

# 计算机辅助下腰椎 CT 图像自动化测量 及其临床价值

边卫国<sup>1</sup>, 党晓谦<sup>1</sup>, 汤少杰<sup>2</sup>, 宁文德<sup>3</sup>, 彭磊<sup>4</sup>, 徐华梓<sup>4</sup>

(1 西安交通大学第二医院骨外科 710004; 2 西安交通大学图像所 710049; 3 西安市中心医院影像科 710004 陕西省西安市; 4 温州医学院附属第二医院骨外科 325000 浙江省温州市)

**【摘要】目的:**探讨计算机自动化测量下腰椎 CT 图像及其对腰椎管狭窄症的诊断价值。**方法:**应用 Matlab 自动测量程序对下腰椎 CT 图像进行自动分割和测量, 完成对 100 例正常者和 193 例腰椎管狭窄症患者 L4/5 及 L5/S1 的椎管矢状径(APDC)、椎管面积(CAC)、硬膜囊面积(CAD)和硬膜外间隙(LAC)的测量, 并进行统计学分析, 利用正常组各项指标的 95% 下限值判断 193 例腰椎管狭窄症患者的狭窄节段, 验证其诊断符合率。**结果:**腰椎管狭窄组 L4/5 及 L5/S1 两节段的 APDC、CAC、CAD 和 LAC 均显著小于正常组( $P < 0.01$  或  $0.001$ )。正常组 L4/5 的 APDC、CAC、CAD 和 LAC 的 95% 下限值分别为 12.63mm、215.31mm<sup>2</sup>、139.16mm<sup>2</sup> 和 28.50mm<sup>2</sup>, L5/S1 分别为 13.05mm、240.74mm<sup>2</sup>、133.94mm<sup>2</sup> 和 29.67mm<sup>2</sup>。APDC、CAC、CAD 和 LAC 对 L4/5 椎管狭窄的诊断符合率分别为 63%、85%、82% 和 98%, 对 L5/S1 分别为 67%、86%、73% 和 96%。**结论:**计算机辅助下腰椎 CT 自动化测量精确、快速, 可信度高, 有助于腰椎管狭窄症的诊断。

**【关键词】** 腰椎; 测量; 自动化; CT; 形态学

中图分类号: R681.5, R814.42 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2007)-10-0749-04

The utility of computer assisted automatic analysis for CT image of low lumbar spine /BIAN Weiguo, DANG Xiaoqian, TANG Shaojie, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2007, 17(10): 749~752

**【Abstract】Objective:** To develop a new computer analysis method for the measurement of CT images of low lumbar spine and to evaluate the diagnostic coincidence of this new method in diagnosing the lumbar spinal stenosis. **Method:** To develop a new computer analysis method for the measurement of CT images of low lumbar spine and to evaluate the diagnostic coincidence of this new method in diagnosing the lumbar spinal stenosis. Anterior-posterior diameter of the canal(APDC), cross-sectional area of the canal(CAC), cross-sectional area in the dura(CAD) and lib area of the canal(LAC) of L4~L5 and L5~S1 were measured and analysed. The 95% lower bounds value from each of the measure data of the normal control group was used as the guideline for diagnosing the lumbar stenosis by comparing with the data from the 193 cases of clinically diagnosed lumbar stenosis, and the reliability was test. **Result:** The APDC, CAC, CAD and LAC at L4/5 and L5/S1 from the stenosis group were statistically less than those from the normal control group ( $P < 0.001$ ). The 95% lower bounds value of APDC, CAC, CAD and LAC at L4/5 was 12.63mm, 215.31mm<sup>2</sup>, 139.16mm<sup>2</sup> and 28.50mm<sup>2</sup> separately, while it was 13.05mm, 240.74mm<sup>2</sup>, 133.94mm<sup>2</sup> and 29.67mm<sup>2</sup> separately at L5/S1. The diagnostic coincidence of APDC, CAC, CAD and LAC at L4/5 for lumbar stenosis was 63%, 85%, 82% and 98% correspondently, and it was 67%, 86%, 73% and 96% at L4/5. **Conclusion:** The computer program based on Matlab can be used for the measurement of CT images of low lumbar spine. The target data can be measured quickly and precisely with high reliability, which can be helpful in making the diagnosis of lumbar stenosis.

