

大脑额下沟断层解剖学相关性研究

向春锋^{1,2}, 周牧野², 李成², 沈龙山³, 李文省², 王磊², 王震寰²

[摘要] **目的:**探讨健康右利手成人额下沟的形态学特征及其侧别差异与性别差异,为 Broca 区功能研究提供解剖学参考。**方法:**对 40 名健康右利手成人头颅 MRI 的横断面、冠状面及矢状面断层图像的 80 侧额下沟进行统计分析,研究额下沟的侧别差异及性别差异。**结果:**不同性别情况下,额下沟在横断面出现层数差异无统计学意义($P > 0.05$)。女性右侧额下沟 Y 值均大于左侧,但除 $Z = 18$ mm 层面外($P < 0.01$),各层面左右侧 Y 值差异均无统计学意义($P > 0.05$)。男性左、右侧额下沟 X 值均大于女性,在右侧 $Z = 2 \sim 10$ mm, $14 \sim 16$ mm, $20 \sim 26$ mm 层面,左侧 $Z = 2$ mm, $10 \sim 16$ mm, $24 \sim 30$ mm 层面,男女 X 值差异均有统计学意义($P < 0.05 \sim P < 0.01$)。在左侧 $Z = 18 \sim 20$ mm 和 $Z = 24$ mm 层面,男性额下沟 Y 值均大于女性($P < 0.01$),其他各层面男女性左侧 Y 值差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**额下沟在越靠近大脑中轴处,后天发育变异度越小,额下沟在前后方向及左右方向变异度大。

[关键词] 额下沟;断层解剖;形态特征

[中图分类号] R 322 **[文献标志码]** A **DOI:** 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.02.029

Correlative study on the sectional anatomy of inferior frontal sulcus in human brain

XIANG Chun-feng^{1,2}, ZHOU Mu-ye², LI Cheng², SHEN Long-shan³, LI Wen-xing², WANG Lei², WANG Zhen-huan²

(1. Department of Radiology, Dazhou Central Hospital, Dazhou Sichuan 635000; 2. Institute of Clinic Anatomy, Department of Human Anatomy, Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233030; 3. Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233040, China)

[Abstract] **Objective:** To explore the morphological characteristics, bilateral and gender differences of the inferior frontal sulcus (IFS) in right-handed healthy adults, and provide the anatomical reference for the function study of Broca's area. **Methods:** The transverse, coronal and sagittal planes of MRI images of 80 unilateral IFS in 40 right-handed healthy adults brain were statistically analyzed, and which was used to investigate the bilateral and gender differences. **Results:** The difference of the transverse layer number of IFS between two genders was not statistically significant ($P > 0.05$). The Y value of right IFS was greater than that of left IFS in female, and the differences of the right Y value among other layers except for $Z = 18$ mm layer were not statistically significant ($P > 0.05$). The X value of left and right IFS in male was greater than that in female, and the differences of the X value at $Z = 2 - 10$ mm, $14 - 16$ mm and $20 - 26$ mm layers of right IFS, and $Z = 2$ mm, $10 - 16$ mm and $24 - 30$ mm layers of left IFS between male and female were statistically significant ($P < 0.05$ to $P < 0.01$). At $Z = 18 - 20$ mm and $Z = 24$ mm layers of left IFS, the Y value in male was greater than that in female ($P < 0.01$), and the differences of the Y value of other layers of left IFS between female and male were not statistically significant ($P > 0.05$). **Conclusions:** The closer to the brain middle axis the IFS, the smaller the acquired developmental variability of IFS is, and the larger the variabilities of IFS at the direction of forward-backward and left-right are.

