

软组织硬度超声测试系统 用于类风湿足底软组织评估

Tissue Ultrasound Palpation System (TUPS) for Evaluation of Plantar Soft Tissues in Patients with Rheumatoid Arthritis (RA)

郑永平, 黄燕平,
何雯惠, 蔡邦智
香港理工大学 医疗科技与资讯学系,
香港

[摘要] 测量软组织的硬度能够评估某些疾病的严重程度, 但是临床上广泛使用的触摸诊断只能根据操作者的感觉定性给出一个硬度的变化值, 结果很大程度上受制于操作者的经验, 所以有必要开发定量客观评估软组织硬度的工具。本文介绍一种软组织硬度超声测试系统, 该系统以超声探头作为印压头, 以超声信号获取被测组织的形变, 利用印压实验测量软组织的力学特性。在引言部分我们回顾了该系统到目前为止在各种软组织测试中的应用, 正文部分我们主要报导此系统用于测量类风湿病人足底软组织硬度的变化。测试结果显示, 有足部畸形的类风湿病人的第五跖骨头下软组织硬度为 (67.1 ± 38.1) kPa, 明显高于正常人 (46.0 ± 12.1) kPa ($p=0.021$)。类风湿病人第一和第五跖骨头下面软组织厚度也明显小于正常人 ($p=0.010$ 及 $p=0.027$)。实验结果证明类风湿病人的足部畸形会导致外侧跖骨头下软组织硬度的增加。该超声硬度测试系统还可以用来监测类风湿病人脚底软组织力学特性随病变时间的变化。

[关键词] 超声; 印压; 触诊; 硬度; 厚度; 软组织; 类风湿; 足部畸形

Abstract: Measurement of soft tissue stiffness can be used to assess the severity of some diseases. This is usually performed by hand palpation in clinics and the operators try to give a qualitative or at most semi-quantitative value of stiffness according to their feelings from the finger. The results are quite subjective and very depend on the experience of the operators. Therefore, it is necessary to develop some quantitative and objective tools to assess the stiffness of soft tissues. In this study, we introduce the tissue ultrasound palpation system (TUPS), which measures the soft tissue stiffness by utilizing the ultrasound transducer itself to indent the tissue and the ultrasound signal to extract the deformation of the tested tissue during indentation. The various applications of TUPS for soft tissue assessment that have been investigated up to date are reviewed in the introduction part. Then we report the application of this system to assess the mechanical properties of plantar soft tissues in patients with rheumatoid arthritis (RA). Results showed that stiffness of soft tissues at the fifth metatarsal head of the rheumatoid feet with deformity [(67.1 ± 38.1) kPa] was significantly larger than that in normal subjects [(46.0 ± 12.1) kPa] ($p=0.021$). The thickness at the first and fifth metatarsal heads in rheumatoid feet was significantly smaller than that in normal subjects ($p=0.010$ and $p=0.027$, respectively). Our study showed that foot deformity in RA patients significantly increases the stiffness of plantar soft tissues in the lateral metatarsal region. The TUPS can also be used for a longitudinal follow-up of change of the plantar soft tissue stiffness as an indicator of the progression of rheumatoid feet.

Key words: ultrasound; indentation; palpation; stiffness; thickness; soft tissues; rheumatoid arthritis (RA); foot deformities

ZHENG Yong-ping, HUANG Yan-ping, HO Man-Wai Jane, CHOI Pong-Chi Alex

Department of Health Technology and Informatics, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

[中图分类号] R445.1 [文献标志码] B

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2011.01.007

[文章编号] 1674-1633(2011)01-0025-05

收稿日期: 2010-11-01
本文作者: 郑永平, 教授。
作者邮箱: ypzhang@ieeee.org

触摸诊断是临床上经常使用的一种检查组织硬度变化的手段, 例如在乳腺癌的自我检查当中^[1-2]。触诊通常把组

织硬度变化划分不同的等级,然后操作者根据自己的经验,给出组织硬度的等级^[3-4]。这种评估组织硬度的方法虽然简单易操作,但是判断基于操作者的个人感觉,所以结果很大程度上依赖于操作者的经验,是一种主观化的评估方法,其准确性和可靠性很难控制。为了客观地评估组织的硬度变化,提高诊断的可靠性和准确性,有必要开发定量的评估方法和工具。

