

Estudo da confiabilidade e validade da utilização do hidropletismômetro para medida de edema no tornozelo

Study of the reliability and validity of the water plethysmograph for use in measurement of the edema at the ankle/foot

Ian Lara Lamounier Andrade¹, André Lacerda Saraiva Costa², Marcos Pinotti Barbosa³, Kathleen A Sluka⁴, Luci Fuscaldi Teixeira-Salmela⁵, Marcos Antônio de Resende⁵

¹ Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

² Mestrando do Programa de Engenharia Mecânica da UFMG.

³ Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da UFMG.

⁴ Physical Therapy and Rehabilitation Science Graduate Program, Pain Research Program, University of Iowa, USA.

⁵ Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Laboratório de Dor e Inflamação em Reabilitação do Departamento de Fisioterapia da UFMG

O estudo foi aprovado com o parecer nº ETIC 289/07 pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Marcos Antônio de Resende
Departamento de Fisioterapia –
UFMG. Avenida Antônio Carlos, n.
6627, Campus Pampulha. CEP 31
270- 901 – Belo Horizonte – M.G.
Fone/fax: (31) 3409 4783/ mresende@
eefito.ufmg.br

Josy Davidson
R. Voluntários Pátria 2505 c.11
02401-000 São Paulo SP
e-mail: josydauidson@yahoo.com.br

APRESENTAÇÃO
mai. 2010

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
nov. 2010

RESUMO: Instrumentos confiáveis e válidos são necessários para avaliar a efetividade das técnicas de reabilitação. O objetivo deste estudo foi avaliar a confiabilidade e a validade do Hidropletismômetro. Quatorze sujeitos com idade entre 18 e 59 anos foram selecionados para participar do estudo. Os tornozelos foram avaliados por dois examinadores treinados com o Hidropletismômetro. Três medidas de cada tornozelo foram obtidas pelos examinadores de forma aleatória para investigar a confiabilidade intra e inter-examinadores. Foram também obtidas vinte e seis medidas com o Hidropletismômetro e comparadas com as medidas obtidas com o Deslocador de Água considerado “padrão ouro”, através de provetas de vidro graduadas de 10 ml a 1000 ml. A confiabilidade intra e inter-examinadores foi realizada através do Coeficiente de Correlação Intraclass (CCI) e a validade através do teste t pareado. O Coeficiente de Correlação de Pearson foi utilizado para estabelecer a associação entre os dois instrumentos. Os dados demonstraram níveis de confiabilidade intra e inter-examinadores com (CCI)_{3,1} = 0,99 e (CCI)_{3,2} = 0,99, respectivamente. Nenhuma diferença foi encontrada entre as medidas obtidas com o Hidropletismômetro e as obtidas com as provetas (p=0,404). A Correlação de Coeficiente de Pearson mostrou alta magnitude e nível de significância entre as medidas (r=1,0; p<0,0001). Os resultados evidenciaram que o Hidropletismômetro é um instrumento confiável e válido para medida de volume do tornozelo/pé.

DESCRIPTORIOS: Descritores: volumetria, edema, confiabilidade, validade, tornozelo.

ABSTRACT: Reliable and valid instruments are necessary to evaluate the effectiveness of the rehabilitation techniques. The objective of this study was to evaluate the reliability and the validity of the water plethysmography. Fourteen subjects between the ages of 18 and 59 years were selected to participate in the study. Ankles were assessed by two trained examiners with the water plethysmography. Three measures of each ankle were obtained by the two investigators to evaluate intra- and inter-raters reliability. Twenty-six measures were obtained with the water plethysmography and compared with measurements obtained by graduated cylinders from 10 to 1000 ml, water displacement device (gold standard). Intraclass correlation coefficients (ICCs) evaluated intra- and inter-raters reliability, whereas paired Student t-tests and Pearson's correlation coefficients were used to establish validity of the water plethysmography. The results demonstrated excellent intra- and inter-rater reliability levels with levels with CCI_{3,1}=0.99 and CCI_{3,2}=0.99 respectively. No differences were found between the measures obtained with the water plethysmography compared to those of the water displacement device (p=0.40). Pearson's correlation coefficient showed a high magnitude and significance level between the measures (r=1,0; p<0.0001). The findings demonstrated that the water plethysmography is a reliable and valid instrument for measuring ankle/foot volume.

