DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000570

小年龄段孤独症谱系障碍的脑白质纤维束弥散张量成像研究

陈　韵[1],蔡金华[1],刘　晓[2],刘先凡[1],黄开平[1],刘　波[1],李　昊[1]

（重庆医科大学附属儿童医院 1. 放射科;2. 儿童保健科;儿童发育疾病研究教育部重点实验室、儿科学重庆市重点实验室、重庆市儿童发育重大疾病诊治与预防国际科技合作基地,重庆　400014）

【摘　要】目的:通过弥散张量成像(diffusion tensor imaging,DTI)研究小年龄段孤独症谱系障碍(autism spectrum disorders,ASD)的脑白质微结构特点。**方法**:16 例 1.5~5.6(3.2 ± 1.4)岁 ASD 及 10 例 1.5~5.7(3.4 ± 1.4)岁正常发育儿童行 DTI 扫描,按照脑白质纤维束示踪图集定位纤维束,目标纤维束包括胼胝体膝部、体部及压部、双侧扣带束、双侧钩束、双侧下额枕束、双侧下纵束。每个纤维束画制 2~4 个感兴趣区,测量各向异性分数(fractional anisotrophy,FA)和平均弥散系数(average diffusion coefficient,ADC)。比较 ASD 组与正常对照组之间 FA 及 ADC 的差别。**结果**:ASD 组胼胝体压部 FA 值 0.66 ± 0.07,右侧扣带束 FA 值0.31 ± 0.03,分别高于正常对照组的 0.58 ± 0.09(P=0.030)和 0.27 ± 0.06(P=0.037);ASD 组胼胝体压部 ADC 值 1.00 ± 0.09,左侧扣带束 ADC 值 0.84 ± 0.04,分别低于正常对照组的 1.15 ± 0.18(P=0.015)和 0.88 ± 0.04(P=0.026)。**结论**:小年龄段 ASD 部分白质纤维束 FA 值升高,提示可能存在早期过度发育。

【关键词】孤独症谱系障碍;儿童;磁共振成像;弥散张量成像

【中图分类号】R445.2　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2014-12-29

Diffusion tensor imaging of the white matter fasciculus in young children with autism spectrum disorders

Chen Yun[1], Cai Jinhua[1], Liu Xiao[2], Liu Xianfan[1], Huang Kaiping[1], Liu Bo[1], Li Hao[1]

(1. Department of Radiology; 2. Department of Child Health Care, the Children's Hospital, Chongqing Medical University; Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders, Key Laboratory of Pediatrics in Chongqing, Chongqing International Science and Technology Cooperation Center For Child Development and Disorders)

【Abstract】*Objective*: To study the microstructural features of the white matter fasciculus in young children with autism spectrum disorders (ASD) by measuring fractional anisotrophy (FA) and average diffusion coefficient (ADC) through diffusion tensor imaging (DTI). ***Methods***: Sixteen ASD patients aged from 1.5 to 5.6 years (mean 3.2 ± 1.4) and 10 typical development children aged from 1.5 to 5.7 years (mean 3.4 ± 1.4) were included in this study. DTI was performed on all patients. The regions of interest (ROI) was determined according to Fiber Tract-Based Atlas of Human White Matter Anatomy by Johns Hopkins University. The ROIs included cingulum, uncinate fascicules, splenium, body and genu of corpus callosum, inferior fronto-occipital fasciculus, and inferior longitudinal fasciculus. The mean FA and ADC values were obtained by drawing 2-4 ROIs. The differences of FA and ADC between ASD patients and typical development children were statistically analyzed. ***Results***: FA in the splenium of corpus callosum (0.66 ± 0.07) and the right cingulum (0.31 ± 0.03) were significantly higher in ASD group than in control group (0.58 ± 0.09, P=0.030; 0.27 ± 0.06, P=0.037). ADC in the splenium of corpus callosum (1.00 ± 0.09) and the left cingulum (0.84 ± 0.04) decreased significantly in ASD patients comparing with the typical development children (1.15 ± 0.18, P=0.015; 0.88 ± 0.04, P=0.026). ***Conclusion***: The FA of some white matter fibers is higher in young children ASD than in the controls, suggesting that abnormal excessive development of white matter possibly exist at the early stage of ASD.

