

Health Medicine Research and Practice

ISSN 1673-873X
CN 50-1184/R

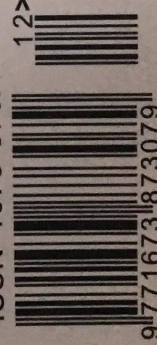
保健医学研究与实践 BAOJIAN YIXUE YANJIU YU SHIJIAN

中国知网(CNKI)全文收录期刊
中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)来源期刊
中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊
中文科技期刊数据库收录期刊
美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊
中国科技论文在线来源期刊



中华人民共和国教育部主管

ISSN 1673-873X



12>

9 771673 873079

2014年 第11卷
第6期

heng
ong-yin

主 管

中华人民共和国教育部

主 办

西南大学

主 编

吴宗辉

编辑出版

《保健医学研究与实践》编辑部

地址:重庆市北碚区天生路2号,400715

电话:(023)68253954

传真:(023)68254182

E-mail:bjyx@swu.edu.cn

http://www.baojianyixue.com.cn

广告经营许可证号

023049

印 刷

重庆荟文印务有限公司

发 行(公开)

国内:重庆市报刊发行局

国外:中国国际图书贸易集团有限公司

代号:BM 9117

订 购

全国各地邮政局

邮发代号:78-149

邮 购

《保健医学研究与实践》编辑部

定 价

每期8.00元,全年48.00元

中国标准连续出版物号

ISSN 1673-873X

CN 50-1184/R

版权归西南大学所有

未经授权,不得转载、摘编本刊文章,不得

使用本刊的版式设计

除非特别声明,本刊刊出的所有文章不代表

西南大学和本刊编委会的观点

若有印装质量问题,请与本刊编辑部联系

Li
Zong-kui
Yong
ji-zhi
ang-kang

目 次

论 著

心理健康

- 大学生时间管理倾向及影响因素 陈红(5)
四川省达州市某社区党员心理健康状况调查 何树德(8)
贵州大学生学校归属感与成就动机关系研究 杨桂芳(11)
独立学院与普通高校大学生坚韧性人格的比较研究
..... 姜文婧(14)

学生保健

- 2008—2012年汉族与少数民族大学新生健康状况比较分析
..... 余成贵,韦妙群,熊翠欢(17)

妇幼保健

- 早产儿支气管肺发育不良的危险因素分析
..... 杜维纳,巨容,高淑强(20)
葡萄糖酸锌辅助治疗小儿急性腹泻的临床观察
..... 周献梅(25)
社区健康教育结合氟化泡沫对幼儿防龋的效果分析
..... 覃建春(28)
导乐式分娩在初产妇分娩中的应用 龚春红(30)
评估卡前列素氨丁三醇预防产妇产后出血及术后
出血的效果 汤恋花(32)

临床医学

- 1 115株革兰阴性杆菌的耐药性分析 肖勇(34)
三维适形放疗对非小细胞肺癌患者肺功能的影响
..... 骆雯,张匠(37)
慢诱导插管与快速诱导插管对血流动力学影响的研究
..... 滕毓峰(40)
角膜后弹力层脱离的原因及处理 叶君,程武波(42)
曲美他嗪治疗冠心病合并左心功能不全的疗效观察
..... 张红艳,汪晶,赵艳晶(44)
小剂量利伐沙班治疗不稳定型心绞痛的临床疗效观察
..... 王冬,王岩(46)
89例老年急性胆囊炎的临床治疗体会
..... 刘磊,国向东,傅立国(48)

凯时注射液治疗椎基底动脉供血不足的疗效研究.....	李斌,孙炯 ⁽⁵⁰⁾
硝苯地平联合美托洛尔治疗社区高血压患者的效果分析.....	邹乐燕 ⁽⁵²⁾
综合地孕酮用于避孕的临床效果观察.....	施兰英 ⁽⁵⁴⁾
妈富隆用于避孕的临床效果观察.....	文妍 ⁽⁵⁶⁾
依托咪啶与丙泊酚分别复合瑞芬太尼应用于无痛人流镜检查中的效果比较.....	万丹,高铁峰 ⁽⁵⁸⁾
老年高血压病患者血尿酸检测的临床意义探讨.....	