[Key words] inferior frontal sulcus; sectional anatomy; morphological characteristics

大脑额下沟是位于额中回与额下回之间的沟,起自于中央前沟下端附近,属前后走行,走向颞极。

目前国内主要将额下沟分为三种类型,即“一段”型、“二段”型和“三段”型^[1]。运动性语言区(Broca 区)位于额下回后 1/3 部,额下沟后方,在出生后其功能的性别差异及侧别差异具有统计学意义^[2]。而研究^[3]发现,胎儿时期额下沟开始出现的胎龄、发育成熟时的胎龄及每个时期额下沟弯曲度等性别差异和侧别差异均无统计学意义。Broca 区功能差异对额下沟发育具有一定的影响,分析额下沟的解剖学的性别差异和侧别差异对 Broca 区功能研究具有一定的参考意义。我们对额下沟在横断面、冠状面及矢状面断层图像上的空间走行规律及发育特征作一探讨。现作报道。

[收稿日期] 2016-06-20 [修回日期] 2018-08-20

[基金项目] 安徽省跨世纪学术和技术带头人后备人选科研资助项目(2002HBL26)

[作者单位] 1. 四川省达州市中心医院 放射科, 635000; 2. 蚌埠医学院 临床应用解剖研究所, 人体解剖学教研室, 安徽 蚌埠 233030; 3. 蚌埠医学院第二附属医院 放射科, 安徽 蚌埠 233040

[作者简介] 向春锋(1988-),男,硕士,住院医师。

[通信作者] 王震寰, 硕士研究生导师, 教授。E-mail: bbmcpwzh@sina.com

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取健康右利手大学生或研究生志愿者 40 名,均知情同意,自愿参加。其中男 20 名,女 20 名;年龄 21 ~ 28 岁。

1.2 设备及参数 本研究采用头颅连续 MRI 断层扫描,扫描基线为连合间线;扫描野 24 cm × 24 cm,分辨率 512 × 512,层厚 2 mm,层间距 0 mm,扫描过程保持头颅固定。MRI 扫描数据由 MRI 工作站计算机生成标准 Dicom3.0 格式,将原始数据导入 eFilm Workstation 软件进行额下沟识别。

1.3 数据测量 将原始 Dicom3.0 格式数据转换成 .jpg 格式文件,用 Photoshop 软件打开。调整每张图片大小为 24 cm × 24 cm,分辨率为 21.333 像素/厘米。利用 Photoshop 软件信息面板的坐标功能,建立以连合间线中点为原点的二维坐标系,对每横断面额下沟的最外侧点进行读取坐标值,并分析每横断面的差异性。左右方向为 X 值、前后方向为 Y 值、横断面与基线横断面层数之差 χ^2 为 Z 值;正负仅代表方向,左半球(X 值)、连合间线中点之前(Y 值)、基线以上(Z 值)为正,右半球(X 值)、连合间线中点之后(Y 值)、基线以下(Z 值)为负,本研究进行统计学分析时均以绝对值进行计算。

1.4 统计学方法 左右侧数据采用配对样本 $t(t')$ 检验,性别间采用独立样本 t 检验。

2 结果

2.1 不同性别情况下额下沟在横断面出现层数比较 研究结果显示,不同性别情况下,额下沟在横断面出现层数差异无统计学意义($P > 0.05$)(见表 1)。

表 1 不同性别情况下额下沟在横断面出现层数比较(n)

分组	n	右侧	左侧	χ^2	P
男性	415	204	211		
女性	419	213	206	0.24	>0.05
合计	834	417	417		

2.2 不同侧别情况下女性额下沟 Y 值在各横断面差异比较 比较不同侧别情况下每层横断面额下沟 Y 值,结果显示,女性右侧 Y 值均大于左侧,但除 $Z = 18.000 0$ mm 层面外($P < 0.01$),女性左右侧 Y 值差异均无统计学意义($P > 0.05$)(见表 2)。

2.3 不同性别情况下额下沟 X 值在各横断面差异比较 男性左、右侧额下沟 X 值均大于女性,在右

表 2 女性每层横断面额下沟 Y 值侧别差异比较($\bar{x} \pm s$)

