**分类号: R44**  **学校代码： 10114**

**密** 级**:**   **学** **号：2012201041**

**MR 扩散张量成像对腰椎间盘突出症的诊断价值**

**The Diagnostic Value of MR Diffusion Tensor Imaging (DTI) for Protrusion of Lumbar Intervertebral Disc**

**研 究 生： 郜璐璐**

**指导教师： 张 进 教授专业名称： 影像医学与核医学**

**研究方向： 骨关节疾病影像诊断学位类型： 专业学位**

**所在学院： 医学影像学系**

**中国 ft西**

**二〇一五年五月二十日**

目 录

[结论](#_Toc686747503)**[:](#_Toc686747503)** 3

**[Abstract](#_Toc686747504)** 3

[前 言](#_Toc686747505) 4

[（1） 平均弥散率（mean diffusivity, MD），目的是对组织内部某一体素或区域的](#_Toc686747506) 4

[（3） 弥散的主要方向（the main direction of diffusivities），常用于反映组织内部空间结构的方向[14]。](#_Toc686747507) 5

**[1](#_Toc686747508)** [资料与方法](#_Toc686747508) 5

**[2](#_Toc686747509)** [结 果](#_Toc686747509) 6

**[3](#_Toc686747510)** [讨论](#_Toc686747510) 10

**[4](#_Toc686747511)** [结论](#_Toc686747511) 11

[参考文献](#_Toc686747512) 11

[综述](#_Toc686747513) 12

[参考文献](#_Toc686747514) 14

[附 录](#_Toc686747515) 15

[在学期间承担](#_Toc686747516)**[/](#_Toc686747516)**[参与的科研课题与研究成果](#_Toc686747516) 16

[个人简历](#_Toc686747517) 16

**MR扩散张量成像对腰椎间盘突出症的诊断价值中文摘要**

**目的：**

对60例受试者的腰4-腰5椎间盘进行磁共振扩散张量成像(DTI)扫描并进行定量分析，比较正常腰椎间盘纤维环和椎间盘突出后纤维环的不同并量化特征，探讨

MR扩散张量成像在腰椎间盘突出症中的应用价值。

**方法：**

①采用1.5T磁共振（1.5T Signa GE）对60名受试者进行L4-L5椎间盘矢状位

T1WI、T2WI与轴位T2WI扫描，并行轴位DTI序列扫描，仰卧位，体线圈，头先进。

②收集本院2014年4月-2014年10月对30例（男18例、女12例）经MRI检查证实有腰椎间盘突出患者行L4-L5椎间盘DTI序列扫描，以及健康人（男15例、女

15例）对照组(MRI腰椎间盘扫描阴性) 30例行DTI检查.

③将整理的数据输入到GE ADW 4.4工作站中，采用Functool后处理功能描绘各向异性分数(FA) 图、示踪纤维（FT）图后对每幅图进行数据观察及测量。

④观察两组椎间盘纤维环的连续性和完整性，测量正常组纤维环前缘、后缘和病例组断裂纤维环以及髓核的FA值，计量资料采用均数±标准差的形式表示，配对资料间的比较采用配对t检验；成组资料的组间比较采用t检验。采用简单线性相关方法分析组间的相关性。

**结果：**

①1.5T磁共振FT图能够清晰显示纤维环内纤维走行、板层形态与排列，正常纤维环呈连续、均质的环形，板层纤维交错有序，而椎间盘突出患者突出部可见纤维环断裂、板层结构无序。

②正常组纤维环FA值明显高于其髓核的FA值，说明纤维环和髓核有不同的扩散特性。

③正常组纤维环在FA 图上示连续均等的环形图像，且FA 值连续均等

（0.732±0.034）。

④病例组纤维环断裂处FA值明显降低（0.12±0.056），而断裂周围的FA值出现升高（0.49±0.13）。

结论**:**

DTI-FT是一项可以无创的显示和评价腰椎间盘纤维环形态和完整性的新技术，能够发现纤维环是否发生断裂并找到断裂的位置，是常规磁共振检查的有利补充。FA值能表示椎间盘内水分子的弥散能力，可以量化的反映椎间盘突出时纤维环发生的改变以及退变早期髓核的病理生理过程。磁共振扩散张量技术可以对腰椎间盘突出的诊断提出影像学上的依据，并有助于了解椎间盘突出症的发病机制。

**关键词：**腰椎间盘移位；体层摄影术；X 线计算机；磁共振成像；扩散张量成像

**The Diagnostic Value of MR Diffusion Tensor Imaging (DTI) for Protrusion of Lumbar Intervertebral Disc**

**Abstract**

**Objective:**

MR DTI scans, as well as quantitative analysis are performed on intervertebral disc L4-L5 of 60 patients, thus to compare the differences and quantitative characteristics between fibrous rings of normal lumbar intervertebral discs and that of protruded ones, so as to explore the application value for DTI in the clinical diagnosis of protrusion of lumbar intervertebral disc.

**Method:**

①1.5T Signa GE is employed to perform T1WI, T2WI and DTI serial MRI scan over intervertebral disc L4-L5 of 60 patients, during which the patients take supine position with heads coming into the body coil first.

②The results of DTI examination performed on intervertebral disc L4-L5 of 30

Patients in the hospital, who have been previously confirmed as having protrusion of lumbar intervertebral disc by MRI scan (from April 2014 to October 2014), as well as the result of the same performed on 30 healthy people in control group (who are confirmed as negative by MRI scan) are collected.

③Input the data into GE ADW 4.4 workstation, then use Functool post-processing

Function to generate fractional anisotropy (FA) chart and fiber tracer (FT) chart.

④Observe the continuity and completeness of fibrous rings and measure FA values for the trailing edge of a normal fibrous ring, broken fibrous ring and nucleus pulposus.

**Result:**

①1.5T Signa GE FT chart can clearly display fiber layout and shape and arrangement of inner layers inside the fibrous ring. A normal fiber ring appears in continuous and even ring shape with orderly overlapped fiber layers, while broken fibrous ring and disordered layer structure can be seen on the" protruded lumbar intervertebral disc" of a patient

Suffering protrusion of lumbar intervertebral disc.

②FA value of fibrous ring is noticeably higher than that of nucleus pulposus, indicating they have different diffusion properties.

③A normal fibrous ring appears in continuous and identical ring shape on FA chart

With consecutive identical FA values.

④FA value decreases for the place where fibrous ring breaks, while increases around such place.

**Conclusion:**

As an effective complement to the regular MR examination performed on intervertebral disc, the use of DTI-FT technology can display the shape and completeness of the fibrous ring around the lumbar intervertebral disc in a noninvasive way, thus to identify as whether the fibrous ring is broken or the breaking point of it. FA value can reflect the change of diffusing capacity for water molecules of intervertebral disc, and in this way, it reflects quantitatively the change of fibrous ring on protrusion of lumbar intervertebral disc and the physiological process for nucleus pulposus at its early stage of degeneration. DTI technology can provide imaging basis for the diagnosis of the protrusion of lumbar intervertebral disc, and is also conducive to the understanding of its generation mechanism.

