

• 中枢神经影像学 •

冻结步态帕金森病患者脑部结构 fMRI: 基于体素的形态学分析

陈静勿, 胡杉, 谢新风, 杨粤龙, 吴晓玲, 杨云竣, 黄飏

【摘要】 目的:应用 MRI 基于体素形态学分析方法探讨冻结步态帕金森病(PD-FOG)患者的脑微观结构变化,分析 PD-FOG 患者脑灰质异常区域及分布特征。**方法:**将临床确诊的 20 例 PD-FOG 患者和 18 例非冻结步态帕金森病(PD-nFOG)患者纳入研究,并纳入性别、年龄和教育程度与患者组相匹配的 21 例健康志愿者作为对照组(HCs)。采集所有受试者的全脑 3D-T₁WI 数据,并应用基于体素的形态学分析方法进行后处理和分析。**结果:**与 PD-nFOG 患者相比,PD-FOG 患者脑灰质体积异常减少($P<0.005$)的区域包括右侧额叶(BA4、BA6)和右侧顶叶(BA3、BA40);与 HCs 相比,PD-FOG 患者脑灰质体积异常减少($P<0.005$)的区域包括右侧额叶(BA4、BA6)、右侧顶叶(BA3、BA40)和左侧小脑(山顶、山坡、小脑扁桃体和蚓结节)。**结论:**PD-FOG 患者不仅存在运动相关脑区(顶叶及小脑)的灰质体积异常减少,而且额叶脑灰质体积也有减少,提示 PD 患者发生 FOG 可能是运动和认知功能障碍相互影响、相互作用所导致。

【关键词】 功能磁共振成像; 形态学分析, 基于体素; 帕金森病; 冻结步态; 认知功能障碍

【中图分类号】 R445.2; R742.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)04-0411-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.04.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Functional MRI study of brain structures in patients with Parkinson's disease with freezing of gait: using voxel-based morphometry CHEN Jing-wu, HU Shan, XIE Xin-feng, et al. Department of Radiology, Guangdong Provincial People's Hospital, School of Medicine, South China University of Technology, Guangzhou 510080, China

【Abstract】 Objective: To explore the structural alterations in functional brain areas in patients with Parkinson's disease with freezing of gait (PD-FOG) using functional MRI with voxel-based morphometry (VBM), and to investigate the abnormal region of grey matter and its distribution in PD-FOGs. **Methods:** Twenty PD-FOG patients, eighteen PD patients without FOG (PD-nFOGs), and twenty-one healthy controls (HCs) were included and examined with brain 3D-T₁WI volume sequence. The data were analyzed using voxel-based morphometry method on the workstation with specialized software. **Results:** Compared with PD-nFOG, decreased gray matter volume in PD-FOG was observed in the right frontal lobe (BA4 and BA6) and the right parietal lobe (BA3 and BA40) with statistical difference ($P<0.005$). Compared with HCs, decreased gray matter volume in PD-FOG was observed in the right frontal lobe (BA4 and BA6), the right parietal lobe (BA3 and BA40) and the left cerebellum (culmen, tuber, cerebellar tonsil and declive) with statistical difference ($P<0.005$). **Conclusion:** In addition to the abnormally reduced volumes of the parietal and cerebellar grey matter in the motion-related brain regions, PD-FOG patients also have decreased volumes of the frontal brain grey matter, suggesting that the occurrence of FOG in PD patients may be caused by the interaction of the motor and cognitive dysfunction.

【Key words】 Functional magnetic resonance imaging; Voxel-based morphometry; Parkinson's disease; Freezing of gait; Cognitive dysfunction

作者单位: 510080 广州, 华南理工大学医学院附属广东省人民医院放射科

作者简介: 陈静勿(1992-), 女, 广东汕头人, 硕士研究生, 主要从事神经系统影像诊断工作。

通讯作者: 黄飏, E-mail: cjr.huangbiao@vip.163.com

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81471654)

冻结步态(freezing of gait, FOG)是帕金森病(Parkinson's disease, PD)晚期患者中常见的致残性步态障碍。2010 年在美国华盛顿举办的冻结步态研讨会上将其定义为在准备行走时出现前进脚步的短暂