**【Key words】** Spine; Measurement; Automation; CT; Morphology

**【Author's address】** Orthopedics Department, the Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shanxi, 710004, China

第一作者简介: 男(1979-), 医师, 博士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科医学图像和组织工程  
电话: (0577)88861820 E-mail: bianweiguo@hotmail.com

影像学测量仍是诊断腰椎管狭窄的主要手段。目前国内学者在影像学诊断上多为对各种

径线的测量,有关面积测量的报道很少<sup>[4]</sup>,且因各家的测量方法和对象不同,其测量结果和诊断标准也存在很大的差异,影响了临床医生的判断。本研究旨在应用计算机技术自动化测量下腰椎 CT 图像以提高测量准确性和图像处理速度,排除测量者和测量方法对结果的影响,并探讨其对腰椎管狭窄症的诊断价值。

## 1 资料和方法

### 1.1 测量对象

**1.1.1 正常组** 100 例被检者均为自愿参加的单位健康体检以及社区志愿者,其中男 56 例,年龄 20~71 岁,平均 34 岁;女 44 例,年龄 24~65 岁,平均 36 岁。受检者无腰腿痛和间歇性跛行,经临床问诊、体格检查和腰椎正侧位 X 线片检查排除脊柱畸形、腰椎间盘突出症和腰椎管狭窄等脊柱疾患。

**1.1.2 腰椎管狭窄组(简称狭窄组)** 193 例患者来自温州医学院附属第二医院、西安交通大学第二医院和西安市中心医院。均为腰椎管狭窄症患者,其中男 128 例,年龄 30~72 岁,平均 48 岁;女 65 例,年龄 31~75 岁,平均 52 岁。均有典型的腰、腿疼痛及间歇性跛行等临床表现。经上述医院 CT 检查,由骨科和放射科医师共同作出诊断,其中 134 例经手术得到证实,2 例手术记录缺失,余病例未在病例收集医院行手术治疗。腰椎管狭窄节段:L4/5 87 例,L4/5 及 L5/S1 两节段 39 例,L5/S1 67 例,

### 1.2 CT 扫描方法

使用 Philip 全身 CT 机进行扫描。扫描条件:140kV、284mA,扫描时间 3s,扫描直径 25cm,矩阵:556×553。以 L4/5 及 L5/S1 两个椎间隙为扫描对象。每个椎间隙以椎间盘为中心扫描 4 层,层厚 5mm。所有测量对象扫描完成后进行光盘存储。

### 1.3 测量设备及方法

运用 Matlab 6.5 系统结合 Visual c++语言开发的 CT 图片计算机程序进行自动化测量。将每个椎间隙的 4 副 CT 图片输入 Matlab 软件,经过融合(图 1,后插页 I),单方向堆积,哈氏变换衍化(图 2,后插页 I)定位椎体,提取检测领域(图 3,后插页 I),二值化,蒙闭,直方处理,平衡,膨胀,腐蚀(图 4,后插页 I),环形扫描(图 5,后插页 I),匹配变换,水平衍化,测量(图 6,后插页 I)

等多个步骤后,完成对脊椎多结构的测量并且自动输出测量结果,生成文本文档,分类保存。 $D(\text{各径线})=N(\text{像素个数})\times d(\text{像素边长})$ (公式 1), $S(\text{各面积})=N(\text{像素个数})\times s(\text{像素面积})$ (公式 2)

### 1.4 测量指标

**1.4.1 椎管矢状径(anterior-posterior diameter of the canal,APDC)** 自椎体后缘中点到棘突前缘的距离。

**1.4.2 椎管面积(cross-sectional area of the canal,CAC)** 检测区域提取后,按图形比例确定脊髓的中心位置,以此为圆心、以 5cm 为半径进行环形扫描采样,确定骨性椎管边界,程序自动跨过形成一个从关节突内角到后纵韧带的弧线,至此形成一个完全封闭的骨性椎管,测量此区域的面积。

**1.4.3 硬膜囊面积(cross-sectional area in the dura,CAD)** 通过环形扫描,确定硬膜囊外边界,如与黄韧带及后纵韧带接触区域难以直接检测其边界,程序可根据已经检测到的部分边界自动生成其他模糊区域的边界。环形边界确定后,程序测量该封闭区域面积,生成 CAD 输出。

**1.4.4 硬膜外间隙(lib area of the canal,LAC)** 通过环形扫描采样,确定椎管内后纵韧带、黄韧带等软组织内界,确定一个由软组织围绕而成的椎管,测量 CAC,根据原先已经生成的硬膜囊外侧边界及 CAD,测量由两者共同围成的 LAC(椎管中脂肪所占据的空间)面积。

