

CONFIABILIDADE INTRA E INTEREXAMINADORES E ERRO DA MEDIÇÃO NO USO DO GONIÔMETRO E INCLINÔMETRO DIGITAL

APARELHO LOCOMOTOR
NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

INTRA AND INTER RELIABILITY AND MEASUREMENT ERROR OF GONIOMETER AND DIGITAL INCLINOMETER USE

Carolline Maciel dos Santos¹
Gilver Ferreira¹
Priscilla Lorenzatto Malacco¹
George Schayer Sabino²
Geraldo Fabiano de Souza Moraes³
Diogo Carvalho Felício⁴

1. Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Centro Universitário Newton Paiva – Belo Horizonte, MG, Brasil.

2. Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Centro Universitário Newton Paiva – Belo Horizonte, MG, Brasil; Departamento Fisioterapia, Faculdade Pitágoras – Belo Horizonte, MG, Brasil.

3. Engenharia de Saúde e Segurança, Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira – Itabira, MG, Brasil.

4. Departamento de Fisioterapia, Faculdade Pitágoras – Betim, MG, Brasil.

Correspondência:

Geraldo Fabiano de Souza Moraes
Avenida Afonso Pena, 3.549, ap.
21, Bairro Serra – 30130-008 – Belo Horizonte, MG, Brasil
E-mail: geraldomorales@terra.com.br

RESUMO

Introdução: A amplitude de movimento articular (ADM) é um importante componente avaliado durante o exame físico; porém, para que essa mensuração possa ser utilizada, é necessário que ela seja confiável e que suas propriedades de medida sejam conhecidas. **Objetivos:** Verificar a confiabilidade inter e intraexaminadores das medidas realizadas pelo goniômetro e inclinômetro na avaliação da ADM de flexão e extensão de joelho e cotovelo, e determinar o erro padrão da medição (EPM) dos instrumentos em questão. **Métodos:** Foi avaliada ADM de flexão e extensão de cotovelo e joelho, bilateralmente, de uma amostra de indivíduos jovens saudáveis do gênero masculino, com faixa etária entre 18 e 30 anos, utilizando um inclinômetro digital e um goniômetro universal. **Resultados:** A confiabilidade interexaminador variou de pequena a muito alta para os dois instrumentos, apresentando CCI de 0,24 a 0,96 para as medidas feitas com o goniômetro, e de 0,02 a 0,98 para o inclinômetro. O único movimento que obteve confiabilidade muito alta para ambos os aparelhos e examinadores foi a flexão de joelho. O EPM determinado por meio da goniometria e inclinometria variou entre 0,21 e 12,75 graus. **Conclusão:** O inclinômetro digital apresenta melhores índices de confiabilidade que o goniômetro para as medidas de ADM. Apenas quatro medidas obtiveram CCI alto e EPM abaixo de dois graus, e, assim, foram consideradas apropriadas para serem utilizadas clinicamente, todas essas realizadas com o inclinômetro.

Palavras-chave: reprodutibilidade dos testes, goniometria, amplitude de movimento.

ABSTRACT

Introduction: Articular range of motion (ROM) is one of the important components measured during physical assessment. Goniometry is employed to measure and to register ROM available in a joint; however, it is necessary that it supplies reliable and standardized measures. **Objectives:** To verify the inter and intra-examiners reliability of the measures performed by the goniometer and inclinometer in the knee and elbow flexion and extension ROM and to determine the standard error of measurement (SEM) of the instruments in question. **Methods:** The knee and elbow flexion and extension ROM was evaluated in a sample of healthy young males aged between 18-30 years, using a digital inclinometer and a universal goniometer. **Results:** The interexaminer reliability ranged from small to very high for both instruments presenting ICC of 0.24 to 0.96 for the measures performed with the goniometer and of 0.02 to 0.98 for the inclinometer. The only movement which presented very high reliability for both products and examiners was the knee flexion. The SEM performed with the goniometry and the inclinometry ranged between 0.21 and 12.75 degrees. **Conclusion:** The present study presented higher reliability for ROM measures obtained with the digital inclinometer when compared with the goniometer. Only four measurements were considered appropriate to be clinically used: those which obtained high ICC and SEM below two degrees, all of these were made with the inclinometer.

