

基于自动脑分割技术定量分析学龄期健康人群脑体积

赵锦洪, 邹飞, 杨智利, 陈优, 程冰雪, 叶印泉, 龚良庚, 左敏静, 肖新兰, 连珞

【摘要】 目的:基于 MRI 使用自动脑分割技术探讨中国学龄期健康人群不同脑结构体积的差异。**方法:**对 144 例学龄期健康志愿者使用 GE Discovery 750w 3.0T 磁共振仪进行颅脑 MRI 扫描,扫描序列主要包括 T_1 WI、 T_2 WI 和 T_2 -FLAIR。基于横轴面 T_1 WI,采用自动脑分割技术获得分割图像并可获得脑内各结构的体积,包括全脑、脑灰质、脑白质、大脑白质、皮层下灰质、内侧颞叶、外侧颞叶、枕叶、岛叶、小脑灰质、小脑白质、额叶、顶叶、扣带回、脑室、脑脊液和脑干的体积值和标准化体积值(脑结构体积与全脑体积的比值)。分析不同性别和四个年龄组以及左、右侧之间各脑结构体积的差异,及脑内各结构体积与年龄之间的关系。**结果:**在不同性别组之间,左侧脑白质、双侧脑白质、左侧大脑白质、右侧大脑白质、双侧脑白质以及皮层下灰质、内侧颞叶、外侧颞叶、枕叶、额叶、顶叶和扣带回的部分区域的标准化体积值,以及颅脑总体积值的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。左右侧脑结构之间,小脑白质、楔叶、岛叶、侧脑室、以及皮层下灰质、内侧颞叶、外侧颞叶、额叶、顶叶和扣带回的部分区域的标准化体积值的差异有统计学意义($P < 0.05$)。脑脊液的标准化体积值与年龄呈负相关($r = -0.49, P < 0.05$),右侧壳核、左侧海马旁回、双侧梭状回、双侧颞上回、右侧颞下回、左侧额上回、双侧额中回前部、双侧额极、左侧顶上小叶、双侧顶下小叶和左侧楔前叶的标准化体积值均与年龄呈正相关($r = 0.42, 0.42, 0.59, 0.58, 0.44, 0.44, 0.47, 0.51, 0.47, 0.48$ 和 $0.48, P$ 均 < 0.05)。**结论:**基于 MRI 的自动脑分割技术能快速直观地显示和测量健康学龄期人群各脑结构的体积;不同性别健康学龄期人脑内结构体积存在差异,并且随年龄增加,脑脊液体积减小,内侧颞叶、外侧颞叶、额叶和顶叶的部分区域及右壳核体积增大。

【关键词】 脑; 脑结构体积; 自动脑分割技术; 磁共振成像; 学龄期人群

【中图分类号】 R445.2; R741.04 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)12-1513-07

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.12.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Quantitative analysis of brain volume in healthy individuals during school-age period based on automatic brain segmentation technology ZHAO Jin-hong, ZOU Fei, YANG Zhi-li, et al. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to analyze the differences in brain structural volumes among healthy individuals in the Chinese school-age population using automated brain segmentation techniques based on MRI. **Methods:** A total of 144 healthy school-age volunteers underwent MRI brain scan at a GE Discovery 750w 3.0T MR scanner. The scanning sequences included T_1 WI, T_2 WI T_2 -fluid-attenuated inversion recovery (T_2 -FLAIR). Based on the axial T_1 WI, automated brain segmentation techniques were used to obtain segmented images of brain structures and the volumes and standardized volumes (the ratio of individual brain structure volume to total brain volume) of various structures within the brain, including total brain, brain gray matter, brain white matter, cerebral white matter, subcortical gray matter, medial temporal lobe, lateral temporal lobe, occipital lobe, insular lobe, cerebellar gray matter, cerebellar white matter, frontal lobe, parietal lobe, cingulate gyrus, ventricles, cerebrospinal fluid, and brain stem. The differences of brain structural volumes in different gender-groups, four age-groups, and left and right side of the brain were analyzed statistically, and the correlation of brain structural volumes with age was observed. **Results:** Statistical differences of the ab-