**Key words**: Intervertebral disk displacement; Tomography; X-ray computed; Magnetic resonance imaging; Diffusion tensor imaging;

前 言

1腰椎间盘突出症的临床诊断

腰椎间盘突出症（lumbar disc herniation, LDH）是目前骨科的常见病以及多发病，主因腰椎间盘尤其是髓核部分发生了不同程度的退行性改变后，在外力作用下，病变纤维环局部出现断裂，髓核从破裂的地方突出（或脱出）于间盘后方或椎管内，造成相邻脊神经根受压或刺激，从而引起腰部疼痛，一侧或双侧下肢麻木、感觉敏感度减低等症状[1]。

LDH发病率高居不下，成为严重影响人类劳动能力的临床疾病之一，随着人类生活方式的变化，其致病因素和流行病学特征也越来越复杂，其病因主要包括外源性因素（劳损、妊娠、外力等）和内源性因素（发育、遗传、退变等），但具体的发病机制尚不明确。常见诱因包括腹压增高、负重增加、妊娠等[2]。腰椎间盘突出是医学描述形态学的专业术语，其临床分类也大多基于影像学上的突出部与形态。关于LDH的分类，目前比较常用的有MacNab分类、美国矫形外科医师学会&国际腰椎研究会（American Academy of Orthopaedir Surgeons & International Society for the Study of Lumbar Spine, AAOS& ISSLS）分类、Spengler分类等[3]。

MacNab分类分为突出型和疝出型，前者包括局限型和广泛型，后者分脱出型、破裂脱垂型和游离型。

AAOS&ISSLS分类分为退变（degeneration）、膨出(bulge)、突出(pro-trusion)和脱出(extrusion)，后者又分为韧带下型、经韧带型和游离型。

Spengler分类分为突出(protruded)、脱出(extruded)和游离(sequestered)。因此，目前临床对腰椎间盘突出症的分型的定义还是存在不同的观点。

LDH临床诊断主要依靠体格检查、病史采集、实验室检查、影像学检查等，其虽是骨科是的常见病，但在诊断与治疗仍然存在一些难点[4]。随着各种影像学技术的高速发展，影像学检查已成为腰椎间盘突出症临床诊断中的重要手段之一。

2磁共振弥散张量成像（DTI）背景与意义

磁共振扩散加权成像（DWI）应用双极磁场梯度脉冲编码水分子，是现在最理想的可以测量水分子扩散运动的方法。磁共振弥散加权成像（diffusion weighted

image, DWI）由于其对病灶的敏感度高而广泛应用于中枢系统疾病的诊断中，作为腰椎检查的新技术逐步进入临床应用[5]。表观弥散系数（apparent diffusion

coefficient, ADC）主要反映分子弥散程度。因此ADC值可反映椎间盘内水分子弥散的微观改变，即以量化的方式，对椎间盘病变进行定性分析。Kealey等已发现ADC值可用于正常腰椎间盘与退行性腰椎间盘的鉴别[6]。在国内一些学者将ADC值应用于腰椎间盘退行性变分级的研究[7]。目前DWI在椎间盘生理生化方面的研究，尚处于起步阶段，也有学者认为T2定量技术有更高的敏感性，能发现早期的腰椎退行性变[8]。

磁共振扩散张量成像（diffusion tensor imaging, MR-DTI）是活体上测量水分子扩散运动与磁共振成像的影像学方法，是DWI基础上发展而来的新技术。MR-DTI技术是DWI的高阶形成，可以从多方向（至少６个）获取扩散加权图像，并得到每一个体素的扩散张量的成像过程。也可以说DTI就是扫描了更多扩散敏感梯度方向的

DWI技术。它利用的是人体组织中水分子的自由热运动原理，其存在各向异性，可以探测人体内的微观构造[9]，从而使研究人体功能成为可能。

在自然界中，分子的扩散较少受到束缚，如墨水滴入纯水中的扩散。这时分子的扩散速度在各方向上都是均等的，我们称之为各向同性。但在人体内，由于受到某些生物屏障的阻碍，如存在的半透性和可通透的细胞膜、神经髓鞘、轴突鞘等，分子的弥散受限制，这样就引起了对扩散的各项限制。

精准地沿纤维走行方向进行扩散各向异性的评价需要磁共振弥散张量成像技术

[10]. 因此，引出了弥散张量（Diffusion Tensor）的数学概念，“张量（tensor）”一词可以说是物理领域范畴，是一个既有大小又有方向的量，这样就可以用来描绘组织内水分子的扩散的方向和程度。弥散张量是由如下公式决定的：

为了生动形象地理解弥散张量，通过几何方法我们将其用椭球体表述。弥散张量成像的三个实特征值是基本不变量值，是沿着三个坐标轴方向度量的主弥散系数[11]。这三个坐标是每个组织内所固有的参数，每个实特征值联系一个主方向的实特征向量，而这个实特征向量也是组织内固有的。

弥散张量的三个实特征向量是相互垂直的，在各体素中，实特征值从大到小排列成λ1，λ2，λ3。用来研究DTI所得数据的参数常应用三种：

# （1） 平均弥散率（mean diffusivity, MD），目的是对组织内部某一体素或区域的

弥散情况进行全面系统的评价，需要消除各向异性的弥散带来的影响，而且使用一个不会改变的参数去进行评价，也可以说此参数的变化完全不依赖弥散的方向的变化

[12]. 在弥散张量的几个元素中，弥散张量轨迹（the trace of the diffusion tensor）就是一个不变参数，Tr(D) =DXX+DYY+DZZ，平均弥散率 MD=1/3Tr(D) =1/3

（DXX+DYY+DZZ）。MD仅表示组织内水分子弥散水平的大小，与方向不相关性[13]。

MD的数值越大，可以表示被测组织内部所含有的自由水分子数量越多。

（2）各向异性主要是与组织内分子位移的方向相关。用来定量分析各向异性的参数很多，有各向异性分数（fractional anisotropy, FA）、相对各向异性（relative anisotropy, RA）、容积比指数（volume ratio, VR）等。这些系数都是应用弥散张量的实特征值计算得出的。

①FA:各向异性，是指水分子的各向异性成分占整个弥散张量的比值，FA值的变化范围是从0～1.0代表弥散完全不受到限制，比如颅内的脑脊液，其FA值可以接近0；有规则方向性的组织，它的FA将大于0，例如大脑白质纤维、大脑神经纤维

FA 值可接近1.

FA值的计算公式如下：



其=MD

②RA：相对各向异性，其变化范围从0～√2之间。

③VR：容积比，由于其变化范围从1 到0，所以临床上我们更加倾向于使用

1/VR。

# （3） 弥散的主要方向（the main direction of diffusivities），常用于反映组织内部空间结构的方向[14]。

虽然可以反映组织各向异性的影像学参数有很多，但临床上应用最多的还是FA值，主要因为：第一，FA图可以显示较高的灰质与白质的对比，易找出感兴趣区，对FA值的测量更加准确；第二，FA值不会受到坐标旋转方向的影像，且FA值是组织自身的一种物理特性，对于同一对象在不同成像设备、不同时间以及不同对象间获得的数值均具有一定的可比性[16]。

以往我们对于大脑白质纤维束的研究常在活体动物的大脑组织学标本或尸体上

进行。常规的磁共振成像序列如T1WI、T2WI、FLAIR等图像可以显示大脑灰质与白质之间的差别，但都不能详细描述大脑白质的走行方向，所以不能提供完整的大脑白质纤维结构信息[17]。DTI主要反映了脑白质纤维内水分子的弥散方向，其FA图可显示白质的结构和各向异性，如显示内囊、外囊、最外囊、胼胝体等结构。但DTI序列依然无法描述各相邻体素之间白质是如何承接的。但随着计算机软件技术的飞速发展，人们开始应用DTI技术所得到的张量数据进行重建[18]，此即为弥散张量纤维束成像（diffusion tensor tractography, DTT），DTT 是DTI 技术的新技术，它可以辨别大脑白质纤维走行以及特殊纤维通道间的连接。由于DTT是一门新技术，其名称尚未统一，例如有白质纤维束成像（tractography）或纤维跟踪技术（fiber tracking）等称谓。

DTI目前临床主要应用于颅脑，是临床上唯一一种可以无创性地探究活体内中枢神经与外周神经走形的影像学研究方法，其拥有多种特征性参数，对于神经系统的应用也越发引人关注，当然DTI关节软骨、神经纤维、骨骼肌、心肌以及腰椎间盘等领域的研究[19-20]。当然DTI仍存在其局限之处，包括：①MRI弥散梯度所产生的涡流现象，使得对纤维束走行方向的描述出现不准确信息；②磁场如果不均匀，往往会使图像发生变形，影响DTI技术的数据分析；③比较细小的纤维束在显示上不经如人意；④受水肿、渗出、年龄等因素影响，使得受压与破坏表现不十分确切。

目前，DTI对腰椎间盘突出症的研究较少，但有部分学者已经涉及相关研究，且取得了一定的进展。杨海涛，王仁法等[21]用MR扩散张量成像应用于腰椎间盘纤维环的初步研究，发现DTI能够无创直观的显示椎间盘纤维环的形态以及完整性，并可以发现纤维环的断裂情况。所扫腰椎间盘行轴位DTI，后处理成为各向异性分数(FA)图、平均扩散系数(DCavg)图以及纤维环示踪(FT)图，通过研究发现DTI技术可能使早期发现腰椎间盘突出症成为可能，并对疾病监控以及预后有一定的帮助，将成为今后研究的一个热点方向。