【Key words】autism spectrum disorders; children; magnetic resonance imaging; diffusion tensor imaging

作者介绍:陈　韵,Email:hubeichenyun@qq.com,研究方向:儿科影像学。现工作单位:湖北省襄阳市中心医院放射科。

通信作者:蔡金华,Email:664662256@qq.com。

优先出版:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20150320.2103.001.html (2015-03-20)

孤独症谱系障碍（autism spectrum disorders，ASD）是发生于婴幼儿时期的广泛性神经精神发育障碍，其发病率呈逐年升高趋势，给家庭及社会造成巨大的压力[1-4]。目前 ASD 的诊断主要依靠对患儿临床发育行为的半定量评估，还不能从神经解剖和功能层面提供客观的诊断依据。弥散张量成像（diffusion tensor imaging，DTI）可用于脑白质纤维束示踪，从而有效评估脑内神经连接的完整性和方向性。近年来，已有部分学者利用 DTI 对 ASD 的白质微结构改变进行了有益的探索，但研究对象多为青少年或成人高功能 ASD[5-7]。本研究选择一批 1.5~5.6 岁的小年龄段 ASD 患儿，通过 DTI 成像并检测主要白质纤维束的各向异性分数（fractional anisotropy，FA）和平均弥散系数（average diffusion coefficient，ADC），探讨该年龄段 ASD 患儿脑白质纤维束的微结构特点，从而为 ASD 的早期诊断和评估提供客观的神经影像学依据。

1 材料与方法

1.1 一般资料

收集 2013 年 3 月至 2014 年 3 月在我院就诊的 ASD 患者 16 例，均符合美国精神障碍诊断统计手册第四版（DSM-Ⅳ）诊断标准，其中男 14 例，女 2 例，年龄 1.5~5.6 岁，平均（3.2 ± 1.4）岁。正常对照组来自同时期在我院做体检、临床发育评估正常且 MRI 常规扫描排除颅内器质性病变的 10 例儿童，其中男 7 例，女 3 例，年龄 1.5~5.7 岁，平均（3.4 ± 1.4）岁，有 2 组儿童年龄、性别等无统计学差异（表 1）。本研究符合 1975 年赫尔辛基宣言，所有参与者均被告知 MR 检查的目的、方法和可能的影响，并签署知情同意书。

表 1 ASD 组与对照组年龄和性别比较

Tab.1 Comparison of the demographics between ASD group and typical development group

组别	年龄（岁）	男/女（例）
ASD 组	3.21 ± 1.15	14/2
对照组	3.40 ± 1.41	7/3
统计量值	t=-0.372	Fisher确切概率法
P 值	0.713	0.340

1.2 检查方法

采用 GE EXCITE HD 1.5 T 磁共振成像系统，8 通道头部线圈，扫描基线平行于前-后联合，扫描范围：上至扣带回上缘水平，下到颞下回下缘水平。使用单次激发平面回波DTI 序列，TR 8 000 ms，TE 94.4 ms，视野 240 mm × 240 mm，矩阵 128 × 128，25 层，层厚 3 mm，间距 0 mm，b 值 1 000 s/mm^2，分别在 15 个方向施加弥散敏感梯度场，采集时间 4.5 min。常规扫描序列：包括轴位 T1WI、T2WI、T2FLAIR 及冠状位 T2WI，参数如下：SE T1WI：TR 700 ms，TE 30 ms；FSE T2WI：TR 3 000 ms，TE 100 ms；T2 FLAIR：TR 8 000 ms，TE 94 ms；层厚 5 mm，间距 1 mm。部分不配合的患儿给予口服 10%水合氯醛（0.5 ml/kg）或肌注苯巴比妥钠注射液（5 mg/kg）镇静。