性、偶发性缺乏或明显减少,患者感到脚被粘在地面上不能行走^[1]。因 FOG 易导致患者发生跌倒而造成骨折等并发症,严重影响患者的生活质量和社会功能^[2],所以 FOG 被认为是 PD 患者较严重的症状之一。目前对冻结步态的病理生理机制尚未明确,部分合并 FOG 的 PD 患者长期得不到正确有效的治疗。左旋多巴胺类药物能有效改善 PD 患者的运动障碍,如静止性震颤、肌强直和运动迟缓等,但对 FOG 治疗效果欠佳,多巴胺类药物甚至会诱发或加重某些 PD 患者的 FOG^[3]。脑深部电刺激(deep brain stimulation, DBS)疗法对 FOG 也无明显改善作用。

越来越多的研究者认为 PD-FOG 不仅仅是单纯的运动障碍,而是运动和认知两大因素之间相互影响、相互作用所致,其中认知功能障碍可能起着主要作用。随着 MRI 技术的发展,有较多的学者应用 fMRI 和 DTI 对 PD-FOG 患者进行研究,Tessitore 等^[4]应用 fMRI 中的独立成份分析法分析 PD-FOG 患者的静息态 fMRI 数据,发现所提取的 5 个神经网络中,执行-注意(右侧额中回和角回)网络和视觉网络(右顶枕回)功能连接下降;Fling 等^[5]应用 DTI 技术的研究结果亦显示 PD-FOG 患者脚桥核与额叶皮质多个区域的连接减少,提示认知功能障碍可能与 FOG 的发生机制有关。但目前 PD-FOG 患者出现脑部区域灰质萎缩的相关区域尚不明确。目前应用基于体素形态学分析法(voxel-based morphometry, VBM)分析 PD-FOG 患者的国内研究较少,因此本研究应用 VBM 法来分析 PD-FOG 患者脑灰质的形态学,旨在进一步探讨本病的病理生理机制。

材料与方法

1. 临床资料

搜集广东省人民医院 2014 年 1 月—2016 年 12 月经临床确诊的 38 例帕金森病患者的病例资料,其中 PD-FOG 患者 20 例(男 14 例,女 6 例),PD-nFOG 患者 18 例(男 9 例,女 9 例)。同时招募 21 例健康志愿者作为正常对照组(healthy controls, HCs),年龄、性别和受教育程度与 PD 组相匹配。所有被试为右利手。

所有患者经神经内科医师参照 1992 年英国帕金森病协会脑库临床诊断标准明确诊断。冻结步态的评估采用冻结步态调查问卷评测法(New FOG-Questionnaire, NFOG-Q), NFOG-Q 评分 ≥ 1 认为有冻结步态同时结合患者在 10 米步行、转弯和穿过狭窄门口的情况进行综合评估。

所有患者进行相应的量表评分,包括统一帕金森病等级量表(unified Parkinson's disease rating scale,

UPDRS)-III、简易智能精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)和 H-Y 分期(Hoehn & Yahr stage)。

排除标准:①脑部常规 MRI 检查发现有颅脑的占位性病变、脑血管疾病或其它颅脑病变等;②头部存在影响图像质量的金属异物,因运动伪影影响图像质量,受试者因不能忍受检查而导致检查序列不全等;③具有严重的心、肝、肺和肾等脏器疾病引起的精神障碍,有长期嗜酒史,或者有甲状腺功能异常等影响认识的相关疾病;④脑深部受刺激或极严重的静止性震颤的患者;⑤有精神分裂等其它精神性疾病;⑥存在影响运动功能的骨骼、肌肉或关节疾病。

本研究经本院伦理委员会批准。所有 PD 患者及健康志愿者签署了知情同意书,并由研究员告知本研究的目的、注意事项等相关内容。

2. 检查方法

所有患者在清晨(停用抗帕金森药物 12 h 以上)行磁共振检查。使用 GE Signa Excite II HD 3.0T 超导型磁共振成像系统和头颈联合线圈。所有患者行 T_1 WI、 T_2 WI、FLAIR 及矢状面三维 T_1 WI 扫描。矢状面三维 T_1 WI 使用快速扰相梯度回波反转恢复序列,扫描基线平行于前后联合,扫描范围自顶叶顶端至小脑半球下部。扫描参数:TR 8.4 ms, TE 3.3 ms, 矩阵 256×256 , 视野 $24 \text{ cm} \times 24 \text{ cm}$, 翻转角 13° , 层厚 1 mm, 共获得 146 帧图像。