椎间盘突出的特征就是纤维环的断裂，从而改变了局部弥散特征[22-25]，因此，可以通过DTI来了解和解释病变的解剖结构和病理生理改变。本研究采用GE1.5T超导

MR，对60例不同年龄组人群L4-L5进行磁共振扩散张量成像(DTI)扫描并进行定量分析，比较正常组受试者L4-L5腰椎间盘纤维环后缘和病例组腰椎间盘突出患者断裂纤维环在DTT图像上的不同并测量其量化特征，探究DTI技术在腰椎间盘突出病变

中的临床价值。

## **1** 资料与方法

### 1.1 研究对象

搜集2014年4月1日-2014年5月1日在ft西医科大学第二医院行腰椎MRI检查明确诊断为腰4-腰5椎间盘突出的30例患者，同时招募30名健康志愿者，均行腰4-腰5椎间盘MR扫描，所有研究对象均对本研究充分知情同意。

MRI纳入标准：

1. MRI常规检查发现腰椎间盘突出的患者

2. 没有腰背痛病史以及下肢麻木等腰椎间盘突出症状以及行常规MRI

未见腰椎间盘突出的健康志愿者设为对照组

3. 入组年龄限定在20-45 岁

MRI排除标准：

1. 经历过任何种类的脊椎手术

2. 体内有金属植入物

3. 需要麻醉或镇静

4. 恶性肿瘤患者

5. 幽闭恐惧症患者

6. 脊柱发育畸形者

7. 高血糖、高血脂患者

### 1.2 仪器 美国GE公司生产的1.5T Signa核磁共振仪

### 1.3 检查方法

1.采用1.5T 磁共振（1.5T Signa GE）对60 名受试者进行腰4-腰5 椎间盘

T1WI, T2WI, DTI序列MRI扫描，仰卧位，体线圈，头先进。

2.将扫描原始数据传输至GE ADW 4.4后处理站，采用Functool软件生成FT图、测量FA值。

3.对30例正常志愿者、30例腰椎间盘突出患者的腰4-腰5椎间盘分别测量正常纤维环（前缘、后缘）、纤维环断裂处以及邻近纤维环、各椎间盘髓核的FA值，用*x*±S表示。

### 1.4 统计方法

采用SPSS 19.0统计软件进行统计分析。计量资料采用均数±标准差的形式表示，配对资料间的比较采用配对t检验；成组资料的组间比较采用t检验。采用简单线性相关方法分析组间的相关性。统计学检验均为双侧检验，*P*<0.05认为差异有统计学意义。

## **2** 结 果

### 2.1 正常组与病例组FA值大小及组间比较

#### 2.1.1 正常组FA值大小及比较

正常组测量值大小及组内配对t检验结果见表1及表2。结果显示，椎体前缘

（0.66±0.04cm）和椎体后缘(0.67±0.04cm)与髓核(0.14±0.01cm)比较差异均有统计学意义(*P*<0.001)，椎体前缘与椎体后缘测量值的比较差异没有统计学意义（*t*=-0.16，

*P*=0.8778）。因此可以认为正常组椎体前缘与椎体后缘FA测量值相一致，而椎体前缘和椎体后缘测量值均高于髓核的FA值。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 表1-1 | 正常组FA值大小及组内比较( XS ) |  |
| 组别 |  | 部位 例 | 大小(cm) |
| 正常组  正常组 |  | 椎体前缘 30  椎体后缘 30 | 0.66 ±0.04\*  0.67 ±0.04\* |
| 正常组 |  | 髓核 30 | 0.14 ±0.01 |
|  | 注：\*表示与髓核比较*P*<0.001  表1-2 正常组组内配对t检验结果 | |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组别 | 组内比较 | df | t值 | *P*值 |
| 正常组 | 椎体前缘vs椎体后缘 | 29 | -0.16 | 0.8778 |
| 正常组 | 椎体前缘 vs髓核 | 29 | 71.91 | <0.001 |
| 正常组 | 椎体后缘vs髓核 | 29 | 71.56 | <0.001 |

#### 2.1.2 病例组FA值大小及比较

病例组FA值大小及组内配对t检验结果见表3及表4。结果显示，突出处（0.16 ±

0.01cm）和周围纤维环(0.78±0.03cm)比较差异有统计学意义(*t*=-116.13, *P*<0.001)；周围纤维环与髓核（0.16±0.01cm）比较差异也有统计学意义（*t*=107.70, *P*<0.001）；而突出处与髓核比较差异没有统计学意义（*t*=1.33, *P*=0.1924）。因此可以认为病例组周围纤维环的测量值均高于突出处与髓核的测量值，而突出处与髓核的测量值相一致。

表2-1 病例组测量值大小及组内比较( X　S)

| 组别 | 部位 | 例 | 大小(cm) |
| --- | --- | --- | --- |
| 病例组 | 突出处 | 30 | 0.16 ±0.01\* |
| 病例组 | 周围纤维环 | 30 | 0.78 ±0.03 |
| 病例组 | 髓核 | 30 | 0.16 ±0.01\* |
| 注：\*表示与周围纤维环比较P<0.001  表2-2 病例组组内配对t检验结果 | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 组别 | 组内比较 | df | t值 | *P*值 |
| 病例组 | 突出处vs周围纤维环 | 29 | -116.13 | <0.001 |
| 病例组 | 突出处vs髓核 | 29 | 1.33 | 0.1924 |
| 病例组 | 周围纤维环vs髓核 | 29 | 107.70 | <0.001 |

#### 2.1.3 正常组与病例组FA值的比较

正常组与病例组测量值组间比较见5。结果显示，正常组椎体后缘(0.67±0.04cm)与病例组突出处(0.16±0.01cm)及周围纤维环(0.78±0.03cm)的测量值比较差异均存在统计学上的意义(*P*<0.001)。因此可以认为正常组椎体后缘的测量值大于病例组突出处的测量值，但是小于病例组周围纤维环的测量值。

表3-1 正常组与病例组组间测量值的比较

| 组间比较 | df | t值 | P值 |
| --- | --- | --- | --- |
| 正常组椎体后缘vs 病例组突出处 | 58 | 50.58 | <0.001 |
| 正常组椎体后缘vs 病例组周围纤维环 | 58 | -22.43 | <0.001 |

### 2.2 正常组及病例组FA值相关性分析

#### 2.2.1 正常组内简单线性相关分析

正常组内简单线性相关分析结果见表6。结果显示，正常组椎体前缘与椎体后缘间高度相关(*r*=0.88, *P*<0.001)，而椎体前缘与髓核间（*r*=0.14, *P*=0.4550），椎体后缘与髓核间（*r*=0.23, *P*=0.2257）不存在相关性。

表4-1 正常组组内直线相关分析

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 组别 | 组间比较 r值 | P值 |
| 正常组 | 椎体前缘vs椎体后缘 0.88 | <0.001 |
| 正常组 | 椎体前缘vs髓核 0.14 | 0.4550 |

正常组椎体后缘vs髓核0.23 0.2257

#### 2.2.2 病例组内简单线性相关分析

病例组内简单线性相关分析结果见表7。结果显示，病例组突出处与周围纤维环

（*r*=0.40, *P=*0.0291）及髓核间(*r*=0.63, *P*=0.0002)存在一定相关性；而周围纤维环与髓核间(*r*=0.21, *P*=0. 2628)不存在相关性。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | 表5-1 病例组组内直线相关分析 |  |
| 组别 | 组间比较 *r*值 | *P*值 |
| 病例组 | 突出处vs周围纤维环 0.40 | 0.0291 |
| 病例组 | 突出处vs髓核 0.63 | 0.0002 |
| 病例组 | 周围纤维环vs髓核 0.21 | 0.2628 |
|  |  |  |  |