印压测试是测量软组织力学特性的一个常用的方法^[5]。相对于标准单轴压缩测试,该方法的优点就是测试之前不需要准备规则的样本,所以此测试方法不仅可以应用在离体组织还可以用在活体组织测量上,给临床的广泛应用带来可能性。在印压实验中,组织的初始厚度是一个比较重要的参数,特别是当其跟印压头的大小接近的时候^[5]。传统印压系统通常需要另外的测试方法单独测量组织的厚度。例如,在软骨检测当中,就有研究采用针穿刺方法检测软骨厚度^[6]。单独测试厚度和形变给测量带来了很大的不便性,为了解决同时测量组织形变和初始厚度的困难,我们提出利用超声印压的方法,并设计了一个便携式的笔形软组织硬度超声测量系统(TUPS)^[7](如图1所示)。该系统利用超声探头实现印压的功能,同时利用从不同组织界面反射接收到的超声信号获得组织的形变量,并且可以同时测量组织的初始厚度。熟练掌握该系统操作以后,以该系统进行手工印压测试获得的上肢软组织硬度结果证明该系统测量有效可靠^[8]。对测试厚度不同的组织,可以使用不同频率的超声来调节系统的分辨率。因为可以获得组织的压力/形变曲线,该系统不仅可以用来测试组织的弹性系数^[9],还可以获取被测组织的粘弹性参数^[10-12];不仅可以研究线性弹性系数^[9],还可以研究组织在大形变量下的非线性弹性特征^[11,13]。因为便携性,该系统可以应用在许多组织的研究上。在下肢软组织上,我们利用TUPS证明软组织硬度具有位置、站姿、性别和个体差异^[9],利用TUPS可以评估肌肉训练计划的成效^[14]和神经系统损伤对下肢软组织的影响^[15]。利用TUPS测得的放疗后颈部肌肉硬度跟触诊结果相符,证明该系统可用于评估放疗后组织的纤维化程度,给放疗后的副作用——组织纤维化的评估和治疗带来了一种全新的量化的测量工具^[16-17]。TUPS可用于腕管组织的硬度特征化,可以应用在腕管综合症的研究上面^[18]。利用介入式超声印压系统还可以探测人体深部组织如心肌的被动力学特性^[19-21]。

足部软组织承担身体的负重并吸收运动当中的冲击,其力学特性也很容易受脚底压力分布的影响。在普通人群中,足底压力分布和周围神经组织互相反馈形成一个良性循环:一个正常的压力分布可以很容易被正常的神经系统感知,运用合理的步态,提供合理的足底压力分布来保护足部组织。但是在一些病人譬如糖尿病人中,这种平衡

会被异常的足底压力分布所打破,很容易导致足部周围神经组织的坏死,神经的坏死导致最优步态自我调节能力的降低,最后导致脚部损伤如溃烂的发生^[22-23]。异常的足部压力范围也会导致足部组织力学特性例如硬度和厚度的变化,因此,有必要研究足部关键负重部位的软组织的硬度变化以评估相关疾病对足部组织的影响程度。TUPS已经被成功用于评估糖尿病病人脚部组织的力学特性的变化^[24]。除了糖尿病,类风湿性关节炎也是一种严重影响病人脚部组织的疾病,实验已经证明类风湿病人在常用步态下的足部压力分布跟正常人会有明显的改变,峰值及时间压力之积分明显增大^[25-26]。很多类风湿病人足部还会产生明显的畸形,这会导致足部各部分压力重新分布并过于集中在某些部位,影响该处软组织的生物力学性质。到现在为止,关于这方面的报导还很少。本文就是利用TUPS测量类风湿病人的脚底软组织硬度变化,考察脚部畸形对类风湿病人的影响,并跟正常组进行相关比较。

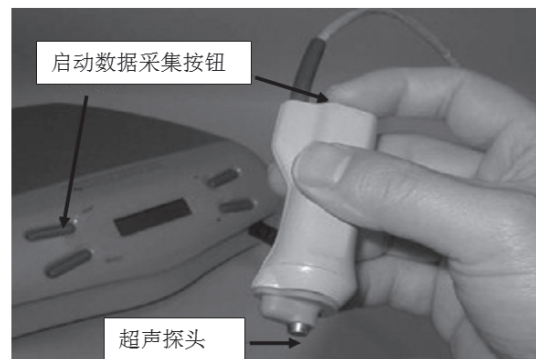


图1 实验所用的软组织硬度超声测试系统(TUPS)