3. 数据处理

所有数据处理均在 Matlab(R2013a)平台上进行。解剖像数据采用 DPABI 分析软件进行自动化流程处理,主要流程如下:①图像转换,将所有受试者原始图像数据的 DICOM 格式转换成 NIFTI 图像格式;②空间标准化,将每个被试转换后图像映射到 MNI 标准坐标系统中;③组织分割,将分割后的灰质图像行体积调制为原始图像的组织体积;④图像平滑,采用 8mm 半高全宽高斯核对脑灰质图像进行空间平滑。

4. 统计学分析

使用 SPM8 软件,对获得的 3 组数据采用独立样本 t 检验进行比较,并同时以年龄、性别作为协变量输入软件内进行分析,将 $P < 0.005$ (AlphaSim 校正)且相连灰质脑区体积 > 80 个体素为差异有统计学意义的脑区,得到统计参数图,应用 XjView 软件对有统计学意义的脑区进行显示,并进一步提取相应脑区的相关信息,包括解剖位置、体素大小、Brodmann(BA)分区、蒙特利尔神经病学研究所(Montreal Neurological Institute, MNI)坐标及激活强度(用 t 检验统计值 T 表示)。

使用 SPSS 20.0 软件,对 3 组受试者的临床统计

资料进行统计学分析。对三组间年龄、受教育程度的比较采用单因素方差分析(ANOVA 分析),对性别差异的比较采用卡方检验;对 PD-FOG 组和 PD-nFOG 组间病程差异的比较采用两独立样本 *t* 检验,对 MMSE 评分、H-Y 分期和 UPDRS-Ⅲ评分的比较采用独立样本非参数检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 临床资料分析结果

三组受试者的基本临床资料及统计分析结果见表 1。PD-FOG 组、PD-nFOG 组和 HCs 组中受试者的性别、年龄和受教育程度的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

三组间 MMSE 评分的差异有统计学意义($P<0.05$);进一步两两比较,PD-FOG 组与 PD-nFOG 组间 MMSE 评分的差异无统计学意义($P>0.05$),而 PD-FOG 组与 HCs 组间、PD-nFOG 组与 HCs 组间 MMSE 评分的差异均有统计学意义($P<0.05$)。

PD-FOG 组与 PD-nFOG 组间病程、H-Y 分期的差异有统计学意义($P<0.05$),而 UPDRS-Ⅲ评分的差异无统计学意义($P>0.05$)。

2. VBM 分析结果

PD-FOG 组较 PD-nFOG 组脑灰质体积减少的脑区及其分布特征见表 2。与 PD-nFOG 组比较,PD-FOG 组中脑灰质体积减少的脑区主要位于右额叶和右顶叶(图 1)。

表 2 PD-FOG 组较 PD-nFOG 组脑灰质体积减少的脑区

脑区名称	BA 分区	MNI 坐标			T 值
		x	y	z	
右额叶					
右中央前回	BA4	60.0	-1.5	36.0	4.84
	BA6	57.0	1.5	34.5	3.70
右顶叶					
右中央后回	BA3	61.5	-18.0	22.5	3.63
右缘上回	BA40	67.5	-16.5	21.0	4.38

PD-FOG 组较 HCs 组脑灰质体积减少的脑区及其分布特征见表 3。与 HCs 组比较,PD-FOG 组中脑灰质体积减少的脑区主要位于左侧小脑(山顶、山坡、

小脑扁桃体和蚓结节)、右额叶和右顶叶(图 2)。

表 3 PD-FOG 组较 HCs 组脑灰质体积减少的脑区

脑区名称	BA 分区	MNI 坐标			T 值
		x	y	z	
右额叶					
右中央前回	BA4	60.0	−15.0	37.5	4.19
	BA6	67.5	−6.0	27.0	4.01
右顶叶					
右中央后回	BA3	66.0	−13.5	24.0	2.86
右缘上回	BA40	67.5	−18.0	16.5	2.75
左小脑					
左山顶	—	−42.0	−49.5	−33.0	4.00
左蚓结节	—	−39.0	−57.0	−31.5	3.86
左小脑扁桃体	—	−34.5	−45.0	−45.0	3.76
左山坡	—	−40.5	−55.5	−30.0	2.86

