

西安交通大学第一附属医院

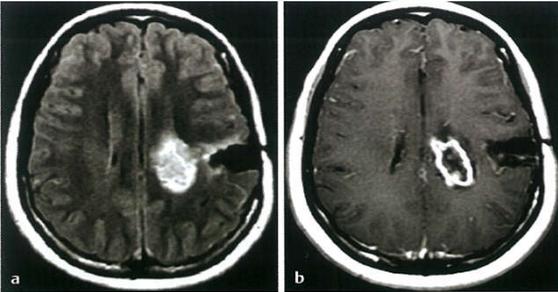
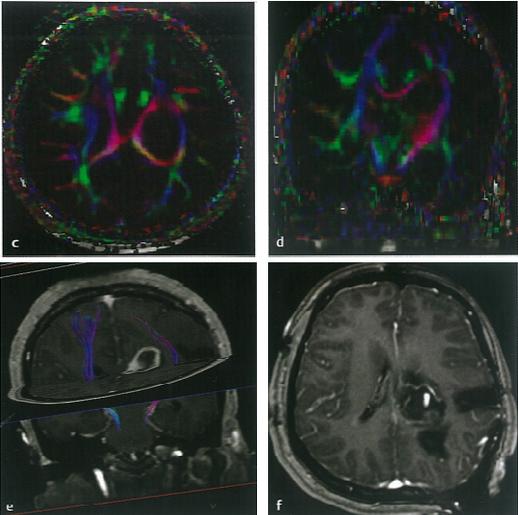
教案

学科系：医学影像学

| | | | | | | | | |
|-----------|---|----|--|--------|--|----|-----|----|
| 课程类型 | 理论 | 学时 | 2 | 授课对象 | <table border="1"> <tr> <td>年级</td> <td rowspan="2">研究生</td> </tr> <tr> <td>专业</td> </tr> </table> | 年级 | 研究生 | 专业 |
| 年级 | 研究生 | | | | | | | |
| 专业 | | | | | | | | |
| 授课教师 | 郭晨光 | 职称 | 讲师 | 教案完成时间 | 2020年02月25日 | | | |
| 授课题目(章、节) | DTI 技术——神经纤维束走行你看到了吗? | | | | | | | |
| 教 材 | 姜洪新等主编. DTI 神经纤维束结构与功能. 科学技术文献出版社, 2018. | | | | | | | |
| 思政元素 | 科学精神、创新精神、医学人文教育、解决问题的实践能力 | | | | | | | |
| | 弥散技术的发展、以脑肿瘤病例引入, 学生讨论形式 | | | | | | | |
| 教学目标 | (一) 知识目标 | | (二) 能力目标 | | | | | |
| | 掌握: 1. 掌握 DTI 技术原理 2. 掌握 DTI 相关参数 理解: 理解纤维束示踪技术 了解: 了解 DTI 技术在中枢神经系统应用 | | 科研创新能力: 学习 DTI 技术原理, 激发科研兴趣, 提高创新能力。 评判性思维能力: 了解 DTI 技术在中枢神经系统应用, 掌握 DTI 在不同疾病的诊断方法。 临床思维能力: DTI 技术与临床相结合, 掌握发现临床问题的能力。 | | | | | |

| 教学重点、难点 | 重点 | 难点 |
|---------|--|----------|
| | 1. DTI技术原理； 2. DTI相关参数； 3. DTI技术在中枢神经系统应用。 | 纤维束示踪技术。 |

教学设计（可续页）

| 教学内容 | 方法、辅助手段 | 时间分配 |
|---|---|-------|
| <p>一、DTI技术原理</p> <p>(一) 由问题引入DTI技术</p>  <p>a图：Flair b图：T1增强</p> <p>问题：是否应该按照原手术入路切除肿瘤，以减少对脑组织的损伤？</p>  | <p>PPT 及图片展示</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 介绍 DTI 技术原理 2. 讲解 DTI 相关参数 3. 掌握纤维束示踪技术 4. DTI 技术在中枢神经系统应用 | 90 分钟 |

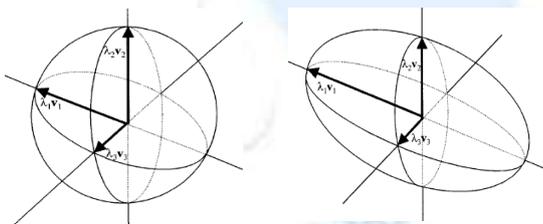
(二) DTI技术原理

1. 水分子扩散：DWI二维 vs DTI三维
2. 各项同性：在均质介质中，水分子的扩散是随机的，即向各个方向运动的概率相同，表现为扩散各的各向同性，如脑脊液、灰质
3. 各项异性：具有固定排列顺序的结构中，水分子通常更加倾向于沿某一特定方向进行扩散，表现为扩散的各向异性，如白质纤维束
- 4.