作者单位: 330006 江西南昌, 南昌大学第二附属医院医学影像中心(赵锦洪、陈优、程冰雪、叶印泉、龚良庚、左敏静、肖新兰、连珞); 330029 江西南昌, 江西省肿瘤医院放射科(邹飞); 330006 江西南昌, 江西省妇幼保健院超声科(杨智利)
作者简介: 赵锦洪(1986—), 男, 广东江门人, 硕士, 主治医师, 主要从事中枢神经及腹部影像诊断工作。
通讯作者: 杨智利, E-mail: ychilie@foxmail.com
基金项目: 江西省卫生健康委科技计划(202210640)

solute value of whole brain volume, also of standard volume of brain structures, including left white matter, white matter, bilateral cerebral white matter, cerebral white matter, part of subcortical gray matter, part of the medial temporal lobe, part of the lateral temporal lobe, part of the occipital lobe, part of the frontal lobe, part of the parietal lobe, part of the cingulum were found between different genders. There were statistical differences of bilateral standard volume of part of subcortical gray matter, part of medial temporal lobe, part of lateral temporal lobe, cuneus, insula, cerebellar white matter, part of frontal lobe, part of parietal lobe, part of cingulate gyrus and lateral ventricle. The standard volume of cerebrospinal fluid was negatively correlated with aging ($r = -0.49, P < 0.05$), whereas of right putamen, left parahippocampal gyrus, bilateral fusiform gyrus, bilateral superior temporal gyrus, right inferior temporal gyrus, left superior frontal gyrus, bilateral rostral middle frontal gyrus, bilateral frontal pole, left superior parietal lobe, bilateral inferior parietal pole, left precuneus were positively correlated with aging ($r = 0.42, 0.42, 0.59, 0.58, 0.44, 0.44, 0.47, 0.51, 0.47, 0.48$ and 0.48 , all $P < 0.05$). **Conclusion:** Automatic brain segmentation technology based on MRI can rapidly and directly display brain structures and obtain their volumes. There are differences of brain structural volume in healthy school-aged Chinese people between different genders. The volume of cerebrospinal fluid decrease, while of partial regions of the medial temporal lobe, lateral temporal lobe, frontal lobe, parietal lobe and right putamen increase with aging.

【Key words】 Brain; Brain structure volume; Automatic brain segmentation technique; Magnetic resonance imaging; School-aged population

人类脑部结构被划分为多个功能区域,而每个区域对人的记忆、语言和运动等功能发挥着不同的作用。对脑部疾病进行分析时,常常需要对某个感兴趣区域的体积等特征变化进行研究。MRI 因其分辨率高和图像清晰而获得医学研究者的广泛认可,尤其是在脑部自动分割技术及脑部结构体积测量方面,可得到更高的精确度。自动脑分割技术利用人工智能影像后处理软件,基于大数据处理,对 MRI 扫描数据进行分析,可进行脑部区域的分割并自动生成脑内各结构的体积测量数据,从而能反映脑部结构的微妙变化。

目前多数自动脑分割技术的相关研究中使用的体积标准化值是基于国外健康人群脑结构的测量数据而制定的,国内仅少数文献报道了中国健康中老年人群脑结构体积的测量结果,尚缺乏对学龄期人群脑结构体积进行测量的研究。本研究采用自动脑分割技术分析中国学龄期青少年脑内不同结构的脑体积值及其与年龄的相关性,试图建立国内学龄期人群脑结构体积的参考值,旨在为今后对学龄期人群进行脑疾病的诊断、脑功能机制及脑发育等方面的研究奠定一定的基础。

材料与方法

1. 临床资料

2022 年 1 月—7 月将 144 例中国学龄期健康志愿者纳入研究。其中,男、女各 72 例,年龄 6~18 岁。按年龄(6~9、10~12、13~15 和 16~18 岁)将所有受试

者分为 4 组(A~D 组),分别有 39、35、35 和 35 例。纳入标准:①无精神障碍病史及相关家族史;②脑部无外伤史和器质性病变;③近期末服用精神类药物史;④身高、体重等发育状况指标均正常;⑤颅脑常规 MRI 未见异常;⑥无幽闭恐惧症;⑦检查时配合良好;⑧为右利手。

本研究获得南昌大学第二附属医院伦理委员会批准(研临字[2022]034)。所有受试者及其监护人知情同意。

2. MRI 检查方法

使用 GE Discovery 750w 3.0T MR 扫描仪和 8 通道头部线圈,扫描序列及参数如下。横轴面 T_1 WI: TR 2250 ms, TE 24 ms;横轴面 T_2 WI: TR 3400 ms, TE 110 ms;横轴面、冠状面及矢状面 FLAIR 序列: TR 8516 ms, TE 166 ms,视野 240 mm×240 mm,层厚 3 mm,层间距 0 mm,激励次数 1。

3. 图像后处理

将所有患者的 T_1 WI 数据(图 1a)统一至同一坐标系中,然后逐一与标准模板图像数据进行线性配准,进行脑部不同结构区域的分割、提取并进行标记,获得脑分割图像(图 1b)和脑结构体积报告。所提取的脑结构包括全脑、脑灰质、脑白质、大脑白质、皮层下灰质、内侧颞叶、外侧颞叶、枕叶、岛叶、小脑灰质、小脑白质、额叶、顶叶、扣带回、脑室、脑脊液和脑干;提供的脑结构体积值包括体积绝对值和标准化体积值,标准化体积为脑结构体积与全脑总体积的百分比。