KEY WORDS: Volumetry, edema, reliability, validity, ankle

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas em esportes são as entorses de tornozelo que frequentemente causam edema^{1,2,3}. Edema é um acúmulo anormal de líquido nos tecidos extravasculares que pode gerar limitações funcionais^{1,4,5,6}. A mensuração de edemas pode ser realizada por diferentes métodos⁷ mas, geralmente é realizada através da medida da circunferência (perimetria), através de uma fita métrica. Apesar de ser um método válido, confiável, prático e barato^{2,8,9,10,11,12}, ele não consegue medir em unidades cúbicas o volume da região a ser medida. Métodos matemáticos podem ser usados na perimetria para a medida de edema gerando assim uma unidade de volume¹³. Outros instrumentos podem ser utilizados na medida de edema como a análise por bioimpedância,^{14,15} tomografia computadorizada (TC), imagem de ressonância magnética (IRM) e o ultrassom diagnóstico (US). Entretanto, essas técnicas são caras e requerem alta tecnologia e treinamento para o seu uso^{8,16}. O método considerado "padrão ouro" para a medida de edema é denominado Deslocador de Água, fundamentado no princípio de Arquimedes onde o volume do líquido deslocado é igual ao volume do corpo imerso no mesmo.^{12,17} Este instrumento é simples mas apresenta dificuldades em seu manuseio como a formação de ondas na superfície do líquido e a presença do menisco, isto é, curvatura criada pela água onde esta se encontra com o recipiente que a contém, além de consumir um tempo grande durante a realização das medidas^{17,18}. Com o objetivo de reduzir essas limitações, nós desenvolvemos um instrumento para mensuração de volume do tornozelo/pé, denominado Hidropletismômetro. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a confiabilidade intra e inter-examinadores e a validar o Hidropletismômetro como instrumento de medida de volume do tornozelo/pé.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

A amostra foi composta por 14 alunos (nove mulheres e cinco homens) do Curso

de Fisioterapia. O estudo teve seu início logo após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o número 289/07 e, depois de ler e concordar, os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os critérios de inclusão foram: 1) apresentar idade entre 18 e 59 anos, 2) marcha independente, 3) capaz de entender e obedecer os comandos verbais simples para movimentação do membro inferior. Os indivíduos foram excluídos se apresentassem as seguintes condições: 1) lesões abertas no membro inferior, micoses ou outras doenças de pele, além de doenças inflamatórias e/ou infecciosas, pós-cirurgias ou pós-fraturas do complexo tornozelo/pé.

Instrumentos

Hidropletismômetro: O Hidropletismômetro é constituído por duas caixas de acrílico e um comando digital que controla o funcionamento do instrumento. A caixa principal de acrílico, onde o voluntário coloca o pé/tornozelo apoiado no fundo e com o calcanhar levemente encostado na parte de trás, contém sensores que limitam a entrada de água até 15 cm (valor predeterminado). A segunda caixa de acrílico com eletrodos é chamada Torre de Medição e está posicionada acima do nível da caixa principal. É fornecido à Torre de Medição um valor de água de 500 ml a 2000 ml (capacidade de água da torre) Durante a medida o voluntário assenta em uma cadeira, coloca seu pé/tornozelo na caixa principal e, em seguida a caixa suavemente enche de água até a altura de 15 cm. O voluntário retira o pé/tornozelo e o LCD (Liquid Crystal Display) mostra o valor em ml. Em seguida, após acionamento digital, a água da torre flui para a caixa principal até completar o nível de altura de água anterior. Ao atingir novamente a altura de 15 cm, o volume de água deslocado da torre é calculado pelo aparelho e mostrado na tela do LCD, sendo o volume total do pé/tornozelo.

