

临床论著

基于 Mimics 软件计算椎体强化术后椎体内骨水泥
体积及骨水泥/椎体体积比的新方法

江晓兵, 黄伟权, 庞智晖, 周广全, 梁 德, 晋大祥, 姚珍松, 杨志东, 张顺聪, 丁金勇

(广州中医药大学第一附属医院 510405 广州市)

【摘要】目的:建立基于 Mimics 软件计算椎体强化术后椎体内骨水泥量与骨水泥/椎体体积比的新方法,并验证其准确性与可靠性。方法:2012 年 1 月~3 月共有 12 例骨质疏松性椎体压缩骨折患者在我院接受椎体强化术(14 个椎体),均使用标准化定量推注管道注入骨水泥,由 2 名脊柱外科医师准确记录骨水泥量,将他们记录的平均值定义为椎体内实际骨水泥量。术后对患者手术节段进行 CT 薄层扫描,再将 CT 数据输入 Mimics 软件,利用 Mimics 软件计算测量注入椎体的骨水泥量及椎体体积,并计算出椎体内骨水泥/椎体的体积比,将 2 名检测者计算出的骨水泥量平均值定义为椎体内骨水泥估计量,将计算出的椎体内骨水泥估计量与椎体内实际骨水泥量进行对比分析,判断这一新方法的准确性。并对 2 名不同检测者按照同样操作流程测量出的骨水泥体积及椎体体积进行比较,以判断这一新方法的可靠性。结果:12 例患者(14 个椎体)手术均顺利完成,术中未见明显骨水泥渗漏,2 名医师记录的椎体内实际骨水泥量为 $4.99\pm 0.60\text{ml}$,检测者 A 测量出的骨水泥体积和椎体体积分别为 $5.01\pm 0.61\text{ml}$ 、 $26.66\pm 2.93\text{ml}$,检测者 B 测量出的骨水泥体积和椎体体积分别为 $5.02\pm 0.59\text{ml}$ 、 $26.64\pm 2.92\text{ml}$,检测者 A 及 B 测量出骨水泥体积的平均值(椎体内骨水泥估计量)为 $5.02\pm 0.60\text{ml}$,椎体内骨水泥/椎体体积比为 0.19 ± 0.03 ($0.13\sim 0.23$)。椎体内骨水泥估计量与椎体内实际骨水泥量相比无显著性差异($P>0.05$),骨水泥估计量及椎体体积计算量在 2 名不同检测者之间也无显著性差异($P>0.05$)。结论:Mimics 软件可精确计算椎体内骨水泥量,并测量出骨水泥/椎体体积比,这一方法具有较好的准确性及可靠性,有利于进一步开展椎体强化术骨水泥量的相关研究。

【关键词】椎体强化术;骨水泥量;骨水泥/椎体体积比;Mimics 软件

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.03.09

中图分类号:R683.2,R814.42 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-03-0238-06

A new method for calculating the volume of intravertebral bone cement and the ratio of intravertebral bone cement to vertebral body after vertebral augmentation based on Mimics software/JIANG Xiaobing, HUANG Wei-quan, PANG Zhihui, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23 (3): 238-243

【Abstract】Objectives: To establish the accuracy and reliability of a new method for calculating the volume of intravertebral bone cement and the ratio of intravertebral bone cement to vertebral body after vertebral augmentation based on the Mimics software. Methods: 12 consecutive patients suffering from osteoporosis vertebral compression fracture were included in this study from January to March of 2012. All cases underwent vertebral augmentation during which the bone cements were injected into vertebral body, and the volume of injected bone cement was recorded by 2 spine surgeons which was defined as the real volume of intravertebral bone cement. All patients underwent the thin layer scanning of CT (Computer-tomography) at diseased segment, and the DICOM data format of CT was imported into Mimics software. Based on the Mimics software, the volume of intravertebral bone cement and the volume ratio of intravertebral bone cement to vertebral body after vertebral augmentation were calculated by the 2 surgeons, respectively, the average volume calculated by the 2 surgeons was defined as the estimated volume of intravertebral bone cement. The real

基金项目:卫生部医药卫生科技发展研究中心资助课题(编号 W2012ZT07);广东省中医药管理局资助课题(编号 20111185)

第一作者简介:男(1984-),在读博士,研究方向:中西医结合诊治脊柱伤病及骨质疏松症

电话:(020)36591604 E-mail:spinedrjxb@sina.com

通讯作者:梁德 E-mail:spinedrjxb@sina.com

volume of intravertebral bone cement and the estimated volume of intravertebral bone cement were compared for evaluating the accuracy of this new method, and the volumes of intravertebral bone cement and vertebral body calculated by the 2 different surgeons were compared for evaluating the reliability of this new method.

