whittaker (2004) ⁸⁵	TMM	Brunnstron e Denenn modificado;LEMS
Bryden Et A L(2004) ⁸⁶	TMM	Kendall; MRC
Beninato; O'kane; Sullivan (2004) ⁸⁷	TMM	Danniels and Worthingan
Hicks et al. (2003) ⁸⁸	1 RM	Teste de uma repetição com carga máxima
Diego et al. (2002) ⁸⁹	TMM	Escala de 0 a 5
Smith; Mulcahey; Betz (2001) ⁹⁰	TMM	Escala de 0 a 5
Jacobs; Nash; Rusinowski (2001) ⁹¹	Dinamômetro isocinético	Contrações concêntricas e excêntricas: média de três repetições
Harvey et al. (2001) ⁹²	Preensão lateral com transdutor modificado Preensão palmar com diferentes objetos	Média de três repetições; Cilindros de diferentes tamanhos e pesos.
Belanger et al. (2000) ⁹³	Dinamômetro isocinético	Contração isométrica voluntária máxima; duração de 2s, medida a cada 5s em intervalo de 4 minutos.
Kuz; Van Heest; House (1999) ⁹⁴	TMM	Escala de 0 a 5
	TMM	UEMS
Thomas et al. (1998) ⁹⁵	Transdutor de força customizado	Contração voluntária máxima
		MRC modificado
Noreau; Vachon (1998) ⁹⁶	TMM Dinamômetro portátil Dinamômetro isocinético	Contração voluntária máxima, uma série de três repetições; 10 segundos de repouso entre cada. Contração voluntária máxima: uma série de três repetições; 10 segundos de repouso entre cada.
Herbison et al. (1996) ⁹⁷	TMM Dinamômetro portátil	Brunnstron e Denenn modificado. uma série de três repetições com duração de 1 a 2s de contração voluntária máxima.
Signorile et al. (1995) ⁹⁸	Transdutor de força customizado	Medida da contração voluntária máxima
Kornsgold et al. (1994) ⁹⁹	TMM	MRC modificado, UEMS
	TMM	Escala Oxford
Granat et al. (1993) ¹⁰⁰	Dinamômetro customizado	Contração voluntária máxima: melhor de três repetições
Crozier et al. (1992) ¹⁰¹	TMM	Brunnstron e Dennen

examinador no momento do teste, nem consideração da amplitude de movimento desenvolvida.¹⁰⁴ Em sua versão modificada, a escala foi acrescida de 1,2 pontos entre os graus de força.

A aplicação do subteste motor do instrumento GRASSP foi verificada em quatro trabalhos.^{9, 24, 51, 58} Ele avalia, através do TMM, especificamente o membro superior, também com escala de seis pontos.²⁶

O sistema de graduação de Brunstron e Dennem modificado foi aplicado em três estudos.^{85, 97, 101} Esse método avalia, através do TMM, não apenas músculos isolados, mas a movimentação ativa.¹⁰² Utiliza também uma escala de seis pontos, sendo que sua versão modificada considera 1/2 ponto entre os graus.^{85, 97, 101}

A escala para avaliação de força muscular de OXFORD foi identificada em um estudo.¹⁰⁰ Escalas não específicas com escore de 0 a 5 foram empregadas em três trabalhos.^{89, 90, 94} Essas escalas apresentam uma graduação de seis pontos, tendo a força da gravidade como referência de resistência para o movimento.¹⁰⁰

Quanto ao levantamento sobre a avaliação da força na prática clínica, dos 44 questionários enviados, 42 retornaram. Desses, dois foram excluídos por incoerência nas respostas. Em relação à formação acadêmica, dentre os participantes, 22,5% são mestres ou doutores, e 32,5% possuem especialização em fisioterapia neurofuncional. Quanto à experiência profissional, 52,5% trabalham com pacientes neurológicos há mais de cinco anos, sendo que 42,5% possuem tempo de experiência em reabilitação da lesão medular superior a cinco anos.

No que se refere ao conhecimento dos profissionais acerca da avaliação de força muscular, os fisioterapeutas relataram conhecer diferentes métodos. O teste muscular manual foi o mais popular, sendo conhecido por todos. Em seguida, o dinamômetro manual conhecido por 75%, o dinamômetro isocinético e o teste de repetição máxima por 67,5%. O menos lembrado foi o dinamômetro portátil, com apenas 3%. Quanto às técnicas e às escalas de graduação de força utilizadas na lesão medular, o escore motor da ASIA foi o mais conhecido. Em seguida a metodologia de Kendall, identificada por 65% dos profissionais.