调查研究

医学生吸烟与被动吸烟现状调查.....	郑亚楠,龚茜 ⁽⁶⁰⁾
长春市某高校学生急救知识现状调查.....	黄杰 ⁽⁶²⁾

护理

糖尿病患者的护理健康教育.....	王红菊 ⁽⁶⁵⁾
加速康复护理在结直肠癌外科手术中的应用.....	宋述灵,尹国华,张杰,等 ⁽⁶⁷⁾
ICU护理中应用持续人文关怀理念的临床价值.....	李雪峰 ⁽⁶⁹⁾
临床护理路径在血液透析护理中的应用价值分析.....	史雪梅,姜斌 ⁽⁷⁰⁾
人性化手术室护理对轻度脑外伤患者焦虑抑郁情绪的影响.....	杨艳秋,苏晖,刘波,等 ⁽⁷¹⁾

综述与讲座

新生儿听力障碍危险因素的研究进展.....	姜鑫,胡永国,朱莹 ⁽⁷³⁾
气管切开在需长期机械通气危重症患者中的应用进展.....	朱林燕,王导新 ⁽⁷⁷⁾
脑弥散张量成像的运用及进展.....	赵立,赵建农,冉丽娟 ⁽⁸¹⁾
胃食管反流病诊断方法的新进展.....	王朝英,陈伟庆 ⁽⁸⁵⁾
电脑中频治疗仪在康复科的临床应用.....	张秋月,陈晓琳,范蕊,等 ⁽⁹⁰⁾
甲状腺术后切口粘连的原因和预防方法.....	聂元文,金红,宋先旭 ⁽⁹²⁾

病例报道

接种森林脑炎疫苗致过敏反应2例.....	杨静慧,营丽萍,周广慧 ⁽⁹³⁾
----------------------	-----------------------------

·读者·作者·编者·

中国高等教育学会保健医学分会第七届二次会议纪要.....	(95)
发展中的重庆大学医院.....	(96)
中国高等教育学会保健医学分会第七届二次会议掠影.....	(封2)
重庆大学医院图片介绍.....	(封3)
《保健医学研究与实践》创刊10周年寄语.....	(插页1)
《保健医学研究与实践》第三届编委会名单.....	(插页2)

本期责任编辑:胡永国

本期责任校对:姜鑫 本期英文编辑:陈莉

[期刊基本参数] CN50-1184/R * 2004 * b * A4 * 96 * zh * P * ¥8.00 * 2500 * 36 * 2014-12

Bimonthly

Responsible Institution
Ministry of Education
public of China

Sponsor
Southwest University

Editor-in-Chief
Wu Zong-hui

Editing and Publishing

Editorial Department
Research and Practice
No. 2, Tianshen
Chongqing 400715,
Tel: 86-23-68888888
Fax: 86-23-68888888
E-mail: bjyx@swu.cn
http://www.bjyx.cn

Printing

Chongqing Huiwu

Distribution

Domestic Distribution
Local Post Office
Code No. 78-1

Overseas Distribution
China International
Mail

Code No. BM

Mail Order

Editorial Department
Research and Practice

Price

¥ 8.00/issue

CSSN

ISSN 1673-1111
CN 50-1111

Copyright © bjyx

No content published in this journal may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of the publisher. All articles published in this journal are the property of Southwest University, unless otherwise stated.