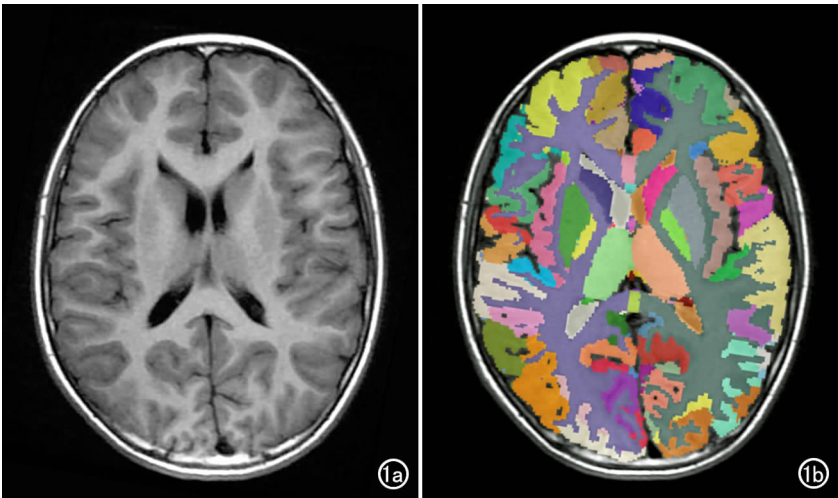


图 1 男性受试者,10 岁。a)原始(配准前)横轴面 T₁ WI 图像;b)经后处理软件获得的脑内各结构分割图像。

4. 统计学分析

使用 SPSS 22.0 软件进行统计学处理。以均数±标准差描述计量资料。采用独立样本 *t* 检验比较男性组与女性组之间脑内各结构体积的差异;采用配对 *t* 检验比较脑内各结构左、右侧体积的差异,并计算 *t* 检验的效应值(2 组的体积均值之差/标准差,此处标准差为 2 组体积的合并标准差);采用单因素方差分析比较 4 个年龄组之间脑内各结构体积的差异,对组间差

异有统计学意义者进一步采用 LSD 检验行组间两两比较,采用 FDR 方法对结果进行校正,并计算方差分析的效应值($\sqrt{F \text{ 值}/\text{例数}}$);采用 Spearman 相关分析观察脑内各结构的体积与年龄的相关性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 健康学龄期人群脑内各结构的标准化体积

颅脑总容积为(1461.05±136.33) mL,脑干、第三脑室、第四脑室、外周脑脊液和全部脑脊液的标准化体积分别为 1.32%±0.13%、0.07%±0.01%、19.17%±2.85%和 19.83%±3.59%;

脑内其它结构左、右侧的标准化体积值见表 1。

2. 不同性别之间脑内各结构体积的比较

年龄和性别对脑内所有结构体积测量值的交互影响作用无统计学意义($P>0.05$)。男性组和女性组各脑结构的标准化体积的比较结果详见表 2。不同性别组之间:颅脑总容积的绝对值及左侧脑白质、全脑脑白质、左侧大脑白质、右侧大脑白质、大脑白质及皮层下

表 1 学龄期健康人群脑内各结构的标准化体积

脑结构	标准化体积		脑结构	标准化体积	
	左侧	右侧		左侧	右侧
脑灰质	22.59%±1.53%	22.84%±1.58%	小脑		
脑白质	17.43%±1.09%	17.31%±1.13%	小脑灰质	3.72%±0.49%	3.66%±0.46%
大脑白质	13.73%±0.78%	13.79%±0.76%	小脑白质	0.71%±0.14%	0.66%±0.14%
皮层下灰质			额叶		
尾状核	0.24%±0.04%	0.23%±0.04%	中央前回	0.93%±0.11%	0.88%±0.09%
壳核	0.36%±0.06%	0.35%±0.05%	额上回	1.79%±0.21%	1.66%±0.18%
苍白球	0.14%±0.03%	0.12%±0.03%	额中回前部	1.57%±0.19%	1.64%±0.19%
丘脑	0.56%±0.05%	0.54%±0.06%	额中回尾部	0.40%±0.07%	0.39%±0.06%
内侧颞叶			额极	0.13%±0.03%	0.12%±0.03%
海马	0.29%±0.04%	0.31%±0.05%	眶额叶外侧部	0.63%±0.08%	0.56%±0.08%
海马旁回	0.14%±0.03%	0.11%±0.02%	眶额叶内侧部	0.36%±0.05%	0.41%±0.06%
杏仁核	0.14%±0.02%	0.15%±0.02%	盖部	0.39%±0.08%	0.33%±0.05%
内嗅皮质	0.11%±0.02%	0.12%±0.02%	眶部	0.19%±0.04%	0.20%±0.04%
梭状回	0.63%±0.09%	0.61%±0.09%	三角部	0.31%±0.07%	0.35%±0.07%
颞极	0.15%±0.04%	0.18%±0.03%	顶叶		
外侧颞叶			中央后回	0.73%±0.08%	0.68%±0.07%
额上回	1.07%±0.14%	1.04%±0.12%	中央旁小叶	0.25%±0.04%	0.27%±0.04%
额中回	0.87%±0.12%	0.99%±0.12%	顶上小叶	0.98%±0.14%	0.99%±0.12%
额下回	0.93%±0.13%	0.89%±0.12%	顶下小叶	1.05%±0.15%	1.22%±0.14%
额上回坡部	0.16%±0.04%	0.18%±0.03%	楔前叶	0.85%±0.09%	0.89%±0.09%
额横回	0.09%±0.02%	0.07%±0.02%	缘上回	0.95%±0.12%	0.86%±0.10%
枕叶			扣带回		
楔叶	0.24%±0.04%	0.28%±0.04%	前扣带回	0.18%±0.04%	0.16%±0.03%
舌回	0.50%±0.07%	0.52%±0.08%	中扣带回	0.13%±0.03%	0.18%±0.03%
矩状回	0.16%±0.05%	0.15%±0.05%	后扣带回	0.25%±0.03%	0.26%±0.04%
枕外侧回	0.89%±0.14%	0.86%±0.14%	扣带回峡	0.19%±0.03%	0.22%±0.03%
岛叶	0.52%±0.05%	0.54%±0.05%	侧脑室	0.49%±0.21%	0.44%±0.17%

