

## · 中枢神经影像学 ·

## 2 型糖尿病患者左侧小脑Ⅵ区与全脑功能连接改变的 fMRI 研究

齐菲, 张东升, 王嫚, 程苗, 苏宇, 谢清明, 张小玲

**【摘要】 目的:**探讨 2 型糖尿病(T2DM)患者左侧小脑Ⅵ区与全脑功能连接的改变及其是否与视觉空间功能损伤有关。**方法:**纳入 32 例 T2DM 患者(T2DM 组)及年龄、性别相匹配的 30 例健康被试(HC 组)行静息态 fMRI 检查及神经心理学量表测试,对比左侧小脑Ⅵ区与全脑功能连接以及神经心理学量表的组间差异,提取存在显著差异脑区的功能连接平均值与行为学评分行相关性分析。**结果:**相对于 HC 组,T2DM 组患者左侧小脑Ⅵ区与右侧海马旁回/梭状回,右侧颞中/上回,双侧楔前叶/右侧中、后扣带,双侧额内侧回/右侧额中、上回,右侧角回/颞中回/枕中回/缘上回/顶下小叶的功能连接减低(单个体素  $P < 0.001$ , 校正后  $P < 0.05$ , GRF 校正),未发现功能连接增高的脑区。T2DM 组患者左侧小脑Ⅵ区和左侧楔前叶功能连接强度与连线测试 A(TMT-A)评分呈负相关( $r = -0.38, P = 0.048$ )。**结论:**T2DM 组患者左侧小脑Ⅵ区与全脑多个脑区存在异常功能连接,并与视觉空间损伤有关,为进一步了解 T2DM 视觉空间功能损伤的神经机制提供了新的见解。

**【关键词】** 2 型糖尿病; 磁共振成像; 静息态; 功能连接; 视觉空间

**【中图分类号】** R587.1; R741.02; R445.2 **【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1000-0313(2020)09-1091-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.09.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Altered functional connectivity between left cerebellum Ⅵ region and whole brain in T2DM patients: a resting-state fMRI study** QI Fei, ZHANG Dong-Sheng, WANG Man, et al. Xi'an Medical University, Xi'an 710021, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the altered functional connections between the left cerebellar Ⅵ region and the whole brain in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) and whether it is related to visuospatial impairment in T2DM. **Methods:** Resting state fMRI and neuropsychological assessment were performed on 32 T2DM patients and 30 age- and gender-matched healthy controls (HC). Neuropsychological score and functional connectivity between left cerebellar Ⅵ region and other voxels in the brain were compared between the two groups. Correlation analysis was conducted between neuropsychological score and mean functional connection values from the regions with significant difference in the above comparison. **Results:** Compared with HC, T2DM patients showed significantly decreased functional connections between left cerebellum Ⅵ region and right para-hippocampal/fusiform gyrus, right middle/superior temporal gyrus, bilateral precuneus/right middle & posterior cingulate, bilateral medial frontal gyrus/right superior/middle frontal gyrus, right angular/middle temporal/middle occipital/supramarginal gyrus/inferior parietal lobule ( $P < 0.001$  for individual voxel, corrected  $P < 0.05$ , GRF corrected). There were no increased functional connectivity regions of the brain. Moreover, functional connection values between left cerebellar Ⅵ and left precuneus were negative correlated with Trail Making Test A (TMT-A) in T2DM group ( $r = -0.38, P = 0.048$ ). **Conclusion:** T2DM patients have abnormal functional connections between the left cerebellum Ⅵ region and multiple regions of the whole brain, which was related to visuospatial impairment, providing new insights for further understanding the neural mechanism of visuospatial impairment in T2DM.