Z 值/mm	n	右侧 Y 值/mm	左侧 Y 值/mm	t	P
30.000 0	10	-42.400 0 ± 6.066 3	41.000 0 ± 4.761 0	-0.57	>0.05
28.000 0	14	-44.333 3 ± 4.274 0	41.600 0 ± 4.560 7	-1.64	>0.05
26.000 0	19	-44.000 0 ± 5.000 0	42.600 0 ± 4.718 8	-0.89	>0.05
24.000 0	24	-44.666 7 ± 5.280 0	42.833 3 ± 4.549 4	-1.29	>0.05
22.000 0	28	-44.000 0 ± 5.320 5	44.142 9 ± 3.718 1	-0.12	>0.05
20.000 0	32	-44.250 0 ± 5.157 5	43.500 0 ± 3.829 7	-0.66	>0.05
18.000 0	33	-44.705 9 ± 5.474 5	41.125 0 ± 4.759 2	-2.84	<0.01
16.000 0	35	-44.555 6 ± 5.260 5	42.352 9 ± 5.578 3	-1.70	>0.05
14.000 0	36	-44.210 5 ± 5.691 9	42.250 0 ± 5.698 0	-1.46	>0.05
12.000 0	35	-43.894 7 ± 5.141 3	41.875 0 ± 5.772 1	-1.55	>0.05
10.000 0	32	-43.411 8 ± 4.677 9	41.600 0 ± 5.717 1	-1.39	>0.05
8.000 0	27	-43.428 6 ± 5.154 8	42.000 0 ± 4.899 0	-1.04	>0.05
6.000 0	22	-43.833 3 ± 6.407 9	44.000 0 ± 6.582 9	-0.09	>0.05
4.000 0	18	-40.250 0 ± 3.918 8	41.000 0 ± 6.815 0	-0.40*	>0.05
2.000 0	17	-40.250 0 ± 4.464 1	40.000 0 ± 6.855 7	-0.13	>0.05
0.000 0	10	-42.000 0 ± 3.741 7	40.000 0 ± 6.000 0	-0.89	>0.05

*示 t' 值

侧 $Z = 2 \sim 10$ mm、14 ~ 16 mm、20 ~ 26 mm 层面,左侧 $Z = 2$ mm、10 ~ 16 mm、24 ~ 30 mm 层面,男女 X 值差异均有统计学意义($P < 0.05 \sim P < 0.01$)(见表 3)。

2.4 不同性别情况下各横断面左侧额下沟 Y 值比较 在左侧 $Z = 18 \sim 20$ mm 和 $Z = 24$ mm 层面,男性额下沟 Y 值均大于女性($P < 0.01$),其他各层面男女性左侧 Y 值差异均无统计学意义($P > 0.05$)(见表 4)。

3 讨论

大脑额下沟位于额中回与额下回之间,1980 年崔志潭等^[1]首次通过大脑半球标本将额下沟起点分为三类,随后学者们也对额下沟进行过研究,但主要集中在额下沟起点与中央前沟之间关系。随着 MRI 设备的发展,核功能成像对脑功能的研究备受学者们的关注,Broca 区与语言产生、视觉注意力、意识知觉等形成有密切关系,LINDENBERG 等^[4]发现该区域解剖结构具有明显的差异性。

本研究发现,不同性别情况下,额下沟在横断面出现层数差异无统计学意义。闫家阁等^[3]研究 89 例胎儿头颅(178 侧大脑半球)额叶脑、沟发育规律,发现额下沟全部出现后并无弯曲,为直线型,额下沟的后段加深最明显,并且左右侧额下沟间的差异并没有统计学意义。本研究与此观点一致,额下沟在越靠近大脑中轴处,后天发育变异度越小。

表 3 每层横断面双侧额下沟 X 值性别差异对比 ($\bar{x} \pm s$)