图中控制盒的4个按钮用来控制测试的参数,探头后面有一个按钮用来启动测试,系统测试结果显示在中间的LCD显示屏上(读者可浏览www.tups.org获得更多相关信息)。

1 实验方法

1.1 实验对象

30名正常人和28名类风湿病患者参与了本研究,10名病人有足部畸形的情况,所以我们总共测试了30只正常脚,10只带有畸形的病人脚和18只没有畸形的病人脚。所有招募的类风湿病人都符合美国风湿病学会1987年修改版的类风湿病诊断标准^[27]。正常组包括25女、5男,年龄介于19~57岁,平均年龄(36.1±13.3)岁;病人组有23女、5男,年龄介于25~75岁,平均年龄(55.0±10.8)岁。本研究得到香港理工大学人体实验伦理委员会的批准,在测试之前,会给测试者讲解实验目的和过程,并且每个参与者都签授了测试同意书。

1.2 实验仪器及测试过程

我们在以前的论文当中已经报导过TUPS的组成、测

试有效性验证和其在足部软组织测量方面的应用^[7,8,24,28], 这里只作简要介绍。便携式的 TUPS 系统主要由一个探头和一个主控制盒组成(如图 1 所示), 它的结构示意图如图 2 所示。手握式探头包括一个频率为 5 MHz 的超声探头, 直径为 9 mm, 并连接着一个测试范围为 10N 的力传感器。主控制盒包括超声发射/接收仪、力传感器的驱动/放大单元、数模转换器还有微型处理器。当探头作用在组织表面进行压缩和减压过程时, 超声探头持续发出脉冲, 被接收处理电路所放大并记录在微型处理器里面, 用来测量软组织厚度的初始值和变化。力传感器用来测量探头在印压过程当中对组织的作用力。超声速度选用超声在软组织里面的平均值 1540m/s。杨氏模量是一个反映组织应力和应变关系的基本物理量, 可以利用印压解析方程(1)求出^[5,13]。

$$E = \frac{(1-\nu^2)}{2\alpha\kappa(\nu, a/h, w/h)} \cdot \frac{P}{w} \quad (1)$$

此式当中 E 是杨氏模量, P 是印压作用力, w 是印压头印压深度, ν 是软组织的泊松比, $a=4.5\text{mm}$, 是印压头的半径, h 是组织初始厚度, κ 是一个跟泊松比、纵横比 a/h 、相对印压度 w/h 有关的校正因子。泊松比选用 0.45, 认为组织在快变压缩下(大约 1mm/s)体积基本不可压^[8], 此假设在文献当中被广泛采用。除了跟 ν 和 a/h 有关, 还跟相对印压度 w/h 有关的校正因子 κ 可以查表获得, 它能保证在线性均匀弹性、大印压形变情况下依然能够获得正确的杨氏模量^[13]。印压力与形变比 P/w 根据印压过程当中获得的印压力和印压形变数据进行回归运算得到。所有这些计算都利用内嵌在微处理当中的程序完成。

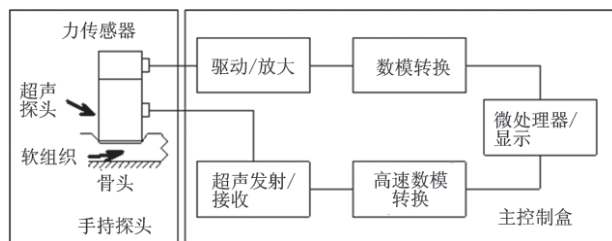


图 2 TUPS系统的结构组成

手持探头用来对组织进行印压, 系统主控制盒负责采集数据、数据计算和结果显示。

我们选取了三个点——脚后跟、第一跖骨头和第五跖骨头下面的软组织进行测量, 它们都是在行走和站立时脚部主要的负重点^[29]。实验要求受试者以坐姿进行, 膝关节 180° 伸直, 后跟腱区域放置在一个脚支架上(如图 3 所示)。测试中要求受试者放松心情, 身体姿势尽量保持不变, 这是因为以前的研究显示坐姿的改变或者肌肉的收缩状态对软组织的硬度有很大的影响^[9,30]。