Deslocador de Água: O Deslocador de Água é um instrumento de volumetria considerado "padrão ouro" para a medida de edema.¹⁹ Neste instrumento, quando o tornozelo/pé do voluntário submerge, uma quantidade de líquido é deslocado e cai em um recipiente e sua medida final é feita através de provetas

graduadas de 10 em 10 ml.^{12,18,20} Para realizar três medidas, foi necessário drenar a água duas vezes consecutivas. Para o estudo de validação do Hidropletismômetro foram utilizadas provetas de 100, 200, 500 e 1000 ml, sendo suas divisões iguais ou inferiores a 10 ml.

Procedimento Experimental

Os sujeitos foram randomicamente selecionados e dois examinadores previamente treinados com o Hidropletismômetro mediram o volume do tornozelo/pé de cada voluntário utilizando o Hidropletismômetro de maneira alternada. Cada medida foi anotada por um terceiro examinador para evitar possíveis erros nos resultados. Três medidas do volume de cada tornozelo/pé (total de 28 tornozelo/pé) foram obtidas por dois examinadores para investigar a confiabilidade intra e inter-examinador.²¹ Os voluntários ficavam assentados em uma cadeira próxima ao Hidropletismômetro com uma angulação de 90° de flexão nos joelhos. As medidas foram realizadas no mesmo dia com pequenos intervalos para evitar a variação de volume do membro.¹⁸ Para estudar a validade do Hidropletismômetro 26 medidas de volume foram obtidas (variando entre 500 ml e 2000 ml) e foram comparadas com os mesmos volumes obtidos pelo Deslocador de Água ("padrão ouro"). Esses valores foram utilizados para avaliar a validade de critério ou concorrente.²²

Análise Estatística

Para a análise da confiabilidade intra e inter-examinador foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) de acordo com a classificação descrita por Portney e Watkins²³. Para a comparação entre as medidas do Hidropletismômetro e do Deslocador de Água foi utilizado o teste t pareado e o Coeficiente de Correlação de Pearson para estabelecer a associação entre os valores medidos. Significância entre as medidas foi aceita quando $p < 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS (13.0) instalado em ambiente Windows.

RESULTADOS

A média da idade, massa corporal e altura dos 14 indivíduos foram 24,5 anos,

75,43±18,75 Kg e 173,5±10,91 cm, respectivamente. A amostra foi constituída de 64,29% mulheres e 35,71% homens. O membro inferior direito foi dominante em 85,71% dos indivíduos em relação ao membro inferior esquerdo (14,29%).

A confiabilidade intra-examinador para o Hidropletismômetro foi considerada excelente (CCI= 0,99). Quando comparadas as medidas inter-examinadores, o CCI foi também de 0,99 configurando novamente uma excelente confiabilidade (Tabela 2). Para verificar a validade do Hidropletismômetro as medidas dos volumes do tornozelo/pé foram comparadas com os volumes medidos com o Deslocador de Água. Conforme demonstrado na Tabela 3, não existiu diferença estatisticamente significativa entre os dois instrumentos (p=0,404) e o Coeficiente de Correlação de Pearson mostrou uma forte correlação (r= 1,0 e p< 0,0001), conferindo a validade de critério ou concorrente ao Hidropletismômetro, mostrado na Tabela 3