Keywords: test reproducibility, goniometry, range of motion.

INTRODUÇÃO

A medida da amplitude de movimento é parâmetro determinante utilizado na avaliação e no acompanhamento fisioterapêutico. Muitas vezes, a avaliação da amplitude de movimento faz parte de definição da propedêutica e do prognóstico de um indivíduo submetido à fisioterapia^{1,2}. A amplitude de movimento articular (ADM) é definida como a "dimensão angular do deslocamento do corpo ou de seus segmentos entre certos pontos, de orientação convencionalmente

escolhida"³. Existem vários instrumentos válidos para medir a ADM, entre eles o mais usado é o goniômetro universal, mas outros instrumentos podem ser utilizados, como o inclinômetro digital, um equipamento eletrônico destinado à medição de ângulos^{4,5}.

Para que um método de mensuração possa ser utilizado é necessário que ele forneça medidas confiáveis e padronizadas. Segundo Dvir⁶, a confiabilidade de uma medida é a consistência entre as medidas sucessivas da mesma variável, no mesmo sujeito e nas mesmas

condições. O goniômetro é um equipamento de medida do ângulo articular que apresenta confiabilidade e validade para medidas planares de movimento já descritas na literatura⁷, sendo considerado padrão ouro na medida de ADM. A validade e a confiabilidade da utilização do inclinômetro digital em medidas de ADM também já foram descritas através de seus coeficientes de correlação intraclasse (CCI)⁸, podendo então, teoricamente, serem empregados na prática.

Os estudos de confiabilidade de medidas contínuas são tradicionalmente avaliados por meio do CCI. O CCI, apesar de difundido e de permitir a comparação da confiabilidade entre diferentes instrumentos, mostra-se incompleto e sujeito a variâncias da medida em amostras distintas, pois leva em consideração a variância da medida pela variância da amostra. Assim, um mesmo instrumento utilizado em duas populações irá apresentar CCI diferentes dependendo da variância de cada amostra⁹.

Como forma de complementar o CCI é importante que estudos de confiabilidade avaliem a dispersão dos valores das medidas na mesma unidade do instrumento, pois, desta forma, tem-se um valor absoluto da variação da mesma medida, e não um percentual de precisão. Isto é, no caso da ADM, analisar de quantos graus é a variância das medidas repetidas; assim, torna-se possível determinar se durante o tratamento ocorreu uma mudança clínica real em um indivíduo. A dispersão de repetidas medidas dadas em graus pode ser obtida através do erro padrão da medição (EPM)^{9,10}.

Portanto, os objetivos deste estudo foram verificar a confiabilidade inter e intraexaminadores, através do CCI e do EPM, das medidas realizadas pelo goniômetro e inclinômetro na ADM de flexão e de extensão de joelho e cotovelo.

MÉTODOS

Delineamento do estudo e amostra

Foi desenvolvido um estudo metodológico de confiabilidade de medidas na Clínica Escola do Centro Universitário Newton Paiva. O estudo foi desenvolvido após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Newton Paiva (100/2008) e todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido concordando em participar do estudo. A seleção da amostra foi realizada por conveniência. Foram recrutados 10 voluntários do gênero masculino, com faixa etária entre 18 e 30 anos, hígidos e sedentários. Os critérios de exclusão foram presença de dor ou qualquer disfunção musculoesquelética ou neurológica nos últimos seis meses que atingisse as articulações selecionadas do presente estudo.

Instrumentos

Goniômetro

As mensurações da ADM foram feitas de forma passiva com um goniômetro universal (Baseline®, Aurora, IL, EUA). Para mensuração da ADM com o goniômetro, a articulação deve ser posicionada e o segmento proximal estabilizado, isolando o movimento articular avaliado. O alinhamento dos braços do goniômetro com os segmentos proximal e distal da articulação é feito a partir de referências anatômicas ósseas dos segmentos próximos à articulação^{11,12}.