脑弥散张量成像的运用及进展*

赵立¹, 赵建农², 冉丽娟¹

(1.西南大学 医院, 重庆 400715; 2.重庆医科大学附属第二医院 放射科, 重庆 400010)

摘要:磁共振弥散张量成像是一种非侵入性的描述活体组织中水分子运动方向依赖性特征的诊断医学影像技术,通过特殊的软件处理,能够实现纤维白质跟踪与可视化,目前已经成为中枢神经系统疾病临床诊断和生命科学研究的工具。本文在近年来的文献基础上详述了弥散张量成像的基本原理,并对其在中枢神经系统疾病中的应用现状和研究进展进行讨论。

关键词:磁共振;弥散张量成像;各向异性

中图分类号:R445.2

文献标识码:A

1994 年 Bassar 等^[1-2]首次介绍了弥散张量成像(DTI)技术,这种技术不仅能测量到水分子中的氢质子在组织中的弥散系数,还可用它对水分子的空间弥散运动轨迹进行描述。DTI 最主要的优点就是无创伤性,它可以定量分析大脑的细微结构,例如它可以定量分析正常组织与病变组织之间的弥散特征,为疾病的诊断和鉴别诊断提供充分的信息^[3]。DTI 的另一个独特的优势表现在脑白质纤维的成像方面,它能够直观地显示颅内的病变尤其是肿瘤与脑白质纤维之间的关系,对手术中入颅方式的选择有指导作用,它能够在最大限度地切除肿瘤病灶的同时保护脑功能区。现搜集国内外的相关研究文献以及最新的报道,就 DTI 的基本原理及其在中枢神经系统方面临床应用研究进展与应用前景予以综述。

1 DTI 技术的生理基础

由布朗运动所知,水中氢质子的弥散是随机的,然而人体中的一些结构影响了氢质子的这种随机运动,我们称之为各向异性^[2-4]。目前对大脑的信息传递机制虽未完全明确,但某些研究发现包绕在髓化的脑白质纤维的根部,且平行行走的脂蛋白可能是其信息传递的重要条件之一。各向异性作为脑白质纤维束的一个重要特征,我们可以通过弥散的各向异性的方法来检查神经纤维的完整性。其他的一些微结构特征也可以影响弥散的各向异性如组织水化程度、神经胶质细胞与纤维束的密度、髓化程度和纤维束直径等^[4]。因此,临床对 DTI 的运用主要是通过数据处理软件

对其后处理所得到的参数进行评价。然而,DTI 的参数有 20 余种,其中临床上最常用的有表观弥散系数(ADC)和平均弥散系数(DC),数轴向弥散(DA)及放射弥散(DR),各向异性分数(FA)及相对各向异性(RA),平均弥散系数(MD)及容积比(VR)等。在科学研究及临床应用中,理解和掌握 DTI 中所生成的各项参数的基本特点及表达意义,可以帮助我们充分利用 DTI 对正常解剖及临床病例进行认识及诊断。当水分子的运动在不受限制时,它朝各个方向运动的概率是相等的,这种水分子不受限制并且朝向各个方向的运动趋势相等的运动我们定义为弥散张量的各向同性(isotropy)。MD 就是用来反映弥散张量的各向同性的。由于受到分子结构为脂质类成分为主的少突胶质细胞所形成的超微结构的影响,水分子运动程度在脑白质纤维束垂直水平方向往往要低于平行水平方向,我们将这种特点叫做弥散张量的各向异性(anisotropy),在科研中我们往往用 RA 和 FA 来表达。其中 RA 的表达意义为各向异性张量与各向同性张量的比值,而 FA 表达的意义为各向异性张量与张量之比;除此之外,VA 也是临床上常常用来衡量弥散张量各向异性的指标之一。RA,FA 和 VA 都是在 0~1 之间变化,其中 0 代表最大各向同性弥散,1 代表假定状况下最大各向异性弥散。三者的区别在于:RA 与各向异性呈线性相关;FA 对较低各向异性敏感;VA 对较高的各向异性敏感^[5]。在临床应用以及科学研究中,理解和掌握 DTI 中各参数的特点及意义,有利于对解剖及临床病例进行诊断。