DISCUSSÃO

Conforme mostrado em nossos resultados, o Hidropletismômetro pode substituir o Deslocador de Água, considerado “padrão ouro” na mensuração do edema do tornozelo/pé. As medidas de volume entre os dois instrumentos foram muito próximas confirmando a validade das medidas. Apesar da fita métrica ser confiável e válida, ela não apresenta uma medida cúbica e sim um índice em centímetros, o que compromete uma medida de volume.²⁴ A medida da fita pode ser convertida em volume por meio de cálculos matemáticos baseados na figura do cone, mas isso também compromete a sua tão defendida praticidade.^{13,18} Além disso, quando há necessidade de utilizar a fita métrica em medidas de circunferência, acaba por comprometer as medidas dos pés e mãos dada a sua conformação. O método da figura em oito com a fita métrica mostrou ser confiável, mas isso não exclui a importância da volumetria em superfícies irregulares, como ocorre no tornozelo/pé.² conforme citado por Reis *et al* (2004)² A medida da fita pode ser convertida em volume por meio de cálculos matemáticos baseados na figura do cone, mas isto compromete sua tão defendida praticidade^{21,25} Além disso,

Tabela 1 Caracterização da amostra (n=14).

Variável	Média±desvio-padrão	Min-Máx
Idade (anos)	24, 5±5,47	18 - 35
Massa corporal (Kg)	75,43 ±18,75	53 - 110
Peso (cm)	173,5 ± 10,91	161 - 190

Mín = mínimo; Máx= máximo

Tabela 2 Confiabilidade intra-examinador e inter-examinador das medidas do volume do pé/tornozelo

Hidropletismômetro	Media	DP	CCI (A)	CCI (B)	p<
Avaliador 1	1201,28	183,05	0,9994	0,9991	0,0001
Avaliador 2	1201,73	188,74	0,9988		

Média e desvio padrão expressos em ml

CCI (A) = Coeficiente de correlação Intra-examinador, CCI (B) = Coeficiente de Correlação Inter-examinador, p = nível de significância

Tabela 3 Validade do Hidropletismômetro.

Variável	Média	DP	r	p<
Hidropletismômetro	1283,35	382,06	1,000	0,0001
Deslocador de água	1281,46	374,17	1,000	0,0001

Média e Desvio Padrão (DP) expressos em ml; r= Coeficiente de Pearson; p= nível de significância.

quando há necessidade de utilizar a fita métrica em medidas de circunferência, acaba por comprometer as medidas dos pés e mãos dada a sua conformação. O método da figura em oito com a fita métrica mostrou ser confiável, mas isso não exclui a importância da volumetria em superfícies irregulares, conforme citado por Reis *et al*. (2004)²

De acordo com Reis *et al* (2004)², o uso da fita métrica é superior em higiene quando comparado aos instrumentos que utilizam a água devido ao risco de transferir infecção entre os indivíduos. Durante o desenvolvimento do Hidropletismômetro o risco de contrair infecção através da água foi considerada. Assim, a água do Hidropletismômetro não é aproveitada para novas medidas e sempre deve ser clorada, evitando dessa forma a contaminação entre indivíduos. Para a limpeza das superfícies de acrílico onde é colocado o pé do indivíduo, foi instituída uma rotina de limpeza com álcool hidratado a 70% por meio de papel toalha, antes e logo após a utilização do Hidropletismômetro entre indivíduos. A

asepsia da caixa principal com álcool pode ser feita por qualquer pessoa e também leva poucos minutos.

O grande diferencial citado na literatura para o uso de medidas de circunferência por meio da fita métrica foi a praticidade.^{2,5,18} Entretanto, em relação ao tempo gasto para a medida do volume do tornozelo/pé, o Hidropletismômetro também foi bastante prático, pois as medidas de volume foram mensuradas em menos de cinco minutos com pouco treinamento com o instrumento. O Deslocador de Água é considerado “padrão ouro”¹⁹ para medidas de volume do tornozelo/pé, porém consome um tempo bem maior para realizar as medidas de volume quando comparado à fita métrica e ao Hidropletismômetro. É necessário esperar a superfície da água estabilizar e o escoamento cessar por duas vezes consecutivas, aumentando o tempo de uso do Deslocador de Água para cada medida. Além disso, o enchimento e o esvaziamento do Deslocador de Água não são automatizados, comprometendo a sua praticidade.^{4,12,18,24,26} O Hidropletis-