Na prática clínica, 95% avaliam força muscular em sujeitos com lesão medular durante sua rotina. Além disso, para 100% dos fisioterapeutas participantes, o principal objetivo da avaliação de força nesses casos seria o planejamento da intervenção. O método mais utilizado foi o teste muscular manual, sendo empregado por todos os que avaliam força muscular. O instrumento utilizado varia, sendo o escore motor recomendado pela ASIA (75%) o mais frequente.

Apesar de a maioria utilizar o TMM para avaliação clínica, quando questionados sobre a qualidade dos instrumentos e escalas de TMM disponíveis, 62,5% responderam que as mesmas não atendem às necessidades da avaliação do indivíduo com lesão medular. Dentre as limitações, estão a falta de sensibilidade da graduação das escalas (30%), o posicionamento recomendado (25%), os grupos musculares testados (10%), e a falta de praticidade para sua aplicação (10,17%).

DISCUSSÃO

Para escolher o melhor método para avaliação da força muscular é preciso considerar qual é o contexto e qual é o objetivo da avaliação, assim como qual a mobilidade disponível pelo sujeito.^{2, 5, 6} Nos indivíduos com comprometimento neurológico, é importante que a avaliação de força muscular seja feita em comparação ao melhor resultado esperado considerando o déficit motor do sujeito, e não comparando o resultado com o padrão de movimento esperado em sujeitos sem lesão.²

Esse estudo revela que o TMM é o método mais utilizado para avaliação da força muscular na lesão medular, tanto na prática clínica quanto em pesquisas científicas. O TMM é um método de exame barato que informa não só a força muscular, mas também a extensão da lesão nervosa e o padrão de movimento que está sendo gerado. No teste de função muscular, não é realizado apenas um teste de força de um músculo ou de um grupo muscular, mas também a avaliação do padrão de movimento desenvolvido pelo indivíduo,¹⁰⁵ o que é importante para avaliação do paciente neurológico. No entanto, o levantamento realizado apontou o descontentamento dos entrevistados com as limitações dos instrumentos disponíveis para avaliação através do TMM na prática clínica. A falta de escalas específicas para lesão

medular faz com que não haja padronização das avaliações. Além disso, as escalas disponíveis não demonstram a relação direta dos resultados com a funcionalidade do sujeito. Dessa forma, torna-se necessário que as restrições encontradas nos instrumentos atualmente disponíveis para avaliação através do TMM sejam solucionadas.

Nos estudos científicos que utilizaram o TMM na avaliação dos sujeitos com lesão medular foi identificada a utilização de grande variedade de instrumentos e escalas. Apesar de grande parte dos trabalhos utilizarem a metodologia recomendada pela ASIA, alguns estudos utilizam escalas modificadas para avaliação através do teste muscular manual que não são específicas nem recomendadas para avaliação da lesão medular, como, por exemplo, a escala MRC ou MRC modificada com 1/2 ponto entre cada nível.¹⁰⁴

Já na prática clínica, verificou-se que a maioria dos fisioterapeutas segue a recomendação de uso do TMM proposta pela ASIA, apesar do seu descontentamento com a identificação de limitações importantes do instrumento, como, por exemplo, os grupos musculares avaliados e o posicionamento sugerido. A avaliação da função motora através desse escore considera apenas cinco grupos musculares para membros superiores e cinco para membros inferiores, representantes dos miótomos de C5 a T1, e L1 a S1. Os músculos do tronco não são avaliados de forma obrigatória, apesar do teste da função abdominal ser sugerido.⁶ Assim, qualquer recuperação da função motora abaixo de T1 não é registrada, provocando um efeito de "teto" no resultado do escore, o que prejudicaria a avaliação das lesões cervicais, principalmente.⁸² Outra limitação citada na literatura é que essa avaliação motora não teria relação com a funcionalidade do paciente.⁸ Quanto às propriedades psicométricas, alguns autores mostram forte confiabilidade intra e inter-examinador do instrumento indicado pela ASIA para avaliação motora,¹⁰⁵ outros apontam que o escore motor apresenta validade convergente e divergente de construto, mas sugerem que mais estudos para avaliação psicométrica dessa ferramenta sejam feitos.¹⁰⁵

As principais diferenças entre utilizar o teste muscular manual através de outras técnicas identificadas como a proposta por Kendall ou o escore motor definido pela ASIA é a limitação dos músculos avaliados e da posição para teste. Nas demais técnicas utilizadas para o teste muscular manual, a posição para avaliação de cada grupo muscular varia, podendo ser supina, prona ou lateral. Cada músculo é avaliado individualmente. Os músculos são avaliados com o paciente sempre na posição supina. Nessa posição, para a avaliação da força muscular grau 1/5 em membros superiores a gravidade é totalmente eliminada, para grau 1/5 de membros inferiores, não.¹⁰⁶

Outro método do TMM com uso frequente aqui identificado foi o elaborado pelo Medical Research Council (MRC). Sua escala não define a resistência que deve ser exercida pelo examinador no momento do teste, aspecto relevante principalmente para distinguir os graus 4 e 5. A divisão oferecida entre esses dois graus (resistência moderada, fraca e forte) é descritiva, e seu significado real não é claro, ficando a critério do examinador.¹⁰² A amplitude do movimento no qual a avaliação deve ser realizada também não é considerada na escala do MRC.