## **3** 讨论

LDH是骨科发病率较高的一组临床疾病，据不完全统计，外科门诊病人中腰腿疼痛患者约占53%，骨科门诊病人中腰腿疼痛的患者约占70%。[26]。由于人的腰骶活动度较大，且处于活动的腰椎与固定的骶盆交界处，需要承受较大的垂直压力和剪切力，导致相应椎间盘易于退变和损伤，因此腰4-5和腰5-骶1椎间盘突出症约占本病的95%左右。部分患者可以同时有2-3个椎间盘层面发生突出[27]，国外以腰5-骶1的LDH发病率最高，而国内却以腰4-5LDH患者居多[28-30]。

纤维环以及髓核是构成椎间盘的两部分。纤维环包绕髓核组织，由纤维软骨板组成，呈分层的同心圆状结构，相邻的纤维软骨板成50-60°角交叉排列，纤维软骨板之间分布有不同程度的软骨细胞，并由弹力纤维、胶原纤维等将板间相连接[31-33]。纤维软骨板依据其致密程度分为三层：分别为外、中、内层；外层最致密，中层其次，内层相对最稀疏；而无定形基质成分由外至内则逐渐增多；纤维软骨板两端与上下邻近的两椎体软骨终板相连接，并呈螺旋形走向[34-36]；纤维胶原原纤维是构成纤维软骨板的基本成分，而纤维软骨板就是由胶原原纤维组成的胶原纤维排列组成的。椎间盘前部与两侧的纤维环板层数量较纤维环后部要多，其中，椎间盘两侧的纤维环中纤维板层数量最多，接近40层。

正常纤维环在FT图上形态完整，呈匀质、连续的环形结构，将局部追踪的FT图放大可以看见纤维板层呈螺旋波浪状走行，每个纤维板层内的纤维束呈平行排列，而板层间纤维则相互交叉排列呈一定角度[38-39]。在健康对照组中26人FT图能够清晰显示纤维环内纤维走行、板层形态与排列，正常纤维环呈连续、均质的环形，板层纤维交错有序，而25名椎间盘突出患者突出部可见纤维环断裂、板层结构无序。说明DTI技术可以清晰显示椎间盘纤维环的解剖结构，与MRI常规扫描有较高的吻合性。Eward等应用7.1T磁共振对动物椎间盘进行磁共振扩散张量成像发现间盘的纤维环扩散存在着各向异性；纤维板层形状，方向以及板层间的交角和光镜下存在一致性。

我们通过统计数据分析发现，断裂处的FA值明显降低，而断裂处周围纤维环FA值增高。断裂处的FA值和髓核处的FA值相近，据此可以认为断裂处被髓核组织充填，髓核内富含水分和蛋白多糖，FA值比纤维环低，所以可以推断断裂处的FA值实际是该部位充填的髓核组织的FA值。突出组中有4例FT图没有发现明显断裂迹象，其FT

图上发现大量杂乱纤维走行影，健康组也有2例未出现环形结构，髓核处也可见纤维走形，纤维环本身形态显示不好，同时发现这6人年龄都在40-45之间。推测可能是由于病人椎间盘髓核出现明显的脱水，髓核内的软骨细胞转化成成纤维细胞，当纤维化较严重时甚至可以发生髓核内的完全纤维化，与重建的纤维环成为一体，因此FT图示踪纤维环的同时追踪到髓核内的纤维影像，导致很难区分出纤维环是否发生断裂。健康组2人与病例组1人发现图像质量较差，较难进行数据统计，主要原因在于患者无法耐受MRI噪音在扫描过程中发生身体位置移动，导致图像可能出现较大的运动伪影。

椎间盘周围紧邻骨质，血液和肠管内空气，因此MR扫描时局部磁场非常不均匀, 磁敏感伪影非常大, DTI图像质量不佳。对于脉冲序列的选择，我们发现（1）b-值越高SNR越高，但同时会明显增加扫描时间，我们尝试发现，b-值的选择多在700-900效果较好。（2）NEX选择12个，NEX越多，信噪比越高，扫描时间就越长。（3）腰椎间盘扫描远离心脏，所以伪影主要是因为呼吸运动，建议使用呼吸门控。（4）我们的研究使用了腹部线圈，发现腹部线圈比脊柱线圈的信噪比会更高。

常规MRI横断面图像中，正常zk间q盘2后0缘15呈11肾2形5的凹陷。当患者发生轻度膨出时，

后缘肾形凹陷逐渐消失。值得注意的是，有时髓核已沿纤维环裂隙发生突出，但未引起椎间盘外形明显改变时，影像表现与椎间盘膨出不能鉴别[40]。普通MRI横断面成像对纤维环这种裂隙样的撕裂显示不够清晰，因此存在诊断“椎间盘膨出”时可能存在

“椎间盘突出”的病理改变。在临床工作中会见到患者主诉症状为LDH，仰卧位CT或

MRI有时却未见明显LDH征象的情况，这可能是由于站立位导致椎间盘内压力较高，髓核可能突出压迫硬膜囊及神经根，患者表现LDH的症状，卧位MRI检查时椎间盘内压力减低，髓核还纳，在常规的CT和MRI检查可以表现为阴性。显而易见，腰椎间盘DTI可以解决上诉两种困扰，弥散张量成像可以清楚显示纤维环的裂隙，对于影像科医师准确诊断椎间盘膨出或突出十分有裨益，能够为临床医师和患者提供更准确的信息，便于腰椎间盘突出症的早期诊断和及时的治疗干预。

LDH的治疗方法主要包括为两大类：非手术疗法和手术疗法。在LDH的治疗当中，非手术疗法约占89% [42]; LDH的非手术疗法主要包括：卧床、牵引、理疗、按摩及药物。有学者研究认为腰椎间盘突出症保守治疗疗效与突出大小及脱出率有关[43]，而MRI在判断突出大小以及脱出率方面较CT更有优势，腰椎间盘DTI较常规

MRI可以清楚显示纤维环的损伤及断裂处，能更准确的判断突出块的大小以及脱出率，有助于临床医师对腰椎间盘突出症患者治疗方案的选择。对于保守治疗无效的患者，手术治疗是唯一的选择。

虽然MRI其目前具有扫描时间长、费用昂贵、后处理要求高、图像伪影大、禁忌症较多等缺点，但随着未来MRI技术愈发成熟，DTI对腰椎间盘突出症的临床作用也将会越来越大。

Zkq 20151125

## **4** 结论

综上所述，我们认为DTI检查可以直观显示纤维环形态和完整性，发现纤维环是否断裂和断裂的位置并从病理生理水平定量分析腰椎间盘突出症，可以作为诊断腰椎间盘突出症诊断治疗的有效补充，并可能发现早期腰椎间盘突出患者，便于临床医师及时治疗与干预。

Zkq 20151125

参考文献

[1]郭林，蔡跃增. 椎间盘源性腰痛椎间盘造影的影像学研究[硕士毕业论文]。天津：天津医科大学, 2009. 41-41.

[2]唐嫄科，薛金ft，张文，焦宁， 温世明， 李宏川. 动态脊髓造影诊断腰椎间盘突出症[J].中国脊柱脊髓杂志，2003,13(7)：395-397.

[3]牟桂玲，刘延青. 经皮CT椎间盘造影术确定髓核化学溶解方法[J]. 中国疼痛医学杂志，2010, 04: 212-214.

[4] Michael C. Fu Interrater and intrarater agreements of magnetic resonance imaging findings in the lumbar spine: significant variability across degenerative conditions. BS The Spine Journal 14(2014) 2442-2446

[5]董晖. 正常及退变腰椎间盘DTI及ADC值联合应用对比评价[硕士学位论文]。郑州：授予单位，

郑州大学,2010:22-22.

[6] Kealey SM, Aho T, Delong D, Barboriak DP, Provenzale JM, Eastwood JD. Assessment of apparentdiffusion coefficient in normal and degenerated intervertebrallumbar disks: initial experience[J]. Radiology,2005,235(2):569-574. PMID: 15798157.

[7] Zhang Z, Chan Q, Anthony MP, Szamkqar tz is2D0,1C5h1eu1n2g5KM, Khong PL, Kim M. Age-related

Diffusion patterns in human lumbar intervertebral discs: a pilot study in asymptomatic subjects[J]. Magn Reson Imaging,2012,30(2):181-8. PMID: 22055854.

