

健康人群不同年龄组小脑脚及小脑上脚交叉的 DTI 相关参数特征分析

隆秀灵, 夏振元, 戴 漪, 李伟雄

基金项目: 广西卫健委科研课题(编号:Z2016284)

作者单位: 530007 南宁, 广西医科大学第二附属医院放射科

作者简介: 隆秀灵(1989-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 头颈部影像学诊断。E-mail: 452097133@qq.com

通讯作者: 戴 漪(1978-), 女, 医学硕士, 副主任医师, 研究方向: 头颈部影像学诊断。E-mail: 503010052@qq.com

[摘要] **目的** 分析健康人群不同年龄组小脑脚(CPs)及小脑上脚交叉(DSCP)的扩散张量成像(DTI)相关参数特征。**方法** 招募60名健康成人进行DTI检查,按年龄分为A组(20~39岁)、B组(40~59岁)、C组(60~79岁),每组20名。比较CPs和DSCP的平均扩散系数(DCavg)和各向异性分数(FA)值在同组小脑左右侧间以及不同组间的差异。**结果** 在不分组情况下,小脑上脚(SCP)、小脑中脚(MCP)和小脑下脚(ICP)的DCavg、FA值在左右侧间的比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。不同年龄组间DSCP的DCavg及FA值、SCP的FA值、ICP的DCavg值差异有统计学意义($P < 0.05$)。其余同部位不同年龄组间DCavg、FA值差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** DTI能够反映CPs及DSCP的生理变化,直观显示小脑通路纤维束结构状态,为研究小脑病变提供更全面的信息。

[关键词] 扩散张量成像; 小脑脚; 平均扩散系数; 各向异性分数

[中图分类号] R 445 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2019)06-0642-04

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2019.06.16

Characteristics of DTI related parameters in normal cerebellar peduncles and the decussation of superior cerebellar peduncle of healthy people in different age groups LONG Xiu-ling, XIA Zhen-yuan, DAI Yi, et al. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530007, China

[Abstract] **Objective** To explore the diffusion tensor imaging(DTI) parameter features of cerebellar peduncles(CPs) and decussation of superior cerebellar peduncle(DSCP) in different age groups of healthy people. **Methods** Sixty healthy adults were recruited for DTI examination and they were divided into group A(20~39 years), group B(40~59 years) and group C(60~79 years) according to different ages, with 20 cases in each group. The average diffusion coefficient(DCavg) and fractional anisotropy(FA) values of the CPs and DSCP were compared between the different cerebellar sides in the same group and among group A, group B and group C. **Results** Overall, the DCavg and FA values of superior cerebellar peduncles(SCP), middle cerebellar peduncles(MCP) and inferior cerebellar peduncles(ICP) were not significantly different on the left and right sides($P > 0.05$). There were significant differences in DCavg and FA values of DSCP, FA values of SCP, and DCavg values of ICP among different age groups($P < 0.05$). There were no significant differences in DCavg and FA values in other parts between among age groups($P > 0.05$). **Conclusion** DTI can reflect the physiological changes of CPs and DSCP, and visually show the structure of the cerebellar pathway fiber bundle, providing more comprehensive information for the study of cerebellar lesions.

[Key words] Diffusion tensor imaging(DTI); Cerebellar peduncles(CPs); Average diffusion coefficient(DCavg); Fractional anisotropy(FA)

扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是磁共振扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)技术的延伸,能在活体组织上无创检测组织微结构,并能重建出白质纤维束图像,直观评估白质纤维束

的完整性、方向性、排列紧密度及髓鞘化情况,已广泛应用于神经系统疾病中^[1-3]。小脑脚(cerebellar peduncles, CPs)及小脑上脚交叉(decussation of superior cerebellar peduncle, DSCP)是小脑传出和传入