O TMM foi originalmente desenvolvido pelo médico e professor do departamento de Cirurgia Ortopédica da Harvard Medical School, Doutor Lovett e descrito pela Doutora Wilhelmina Wright em 1912. Lovett criou uma escala de graduação de força muscular considerando a gravidade como resistência.¹⁰³ Com base nela, diversos outros sistemas de graduação foram criados. Apesar desse, assim como suas variações virem sendo constantemente revisados e aperfeiçoados por diversos autores, os fatores peso e movimento que foram estabelecidos por Lovett continuam sendo base da maioria dos testes e escalas atuais.¹⁰²

Quando foi desenvolvido, o TMM foi pensado para avaliação de pacientes vítimas da poliomielite, mas atualmente ele é utilizado em diferentes populações que variam amplamente em suas características, como os sujeitos com lesão medular. Na literatura, verifica-se a existência de resultados de testes de força baseados em populações específicas, como atletas ou idosos, e algumas escalas são direcionadas para determinadas patologias, como Distrofia Muscular de Duchenne. A grande variação nas características particulares de diferentes populações faz com que sejam necessárias modificações no sistema de graduação dos resultados obtidos no teste muscular manual.¹⁰¹

Quanto ao uso de medidas objetivas, como o dinamômetro, sabe-se que são necessárias devido à precisão. Estudos identificaram que, enquanto os resultados do teste muscular manual atingem um platô, nas avaliações com o dinamômetro portátil os valores da força continuam a aumentar.⁵ O uso de equipamentos como o dinamômetro isocinético e o dinamômetro portátil foi verificado em muitos estudos, principalmente nos mais recentes. No entanto, seu uso não é de fácil aplicação. Eles nem sempre estão disponíveis devido ao alto custo, o que diminui sua frequência de uso e pode ser a justificativa para a opção por instrumentos personalizados de avaliação objetiva.

O dinamômetro isocinético apresenta ainda limitações quanto ao uso para avaliação de musculaturas muito fracas, o que é comum na lesão medular.² Além disso, apesar de o dinamômetro portátil ser de fácil manipulação, podendo ser utilizado em diversos ambientes, a força isométrica mensurada por ele pode ser influenciada pela resistência que pode ser aplicada pelo avaliador, e pela sua habilidade de manter o dispositivo em uma posição estável, perpendicular ao segmento testado. O uso correto do dinamômetro portátil requer maior tempo para posicionamento do mesmo do que o teste muscular manual.⁵ Por esse motivo, a força muscular é avaliada, na maioria das vezes, sem o uso de equipamentos especiais, sendo inferida através do teste muscular manual.⁶

Assim, ainda é evidente a falta de consenso acerca dos métodos de avaliação e da utilização de escalas padronizadas para avaliação da força muscular em todo o mundo. Os novos instrumentos devem

buscar solucionar as restrições identificadas pelos profissionais nas avaliações em uso, buscando aproximar a teoria da prática clínica, relacionando os resultados da avaliação com a funcionalidade do sujeito. Após a identificação das limitações e restrições nas ferramentas atuais, esse estudo deve seguir com a criação de um novo instrumento para avaliação manual da força muscular em sujeitos com lesão medular voltado para a prática clínica.

São limitações dessa revisão a exclusão de artigos não indexados nas bases de dados consultadas, e a falta da avaliação crítica da qualidade dos estudos revisados.

CONCLUSÃO

Existem diferentes formas de avaliar a força muscular em pacientes com lesão medular. Nenhum dos métodos identificados por essa revisão demonstra a relação entre a força muscular avaliada e a funcionalidade do sujeito, importante desfecho tanto para pesquisa quanto para a clínica.

Diante disso, esse trabalho mostrou a necessidade de novas pesquisas voltadas para o desenvolvimento de metodologias específicas para avaliação padronizada nesses indivíduos.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. TVC e FC foram os principais contribuintes na elaboração do manuscrito. RS e FC foram as responsáveis pela orientação metodológica do estudo. RS avaliou os dados da análise estatística. TVC, JSB, FZ e MG realizaram a pesquisa bibliográfica, a pesquisa de satisfação dos profissionais da área e contribuíram para o conceito intelectual do estudo.