$$D = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yz} & D_{yy} & D_{yx} \\ D_{zx} & D_{zy} & D_{zz} \end{bmatrix}$$

矩阵D：扩散张量

由于 $D_{ij}=D_{ji}$ ，得到三个特征值（ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 ） λ_1 代表扩散主要方向的扩散率， λ_2 、 λ_3 代表垂直于主要扩散方向的扩散率



$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$$

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$$

5.

$$D = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} & D_{xz} \\ D_{yz} & D_{yy} & D_{yx} \\ D_{zx} & D_{zy} & D_{zz} \end{bmatrix}$$

自由度=6

至少需要测量6种不同梯度方向作用下的图像

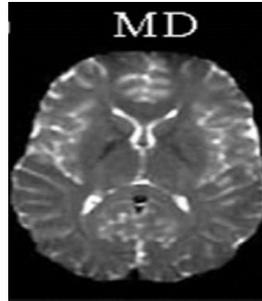
及一幅基准图像

方向越多，三维空间分布越均匀，数据越准确

二、DTI相关参数

1. 平均扩散率 (MD) :

水分子的平均扩散速率，不依赖于某个扩散方向的改变，代表整体扩散水平，其值越大，表示组织内所含的自由水分子越多

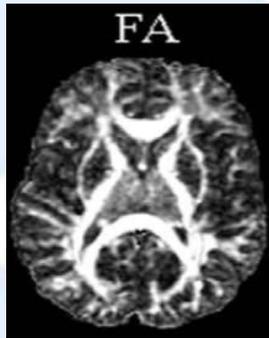


$$MD = (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) / 3$$

即平均ADC

2. 部分各向异性 (FA)

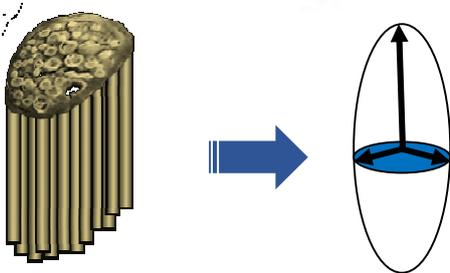
是指水分子各向异性成分占整个扩散张量的比例；为定量分析各向异性的最常用参数。FA值范围为0~1，值越大，各向异性越大。