表 2 不同性别学龄期人群体积有统计学差异($P<0.05$)的脑内各结构的体积

脑结构	男性	女性	t 值	效应值	脑结构	男性	女性	t 值	效应值
全脑容积/mL	1521.28±106.58	1395.88±132.54	6.27	0.93	盖部	0.74%±0.09%	0.68%±0.10%	3.45	0.57
左大脑白质	13.87%±0.66%	13.59%±0.86%	2.13	0.35	左三角部	0.33%±0.07%	0.29%±0.07%	2.90	0.46
右大脑白质	13.93%±0.64%	13.66%±0.85%	2.13	0.35	右三角部	0.37%±0.06%	0.34%±0.07%	2.78	0.44
大脑白质	27.79%±1.28%	27.25%±1.68%	2.17	0.36	三角部	0.69%±0.11%	0.63%±0.12%	3.23	0.53
皮层下灰质					顶叶				
左尾状核	0.23%±0.04%	0.25%±0.03%	-2.70	0.43	左中央后回	0.71%±0.08%	0.74%±0.08%	-2.99	0.48
右尾状核	0.22%±0.04%	0.24%±0.04%	-2.18	0.40	右中央后回	0.67%±0.06%	0.70%±0.07%	-2.34	0.36
尾状核	0.45%±0.08%	0.49%±0.07%	-2.60	0.41	中央后回	1.38%±0.12%	1.44%±0.12%	-3.18	0.53
内侧颞叶					左中央旁小叶	0.24%±0.04%	0.26%±0.04%	-2.72	0.46
左内嗅皮质	0.12%±0.02%	0.11%±0.02%	2.72	0.42	右中央旁小叶	0.26%±0.04%	0.28%±0.05%	-2.58	0.46
左梭状回	0.65%±0.07%	0.61%±0.11%	2.61	0.43	中央旁小叶	0.50%±0.07%	0.54%±0.08%	-2.92	0.46
左颞下回	0.95%±0.10%	0.91%±0.15%	2.02	0.32	左顶上小叶	0.95%±0.12%	1.02%±0.15%	-3.06	0.49
外侧颞叶					右顶上小叶	0.96%±0.10%	1.02%±0.13%	-2.93	0.48
左颞横回	0.09%±0.02%	0.08%±0.02%	2.48	0.42	顶上小叶	1.91%±0.19%	2.03%±0.26%	-3.34	0.55
右颞横回	0.08%±0.02%	0.07%±0.01%	2.64	0.36	扣带回				
颞横回	0.17%±0.03%	0.15%±0.03%	3.24	0.52	左前扣带回	0.19%±0.0%	0.17%±0.04%	3.59	0.56
枕叶					前扣带回	0.35%±0.06%	0.33%±0.07%	2.28	0.54
右舌回	0.53%±0.08%	0.50%±0.09%	2.33	0.40	左中扣带回	0.14%±0.02%	0.13%±0.03%	2.53	0.35
舌回	1.05%±0.12%	1.00%±0.16%	2.20	0.36	右中扣带回	0.18%±0.03%	0.17%±0.03%	2.28	0.36
额叶					中扣带回	0.32%±0.04%	0.30%±0.04%	3.14	0.36
左额中回前部	1.63%±0.18%	1.51%±0.19%	4.10	0.66	左后扣带回	0.25%±0.03%	0.24%±0.03%	2.16	0.40
右额中回前部	1.70%±0.17%	1.57%±0.19%	4.51	0.71	后扣带回	0.52%±0.05%	0.50%±0.07%	2.19	0.32
额中回前部	3.34%±0.32%	3.08%±0.32%	4.86	0.74	左扣带回峡	0.20%±0.03%	0.19%±0.03%	3.21	0.53
左盖部	0.40%±0.07%	0.37%±0.08%	2.32	0.37	右扣带回峡	0.23%±0.03%	0.21%±0.04%	3.06	0.57
右盖部	0.34%±0.04%	0.31%±0.05%	3.61	0.55	扣带回峡	0.43%±0.05%	0.39%±0.06%	3.59	0.55