1.3 MRI 图像分析

图像采集结束后将原始数据传输至 GE 公司 4.4 版后处理工作站，采用 Functool 软件进行 DTI 分析。首先修正 EPI 原始图像，选取全脑范围进行处理，工作站自动生成 FA 图、ADC 图和颜色编码图。按照约翰·霍普金斯大学提出的白质纤维束示踪图集定位纤维束[8]，主要包括胼胝体膝部、体部及压部、双侧扣带束、双侧钩束、双侧下额枕束、双侧下纵束。在颜色编码图上于每个目标纤维束区域画制 2~4 个感兴趣区（Region of interest，ROI），ROI 面积由纤维束范围大小决定，约 35~45 mm^2，然后根据数个划定的 ROI 重建出相应的纤维束。由于部分纤维束间有重叠，如钩束与下额枕束，需要根据彩色编码图多次调整 ROI 位置，直到将目标纤维束分离出来，最终在 FA 图和 ADC 图上是获得相应的 FA 和 ADC值。

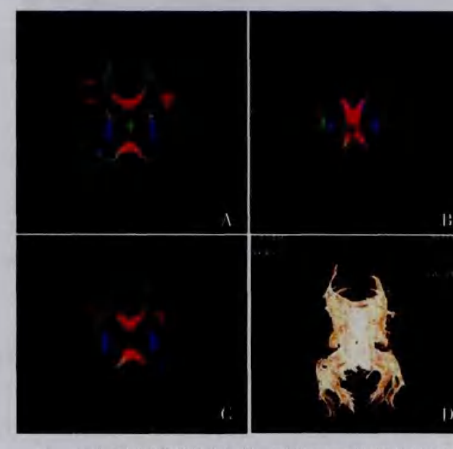
1.4 统计方法

应用 SPSS 17.0 统计软件分析。计量资料采用均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，计数资料采用构成比表示。ASD 组与正常对照组之间 FA 及 ADC 的差别采用独立样本 t 检验，计数资料采用 Fisher 确切概率法。检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 目标纤维束的定位

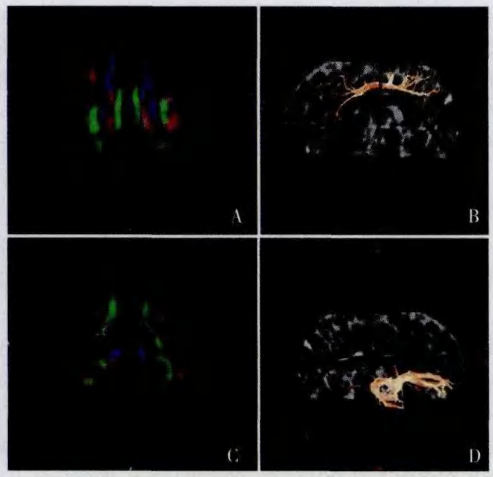
所有 26 个参与者均按照以上参数完成常规 MRI 及 DTI 的扫描，根据颜色编码图（颜色代表白质纤维束的走行方向，如绿色代表前后方向走行，红色代表左右方向走行，蓝色代表上下方向走行）定位并重建出胼胝体膝部、体部及压部、双侧扣带束、双侧钩束、双侧下额枕束、双侧下纵束等白质纤维束，与脑白质纤维束示踪图集基本一致（图 1~3），保证了 ROI 位于相应纤维束内。



A ~ C 分别为胼胝体膝、体、压部层面的颜色编码图；D 为通过胼胝体膝、体、压部 ROI 的纤维束

图 1 胼胝体膝部、体部、压部层面颜色编码图及纤维束

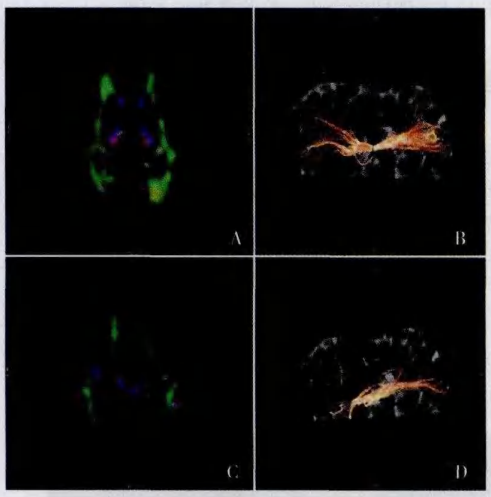
Fig.1 Color encoded map and fiber bundle of genu, body and splenium of corpus callosum