mômetro desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa reúne as vantagens de ser automatizado, prático e rápido na medida do volume do tornozelo/pé, reduzindo os riscos de viés durante a coleta de dados na pesquisa ou na clínica. Nossos resultados mostraram que a reprodução das medidas foi perfeita ($R=1,0$). Isto foi possível devido à incorporação de tecnologia gerando maior sensibilidade ao instrumento com melhora da acurácia das medidas.²⁷ Do ponto de vista ergonômico, o Hidropletismômetro foi adequado devido ao procedimento das medidas terem sido realizadas com os voluntários em posição assentada.

Uma limitação do Hidropletismômetro é a sua impossibilidade de medir o volume do tornozelo/pé que está situado acima ou abaixo de uma faixa de 500 a 2000 ml. Entretanto, os volumes dos tornozelos/pés de indivíduos saudáveis e da maioria dos edema por entorses estão dentro dessa faixa de volume. Outra limitação é que o edema deve estar restrito ao tornozelo/pé para ser medido pelo Hidropletismômetro. Em situações como o linfedema, o uso do Hidropletismômetro não é indicado, pois o linfedema não fica restrito apenas ao tornozelo/pé na maioria das situações clínicas^{25,28-32}

CONCLUSÕES

O Hidropletismômetro mostrou alta confiabilidade intra e inter-examinadores. A validade foi de alta magnitude conforme demonstrado nos resultados. Futuros estudos de intervenção deverão utilizar o Hidropletismômetro para avaliar a sua capacidade de detectar mudanças associadas com técnicas fisioterápicas na redução do edema de tornozelo.

REFERÊNCIAS

- 1 Man IOW, Morrissey MC. Relationship between ankle-foot swelling and self-assessed function after ankle sprain. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(3):360-63.
- 2 Reis FA, Ribeiro EA, Carvalho PTC, et al. Análise da confiabilidade do método figura oito e da volumetria para mensuração do edema de tornozelo. *Rev Bras Med Esporte.* 2004;10(6):468-71.
- 3 Wester JU, Jespersen SM, Nielsen KD, et al. Wobble board training after partials prains of the lateral ligaments of the ankle: a prospective randomized study. *JOSPT* 1996;3(5):332-36.
- 4 Coté DJ, Prentice WEJ, Hooker DN, et al. Comparison of three treatment procedures for minimizing ankle sprain swelling. *Phys Ther.* 1988;68(7):1072-76.
- 5 Mawdsley RH, Hoy DK, Erwin PM. Criterion-related validity of the figure-of-eight method of measuring ankle edema. *JOSPT* 2000;30(3):149-53.
- 6 O' Brien JG, Chennubhotla SA, Chennubhotla RV. Treatment of edema. *Am Family Phys.* 2005;71(11):2111-17.
- 7 Perrin M, Guex JJ. Edema and leg volume: methods of assessment. *Angiol* 2000;51(1):9-12.
- 8 Bérard A, Kurz X, Zuccarelli F, et al. Reliability study of the leg-o-meter, an improved tape measure device, in patients with chronic venous insufficiency of the leg. *Angiol* 1998;49(3):169-73.
- 9 Bérard A, Kurz X, Zuccarelli F, et al. Validity of the leg-o-meter, an instrument to measure leg circumference. *Angiol* 2002;53(1):21-28.
- 10 Bérard A, Zuccarelli F. Test-retest reliability study of a new improved leg-o-meter, the leg-o meter II, in patients suffering from venous insufficiency of the lower limbs. *Angiol* 2000;51(9):711-16.
- 11 Gerber LH. A review of measures of lymphedema. *Cancer.* 1998;83(Suppl.2): 2803-04.
- 12 Oliveira ABC, Lara CPO, Lins SS, et al. Comparação entre as medidas inferenciais de edema de membros inferiores utilizando o leg-o-meter e o deslocador de água. *Rev Bras Fisioter* 2006;10(1):43-49.
- 13 Lennihan R, Mackereth M. Calculating volume changes in a swollen extremity from surface measurements. *Am J Surg.* 1973;126:649-52.
- 14 Cornish BH, Chapman M, Mirolo CH, et al. Early diagnosis of lymphedema using multiple frequency bioimpedance. *Lymphol* 2001;34(1):2-11.
- 15 Mikes DM, Cha BA, Dym CL, et al. Bioelectrical impedance analysis revisited. *Lymphol* 1999;32(4):157-65.
- 16 Yanagisawa O, Niitsu M, Takahashi H, et al. Evaluations of cooling exercised muscle with MR imaging and 31P MR spectroscopy. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(9):1517-23.
- 17 Karges JR, Mark BE, Stikeleather SJ, et al. Concurrent validity of upper extremity volume estimates: comparison of calculated volume derived from girth measurements and water displacement volume. *Phys Ther.* 2003;83(2):134-45.
- 18 Belczak CEQ, Godoy JMP, Seidel AC, et al. Influência da atividade diária na volumetria dos membros inferiores medida por perimetria e pela pletismografia de água. *J Vasc Bras* 2004;3(4):304-10.
- 19 Kaulesar SDM, Den HPT, Johannes EJ, et al. Direct and indirect methods for the quantification of leg volume: comparison between water displacement volumetry, the disk model method and the frustum sign model method, using the correlation coefficient and the limits of agreement. *J Biomed Engineer.* 1993;15(6):477-80.
- 20 Brijker F, Heijdra YF, Van Den EFJJ, et al. Volumetric measurements of peripheral oedema in clinical conditions. *Clin Phys* 2000;20(1):56-61.