* 基金项目:教育部高校自然科学青年基金项目(xdjk2014c173)。

作者简介:赵立(1983—),女,硕士,主治医师,E-mail:zhaoli_uuuu@sina.com。

由于实现弥散张量梯度比较容易,对环境及设备的要求不太高,弥散张量梯度常常与许多的基本序列组合来共同完成扫描的需求,许多国际知名的核磁共振(MRI)生产公司相继推出了许多与 DTI 成像相关的序列及新技术。临床上常用的序列按激发次数分单次激发平面回波 DTI 成像序列、多次激发平面回波 DTI 成像序列、单次激发快速自旋回波成像序列;按扫描方式及填充顺序分线性扫描 DTI 成像序列、k 空间快速填充序列、并行采集序列、Q 空间成像序列(QSI)。目前较多地采用单次激发平面回波 DTI 成像技术序列,但因为其受磁化率的影响,伪影非常明显^[5]。尤其在组织磁化率变化明显的扫描部位,例如脑干等有颅骨等骨性结构对比的区域以及颞叶和前额叶靠近岩骨部分^[6]。Q 空间成像技术的优越性表现在打破了假设成椭圆形的微观结构,可以在任意几何形状中完全地描述水的弥散特性,且它对于那些各向同性而又弥散偏重的区域成像也很好,故我们认为 Q 空间技术具有信号空间分辨率高以及线性度较高等优势,具有非常广阔的应用前景,也是今后研究的一个热点。

2 DTI 在神经系统疾病中的应用

2.1 脑白质发育和老龄化

幼儿脑白质因为其尚在发育,其髓鞘化过程是按规律进行。在影像学上我们发现这种生长发育变化从下到上、从后到前、从中央到外周的过程通过常规的 T1WI 和 T2WI 序列能够得到部分的体现,但 2 岁左右儿童的脑常规序列信号的强度却与成人相比较差别不大,故我们认为常规 MRI 无法将这种脑白质仍在发育的变化过程反映出来。由于儿童的脑发育是一个长期连续且一直到成年的过程,可以通过 DTI 技术测量组织单位体素内的各向异性来显示,这种各向异性变化的过程也是对脑白质纤维髓鞘化过程的反映,同时也是对脑功能渐进性发育过程的一种反映方式^[7-11]。DTI 技术还可以运用于对正常老龄化的评估。研究表明,正常成人脑组织的 ADC 值,会随着年龄的增长而逐渐下降,这种变化与年龄呈负相关,且以胼胝体膝部及双侧半卵圆中心变化最为明显^[12]。研究还发现额叶的白质老化的过程相较于顶叶要快,认为这或许与额叶纤维束的走向长度有一定关系,而此差异不出现在男女两性的差别上。通过对正常老年性脑白质改变的

了解并结合正常生理性老化过程,我们可以对一些老年期病变的严重程度评估有较好的预判断^[8]。

2.2 多发性硬化(MS)

MS 作为一种常见的进行性、髓鞘一再受损的神经系统疾病,也是 DTI 研究的热点。作为一种自身免疫系统疾病,有学者通过对 MS 的 DTI 研究发现其病灶特点为:ADC 显著增高的同时 FA 明显降低,而相对于其对侧对应的解剖结构的正常脑白质的 ADC 存在着不同;活动期病灶和非活动期病灶对比,在常规的 MRI 增强上其分别表现为有强化和没强化,在 DTI 的图像上虽然 ADC 没有显著差异,但是对于 FA 值而言,有强化的活动期病灶 FA 值明显降低。我们由此可知,DTI 对于常规 MRI 病灶对脑白质的损伤程度的检测可以起到补充作用^[13]。另有一些学者研究显示,MS 患者由于髓鞘变薄与轴索脱失,在 DTI 的检查中,表现为 ADC 显著增高的同时 FA 明显降低,但是通过体素研究发现,其 FA 值明显降低的范围同传统的 MRI 检查的病灶异常信号范围相比较更为广泛^[14-15]。由此可以看出,DTI 检查可以补充用于常规 MRI 扫描显示正常脑白质的检查,以帮助我们明确脑白质的损伤程度,有利于临床诊断。