Inclinômetro digital

Foi utilizado um inclinômetro digital da marca Baseline® Digital Inclinometer. O inclinômetro digital é um instrumento da engenharia para medir inclinação (em graus) de superfícies, após ser captada por sensores sensíveis a gravidade. Algumas das vantagens do inclinômetro digital na medida da ADM é que seu posicionamento não depende

tanto de referências anatômicas, porém é um aparelho ainda pouco utilizado na clínica e isso se deve, entre outros fatores, a seu custo superior quando comparado ao goniômetro^{13,14}.

Procedimentos

As mensurações foram realizadas por dois examinadores nas mesmas condições de avaliação. Antes de iniciar a coleta de dados, realizou-se um estudo piloto com o intuito de padronizar os procedimentos da pesquisa. Os avaliadores realizaram um sorteio para aleatorização dos procedimentos das medidas para cada indivíduo. Foi dado um intervalo de cinco minutos entre a realização da medida de um e do outro avaliador.

Para a avaliação da confiabilidade intraexaminador, foi dado um intervalo de sete dias entre os dois testes de cada examinador. Um terceiro examinador foi responsável pelo registro das informações em formulários independentes para evitar a comparação entre os dados durante a coleta.

Os voluntários foram instruídos a não realizarem aquecimento ou qualquer atividade física 48 horas antes do horário previsto para a coleta, a fim de evitar adaptação viscoelástica dos músculos envolvidos no estudo. Todos os procedimentos de preparo dos voluntários e aleatorização das medidas foram repetidos, seguindo os mesmos critérios, no segundo momento.

Medida de ADM de flexão de cotovelo

O posicionamento de teste e a estabilização foram os mesmos para os dois instrumentos. O indivíduo em teste assumiu decúbito dorsal, com o braço posicionado ao lado do corpo e com supinação de antebraço. O úmero foi estabilizado distalmente pela mão do examinador, conforme descrito por Norkin e White³, de modo a evitar a flexão de ombro.

O eixo do goniômetro foi posicionado ao lado do epicôndilo lateral do úmero. O braço estático do goniômetro foi alinhado com o úmero, tendo como referência o centro do acrômio no ombro e o braço móvel foi alinhado com o antebraço, usando como referência o processo estilóide do rádio. O inclinômetro digital foi posicionado no segmento proximal e posterior do antebraço³.

Medida de ADM de extensão de cotovelo

As medidas foram realizadas com o paciente sentado, com coluna e cabeça alinhadas, e o braço posicionado ao lado do corpo com supinação de antebraço. O ombro foi estabilizado manualmente em sua região proximal, evitando movimentos indesejados, como rotações e abduções³.

Medida de ADM de flexão de joelho

O indivíduo foi colocado em decúbito dorsal, com 90 graus de flexão de quadril. O posicionamento do quadril foi garantido pelo uso de um anteparo para a coxa que auxiliava na manutenção da posição predeterminada³.

O goniômetro universal foi posicionado ao lado do epicôndilo lateral do fêmur. O braço estático do goniômetro foi alinhado com a coxa, tendo como referência o trocânter maior do fêmur, e o braço móvel foi alinhado com a perna, com referência no maléolo lateral da fíbula. O inclinômetro digital foi posicionado proximal e anteriormente na perna, ficando apoiado na crista da tíbia³.

Medida de ADM de extensão de joelho

O indivíduo foi colocado em decúbito dorsal, com as pernas estendidas. O membro avaliado foi elevado pelo calcanhar, com a estabilização do joelho em contato com a maca. O posicionamento dos instrumentos em relação ao segmento foi o mesmo das medidas realizadas para flexão de joelho³.