讨 论

本研究利用 VBM 技术研究 PD-FOG、PD-nFOG 患者和 HCs 的脑部灰质结构,发现与 PD-nFOG 患者比较,PD-FOG 患者的额叶(BA4、BA6)和顶叶(BA3、BA40)皮质萎缩;与 HCs 患者比较,除上述提及的脑部区域外,PD-FOG 患者的小脑灰质也存在萎缩。研究结果显示 PD-FOG 患者出现了与认知功能相关的额叶结构改变,提示 FOG 的发生可能不仅仅是运动功能受损,也与 PD 患者的认知、执行功能受损相关,为 PD-nFOG 患者治疗方法的确立提供了理论依据。

通常认为正常行走不仅仅是一种自主性运动,需要大脑网络中的注意力、执行功能和视觉运动的整合^[6-7]。这些大脑网络的早期损伤与缓慢步态和步态失衡有关,任何一个环节出现障碍均可引起 FOG。有研究者^[8]认为 PD 患者步态障碍不但涉及皮质-基底节-丘脑-皮质等运动环路,还涉及到感觉认知系统,需要认知和注意功能对已破坏的运动环路进行补偿,而感觉认知过程主要由额叶皮质完成,提示与认知相关的额叶功能损伤与 FOG 密切相关,可能是 FOG 形成的根本原因。本研究结果显示,FOG 患者额叶皮层萎缩,其中包括位于 BA6 的额叶中央前回的前端区皮层和辅助运动区,辅助运动区的功能多样,与运动的计划和学习以及认知功能的关系密切。本组结果进一步提示认知功能的损害与 FOG 的发生有着密切的联系。

表 1 三组受试者的基本临床资料及比较

指标	PD-FOG 组	PD-nFOG 组	HC 组	统计量	P 值
年龄(岁)	60.90±10.48	63.11±8.78	65.76±9.47	1.312	0.310
性别(男/女)	14/6	9/9	8/13	4.249	0.119
受教育程度(年)	9.20±5.21	9.33±4.06	10.24±2.90	0.379	0.623
MMSE 评分	26(24,28)	27(26,28)	29(29,30)	23.052	0.000
病程(年)	7.90±4.71	3.06±1.98	—	6.118	0.000
UPDRS-Ⅲ评分	37(30.5,52.0)	35.5(25.0,42.0)	—	-0.615	0.553
H-Y 分期	3(2,4)	2(1,2)	—	-3.536	0.000