在实验之前, 用手触摸以确定测试点, 并作上记号(如图 3a 所示)。实验前先调整探头跟骨头的垂直度以获得最大的超声反射信号, 然后当主控单元显示 0.3N 的时候, 测

量软组织的初始厚度。厚度测试之后, 继续增大压力直到 0.5N 的时候, 主机会发出一声“嘀”表示已达到测试预压力, 此时提示系统正式开始采集数据并用于参数的计算。之后要求操作者继续稳定增加压力进行印压一直到系统发出另外一声“嘀”, 表示测试压力到了 1.5N, 此时测试结束, 松开探头。系统进行计算完成之后会在 LCD 上显示测试的结果, 包括初始厚度、杨氏模量和平均压缩的速度。实验中我们根据 LCD 显示的印压速度值, 结合以前对颈部、下肢和足部软组织的测试经验, 采用大约 1mm/s 的印压速度, 这是因为这个速度易于被测试者所掌握, 并能够提供稳定的测试结果。每个受试者被测量 5 次, 平均值作为结果进行分析。TUPS 的数据经过 RS232 串口连接到个人电脑上进行实验数据的保存。

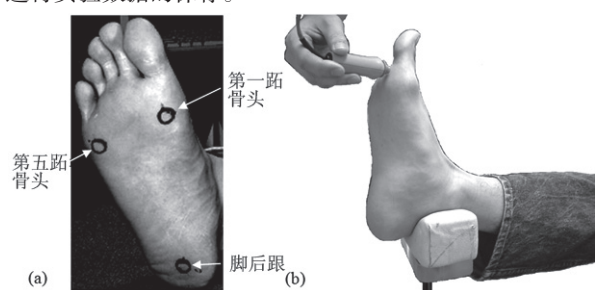


图 3 实验测试点

(a) 实验前先用手指触摸相关骨头确定对应位置并作上记号; (b) 实验中受试者脚部姿势。测试中, 脚跟腱部位放在脚支架上, 印压操作者再用手轻轻按住以固定测试脚。

除了测试正常组和类风湿病人组, 我们还在 3 个类风湿病人和 3 个正常人身上进行了同一操作者的内信度(intra-rater)可靠性和不同操作者之间的间信度(inter-rater)可靠性测试。这些受试者(共测试 6 足)被两个不同的操作者分别测试了两次, 结果进行分析。

1.3 统计分析

利用 SPSS (10.0 版本, 美国伊州 SPSS 公司) 独立样本二因子变异数检验(Two-way mixed ANOVA)和独立样本 t 检验分析样本厚度和硬度在 3 个受试组(正常组, 无足部畸形的类风湿病人组和有足部畸形的类风湿病人组)之间的差异。使用组内相关系数(ICC)来分析测试的同一操作者的内信度可靠性和不同操作者的间信度可靠性。统计分析都以 $p < 0.05$ 作为判断有无明显区别的标准。

2 结果

对于不同操作者的测试可靠性, 组织厚度和硬度测量的 ICC 值分别为 0.96 和 0.86。对于同一操作者的测试, 组织厚度和硬度测量的 ICC 值分别为 0.93 和 0.75。实验重复性较好, 表明 TUPS 系统适合于相关参数的测试。

所有受试者脚底软组织平均厚度为 $(15.49 \pm 3.26)\text{mm}$ (脚

后跟), (8.50 ± 2.59) mm (第一跖骨头) 和 (7.06 ± 1.12) mm (第五跖骨头), 与以前的结果接近^[24]。不同组在不同位置的软组织厚度如图4所示。在脚后跟, 类风湿病人软组织厚度为 (15.93 ± 3.06) mm, 略大于正常人 (15.07 ± 3.43) mm, 但是没有达到显著差异的统计水平 ($p = 0.320$)。在第一跖骨头, 类风湿病人软组织厚度 (7.61 ± 2.15) mm 明显小于正常人 (9.33 ± 2.72) mm ($p = 0.010$)。在第五跖骨头, 类风湿病人软组织厚度 (6.72 ± 1.12) mm 也明显小于正常人 (7.37 ± 1.05) mm ($p = 0.027$)。没有足部畸形的类风湿病人在第五跖骨头位置的软组织厚度也明显小于正常人 ($p = 0.022$)。总体来说, 在跖骨区域类风湿病人的脚底软组织厚度有小于正常人的趋势, 而在脚后跟区域趋向于厚过正常人。