[8]泮智勇， 许茂盛， 丁雪委， 王世威， 喻迎星. DESS与MEDIC磁共振序列在腰骶部脊神经成

像的比较研究[J].2013,23(4):581-584.

[9]李红，全昌斌，乔远，罡田梅. MR PROSET序列在正常腰骶部脊神经根成像中的应用[J].医学影像学杂志，2011,21(7)：1066-1068.

[10] MAJUMDAR S. Magnetic resonance imaging and spectroscopy of the intervertebral disc[J]. NMR Biomed,2006,19(7):894-903

[11]时寅， 王传兵， 刘伟， 宗敏， 萨日娜， 施海彬， 王德杭. 采用扩散张量成像定量研究及纤维束

示踪成像观察正常腰骶丛神经[J].中华放射学杂志，2014,48(2)：135-138.

[12]杨林. 3T磁共振成像在腰骶部脊神经及其相关疾病的应用研究[硕士毕业论文]。广州：南方医科大学,2008。

[13]管晓菲，张磊，贺石生. 磁共振神经成像技术在腰椎间盘突出症诊治中的应用进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志，2013,10: 939-942（7）:1066-1068.

[14]许桂晓，彭康强，张卫东，何浩强， 钟锐， 谢传淼. 增强3D SPACE STIR序列在显示腰骶神经根中的应用价值[J].中华临床医师杂志，2013,7(6)：2497-2500.

[15] F. Alyasa, b, D. Connella, b, A. Saifuddina, b, Upright positional MRI of the lumbar spine, Clinical

Radiology 2008;63,1035-1048

[16]费佳，翁得河，赵聪，李雪菁. SyngoMR外周神经成像[J]. 磁共振成像,2012,06:465-470.

[17]泮智勇，许茂盛，丁雪委，王世威， 喻迎星， 高旭宁. MEDIC序列在MR腰骶脊神经根成像中的临床应用[J].医学影像学杂志，2012, 22(9)：1528-1530

[18]侯忠学，赵耘，许冰，彭晓，张勇. 有限手术治疗多节段腰椎间盘突出症[J]. 中华损伤与修复杂志（电子版）,2009, 01: 62-65.

[19]王刚， 陈志维， 关宏刚， 韩敦富， 刘尚礼. 应用椎间盘造影判断腰椎间盘突出症腰痛的来源

[J].中国矫形外科杂志，2011,19(1):15-19.

[20]路鹏程，黄国志，吴文，樊涛，彭志康，刘亚洪. 射频热凝靶点消融结合臭氧注射治疗不同类型腰椎间盘突出症的近期疗效[J]. 中国康复医学杂志，2013, 03: 258-275.

[21]杨海涛，王仁法，王娟，高小玲， 李锋， 张海栋， 夏黎明， 王承缘. 腰椎间盘纤维环MR扩散张量成像的临床应用[J].中华放射学杂志，2007, 41(10)：1100-1003.

[22] Hitwatashi A, Danielson B, Mortiani T, Bakos RS, Rodenhause TG, Pilcher WH, Westesson PL. Axial loading during MR imaging can influence treatment descision for symptomatic spinal stenosis. AJNR Am[J] Neuroradiol 2004;25:170 -4.

[23]韩巧玲，赵卫东.能谱CT及其在腰椎间盘突出症中的临床应用价值[J].国际医学放射学杂志，

2014,37(1):50-53.

[24] Frieder Mauch, MD, Christian Jungz, kMqD C h2a0ng1e5s1in1t2h5e Lumbar Spine of Athletes From Supine to the True-Standing Position in Magnetic Resonance Imaging Spine 2010;35: E1002-1007

[25]谷洪，徐毅，黄俊杰，陈少锋， 张茂根. 脊髓造影与CTM 诊断腰椎间盘突出症与手术对照分析[J].医学影像学杂志，2001, 11(5)：331-333.

[26] Massimo Gallucci, MD, Nicola Limbucci, MD, Amalia Paonessa, MD, Alessandra Splendiani, MD: Degenerative Disease of the Spine. Neuro imaging Clinics of North Aamerica.2007,17:87-103

[27]贾连顺，杨立利. 退变性腰椎管狭窄症的现代外科学概念[J]. 中华骨科杂志，2002, 08: 65-68.

[28] Shan Muganathank. Gullapalli RP, Zhuo J, Mirvis SE. Diffusion tensor MR imaging in cervical spine trauma[J]. AJNR Am J Neuroradiol.2008,29 (4):655-659

[29]张新， 崔连奇， 关建中， 陈燚.腰椎间盘突出几种影像学诊断方法的对比分析[J].中国误诊学

杂志，2010, 10(4):790-791.

[30] Dominik Weishaupt, M. D.1 and Larissa Boxheimer, M. D. Magnetic Resonance Imaging of the Weight-Bearing Spine, SEMINARS IN MUSCULOSKELETAL 2003;7:27-286

[31] Gamie S, El-Maghraby T. The role of PET/CT in evaluation of Facet and Disc abnormalities in patients with low back pain using (18) F-Fluoride[J]. Nucl Med Rev Cent East

Eur,2008;11(1):17-21. PMID: 19173183.

[32]陈兴灿， 刘淼， 何东，潘永清， 赵凯宇. 仰卧位和俯卧过屈位CT、MRI对腰椎间盘突出症显

示的比较研究[J].中华放射学杂志, 2011, 45(1): 65-68.

[33] CARBALLIDO-GAMIO J, XU D, NEWITT D. Single-shot fast spin-echo diffusion tensor imaging of the lumbar spine at 1.5 and 3.0 T[J]. Magn Reson Imaging, 2007, 25(5): 665-670

[34]赵海南，姚伟武，李晓庆，程晓光. 腰椎间盘突出症患者骨密度CT定量研究[J]. 中国医学计算机成像杂志，2013, 02: 160-162.

[35]赵建， 郭智萍， 王林峰， 张旭静， 李石玲， 袁军辉，马晓晖， 张伟， 朱瑾. 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[J].中国脊柱脊髓杂志，2013,23（12）：1074-1078.

[36] Niu G, Yang J, Wang R, Dang S, Wu EX, Guo Y. 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. PMID: 21799044.

[37] Scheel M, Prokscha T, von Roth P, Winkler T, Dietrich R, Bierbaum S, Arampatzis A, Diederichs G.. Diffusion Tensor imaging of skeletal muscle–correlation of fractional anisotropy to muscle Power[J]. Fortschr Röntgenstr 2013,185(9): 857-861. PMID: 23888473.

[38] Mekkaoui C, Porayette P, Jackowski MP, Kostis WJ, Dai G, Sanders S, Sosnovik DE. Diffusion MRI Tractography of the Developing Human Fetal Heart[J]. PloS one,2013,8(8):1-5. PMID: 23991152.

[39] Eguchi Y, Ohtori S, Orita S, KamozdkaqH, A2ra0i1G5, I1sh1i2ka5wa T, Miyagi M, Inoue G, Suzuki M, Masuda Y, Andou H, Takaso M, Aoki Y, Toyone T, Watanabe A, Takahashi K.

Quantitative Evaluation and Visualization of Lumbar Foraminal Nerve Root Entrapment by Using Diffusion Tensor Imaging: Preliminary Results[J]. AJNR,2011,32: 1824-1829. PMID: 21920866.

[40] Chuanting L, Qingzheng W, Wenfeng X, Yiyi H, Bin Z. 3.0T MRI tractography of lumbar nerve roots in disc herniation [J]. Acta Radiol. 2014,55(8):969-75. PMID: 24132770.

[41]张其云，张建华，张万云.影像腰椎间盘突出症保守治疗疗效的CT影像学因素分析[J].中国

中医急症，2010，19(4):607-608.

[42] Madsen R, Jensen TS, Pope M, Sørensen JS, Bendix T. The effect of body position and axial load on spinal canal morphology: an MRI study of central spinal stenosis. Spine 2008;33:61-7

[43]李松年.现代全身CT诊断学[M].北京：中国医药科技出版社，1999: 345.

[44]詹劲松，黄光胜，许汉雄，戴中强，韦英裘，张伟恒. 腰椎间盘CT检查在腰椎椎管内麻醉操作中的价值[J]。中国现代医生，2007,45（20）：107-108.