ANALISE ESTATÍSTICA

Após a análise descritiva dos dados, a confiabilidade das medidas foi determinada por meio do cálculo do coeficiente de correlação intra-classe (CCI) utilizando o programa estatístico *SPSS for Windows* na sua versão 17.0 e a partir do CCI foi determinado o erro padrão da medição (EPM). Os valores de referência para o CCI, no presente estudo, foram aqueles descritos por Jonhson e Gross²³, sendo considerada confiabilidade pequena até 0,25; baixa, 0,26-0,49; moderada, 0,50-0,69; alta, 0,70-0,89; e muito alta, acima de 0,90. Foi adotado um valor arbitrário de 2° para que o valor do EPM fosse considerado adequado. Este valor foi baseado na amplitude mínima dos valores demarcados em um goniômetro padrão. As medidas de ADM apropriadas para uso clínico foram aquelas que apresentaram conjuntamente alto CCI (acima de moderada) e baixo EPM (inferior a 2°).

RESULTADOS

Foram excluídos três indivíduos do estudo por não comparecerem ao segundo dia de pesquisa e em um indivíduo foram feitas apenas as medidas de cotovelo, devido à presença de tendinopatia patelar (figura 1). Dessa forma, foram avaliados 14 cotovelos e 12 joelhos, sendo realizadas, para cada um dos instrumentos, um total de 28 e 24 medidas, respectivamente (considerando ambos os lados de forma independente) em cada momento da pesquisa.

O presente estudo avaliou a confiabilidade das medidas intra e interexaminadores e o EPM de flexão e extensão de cotovelo e joelho e obteve resultados distintos dependendo do movimento, examinador e instrumento (tabela 1).

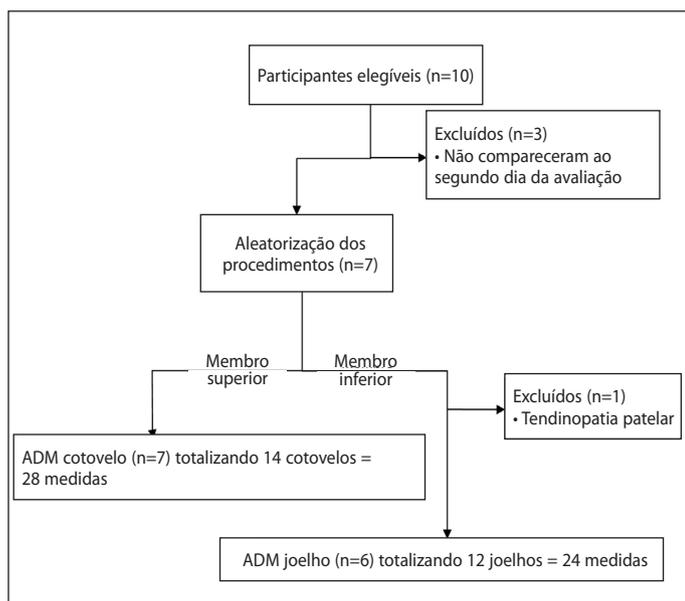


Figura 1 – Fluxograma do processo de alocação dos indivíduos para análise.

Tabela 1. Modificações na fase de tradução.

Articulação	Movimento	Intraexaminador Avaliador 1				Intraexaminador Avaliador 2				Interexaminadores			
		Goniometria		Inclinometria		Goniometria		Inclinometria		Goniometria		Inclinometria	
		CCI	EPM (graus)	CCI	EPM (graus)	CCI	EPM (graus)	CCI	EPM (graus)	CCI	EPM (graus)	CCI	EPM (graus)
Cotovelo	Flexão	0,06	3,20	0,87*	2,18	0,69*	2,60	0,59*	3,69	0,52*	2,76	0,70*	3,18
	Extensão	0,01	0,98 [†]	0,84*	0,42 [†]	0,29	0,70 [†]	0,22	0,41 [†]	0,24	0,78 [†]	0,02	0,82 [†]
Joelho	Flexão	0,95*	4,65	0,97*	3,99	0,91*	4,30	0,98*	12,75	0,96*	2,96	0,98*	3,21
	Extensão	0,49	0,87 [†]	0,89*	0,46 [†]	0,46	0,72 [†]	0,70*	0,21 [†]	0,55*	0,76 [†]	0,69*	0,79 [†]

Legenda: G=Goniometria; I=Inclinometria; CCI=Coefficiente de correlação intraclasse; EPM=Erro padrão da medida; * =CCI de moderado a muito alto; [†]=EPM de até 2°.