纤维的重要通路,准确认识 CPs 及 DSCP 的生理变化,对临床各项评估具有重要指导意义。目前 3 对 CPs 及 DSCP 的研究相对较少。本研究通过 DTI 技术分析健康成人不同年龄段 CPs 及 DSCP 的平均扩散系数(DCavg)值和各向异性分数(FA)值的正常变化过程,观察健康人群小脑传出和传入纤维通路生理变化,为早期诊断及干预治疗小脑相关性疾病提供影像学参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 于 2018-07~2018-12 招募 60 名健康志愿者进行头颅 MRI 检查,男 22 名,女 38 名,年龄 20~79(47.87±16.78)岁。按年龄分为 A 组(20~39 岁)、B 组(40~59 岁)、C 组(60~79 岁),每组 20 名。人群来源于广西壮族自治区,均为壮族。纳入标准:(1)无神经、精神疾病史,神经科体格检查阴性。(2)无头颅器质性疾病、头颅外伤及手术史。(3)图像没有严重的几何变形或运动伪影。(4)常规 MRI 平扫未见异常。排除标准:(1)有磁共振检查绝对禁忌证(如带有心脏起搏器、人工金属心脏瓣膜、金属假体等)。(2)有过出血、外伤、术后、肿瘤、感染等其他颅脑疾病史。(3)图像质量较差,无

法评价图像。(4)无非神经系统的严重疾病,包括心、肺、肝、肾功能衰竭和严重电解质紊乱等。

1.2 检查方法 使用 GE 750 3.0T 超导型磁共振扫描仪,多通道相控阵头颅线圈。(1)常规 MR 成像:轴位 T1WI(TR 1 750 ms,TE 24 ms);轴位 T2WI(TR 4 076 ms,TE 94.7 ms);轴位 FLAIR(TR 9 000 ms,TE 113 ms);矢状位 T2WI(TR 3 715 ms,TE 102 ms);以上序列层厚均为 5.0 mm,层间隔 1.5 mm,矩阵 256×256,FOV 240 mm×240 mm,采集次数 1。(2)DTI 序列:采用自旋回波-平面回波技术(SE-EPI),TR/TE 4 600 ms/95 ms,重复采集 2 次,b 值取 0、1 000 s/mm²,层厚 3 mm,层间距 0 mm,矩阵 128×128,FOV 240 mm×240 mm,扩散敏感梯度方向 32 个。

1.3 图像后处理 DTI 图像经过后处理获得 FA 图和 DCavg 图。由 2 名放射科神经系统研究方向的高年资诊断医师测量数据,取平均值。轴位选取 CPs 和 DSCP 显示最大层面为目标层面,采用圆形感兴趣区(ROI)测量 FA 值和 DCavg 值,ROI 面积为相应解剖面积的中心 1/2~2/3,每个层面测量 3 次求平均值。见图 1,2。