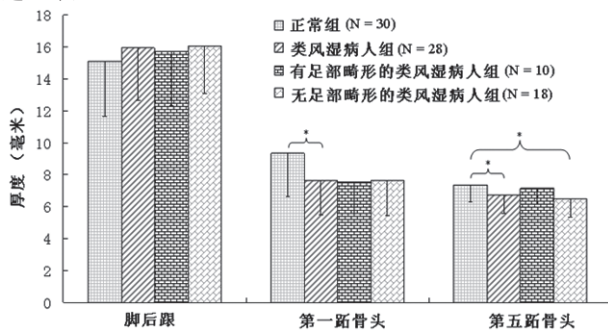


图4 足底软组织厚度的对比

误差线代表测量的标准方差, '*'表示显著差异($p < 0.05$)。

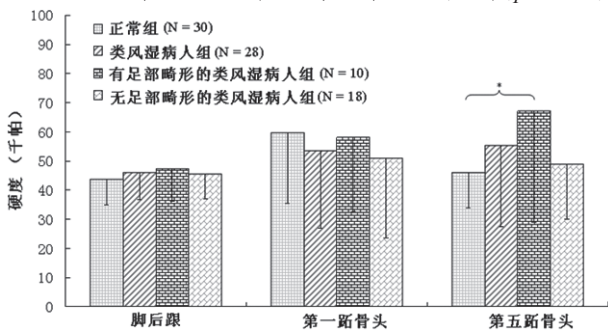


图5 足底软组织硬度的对比

误差线代表测量的标准方差, '*'表示显著差异($p < 0.05$)。

所有受试者的脚底软组织平均硬度为: (44.8 ± 8.9) kPa (脚后跟), (56.7 ± 25.4) kPa (第一跖骨头) 和 (50.5 ± 21.7) kPa (第五跖骨头), 硬度范围跟以前在足部的测试结果相近^[24]。不同组的脚部软组织硬度如图5所示。类风湿病人在脚后跟为 (46.1 ± 9.3) kPa 和第五跖骨头部位 (55.4 ± 28.0) kPa 的软组织硬度大于正常人脚后跟: (43.6 ± 8.6) kPa, 第五跖骨头: (46.0 ± 12.1) kPa。在第一跖骨头处, 类风湿病人的软组织硬度 (53.4 ± 26.4) kPa 略小于正常人的数值 (59.7 ± 24.4) kPa。只有在第五跖骨头处, 带有足部畸形的类风湿病人的软组织硬度为 (67.1 ± 38.1) kPa 明显大于正常人 (46.0 ± 12.1) kPa ($p = 0.021$)。在第一跖骨头 ($p = 0.349$) 和脚后跟 ($p = 0.291$), 区别都没有达到显著差异的统计水平。

3 讨论及总结

在一个正常步态当中, 着地时脚后跟承受较大的压力, 当脚后跟离地时, 人体的重心就会沿着外侧弓转移到跖骨区, 然后再从第五跖骨头区转移到第一跖骨头区, 最后在脚尖离地之前转移到脚趾头区域^[31]。所以脚后跟和跖骨头区域在正常的步态当中起到很重要的负重作用, 有必要研究脚部这些区域软组织的生物力学特性及随疾病的变化情况。

在类风湿病人中, 跖趾关节经常有发炎的情况。跖趾关节的发炎伴随着滑膜炎容易导致足部组织的畸形和破坏。除了这些炎症以外, 还有其他许多的原因例如在距骨下关节和中跗骨关节里面软骨、骨头或者软组织的变化都有可能使足部的畸形和破坏。这些情况都有可能使后脚外翻并且使负重聚集点从第一跖骨头转到最外面的三个跖骨头上, 从而增加足部畸变的程度^[32]。类风湿比较严重、抗风湿效果不明显或者类风湿治疗太晚的病人, 往往都伴随足部的畸形, 如本研究所显示, 脚底软组织在第五跖骨头处呈现明显增加的硬度。这些病人脚部的负重线很有可能已经从第一跖骨线转到了第五跖骨线。

本研究结果显示类风湿病人的第一跖骨头和第五跖骨头位置的软组织厚度明显小于正常人, 但是在脚后跟部位就稍微大于正常人。这说明正常人和类风湿病人脚部组织的厚度有区别, 类风湿病人的后脚软组织变厚而前脚组织变薄, 这其中的原因有待于以后招募更多的病人并结合他们的病史等更多因素综合进行研究。