白质中FA值与髓鞘的完整性、纤维的致密性及平行性呈正相关，

水分子垂直于神经纤维走向的扩散运动困难

水分子平行于神经纤维走向的扩散运动容易



脑白质：高信号；表现出比较高的各向异性；

脑灰质与脑脊液：低信号；趋向于各向同性；

胼胝体>内囊后肢>内囊前肢>外囊>半卵圆中

心。

3. 相对各向异性 (RA)：水分子扩散的各项异性成分与各项同性成分之间的比值，范围0~1；RA值越大，水分子扩散的各向异性程度越大。

4. 容积比 (VR)：椭球体的体积与半径为平均扩散率的球体体积之比，范围0~1；VR值越接近于1，水分子扩散的各向同性程度越大。

5. 相关参数小结

MD值越大，组织内所含的自由水分子越多；

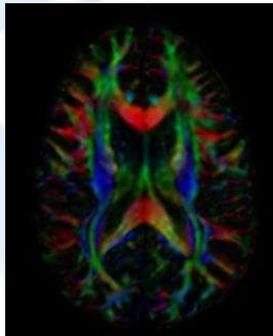
FA值越大，各项异性程度越大；

RA值越大，各项异性程度越大；

VR值越大，各项同性程度越大。

6. DTI彩色编码图

原理：体素扩散的最大本征向量的方向决定白质纤维走行，红色：左右；绿色：前后；蓝色：上下。

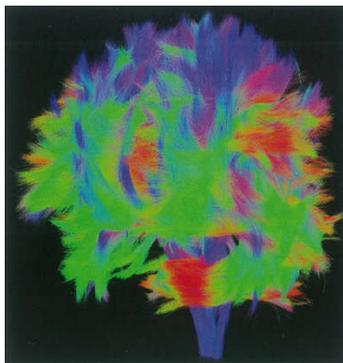


三、纤维束示踪技术

最大本征向量对应纤维束传导方向；

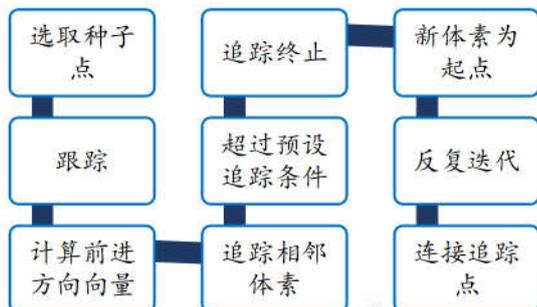
三维空间展示纤维束相互连接；

显示脑白质纤维束唯一非侵入性、无创性方法

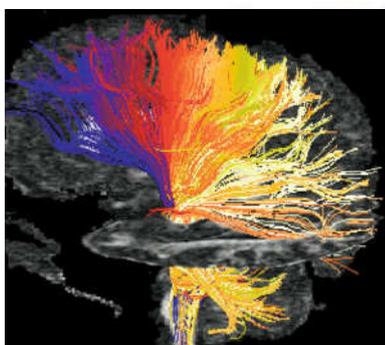


全脑纤维束成像

(一) 脑白质纤维追踪算法



健康人放射冠纤维束走行



(二) 面临挑战

- 技术问题—伪影、信噪比
- 种子点的选取—手动放置、种子ROI距离
- 纤维束追踪失败—肿瘤、瘤周水肿
- 大脑漂移—不可预测

四、DTI技术在中枢神经系统中的应用

- 大脑的发育和衰老
- 脑缺血性疾病
- 脱髓鞘疾病
- 脑肿瘤
- 其它疾病

(一) 大脑发育和衰老

1. 发育：出生后随着大脑发育、髓鞘化，白质的各向异性不断增加；

与成人相比，新生儿白质ADC值较高，FA值较低；

较大儿童ADC值和各向异性定量测定对于临床评价大脑成熟性有一定的价值。

2. 衰老：观察与年龄相关的变性:40岁后成年人脑白质ADC值升高；

与年龄相关FA值在脑白质纤维密集区域会降低，尤其是胼胝体膝部和半卵圆中心。

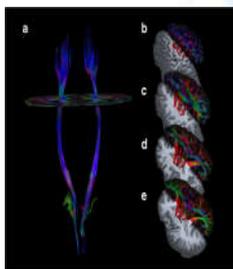
（二）脑缺血性疾病

1. 脑梗塞急性期至亚急性早期：白质各向同性扩散程度较灰质明显下降，表明DTI在白质缺血的显示方面较一般的DWI敏感；

有研究发现，急性脑缺血中脑白质FA值显著降低，在脑灰质无明显变化；

在慢性脑卒中，梗死区扩散的各项异性明显降低。

2. 通过DTI测量的皮质脊髓束完整性与脑卒中后患者运动功能转归密切相关。



DTI显示皮质脊髓束走行

（三）脱髓鞘病变

研究显示多发性硬化（MS）T2WI显示的病灶区MD增高，增高程度与病变临床病程有关，病理破坏越明显，扩散率越高；

MS病人的正常表现白质扩散率增高，显示这是一种弥漫性多发性病变，MS的灰质亦可见扩散率增高，提示灰质同时具有病理改变，也有研究显示MS白质异常中FA较ADC更敏感。

（四）脑肿瘤

| | | |
|---|--|--|
| <p>1. 肿瘤成分识别瘤周浸润与水腫鉴别；</p> <p>2. 肿瘤定性、分级；</p> <p>3. 手术方案制定，手术入路选择</p> <p>4. 治疗反应监测</p> <p>（五）其它疾病</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 癲癇 ➤ 精神分裂症 ➤ 弥漫性轴索损伤 ➤ 阿尔兹海默病 ➤ 肌萎缩侧索硬化症 ➤ 脑功能研究 | | |
| <p>相 关 研 究 进 展</p> | <p>DTI技术是目前唯一一项无创性在活体内研究脑白质纤维束的影像检查技术，可观察并测量组织微观结构，现已在多个医学领域研究中发挥重要作用。</p> | |
| <p>专 业 外 语 词 汇</p> | <p>磁共振成像：Magnetic Resonance Imaging</p> <p>弥散张量成像：Diffusion Tensor Imaging</p> | |
| <p>参 考 资 料</p> | <p>姜洪新等主编. DTI 神经纤维束结构与功能. 科学技术文献出版社, 2018.</p> | |

| | |
|----------------------------|---|
| 思 考 题 及 作 业 | <ol style="list-style-type: none">1. DTI所显示的白质纤维束是否能够替代真正解剖中的白质纤维，为什么？2. DTI技术还可以应用于到哪些中枢神经系统疾病中？ |
| 章 / 节 总 结 | <ol style="list-style-type: none">1. DTI技术的掌握需要明确技术原理及相关参数，掌握纤维示踪技术；2. DTI技术应用于中枢神经系统，可协助疾病的诊断与鉴别诊断， |