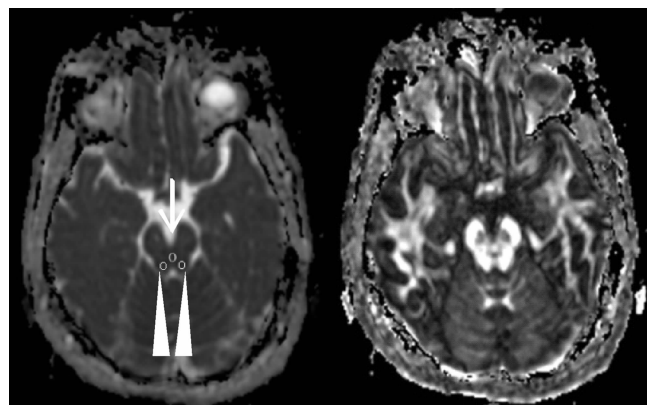


图 1 小脑上脚(箭)及 DSCP(箭头)在轴位 DCavg 图的 ROI 和轴位 FA 图上的表现

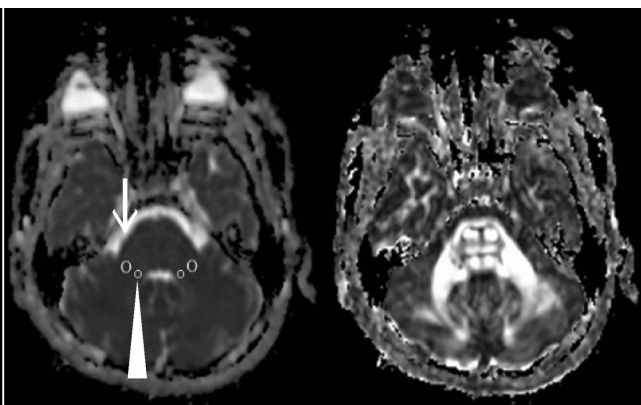


图 2 小脑中脚(箭)及小脑下脚(箭头)在轴位 DCavg 图的 ROI 和轴位 FA 图上的表现

1.4 统计学方法 应用 SPSS17.0 统计软件进行数据分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,左右侧间参数比较采用配对 *t* 检验,不同年龄组间参数比较采用方差分析。采用 Pearson 相关分析年龄与 CPs 和 DSCP DTI 各参数的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 60 名健康成人左、右侧 CPs 各 DTI 参数比较 小脑上脚(superior cerebellar peduncle,SCP)、小脑中脚(middle cerebellar peduncle,MCP)、小脑下脚(inferior

cerebellar peduncle,ICP)的 DCavg 值和 FA 值在左右侧间比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 60 名健康成人左、右侧 CPs 各 DTI 参数比较

		[($\bar{x} \pm s$), × e ⁻¹⁰ mm ² /s]			
部 位	参 数	左	右	<i>t</i>	<i>P</i>
SCP	DCavg	7.59 ± 0.25	7.53 ± 0.22	1.895	0.063
	FA	0.75 ± 0.03	0.75 ± 0.03	0.175	0.862
MCP	DCavg	6.79 ± 0.18	6.79 ± 0.19	0.060	0.952
	FA	0.75 ± 0.04	0.76 ± 0.04	1.781	0.080
ICP	DCavg	7.36 ± 0.27	7.37 ± 0.28	0.260	0.796
	FA	0.69 ± 0.04	0.69 ± 0.05	0.246	0.806

2.2 不同年龄组 DSCP 和 CPs 各 DTI 参数比较 单因素方差分析结果显示, DSCP 的 DCavg 值和 FA 值,

SCP 的 FA 值以及 ICP 的 DCavg 值在三组间比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 不同年龄组 DSCP 和 CPs 各 DTI 参数比较 [$(\bar{x} \pm s)$, $\times e^{-10} \text{ mm}^2/s$]

组别	例数	DSCP		SCP		MCP		ICP	
		DCavg	FA	DCavg	FA	DCavg	FA	DCavg	FA
A 组	20	7.17 ± 0.30	0.40 ± 0.05	7.59 ± 0.23	0.74 ± 0.02	6.82 ± 0.16	0.76 ± 0.02	7.44 ± 0.17	0.69 ± 0.05
B 组	20	6.99 ± 0.16	0.46 ± 0.02	7.54 ± 0.17	0.76 ± 0.03	6.76 ± 0.16	0.75 ± 0.03	7.39 ± 0.18	0.70 ± 0.04
C 组	20	6.80 ± 0.27	0.50 ± 0.03	7.55 ± 0.24	0.76 ± 0.03	6.78 ± 0.16	0.77 ± 0.03	7.26 ± 0.29	0.69 ± 0.04
F	-	11.052	37.545	0.312	5.494	0.773	2.115	3.361	1.043
P	-	0.000	0.000	0.733	0.007	0.466	0.130	0.042	0.359

2.3 年龄与 CPs 和 DSCP 各 DTI 参数的相关性分析 Pearson 相关分析结果显示, DSCP 的 DCavg 值与年龄呈中度负相关($r = -0.477, P = 0.000$), DSCP 的 FA 值与年龄呈高度正相关($r = 0.703, P = 0.000$), SCP 的 FA 值与年龄呈中度正相关($r = 0.423, P = 0.001$), ICP 的 DCavg 值与年龄呈低度负相关($r = -0.354, P = 0.006$)。

