

临床论著

腰痛患者腰椎 3.0T MR 弥散加权成像腰椎间盘
表观弥散系数与椎间盘退变分级的相关性赵建^{1,2}, 郭智萍^{1,2}, 王林峰^{2,3}, 张旭静^{1,2}, 李石玲^{1,2}, 袁军辉^{1,2}, 马晓晖^{1,2}, 张伟^{1,2}, 朱瑾^{1,2}(1 河北医科大学第三医院 CT/MR 室; 2 河北省骨科生物力学重点实验室; 3 河北医科大学第三医院脊柱外科
050051 河北省石家庄市)

【摘要】目的:分析腰痛患者腰椎 3.0T MR 弥散加权成像(diffusion weighted image, DWI)椎间盘的表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)与椎间盘退变形态学分级的相关性。**方法:**2012 年 6 月~2012 年 11 月对 60 例腰痛患者行腰椎 3.0T MR T2 加权成像(T2 weighted image, T2WI)和 DWI 扫描。男 30 例,女 30 例,年龄 19~66 岁,平均 42.5±11.9 岁。在 MR 常规 T2WI 序列上对椎间盘按 Pfirrmann 标准进行形态学分级,在矢状面 ADC 图上对正中层面椎间盘进行 ADC 值测量。对椎间盘 ADC 值与 Pfirrmann 分级之间的相关性采用 Spearman 相关分析,并对椎间盘不同 Pfirrmann 分级的 ADC 值进行单因素方差分析,如有差异进一步进行 LDS 法两两检验。**结果:**腰椎间盘 Pfirrmann 分级为 I 级 45 个(15%), II 级 61 个(20.3%), III 级 74 个(24.7%), IV 级 113 个(37.7%), V 级 7 个(2.3%)。I、II、III、IV、V 级椎间盘的 ADC 值分别为 1.73±0.21、1.74±0.15、1.62±0.24、1.23±0.37、0.81±0.32(10⁻³mm²/s)。腰椎间盘不同 Pfirrmann 分级的 ADC 值有显著性差异($F=56.9, P=0.000$),不同分级间差异进一步行 LDS 法两两检验, I 级的 ADC 值与 II 级比较无显著性差异($P>0.05$), III 级、IV 级、V 级分别与 I 级、II 级比较均有显著性差异($P<0.05$), III 级、IV 级、V 级之间两两比较均有显著性差异($P<0.05$)。腰椎间盘 ADC 值与其 Pfirrmann 分级呈明显负相关($r=-0.624, P=0.000$)。**结论:**腰痛患者腰椎 3.0T MR DWI 腰椎间盘的 ADC 值与椎间盘退变分级呈负相关。

【关键词】腰痛;磁共振成像;弥散加权成像;表观弥散系数;腰椎间盘;退变

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.12.04

中图分类号:R681.5, R445.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-12-1074-05

Association between apparent diffusion coefficient and degeneration grading of intervertebral disc in patients with low back pain by using diffusion weighted image at 3.0 Tesla MR/ZHAO Jian, GUO Zhiping, WANG Linfeng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(12): 1074-1078

【Abstract】Objectives: To assess the correlation between apparent diffusion coefficient(ADC) of lumbar intervertebral disc on diffusion weighted image (DWI) and degeneration grading of intervertebral disc in patients with low back pain. **Methods:** From June to November 2012, T2 weighted image(T2WI) and DWI sequence of lumbar spine were performed on 60 patients with low back pain by using a 3.0T MR scanner. There were 30 males and 30 females, with the age ranging at 19-66 years (average, 42.5±11.9 years). The Pfirrmann grading was performed on T2WI sequence. ADC values of intervertebral discs were measured in middle slice of sagittal ADC mapping. The correlation between ADC values and Pfirrmann grading was tested by Spearman analysis. One-way ANOVA was used to test the difference on ADC values among various Pfirrmann grading of intervertebral discs. LDS method was used to furtherly test if the difference was significant. **Results:** Pfirrmann grading of intervertebral discs in patients with lower back pain was as following: grading I, 45 discs (15%); grading II, 74 discs(24.7%); grading III, 74 discs(24.7%); grading IV, 113 discs(37.7%); grading V, 7 discs(2.3%). The ADC value of Pfirrmann grading I, II, III, IV, V was 1.73±0.21, 1.74±0.15, 1.62±0.24, 1.23±0.37, 0.81±0.32(10⁻³mm²/s), respectively. Significant difference on ADC values was found among various