Z 值/mm	n	右侧 X 值/mm				n	左侧 X 值/mm			
		男性	女性	t	P		男性	女性	t	P
30.000 0	12	-45.000 0 ± 7.238	-42.400 0 ± 6.066	0.95	>0.05	11	49.000 0 ± 6.542	41.000 0 ± 4.761	3.30	<0.01
28.000 0	14	-45.250 0 ± 6.670	-41.333 3 ± 4.274	1.85	>0.05	14	47.750 0 ± 5.897	41.600 0 ± 4.567	3.09	<0.01
26.000 0	18	-45.777 8 ± 5.607	-42.000 0 ± 5.000	2.13	<0.05	20	46.200 0 ± 5.767	42.600 0 ± 4.718	2.16	<0.05
24.000 0	23	-45.818 2 ± 5.325	-42.666 7 ± 5.280	2.02	<0.05	22	46.800 0 ± 5.513	42.833 3 ± 4.549	2.60	<0.05
22.000 0	25	-45.166 7 ± 5.149	-42.000 0 ± 5.320	2.14	<0.05	27	44.923 1 ± 8.703	42.142 9 ± 3.718	1.53*	>0.05
20.000 0	32	-45.750 0 ± 6.104	-42.250 0 ± 5.157	2.48	<0.05	30	44.875 1 ± 8.830	43.500 0 ± 3.829	0.78*	>0.05
18.000 0	32	-45.142 9 ± 6.310	-42.705 9 ± 5.474	1.65	>0.05	32	45.125 0 ± 7.865	42.125 0 ± 4.759	1.85	>0.05
16.000 0	34	-45.375 0 ± 5.044	-42.555 6 ± 5.260	2.26	<0.05	35	46.888 9 ± 6.867	42.352 9 ± 5.578	3.03	<0.01
14.000 0	36	-47.000 0 ± 4.732	-44.210 5 ± 5.691	2.26	<0.05	36	46.736 8 ± 6.740	42.250 0 ± 5.698	3.05	<0.01
12.000 0	34	-46.000 0 ± 5.342	-43.894 7 ± 5.141	1.66	>0.05	30	45.571 4 ± 7.240	41.875 0 ± 5.772	2.19	<0.05
10.000 0	33	-46.250 0 ± 5.157	-43.411 8 ± 4.679	2.34	<0.05	29	45.714 3 ± 7.097	41.600 0 ± 5.717	2.43	<0.05
8.000 0	29	-45.733 3 ± 5.006	-42.428 6 ± 5.158	2.48	<0.05	26	45.230 8 ± 7.769	42.000 0 ± 4.899	1.79	>0.05
6.000 0	26	-44.857 1 ± 5.245	-40.833 3 ± 6.409	2.48	<0.05	21	46.000 0 ± 6.261	43.000 0 ± 6.582	1.51	>0.05
4.000 0	17	-44.666 7 ± 5.291	-40.250 0 ± 3.988	2.75	<0.01	19	44.444 4 ± 5.547	41.000 0 ± 6.815	1.71	>0.05
2.000 0	15	-45.142 9 ± 5.520	-40.250 0 ± 4.441	2.67	<0.05	18	45.142 9 ± 8.071	40.000 0 ± 6.855	2.06	<0.05
0.000 0	8	-46.000 0 ± 9.165	-42.000 0 ± 3.741	1.14	>0.05	10	45.600 0 ± 8.763	40.000 0 ± 6.000	1.67	>0.05

* 示 t' 值

表 4 每层横断面左侧额下沟 Y 值性别差异比较 ($\bar{x} \pm s$)

Z 值/mm	n	左侧 Y 值/mm			
		男性	女性	t	P
30.000 0	11	-36.450 0 ± 4.019 8	-33.900 0 ± 7.179 1	1.03	>0.05
28.000 0	14	-39.750 0 ± 6.825 2	-37.020 0 ± 4.218 7	1.27	>0.05
26.000 0	20	-41.230 0 ± 6.561 0	-39.360 0 ± 4.835 1	1.03	>0.05
24.000 0	22	-43.060 0 ± 7.211 3	-39.650 0 ± 5.998 1	17.93	<0.01
22.000 0	27	-43.253 8 ± 7.658 6	-40.664 3 ± 5.024 0	1.47*	>0.05
20.000 0	30	-44.671 4 ± 8.939 1	-39.268 7 ± 6.756 5	2.64	<0.05
18.000 0	32	-44.268 8 ± 6.775 4	-39.500 0 ± 5.707 7	3.05	<0.01
16.000 0	35	-43.261 1 ± 6.760 9	-41.347 1 ± 6.017 2	1.25	>0.05
14.000 0	36	-42.542 1 ± 6.285 4	-43.362 5 ± 7.358 4	-0.51	>0.05
12.000 0	30	-43.071 4 ± 5.727 2	-43.675 0 ± 7.563 6	-0.35	>0.05
10.000 0	29	-43.278 6 ± 5.834 3	-43.626 7 ± 7.689 6	-0.19	>0.05
8.000 0	26	-43.992 3 ± 6.094 7	-43.415 4 ± 8.212 0	0.29	>0.05
6.000 0	21	-43.618 2 ± 6.842 1	-43.020 0 ± 8.170 5	0.26	>0.05
4.000 0	19	-44.000 0 ± 6.746 7	-46.060 0 ± 7.442 3	-0.89	>0.05
2.000 0	18	-41.357 1 ± 8.329 4	-47.022 2 ± 8.578 4	-2.01	>0.05
0.000 0	10	-39.540 0 ± 9.143 5	-44.420 0 ± 9.362 5	-1.18	>0.05