DISCUSSÃO

O presente estudo foi realizado com intuito de verificar a confiabilidade das medidas de ADM do cotovelo e joelho obtidas através de instrumentos utilizados na prática clínica, o goniômetro e o inclinômetro digital, bem como determinar o erro padrão da medição dos instrumentos.

Os resultados demonstraram uma grande variabilidade nos índices de confiabilidade, sendo de pequena a muito alta a confiabilidade intraexaminador do avaliador 1 e de baixa a muito alta a confiabilidade intraexaminador do avaliador 2 para as medidas de goniometria. Estudos prévios apresentaram dados distintos para a confiabilidade intraexaminador utilizando a goniometria. Brosseau *et al.*¹⁵ encontraram CCI de 0,99 para flexão de joelho e 0,97 para extensão de joelho. Os dados de Watkins *et al.*¹⁶ concordam com os achados desse estudo anterior, uma vez que foram verificados níveis de confiabilidade muito altos para as medidas de ADM de joelho (CCI > 0,90). Rothstein *et al.*¹⁷, ao avaliarem a confiabilidade intraexaminador dos movimentos do joelho e cotovelo, também obtiveram CCI muito alto (> 0,91).

Os menores valores de confiabilidade obtidos no presente estudo, comparados com dados da literatura, podem ser atribuídos à dificuldade de manuseio do aparelho e também na identificação de pontos anatômicos de referência. O erro de alguns milímetros na determinação de um ponto anatômico pode comprometer os valores angulares obtidos assim como qualquer movimentação indesejada durante seu manuseio^{18,19}. Antes de iniciar a coleta de dados foi feito um estudo piloto com os avaliadores envolvidos no estudo. Todavia, a reprodutibilidade das medidas com o goniômetro pode ter sido afetada, em parte, pela experiência e habilidades dos avaliadores do estudo. O uso da goniometria, como feito tradicionalmente na clínica, está sujeito a esses fatores também. Sugere-se, dessa maneira, que, previamente ao uso clínico do goniômetro, seja realizado um teste de confiabilidade com o profissional que o manuseia. Tal propriedade de medida não deve ser considerada intrínseca ao instrumento e isto pode contaminar todos os dados de forma irremediável quando não observado.

Com relação às medidas realizadas com o inclinômetro, o CCI encontrado variou de 0,84 a 0,97 para o avaliador 1 e de 0,22 a 0,98 para o avaliador 2. A inclinometria tendeu a apresentar valores maiores de CCI do que a goniometria, com exceção das medidas de flexão e extensão de cotovelo do examinador 2. Assim, pode-se dizer que o inclinômetro foi mais confiável na maioria das medidas realizadas. Acredita-se que esses resultados se devem à facilidade de manuseio do inclinômetro e também por este aparelho não necessitar de referências anatômicas para ser alinhado aos segmentos a serem avaliados.

Resultados similares, com valores de confiabilidade do inclinômetro superiores aos do goniômetro, foram também observados por Venturini *et al.*¹³. Eles encontraram alta confiabilidade para o inclinômetro digital ao avaliarem a ADM de dorsiflexão do tornozelo. Esses achados estão em consonância com os dados de Kolber *et al.*²⁰, que também relataram níveis altos de CCI utilizando o inclinômetro digital para os movimentos do ombro.

A confiabilidade interexaminador variou de pequena a muito alta para os dois instrumentos, apresentando CCI de 0,24 a 0,96, para as medidas feitas com o goniômetro, e de 0,02 a 0,98 para o inclinômetro. As medidas interexaminador com pequena confiabilidade foram as medidas de extensão de cotovelo, moderada para as medidas de extensão de Joelho e de flexão de cotovelo com goniômetro, alta para a medida de flexão de cotovelo com inclinômetro e muito alta para todas as medidas de flexão de Joelho. Vários autores relatam que a confiabilidade intraexaminador apresenta valores mais altos do que a confiabilidade interexaminador^{16,21}. Os achados do presente estudo concordam parcialmente com os dados da literatura, pois mesmo na avaliação interexaminador do presente estudo foi possível perceber resultados expressivos.