2.3 脑梗塞

近年来脑卒中成为研究的热点,而绝大部分的缺血性脑梗塞会引起脑卒中,DTI 对检测脑梗塞时皮质脊髓束的损伤程度有明显优势。皮质脊髓束作为管理大运动神经元,其损伤对愈后的评价意义较大,目前临床上公认通过弥散加权成像(DWI)对脑梗塞的超急性期及急性期进行鉴别,而 DTI 对判断脑梗塞后脑白质纤维束微结构的损坏有帮助,也就是说可对脑白质纤维束损伤程度的研究提供病灶在病情进展过程中的多参数定量分析依据^[16]。研究梗塞后 2 个月至半年内患者的 DTI 检查结果发现,这些患者梗塞区的 ADC 值显著增高而 FA 值显著降低;梗塞同侧其他解剖部位的脑白质 FA 值较健侧明显降低且有统计学意义;在常规 MRI 中脑梗塞后脑白质继发的变性异常信号与梗塞区相似,且可通过测定 ADC 值对梗塞区与梗塞后脑白质继发性变性进行鉴别^[17]。Thomalla 等^[18]通过对轻、中度发病 2~18 d 的亚急性期幕上缺血性脑卒中患者行

DTI 检查时发现,患侧大脑脚的 FA 值下降,患侧与健侧 FA 值的比值(rFA)与国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分所得分值成反比。由此可见,判断亚急性期脑梗塞变性程度可通过 DTI 对梗塞区远端脑白质纤维束的 FA 值的计算来完成,并可以通过它来预测患者的运动功能转归,即 FA 值下降越明显且值越低,变性程度越重,其运动功能恢复也越差。通过对 2 例脑梗塞患者的 DTI 随访观察发现,位于梗塞区远端的大脑脚的 FA 值呈进行性下降而 ADC 值升高,它提示在脑梗塞后远端的脑白质纤维束有可能存在着进行性的 Wallerian 变性^[19]。有学者通过 DTI 对梗塞灶进行研究,通过用 DTI 的二维横断面来显示出脑白质中的放射冠区域和内囊后梗塞区域的急性或亚急性期,并且在此基础上三维重建了此区域的脑白质纤维束,发现患者皮质脊髓束的运动功能恢复较差的为穿过梗塞区的脑白质纤维束,而较好的为不直接穿过梗塞区而靠近梗塞区的脑白质纤维束^[20]。最近,有研究通过随访患有孤立性大脑中动脉梗塞患者发病后 1 周至 6 个月的情况,发现患者 1 个月内的丘脑 ADC 值及 FA 值变化无统计学意义,但发病 1 个月后患侧 ADC 值在丘脑明显升高,而 FA 值无统计学意义,因此可以推测丘脑为富含神经核团的灰质结构而不含白质纤维束,可能是丘脑超微结构改变引起的弥散性异常仅为 ADC 值而无 FA 值异常的原因,这也为我们研究 ADC 提供了一个比较好的研究对象;丘脑皮质束的进行性 Wallerian 变性是脑梗塞后导致同侧丘脑 ADC 值升高的原因;其中 3 例患侧丘脑 ADC 值在升高前有一过性的下降,初步推测这与脑梗塞早期的细胞肿胀或者胶质增生有关。因此,DTI 不仅仅可以用于对脑梗塞后脑白质纤维束例如皮质脊髓束变性的研究,还可以用来对颅内灰质的微观结构改变进行研究,长期的 DTI 随访观察有助于人们加深对卒中后临床病理学演变过程的认识^[21-22]。

2.4 阿尔茨海默病(AD)

AD 进行性痴呆的病理学基础为部分脑皮层大锥体细胞的丢失,作为一种常见类型的脑变性脑疾病,以渐进性记忆力下降、痴呆,并伴有多种行为异常和精神障碍为主要临床表现形式,其占全部痴呆人数的 60%~70%。病变部位主要累及双侧大脑额叶及海马,病理表现为神经元的萎缩、变性、神经纤维的炎症反应、老年斑形成及神