注:括号内为上下四分位数。

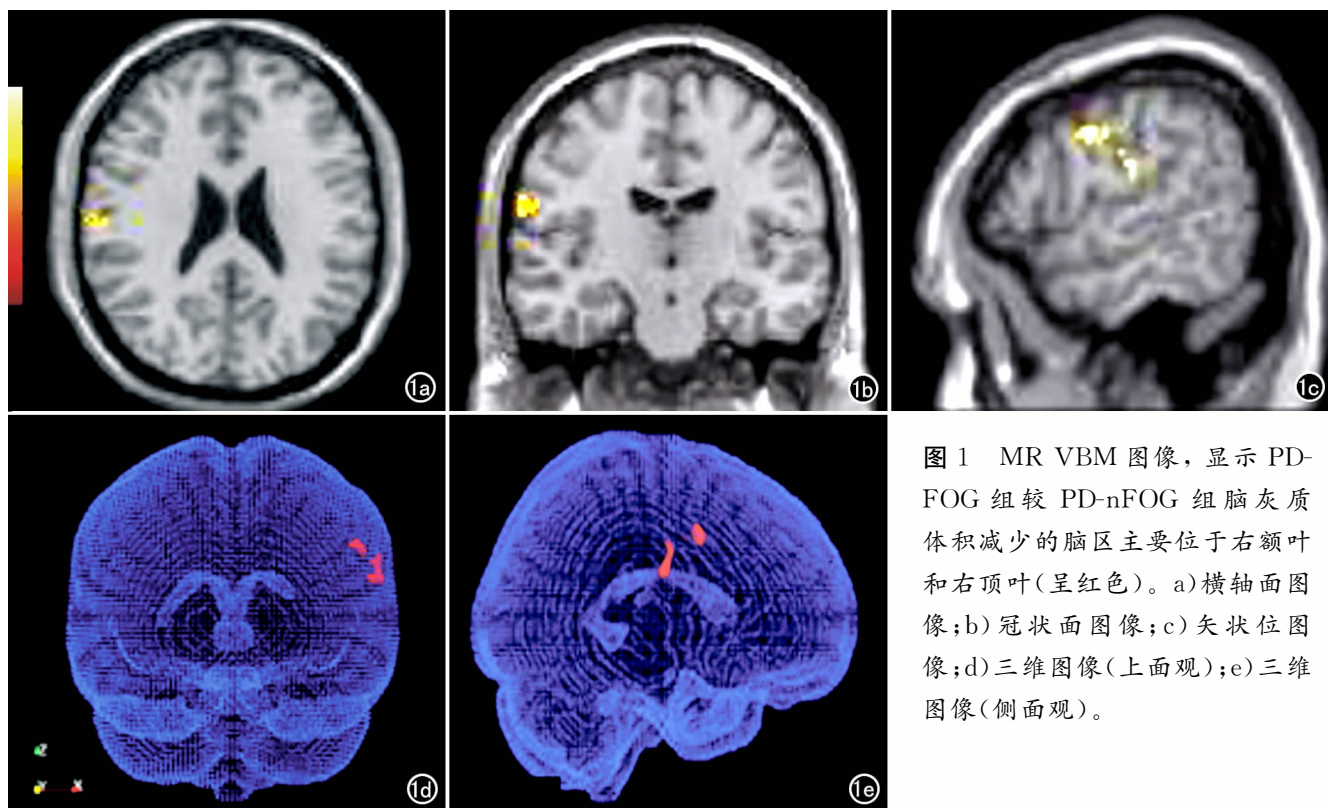


图1 MR VBM 图像,显示 PD-FOG 组较 PD-nFOG 组脑灰质体积减少的脑区主要位于右额叶和右顶叶(呈红色)。a)横轴面图像;b)冠状面图像;c)矢状位图像;d)三维图像(上面观);e)三维图像(侧面观)。

笔者的研究团队在以往的研究中利用 fMRI 局部功能一致性(ReHo)方法来研究静息状态下脑功能,结果显示与 PD-nFOG 患者比较,PD-FOG 组的左侧辅助运动区(BA6)及左侧额上回的脑功能活动性下降^[9]。Jha 等^[10]通过神经心理学测试发现 PD-FOG 患者存

在认知功能障碍,同时他们应用 VBM 方法研究大脑灰质体积的改变,发现 PD-FOG 患者中参与感觉认知功能的额叶体积发生了改变。同样地,Kostic 等^[11]对 17 例 PD-FOG 和 20 例 PD-nFOG 患者及 34 例 HCs 的研究中发现,与 PD-nFOG 患者比较,PD-FOG 患者