### 1.5 统计学处理

数据结果用  $\bar{x}\pm s$  表示,采用 SPSS 10.0 统计软件分析各组数据,组间比较采用  $t$  检验。以正常组 APDC、CAC、CAD 和 LAC 的 95%下限值 ( $\bar{x}-1.64s$ )为标准判断腰椎管狭窄组患者狭窄节段与 CT 测量的诊断符合率。

## 2 结果

两组测量结果见表 1。腰椎管狭窄组 L4/5 及 L5/S1 两节段的 APDC、CAC、CAD 和 LAC 均显著小于正常组( $P<0.01$  或  $0.001$ )。在对硬膜囊面积进行分割和测量时,狭窄组 L4/5 21 例,L5/S1 8 例;硬膜外间隙测量时 L4/5 30 例,L5/S1 25 例,因样本计算机程序无法正常运行或者测量数值超越解剖范围,导致数据缺失和淘汰。正常组 L4/5 的 APDC、CAC、CAD 和 LAC 的 95%下限值分别为

**表 1 正常组和腰椎管狭窄组 CT 图片计算机自动测量椎管矢状径 (APDC)、椎管面积 (CAC)、硬膜囊面积 (CAD) 和硬膜外间隙 (LAC) 的结果** ( $\bar{x} \pm s$ )

| 测量指标                  | L4/5                             |                                                      | L5/S1                           |                                                      |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|
|                       | 正常组 (n=100)                      | 狭窄组                                                  | 正常组 (n=100)                     | 狭窄组                                                  |
| APDC(mm)              | 15.75±1.90<br>(10.12~18.34)      | 12.78±2.17 (n=126) <sup>①</sup><br>(8.56~16.13)      | 17.07±2.45<br>(13.86~21.13)     | 13.15±1.98 (n=106) <sup>①</sup><br>(10.50~16.42)     |
| CAC(mm <sup>2</sup> ) | 319.89 ±63.77<br>(218.36~383.63) | 157.62±34.64 (n=126) <sup>②</sup><br>(126.21~221.29) | 340.58±60.88<br>(232.40~418.45) | 165.31±32.18 (n=106) <sup>②</sup><br>(131.36~243.33) |
| CAD(mm <sup>2</sup> ) | 192.62 ±32.60<br>(147.18~245.92) | 129.33±34.15 (n=105) <sup>②</sup><br>(88.36~175.64)  | 201.25±41.04<br>(154.10~268.18) | 128.25±37.84 (n=98) <sup>②</sup><br>(89.57~188.65)   |
| LAC(mm <sup>2</sup> ) | 32.21±2.26<br>(28.44~36.62)      | 12.21±4.75 (n=96) <sup>②</sup><br>(4.13~29.63)       | 36.49±4.15<br>(27.32~42.50)     | 16.49±3.37 (n=81) <sup>②</sup><br>(8.18~30.57)       |

注:与正常组比较<sup>①</sup>P<0.01, <sup>②</sup>P<0.001

12.63mm、215.31mm<sup>2</sup>、139.16mm<sup>2</sup>、28.50mm<sup>2</sup>, L5/S1 分别为 13.05mm、240.74mm<sup>2</sup>、133.94mm<sup>2</sup>、29.67mm<sup>2</sup>。各测量指标与腰椎管狭窄症患者狭窄节段的诊断符合率见表 2。

**表 2 椎管矢状径 (APDC)、椎管面积 (CAC)、硬膜囊面积 (CAD) 和硬膜外间隙 (LAC) CT 图片计算机自动测量值对腰椎管狭窄组的诊断符合率**

|      | 临床诊断狭窄<br>节段数 (个) |       | CT 测量狭窄节<br>段数 (个) |       | CT 测量诊断符<br>合率 (%) |       |
|------|-------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|      | L4/5              | L5/S1 | L4/5               | L5/S1 | L4/5               | L5/S1 |
| APDC | 126               | 106   | 80                 | 71    | 63                 | 67    |
| CAC  | 126               | 106   | 107                | 91    | 85                 | 86    |
| CAD  | 105               | 98    | 86                 | 72    | 82                 | 73    |
| LAC  | 96                | 81    | 94                 | 78    | 98                 | 96    |