Results: 12 patients suffered from no significant bone cement leakage during operation. The real volume of intravertebral bone cement recorded by the 2 surgeons was 4.99 ± 0.60 ml. The volume of intravertebral bone cement from surgeon A was 5.01 ± 0.61 ml and 26.66 ± 2.93 ml, respectively, while the volume from surgeon B was 5.02 ± 0.59 ml and 26.64 ± 2.92 , respectively. The estimated average volume of intravertebral bone cement from the 2 surgeons was 5.02 ± 0.60 ml, and the volume ratio of intravertebral bone cement to vertebral body was 0.19 ± 0.03 (range, 0.13–0.23). There was no significant difference between the real volume of intravertebral bone cement and estimated volume of intravertebral bone cement ($P > 0.05$), moreover, there was no significant difference in the estimated volumes of intravertebral bone cement and vertebral body between 2 surgeons ($P > 0.05$).

Conclusions: The Mimics software can be used for calculating the intravertebral bone cement accurately and estimating the ratio of intravertebral bone cement to vertebral body, which is of accuracy and reliability, and can be used for the further study.

[Key words] Mimics software; Bone cement quantity; Vertebral augmentation; The volume ratio of intravertebral bone cement to vertebral body

[Author's address] Department of Spine Surgery, the First Medicine College, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou, 510405, China

经皮椎体强化术是一种经皮穿刺、经椎弓根或椎弓根外向椎体内注入骨水泥的微创技术,近年来在临床中应用广泛,可达到缓解疼痛、强化椎体并改善生物力学稳定的效果^[1-4]。此术式的关键点在于安全地向椎体内注入适量骨水泥,既往研究认为骨水泥注入量与疗效及手术并发症显著相关,但在其推荐值上仍存在争议^[5-9],不同研究间存在争议可能源于这些研究只对术中骨水泥注入量进行了分析,却忽略了不同节段及不同个体的椎体体积可能不同。同时,术中骨水泥计量可能受到术中环境因素,术中记录值可能偏离真实值,并且不同计量方法间可能存在差异。因此,为开展与骨水泥量相关的系统研究,很有必要寻找一种可以在术后客观、准确地测量骨水泥注入量及计算骨水泥/椎体体积比的方法,但由于椎体内骨水泥及椎体均为不规则物体,常规的影像学检查难以对其体积进行准确计算。我们利用 Mimics 软件测量了一组患者的椎体内骨水泥量及骨水泥/椎体体积比,并检验了这一新方法的准确性及可靠性,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2012 年 1 月~2012 年 3 月,我们对 12 例确诊为骨质疏松性椎体压缩骨折患者实施椎体强化术,术前使用 MRI 确定靶椎体,T11 2 个、T12 8

个、L1 2 个、L2 1 个、L3 1 个,其中单节段骨折患者 10 例,双节段骨折患者 2 例。12 例患者中接受椎体后凸成形术 5 例,椎体成形术 7 例,所有患者均使用标准式推杆注入骨水泥。12 例患者中,男 4 例,女 8 例;年龄 62~75 岁,平均 68.30 岁;病程 10d~3 个月,平均 19d。

1.2 图像获取方法

所有患者均在术后 2~3d 接受 CT 扫描(东芝 AQUILION 64 排螺旋 CT)。扫描条件:120kV、250mA。以手术椎体为中心确定扫描节段,在骨窗中观察骨骼结构。测量窗宽 2056HU,窗位 250HU。断层扫描层厚设定为 0.5mm,患者取仰卧位,扫描完成后导出 DICOM 格式图片,由脊柱外科医师保留。