# 综述

**腰椎间盘突出症的影像学诊断研究现状**

腰椎间盘突出症（Lumbar Disk Herniation, LDH）是指在腰椎间盘不同程度退行性改变后，在不同外力因素下，纤维环断裂并发髓核组织突出，压迫或刺激邻近脊神经根或脊髓，从而产生一侧或双侧下肢放射性疼痛、麻木、腰痛、腰部活动受限等临床症状与体征。以腰4-腰5、腰5-骶1椎间盘最为常见[1]。目前LDH的临床诊断主要依靠病史采集、体格检查、影像学检查等。LDH虽是骨科是的常见病，但诊断与治疗仍然存在一些难点。随着各种影像学技术的高速发展，影像学检查已成为腰椎间盘突出症诊断的重要手段之一。本文将对各种影像学技术在腰椎间盘突出症诊断中的作用进行相关阐述。

1传统X线检查

1.1普通平片

普通X线检查作为传统的影像诊断手段，仍是现阶段公众接受度最高的影像检查之一，由于我国大多数的基层医疗机构的设备相对有限，并未完全配备CT等相对高端检查设备，普通X线检查依旧是多种疾病筛查的首选方式。就LDH的诊断而言，常规摄片方式主要采用腰椎正侧位，在正侧位上很少看到腰椎间盘突出的直接征象，多表现为阴性结果，一些病人可表现出非特异性征象，如腰椎生理曲度改变（前突加大、变小或侧突）、椎间隙不同程度变窄、椎体边缘及椎小关节骨质增生、椎间盘钙化、Schmorl氏结节等变化。

1.2 X线造影检查

该项目主要包括脊髓造影、椎间盘造影。

1.2.1脊髓造影

脊髓造影是将水溶性碘剂等对比剂注入蛛网膜下腔后行X线检查，以显示病变的检查方法。自1919年Nandy采用蛛网膜下腔空气造影诊断腰椎间盘突出症以来，脊髓造影术曾一度成为腰椎间盘突出症诊断的重要影像学手段。采用该技术可以清晰

显示腰椎间盘的突出，并且可以在透视屏上通过改变患者体位多角度动态的观察椎管形态及其充盈缺损情况，可对椎管内的病变进行整体性的观察[2]，但随着近40年来

CT及MRI等非侵入性影像学检查技术的飞速发展以及在临床的广泛应用，该检查技术已逐渐被淘汰。

2.2腰椎间盘造影

腰椎间盘造影术是在局麻条件下将穿刺针刺入椎间盘中心，注入对比剂后行X线检查，以显示病变的检查方法。多用于脊髓造影不确切的患者，弥补脊髓造影较难发现的极外型以及椎管隐窝外侧突出型腰椎间盘突出[3]，且对腰椎间盘突出腰痛来源的判断具有一定价值[4]。但由于操作复杂、常给患者带来额外疼痛，属有创性检查，已不作为常规影像学检查。

1.2.3其它

如硬膜外造影、椎静脉造影术、腰骶神经根造影术等，这些影像技术虽对腰椎间盘突出症的诊断具有一定意义，但由于其有创性，目前已极少在临床中应用。

2计算机体层摄影（Computed Tomography, CT）

2.1 MSCT

CT作为临床上LDH常用的诊断方法，其扫描时间短，无明显的检查禁忌症，较高的密度分辨率等优点，可以清晰地显示患者腰椎间盘的具体情况，包括病变的部位以及程度，此外还能够直观显示患者神经根受压的情况以及周围组织结构，且对腰椎间盘是否存在积气、钙化等征象敏感性较高。多平面重组（multiplaner

reconstruction，MPR）及3D重组技术作为比较先进的CT后处理技术，可以任意断面观察椎间盘及椎管内情况，很大程度上弥补了单纯轴位成像的不足，更加有利于诊断。随着后处理技术的不断更新，许多新的技术如表面遮盖显示（shaded surface

display, SSD）、仿真内镜技术等使其对腰椎椎间盘突出症的评估更加全面。因此MSCT已是目前临床诊断腰椎间盘突出症的常用手段[5]。近年来随着CT技术的发展，尤其是能谱CT的出现以及在临床中的逐渐应用，一些学者也开始通过能谱技术对腰椎间盘突出症进行研究[6]，可能对腰椎间盘突出症的早期诊断以及量化评估有一定意义[7]。

2.2 CTM(CT脊髓造影)检查。

CTM检查是将非离子造影剂注入蛛网膜下腔后行CT扫描的检查方式。利用CT

高分辨率的特性，可以在横断面上清楚区分硬膜囊与硬膜外组织，不同程度提高了

LDH诊断的准确率，更清晰地显示了突出部位及大小，纠正了脊髓造影所致的假阴性[8]，为制定治疗方案提供了客观依据。然而CTM不仅属于有创性检查，而且存在电离辐射剂量大、费用较高、无法准确显示脊髓及神经根受压水肿或变性、对纤维环的断裂情况无法直观显示等缺点，对早期腰椎间盘突出症的诊断意义不大。

CT检查作为近年来发展较迅速的一种影像检查方法，经过不断改良与创新，辐射剂量的减小、检查时间的缩短、空间分辨率及密度分辨率的提高，使得CT能较清晰的显示各个椎体轴位的骨性和软组织结构，如关节突、侧隐窝、椎间盘和椎管内、外结构的变化[9]，较高的检出率使得公众对CT检查的接受度持续上升，已成为诊断腰椎间盘突出症的首选方法，尽管CT检查近年来在辐射剂量上已进行大量的优化，但相较MRI，在辐射剂量、动态扫描等方面，CT检查依旧有着自己的劣势，使得其未来的应用发展受到了限制。

3. USG（超声波检查）

超声波检查并非腰椎间盘突出症的常规检查，但对疾病诊断有一定意义。张新等

[10]通过对比研究发现B超对LDH诊断的符合率较低，低于CT检查与物理学检查。其主要缺点是假阳性率较高，节段定位不准确，因此LDH对诊断仅具有参考价值。不过B超作为一项无创性检查，且费用较低，可用作验证手段，有助于临床症状典型病例的确诊。

4. SPECT及PET检查

核医学检查对腰椎间盘突出症的研究较少，目前一些学者对CT及MRI检查阴性的患者通过PET/CT进行研究，探究导致腰痛的原因[11]。临床极少使用核医学手段对腰椎间盘突出症进行临床诊断，多用于除外腰椎其它病变。

5. MRI

MRI检查软组织分辨率高，其矢状位的成像为一次性成像，有助于准确且全面地观察突出髓核的形态、位置及突出程度，对Schmorl氏结节的发现具有非常大的价值。

MRI腰椎检查不仅对脊柱和脊髓的解剖显示清晰，且不受硬化伪影干扰，且可以多

方位进行成像。然而，目前MRI对腰椎检查的常规体位均是仰卧位，在某些特殊情况下，尤其是突出较轻的患者，在仰卧位时腰椎间盘突出块可以回缩，使MRI呈阴性表现，从而干扰了医师对LDH的及时诊断与治疗。现阶段，弥补常规仰卧位MRI检查的不足主要通过两个方面来进行：其一，通过改变体位。如陈兴灿、刘淼等人已对俯卧过屈位腰椎MRI进行了尝试，发现俯卧过屈位腰椎MRI检查可改变仰卧位腰椎间盘突出症的临床分型[12]。其二，将不同的序列应用于腰椎间盘突出症的临床诊断，这也是目前研究的热点[13]。从研究对象而言，也可主要分为两类，包括腰椎间盘本身以及腰骶脊神经根的MR研究。

5.1腰椎间盘MRI研究

5.1.1磁共振弥散加权成像（diffusion weighted image, DWI）

由于其对病灶的敏感度高而广泛应用于中枢系统疾病的诊断中，作为腰椎检查的新技术逐步进入临床应用。表观弥散系数（apparent diffusion coefficient, ADC）主要反映分子弥散程度。因此ADC值可反映椎间盘内水分子弥散的微观改变，即以量化的方式，对椎间盘病变进行定性分析。Kealey[14]等已发现ADC值可用于正常腰椎间盘与退行性腰椎间盘的鉴别。在国内一些学者将ADC值应用于腰椎间盘退行性变分级的研究[15]。目前DWI在椎间盘生理生化方面的研究，尚处于起步阶段，也有学者认为T2定量技术有更高的敏感性，能发现早期的腰椎退行性变[16]。