基金项目: 河北省自然科学基金资助项目(编号:C2011206153)

第一作者简介: 男(1974-), 副主任医师, 医学硕士, 研究方向: 肌肉骨骼系统影像诊断

电话: (0311)88603350 E-mail: zhaojianshu@126.com

Pfirrmann grading levels, with $F=56.9$, $P=0.000$. While further test by using LDS method showed no significant difference on ADC values between Pfirrmann grading I and grading II ($P>0.05$). Significant differences on ADC values were found between any two levels of Pfirrmann grading III, grading IV, and grading V ($P<0.05$). Negative correlation was found between ADC values and Pfirrmann grading ($r=-0.642$, $P=0.000$). **Conclusions:** Negative correlation between ADC values and degeneration grading of lumbar intervertebral discs in patients with low back pain exists by using 3.0T MR DWI.

[Key words] Low back pain; Magnetic resonance imaging; Diffusion weighted imaging; Apparent diffusion coefficient; Lumbar intervertebral disc; Degeneration

[Author's address] Department of CT/MR, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

弥散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI) 因其对病变显示敏感性高而在中枢神经系统疾病诊断中广为应用, 作为一种检查腰椎的新技术逐渐进入大家的视线, 表观弥散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 可用来反映分子的弥散程度。通过 ADC 值的改变反映椎间盘内水分子弥散的细微改变, 已成为 MRI 量化检查的主要手段之一^[1-3]。有学者认为 ADC 值可以鉴别退变腰椎间盘与正常椎间盘^[2], 它们在评价早期退变或由于年龄相关的椎间盘退变性疾病中亦是更为敏感和稳定的定量指标^[3]。国内有研究认为腰椎间盘的 ADC 值与其退变的形态学分级相关^[4], 但其研究为 1.5T MR 扫描, 且为弥散张量序列扫描。本研究采用高场强的 3.0T MR 扫描机, 采用 DWI 序列, 分析腰痛患者腰椎 MR DWI 椎间盘的 ADC 值与椎间盘退变形态学分级的相关性, 为临床提供腰椎间盘退变定量诊断的影像学依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

腰痛患者入选标准: ①无急性外伤史, 腰部及下肢疼痛的部位与神经根定位不符; ②症状反复发作, 病程在半年以上。排除标准: ①X 线平片排除脊柱侧凸、腰椎骨折、炎症、肿瘤、免疫性因素等引起慢性腰腿痛的其他疾病; ②对怀疑关节突关节退变引起疼痛者进行关节突关节封闭治疗予以排除; ③腰椎既往有手术史患者; ④终板 Modic 改变。2012 年 6 月~2012 年 11 月河北医科大学第三医院符合上述标准的腰痛患者共 60 例接受检查, 男 30 例, 女 30 例, 年龄 19~66 岁, 平均 42.5 ± 11.9 岁, 病程 7 个月~10 年。

1.2 MRI 检查

应用 Siemens 3.0T Verio MR 扫描机对受试

者进行腰椎间盘 MRI 检查。扫描时患者仰卧位, 头先进, 选择床板上相应的脊柱矩阵线圈。T2WI 序列, TR/TE=4000ms/42ms, 扫描层数 11 层, 层厚 4mm, FOV 300mm×300mm。DWI 序列, TR/TE=5842ms/83ms, 全部使用自动匀场和频率选择脂肪抑制技术, 扫描层数 25 层, 矩阵 164×164 , FOV 281mm×281mm, 采集次数 6 次, 层厚 3mm, 层距 0mm。弥散梯度因子 b 值设为 0、800s/mm², 弥散方向 3, 带宽 1644Hz/Px。在椎体前方设置预饱和带, 饱和带以覆盖腹部组织为宜。