经原纤维缠结等^[23]。以往的研究一直认为灰质发生的异常改变跟 AD 的发病机制有关,而现在一些学者的研究已经认识到 AD 患者的部分白质也发生了损伤和丢失,但对于 AD 的白质损伤机制是否为相对于灰质改变的继发性改变尚不明确。有相关研究实验表明,AD 患者脑功能连接纤维的部分丧失与痴呆有着密切关系,即可能与因蛋白沉积、少突胶质细胞反应性增生、神经原纤维缠结、神经细胞丢失,造成的白质纤维束的中断和丢失有一定的关系^[24-25]。在这方面国内外都进行了相关的研究,Wirths 等^[26]通过对大量 AD 病例与正常人年龄匹配对照研究,得到了 AD 患者的白质纤维束与正常人比较有明显减少的结论;减少的白质纤维呈区域分布的特征并起着皮质之间的长距离连接功能,例如扣带回、胼胝体、上纵束的纤维连接等白质纤维的完整性较正常人明显减低,且减少程度与痴呆程度呈正相关;锥体束并没有明显的变化,如内囊处和枕叶的 DTI 弥散系数和各向异性均与对照组没有明显的区别。

2.5 精神方面疾病及脑功能

近年来通过 DTI 研究脑功能也是精神疾病研究的一个热点。如有研究者通过对慢性精神分裂症患者的 DTI 检测发现,其脑白质中联系颞叶和额叶脑区最为重要的白质纤维束(钩束)与正常人比较有明显差异,认为正是此区域的变化引起患者的一些临床症状,与正常人比较,脑白质纤维束缺乏正常非对称性的左大于右的分布,从另一个角度支持精神分裂症患者颞叶和额叶脑区白质纤维束遭到了破坏的假设^[27]。另一些研究发现,精神分裂症患者虽然白质的各向异性降低,但体积变化不明显,以胼胝体为甚,而脑灰质的体积虽减少但各向异性变化不大,由此证明此病使纤维束的完整性遭到损坏且常常累及所有脑叶^[28]。另有学者通过对精神分裂症患者的 ADC 值研究发现,其全脑白质和灰质的 ADC 值均为增加,而 FA 值在颅内一些特点区域(胼胝体压部及附近枕叶白质)却随病程的延续而降低^[29]。由此推测,DTI 的进一步研究可能揭示精神分裂症患者的微细神经束变化。

DTI 也常常用于术后脑功能的评价。有学者通过 DTI 对脑灰质异位的癫痫患者研究发现,其部分异性值在脑灰质异位区域有所降低^[30]。有学者通过对常规 MRI 显示枕叶皮质高信号患者的 DTI 观察发现,该区域的 ADC 值降低,随访发

现 ADC 值减低与时间相关并且该区域脑组织体积缩小。由此认为 DTI 对癫痫灶的定位预后的预测有意义^[31]。对于慢性酒精中毒患者,研究者利用 DTI 进行任务实验,发现其胼胝体膝部、压部以及半卵圆中心的脑白质传导束的各向异性值均有下降;通过量表对其注意力和操作记忆力进行研究发现,胼胝体膝部及压部分别与注意力和操作记忆力呈正相关,由此说明酒精使用时间的长短对人脑某些特定部位各向异性有影响^[32]。

2.6 颅内肿瘤

Wieshmann 等^[33]在 DTI 成像的基础上行三维纤维示踪研究,通过对感兴趣区域的脑白质纤维束的空间走行进行显示分析及对肿瘤和其周围的白质纤维的关系进行研究,来确定具有重要脑功能区的脑白质纤维束与肿瘤之间的关系,以此来行神经外科手术中的导航,为手术计划和入颅方式的选择提供指导。吕晓艳^[34]通过对颅内肿瘤患者的 FA, ADC, DWI 图分析,将肿瘤对白质纤维的改变分为两大类,一类是破坏加浸润,另一类是破坏加移位;恶性程度比较高的颅内肿瘤主要表现为破坏加浸润型,由于病灶周围脑组织的明显水肿,使其相邻的纤维束破坏,水肿区也有白质纤维的浸润性改变;恶性程度比较低的颅内肿瘤主要表现为破坏加移位型,除病灶部位的脑白质纤维遭破坏外,因为无水肿,故其周围的白质纤维仅呈移位性改变。有学者通过对颅内 I ~ II 级星形细胞瘤和高级别的 III ~ IV 级星形细胞瘤的 FA 和 DTI 的研究发现,FA 的信息量对于颅内肿瘤手术意义不太大,但是结合 DTI,对于手术方式的选择及瘤体切除范围的选择意义更大,这对于更多地保留通过脑功能区的白质纤维有益,也对术后患者的功能恢复帮助较大^[35]。