Assim, considerando todas as informações anteriores, é possível afirmar que a confiabilidade das medidas de ADM é examinador-dependente em ambos os instrumentos, sendo este fato mais pronunciado nas medidas com o goniômetro. Além disto, as medidas são articulação-dependente e movimento-dependente. O único movimento que obteve confiabilidade muito alta para ambos os aparelhos e examinadores foi a flexão de Joelho, o que se assemelha com os achados de outros estudos^{15,17}. Esta foi a única medida que utilizou um aparato externo que auxiliava no posicionamento do voluntário. Sugere-se a análise do custo-benefício do emprego de anteparos estabilizadores, ou seja, instrumentos que fixem o indivíduo avaliado e com isto libere o avaliador para posicionar o instrumento e se concentrar na localização dos marcos anatômicos de referência. Tais instrumentos têm o potencial de influir os índices de confiabilidade na mensuração da ADM de outras articulações em estudos futuros e na prática clínica.

As medidas de flexão apresentaram um erro padrão de 2,18 a 12,75 graus. Ou seja, diferenças das médias pré e pós-tratamento de até 12 graus podem ser, em alguns casos, atribuídas ao erro da medida, e não à melhora da ADM da articulação. Este é um valor muito elevado, o qual praticamente desmerece o uso do instrumento de medida nessa condição.

Todas as medidas de extensão tiveram erro padrão da medição menor que 1°, indicando que essas medidas apresentam menor dispersão quando realizadas repetidas vezes por um ou mais examinadores. Isto pode, em parte, ser atribuído ao tipo de parada do movimento articular, ou seja, as paradas abruptas (osso com osso ou capsular) tendem a ocasionar uma menor variação em graus no final do movimento em relação às paradas por aproximação de tecidos moles.

Todavia, as medidas de confiabilidade, avaliadas pelo CCI, e de disper-

são das medidas, avaliadas pelo EPM, devem ser analisadas em conjunto, pois não adianta utilizar um instrumento que possua percentuais de confiabilidade bons, mas que apresente uma grande dispersão de valores entre as medidas. Da mesma forma, não é comumente recomendado um instrumento que apresente índices de confiabilidade inadequados, mesmo que apresentem uma pequena dispersão nos valores absolutos da medida.

É possível observar que as medidas que apresentavam pequena dispersão (como no caso das medidas de extensão) tendiam a apresentar uma confiabilidade pequena. Já as medidas com maior dispersão (como no caso da flexão de Joelho, a qual chegou a apresentar um EPM de 12,55°) apresentavam uma confiabilidade muito alta, quando analisada a partir do ICC. Assim, pode-se dizer que um instrumento confiável não é necessariamente preciso. Isto se deve às análises estatísticas realizadas, clássicas na literatura para determinação da confiabilidade, as quais consideram a variabilidade da amostra para determinar a confiabilidade de um instrumento^{22,23}.

Dessa maneira, o estudo das propriedades de medida de um instrumento deverá levar em consideração mais de uma medida de confiabilidade para recomendar ou rejeitar seu uso clínico. As articulações, movimentos e instrumentos apropriados para o uso clínico segundo o presente estudo se encontram demarcadas em negrito na tabela 1.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a confiabilidade e o erro padrão da mensuração de uma medida dependem da habilidade dos examinadores, do instrumento utilizado, da articulação avaliada e do movimento testado. Neste estudo, a maioria das medidas realizadas com o inclinômetro foi mais confiável que as realizadas com o goniômetro, pois apenas quatro medidas, todas com o inclinômetro, foram consideradas apropriadas para serem utilizadas clinicamente. A medida da confiabilidade deve ser associada ao erro padrão da medição para análise das propriedades de medida de um instrumento. Apesar de fundamental na clínica, a mensuração da ADM não é uma medida intrinsecamente confiável e precisa; assim, é fundamental que o avaliador teste sua capacidade na realização dessa medida e que novos estudos busquem aperfeiçoar e facilitar a realização desse procedimento de avaliação.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