1.3 术中骨水泥注入量获取方法

纳入病例均使用标准化定量推注管道注入骨水泥,由 2 名脊柱外科医师准确记录骨水泥量,每一推杆的核定容积为 1.25ml/根(术中使用推杆为雅孚仑公司提供的 KMC 椎体成形器械),推杆上有标记将每根推杆平分为三等分。记录椎体内注入骨水泥杆数,如未注入全杆,则利用注入水泥占推杆的比例来计算骨水泥量。为尽量减少记录数值的误差,术中安排 2 名脊柱外科医师记录注入量,最终骨水泥注入量取两者计算的平均值,如两者间计算误差超过 0.5ml 则视为数据不准确,不予纳入统计。

1.4 依靠 Mimics 软件测量骨水泥注入量的方法

1.4.1 输入数据 开启 Mimics 14.1 软件 (Materialise softwar, Belgium), 将 CT 薄层断层扫描的 DICOM 图像输入计算机后导入 Mimics 14.1 软件中, 自动创建一个 Mimics 项目文件。

1.4.2 三维重建 利用软组织、骨组织密度不同、CT 值也不同的特点, 在 Mimics 软件中应用阈值分割工具快速将骨组织与软组织分开, 参考的阈值范围为系统默认的骨组织界定阈值 (226~3071 亨氏单位)。软件自动形成各层面骨组织的表面轮廓线, 并获得该区域脊柱节段的三维模型 (图 1)。

1.4.3 椎体内骨水泥三维重建及计量 利用骨水泥与骨组织 CT 值不同的特点, 应用阈值分割工具将骨水泥从脊柱节段中独立出来, 并生成高质

量级别骨水泥三维模型 (图 2)。使用 Mimics 软件的三维体积计算功能计算出体内骨水泥体积 (精确至 0.01mm^3)。

1.4.4 获取单独手术椎体三维模型及三维计量 应用 Mimics 软件的 Edit mask 工具, 对骨组织图像进行编辑, 在所有断层图像上将手术椎体与渗漏骨水泥、椎弓根及肋骨分隔开, 从而单独分离出手术椎体, 其中椎体与椎弓根的分隔线统一确定为椎弓根椎上切迹和椎下切迹前缘, 最终将强化后的椎体单独分离出来, 输出高质量级别的三维重建图像 (图 3)。并利用三维计算功能计算出椎体体积 (精确至 0.01mm^3)。