### 3 讨论

目前,国内外学者主要根据临床症状、体征结合影像资料的形态学观察和几何学测量来诊断腰椎管狭窄症<sup>[1]</sup>。几何学测量属于定量化诊断范畴,故一般认为其更为合理、可靠<sup>[2]</sup>。目前的测量方式包括大体标本测量、X 线片测量、CT 图像测量以及 MRI 图像测量、三维图像重建及测量、运动范围测量等形式。大体标本测量结果与 CT 及 X 线测量结果规律大致相同,但绝对值存在差异<sup>[3,4]</sup>。近 10 年来国内外的相关研究大多集中在脊柱三维成像、力学测试、运动测量以及各种新的测量工具和测量方法的开发<sup>[5,6]</sup>,但是对于自动化测量脊柱结构 CT 图像的软件开发和大样本量测量数据收集、统计学分析还鲜有报道。

CT 图像以及 MRI 图像其实质为数字矩阵,椎管内各组织结构因为成份的差异导致一定的密度差异,CT 图像上表现为像素的数值不

同。计算机可以据此识别不同组织并自动进行扫描、分割、重建和测量。本研究以硬膜囊中心为原点,以 5cm 为半径对骨性椎管进行扫描,提取扫描区域,根据像素数获得该区域面积。经统计分析正常组 L4/5 骨性椎管面积 95% 下限值为 215.31mm<sup>2</sup>,利用该指标对临床诊断 L4/5 腰椎管狭窄症患者的 CT 图片进行诊断分析,其阳性率为 85%,说明本研究方法和数据具有一定的可行性和可靠性。利用自动化测量所得正常组 L4/5 硬膜囊面积 95% 下限值为 139.16mm<sup>2</sup>,与赵建民等<sup>[2]</sup>的内切圆测量结果大致吻合,其诊断符合率为 82%。硬膜外间隙为 CT 图片显示椎管内除硬膜囊外黑色区域,这个区域解剖学上是由疏松的脂肪组织来填充,是椎管硬膜囊和神经根可以相对自由活动的区域。在腰椎管狭窄症的发病中由于硬膜囊的面积相对变化较小,椎管狭窄时,椎管外周各韧带和关节突等向内靠拢,直接导致脂肪组织所占的游离区域变小,故测量该区域的面积对腰椎管狭窄症的诊断有着非常重要的意义。我们设计的椎管内硬膜外间隙的测量法,通过测量和计算,确定正常组 L4/5 硬膜外间隙的 95% 下限值为 28.50mm<sup>2</sup>,以这一标准对狭窄组 L4/5 节段进行诊断,其准确率达到 98%,明显高于其他指标。因为测量方法一致,解剖结构的相似性,该测量程序针对 L5/S1 腰椎管狭窄组患者,APDC、CAC、CAD 和 LAC 的诊断符合率分别达到 67%、86%、73% 和 96%,大致与 L4/5 具有相同趋势。

本研究结果表明,该 Matlab 自动化测量软件适合于进行各种数字矩阵 (CT 图像以及 MRI 图像其实质为数字矩阵) 图像的自动分割和测量,基

于计算机自动处理,故结果更加精确和可靠。将所得结果进行统计学处理和临床分析,腰椎管狭窄患者 CT 图像的测量数据和正常人有着非常显著的差异。但是,由于此程序设计是以腰椎为基础,而脊柱其他节段的解剖结构均具有一定的自身特点,故而尚不能实现对其他脊柱节段的准确测量。另外目前设计的程序所测量的数据还很有限,还不能满足当前骨科发展的需要,需进一步完善程序设计,完善测量功能。

#### 4 参考文献

1. 郭世绂,陈仲欣,邱敬清,等.腰椎管骨性结构的测量与椎管狭窄[J].中华外科杂志,1984,22(10):623-626.
2. 赵建民,马志新,贾验青.下腰椎椎管内切圆面积测量的临床意

义[J].内蒙古医学杂志,2001,19(6):493-495.

3. Dullerud R, Naksia H. CT changes after conservative treatment for lumbar disk herniation [J]. Acta Radiol, 1994, 35 (5): 415-419.
4. 刘正津,陈尔瑜.临床解剖学丛书·胸部和脊柱分册[M].北京:人民卫生出版社,1989.318-320.
5. Cargill SC, Percy M, Barry MD. Three-dimensional lumbar spine postures measured by magnetic resonance imaging reconstruction[J]. Spine, 2007, 32(11): 1242-1248.
6. Tilson ER, Strickland GD, Gibson SD. An overview of radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging in the diagnosis of lumbar spine pathology[J]. Orthop Nurs, 2006, 25(6): 415-420.