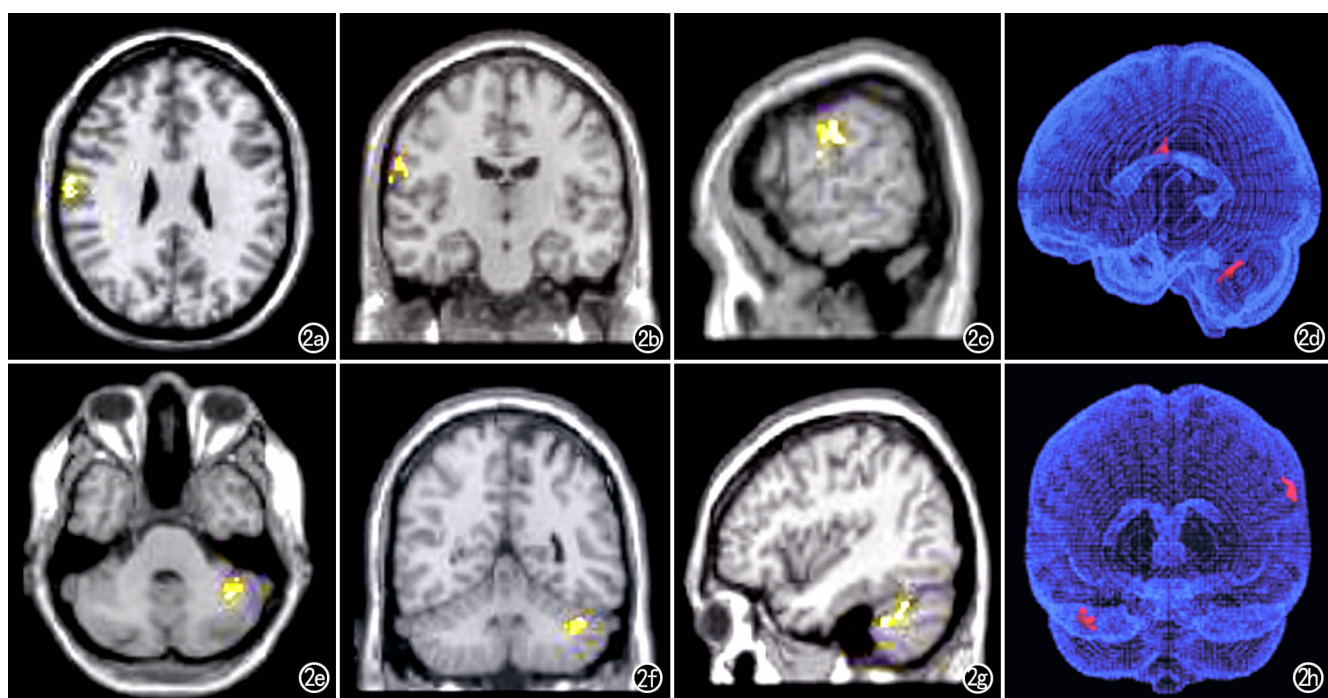


图2 MR VBM 图像,显示 PD-FOG 组较 HCs 组脑灰质体积减少的脑区主要位于右额叶、右顶叶和左小脑(呈红颜色)。a)横轴面图像;b)冠状面图像;c)矢状面图像;d)三维图像(侧面观);e)横轴面图像;f)冠状面图像;g)矢状面图像;h)三维图像(上面观)。

的认知功能明显受损,且额叶的执行能力下降;同时 VBM 法分析结果显示,FOG 的严重程度与额顶叶灰质萎缩有显著相关性。本研究结果显示,FOG 患者中与步态有关的额叶皮层存在萎缩,与上述研究结果基本一致。额叶皮层在周围环境改变时对控制步态模式有重要作用,因此当额叶区发生功能障碍时,将导致运动程序中注意力集中能力和执行程序能力出现下降,从而可能导致 FOG 的发生。

本研究结果显示,PD-FOG 患者的顶叶皮质有多处出现萎缩表现,涉及的区域主要为前顶叶区和缘上回。虽然目前大多数对 PD-FOG 患者脑部结构的研究中,显示额叶功能障碍是导致 FOG 发生的重要机制,但亦有较多研究中发现了顶叶功能结构的改变。Li 等^[12]利用体素镜像同伦功能连接方法(VMHC)分析 21 例 PD-FOG 和 33 例 PD-nFOG 患者及 24 例 HCs 的脑静息态功能成像数据,发现与 PD-FOG、HCs 组比较,PD-FOG 双侧顶下小叶的 VMHC 值降低,即自发性同步下降,提示双侧顶下小叶 VMHC 值的降低可能有助于鉴别 PD-FOG 与 PD-nFOG 患者。此外,Herman 等^[13]应用 VBM 对 22 例 PD-FOG 和 22 例 PD-nFOG 进行 VBM 分析,发现顶下小叶及角回有着明显皮质萎缩,顶下小叶和角回在各种高级认知功能中发挥着重要作用,在动作执行过程中,顶下小叶被激活,进行时空信息的感知整合,顶下小叶的萎缩可能会使帕金森病患者出现步态失控,从而导致 FOG。此外与 Herman 等^[13]的研究结果相比,本研究新发现了缘上回灰质萎缩,缘上回(BA40)属于次级体感皮层,是 Wernicke 区的一部分,主要功能是响应躯体刺激、完成结构区分任务,同时也能感知空间和肢体位置,因此其结构的损伤可能导致 PD 患者出现 FOG。Gottlieb 等^[14]分析例相关的神经生理研究常规,提出顶叶皮质是连接知觉、动作和认知功能的桥梁,结合本研究结果,我们认为顶叶的异常也是 PD-FOG 患者重要的神经病理基础之一。