REFERÊNCIAS

- Rahimi-Movaghar V, Sayyah MK, Akbari H, Khorramirouz R, Rasouli MR, Moradi-Laken M, et al. Epidemiology of traumatic spinal cord injury in developing countries: a systematic review. *Neuroepidemiology*. 2013;41(2): 65-85.
- Harvey L. Management of spinal cord injuries: a guide for physiotherapists. Elsevier Health Sciences; 2008.
- Beninato M, O'Kane KS, Sullivan PE. Relationship between motor FIM and muscle strength in lower cervical-level spinal cord injuries. *Spinal Cord*. 2004;42(9):533-40.
- Harvey LA. Physiotherapy rehabilitation for people with spinal cord injuries. *J Physiother*. 2016;62(1):4-11.
- Noreau L, Vachon J. Comparison of three methods to assess muscular strength in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord*. 1998;36(10):716-23.
- Ellaway PH, Kuppaswamy A, Balasubramaniam AV, Maksimovic R, Gall A, Craggs MD, et al. Development of quantitative and sensitive assessments of physiological and functional outcome during recovery from spinal cord injury: a clinical initiative. *Brain Res Bull*. 2011;84(4):343-57.
- Alexander MS, Anderson KD, Biering-Sorensen F, Blight AR, Brannon R, Bryce TN, et al. Outcome measures in spinal cord injury: recent assessments and recommendations for future directions. *Spinal Cord*. 2009;47(8):582-91.
- Carrasco-López C, Jimenez S, Mosqueda-Pozon MC, Pérez-Borrego YA, Alcobendas-Maestro M, Gallego-Izquierdo T, et al. New insights from clinical assessment of upper extremities in cervical traumatic spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2016;33(18):1724-7.
- Bouton CE, Shaikhouni A, Annetta NV, Bockbrader MA, Friedenber DA, Nielson DM, et al. Restoring cortical control of functional movement in a human with quadriplegia. *Nature*. 2016;533(7602):247-50.
- Stevens SL, Caputo JL, Fuller DK, Morgan DW. Effects of underwater treadmill training on leg strength, balance, and walking performance in adults with incomplete spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2015;38(1):91-101.
- Kim DI, Lee H, Lee BS, Kim J, Jeon JY. Effects of a 6-week indoor hand-bike exercise program on health and fitness levels in people with spinal cord injury: a randomized controlled trial study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2015;96(11):2033-40.
- Senthilvelkumar T, Magimairaj H, Fletcher J, Tharion G, George J. Comparison of body weight-supported treadmill training versus body weight-supported overground training in people with incomplete tetraplegia: a pilot randomized trial. *Clin Rehabil*. 2015;29(1):42-9.
- Gomes-Osman J, Field-Fote EC. Improvements in hand function in adults with chronic tetraplegia following a multi-day 10Hz rTMS intervention combined with repetitive task practice. *J Neurol Phys Ther*. 2015;39(1):23-30.
- Mulroy SJ, Hatchett P, Eberly VJ, Haubert LL, Connors S, Requejo PS. Shoulder strength and physical activity predictors of shoulder pain in people with paraplegia from spinal injury: prospective cohort study. *Phys Ther*. 2015;95(7):1027-38.
- DiPiro ND, Holthaus KD, Morgan PJ, Embry AE, Perry LA, Bowden MG, et al. Lower Extremity Strength Is Correlated with Walking Function After Incomplete SCI. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2015;21(2):133-9.
- Duffell LD, Brown GL, Mirbagheri MM. Facilitatory effects of anti-spastic medication on robotic locomotor training in people with chronic incomplete spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil*. 2015; 12:29.
- Bravo-Esteban E, Taylor J, Alexandre M, Simon-Martinez C, Torricelli D, Pons JL, et al. Tibialis Anterior muscle coherence during controlled voluntary activation in patients with spinal cord injury: diagnostic potential for muscle strength, gait and spasticity. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11:23.
- Chu VW, Hornby TG, Schmit BD. Effect of antispastic drugs on motor reflexes and voluntary muscle contraction in incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(4):622-32.