* 示 t' 值

本研究发现,女性右侧 Y 值均大于左侧,但除 Z = 18 mm 层面具有显著差异外,女性左右侧 Y 值差异均无统计学意义。LIAKAKIS 等^[5]在一个 485 例神经影像研究中发现,额下沟参与语言的感知和产生,语言的产生是左侧大脑半球占主导,右利手者的语言功能主要在左侧大脑半球,然而,语言的侧别性优势并不是意味着左利手的语言功能在左侧大脑

半球。右侧额叶皮质一直与抑制控制有关,近年来神经影像学研究认为右侧前额叶皮质在抑制控制中具有重要的作用^[6]。CAI 等^[7-8]通过多重定量技术分离右侧前额叶皮质的功能和作用,发现抑制控制中右侧额叶皮质几乎无所不在,在理解抑制控制的神经影像方面具有重要意义。右侧额叶皮质在抑制控制实施过程中扮演了不同的角色,在抑制控制中具有一定的机械性本质^[9]。最近有研究^[10]报道,额叶皮质受到非参与所需要的意志力抑制,而非抑制频繁刺激。大量有用信息的定量分析及任务诱发反应与时间脉冲波形有关,脑内解剖结构的功能很难使用常规分析了解清楚^[11]。额下沟存在较为明显的侧别性差异,左侧额下沟较右侧变异度更大,主要是前后方向,而恰恰 Broca 区位于左侧额下沟后方,因此,其差异性更多是因为其 Broca 功能区所导致,反之,额下沟在前后方向变异度大者其 Broca 区功能较为显著。

本研究发现,男性左、右侧额下沟 X 值均大于女性,在右侧 Z = 2 ~ 10 mm、14 ~ 16 mm、20 ~ 26 mm 层面,左侧 Z = 2 mm、10 ~ 16 mm、24 ~ 30 mm 层面,男女 X 值差异均有统计学意义。性别差异在心理过程中的证据表明不同性别具有不同的认知区域范围^[12],性别差异对心理过程形成具有极大影响。HILL 等^[13]通过使用脑图数据库进行数据分析和预先设计的激活实验,发现女性更多的激活边缘和额叶结构。在认知和语言能力方面,性别差异已被证

实具有统计学意义,大脑中枢定位与侧别性优势功能的差异解释了这种可能性。额下沟的性别差异主要是因为左右方向所致,因此,额下沟在左右方向变异度大者,往往意味着其 Broca 区功能更为活跃。

额下沟开始出现的胎龄、发育完全及额下沟的弯曲度侧别性差异及性别差异不大,额下沟在后天发育中,由于大脑功能的差异导致后天发育出现变异,额下沟在越靠近大脑中轴处,后天发育变异度越小。额下沟在前后方向及左右方向变异度大者,其 Broca 区功能往往更为显著。

[参 考 文 献]

- [1] 崔志潭,陈仲欣,黄璇英. 国人大脑半球脑沟的形态[J]. 解剖学报,1980,11(2):182.
- [2] BLACK DF, DELONE DR, KAUFMANN TJ, *et al.* Retrospective analysis of interobserver spatial variability in the localization of Broca's and Wernicke's areas using three different fMRI language paradigms[J]. J Neuroimaging,2014,25(4):626.
- [3] 闫家阁,马永臻. 胎脑额叶脑沟发育规律的研究[J]. 临沂医学专科学校学报,1999,21(3):161.
- [4] LINDENBERG R, FANGERAU H, SEITZ RJ. "Broca's area" as a collective term? [J]. Brain Lang,2007,102(1):22.
- [5] LIAKAKIS G, NICKEL J, SEITZ RJ. Diversity of the inferior frontal gyrus—a Meta-analysis of neuroimaging studies[J]. Behav Brain Res,2011,225(1):341.
- [6] SWICK D, ASHLEY V, TURKEN U. Are the neural correlates of stopping and not going identical quantitative meta-analysis of two

response inhibition tasks[J]. Neuroimage,2011,56(3):1655.