**作者单位:** 710021 西安, 西安医学院(齐菲, 王嫚, 苏宇, 谢清明); 710068 西安, 陕西省人民医院磁共振室(张东升, 程苗, 张小玲)

**作者简介:** 齐菲(1992—), 女, 陕西临潼人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事功能神经影像学研究和诊断工作。

**通讯作者:** 张小玲, E-mail: zxl.822@163.com

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目(81270416), 陕西省重点研发计划(2018ZDXM-SF-038), 陕西省社会发展科技攻关项目(2019SF-131)

**【Key words】** Type 2 diabetes mellitus; Magnetic resonance imaging; Resting-state; Functional connectivity; Visual space

2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)是一种常见的代谢性疾病,表现为以胰岛素抵抗和高血糖为特征的长期代谢紊乱<sup>[1]</sup>。全球约 90% 的糖尿病患者为 2 型糖尿病,我国糖尿病患者人数已居全球首位。多项研究发现 T2DM 患者大脑功能及结构存在异常并与认知障碍有关<sup>[2,3]</sup>,然而,由于小脑相对受到低血糖的保护<sup>[4]</sup>,目前针对小脑的研究较少。先前多项研究已经证实 T2DM 患者存在明显的视觉空间异常<sup>[5,6]</sup>,小脑不仅具有感觉运动功能,而且参与执行功能、注意力等多种认知功能<sup>[7]</sup>。相关研究发现左侧小脑半球具有空间处理功能,左侧小脑后叶损伤会引起视觉空间功能异常,Meta 分析进一步证实左侧小脑小叶Ⅵ区在视觉空间功能中具有重要作用<sup>[8,9]</sup>。左侧小脑Ⅵ区是否与 T2DM 患者视觉空间功能损伤有关尚不清楚。因此,本研究拟采用静息态功能连接的方法,探讨左侧小脑Ⅵ区与全脑功能连接是否存在异常,以揭示其在 T2DM 视觉空间功能损伤中的作用及其神经机制。

## 材料与方法

### 1. 研究对象

搜集陕西省人民医院内分泌科 T2DM 患者 32 例(T2DM 组)及健康被试 30 例(HC 组),纳入的患者须符合 1999 年世界卫生组织关于 T2DM 的诊断标准:①空腹血糖 $\geq 7.0$  mmol/L;②口服糖耐量试验 2 h 餐后血糖 $\geq 11.1$  mmol/L;③有多三少一症状,且随机血糖 $\geq 11.1$  mmol/L,若无高血糖的症状,标准中的①、②项应进行复查,两次达到标准即可诊断。纳入标准:年龄 40~70 岁;无精神药物滥用或依赖史;无其它神经及精神病史,既往无神经系统外伤手术史;均为右利手。排除标准:有听力、语言交流困难、幽闭恐惧症等无法配合 MRI 检查者;合并其他内分泌疾病患者;合并影响认知功能的其它精神及神经疾病者;被试常规 MRI 扫描有脑血管意外、肿瘤、外伤、感染、先天性脑发育异常等疾病者。本研究通过陕西省人民医院伦理委员会批准,所有被试在检查前均被详细告知试验内容及方法并签署知情同意书。

### 2. 神经心理学测试

被试在接受 fMRI 扫描前需完成简易智力状态检查量表(Mini-mental state examination, MMSE)、蒙特利尔认知评估量表(Montreal Cognitive Assessment, MoCA)、连线测试 A(Trail-Making Test part A, TMT-A)及画钟测验(Clock drawing test, CDT),

MMSE 及 MoCA 用于评估被试的一般认知功能, TMT-A 评估被试神经反应速度及视觉空间功能, CDT 评估视觉空间功能。神经心理学测试由经过系统测试培训的人员完成。