- Jarocho D, Milczarek O, Wodrychowicz A, Kwiatkowski S, Majka M. Continuous improvement after multiple mesenchymal stem cell transplantations in a patient with complete spinal cord injury. *Cell Transplant*. 2015;24(4):661-72.
- Esclarín-Ruz A, Alcobendas-Maestro M, Casado-Lopez R, Perez-Mateos G, Florido-Sanchez MA, Gonzalez-Valdizan E, et al. A comparison of robotic walking therapy and conventional walking therapy in individuals with upper versus lower motor neuron lesions: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(6):1023-31.
- Backus D, Cordo P, Gillott A, Kandilakis C, Mori M, Raslan AM. Assisted movement with proprioceptive stimulation reduces impairment and restores function in incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(8):1447-5322.
- Fleerkotte BM, Koopman B, Buurke JH, van Asseldonk EH, van der Kooij H, Rietman JS. The effect of impedance-controlled robotic gait training on walking ability and quality in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: an explorative study. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11:26.
- Guiraud D, Azevedo Coste C, Benoussaad M, Fattal C. Implanted functional electrical stimulation: case report of a paraplegic patient with complete SCI after 9 years. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11:15.
- Kalsi-Ryan S, Beaton D, Curt A, Duff S, Jiang D, Popovic MR, et al. Defining the role of sensation, strength, and prehension for upper limb function in cervical spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair*. 2014;28(1):66-74.
- Gabison S, Verrier MC, Nadeau S, Gagnon DH, Roy A, Flett HM. Trunk strength and function using the multidirectional reach distance in individuals with non-traumatic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2014;37(5):537-47.
- Van Straaten MG, Cloud BA, Morrow MM, Ludewig PM, Zhao KD. Effectiveness of home exercise on pain, function, and strength of manual wheelchair users with spinal cord injury: a high-dose shoulder program with telerehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(10):1810-7.
- Froehlich-Grobe K, Lee J, Aaronson L, Nary DE, Washburn RA, Little TD. Exercise for everyone: a randomized controlled trial of project workout on wheels in promoting exercise among wheelchair users. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(1):20-8.
- Rosety-Rodriguez M, Rosety I, Fornieles G, Rosety JM, Elosegui S, Rosety MA, et al. A short-term arm-crank exercise program improved testosterone deficiency in adults with chronic spinal cord injury. *Int Braz J Urol*. 2014;40(3):367-72.
- Triolo RJ, Bailey SN, Miller ME, Lombardo LM, Audu ML. Effects of stimulating hip and trunk muscles on seated stability, posture, and reach after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(9):1766-75.
- Labryère R, Zimmerli M, van Hedel HJ. Slowed down: response time deficits in well-recovered subjects with incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(10):2020-6.
- Fornusek C, Davis GM, Russold MF. Pilot study of the effect of low-cadence functional electrical stimulation cycling after spinal cord injury on thigh girth and strength. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(5):990-3.
- Yeoun-Seung Kang MD, Lee BS. Biomechanical evaluation of wrist-driven flexor hinge orthosis in persons with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*. 2013;50(8):1129-38.
- Thompson CK, Hornby TG. Divergent modulation of clinical measures of voluntary and reflexive motor behaviors following serotonergic medications in human incomplete spinal cord injury. *J Neurotrauma*. 2013;30(6):498-502.
- Jayaraman A, Thompson CK, Rymer WZ, Hornby TG. Short-term maximal-intensity resistance training increases volitional function and strength in chronic incomplete spinal cord injury: a pilot study. *J Neurol Phys Ther*. 2013;37(3):112-7.
- Cortes M, Elder J, Rykman A, Murray L, Avedissian M, Stampas A, et al. Improved motor performance in chronic spinal cord injury following upper-limb robotic training. *Neuro Rehabilitation*. 2013;33(1):57-65.
- Sadowsky CL, Hammond ER, Strohl AB, Commean PK, Eby SA, Damiano DL, et al. Lower