A、C 分别为扣带束和钩束层面的颜色编码图；
B、D 分别为通过 ROI 重建的扣带束和钩束

图 2 扣带回及钩束层面颜色编码图及纤维束

Fig.2 Color encoded map and fiber bundle of cingulum and uncinate fascicules



A、C 分别为下额枕束和下纵束层面的颜色编码图；
B、D 分别为通过 ROI 重建的下额枕束及下纵束

图 3 下额枕束及下纵束层面颜色编码图及纤维束

Fig.3 Color encoded map and fiber bundle of inferior fronto-occipital fasciculus and inferior longitudinal fascicules

2.2 ASD 组与正常对照组之间 FA 及 ADC 值的差别

ASD 组胼胝体膝部、体部及压部、双侧扣带束、右侧钩束、双侧下额枕束、双侧下纵束的 FA 均高于对照组，其中胼胝体压部（t=2.316，P=0.030）和右侧扣带束（t=2.210，P=0.037）的 FA 增高有统计学意义（表 2）。胼胝体膝部、体部及压部、双侧扣带束、双侧下纵束及双侧钩束的 ADC 均低于正常对照组，其中胼胝体压部（t=−2.624，P=0.015）和左侧扣带束（t=−2.384，P=0.026）ADC 降低有统计学意义（表 3）。

表 2 ASD 组和对照组各纤维束的 FA 比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab.2 Comparison of FA between ASD and typical development（$\bar{x}\pm s$）

ROI	ASD组（n=16）	对照组（n=10）	t 值	P 值
胼胝体膝部	0.52 ± 0.08	0.51 ± 0.08	0.319	0.753
胼胝体体部	0.57 ± 0.06	0.57 ± 0.07	0.125	0.902
胼胝体压部	0.66 ± 0.07	0.58 ± 0.09	2.316	0.030
左侧扣带束	0.34 ± 0.04	0.32 ± 0.04	0.895	0.380
右侧扣带束	0.31 ± 0.03	0.27 ± 0.06	2.210	0.037
左侧钩束	0.22 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.055	0.956
右侧钩束	0.28 ± 0.05	0.24 ± 0.05	2.030	0.054
左侧下额枕束	0.24 ± 0.04	0.22 ± 0.04	0.570	0.576
右侧下额枕束	0.24 ± 0.04	0.21 ± 0.04	1.897	0.075
左侧下纵束	0.32 ± 0.05	0.29 ± 0.04	1.294	0.208
右侧下纵束	0.29 ± 0.05	0.28 ± 0.04	0.615	0.545

表 3 ASD 和对照组各纤维束的 ADC 比较（$\bar{x}\pm s$，$\times 10^{-3}mm^2/s$）

Tab.3 Comparison of ADC between ASD and typical development（$\bar{x}\pm s$，$\times 10^{-3}mm^2/s$）

ROI	ASD组（n=16）	对照组（n=10）	t 值	P 值
胼胝体膝部	1.00 ± 0.09	1.05 ± 0.10	−1.301	0.206
胼胝体体部	1.04 ± 0.13	1.09 ± 0.14	−1.028	0.315
胼胝体压部	1.00 ± 0.09	1.15 ± 0.18	−2.624	0.015
左侧扣带束	0.84 ± 0.04	0.88 ± 0.04	−2.384	0.026
右侧扣带束	0.84 ± 0.03	0.87 ± 0.05	−1.395	0.176
左侧钩束	0.87 ± 0.03	0.89 ± 0.04	−1.312	0.202
右侧钩束	0.87 ± 0.03	0.90 ± 0.05	−1.956	0.063
左侧下额枕束	0.90 ± 0.03	0.90 ± 0.04	0.178	0.861
右侧下额枕束	0.89 ± 0.03	0.87 ± 0.05	1.365	0.189
左侧下纵束	0.94 ± 0.08	0.99 ± 0.10	−1.493	0.149
右侧下纵束	1.02 ± 0.08	1.04 ± 0.08	−0.464	0.647