(收稿日期:2006-09-12 修回日期:2007-03-30)

(英文编审 陆 宁)

(本文编辑 李伟霞)

(上接第 748 页)

颈椎损伤多为压缩、屈曲、伸展和旋转等多种力量综合作用的结果。本组资料中,交通伤与坠落伤所致头外伤伴发高位颈椎损伤发生比率较高。交通伤中,挥鞭样颈椎损伤的机制为后方或侧方冲击力作用于头颈部,能量的传递导致颈部的骨及软组织损伤<sup>[4]</sup>。坠落伤中屈曲位扭伤常造成上颈椎的骨折脱位,头部垂直外伤是颈椎体压缩、爆裂骨折脱位的常见原因。

本组病例中,多数患者有颈部疼痛、活动受限等临床表现(43.1%),但有脊髓损伤症状者并不多见(21.6%),相反无任何颈部不适症状者并不少见(19.6%)。分析原因可能是上颈椎管径较宽,缓冲空间大,在一定程度上减少了对脊髓的震荡,起到了对脊髓的保护作用。当高位颈椎损伤未合并脊髓损伤症状及体征时,往往未能引起首诊医师的足够重视,易造成漏诊,延误治疗。藤村祥一<sup>[4]</sup>报道的 25 例高位颈椎损伤患者中误诊率高达 59%。杨惠林等<sup>[5]</sup>对 100 例颅脑外伤患者同时加摄颈椎 X 线片发现 15 例颈椎骨折。因此,提高对头外伤伴发高位颈椎损伤的认识和重视程度是减少漏诊的关键。

目前对颈椎的检查手段有 X 线摄片、CT 扫描及 MRI 检查。其中普通 X 线片可以显示颈椎骨性结构,且最为经济,临床应用普遍,但应避免搬动和在投照过程中造成颈椎损伤加重。CT 扫描对颈椎骨性结构及软组织的显示优于 X 线片,但 CT 扫描对 II 型齿状突骨折、寰椎前弓水平骨折等容易漏诊,应结合 X 线片,必要时行螺旋 CT 三维重建。本组患者颈椎损伤 CT 的检出率为 14.7%。MRI 能够准确地反映出颈椎间盘突出程度,能对脊髓神经根受压准确定位,对高位颈椎损伤中的脊髓横断、脊髓水肿及血肿等病变的临床诊断有很重要意义。本组患者颈椎损伤的 MRI 检出率为 100%。

目前对头外伤患者是否常规行颈椎检查及采用何种检查手段尚无统一规范。螺旋 CT 扫描及重建无疑是诊断高位颈椎损伤的最佳检查手段。段少银等<sup>[6]</sup>认为 CT 三维重建具有成为诊断寰枢关节不全脱位金标准的条件。我们认为对于交通伤、坠落伤等可能存在颈椎致伤因素所致的头外伤患者应常规行颈椎影像学检查。具体做法是:①对无颈部症状患者应详细了解病情,对可能存在颈椎致伤因素的患者,常规行颈椎 X 线摄片检查,包括颈椎正侧位、张口位;②对有颈部症状、意识障碍或脊髓损伤症状患者常规行颈椎螺旋 CT 扫描及重建,有条件者行 MRI 检查;③对颈椎 X 线片显示不清者行螺旋 CT 扫描。在头外伤伴发高位颈椎损伤的早期诊断中取得了良好效果。这样既降低了患者的经济负担,又最大限度地减少了漏诊。

#### 参考文献

1. 刘胜,刘远新,王诚,等.颅脑损伤合并颈椎损伤的误漏诊分析[J].中国误诊学杂志,2003,3(11):1636-1637.
2. 刘安本,李成山,温吉海,等.颅脑损伤合并无脊髓损伤型颈椎骨折脱位 42 例[J].中华创伤杂志,2005,21(5):371.
3. Kraus JF, Rice TM, Peek-Asa C, et al. Facial trauma and the risk of intracranial injury in motorcycle riders [J]. Am Emerg Med, 2003, 41(1): 18-26.
4. 藤村祥一,户山芳昭,小柳贵裕,等.高位颈椎损伤的诊断[J].中国脊柱脊髓杂志,1994,4(2):85-88.
5. 杨惠林,唐天骝,费仕相,等.变异型 Jefferson 骨折:一种尚未被认识的颈椎损伤[J].中华外科杂志,1995,33(12):707-710.
6. 段少银,蔡国祥,林清池,等.CT 三维重组诊断寰枢关节不全脱位的实验及临床研究[J].中华放射学杂志,2005,39(12):1299-1302.

(收稿日期:2006-09-15 修回日期:2006-10-16)

(本文编辑 彭向峰)