注:全脑容积为绝对值,其余脑结构体积为标准化值。

灰质、内侧颞叶、外侧颞叶、枕叶、额叶、顶叶和扣带回的部分脑区的标准化体积的差异均有统计学意义($P<0.05$);其它脑结构的标准化体积的差异无统计学意义($P>0.05$)。

3. 脑内各结构左、右侧标准化体积的比较

楔叶、岛叶、小脑白质、侧脑室及皮层下灰质、内侧

颞叶、外侧颞叶、额叶、顶叶和扣带回的部分脑区的左、右侧标准化体积的差异均有统计学意义($P<0.05$),其它脑结构(或其相应脑区)的标准化体积在左、右侧之间的差异无统计学意义($P>0.05$),详见表 3。

4. 不同年龄组脑内各结构标准化体积的差异

对 4 个年龄组脑内各结构的标准化体积进行比

表 3 学龄期人群脑内各结构左右侧标准化体积的比较

脑结构	左侧	右侧	t 值	效应值	P 值
皮层下灰质					
尾状核	0.24%±0.04%	0.23%±0.04%	2.14	0.26	<0.05
苍白球	0.14%±0.03%	0.12%±0.03%	3.87	0.46	<0.05
海马	0.29%±0.04%	0.31%±0.05%	-4.00	0.43	<0.05
内侧颞叶					
内嗅皮质	0.11%±0.02%	0.12%±0.02%	-4.04	0.52	<0.05
颞极	0.15%±0.04%	0.18%±0.03%	-7.56	0.78	<0.05
外侧颞叶					
颞中回	0.87%±0.12%	0.99%±0.12%	-8.14	0.84	<0.05
颞上回坡部	0.16%±0.04%	0.18%±0.03%	-4.74	0.51	<0.05
枕叶楔叶	0.24%±0.04%	0.28%±0.04%	-7.45	0.77	<0.05
额叶					
中央前回	0.93%±0.11%	0.88%±0.09%	4.34	0.51	<0.05
额上回	1.79%±0.21%	1.66%±0.18%	5.59	0.61	<0.05
额极	0.13%±0.03%	0.12%±0.03%	2.85	0.30	<0.05
眶额叶外侧部	0.64%±0.08%	0.56%±0.08%	7.03	0.73	<0.05
盖部	0.39%±0.08%	0.33%±0.05%	8.09	0.87	<0.05
顶叶					
中央后回	0.73%±0.08%	0.68%±0.07%	4.79	0.52	<0.05
缘上回	0.95%±0.12%	0.86%±0.10%	7.13	0.77	<0.05
扣带回					
中扣带回	0.13%±0.03%	0.18%±0.03%	13.04	1.40	<0.05
后扣带回	0.25%±0.03%	0.26%±0.04%	-3.65	0.39	<0.05
扣带回峡	0.19%±0.03%	0.22%±0.03%	-5.64	0.73	<0.05
岛叶	0.52%±0.05%	0.54%±0.05%	-4.48	0.56	<0.05
侧脑室	0.49%±0.21%	0.44%±0.17%	2.17	0.25	<0.05

较,差异有统计学意义的脑区的方差分析及组间多重比较结果详见表 4。在 A 组与 D 组之间有较多脑区的标准化体积值的差异有统计学意义,且差值较大;而其余各组之间仅部分脑区的标准化体积值有显著差异。

Spearman 相关性分析结果显示,脑脊液标准化体积与年龄呈负相关($r=-0.49, P<0.05$),右壳核、左海马旁回、双梭状回、双颞上回、右颞下回、左额上回、双额中回前部、双额极、左顶上小叶、双顶下小叶和左楔前叶的标准化体积与年龄均呈正相关($r=0.42、0.42、0.59、0.58、0.44、0.44、0.47、0.51、0.47、0.48、0.48, P$ 均 <0.05)。