- extremity functional electrical stimulation cycling promotes physical and functional recovery in chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2013;36(6):623-31.
37. Lindberg T, Arndt A, Norrbrink C, Wahman K, Bjerkfors A. Effects of seated double-pole ergometer training on aerobic and mechanical power in individuals with spinal cord injury. *J Rehabil Med.* 2012;44(10):893-8.
 38. Triolo RJ, Bailey SN, Miller ME, Rohde LM, Anderson JS, Davis JA Jr, et al. Longitudinal performance of a surgically implanted neuroprosthesis for lower-extremity exercise, standing, and transfers after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(5):896-904.
 39. Nooijen CF, de Groot S, Postma K, Bergen MP, Stam HJ, Bussmann JB, et al. A more active lifestyle in persons with a recent spinal cord injury benefits physical fitness and health. *Spinal Cord.* 2012;50(4):320-3.
 40. Wu M, Landry JM, Schmit BD, Hornby TG, Yen SC. Robotic resistance treadmill training improves locomotor function in human spinal cord injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(5):782-9.
 41. Trumbower RD, Jayaraman A, Mitchell GS, Rymer WZ. Exposure to acute intermittent hypoxia augments somatic motor function in humans with incomplete spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012;26(2):163-72.
 42. Sledziewski L, Schaaf RC, Mount J. Use of robotics in spinal cord injury: A case report. *Am J Occup Ther.* 2012;66(1):51-8.
 43. Alcobendas-Maestro M, Esclarín-Ruz A, Casado-López RM, Muñoz-González A, Pérez-Mateos G, González-Valdizán E, et al. Lokomat robotic-assisted versus overground training within 3 to 6 months of incomplete spinal cord lesion: randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012;26(9):1058-63.
 44. Zijdwind I, Gant K, Bakels R, Thomas CK. Do additional inputs change maximal voluntary motor unit firing rates after spinal cord injury? *Neurorehabil Neural Repair.* 2012;26(1):58-67.
 45. Serra-Añó P, García-Massó X, Pellicer M, González LM, López-Pascual J, Giner-Pascual M, et al. Force Normalization in Paraplegics. *Int J Sports Med.* 2012;33(0):452-8.
 46. Serra-Añó P, Pellicer-Chenoll M, García-Massó X, Morales J, Giner-Pascual M, González LM. Effects of resistance training on strength, pain and shoulder functionality in paraplegics. *Spinal Cord.* 2012;50(11):827-31.
 47. Boland RA, Lin CS, Engel S, Kiernan MC. Adaptation of motor function after spinal cord injury: novel insights into spinal shock. *Brain.* 2011;134(Pt2):495-505.
 48. Johnston TE, Modlesky CM, Betz RR, Lauer RT. Muscle changes following cycling and/or electrical stimulation in pediatric spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(12):1937-43.
 49. Yang JF, Norton J, Nevett-Duchcherer J, Roy FD, Gross DP, Gorassini MA. Volitional muscle strength in the legs predicts changes in walking speed following locomotor training in people with chronic spinal cord injury. *Physical Therapy.* 2011;91(6):931-43.
 50. Lundell H, Barthelemy D, Skimminge A, Dyrby TB, Biering-Sorensen F, Nielsen JB. Independent spinal cord atrophy measures correlate to motor and sensory deficits in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2011;49(1):70-5.
 51. Harvey LA, Dunlop SA, Churilov L, Hsueh YS, Galea MP. Early intensive hand rehabilitation after spinal cord injury ("Hands On"): a protocol for a randomised controlled trial. *Trials.* 2011;12:14.
 52. Saraf P, Rafferty MR, Moore JL, Kahn JH, Hendron K, Leech K, et al. Daily stepping in individuals with motor incomplete spinal cord injury. *Phys Ther.* 2010;90(2):224-35.
 53. Larson CA, Tezak WD, Malley MS, Thornton V. Assessment of postural muscle strength in sitting: reliability of measures obtained with hand-held dynamometry in individuals with spinal cord injury. *J Neurol Phys Ther.* 2010;34(1):24-31.
 54. Harvey LA, Fornusek C, Bowden JL, Pontifex N, Glinesky J, Middleton JW, et al. Electrical stimulation plus progressive resistance training for leg strength in spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Spinal Cord.* 2010;48(7):570-5.
 55. Valent LJ, Dallmeijer AJ, Houdijk H, Slootman HJ, Janssen TW, Post MW, et al. Effects of hand cycle training on physical capacity in individuals with tetraplegia: a clinical trial. *Phys Ther.* 2009;89(10):1051-60.
 56. Glinesky J, Harvey L, van Es P, Chee S, Gandevia SC. The addition of electrical stimulation to progressive resistance training does not enhance the wrist strength of people with tetraplegia: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2009;23(8):696-704.
 57. Bowden M, Stokic DS. Clinical and Neurophysiological Assessment of Strength and Spasticity During Intrathecal Baclofen Titration in Incomplete Spinal Cord Injury: Single-Subject Design. *J Spinal Cord Med.* 2009;32(2):183-90.
 58. Rudhe C, van Hedel HJ. Upper extremity function in persons with tetraplegia: Relationships between strength, capacity and the spinal cord independence measure. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009;23(5):413-21.