### 3. 数据采集及分析

MRI 检查采用 3.0T Philips Ingenia 磁共振扫描仪,16 通道相控阵头部线圈。首先行常规 T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI 及 T<sub>2</sub>-FLAIR 序列用于临床影像学诊断,并剔除脑实质有器质性病变的患者。扫描前嘱咐被试仰卧,闭目,清醒,保持全身静止不动,尽量避免任何思维活动,用海绵垫固定好头部,佩戴耳塞以减少噪声对被试的影响。行 3D-T<sub>1</sub>WI 及静息态脑功能磁共振扫描,静息态数据采集采用梯度回波平面成像序列,扫描参数:TR 2000 ms, TE 30 ms,视野 230 mm $\times$ 230 mm,矩阵 128 $\times$ 128,翻转角 90°,采集 200 个时间点,层厚 4 mm,共 34 层。利用 dpabi 2.3 软件对 3D-T<sub>1</sub>WI 及静息态数据进行处理及统计学分析。功能连接数据处理流程如下:去除前 10 个时间点,行时间校正及空间校正,剔除头动较大患者(平动 $\geq 1.5$  mm,角动 $\geq 1.5^\circ$ ),将静息态数据配准到 3D-T<sub>1</sub>WI 模板中和/或去除噪声,标准化到标准脑,以 3 mm $\times$ 3 mm $\times$ 3 mm 分辨率重采样,然后采用 FWHM 为 6 的高斯平滑核进行平滑处理,以左侧小脑Ⅵ区为 Mask 作为种子点,计算种子点与大脑各体素之间的功能连接获得大脑功能连接图,并采用 Fisher 转换将计算得到的功能连接值转换为 Z 值。组间比较时将受教育程度作为协变量,结果采用 GRF 校正(单个体素  $P < 0.001$ ,校正后  $P < 0.05$ )。T2DM 组提取存在显著组间差异的脑区的功能连接平均值,以受教育程度为协变量,对存在显著组间差异的功能连接平均值与 HbA1c、病程及行为学评分行相关性分析。对一般人口学资料数据,符合正态分布者采用两样本  $t$  检验,不符合正态分布者采用 Wilcoxon 秩和检验进行组间比较,性别的组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 1. 人口学资料及神经心理学测试结果

两组被试在性别、年龄、身体质量指数(body mass index, BMI)、血压、总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白、MMSE、MoCA、TMT-A 上差异均无统计学意义( $P$  值均 $>0.05$ );T2DM 组的空腹血糖水平和 HbA1c 显著高于 HC 组,差异有统计学意义( $P$  值均 $<0.05$ );

HC 组的受教育程度明显高于 T2DM 组, T2DM 患者的 CDT 评分明显低于 HC 组, 差异均有统计学意义 ( $P$  值均  $<0.05$ , 表 1); T2DM 组患者的平均病程为  $(9.31 \pm 7.26)$  年。T2DM 组及 HC 组的 MoCA 评分结果见表 2, HC 组的复制立方体得分显著高于 T2DM 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。

表 1 T2DM 及 HC 组人口学、临床资料及行为学评分比较

| 指标                      | T2DM 组<br>(32 例) | HC 组<br>(30 例) | $t/\chi^2$ 值 | $P$ 值  |
|-------------------------|------------------|----------------|--------------|--------|
| 年龄(岁)                   | 56.69±6.22       | 54.30±5.03     | 1.655        | 0.103  |
| 性别(男/女)                 | 23/9             | 21/9           | 0.026        | 0.871  |
| 病程(年)                   | 9.31±7.26        | —              | —            | —      |
| 受教育程度(年)                | 12.72±2.81       | 14.97±2.27     | 3.454        | <0.001 |
| 收缩压(mmHg)               | 130.13±18.53     | 122.67±9.07    | 1.992        | 0.051  |
| 舒张压(mmHg)               | 81.28±13.09      | 81.90±6.09     | 0.236        | 0.814  |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> ) | 24.74±3.01       | 24.22±3.19     | 0.637        | 0.526  |
| 空腹血糖(mmol/L)            | 9.65±3.43        | 5.39±0.75      | 5.023        | <0.001 |
| HbA1c (%)               | 8.87±2.58        | 5.56±0.48      | 6.559        | <0.001 |
| 甘油三脂(mmol/L)            | 1.66±0.89        | 1.91±1.36      | 0.840        | 0.404  |
| 总胆固醇(mmol/L)            | 4.63±1.07        | 5.01±0.84      | 1.569        | 0.122  |
| 低密度脂蛋白(mmol/L)          | 2.54±0.69        | 2.91±0.92      | 1.778        | 0.080  |
| TMT-A                   | 74.36±30.91      | 72.97±27.97    | 0.182        | 0.856  |
| MMSE                    | 28.10±1.79       | 28.48±1.93     | 0.784        | 0.436  |
| MoCA                    | 26.45±2.41       | 27.00±1.69     | 1.021        | 0.312  |
| CDT                     | 15.83±8.54       | 20.00±5.99     | 2.163        | 0.035  |