安排两名熟练使用 Mimics 软件的脊柱外科医师分别进行测量, 统计分析不同检测者计算值

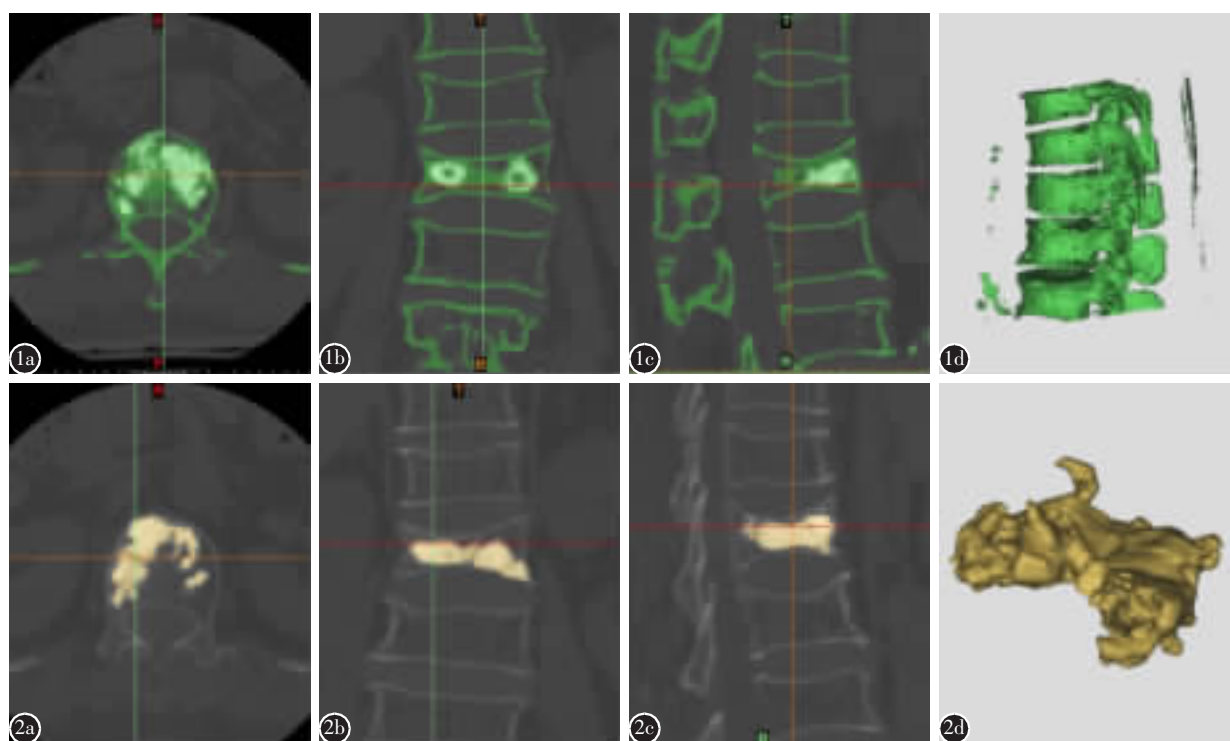


图 1 建立手术椎及相邻节段的三维模型 **a** 利用不同 CT 值, 将骨组织与软组织快速区分开 **b、c** 快速成像后的冠状面、矢状面重建图像 **d** 手术椎及相邻节段的三维模型 **图 2** 建立椎体内骨水泥三维模型并计量 **a** 利用骨水泥与骨组织 CT 值不同的特点, 将骨组织与骨水泥快速区分开 **b、c** 快速重建生成骨水泥的冠状面、矢状面图像, 其显示骨水泥与骨明显分开 **d** 椎体内骨水泥的三维模型, Mimics 软件可快速计算这一三维模型的体积

Figure 1 3-Dimensional model of the operated spine segment **a** Separate the bone from soft tissue based on the different CT value **b, c** The coronal, sagittal reconstructed image of the operated spine segment, which show separation of bone from soft tissue **d** 3-Dimensional model of operated spine segment **Figure 2** 3-Dimensional reconstruction image of intravertebral bone cement and calculate its volume **a** Separate the bone cement from bone tissue based on the different CT value **b, c** The coronal, sagittal reconstructed image of intravertebral bone cement show separation of bone cement from bone **d** 3-Dimensional model of intravertebral bone cement whose volume can be calculated easily in Mimics software

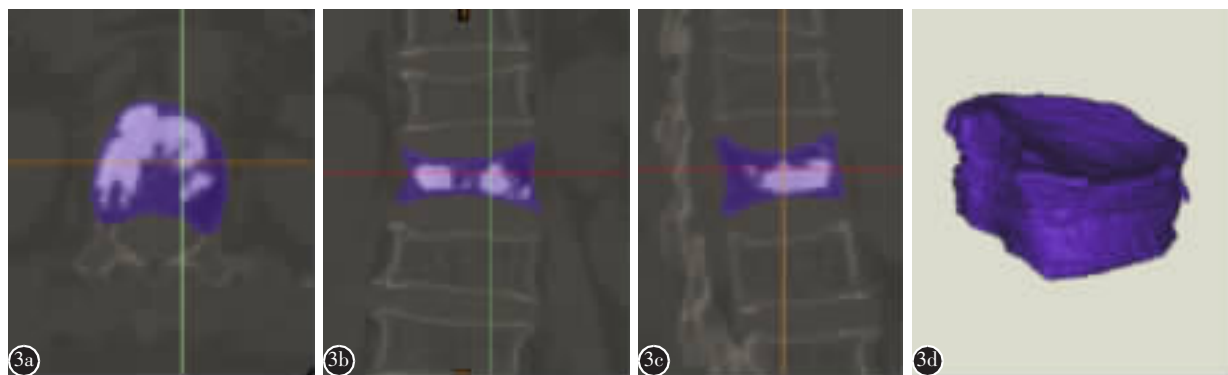


图 3 获取单独手术椎体的三维模型 **a** 应用 Mimics 软件的 Edit mask 工具, 在所有断层图像上将手术椎体与椎弓根及肋骨分隔开, 达到分离出手术椎体的目的 **b、c** 单独手术椎体的冠状面、矢状面重建图像 **d** 单独手术椎体的三维模型, 可快速计算这一三维模型的体积