1.3 观察指标

由两位具有 10 年以上诊断经验的影像医师在不知道临床诊断的情况下对腰椎间盘 MRI 图像进行阅片。

1.3.1 腰椎间盘 Pfirrmann 分级 在 T2WI 序列上进行椎间盘 Pfirrmann 分级^[5]: I 级, 椎间盘高度正常, 信号均匀, 高于或等于脑脊液信号, 髓核与纤维环分界清晰; II 级, 椎间盘高度正常, 椎间盘内有不均匀结构, 有或无水平界限, 髓核与纤维环分界清楚; III 级, 椎间盘高度轻度降低, 椎间盘内有中等信号和不均匀结构, 髓核与纤维环分界模糊; IV 级, 椎间盘高度中度降低, 椎间盘内有低信号和不均匀结构, 髓核与纤维环界限消失; V 级, 同 IV 级相似, 但伴有椎间盘塌陷。由两位医师分别对所有椎间盘进行分级, 将两位医师 Pfirrmann 分级的结果行 Kappa 一致性检验, 对于不同的意见, 经协商确定最终分级结果。

1.3.2 腰椎间盘 ADC 值测量 在 3.0T MR 工作站上对受检者腰椎 DWI 序列 ADC 图上的 L1~S1 椎间盘 (共 300 个椎间盘) 的 ADC 值进行测量, 选择腰椎正中矢状面, 分别对腰椎间盘髓核区的前、中、后三点进行测量, 取圆形兴趣区 (region of interest, ROI), 每个 ROI 为 5 像素, 避开上下椎体

的终板及脑脊液,每个椎间盘的 ADC 值取此 3 处 ROI 的平均值。最终取两位医师测量的平均值为腰椎间盘 ADC 值的最终数据。

1.4 统计学分析

用 Kappa 值计算两位医师 Pfirrmann 分级的一致性。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)分析比较两位医师对椎间盘 ADC 值重复测量的信度。用 Spearman 相关分析 ADC 值与椎间盘 Pfirrmann 分级结果之间的相关性,并对椎间盘不同 Pfirrmann 分级的 ADC 值进行单因素方差分析,如有差异进一步进行 LDS 法两两检验。所有统计学分析均采用 SPSS 13.0 软件进行, $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

两位影像学医师测得的腰痛患者椎间盘 ADC 数据的 ICC 值为 0.92, 具有较高的一致性。两位医师对椎间盘 Pfirrmann 分级一致性的 Kappa 值为 0.9, 具有较好的一致性。腰椎间盘 Pfirrmann 分级为 I 级 45 个 (15%), II 级 61 个 (20.3%), III 级 74 个 (24.7%), IV 级 113 个 (37.7%), V 级 7 个 (2.3%)。腰椎间盘不同 Pfirrmann 分级的 ADC 值见表 1。腰椎间盘不同 Pfirrmann 分级的 ADC 值有显著性差异 ($F=56.9$, $P=0.000$), 不同分级间差异进一步行 LDS 法两两

表 1 60 例腰痛患者腰椎间盘 Pfirrmann 分级对应的 ADC 值

Table 1 The ADC values of intervertebral discs in 60 patients with low back pain and different Pfirrmann grading

Pfirrmann 分级 Pfirrmann grading	椎间盘数(n) Number of intervertebral discs	ADC 值 ADC value ($10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)
I 级 Grade I	45	1.73±0.21
II 级 Grade II	61	1.74±0.15
III 级 Grade III	74	1.62±0.24 ^{①②}
IV 级 Grade IV	113	1.23±0.37 ^{①②③}
V 级 Grade V	7	0.81±0.32 ^{①②③④}

注:①与 I 级比较 $P < 0.05$; ②与 II 级比较 $P < 0.05$; ③与 III 级比较 $P < 0.05$; ④与 IV 级比较 $P < 0.05$