表 2 T2DM 及 HC 组的 MoCA 评分

| 指标    | T2DM 组<br>(32 例) | HC 组<br>(30 例) | $t/\chi^2$ 值 | $P$ 值 |
|-------|------------------|----------------|--------------|-------|
| 交替连线  | 0.65±0.49        | 0.78±0.41      | 1.117        | 0.268 |
| 复制立方体 | 0.65±0.49        | 0.90±0.31      | 2.369        | 0.021 |
| 画钟    | 1.90±0.91        | 2.10±0.67      | 0.965        | 0.338 |
| 命名    | 3.00±0.00        | 3.07±0.371     | 1.035        | 0.305 |
| 注意力   | 2.84±0.58        | 2.93±0.37      | 0.762        | 0.471 |
| 计算    | 2.74±0.51        | 2.62±0.62      | 0.825        | 0.413 |
| 语言复述  | 1.94±0.25        | 1.86±0.44      | 0.800        | 0.427 |
| 语言流畅性 | 1.00±0.00        | 1.00±0.00      | 1.000        | 1.00  |
| 抽象能力  | 1.87±0.34        | 1.93±0.26      | 0.766        | 0.447 |
| 延迟回忆  | 4.16±1.07        | 3.90±1.18      | 0.914        | 0.364 |
| 定向    | 5.84±0.64        | 5.86±0.44      | 0.164        | 0.870 |

2. 静息态功能连接结果

相对于 HC, T2DM 患者左侧小脑 VI 区与右侧海马旁回/梭状回, 右侧颞中/上回, 双侧楔前叶/右侧中、

后扣带, 双侧额内侧回/右侧额中、上回, 右侧角回/颞中回/枕中回/缘上回/顶下小叶的功能连接减低, 未发现功能连接增高的脑区(图 1)。具体脑区坐标、BA 分区、体素大小、T 值见表 3。

表 3 T2DM 相对 HC 功能连接发生异常改变的脑区

| 脑区               | MNI 坐标 |     |     | 体素  | BA 分区 | T 值   |
|------------------|--------|-----|-----|-----|-------|-------|
|                  | X      | Y   | Z   |     |       |       |
| 右侧海马旁回/梭状回       | 30     | -3  | -30 | 247 | 20    | -5.28 |
| 右侧颞中/上回          | 63     | -12 | -15 | 360 | 21    | -6.19 |
| 双侧楔前叶/右侧中、后扣带    | 0      | -51 | 57  | 818 | 7     | -6.05 |
| 双侧额内侧回/右侧额中、上回   | -3     | 45  | 21  | 400 | 9/10  | -5.46 |
| 右侧角回/颞中回/枕中回/缘上回 | 48     | -57 | 15  | 368 | 39/7  | -4.96 |

3. 相关性分析结果

以受教育程度为协变量, 对存在显著组间差异脑区的功能连接平均值与行为学评分行相关性分析, 分析结果显示 T2DM 患者左侧小脑 VI 区和左侧楔前叶功能连接强度与 TMT-A 评分呈负相关 ( $P = 0.048$ ,  $r = -0.38$ , 图 2)。

讨 论

本研究采用静息态 fMRI 功能连接的方法, 探讨 T2DM 患者左侧小脑 VI 区与全脑功能连接的异常改变, 结果发现, 相对于 HC, T2DM 患者左侧小脑 VI 区与右侧海马旁回/梭状回, 右侧颞中/上回, 双侧楔前叶/右侧中、后扣带, 双侧额内侧回/右侧额中、上回, 右侧角回/颞中回/枕中回/缘上回/顶下小叶的功能连接减低; 且 T2DM 患者左侧小脑 VI 区和左侧楔前叶功能连接强度与 TMT-A 评分呈负相关。

大量神经影像学、神经解剖学研究证实, 小脑不仅在感觉运动控制中具有重要作用, 而且参与多种认知功能[7]。小脑与大脑之间存在一系列平行环路, 信息可以从大脑皮层的某些区域投射到接受信息的小脑区