3 讨 论

近年来，DTI 已被广泛用于脑白质微结构的评估，FA 值是 DTI 成像中衡量水分子弥散的重要指标之一，可以间接反映脑白质纤维束的方向性和完整性[7-9]。目前脑白质 FA 值的测量主要有以下几种方法：基于感兴趣区的分析（region of interest-based analysis，ROI-BA）、基于体素的分析（voxel based analysis，VBA）和基于纤维束的分析（tract based analysis，TBA）。ROI-BA 是根据已有的医学假设在目标纤维束画设感兴趣区并进行测量和分析，该法受主观因素的影响较大，画设的兴趣区不一定完全代表目标纤维束，从而导致测量误差。VBA 是在 FA 图

上进行体素水平的统计分析，得出全脑 FA 差异图，图像的配准、平滑产生的误差往往影响统计结果。TBA 是在重建出白质纤维束的基础上进行体素水平的分析，虽然减少了图像配准、平滑造成的误差，但与 VBA 一样也存在将所有被试图像数据转化到共同空间的问题[10-11]。由于儿童发育过程中脑的几何形状差异较大，很难实现所有 DTI 数据在空间上的精确配准。本研究采用 ROI 和白质纤维束示踪相结合的方法，将 ROI 作为种子点进行白质纤维束的重建，同时通过对比标准白质纤维束的形态和位置，调整并验证 ROI 的准确性，虽然操作过程较为复杂，但基本保证了所选 ROI 位于目标纤维束内，能够较为准确地反映目标纤维束的弥散特性。

有关 ASD 的 DTI 研究较多，其结果也不尽一致，多数研究认为，ASD 大部分脑白质存在 FA 下降，提示轴索细胞膜和髓鞘的发育障碍或损害[7,12-13]。脑白质纤维束是脑功能区连接的神经解剖基础，白质纤维束微结构异常可能导致各功能区之间连接异常，从而导致社会交流障碍等临床表现。Ameis 等[12]对一组 7~18 岁的患者进行了脑白质 DTI 成像及 FA 值测量，发现 ASD 组的扣带束 FA 值较对照组明显降低；Shukla 等[13]应用 TBSS 对一组 9~20 岁患儿进行了全脑分析，发现胼胝体、内囊前后肢、上纵束、下纵束、下额枕束、扣带束、丘脑前放射、皮质脊髓束等多数脑白质纤维束都存在 FA 值下降，同时提出正常对照组 FA 值的大小与年龄相关，而 ASD 组 FA 值与年龄关系不确定。以上研究存在一个共性，即研究对象均为较大年龄儿童或成人，在这一年龄范围内 ASD 患者脑白质 FA 值下降似乎是一个普遍现象。然而最近也有研究提出了不同的观点，Billeci 等[14]对 1 组 2~12 岁的儿童 ASD 进行了 FA 值的测量，结果显示，与正常对照组相比，胼胝体及双侧扣带回的 FA 升高，但全脑 FA 升高以更小年龄组为主，而较大年龄组 ASD 的 FA 下降。作者对一组 1.5~5.6 岁小年龄段 ASD 的 DTI 研究显示，胼胝体膝、体、压部、双侧扣带回、双侧钩束、双侧下额枕束及双侧下纵束的 FA 值普遍高于正常对照组，其中以胼胝体压部及右侧扣带束增高更为明显，这一结果进一步证实了 ASD 患者 FA 值改变可能与研究对象所处的年龄段有关。FA 的决定因素主要是轴索细胞膜的完整性和髓鞘化程度。细胞膜越完整，髓鞘化越成熟，则 FA 值就越高，反之则 FA 值越低。正常儿童发育过程中，脑白质纤维束细胞膜和髓鞘处于一个不断成熟的过程，因此 FA 值也呈现持续的由低到高的发展趋势，而在 ASD 患者，由于致病因素的存在，脑白质纤维的发育可能出现紊乱。本组病例中，FA 值增高的程度在各个脑区有所不同，以胼胝体压部和右侧扣带束更为明显，这与 Billeci 等[14]的结果基本一致，说明脑白质 FA 值的异常不仅与年龄有关，还可能与所处的脑区有关。综合文献及本研究结果，故推测，ASD 早期脑白质纤维束可能存在过度发育现象，随着年龄的增大，脑白质纤维的发育速度逐渐较正常缓慢甚至停滞。有关 ASD 脑体积测量的研究也支持上述推测，目前一致认为，ASD 在幼年期特别是 2~4 岁时脑部体积明显增大，即过度生长，之后生长逐渐趋缓甚至停滞，至青少年时期，ASD 的脑体积与正常对照组相仿[15]。至于为什么 ASD 在发育早期阶段会出现脑体积增加及白质纤维束 FA 值的增高，其具体机制尚有待进一步研究。