5.1.2磁共振扩散张量成像（diffusion tensor imaging, DTI）

是活体上测量水分子扩散运动与磁共振成像的影像学方法，是DWI基础上发展而来的新技术，目前国内外已有关于DTI应用于中枢神经系统、关节软骨、神经纤维、骨骼肌、心肌以及腰椎间盘等领域的研究[17-18]。杨海涛，王仁法等[19]用MR扩散张量成像应用于腰椎间盘纤维环的初步研究，发现DTI能够无创直观的显示椎间盘纤维环的形态以及完整性，并可以发现纤维环的断裂情况。所扫腰椎间盘行轴位

DTI，后处理成为各向异性分数(FA)图、平均扩散系数(DCavg)图以及纤维环示踪(FT)图，通过研究发现DTI技术可能使早期发现腰椎间盘突出症成为可能，并对疾病监控以及预后有一定的帮助[20]，将成为今后研究的一个热点方向。

5.2腰骶脊神经根MRI研究

腰椎间盘突出症引起临床症状主要是因为突出的椎间盘压迫或刺激腰骶脊神经根或马尾神经等结构[21]，目前临床常采用CT或MRI平扫检查，通过CT横断位以及

MRI矢状位和横断位的常规图像，一般可以较准确地锁定病变腰椎间盘，对治疗策略提供一定的指导意义。部分LDH患者临床症状显著，但常规CT或MRI检查未能发现明确病灶或仅有轻微病灶，与临床症状不符，为疾病的正确及时诊断及治疗方案制定带来困难。随着MR成像设备与技术的迅猛发展，磁共振神经成像（magnetic resonance neurography, MRN）技术日渐成熟，其可以直接清晰显示腰骶神经根的异常信号及具体位置关系，有助于LDH的诊断。目前常应用于显示脊神经的MRN技术主要包括重T2WI脂肪抑制序列与DWI技术常应用于外周神经的成像[22]。

5.2.1重T2WI脂肪抑制序列

此技术通过抑制脂肪技术将神经周围及神经束间的脂肪给予抑制，从而获取仅保留神经束膜内液体的T2加权图像。高场强MRI、敏感度编码采集技术（sensitivity

encoding, SENSE）、三维高分辨率成像、短时间反转恢复序列（short time invertion

recovery, STIR）压脂技术的研发使得该序列图像的分辨率以及信噪比均明显提高，可以获得更细、更多的脊神经根的信息，更加适用于周围神经学的研究。许桂晓、彭康强等[23]对18例受试者行增强3D SPACE STIR序列平扫和增强扫描，发现可以达到更均匀、稳定的抑制脂肪的高信号，可以清晰观察腰骶神经的解剖形态，发现神经根病变。多回波数据图像重合（muhiecho data image combination, MEDIC）序列属扰相GRE序列[24]，在一次小角度脉冲激发后，采集多个梯度回波，明显提高信噪比和对比度，明显胜过原来磁共振脊髓成像（magnetic resonance myelography, MRM）等技术，目前己应用于腰骶脊神经根的成像[25]，当然也有学者发现双回波稳态进动（dual echo steady

state, DESS）序列在腰骶脊神经成像的图像优于MEDIC序列[26]。此外李红等[27]用PROSET（principle of selective excitation technique）技术对30例正常健康志愿者进行检查，证实PROSET序列可以清晰且直观地显示腰骶神经的解剖和走行。以上序列的原始图像还可通过多平面重建图像（multiplanar reformation, MRP）、最大密度投影

（maximum intensity projection, MIP）等方式进行三维重建，更加有助于脊神经根病变的观察，且对特殊类型腰椎间盘突出症的诊断具有一定临床意义.

5.2.2磁共振弥散加权成像（diffusion weighted image, DWI）

DWI技术不仅仅对腰椎间盘病理改变敏感，而且可以用于腰骶神经根的评估。由于神经细胞膜与神经髓鞘的存在，使水分子在神经纤维长轴垂直方向明显受限，表现各向异性扩散运动，使信号衰减明显弱于背景信号。因此，DWI图像上背景被抑制，腰骶神经呈高信号，应用后处理技术可以清晰显示腰骶脊神经的解剖结构和走形。在国内外已有不少学者将DTI技术应用于这项研究中，并证实DTI及DTT技术可定量描述腰骶脊神经的特点且可直观重建图像，清晰显示腰骶丛神经[28-30]

6总结与展望

目前，对腰椎间盘突出症的诊断临床工作中多采用安全、无创的影像学手段，有创性的检查大多将逐步淘汰。X线平片对腰椎间盘突出症的诊断意义不大，CT、MRI常规影像学检查仍然是诊断该病的主要手段，随着人们对疾病认识以及健康需要的不断提高，早期诊断以及疾病预防成为我们目前研究的重点。MRI领域依然是人们将来研究的热点，其中DTI技术不管是从观察突出椎间盘角度还是对受压的腰骶脊神经根都有一定的诊断价值，可能将成为腰椎间盘突出症早期诊断的影像学手段。但由于MRI检查费用昂贵，禁忌症较多，且DTI序列扫描时间很长，部分患者无法耐受，容易出现运动伪影，影响图像质量，使其临床应用受到很大限制。近年来MR技术发展迅猛，主要从高场强的应用、扫描参数的优化、算法的改进、图像质量的提高等方向着手发展。总之，腰椎间盘突出症的诊断将从传统单一形态学角度逐步走向多元化的发展。

参考文献

[1]郭林，蔡跃增. 椎间盘源性腰痛椎间盘造影的影像学研究[硕士学位论文]。天津：天津医科大学, 2009. 41-41.

[2]唐嫄科，薛金ft，张文，焦宁， 温世明， 李宏川. 动态脊髓造影诊断腰椎间盘突出症[J].中国脊柱脊髓杂志，2003,13(7)：395-397.

[3]牟桂玲，刘延青. 经皮CT椎间盘造影术确定髓核化学溶解方法[J]. 中国疼痛医学杂志，2010, 04: 212-214.

[4]侯忠学，赵耘，许冰，彭晓，张勇. 有限手术治疗多节段腰椎间盘突出症[J]. 中华损伤与修复杂志（电子版）,2009, 01: 62-65.

[5]王刚， 陈志维， 关宏刚， 韩敦富， 刘尚礼， 应用椎间盘造影判断腰椎间盘突出症腰痛的来源

[J].中国矫形外科杂志，2011，19(1)：15-19.

[6]路鹏程，黄国志，吴文，樊涛，彭志康，刘亚洪. 射频热凝靶点消融结合臭氧注射治疗不同类型腰椎间盘突出症的近期疗效[J]. 中国康复医学杂志，2013, 03: 258-275.

[7]韩巧玲，赵卫东.能谱CT及其在腰椎间盘突出症中的临床应用价值[J].国际医学放射学杂志，2014, 37(1)：50-53.

[8]谷洪， 徐毅， 黄俊杰， 陈少锋， 张茂根. 脊髓造影与CTM 诊断腰椎间盘突出症与手术对照

分析[J].医学影像学杂志，2001,11(5):331-333.

[9]贾连顺，杨立利. 退变性腰椎管狭窄症的现代外科学概念[J]. 中华骨科杂志，2002, 08: 65-68.

[10]张新，崔连奇，关建中，陈燚. 腰椎间盘突出几种影像学诊断方法的对比分析[J].中国误诊学杂志，2010,10(4)：790-791.

[11] Gamie S, El-Maghraby T. The role of PET/CT in evaluation of Facet and Disc abnormalities in patients with low back pain using (18) F-Fluoride[J]. Nucl Med Rev Cent East Eur,2008;11(1):17-21. PMID: 19173183.

[12]陈兴灿， 刘淼， 何东， 潘永清， 赵凯宇. 仰卧位和俯卧过屈位CT、MRI对腰椎间盘突出症显

示的比较研究[J].中华放射学杂志，2011, 45(1)：65-68.