Note: ①Comparing with grading I, $P < 0.05$; ②Comparing with grading II, $P < 0.05$; ③Comparing with grading III, $P < 0.05$; ④Comparing with grading IV, $P < 0.05$

检验, I 级的 ADC 值与 II 级比较无显著性差异 ($P > 0.05$), III、IV、V 级分别与 I、II 级比较均有显著性差异 ($P < 0.05$), III、IV、V 级之间两两比较均有显著性差异 ($P < 0.05$)。腰椎间盘 ADC 值与其 Pfirrmann 分级呈明显负相关 ($r = -0.624$, $P = 0.000$)。退变分级较高的椎间盘 ADC 值较低(图 1)。

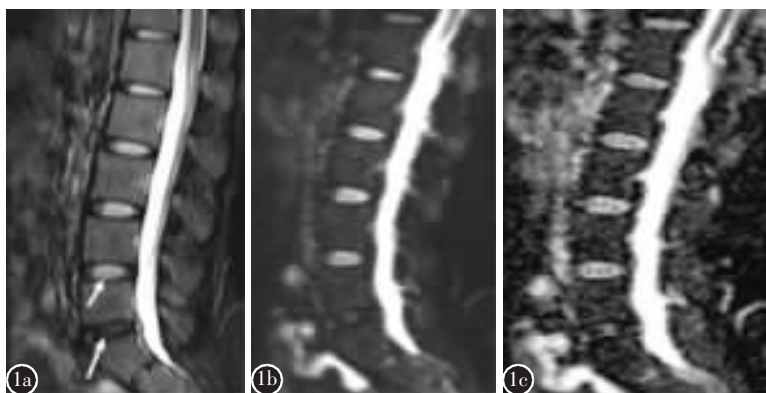


图 1 患者女, 45 岁, 腰痛 3 年 a 脂肪抑制 T2WI 序列显示 L5/S1 椎间盘信号减低, Pfirrmann 分级为 III 级(长箭头); L4/5 椎间盘信号均匀, Pfirrmann 分级为 I 级(短箭头) b DWI 序列显示 L5/S1 椎间盘呈低信号 c ADC 图显示 ROI 区域的设定: 3 个圆形 ROI (黑线) 设定于选择腰椎正中矢状面各腰椎间盘的中央水平, 包括髓核区域, 位于纤维环内; L1/2、L2/3、L3/4、L4/5 及 L5/S1 椎间盘的 ADC 值分别为 $1.78 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ 、 $1.92 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ 、 $1.83 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ 、 $1.80 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ 及 $0.95 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$

Figure 1 Female, 45 years old, suffered low back pain for 3 years a Fat saturated T2WI sequence: Signal decreased in L5/S1 disc, with Pfirrmann grading III (long arrow). The signal was normal in L4/5 disc with Pfirrmann grading I (short arrow) b DWI sequence: Decreased signal was found in L5/S1 disc c ADC map ROI setting: Three round ROI (black line), on the middle section of the sagittal ADC map, was manually drawn on the inner portion of each lumbar disk with pixel of 5 to cover the nucleus pulposus and inner annulus fibrosus. The ADC value of L1/2, L2/3, L3/4 intervertebral disc was $1.78 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$, $1.92 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$, $1.83 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$, respectively. The ADC value of L4/5 disc was $1.80 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$. The ADC value of L5/S1 disc was $0.95 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$

3 讨论

腰椎间盘突出是引起腰痛的主要原因之一。成人腰椎间盘突出由髓核、纤维环及终板组成,仅纤维环外 1/3 有血运,营养物质从纤维环周边及终板中心向椎间盘的弥散过程是纤维环及髓核获得营养供应的唯一途径^[6,7]。常规 MR 扫描序列中 Pfirrmann 分级可从形态学上对椎间盘退变进行评价。DWI 检查可作为评价椎间盘内分子弥散变化的更为可靠方法,因其无创性,有望在一定程度上监测较为早期的椎间盘退行性变。以往研究显示椎间盘退变可能与分子弥散能力下降有关,椎间盘退变可引起髓核细胞外液的减少和蛋白多糖的降低,导致髓核的弥散功能下降^[8,9]。随着对椎间盘的深入研究,DWI 作为评价椎间盘水分子弥散程度的检查技术变得越来越重要,本研究在 3.0T MR 的基础上,进一步验证了 DWI 定量评价椎间盘退变的有效性。