本研究的局限性之一是样本量相对较小，在各脑区测量值的统计分析中不排除存在一定的假阳性结果。另外，本组研究对象均为 6 岁以下儿童，很难对其临床表现进行准确、全面的评估，临床表现的复杂性和差异化可能对研究结果有一定影响。今后，随着病例的不断扩充，并根据临床表现对 ASD 病人进行分类研究，将更加有助于阐明 ASD 的神经解剖基础。另外，利用静息态功能 MRI 结合 DTI 进行孤独症神经连接异常的研究，将真正实现从结构和功能层面深度揭示孤独症的神经机制。

参 考 文 献

[1] Marshall ES.Increasing prevalence of autism:implications for school nursing[J].NASN Sch Nurse,2014,29(5):241-243.

[2] Kumar S,Karmakar P,Mohanan A.Language regression in children with Autism Spectrum Disorders[J].Int J Pediatr Otorhinolaryngol,2014,78(2):334-338.

[3] Sharp WG,Berry RC,McCracken C,et al.Feeding problems and nutrient intake in children with autism spectrum disorders:a meta-analysis and comprehensive review of the literature[J].J Autism Dev Disord,2013,43(9):2159-2173.

[4] Hall D,Huerta MF,McAuliffe MJ,et al.Sharing heterogeneous data:the national database for autism research[J].Neuroinformatics,2012,10(4):331-339.

[5] Abdel Razek A,Mazroa J,Baz H.Assessment of white matter in-

超声与放射

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000737

盆底超声和肌电生理检查在女性压力性尿失禁中的临床应用

胡丽蓉[1],冉海涛[2],胡丽娜[3],姚宗兰[3],张理智[3]

(1. 重庆市超声分子影像重点实验室,重庆 400010;2. 重庆医科大学附属第二医院超声科,重庆 400010;
3. 重庆医科大学附属第二医院妇产科,重庆 400010)