[13]赵海南，姚伟武，李晓庆，程晓光. 腰椎间盘突出症患者骨密度CT定量研究[J]. 中国医学计算机成像杂志，2013, 02: 160-162.

[14] Kealey SM, Aho T, Delong D, Barboriak DP, Provenzale JM, Eastwood JD. Assessment of apparentdiffusion coefficient in normal and degenerated intervertebrallumbar disks: initial experience[J]. Radiology, 2005, 235(2):569-574. PMID: 15798157.

[15]赵建， 郭智萍， 王林峰， 张旭静， 李石玲， 袁军辉， 马晓晖， 张伟， 朱瑾. 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[J].中国脊柱脊髓杂志，2013,23(12)：1074-1078.

[16] Niu G, Yang J, Wang R, Dang S, Wu EX, Guo Y. 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. PMID: 21799044.

[17] Scheel M, Prokscha T, von Roth P, Winkler T, Dietrich R, Bierbaum S, Arampatzis A, Diederichs

G. Diffusion Tensor imaging of skeletal muscle–correlation of fractional anisotropy to muscle Power[J]. Fortschr Röntgenstr 2013,185(9): 857-861. PMID: 23888473.

[18] Mekkaoui C, Porayette P, Jackowski MP, Kostis WJ, Dai G, Sanders S, Sosnovik DE. Diffusion MRI Tractography of the Developing Human Fetal Heart[J]. PloS one,2013,8(8):1-5. PMID: 23991152.

[19]杨海涛， 王仁法， 王娟， 高小玲， 李锋， 张海栋， 夏黎明， 王承缘.腰椎间盘纤维环MR扩散张

量成像的临床应用[J].中华放射学杂志，2007,41(10):1100-1003.

[20] Zhang Z, Chan Q, Anthony MP, Samartzis D, Cheung KM, Khong PL, Kim M. Age-related diffusion patterns in human lumbar intervertebral discs: a pilot study in asymptomatic subjects[J]. Magn Reson Imaging,2012,30(2):181-8. PMID: 22055854.

[21]杨林. 3T磁共振成像在腰骶部脊神经及其相关疾病的应用研究. [硕士学位论文]。广州：南方

医科大学，2008.

[22]管晓菲，张磊，贺石生. 磁共振神经成像技术在腰椎间盘突出症诊治中的应用进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志，2013,10: 939-942(7):1066-1068.

[23]许桂晓，彭康强，张卫东，何浩强， 钟锐， 谢传淼. 增强3D SPACE STIR序列在显示腰骶神经根中的应用价值[J].中华临床医师杂志，2013,7(6)：2497-2500.

[24]费佳，翁得河，赵聪，，李雪菁. SyngoMR外周神经成像[J]. 磁共振成像,2012,06:465-470.

[25] 泮智勇， 许茂盛， 丁雪委， 王世威， 喻迎星， 高旭宁. MEDIC 序列在 MR 腰骶脊神经根成像中的临床应用[J].医学影像学杂志，2012，22(9):1528-1530

[26] 泮智勇， 许茂盛， 丁雪委， 王世威， 喻迎星. DESS 与 MEDIC 磁共振序列在腰骶部脊神经成像的比较研究[J].2013,23(4):581-584.

[27] 李红， 全昌斌， 乔远， 罡田梅. MR PROSET 序列在正常腰骶部脊神经根成像中的应用[J].医学影像学杂志，2011,21(7)：1066-1068.

[28] 时寅， 王传兵， 刘伟， 宗敏， 萨日娜， 施海彬， 王德杭. 采用扩散张量成像定量研究及纤维束示踪成像观察正常腰骶丛神经[J].中华放射学杂志，2014,48(2)：135-138.

[29] Eguchi Y, Ohtori S, Orita S, Kamoda H, Arai G, Ishikawa T, Miyagi M, Inoue G, Suzuki M, Masuda Y, Andou H, Takaso M, Aoki Y, Toyone T, Watanabe A, Takahashi K. Quantitative Evaluation and Visualization of Lumbar Foraminal Nerve Root Entrapment by Using Diffusion Tensor Imaging: Preliminary Results[J]. AJNR,2011,32: 1824-1829. PMID: 21920866.

[30] Chuanting L, Qingzheng W, Wenfeng X, Yiyi H, Bin Z. 3.0T MRI tractography of lumbar nerve

Roots in disc herniation [J]. Acta Radiol. 2014,55(8):969-75. PMID: 24132770.

附 录



致**谢**

写论文写到致谢这一节，总是让人掩饰不住内心的喜悦，但是又有点惴惴不安。研究生这三年是我从一个没有临床经验的普通医学生向临床诊断医生转变，三年的时间，短暂而又有意义，对许多事情我有了更多的看法，也有了更加清晰的目标；医学是谨慎的学科，在各位老师和同学的帮助下，我学到了很多。

第一个感谢是对我的恩师张进院长，本科时期我是学临床医学专业的，是张老师，让我对医学影像学有了兴趣继而报考影像医学与核医学专业，第一年我的影像基础非常薄弱，张老师耐心的教导和指引让我对影像医学的认识更深，并且慢慢的学会对自己的专业知识进行思考，虽然我是专业学位，但是科研上，张老师教导我要用严谨的态度、缜密的科学思维和实践来验证自己的想法，三年来，我受益匪浅，在此向我的恩师表达我最衷心，最诚挚的感激之情！

其次要感谢薛雁ft主任、王新文、赵卫东、张永林、潞安集团总医院刘永波主任、应逸凤、牛金亮、甄俊平、高强、郑洁、李天平、李红梅、张润梅、吴文清、张月英等帮助过我的各位师长对我三年的科研、医学影像方面的学习所给予的帮助和指导，没有各位老师的帮忙，课题不会如此顺利的进行。

再次要感谢宋飞鹏师兄，对我课题给予了很多指导，论文成文帮我审核，一个标点符号都不放过，三年来，在我不断的答谢饭菜猛攻下，体型愈发可观；感谢张红宇师姐在我学习与生活上对我的支持和鼓励，在影像科打片子写报告的日子虽然忙碌却也快乐、充实，每每认为医生这个行当不好做的时候，师姐的笑声让我感觉学医也可以是一件十分有趣的事情。同时也感谢郭维婷、景辉、张俊杰等我的同窗正是因为大家的互相帮助和支持，我们才能克服困难，共同进步，顺利完成学业。

感谢我最好的朋友李园，是他在我研究生期间最忙的时候给我极大的帮助，在我最困难的时候陪伴着我。

感谢张倩师姐在长治市做课题时对我无微不至的关怀与帮助，感谢林斌师弟、樊鹏师弟在我各种课题磨合、参数调试时充当志愿者在MR仪上，一躺就是一个多小时，一站就站半个多小时，一动不动，我还记得师弟下来时腿都在抖，在学校里遇到各位是我这三年来最宝贵的财富。

感谢长治市人民医院磁共振室曹文科主治医师，是他让我认识到什么是“农民阶

级的局限性“，也提早的认识了社会的善与恶。

最后，感谢父母，是他们的支持、关怀和鼓励，我才能在一次次跌倒中站起来。我将继续努力，做一个踏实认真的奋斗者，一个合格的影像医师。

希望这篇论文不会是学术思考的终点，也希望前面这句话不只是希望。

# 在学期间承担**/**参与的科研课题与研究成果

**承担/参与的科研课题**

**研究成果**

[1] 郜璐璐, 张进, 林斌. 腰椎间盘突出症的影像学诊断研究现状. 中华临床医师, 已录用.

[2] 林斌, 张进, 郜璐璐. 影像学检查在类风湿关节炎诊断中的应用价值. 中华临床医师, 已录用.

[3] 宋飞鹏, 张进, 郜璐璐. 骨质疏松症影像学诊断的研究现状[J]. 中国现代医生, 2014, 11: 158-160.

# 个人简历

郜璐璐，女，1988年6月19日出生，汉族，ft西省太原市人。

2007年9月考入ft西医科大学晋祠学院临床二系临床医学专业，2012年6月本科毕业并获得医学学士学位。

2012年9月考入ft西医科大学医学影像系影像医学与核医学专业。