Referências (cont.)

- 21 Lexell JE, Downham DY. How to assess the reliability of measurements in rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 2005;84(9):719-23.
- 22 George K, Batterham A, Sullivan I. Validity in clinical research: a review of basic concepts and definitions. *Phys Ther Sport*. 2000;1(1):19-27.
- 23 Portney LG, Watkins MP. Reliability of Measurement. In: Portney LG e Watkins MP, editores. *Foundations of clinical research*. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall Health, cap. 5, p. 77-96.2009.
- 24 Auvert JF, Vayssairat M. La Volumétrie: un examen complémentaire indispensable en lymphologie. *Rev Méd Int* 2002;23(suppl.3):388-90.
- 25 Kafajian-Haddad AP, Sanjar FA, Hiratsuka J, et al. Análise dos pacientes portadores de linfedema em serviço público. *J Vasc Bras* 2005;4(1):55-8.
- 26 Petersen EJ, Irish SM, Lyons CL, et al. Reliability of water volumetry and the figure of eight method on subjects with ankle joint swelling. *JOSPT*. 1999;29(10):609-15.
- 27 Hulley SB, Martin JF, Cummings SR. Planejando as medições: precisão e acurácia. In: Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, et al. eds. *Delineando a pesquisa clínica uma abordagem epidemiológica*. 2^a. ed. Porto Alegre: Artmed; p. 55-8. 2003.
- 28 Celestin R, Brown J, Kihiczak G, et al. Erysipelas: a common potentially dangerous infection. *Acta Dermatovenerol Alp Panonica Adriat* 2007;16(3):123-27.
- 29 McWayne J, Heiney SP. Psychologic and social sequelae of secondary lymphedema: a review. *Cancer*. 2005;104(3):457-66.
- 30 Morgan T. Turner syndrome: diagnosis and management. *Am Family Phys* 2007;76(3):405-10.
- 31 Perera M, Whitehead M, Molyneux D, et al. Neglected patients with a neglected disease? A qualitative study of lymphatic filariasis. *PLoS Negl Trop Dis*. 2007; 1(2):128.
- 32 Sarvis CM. When lymph edema takes hold. *R N*. 2003;66(9):32-6.