3.1 椎间盘 Pfirrmann 分级

MR 常规 T2WI 序列可以显示椎间盘退变后期所发生的形态及含水量变化,临床上常用的 Pfirrmann 分级是以此为基础的。本研究 60 例腰痛患者中 Pfirrmann 分级 I 级的椎间盘 45 个,占 15%,II 级 61 个,占 20.3%,III 级 74 个,占 24.7%,IV 级 113 个,占 37.7%,V 级 7 个,占 2.3%。II 级、III 级、IV 级较常见,与以前研究结果^[3]相近。

3.2 椎间盘 DWI 检查的 ADC 值测量

弥散功能反映的是分子微粒由高浓度向低浓度区转移的微观运动,我们用 DWI 序列中 ADC 值表示分子弥散程度,弥散受限则组织的 ADC 值减小,DWI 可以反映腰椎退变因髓核弥散受限所致的信号改变。目前 DWI 在正常椎间盘生理生化状态方面的研究,仍处于起步阶段,多数为样本量偏小的动物研究,其发生的详细机制还需将来进一步研究。Kealey 等^[2]的研究表明,平均 ADC 值因解剖位置的不同而有显著性差异,接近头部的椎间盘平均 ADC 值高于接近尾部者,各年龄段之间平均 ADC 值无显著性差异。Antoniou 等^[7]为研究 ADC 值与椎间盘内水和基质成份之间的相关性,对新鲜人类尸体椎间盘标本采用了 MR 弥散成像,结果提示随着粘多糖、水以及胶原的降解,髓核中的 ADC 值下降,而纤维环 ADC 值的改变不如髓核明显。Beattie 等^[1]的研究结果显示,MR 弥散成像序列中,椎间盘髓核区的 ADC 值的采

集具有较高的可信性,但重复性略差。本研究 MR 扫描中 ROI 选择在矢状位 ADC 图上进行,采用扫描中心层面的椎间盘髓核区测量 ADC 值;采用 3 处 5 个像素的 ROI 并取其平均值,以减少部分容积效应对 ADC 值测量产生的误差,另外多点测量也在一定程度上减小了重复性差对数据结构造成的影响。本研究中两位影像诊断医师测量的椎间盘 ADC 值的 ICC 为 0.92,具有较高的一致性。

3.3 椎间盘 ADC 值与 Pfirrmann 分级的相关性

以往研究结果^[3,10]显示腰椎间盘的 ADC 值与 Pfirrmann 分级有一定相关性,随 Pfirrmann 分级的增大,其 ADC 值呈下降趋势。本研究中椎间盘 ADC 值与 Pfirrmann 分级呈明显负相关,与上述研究结果相一致。我们还发现不同 Pfirrmann 分级的 ADC 值具有显著性差异,两两检验后,除 I 级与 II 级间 ADC 值无显著性差异外,其余各级之间的 ADC 值均有显著性差异,可见 ADC 值能够量化地反映椎间盘退变情况。本研究中,Pfirrmann 分级 I 级的 ADC 值为 $(1.73 \pm 0.21) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$,V 级的 ADC 值为 $(0.81 \pm 0.32) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$,均低于以往研究^[3],分析其可能原因有:①扫描设备不同,本研究 MR 扫描仪为 3.0T,而 Niu 等^[3]的研究采用的是 1.5T MR 扫描仪。②ROI 的设定区域不同,本研究 ROI 设定位于椎间盘的髓核区,Niu 等^[3]的研究中 ROI 较大,包括了髓核和纤维环在内的整个椎间盘,后者可能受到一定程度的容积效应的影响。③所选择的 b 值不同。