总的说来, 本研究证明类风湿病人的足部软组织硬度增加, 特别是当足部伴随有畸形的时候, 外侧跖骨头位置硬度的增加更加明显。在跖骨区域病人的软组织厚度明显小于正常受试者。将来还可以利用 TUPS 密切跟踪类风湿病人脚部组织硬度随病史的变化情况。利用便携式的 TUPS 系统, 可以在各种不同的环境当中比较方便的测得脚部软组织的厚度和硬度值。实际上, 本研究对受试者的实验是在医院、私家诊所、大学实验室、一个本地类风湿协会的办公室或者受试者家庭等各种不同地方完成的, 代表测试环境的灵活性。我们期望通过更多的研究, 可以让便携式的 TUPS 系统成为一种常规的测试工具, 用来密切监视类风湿病人脚部问题的变化情况, 同时给脚部矫形垫的设计提供参考信息, 评估口服类药物或者关节内皮质类固醇注射^[33]等类风湿疾病治疗手段的效果。

致谢

作者感谢玛丽医院的 Dr. Temy Mok 在招募病人参与本实验当中的帮助; 同时感谢 Miss Jenny Lau、Dr. C.L. Siu 和其他在香港康复会社区康复网络的同事在本研究中给予的帮助和提出的宝贵意见。

[参考文献]