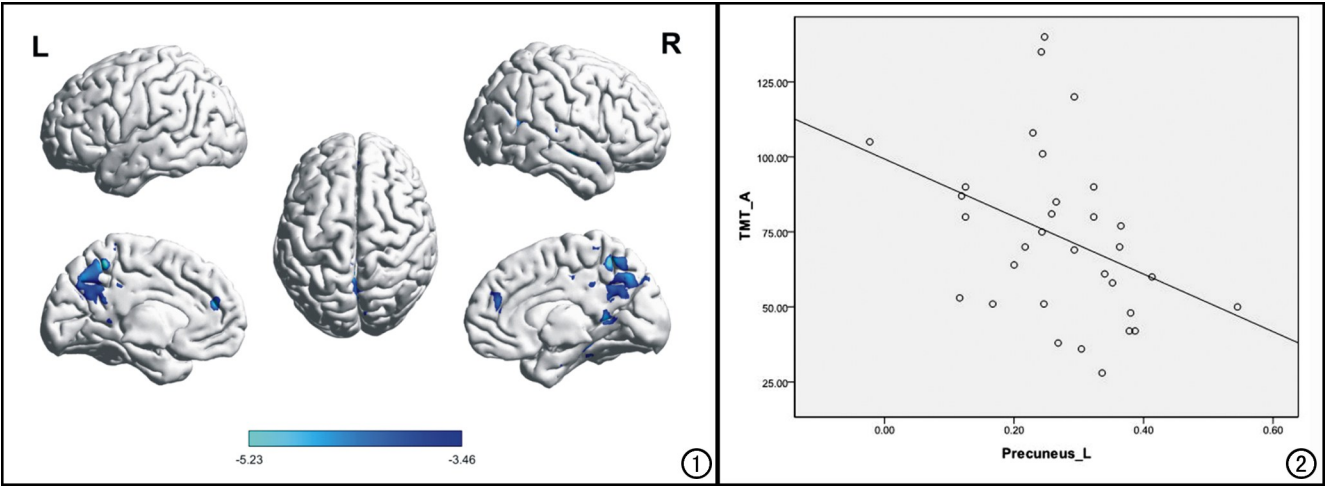


图 1 相对于 HC, T2DM 患者与左侧小脑 VI 区功能连接减低的脑区; 采用 GRF 矫正(单个体素  $P < 0.001$ , 矫正后  $P < 0.05$ )。图 2 T2DM 患者左侧小脑 VI 区和左侧楔前叶功能连接强度与 TMT-A 相关关系图。

域<sup>[10]</sup>,这为小脑参与认知功能提供了结构基础。多个独立成分分析(independent component analysis, ICA)研究证实<sup>[11,12]</sup>,后顶叶皮层(角回、缘上回)、楔前叶、后扣带回是构成视觉空间网络的主要脑区。先前大量研究发现 T2DM 患者角回、缘上回、楔前叶、后扣带回神经元活动异常和/或灰质体积减少<sup>[13]</sup>,提示 T2DM 患者视觉空间网络相关脑区结构及功能异常。相关学者研究发现 T2DM 患者缘上回、楔前叶、后扣带的平均脑血流量减低<sup>[14,15]</sup>,并且楔前叶、后扣带灌注减低与 CDT 评分存在相关性<sup>[15]</sup>。CDT 在评估视觉空间及视觉结构功能方面具有较高的敏感性和特异性<sup>[16]</sup>,本研究也发现 T2DM 组 CDT 评分以及 MoCA 中反映视觉空间功能的复制立方体得分低于 HC 组,这进一步证实 T2DM 患者视觉空间功能受损。相关 DTI 研究发现 T2DM 患者楔前叶与小脑 VI 区解剖连接减少<sup>[17]</sup>。本研究发现相对于 HC, T2DM 患者左侧小脑 VI 区与楔前叶、后扣带回以及缘上回功能连接减低,这提示左侧小脑 VI 区与 T2DM 患者视觉空间功能受损有关。