3 讨论

3.1 CPs 及 DSCP 解剖结构及功能 小脑是重要的运动调节中枢, 主要功能为维持身体平衡、调节肌张力、协调随意运动及管理编程运动。另外, 近年来也有研究^[4]发现小脑在非运动功能方面(认知、注意、情感和语言等)起到了重要作用。CPs 是连接小脑与脑干的重要纤维束, CPs 有 3 对(即 SCP、MCP、ICP)。SCP 大部分由传出纤维组成, 小部分为传入纤维, 是小脑中最大的传出纤维, 传出纤维始于齿状核, 部分交叉到对侧红核后到丘脑腹外核, 部分直接到腹外侧核, 形成齿状核丘脑束, 传入纤维有腹脊髓小脑束, 经上脚止于小脑前叶皮层。MCP 主要由传入纤维组成, 结构粗大但相对简单。ICP 由传入和传出纤维组成, 传入纤维由延髓和脊髓发出经延髓背外侧, 行走于 MCP 内侧、经 SCP 尾侧, 其中大部分纤维止于蚓部及前叶。两侧 SCP 在中脑下部水平的交汇处即为 DSCP。CPs 和 DSCP 都是小脑结构的重要组成部分, 也是许多相关疾病研究的对象, 如共济失调、精神分裂症、多系统萎缩、帕金森病、多发性硬化、小脑脑梗及弥漫性轴索损伤等。

3.2 CPs 及 DSCP 的 DTI 参数的变化特征 DTI 是研究水分子扩散成像的磁共振技术。Basser 等^[5]在 1994 年提出 DTI 技术, 在 DWI 基础上增加梯度脉冲方向, 施加至少 6 个采集方向, 可根据水分子扩散情况较常规 MRI 检查更早、更敏感地发现脑白质细微结构的变化, 展现其优势。FA 与平均扩散率(mean

diffusivity, MD) 是 DTI 的特征参数。MD 反应扩散速度快慢但没考虑到各向异性, 是各方向扩散大小的平均值, 常用 DCavg 与表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC) 表示, 两者的变化趋势相同。DCavg 或 ADC 值越小, 说明水分子扩散运动的受限程度越大, 但 DCavg 更能全面反映扩散运动的速度。FA 值是反映组织各向异性特征的指标, 对于脑白质纤维的微结构变化敏感, 与神经纤维髓鞘的完整性、一致性和致密性等均相关。FA 值越高, 表明纤维束的方向一致性越好、细胞完整、致密性越高; 若纤维交叉走行或完整性破坏及不可逆性损伤, 则 FA 值降低。DCavg 值联合 FA 值能够更准确地反映出小脑传出和传入细微结构的改变及早期病理微环境改变。赵霞等^[6]研究表明正常人海马的 ADC 值、FA 值在左右侧间比较差异无统计学意义。张泉等^[1]研究结果显示正常人海马的 DCavg 值、FA 值和 RA 值在左右侧间比较差异无统计学意义。本研究结果显示健康成人 CPs 的 FA 值、DCavg 值在左右侧间比较差异无统计学意义, 这与以上学者的研究结果相似。许多国内外关于 DTI 的研究^[7-9]表明, 大脑不同部位白质的 FA 值与年龄的相关性不甚确切, 但是普遍认为 FA 值与年龄呈负相关, 即 FA 值随年龄增长而下降。马得廷等^[10]的研究发现 DSCP 的 FA 值与年龄呈低度正相关。本研究数据经 Pearson 相关分析发现, DSCP 的 FA 值与年龄呈高度正相关($r = 0.703, P = 0.000$), 且各年龄组间 FA 值差异有统计学意义($P < 0.05$), 此趋势与马得廷等^[10]的研究结果相似。本研究结果还显示, SCP 的 FA 值与年龄呈中度正相关($r = 0.423, P = 0.001$), 且各年龄组间 FA 值差异有统计学意义($P < 0.05$), 但 MCP、ICP 的 FA 值在各年龄组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。SCP 及 DSCP 的 FA 值随着年龄的增大呈增长趋势, 此特征与大脑白质 FA 值的变化不一致, 故采用 DTI 观