- [1] Mahoney L, Csima A. Efficiency of palpation in clinical detection of breast cancer [J]. *Can Med Assoc J*,1982,127(8):729-730.
- [2] 许持卫,蔡贾. 触诊在乳腺摄片中的作用探讨 [J]. *成都医药*, 2000,26(1):25-26.
- [3] Davis AM, Dische S, Gerber L, et al. Measuring postirradiation subcutaneous soft-tissue fibrosis:state-of-the-art and future directions [J].*Semin Radiat Oncol*,2003,13(3):203-213.
- [4] Wernicke AG, Rosenblatt R, Rasca M, et al. Quantitative assessment of radiation-induced fibrosis of the breast with tissue compliance meter, palpation, and radiological imaging: preliminary results [J].*Breast J*,2009,15(6):583-592.
- [5] Hayes WC, Herrmann G, Mockros LF, et al. A mathematical analysis for indentation tests of articular cartilage [J]. *J Biomech*, 1972,5(5):541-551.
- [6] Jurvelin JS, Rasanen T, Kolmonen P, et al. Comparison of optical, needle probe and ultrasonic techniques for the measurement of articular-cartilage thickness [J]. *J Biomech*, 1995,28(2):231-235.
- [7] Zheng YP, Mak AFT. An ultrasound indentation system for biomechanical properties assessment of soft tissues in-vivo [J]. *IEEE Trans Biomed Eng*,1996,43(9):912-918.
- [8] Zheng YP, Mak AFT, Lue B. Objective assessment of limb tissue elasticity: development of a manual indentation procedure [J]. *J Rehabil Res Dev*,1999,36(2):71-85.
- [9] Zheng YP, Mak AFT. Effective elastic properties for lower limb soft tissues from manual indentation experiment [J]. *IEEE Trans Rehabil Eng*,1999,7(3):257-267.
- [10] Zheng YP, Mak AFT. Extraction of quasi-linear viscoelastic parameters for lower limb soft tissues from manual indentation experiment [J].*J Biomech Eng-T ASME*,1999,121(3):330-339.
- [11] Huang YP, Zheng YP, Leung SF.Quasi-linear viscoelastic properties of fibrotic neck tissues obtained from ultrasound indentation tests in vivo [J].*Clin Biomech*,2005,20(2):145-154.
- [12] Ling HY, Choi PC, Zheng YP, et al. Extraction of mechanical properties of foot plantar tissues using ultrasound indentation associated with genetic algorithm [J].*J Mater Sci Mater Med*,2007,18(8):1579-1586.
- [13] Zhang M, Zheng YP, Mak AFT. Estimating the effective Young's modulus of soft tissues from indentation tests - nonlinear finite element analysis of effects of friction and large deformation [J].*Med Eng Phys*,1997,19(6):512-517.
- [14] Siu PM, Tam BT, Chow DH, et al. Immediate effects of 2 different whole-body vibration frequencies on muscle peak torque and stiffness[J].*Arch Phys Med Rehabil*, 2010,91(10):1608-1615.
- [15] Makhosous M, Venkatasubramanian G, Chawla A, et al. Investigation of soft-tissue stiffness alteration in denervated human tissue using an ultrasound indentation system [J]. *J Spinal Cord Med*,2008,31(1):88-96.
- [16] Zheng YP, Leung SF, Mak AFT. Assessment of neck tissue fibrosis using an ultrasound palpation system: a feasibility study [J]. *Med Biol Eng Comput*,2000,38(5):497-502.
- [17] Leung SF, Zheng YP, Choi CYK, et al. Quantitative measurement of post-irradiation neck fibrosis based on the young modulus-description of a new method and clinical results [J]. *Cancer*,2002,95(3):656-662.
- [18] Zheng YP,Li ZM, Choi APC, et al. Ultrasound palpation sensor for tissue thickness and elasticity measurement-assessment of transverse carpal ligament [J].*Ultrasonics*,2006,44:E313-E317.
- [19] 李进嵩,黄晶,邓辉胜,等.介入超声印压系统检测软组织力学特性实验研究[J].*中国医学物理学杂志*,2008,25(2):591-597.
- [20] 李进嵩,黄晶,邓辉胜,等.犬离体心肌应力-应变关系超声印压方法研究 [J].*中国医学物理学杂志*, 2008,25(3):649-653.
- [21] 邓辉胜,黄晶,郑永平,等.介入超声印压检测活体心肌硬度的实验研究[J].*中国超声医学杂志*,2007,23(3):164-166.
- [22] Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment [J]. *Phys Ther*,2000,80(4):399-409.
- [23] 高军艳,李树屏.糖尿病患者足底压力研究进展[J].*中国康复医学杂志*,2009,24(9):861-864.
- [24] Zheng YP,Choi YKC,Wong K,et al. Biomechanical assessment of plantar foot tissue in diabetic patients using an ultrasound indentation system[J].*Ultrasound Med Biol*,2000,26(3):451-456.
- [25] 李长有,范井志.足底板对类风湿性关节炎患者足底压的影响 [J].*中国医科大学学报*,2000,29(1):33-34.
- [26] Otter SJ, Bowen CJ, Young AK. Forefoot plantar pressures in rheumatoid arthritis[J]. *J Am Podiatr Med Assoc*, 2004,94(3):255-260.
- [27] Arnett FC, Edworthy SM, Bloch DA, et al. The American Rheumatism Association 1987 revised criteria for the classification of rheumatoid arthritis [J].*Arthritis Rheum*,1988,31(3):315-324.
- [28] Kwan RLC,Zheng YP, Cheing GLY. The effect of aging on the biomechanical properties of plantar soft tissues[J]. *Clin Biomech*,2010,25(6):601-605.
- [29] 汤荣光,Wallace WA.正常人足底静态和动态压力分布的测定[J].*中国生物医学工程学报*,1994,13(2):175-177.
- [30] Mak AFT, Liu GHW, Lee SY. Biomechanical assessment of below-knee residual limb tissue [J].*J Rehabil Res*