枕中回、梭状回为初级视觉皮层,具有处理视觉信息的功能<sup>[18]</sup>。一项纵向研究发现,在随访 3 年后, T2DM 患者双侧枕叶神经元活动降低,视觉记忆功能明显下降<sup>[19]</sup>。多项研究证实<sup>[20,21]</sup>,枕部的视觉处理区域是 T2DM 最易受损的脑区,视觉空间功能异常不仅影响视觉相关功能并且可能会导致更广泛的认知功能改变<sup>[22]</sup>。本研究还发现左侧小脑 VI 区与内侧前额叶(BA10)及背外侧前额叶(BA 9)功能连接减低。有学者发现采用 n-back 任务研究证实 T2DM 患者空间工作记忆功能受损,并且发现背外侧前额叶在工作记忆的各阶段均表现出较强的激活<sup>[23]</sup>。因此笔者推测, T2DM 患者小脑 VI 区功能连接异常不仅涉及视觉功能相关脑区,并且也可能累及空间工作记忆。

有研究发现颞叶是复杂视觉刺激的记忆储存库,颞中回具有整合视觉相关信息的功能<sup>[18]</sup>,海马旁回同样也参与视觉空间处理过程<sup>[24]</sup>。这些研究均证实颞叶在视觉相关功能中扮演重要角色。Peng 等<sup>[25]</sup>研究显示, T2DM 患者颞中回的 ReHo 值与 TMT-B 呈负相关, TMT 测试同样具有检测视觉概念和视觉运动追踪的作用<sup>[26]</sup>。 T2DM 患者左侧小脑 VI 区与右侧颞中回、海马旁回功能连接减低,这可能提示 T2DM 患者整合视觉相关信息的能力受损。

本研究存在以下局限性:首先,本研究仅探讨了左侧小脑 VI 区与 T2DM 全脑功能连接的异常,今后需要对小脑其他亚区在 T2DM 脑损伤中的机制进一步深入研究;其次,两组被试在教育程度上存在统计学差异,虽然在数据分析过程中将其作为协变量处理,但可

能对结果仍存在一定影响。

综上所述,本研究结果证实 T2DM 患者左侧小脑 VI 区与多个脑区存在异常功能连接,这些区域主要为视觉相关区域;提示左侧小脑 VI 区与 T2DM 视觉空间功能损伤有关,这为进一步了解 T2DM 视觉空间功能损伤的神经机制提供了新的见解。

#### 参考文献:

- [1] Pasquel FJ, Umpierrez GE. Hyperosmolar hyperglycemic state: a historic review of the clinical presentation, diagnosis, and treatment[J]. *Diabetes Care*, 2014, 37(11): 3124-3131.
- [2] Yang SQ, Xu ZP, Xiong Y, et al. Altered intranetwork and inter-network functional connectivity in type 2 diabetes mellitus with and without cognitive impairment[J]. *Sci Rep*, 2016, 13(6): 32980.
- [3] 秦新, 鲁毅, 孙学进. 2 型糖尿病脑白质微结构网络拓扑结构改变的相关研究[J]. *放射学实践*, 2020, 35(1): 32-39.
- [4] Ertas NK, Hanoglu L, Kirbas D, et al. Cerebellar syndrome due to hypoparathyroidism[J]. *J Neurol*, 1997, 244(5): 338-339.
- [5] 景光婵, 张孟仁. 认知评估量表在糖尿病认知功能障碍筛查中的应用[J]. *中国糖尿病杂志*, 2017, 25(9): 855-857.
- [6] Karvani M, Simos P, Stavrakaki S, et al. Neurocognitive impairment in type 2 diabetes mellitus[J]. *Hormones (Athens)*, 2019, 18(4): 523-534.
- [7] Sokolov AA, Miall RC, Ivry RB. The cerebellum: adaptive prediction for movement and cognition[J]. *Trends Cogn Sci*, 2017, 21(5): 313-332.
- [8] Anderson SR, Porrill J, Pearson MJ, et al. An internal model architecture for novelty detection: implications for cerebellar and collicular roles in sensory processing[J]. *PLoS One*, 2012, 7(9): e44560.
- [9] Gross-Tsur V, Ben-Bashat D, Shalev RS, et al. Evidence of a developmental cerebello-cerebral disorder[J]. *Neuropsychologia*, 2006, 44(12): 2569-2572.
- [10] Strick PL, Dum RP, Fiez JA. Cerebellum and nonmotor function[J]. *Annu Rev Neurosci*, 2009, 32(2): 413-434.
- [11] Smitha KA, Akhil Raja K, Arun KM, et al. Resting state fMRI: A review on methods in resting state connectivity analysis and resting state networks[J]. *Neuroradiol J*, 2017, 30(4): 305-317.
- [12] Beckmann CF, DeLuca M, Devlin JT, et al. Investigations into resting-state connectivity using independent component analysis[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2005, 360(1457): 1001-1013.
- [13] Peng B, Chen Z, Ma L, et al. Cerebral alterations of type 2 diabetes mellitus on MRI: A pilot study[J]. *Neurosci Lett*, 2015, 606(8): 100-105.
- [14] Zhang D, Shi L, Song X, et al. Neuroimaging endophenotypes of type 2 diabetes mellitus: a discordant sibling pair study[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2019, 9(6): 1000-1013.
- [15] Cui Y, Liang X, Gu H, et al. Cerebral perfusion alterations in type 2 diabetes and its relation to insulin resistance and cognitive dysfunction[J]. *Brain Imaging Behav*, 2017, 11(5): 1248-1257.
- [16] Aprahamian I, Martinelli JE, Neri AL, et al. The accuracy of the clock drawing test compared to that of standard screening tests