【摘 要】目的:探讨盆底超声和肌电生理检查在女性压力性尿失禁(female stress urinary incontinence,FSUI)中的临床应用意义。**方法**:对 77 例 FSUI 患者(病例组)和 41 例健康体检女性(对照组)经会阴盆底二维超声观察静息时膀胱颈有无漏斗形成、静息至 Valsalva 动作后膀胱颈、膀胱后角及近端尿道的动态变化情况;同时经盆底肌电生理检查评估盆底肌Ⅰ、Ⅱ类肌纤维肌力、疲劳度情况;并进行比较及分析各参数与是否发生 FSUI 的相关性。**结果**:病例组静息时膀胱颈漏斗形成率、静息至 Valsalva 动作后膀胱颈 y 轴位移(Δy)、静息时膀胱后角(α)、Valsalva 动作后膀胱后角(β)、近端尿道旋转度(γ)均大于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);病例组静息至 Valsalva 动作后膀胱颈 x 轴位移(Δx)略大于对照组,但差异无统计学意义($P>0.05$);病例组和对照组盆底Ⅰ/Ⅱ类肌纤维肌力、疲劳度差异无统计学意义($P>0.05$),但异常率均较高。以盆底超声检查联合肌电生理检查各参数为自变量,对是否发生 FSUI 为因变量进行多因素 logistic 回归分析,发现与发生 FSUI 显著相关的参数为 Δy(OR=5.444,95%CI=1.009~29.381,P=0.049)、膀胱颈漏斗形成(OR=2.789,95%CI=1.144~6.803,P=0.024)、Ⅰ类肌纤维肌力(OR=0.372,95%CI=0.150~0.924,P=0.033)。**结论**:盆底超声检查可实时动态观察 FSUI 患者盆底解剖学变化,提供丰富的影像学信息;盆底肌电生理检查能早期有效评估女性盆底肌功能,其指标异常甚至可在 FSUI 症状出现之前被检出,指导临床及时采取干预措施;二者结合可从解剖学和电生理学两方面对 FSUI 患者的盆底情况进行综合评估,在 FSUI 的预测、诊断、临床分型及治疗方式选择指导中均有重要意义。

【关键词】女性盆底功能障碍性疾病;女性压力性尿失禁;盆底超声检查;盆底肌电生理检查

【中图分类号】R445.1;R741.044 **【文献标志码】**A **【收稿日期】**2015-02-03

作者介绍:胡丽蓉,Email:277373164@qq.com,
研究方向:盆底超声和妇产超声。

通信作者:冉海涛,Email:rht66@163.com。

基金项目:2013 年重庆市高校创新团队建设计划资助项目(编号:KJTD201203)。

优先出版:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20150805.1545.012.html (2015-08-05)

tegrity of autistic preschool children with diffusion weighted MR imaging[J].Brain Dev,2014,36(1):28-34.

[6] Pryweller JR,Schauder KB,Anderson AW,et al.White matter correlates of sensory processing in autism spectrum disorders[J].Neuroimage Clin,2014,13(6):379-387.

[7] Vomstein K,Stieltjes B,Poustka L.Structural connectivity and diffusion tensor imaging in autism spectrum disorders[J].Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother,2013,41(1):59-68.

[8] Wakana S,Jiang H,Nagae-Poetscher LM,et al.Fiber tract-based atlas of human white matter anatomy[J].Radiology,2004,230(1):77-87.

[9] Peeva MG,Tourville JA,Agam Y,et al.White matter impairment in the speech network of individuals with autism spectrum disorder[J].Neuroimage Clin,2013,28(3):234-241.

[10] Cauda F,Costa T,Palermo S,et al.Concordance of white matter and gray matter abnormalities in autism spectrum disorders:a voxel-based meta-analysis study[J].Hum Brain Mapp,2014,35(5):2073-2098.

[11] Kleinhans NM,Pauley G,Richards T,et al.Age-related abnormalities in white matter microstructure in autism spectrum disorders[J].Brain Res,2012(1479):1-16.

[12] Ameis SH,Fan J,Rockel C,et al.Altered cingulum bundle microstructure in autism spectrum disorder[J].Acta Neuropsychiatr,2013,25(5):275-282.

[13] Shukla DK,Keehn B,Müller RA.Tract-specific analyses of diffusion tensor imaging show widespread white matter compromise in autism spectrum disorder[J].J Child Psychol Psychiatry,2011,52(3):286-295.

[14] Billeci L,Calderoni S,Tosetti M,et al.White matter connectivity in children with autism spectrum disorders:a tract-based spatial statistics study[J].BMC Neurol,2012,29(12):148.

[15] Nordahl CW,Lange N,Li DD,et al.Brain enlargement is associated with regression in preschool-age boys with autism spectrum disorders[J].Proc Natl Acad Sci USA,2011,108(50):20195-20200.

(责任编辑:关蕴良)