讨 论

人脑形态学一直是科学研究领域的热点,人脑的发育遵循“结构-功能”的变化模式,虽然在出生时人脑的这种变化模式已基本完成,但成年之前,尤其是学龄期,人脑还将进行复杂的生物发育,而性别、年龄、遗传、文化和环境等因素与学龄期人脑结构的发育息息相关^[1-3]。本研究中使用人工智能影像处理软件(上海联影智能医疗科技有限公司开发)的自动脑分割技术,观察健康学龄期人群脑内各结构的体积改变,并对脑结构的绝对体积值进行标准化,以去除个体差异的影

响,分析其与性别、年龄、左右大脑半球等因素的关系,获得健康学龄期人脑各结构体积的参考值,将该正常参考值作为基础资料,可广泛应用于科研、医疗和教学。

本研究中采用的人工智能影像处理软件的自动脑分割技术是基于图谱分割算法,其原理是利用大尺度微分同胚度量映射(large deformations diffeomorphic metric mapping, LDDMM)方法,将需要分割的影像图像映射到已分割好的模板上。而用于配准的标准脑模板采用脑成像联盟(International Consortium for Brain Mapping, ICBM)提出的 ICBM152 模板,此模板由英国牛津大学研发的脑功能磁共振成像软件库提供^[4],其基本计算方法是通过数学逆变换算子将分割结果变换到原图空间,进而获得原始输入影像图大幅度像的分割结果。通常情况下正常脑组织的结构主要为灰质、白质和脑脊液,它们在 T₁WI 图像上较其它序列(T₂WI、FLAIR 等)更易被区分,因此本研究基于 T₁WI 序列对正常脑组织进行分割,而为了分析病变对脑白质结构的损伤进行脑结构的分割和体积测量时,则需要基于多模态 MRI 数据(T₁WI、T₂WI、FLAIR 图像)对脑白质的不同灰度特性进行分析和利用。

本研究结果显示在中国正常学龄期人群中,男性

表 4 标准化体积在 4 个年龄组之间有显著差异的脑内各结构的统计分析结果

脑结构	单因素方差分析				组间两两比较 P 值					
	F 值	效应值	P 值	校正 P 值	A 与 B 组	A 与 C 组	A 与 D 组	B 与 C 组	B 与 D 组	C 与 D 组
左脑灰质	61.98	0.66	<0.05	<0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
右脑灰质	50.87	0.59	<0.05	<0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
左脑白质	4.14	0.17	<0.05	<0.05	0.17	0.01	0.00	0.19	0.08	0.66
皮层下灰质										
左壳核	9.61	0.26	<0.05	<0.05	0.09	0.79	0.00	0.05	0.01	0.00
右壳核	10.63	0.27	<0.05	<0.05	0.18	0.42	0.00	0.59	0.00	0.00
左丘脑	4.32	0.17	<0.05	<0.05	0.00	0.15	0.00	0.11	0.89	0.13
内侧颞叶										
右颞极	6.67	0.22	<0.05	<0.05	0.04	0.08	0.00	0.77	0.02	0.01
左海马旁回	11.48	0.28	<0.05	<0.05	0.99	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02
外侧颞叶										
左颞上回	10.20	0.27	<0.05	<0.05	0.08	0.02	0.00	0.50	0.00	0.00
左颞下回	4.83	0.18	<0.05	0.01	0.49	0.03	0.00	0.14	0.01	0.23
右颞下回	7.01	0.22	<0.05	<0.05	0.03	0.02	0.00	0.75	0.02	0.04
右岛叶	5.77	0.20	<0.05	<0.05	0.48	0.44	0.00	0.94	0.00	0.00
额叶										
左额上回	11.34	0.28	<0.05	<0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.60
右额上回	12.49	0.29	<0.05	<0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.42
左额极	11.92	0.29	<0.05	<0.05	0.83	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
顶叶										
左顶上小叶	9.37	0.26	<0.05	<0.05	0.06	0.00	0.00	0.13	0.00	0.12
右顶下小叶	9.29	0.25	<0.05	<0.05	0.70	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05
右楔前叶	11.80	0.29	<0.05	<0.05	0.13	0.02	0.00	0.44	0.00	0.00
右后扣带回	5.65	0.20	<0.05	<0.05	0.95	0.01	0.00	0.01	0.00	0.97
左侧脑室	6.63	0.21	<0.05	<0.05	0.05	0.00	0.00	0.32	0.02	0.20
右侧脑室	5.06	0.19	<0.05	0.01	0.99	0.02	0.00	0.02	0.00	0.51
脑脊液	14.87	0.32	<0.05	<0.05	0.09	0.01	0.00	0.23	0.00	0.00