 59. PL. Effects of resistance and endurance training in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(5):992-7.
 60. Beekhuizen KS, Field-Fote EC. Sensory stimulation augments the effects of massed practice training in persons with tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(4):602-8.
 61. Glinesky J, Harvey L, Kortzen M, Drury C, Chee S, Gandevia SC. Short-term progressive resistance exercise may not be effective at increasing wrist strength in people with tetraplegia: a randomised controlled trial. *Aust J Physiother.* 2008;54(2):103-8.
 62. Haisma JA, Post MW, van der Woude LH, Stam HJ, Bergen MP, Sluis TA, et al. Functional independence and health-related functional status following spinal cord injury: a prospective study of the association with physical capacity. *J Rehabil Med.* 2008;40(10):812-8.
 63. Kern H, Hofer C, Mödlin M, Mayr W, Vindigni V, Zampieri S, et al. Stable muscle atrophy in long-term paraplegics with complete upper motor neuron lesion from 3- to 20-year SCI. *Spinal Cord.* 2008;46(4):293-304.
 64. Johnston TE, Smith BT, Oladeji O, Betz RR, Lauer RT. Outcomes of a home cycling program using functional electrical stimulation or passive motion for children with spinal cord injury: a case series. *J Spinal Cord Med.* 2008;31(2):215-21.
 65. Wirth B, van Hedel HJ, Curt A. Ankle dexterity remains intact in patients with incomplete spinal cord injury in contrast to stroke patients. *Exp Brain Res.* 2008;191(3):353-61.
 66. Wirth B, van Hedel HJ, Curt A. Ankle dexterity is less impaired than muscle strength in incomplete spinal cord lesion. *J Neurol.* 2008;255(2):273-9.
 67. de Groot S, Dallmeijer AJ, Post MW, Angenot EL, van der Woude LH. The longitudinal relationship between lipid profile and physical capacity in persons with a recent spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2008;46(5):344-51.
 68. Jayaraman A, Shah P, Gregory C, Bowden M, Stevens J, Bishop M, et al. Locomotor training and muscle function after incomplete spinal cord injury: case series. *J Spinal Cord Med.* 2008;31(2):185-93.
 69. Gregory CM, Bowden MG, Jayaraman A, Shah P, Behrman A, Kautz SA, et al. Resistance training and locomotor recovery after incomplete spinal cord injury: a case series. *Spinal Cord.* 2007;45(7):522-30.
 70. Liu CW, Chen SC, Chen CH, Chen TW, Chen JJ, Lin CS, et al. Effects of functional electrical stimulation on peak torque and body composition in patients with incomplete spinal cord injury. *Kaohsiung J Med Sci.* 2007;23(5):232-40.
 71. Widman LM, Abresch RT, Styne DM, McDonald CM. Aerobic fitness and upper extremity strength in patients aged 11 to 21 years with spinal cord dysfunction as compared to ideal weight and overweight controls. *J Spinal Cord Med.* 2007;30(suppl1):S88-96.
 72. Haisma JA, van der Woude LH, Stam HJ, Bergen MP, Sluis TA, de Groot S, et al. Prognostic models for physical capacity at discharge and 1 year postdischarge from rehabilitation in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(12):1694-703.
 73. Liusuwan RA, Widman LM, Abresch RT, Johnson AJ, McDonald CM. Behavioral intervention, exercise, and nutrition education to improve health and fitness (BENEFIT) in adolescents with mobility impairment due to spinal cord dysfunction. *J Spinal Cord Med.* 2007;30(suppl1):S119-26.
 74. van Drongelen S, de Groot S, Veeger HE, Angenot EL, Dallmeijer AJ, Post MW, et al. Upper extremity musculoskeletal pain during and after rehabilitation in wheelchair-using persons with a spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2006;44(3):152-9.
 75. Virz M, van Hedel HJ, Rupp R, Curt A, Dietz V. Muscle force and gait performance: relationships after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(9):1218-22.
 76. Javiere C, Vidal J, Segura R, Lizarraga MA, Medina J, Ventura JL. The effect of supplementation with n-3 fatty acids on the physical performance in subjects with spinal cord injury. *J Physiol Biochem.* 2006;62(4):271-9.
 77. Rittweger J, Gerrits KH, Altenburg TM, Reeves ND, Maganaris CN, Haan AD. Bone adaptation to altered loading after spinal cord injury: a study of bone and muscle strength. *J Musculoskeletal Neuronal Interact.* 2006;6(3):269-76.
 78. Norton JA, Gorassini MA. Changes in cortically related intermuscular coherence accompanying improvements in locomotor skills in incomplete spinal cord injury. *J Neurophysiol.* 2006;95(4):2580-9.
 79. Haisma JA, Bussmann JB, Stam HJ, Sluis TA, Bergen MP, Dallmeijer AJ, et al. Changes in physical capacity during and after inpatient rehabilitation in subjects with a spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(6):741-8.
 80. Jayaraman A, Gregory CM, Bowden M, Stevens JE, Shah P, Behrman AL, et al. Lower extremity skeletal muscle function in persons with incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2006;44(11):680-7.