Figure 3 Separating the operated vertebral body and establish 3-dimensional model **a** Separating the operated vertebral body from the neighbored vertebrae, ribs and its own pedicles using the tool of Edit mask at all of the cross sections in Mimics software **b, c** The coronal, sagittal, reconstructed image of operated vertebral body **d** 3-dimensional model of operated vertebral body whose volume can be calculated easily in Mimics software

间的差异, 并计算出两个检测者检测出的骨水泥量平均值(定义为椎体内骨水泥估计量)与术中实际注入量进行比较。将最后计算值按毫升(ml)数值记录, $1\text{ml}=1000\text{mm}^3$, 精确至 0.01ml。

1.5 统计学处理

所有数据均为计量资料, 使用 SPSS 13.0 统计软件进行处理, 统计方法使用配对 t 检验, 输入统计软件时数据精确至 0.01。对比术中实际骨水泥注入量与 Mimics 软件计算出的骨水泥量(两个检测者计算值的平均值), 评估差异的显著, 判断这一方法的准确性。比较两个不同操作者检测出的骨水泥量及椎体体积, 评估不同检测者计算值的差异性, 从而判断其可靠性。 $P<0.05$ 定义为两组间有显著性差异。

2 结果

12 例患者共 14 个椎体接受了椎体强化术, 手术均顺利完成, 术中未发现明显骨水泥渗漏。其中有 2 个椎体在术中记录骨水泥注入量时, 2 名医师间存在显著偏差(两者记录值之间的差异 $>0.5\text{ml}$), 遂未纳入本次研究, 其余 12 个椎体的实际骨水泥注入量与基于 Mimics 软件计算出的椎体内骨水泥估计量比较无显著性差异 ($P>0.05$), 不同检测者计算出的骨水泥体积及椎体体积间也都无显著性差异 ($P>0.05$, 表 1)。椎体内骨水泥/椎体体积比为 0.19 ± 0.03 ($0.13\sim0.23$)。同时, Mimics

软件可以利用三维成像清楚显示骨水泥与椎体的关系(图 4)。

3 讨论

1984 年在法国 Amiens 大学 Galibert 等^[1]成功开展首例经皮椎体成形术治疗 C2 椎体血管瘤

表 1 不同检测者的骨水泥容积及椎体容积测量结果

Table 1 The bone cement volume and body volume measured by different detection

	骨水泥容积(ml) The volume of bone cement	椎体容积(ml) The volume of vertebral body
术中实际注入量 Real volume of injected bone cement intraoperatively	4.99 ± 0.60	/
检测者 A 测量值 The volume measured by evaluator A	5.01 ± 0.61	26.66 ± 2.93
检测者 B 测量值 The volume measured by evaluator B	$5.02\pm0.59^{\text{①}}$	26.64 ± 2.92
检测者 A、B 的平均值 The average volume between A and B	$5.02\pm0.60^{\text{②}}$	/

注: ①与检测者 A 测量值比较 $P>0.05$, ②与术中实际注入量比较 $P>0.05$

Note: ①Compared with the volume measured by evaluator A, $P>0.05$; ②Compared with the real volume of injected bone cement intraoperatively, $P>0.05$