本研究也存在一定的局限性,如年龄跨度较大等因素可能对研究结果存在影响,终板 Modic 改变对腰痛的影响也可能会影响本研究结果。总之,腰痛患者腰椎间盘的 ADC 值比常规 T2WI 信号强度值更能体现椎间盘水分子弥散能力的变化,了解其 ADC 值与形态学分级的相关性及其变化规律,有助于进一步理解椎间盘退变的发生机制,为临床椎间盘退变的定量诊断提供影像学基础。

4 参考文献

1. Beattie PF, Morgan PS, Peters D. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging of normal and degenerative lumbar intervertebral discs: a new method to potentially quantify the physiologic effect of physical therapy intervention[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2008, 38(2): 42-49.

2. Kealey SM, Aho T, Delong D, et al. Assessment of apparent diffusion coefficient in normal and degenerated intervertebral lumbar disks: initial experience[J]. Radiology, 2005, 235(2): 569-574.
3. Niu G, Yang J, Wang R, et al. MR imaging assessment of lumbar intervertebral disk degeneration and age-related changes: apparent diffusion coefficient versus T2 quantitation [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2011, 32(9): 1617-1623.
4. 张娅, 陈建宇, 蒋新华, 等. MRI 表观弥散系数与腰椎间盘突出退变分级的相关性[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(6): 1264-1267.
5. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, et al. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration [J]. Spine, 2001, 26(17): 1873-1878.
6. Urban JP, Smith S, Fairbank JC, et al. Nutrition of the intervertebral disc[J]. Spine, 2004, 29(23): 2700-2709.
7. Antoniou J, Demers CN, Beaudoin G, et al. Apparent diffusion coefficient of intervertebral discs related to matrix composition and integrity[J]. Magn Reson Imaging, 2004, 22(7): 963-972.
8. Homer HA, Urban JP. Effect of nutrient supply on the viability of cells from the nucleus pulposus of the intervertebral disc[J]. Spine, 2001, 26(23): 2543-2549.
9. Majumdar S. Magnetic resonance imaging and spectroscopy of the intervertebral disc[J]. NMR Biomed, 2006, 19(7): 894-903.
10. Kurunlahti M, Kerttula L, Jauhiainen J, et al. Correlation of diffusion in lumbar intervertebral disks with occlusion of lumbar arteries: a study in adult volunteers [J]. Radiology, 2001, 221(3): 779-786.

(收稿日期: 2013-08-09 修回日期: 2013-10-23)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)

消息

欢迎订阅 2014 年《中国脊柱脊髓杂志》

《中国脊柱脊髓杂志》是由卫生部主管, 中国康复医学会与中日友好医院主办, 目前国内唯一以脊柱脊髓为内容的国家级医学核心期刊。及时反映国内外脊柱脊髓领域的科研动态、发展方向、技术水平, 为临床医疗、康复及基础研究工作提供学术交流场所。读者对象: 从事脊柱外科、骨科、神经科、康复科、肿瘤科、泌尿科、放射科、基础研究及生物医学工程等及相关学科的专业人员。

本刊为中国科技信息中心“中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)”, 中科院中国科学计量评价研究中心“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”, 入选北京大学“中文核心期刊要目总览”, 已分别入编 Chinainfo(中国信息)网络资源系统(万方数据)及以中国学术期刊光盘版为基础的中国期刊网(中国知网), 影响因子名列前茅。

2014 年本刊仍为月刊, 大 16 开, 正文 96 页, 每月 10 日出版。全册铜版纸彩色印刷。每册定价 20 元, 全年 240 元。全国各地邮局均可订阅, 邮发代号 82-457。国外读者订阅请与中国国际图书贸易总公司中文报刊科联系(100044, 北京市车公庄西路 35 号), 代号: BM6688。

本刊经理部可随时为国内外读者代办邮购(免邮寄费)。地址: 北京市朝阳区樱花园东街中日友好医院内, 邮编: 100029。

经理部电话: (010)84205510。

编辑部电话: (010)64284923, 84205233; E-mail: cspine@263.net.cn; http: www.cspine.org.cn。