3 DTI 的应用前景

虽然 DTI 作为一种成像方式在图像的清晰度及成像的稳定性上还有所不足,但是毫无疑问 DTI 作为无创性的方法为显示活体神经纤维通路打开了一个途径,利用水分子的弥散运动为直接显示颅内的微观结构改变提供了一种可能,DTI 在脑白质纤维束的显示上有着显著的优越性,对于正常老化,脑梗死,MS,AD,精神疾病及颅内肿瘤等多种神经系统疾病的微观病理学损害的显示,有助于我们在亚临床期及早发现疾病或者隐匿性病变。DTI 还能定量对神经纤维的损害程度

进行分析,为我们对神经影像学、神经病理学以及神经功能学 3 个学科的联合研究提供了渠道。虽然 DTI 具有自身的局限性,如成像不清晰、需要后处理数据分析、受患者配合影响较大等,但它作为一种常规 MRI 的补充,与多种其他后处理方法结合,在临床应用上有着广阔的前景。

参考文献

- [1] Bassar PJ, Mattiello J, LeBihan D. MR diffusion tensor spectroscopy and imaging[J]. Biophys, 1994, 66(1): 259—267.
- [2] Bassar PJ, Mattiello J, LeBihan D. Estimation of the effective self-diffusion tensor from the NMR spin echo[J]. J Magn Reson B, 1994, 103(3): 247—254.
- [3] Melhem ER, Mnri S, Mukundan G, et al. Diffusion tensor MR imaging of the brain and white matter tractography[J]. AJR Am J Roentgenol, 2002, 178(1): 3—16.
- [4] Moseley ME, Cohen Y, Kucharczyk J, et al. Diffusion-weighted MR imaging of anisotropic water diffusion in cat central nervous system [J]. Radiology, 1990, 176(2): 439—445.
- [5] 郭睿,邓奎品,刘铁军,等.磁共振弥散张量成像在中枢神经系统的应用研究进展[J].医学影像学杂志, 2009, 19(6): 762—765.
- [6] Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging[J]. Eur J Radiol, 2003, 45(3): 169—184.
- [7] Neil JJ, Shiran SI, McKinsty RC, et al. Normal brain in human newborns: apparent diffusion coefficient and diffusion anisotropy measured by using diffusion tensor MR imaging[J]. Radiology, 1998, 209(1): 57—66.
- [8] Mukherjee P, Miller JH, Shimony JS, et al. Normal brain maturation during childhood: developmental trends characterized with diffusion-tensor MR imaging[J]. Radiology, 2001, 221(2): 349—358.
- [9] Morris MC, Zimmerman RA, Bilaniuk LT, et al. Changes in brain water diffusion during childhood [J]. Neuroradiology, 1999, 41(12): 929—934.
- [10] Forbes KP, Pipe JG, Bird CR. Changes in brain water diffusion during the 1st year of life[J]. Radiology, 2002, 222(2): 405—409.
- [11] Engelbrecht V, Scherer A, Rassek M, et al. Diffusion-weighted MR imaging in the brain in children: findings in the normal brain and in the brain with white matter diseases[J]. Radiology, 2002, 222(2): 410—418.
- [12] 鱼博浪.中枢神经系统 CT 和 MRI 鉴别诊断[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 2005.