的颅脑总体积、大脑白质及内侧颞叶、外侧颞叶、枕叶、额叶和扣带回的部分脑区的体积大于女性,而女性的尾状核、部分顶叶的体积大于男性,表明学龄期人群部分脑结构的体积存在性别差异,其产生的机制可能是激素水平、基因差异、自然社会环境和生活习惯等多种因素综合作用的结果^[5-7]。其中,激素水平的高低及个体对激素的敏感性差异是较为肯定的影响因素,神经类固醇甾体在大脑中合成并在脑发育过程中发挥着重要作用^[8-9]。有研究证明神经活性类固醇在顶叶和枕叶联合皮质的多个区域,孕烯醇酮和异丙孕酮水平与脑灰质厚度呈正相关。另外,脑结构体积的性别差异还可能受基因调控^[10-11],可能与性染色体效应有关,导致男性脑结构在解剖学上表现出较大的变异性。

现阶段研究认为人脑结构体积的不对称性在健康人群中普遍存在,可能与优势肢体或优势感有关^[12-15]。大多数右利手者为左侧优势大脑半球,其主要与语言、理解、逻辑、分析及运动等功能有关,又称语言脑;而右侧优势大脑半球主要与非语言的、视听觉及空间知觉等功能有关,又称艺术脑。额顶叶是大脑的语言运动中枢,尾状核和苍白球与运动计划的执行有关;颞枕叶与视听觉密切相关,岛叶和扣带回等与记忆、情感等功能相关。本研究所有志愿者均为右利手,左侧部分额顶叶、尾状核、苍白球和侧脑室的体积大于右侧,可能与左侧大脑半球优势有关;右侧颞枕叶、岛叶和扣带回的部分区域的体积大于左侧,可能与右侧大脑半球优势有关。这说明大脑半球不仅存在机能的不对称性,也存在结构的不对称性。了解颅脑体积的偏侧化有助于认识和鉴别相关疾病,如慢性精神分裂症与皮层下体积偏侧化改变有关,尤其是与苍白球的体积双侧不对称、左侧体积增加的改变有显著相关性,这可能是精神病易感性的基础^[16-17]。

儿童和青少年时期大脑皮质按照从后部到前部的顺序发育,大脑皮层体积的变化规律为儿童和青少年时期呈广泛、显著增大,然后在青春期前后大脑皮层的体积出现选择性减少。本研究中不同年龄组之间右壳核、左海马旁回、双侧梭状回、双侧颞上回、右侧颞下回、左侧额上回、双侧额中回前部、双侧额极、左顶上小叶、双侧顶下小叶及左侧楔前叶的体积存在差异,且这些脑区的体积与年龄呈正相关,脑脊液的体积在不同年龄组之间亦存在差异,且其与年龄呈负相关。上述结果表明健康学龄期人群不同区域脑结构体积的发育模式不尽相同,发展趋势是脑结构的体积随年龄呈现非线性增长,部分区域的体积在达到峰值后出现下降,与既往研究结果相符^[18-20]。

近年来,行为医学与脑科学领域研究的热点之一是抑郁症相关的影像学研究^[21],自杀是抑郁症最危险

的临床症状,而两者之间关系的神经病理学基础尚不明确,但有学者利用结构 MRI 和功能 MRI 技术研究发现与无自杀意念/行为的抑郁症患者相比,有自杀意念/行为的抑郁症患者存在明显的脑结构或功能的改变,这些改变主要集中于颞顶叶、眶额叶、扣带回、海马和纹状体等脑区以及脑核心认知网络,尤其是前额叶-边缘系统。未来的研究需考虑遗传学因素的影响,整合遗传影像学技术,探讨抑郁症伴或不伴自杀意念/行为的遗传影像特征,同时运用多模态神经影像学技术,来进一步探讨抑郁症伴或不伴自杀意念/行为的神经生物学基础,寻找可作为早期识别自杀意念/行为的生物-影像学标志物,以提高临床上对于自杀行为预测的准确性,减轻自杀所带来的巨大危害^[22-24]。

本研究存在的不足是样本量较少,有待扩大样本量进一步深入研究。

综上所述,脑自动分割技术可直观、快速、有效地分析脑内各结构的体积,进一步了解健康学龄期人群脑结构的发展规律,对于检测个体的发育状态和筛选早期发育异常者具有重要意义。

参考文献:

- [1] Gogtay N, Giedd JN, Lusk L, et al. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood [J]. *Proc Natl Acad Sci*, 2004, 101(21): 8174-8179.
- [2] 申博兴, 李延静. 基于脑分割技术对性别与年龄在脑结构体积中影响的研究进展[J]. *临床医学进展*, 2021, 11(1): 417-424.
- [3] 崔彩霞, 周存河, 崔慧先, 等. 采用 3.0T MRI 对正常人脑体积定量测量研究(附 140 例分析)[J]. *脑与神经疾病杂志*, 2014, 22(4): 281-283.
- [4] Smith SM, Jenkinson M, Woolrich MW, et al. Advances in functional and structural MR image analysis and implementation as FSL[J]. *NeuroImage*, 2004, 23(Supple 1): S208-S219.
- [5] Lehtola SJ, Tuulari JJ, Karlsson L, et al. Associations of age and sex with brain volumes and asymmetry in 2~5-Week-Old Infants [J]. *Brain Struct Funct*, 2019, 224(1): 501-513.
- [6] Király A, Szabó N, Tóth E, et al. Male brain ages faster: the age and gender dependence of subcortical volumes[J]. *Brain Imaging Behav*, 2016, 10(3): 901-910.
- [7] 张春艳, 程敬亮, 陈晨, 等. 基于自动脑分割技术分析中国正常中老年人脑结构体积[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(4): 519-523.
- [8] Lenroot RK, Giedd JN. Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2016, 30(6): 718-729.
- [9] Farokhian F, Yang CL, Beheshti I, et al. Age-related gray and white matter changes in normal adult brains[J]. *Aging Dis*, 2017, 8(6): 899-909.
- [10] Yang GY, Bozek J, Han MZ, et al. Constructing and evaluating a cortical surface atlas and analyzing cortical sex differences in young Chinese adults[J]. *Hum Brain Mapp*, 2020, 41(9): 2495-2513.

- [11] 秦茜,陈楠,李坤成. MRI 测量中国汉族不同性别正常成人枕叶体积[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(4): 514-518.
- [12] 鹿娜,李春媚,李淑华,等. 基于合成磁共振成像技术的帕金森病患者全脑体积值及弛豫值研究[J]. 磁共振成像, 2021, 12(4): 1-5.
- [13] 戴艳,陈颖茜,苏舒,等. 基于集成磁共振成像的正常儿童及青年人脑体积测量[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2022, 43(2): 268-275.
- [14] Wolf RC, Hildebrandt V, Schmitgen MM, et al. Aberrant gray matter volume and cortical surface in paranoid-type delusional disorder[J]. Neuropsychobiology, 2020, 79(4-5): 335-344.
- [15] 王帅文,张艳利,苟露斌,等. 无认知功能障碍帕金森病患者脑皮层体积变化与运动功能的相关性[J]. 放射学实践, 2021, 36(4): 436-439.
- [16] Cetin-Karayumak S, Di Biase MA, Chunga N, et al. White matter abnormalities across the lifespan of schizophrenia: a harmonized multi-site diffusion MRI study [J]. Mol Psychiatry, 2020, 25(12): 3208-3219.
- [17] 李华兵,唐湘祁,陈远,等. 一种脑结构自动化测量方法应用于阿尔茨海默病诊断的初步探讨[J]. 磁共振成像, 2021, 12(6): 27-33.
- [18] Duerden EG, Chakravarty MM, Lerch JP, et al. Sex-based differences in cortical and subcortical development in 436 individuals aged 4~54 years[J]. Cereb Cortex, 2020, 30(5): 2854-2866.
- [19] 何清华,李丹丹. 中国儿童青少年跨期决策的发展与脑发育机制[J]. 心理科学进展, 2020, 28(3): 381-389.
- [20] Ingallhalikar M, Smith A, Parker D, et al. Sex differences in the structural connectome of the human brain[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2014, 111(2): 823-828.
- [21] 李诺,杨静,张作记,等. 2015—2020 年《中华行为医学与脑科学杂志》研究热点的共词聚类分析[J]. 济宁医学院学报, 2021, 44(5): 348-351.
- [22] 刘春洋,梅兰,邱丽华,等. 重度抑郁症患者脑灰质体积性别差异的 3D 高分辨 MRI 研究[J]. 放射学实践, 2022, 37(4): 460-465.
- [23] Yoshino Y, Dwivedi Y. Elevated expression of unfolded protein response genes in the prefrontal cortex of depressed subjects: effect of suicide[J/OL]. J Affect Disord, 2020, 262: e229-e236 [2019 Nov 5]. DOI: 10.1016/j.jad.2019.11.001.
- [24] 戚玲瑜,谢春明. 抑郁症自杀相关的神经影像学研究[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2021, 30(4): 373-378.

(收稿日期: 2022-12-22 修回日期: 2023-05-09)

欢迎订阅 2024 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管,华中科技大学同济医学院主办,与德国合办的全国性影像学学术期刊,创刊至今已 39 周年。遵照同行评议、价值导向、等效应用原则,国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序,《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志再次入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向,关注国内外影像医学的新进展、新动态,全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果,受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科技核心期刊、中国高质量科技期刊分级目录临床医学领域医学影像学期刊,并在中国学术期刊分区中位列 Q1 区。

主要栏目:论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊,每册 25 元,全年定价 300 元。

国内统一刊号: ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号: 38-122

电话: (027) 69378385

E-mail: fsxsjzz@163.com 网址: <http://www.fsxsj.net>

编辑部地址: 430199 武汉市蔡甸区中法新城同济医院专家社区别墅 C 栋