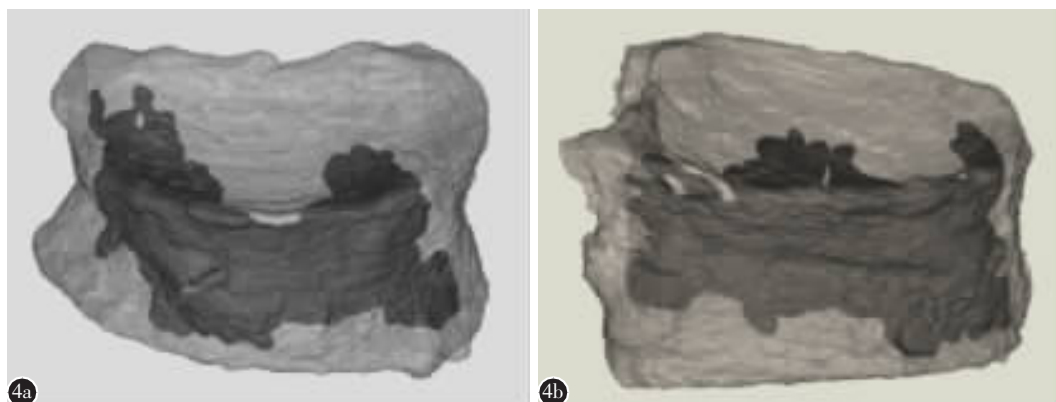


图4 手术椎三维模型,椎体设置为半透明状态,可清楚显示骨水泥与椎体在三维空间中的位置关系 a 前后位图像 b 左右位图像

Figure 4 The 3-dimensional model of operated vertebral body can show the relationship between the bone cement and vertebral body in 3-dimensional space, in which the vertebral body are set to be the semi-transparent status **a** the anterior to posterior view **b** the lateral view

后,经皮椎体强化术逐渐受到重视,得到广泛的应用,并在临床上取得理想的效果^[1-4]。目前经皮椎体强化术主要用于难治性、疼痛性骨质疏松性椎体压缩骨折^[2],也有报道用于陈旧性椎体骨折不愈合或椎体缺血坏死^[3]及椎体肿瘤^[4]。众多研究表明,椎体强化术能明显减轻患者疼痛、恢复椎体高度,并且有创伤小、并发症少、恢复快、疗效确切等优点^[1-4]。椎体强化术的关键点在于安全地向椎体内注入适量骨水泥,理想的骨水泥注入量应同时满足恢复椎体强度、保证临床疗效及降低骨水泥渗漏风险等要求,但在骨水泥注入量推荐值上目前仍没有统一标准。

过量的骨水泥注入可能会增加骨水泥渗漏、肺栓塞及相邻节段骨折的风险。田云虎等^[5]认为,骨水泥注入量越大,渗漏的机会就越大。Li 等^[6]通过回顾性分析单个椎体成形术的患者,结果显示较大的骨水泥注入量显著增加了相邻节段再发骨折的风险。因此,骨水泥注入量并非越多越好,过多骨水泥注入与椎体强化术的并发症存在密切关系。但最少注入多少骨水泥即可获得良好的生物力学效应及临床疗效呢?在经皮椎体强化术实验早期,Cotton 等^[7]认为必须将整个椎体前柱都注满骨水泥才能恢复生物力学的稳定性,而后 Diamond 等^[8]通过临床观察和随访后提出,椎体内只需注入骨水泥 1ml 即足以缓解疼痛达到满意的临床效果。Belkoff 等^[9]通过尸体研究又指出,注入 2ml 骨水泥即可恢复椎体的刚度。不同研究在骨

水泥注入量推荐值上存在争议。

如前所述,既往研究^[5-9]在骨水泥注入量推荐值上存在争议,可能与以下因素有关:(1)既往研究更多地关注了术中骨水泥注入量,而没有关注到不同患者、不同节段的椎体体积不同,然而不同大小的椎体内注入相同量的骨水泥显然会产生不同的效应。在研究骨水泥量时不将椎体体积纳入考虑,只是单纯计算骨水泥注入量,这可能是导致不同研究结论出现偏差的主要原因。(2)术中记录骨水泥量可能受到术中环境因素影响,导致记录存在误差。如同本次研究,我们为减少偏差,专门安排 2 名脊柱外科医师同时记录,但仍然有 2 个椎体的骨水泥注入量在不同记录者间存在显著偏差,这一现象进一步说明了术中记录骨水泥量可能受到环境的影响,使记录值偏离真实值。因此,如果有一种客观、准确的方法能够在术后对注入骨水泥量及椎体体积进行计算,将可以减少不同研究之间的偏差,更利于大样本、多中心临床研究的开展。同时,在研究骨水泥推荐注入量时,引入骨水泥/椎体体积比这一新指标可能更为合理,相比单纯的骨水泥注入量而言,骨水泥/椎体体积比更适用于不同个体及不同脊柱节段。但是,由于椎体内骨水泥及椎体都属于不规则物体,临床上应用的传统影像成像技术难以计算它们的体积。