察和评价患者 SCP 及 DSCP 时,要考虑到年龄因素引起的细微结构的变化。目前国内外对大脑白质 ADC 值与年龄的相关性进行研究的结果不一致。部分研究^[11]显示大脑实质的 ADC 值与年龄无相关性。然而,有研究^[6,12]表明,脑组织随着年龄的增加,ADC 值升高。其现象主要由于年龄增大过程中神经纤维数目、排列紧密程度改变、髓鞘脱失及细胞外间隙扩大等原因造成^[13]。马得廷等^[10]的研究结果显示 DSCP 的 ADC 值随年龄的增长呈减低的趋势,但差异无统计学意义。本研究结果显示 DSCP 及 ICP 的 DCavg 值随着年龄增大呈降低趋势。经 Pearson 相关分析,DSCP、ICP 的 DCavg 值分别与年龄呈中度负相关($r = -0.477, P = 0.000$)和低度负相关($r = -0.354, P = 0.006$),且各年龄组间 DCavg 值比较差异有统计学意义($P < 0.05$),此改变趋势与大脑白质变化相反,与马得廷等^[10]研究结果相似。本组研究结果显示,SCP、MCP 的 DCavg 值在各年龄组间比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。因此使用 DCavg 值评价患者 DSCP 及 CPs 病变时需考虑年龄因素导致的 DCavg 值的变化。虽然本组研究显示 DSCP 的 FA 值及 DCavg 值、SCP 的 FA 值、ICP 的 DCavg 值与年龄的关系和大脑实质与年龄的关系趋势相反,但其 FA 值、DCavg 值仍然保持负相关关系,因此本结果具有可靠性。但是,本研究存在以下不足之处:(1)样本量较少;(2)DSCP、SCP 和 ICP 的解剖结构较小,为避免 ROI 超出靶部位,运用较小 ROI 所测量获得的结果受主观因素影响较大,由主观因素所导致的偏差不可避免。

目前,DTI 检查已经广泛应用于中枢神经系统及全身其他部位组织器官,尤其是中枢神经系统各类疾病的临床诊断。本研究对健康成人小脑通路的 DTI 相关参数进行相对定量研究,其结果将有助于鉴别诊断小脑相关性疾病及监测小脑疾病的发生发展。

参考文献

- 1 张 泉,张云亭,张 敬,等. 颞叶癫痫患者海马不同节段 MR 扩散张量成像研究[J]. 中国医学影像技术,2007,23(7):979-981.
- 2 Alizadeh M, Kozłowski L, Müller J, et al. Hemispheric Regional Based Analysis of Diffusion Tensor Imaging and Diffusion Tensor Tractography in Patients with Temporal Lobe Epilepsy and Correlation with Patient outcomes[J]. Sci Rep, 2019, 9(1):215.
- 3 薛 倩,卢春强,彭程宇,等. 慢性脑桥卒中:皮质脊髓束扩散张量成像反映运动功能预后[J]. 临床放射学杂志,2018,37(3):368-372.
- 4 罗 程,贾晓燕,卓丽华,等. 小脑非运动功能异常的影像研究进展[J]. 四川精神卫生,2017,30(1):22-26.
- 5 Basser 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.
- 6 赵 霞,王剑飞,鞠文萍,等. 正常中年人海马磁共振扩散张量成像相关参数研究[J]. 磁共振成像,2016,7(10):743-748.
- 7 Engelter ST, Provenzale JM, Petrella JR, et al. The effect of aging on the apparent diffusion coefficient of normal-appearing white matter [J]. AJR Am J Roentgenol, 2000, 175(2):425-430.
- 8 倪建明,张追阳,张威江. 正常脑老化过程中脑组织弥散各向异性的变化规律研究[J]. 中国医学计算机成像杂志,2013,19(4):307-311.
- 9 Minati L, Grisoli M, Bruzzese MG. MR spectroscopy, functional MRI, and diffusion-tensor imaging in the aging brain: a conceptual review[J]. J Geriatr Neurol, 2007, 20(1):3-21.
- 10 马得廷,王君霞,孔庆奎,等. 小脑上脚交叉的各向异性分数和表观弥散系数值与年龄、性别的相关性研究[J]. 中华临床医师杂志(电子版),2014,8(3):415-421.
- 11 Watanabe M, Sakai O, Ozonoff A, et al. Age-related apparent diffusion coefficient changes in the normal brain [J]. Radiology, 2013, 266(2):575-582.
- 12 Voineskos AN, Rajji TK, Lobaugh NJ, et al. Age-related decline in white matter tract integrity and cognitive performance: a DTI tractography and structural equation modeling study[J]. Neurobiol Aging, 2012, 33(1):21-34.
- 13 黄 干,姚旭峰,黄 钢. 磁共振扩散张量成像在正常脑老化研究中的应用[J]. 中国医学影像技术,2017,33(11):1716-1719.

[收稿日期 2019-01-26][本文编辑 余 军 吕文娟]