- [7] CAI W, RYALI S, CHEN T, *et al.* Dissociable roles of right inferior frontal cortex and anterior insula in inhibitory control: evidence from intrinsic and task-related functional parcellation, connectivity, and response profile analyses across multiple datasets[J]. J Neurosci,2014,34(44):14652.
- [8] CAI W, CANNISTRACI CJ, GORE JC, *et al.* Sensorimotor-independent prefrontal activity during response inhibition[J]. Hum Brain Map,2014,35(5):2119.
- [9] ARON AR, ROBBINS TW, POLDRACK RA. Inhibition and the right inferior frontal cortex:one decade on[J]. Trends Cogn Sci, 2014,8(4):170.
- [10] HAMPSHIRE A. A functional network perspective on response inhibition and attentional control[J]. Nat Commun,2014,5(5):4073.
- [11] ORBAN P, DOYON J, PETRIDES M, *et al.* The richness of task-evoked hemodynamic responses defines a pseudohierarchy of functionally meaningful brain networks. [J]. Cereb Cortex,2015,25(9):2658.
- [12] KOCH K, PAULY K, KELLERMANN T, *et al.* Gender differences in the cognitive control of emotion: an fMRI study [J]. Neuropsychologia,2007,45(12):2744.
- [13] HILL AC, LAIRD AR, ROBINSON JL. Gender differences in working memory networks: a brainMap meta-analysis [J]. Biol Psychol,2014,102(5):18.

(本文编辑 卢玉清)

(上接第 234 页)

- [4] THOMSEN HS, MORCOS SK, ALMEN T, *et al.* Nephrogenic systemic fibrosis and gadolinium-based contrastmedia: updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines [J]. Eur Radiol,2013,23(2):307.
- [5] MIYAZAKI M, AKAHANE M. Non-contrast enhanced MR angiography:established techniques[J]. J Magn Reson Imaging, 2012;35(1):1.
- [6] 王冬梅,宋云龙,王萍,等. 下肢动脉 3.0T Delta-Flow 非增强磁共振血管成像的应用:与增强磁共振血管成像对照研究 [J]. 中国医学影像学杂志,2015,23(4):293.
- [7] MOHRS OK, PETERSEN SE, HEIDT MC, *et al.* High-resolution 3D noncontrast-enhanced, ECG-gated, multi-step MR angiography of the lower extremities: comparison with contrast-enhanced MR angiography[J]. Eur Radiol,2011,21(2):434.
- [8] PARTOVI S, RASMUS M, SCHULTE AC, *et al.* ECG-triggered non-enhanced MR angiography of peripheral arteries in comparison to DSA in patients with peripheral artery occlusive disease[J]. Magn Reson Mater Phy,2013,26(3):271.
- [9] BLEY TA, FRANCOIS CJ, SCHIEBLER ML, *et al.* Non-contrast

enhanced MRA of renal artery stenosis: validation against DSA in a porcine model[J]. Eur Radio,2016,26(2):547.

- [10] LIM RP, HECHT EM, XU J, *et al.* 3D nongadolinium-enhanced ECG-gated MRA of the distal lower extremities: preliminary clinical experience [J]. J Magn Reson Imaging, 2010,28(1):181.
- [11] WARD EV, GALIZIA MS, USMAN A, *et al.* Comparison of quiescent inflow single-shot and native space for nonenhanced peripheral MR angiography[J]. J Magn Reson Imaging,2013,38(6):1531.
- [12] THIERFELDER KM, MEIMARAKIS G, NIKOLAOU K, *et al.* Non contrast-enhanced MR angiography at 3 tesla in patients with advanced peripheral arterial occlusive disease [J]. PLoS One, 2014,9(3):e91078.
- [13] SCHUBERT T, TAKES M, ASCHWANDEN M, *et al.* Non-enhanced, ECG-gated MR angiography of the pedal vasculature: comparison with contrast-enhanced MR angiography and digital subtraction angiography in peripheral arterial occlusive disease [J]. Eur Radiol,2016,26(8):2705.

(本文编辑 卢玉清)