- Mannion AF, Klein GN, Dvorak J, Lanz C. Range of global motion of the cervical spine: intraindividual reliability and the influence of measurement device. *Eur Spine J* 2000;9:379-85.
- Wilson RW, Gansneder BM. Measures of functional limitation as predictors of disablement in athletes with acute ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30:528-35.
- Norkin CC, White DJ. Medida do movimento articular: manual de goniometria. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- Sacco ICN, Aliberti S, Queiroz BWC, Pripas D, Kieling I, Kimura AA, Sellmer EA, Malvestio RA, Sera MT. Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniometria para avaliação postural de membros inferiores. *Rev Bras Fisiot* 2007;11:411-7.
- Piriyaarasath P, Morris ME. Psychometric properties of measurement tools for quantifying knee joint position and movement: a systematic review. *Knee* 2007;14:2-8.
- Dvir Z. Isocinética: Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínicas. São Paulo: Manole, 2002.
- Gajdosik R, Bohannon R. Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther* 1987;67:1867-72.
- Johnson MP, McClure PW, Karduna AR. New Method to Assess Scapular Upward Rotation in Subjects With Shoulder Pathology. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001;31:81-9.
- Eliasziw M, Young SL, Woodbury MG, Fryday-Field K. Statistical methodology for the concurrent assessment of interrater and intrarater reliability: using goniometric measurements as an example. *Phys Ther* 1994;74:777-88.
- Batterhama AM, George KP. Reliability in evidence-based clinical practice: a primer for allied health professionals. *Phys Ther Sport* 2003;4:122-8.
- Allinger TL, Engsborg JR. A method to determinate the range of motion of the ankle joint complex, in vivo. *J Biomech* 1993;26:69-76.
- Rome KM, Cowieson F. A reliability study of the universal goniometer, fluid goniometer, and electrogoniometer for the measurement of ankle dorsiflexion. *Foot Ankle Int* 1996;17:28-32.
- Venturini C, et al. Confiabilidade de dois métodos de avaliação da amplitude de movimento ativa de dorsiflexão do tornozelo em indivíduos saudáveis. *Acta Fisiátrica* 2006;13:39-43.
- Chiarello CM, Savidge R. Interrater reliability of the Cybex EDI-320 and fluid goniometer in normals and patients with low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:32-7.
- Brosseau L, Balmer S, Tousignant M, O'Sullivan JP, Goudreau C, Goudreau M, et al. Intra- and inter-tester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for measuring maximum active knee flexion and extension of patients with knee restrictions. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:396-402.
- Watkins MA, Riddle DL, Lamb RL, Personius WJ. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of knee range of motion obtained in a clinical setting. *Physical Therapy* 1991;71:90-6.
- Rothstein J, Miller P, Roettger R. Goniometric reliability in a clinical setting. *Elbow and knee measurements*. *Phys Ther* 1983;63:1611-5.
- Zsulc P, Lewandowski J, Marecki B. Verification of selected anatomic landmarks used as reference points for universal goniometer positioning during knee joint mobility range measurements. *Med Sci Monit* 2001;7:312-5.
- Gerhardt JJ, Rondinelli RD. Goniometric techniques for range-of-motion assessment. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 2001;12:507-27.
- Kolber MJ, Vega F, Widmayer K, Cheng MS. The reliability and minimal detectable change of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer. *Physiother Pract* 2011;27:176-84.
- Plamondon S, O'Sullivan JP, O'Donoghue S, Balmer S. Intratester and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for active knee flexion in healthy subjects. *Physiother Res Int* 1997;2:150-66.
- Portney LG, Watkins MP. Reliability. In: Portney LG, Watkins MP. *Foundations of clinical research*. 2ª ed. New Jersey: Prentice Hall Health; 2000.
- Jonhson LC, Gross MT. Intraexaminer Reliability, Interexaminer Reliability, and Mean Values for Nine Lower extremity Skeletal Measures in Healthy Naval Midshipmen. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997;(25):253-63.