 81. Bjerkfors A, Jansson A, Thorstensson A. Shoulder muscle strength in paraplegics before and after kayak ergometer training. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97(5):613-8.
 82. Varmas CA, Beiza BL, Whitney JD, Mitchell PH, Stiens SA. Lifestyle physical activity for individuals with spinal cord injury: a pilot study. *Am J Health Promot.* 2004;18(4):288-91.
 83. Mulcahey MJ, Betz RR, Kozin SH, Smith BT, Hutchinson D, Lutz C. Implantation of the Freehand System® during initial rehabilitation using minimally invasive techniques. *Spinal Cord.* 2004;42(3):146-55.
 84. Kim CM, Eng JJ, Whittaker MW. Level walking and ambulatory capacity in persons with incomplete spinal cord injury: relationship with muscle strength. *Spinal Cord.* 2004;42(3):156-62.
 85. Bryden AM, Kilgore KL, Lind BB, Yu DT. Triceps denervation as a predictor of elbow flexion contractures in C5 and C6 tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(11):1880-5.
 86. Beninato M, O'Kane KS, Sullivan PE. Relationship between motor FIM and muscle strength in lower cervical-level spinal cord injuries. *Spinal Cord.* 2004;42(9):533-40.
 87. Hicks AL, Martin KA, Ditor DS, Latimer AE, Craven C, Bugaresti J, et al. Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. *Spinal Cord.* 2003;41(11):34-43.
 88. Diego MA, Field T, Hernandez-Reif M, Hart S, Brucker B, Field T, et al. Spinal cord patients benefit from massage therapy. *Int J Neurosci.* 2002;112(2):133-42.
 89. Smith BT, Mulcahey MJ, Betz RR. An implantable upper extremity neuroprosthesis in a growing child with a C5 spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2001;39(2):118-23.
 90. Jacobs PL, Nash MS, Rusinowski JW. Circuit training provides cardiorespiratory and strength benefits in persons with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(5):711-7.
 91. Harvey L, Crosbie J. Effect of elbow flexion contractures on the ability of people with C5 and C6 tetraplegia to lift. *Physiother Res Int.* 2001;6(2):76-82.
 92. Bélanger M, Stein RB, Wheeler GD, Gordon T, Leduc B. Electrical stimulation: can it increase muscle strength and reverse osteopenia in spinal cord injured individuals? *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(8):1090-8.
 93. Kuz JE, Van Heest AE, House JH. Biceps-to-triceps transfer in tetraplegic patients: report of the medial routing technique and follow-up of three cases. *J Hand Surg Am.* 1999;24(1):161-72.
 94. Thomas CK, Tucker ME, Bigland-Ritchie B. Voluntary muscle weakness and co-activation after chronic cervical spinal cord injury. *J Neuro Trauma.* 1998;15(2):149-61.
 95. Noreau L, Vachon J. Comparison of three methods to assess muscular strength in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 1998;36(10):716-23.
 96. Herbison GJ, Isaac Z, Cohen ME, Ditunno JF Jr. Strength post-spinal cord injury: myometervs manual muscle test. *Spinal Cord.* 1996;34(9):543-8.
 97. Signorile JF, Banovac K, Gomez M, Flipse D, Caruso JF, Lowensteyn I. Increased muscle strength in paralyzed patients after spinal cord injury: effect of beta-2 adrenergic agonist. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(1):55-8.
 98. Kornsgold LM, Herbison GJ, Decena BF 3rd, Ditunno JF. Biceps vs extensor carpi radialis recovery in Frankel grades A and B in spinal cord injury patients. *Paraplegia.* 1994;32(5):340-8.
 99. Granat MH, Ferguson AC, Andrews BJ, Delargy M. The role of functional electrical stimulation in the rehabilitation of patients with incomplete spinal cord injury-observed benefits during gait studies. *Paraplegia.* 1993;31(4):207-15.
 100. Crozier KS, Cheng LL, Graziani V, Zorn G, Herbison G, Ditunno JF Jr. Spinal cord injury: prognosis for ambulation based on quadriceps recovery. *Paraplegia.* 1992;30(11):762-7.
 101. Hislop H, Avers D, Brown M. Daniels and Worthingham's muscle testing: Techniques of manual examination and performance testing. Elsevier Health Sciences; 2013.
 102. Steeves JD, Lammertse D, Curt A, Fawcett JW, Tuszynski MH, Ditunno JF, et al. Guidelines for the conduct of clinical trials for spinal cord injury (SCI) as developed by the ICCP panel: clinical trial outcome measures. *Spinal Cord.* 2007;45(3):206-21.
 103. Paternostro-Sluga T, Grim-Stieger M, Posch M, Schuffriedl O, Vacariu G, Mittermaier C, et al. Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy. *J Rehabil Med.* 2008;40(8):665-71.
 104. Motor exam Guide. American Spinal Cord Injury Association. Available from: <http://asia-spinalinjury.org/learning/> Acesso em junho de 2016.
 105. Furlan JC, Fehlings MG, Tator CH, Davis AM. Motor and sensory assessment of patients in clinical trials for pharmacological therapy of acute spinal cord injury: psychometric properties of the ASIA Standards. *J Neurotrauma.* 2008;25(11):1273-301.
 106. Janda V. Muscle function testing. Elsevier; 2013.