下转第46页

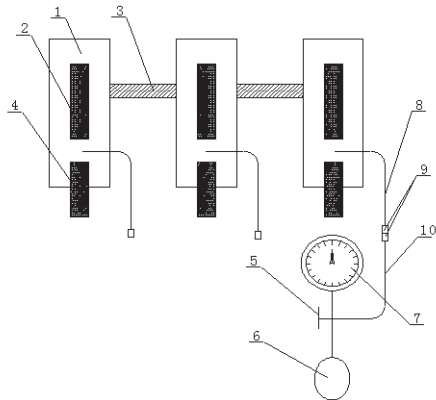


图1 上肢型

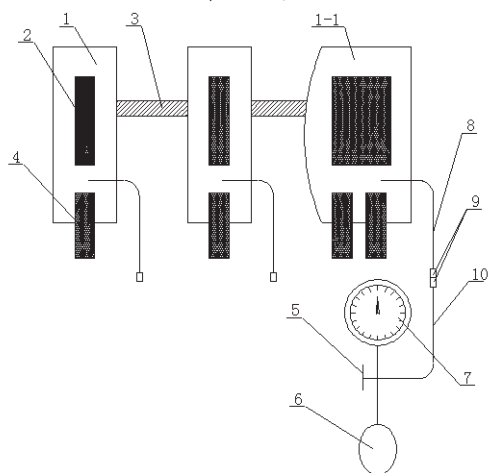


图2 下肢型

充气袋连为一体。

(4) 8 为从充气囊引出的通气皮管,尾端有快速接口 9,使用时和球-表连接。

(5) 上肢型的三个气囊袋呈长方形,下肢型的气囊袋也是长方形的,而 1-1 呈扇形。

(6) 图中黑色的长方形部分 2、4 为粘连带,具有防止充气囊充气后松开的作用。

3.2 特点

(1) 本器具选用聚胺酯(TPU)作为气囊袋壁,材质轻,质地软。

(2) 一次性压制而成,气密性好。

(3) 外有速粘布带,避免充气后崩开。

(4) 每个囊袋均引出一个快速接口,30s 内即可完成对三个气囊的充、放气。

(5) 各肢型的三个部分连为一体,避免零散失落。

(6) 充气球和压力监测表设计为连体式,上下肢两型整套重量仅 560g,具有轻巧、操作简便的特点。

4 器具的操作

病人在休克状态下周围循环衰竭,四肢浅静脉塌陷、萎缩,此时可利用本器具绑扎于上肢或下肢(将上肢型和下肢型的三个气囊如图从左到右依序标为:A、B、C 和 D、E、F)。将 A 绑于肘上区,B 和 C 依序绑于肘部以下,将充气球依次连接气囊 A、B、C 的快速接口并分别加压充气,使血管内有限的静脉血向远端汇聚,使该区域静脉血管暴露充分利于静脉穿刺;同理,需开通(踝前)大隐静脉处通道时,可将本器具下肢型绑扎在下肢,将 D 绑于膝上区,E 和 F 从髌韧带处依序绑于膝下,将充气球依次连接气囊 D、E、F 的快速接口,进行加压充气即可。

5 适用范围

此休克输液辅助器具主要应用于休克病人的抢救,使休克病人多路静脉通道的建立变得快速、容易。因器具轻巧、操作简捷、无创,因而也适用于群体性突发性灾害事件和战争的现场急救;也可应用于包括社区卫生服务中心(村卫生室)在内的基层医疗机构。用于休克、猝死、大出血等病人的急救,提高重危病人抢救的时效性和心肺复苏成功率,可间接节约医疗成本,改善了民生。

[参考文献]

- [1] 李雪花,缪桂芳,梁曦,等.虹吸法在抢救休克患者快速建立有效静脉通道中的应用[J].中国实用护理杂志,2007,23(5):4-5.
- [2] 张青芳,宋敏.休克病人静脉穿刺新方法探讨[J].家庭护士,2008,6(5):1317-1319.
- [3] 卢萍,王亮,欧平华.留置针颈内静脉直接穿刺技术在急救抢救中的应用体会[J].四川医学,2007,28(5):542.
- [4] 陈建辉,张晓凡,张振新,等.院前急救中静脉通道建立的影响因素和应对策略[J].中国全科医学杂志,2009,12(5):879-881.
- [5] 张吉新,李士华,毕宝林,等.经骨髓输液在抢救创伤失血性休克中临床研究[J].中国急救医学,2007(8):743-744.
- [6] 侯艺威,等.注射器种类对注射泵应用质量影响的试验研究[J].中国医疗设备,2008,23(4):25-26.
- [7] 李艳玲.巧用输液器配制泰能[J].护士进修杂志,2004,(6):532.
- [8] 关小玲,周玉英,莫伟民,等.静脉输液加药器的研制与临床应用效果评价[J].南方护理学报,2004,(7):7-9.

上接第29页

Dev,1994,31(3):188-198.

[31] Czerniecki JM. Foot and ankle biomechanics in walking and running—a review[J]. Am J Phys Med Rehabil,1988,67(6):246-252.

[32] Sharma M, Dhanendran M, Hutton WC, et al. Changes

in load bearing in the rheumatoid foot [J]. Ann Rheum Dis,1979,38(6):549-552.

[33] Tallia AF, Cardone DA. Diagnostic and therapeutic injection of the ankle and foot [J]. Am Fam Physician, 2003,68(7):1356-1362.