- [13] 许有生,沈纪林,方志勇,等.皮层下动脉硬化性脑病的影像学诊断[J].中国CT和MRI杂志,2004,20(3):5-10.
- [14] 钟维佳,赵建农.弥散张量成像的运用[J].中国CT和MRI杂志,2005,3(4):49-52.
- [15] Horsfield MA, Larsson HB, Jones DK, et al. Diffusion magnetic resonance imaging in multiple sclerosis[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1998, 64(1):80-84.
- [16] 朱才松,杨军,邵康为,等.MR扩散张量成像在脑梗死演变诊断中的应用价值[J].临床放射学杂志,2009,28(1):12-16.
- [17] Werring DJ, Toosy AT, Clark CA, et al. Diffusion tensor imaging can detect and quantify corticospinal tract degeneration after stroke[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2000, 69(2):269-272.
- [18] Thomalla G, Glauche V, Koch MA, et al. Diffusion tensor imaging detects early Wallerian degeneration of the pyramidal tract after ischemic stroke[J]. Neuroimage, 2004, 22(4):1767-1774.
- [19] Thomalla G, Glauche V, Weiller C, et al. Time course of wallerian degeneration after ischaemic stroke revealed by diffusion tensor imaging[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2005, 76(2):266-268.
- [20] Kunitatsu A, Aoki S, Masutani Y, et al. Three-dimensional white matter tractography by diffusion tensor imaging in ischaemic stroke involving the corticospinal tract[J]. Neuroradiology, 2003, 45(8):532-535.
- [21] Herve D, Molko N, Pappata S, et al. Longitudinal thalamic diffusion changes after middle cerebral artery infarcts[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2005, 76(2):200-205.
- [22] 徐铭玮,汪建文,罗本燕.磁共振弥散张量成像在神经疾病中的应用[J].国外医学(脑血管疾病分册), 2005, 13(7):506-509.
- [23] 占传家,朱文珍,漆剑频.阿尔茨海默病的MRI研究进展[J].神经损伤与功能重建,2007,7(4):237-239.
- [24] Rose SE, Chen F, Chalk JB, et al. Loss of connectivity in Alzheimer's disease: an evaluation of white matter tract integrity with colour coded MR diffusion tensor imaging[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2000, 69(5):528-530.
- [25] Xu YC, Shen JH, Luo XM, et al. Conformational transition of amyloid β -peptide[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2005, 102(15):5403-5407.
- [26] Wirths O, Multhaup G, Bayer TA. A modified beta-amyloid hypothesis: intraneuronal accumulation of the beta-amyloid peptide-the first step of a fatal cascade[J]. J Neurochem, 2004, 91(3):513-520.
- [27] Kubicki M, Westin CF, Maier SE, et al. Uncinate fasciculus findings in schizophrenia: a magnetic resonance diffusion tensor imaging[J]. Am J Psychiatry, 2002, 159(5):813-820.
- [28] Lim KO, Hedehus M, Moseley M, et al. Compromised white matter tract integrity in schizophrenia inferred from diffusion tensor imaging[J]. Arch Gen Psychiatry, 1999, 56(4):367-374.
- [29] Agartz I, Andersson JL, Skare S. Abnormal brain white matter in schizophrenia: a diffusion tensor imaging study[J]. Neuroreport, 2001, 12(10):2251-2254.
- [30] Krakow K, Wieshmann UC, Woermann FG, et al. Multimodal MR imaging: functional, diffusion tensor, and chemical shift imaging in a patient with localization-related epilepsy[J]. Epilepsia, 1999, 40(10):1459-1462.
- [31] Chu K, Kang DW, Kim JY, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in nonconvulsive status epilepticus[J]. Arch Neurol, 2001, 58(6):993-998.
- [32] Pfefferbaum A, Sullivan EV, Hedehus M, et al. In vivo detection and functional correlates of white matter microstructural disruption in chronic alcoholism[J]. Alcohol Clin Exp Res, 2000, 24(8):1214-1221.
- [33] Wieshmann UC, Symms MR, Parker GJ, et al. Diffusion tensor imaging demonstrates deviation of fibres in normal appearing white matter adjacent to a brain tumour[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2000, 68(4):501-503.
- [34] 吕晓艳.磁共振DTI及rADC值评价脑胶质细胞瘤术前分级的应用价值[D].石家庄:河北医科大学, 2007.
- [35] Witwer BP, Moftakhar R, Hasan KM, et al. Diffusion-tensor imaging of white matter tracts in patients with cerebral neoplasm[J]. J Neurosurg, 2002, 97(3):568-575.

收稿日期:2013-10-20