- for Alzheimer's disease; results from a study of Brazilian elderly with heterogeneous educational backgrounds[J]. Int Psychogeriatr, 2010, 22(1): 64-71.
- [17] Fang P, An J, Tan X, et al. Changes in the cerebellar and cerebro-cerebellar circuit in type 2 diabetes[J]. Brain Res Bull, 2017, 130(4): 95-100.
- [18] Wang K, Jiang T, Yu C, et al. Spontaneous activity associated with primary visual cortex; a resting-state fMRI study[J]. Cereb Cortex, 2008, 18(3): 697-704.
- [19] Qi N, Cui Y, Liu JC, et al. Follow-up of resting-state brain function with magnetic resonance imaging in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2017, 97(39): 3057-3061.
- [20] Cui Y, Jiao Y, Chen YC, et al. Altered spontaneous brain activity in type 2 diabetes: a resting-state functional MRI study[J]. Diabetes, 2014, 63(2): 749-760.
- [21] Wang ZL, Zou L, Lu ZW, et al. Abnormal spontaneous brain activity in type 2 diabetic retinopathy revealed by amplitude of low-frequency fluctuations; a resting-state fMRI study[J]. Clin Radiol, 2017, 72(4): 341-347.
- [22] Zhou X, Zhang J, Chen Y, et al. Aggravated cognitive and brain functional impairment in mild cognitive impairment patients with type 2 diabetes; a resting-state functional MRI study[J]. J Alzheimers Dis, 2014, 41(3): 925-935.
- [23] Huang RR, Jia BH, Xie L, et al. Spatial working memory impairment in primary onset middle-age type 2 diabetes mellitus; an ethology and BOLD-fMRI study[J]. J Magn Reson Imaging, 2016, 43(1): 75-87.
- [24] Baumann O, Mattingley JB. Functional organization of the parahippocampal cortex: dissociable roles for context representations and the perception of visual scenes[J]. J Neurosci, 2016, 36(8): 2536-2542.
- [25] Peng J, Qu H, Luo TY, et al. Abnormal spontaneous brain activity in type 2 diabetes with and without microangiopathy revealed by regional homogeneity[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(3): 607-615.
- [26] Tan X, Liang Y, Zeng H, et al. Altered functional connectivity of the posterior cingulate cortex in type 2 diabetes with cognitive impairment[J]. Brain Imaging Behav, 2019, 13(6): 1699-1707.
- (收稿日期: 2019-09-27 修回日期: 2020-02-23)

## 欢迎订阅 2021 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 36 周年。2018 年 8 月, 《放射学实践》杂志再次入选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》。这是继 1999 年之后的第 5 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

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。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

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