Mimics 软件是 Materialise 公司的交互式的医学影像控制系统,是一个连接二维图像数据(CT、MRI)和三维工程学应用的图像处理工具。应用领

域包括解剖学测量、三维分析、有限元分析、设计植入体或装置以及手术计划和模拟。已有较多学者应用 Mimics 软件开展了临床研究,向湘松等^[10]应用 Mimics 软件测量股骨远端旋转力线,张国栋等^[11]应用 Mimics 软件基于三维重建技术及有限元分析测量脊柱骨密度。Mimics 软件具有强大的三维成像及不规则物体体积计算能力^[12,13],利用软件配置的按一定 CT 值的区域增长功能可以轻易地将骨水泥及椎体骨质分开,从而精确计算出椎体内骨水泥体积。本研究通过配对 *t* 检验将 12 例患者术中精确计算的骨水泥注入量与 Mimics 软件基于术后 CT 影像资料的估算量进行对比,我们发现本组患者中 Mimics 软件计算的骨水泥量与真实的骨水泥注入量间无显著性差异,并且,本研究还对 2 名操作者的测量值进行对比,亦无显著性差异。因此,我们认为这一方法的准确性及可重复性均较高,可用于计算骨水泥量及骨水泥/椎体体积比,这一方法相比术中记录来说更为客观,更利于在多中心、大样本临床研究时作为统一测量标准,更重要的是这一方法可以快速得出骨水泥注入量与椎体体积比。本组患者中,我们发现即使是同一节段的椎体,不同患者的椎体体积也有显著不同,对于不同患者而言,注入 4ml 或 6ml 骨水泥可能在骨水泥/椎体体积比上是相同的,这更说明在研究骨水泥注入量时,如果只是单纯计算骨水泥注入量、却忽略不同的椎体体积,将可能将研究导入误区,难以得出准确的骨水泥注入量推荐范围。我们认为“骨水泥量/椎体体积比”这一新检测指标比单纯的骨水泥注入量有更重要的临床价值,可能为今后的临床研究提供新的方向。

[致谢:感谢香港理工大学生物医学工程跨领域学部 (Interdisciplinary Division of Biomedical Engineering, The HK Poly U) 余嘉博士及我院 CT 检查室郑芸副主任技师在本研究过程中的指导与帮助!]

4 参考文献

1. Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty[J]. Neurochirurgie, 1987, 33(2): 166-168.
2. 江晓兵, 罗耀武, 梁德, 等. SPECT-CT 图像融合技术对老年椎体压缩骨折患者选择椎体强化术靶椎体的应用价值[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, (4): 330-334.
3. 梁德, 江晓兵, 杨志东, 等. 过伸体位下椎体成形术治疗 Kümmell 病的近期疗效[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(3): 260-261.
4. 燕太强, 郭卫, 杨荣利, 等. 骨水泥椎体成形在治疗脊柱转移瘤中的临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(4): 318-323.
5. 田云虎, 刘亚, 邵连芹, 等. 椎体成形术中骨水泥量对椎体机械性能的实验研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2005, 20(5): 328-329.
6. Li YA, Lin CL, Chang MC, et al. Subsequent vertebral fracture after vertebroplasty: incidences and analysis of risk factors[J]. Spine, 2012, 37(3): 179-183.
7. Cotton A, Boutry N, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty: state of the art[J]. Radiographics, 1998, 18(2): 311-323.
8. Diamond TH, Champion B, Clark WA. Management of acute osteoporotic vertebral fractures: a nonrandomized trial comparing percutaneous vertebroplasty with conservative therapy [J]. Am J Med, 2003, 114 (4): 257-265.
9. Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, et al. The biomechanics of vertebroplasty: the effect of cement volume on mechanical behavior[J]. Spine, 2001, 26 (14): 1537-1541.
10. 向湘松, 李峰, 蒲丹, 等. Mimics 软件在测量股骨远端旋转力线的应用[J]. 临床医学工程, 2010, 17(2): 48-50.
11. 张国栋, 陶圣祥, 毛文玉, 等. 基于三维重建技术及有限元分析的骨密度测量[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(9): 1539-1544.
12. 范海涛, 苏秀云, 刘蜀彬, 等. 计算机辅助术前计划 Sky 膨胀式椎体成形器治疗骨质疏松椎体压缩骨折[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(48): 9423-9426.
13. 周忠杰, 刘立岷, 宋跃明. 计算机辅助术前预测青少年特发性脊柱侧凸内置物的长度[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(13): 2331-2334.

(收稿日期:2012-05-03 修回日期:2012-06-01)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)