Fling 等^[5]的研究结果支持 FOG 出现的是由于脊髓上运动神经网络包括脑桥核、小脑、基底节和额叶执行皮质区功能障碍导致的,说明小脑可能也与 FOG 有关。本研究也发现 PD-FOG 患者小脑灰质体积异常减少。不少研究表明小脑在维持运动能力方面具有补偿性作用^[15-16]。小脑主要的功能是参与躯体平衡、控制姿势与步态、调节肌张力以及精细运动的启动、计划和协调。小脑-丘脑-皮质环路是指来自齿状核发出的纤维束交叉后至对侧红核,上行至丘脑,再传至大脑皮质运动区及运动前区,参与椎体束及椎体外系的调节,可见小脑和 SMA 也是其重要组成部分之一。小脑-丘脑-皮质环路的某一部分出现功能障碍则导致运

动及部分认知功能障碍。Wang 等^[17]应用 fMRI 对 14 例 PD-FOG、16 例 PD-nFOG 和 16 例 HCs 研究发现 PD-FOG 患者脚桥核的功能连接出现异常,主要是皮质-脑桥-小脑通路(双侧小脑、脑桥)和视觉颞叶区域受到损害。Schweder 等^[18]应用基于纤维束骨架的空间统计(tract-based spatial statistics, TBSS)技术研究发现脚桥核-小脑的连接性下降。此外一项 VBM 研究分析结果也显示 PD-FOG 组小脑的灰质体积存在明显的萎缩^[10]。本研究结果显示小脑(山顶、山坡、小脑扁桃体和蚓结节)灰质体积异常减少,提示 FOG 的发生与小脑结构的损伤也有关系。

有研究结果表明 PD-FOG 患者存在视觉空间功能的损害,负责视觉处理的枕颞叶脑功能网络的连接性下降或皮质萎缩^[10,17],但本研究没有发现枕颞叶灰质结构的异常,这可能与样本量小有关,今后将继续收集 PD-FOG 患者大样本数据,以期能得出更全面地分析结果。此外本研究是一项横断面研究,如能获得纵向数据,则可以更加集中地对 FOG 患者进行分析,减少个体差异的混杂效应。

总之,本研究结果显示 PD-FOG 患者不仅与运动相关的脑区中顶叶及小脑灰质的体积减少,而且与认知相关的额叶灰质的体积也有减少。提示尽管 FOG 的表现似为运动障碍,实际上 FOG 患者不仅是运动功能受损所致,而是运动和认知功能障碍相互影响、相互作用的结果。本研究结果有助于进一步深入了解揭示 PD-FOG 的神经病理学机制,为采用改善认知功能的治疗方法治疗 PD-FOG 患者提供了理论依据。

参考文献:

- [1] Nutt JG, Bloem BR, Giladi N, et al. Freezing of gait: moving forward on a mysterious clinical phenomenon[J]. *Lancet Neurol*, 2011, 10(8): 734-744.
- [2] Martens KAE, Hall JM, Gilat M, et al. Anxiety is associated with freezing of gait and attentional set-shifting in Parkinson's disease: a new perspective for early intervention[J]. *Gait Posture*, 2016, 49(9): 431-436.
- [3] Walton CC, Shine JM, Mowszowski L, et al. Freezing of gait in Parkinson's disease: current treatments and the potential role for cognitive training[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2014, 32(3): 411-422.
- [4] Tessitore A, Amboni M, Cirillo G, et al. Regional gray matter atrophy in patients with Parkinson disease and freezing of gait[J]. *AJNR*, 2012, 33(9): 1804-1809.
- [5] Fling BW, Cohen RG, Mancini M, et al. Asymmetric pedunculopontine network connectivity in parkinsonian patients with freezing of gait[J]. *Brain*, 2013, 136(8): 2405-2418.
- [6] Alyahya E, Dawes H, Smith L, et al. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2011, 35(3): 715-728.
- [7] Yogeveligmann G, Hausdorff JM, Giladi N. The role of executive

- function and attention in gait[J]. *Mov Disord*, 2010, 23(3): 329-342.
- [8] Chawla H, Walia S, Behari M, et al. Effect of type of secondary task on cued gait on people with idiopathic Parkinson's disease[J]. *J Neurosci Rural Pract*, 2014, 5(1): 18-23.
- [9] Zhou C, Zhong X, Yang Y, et al. Alterations of regional homogeneity in freezing of gait in Parkinson's disease[J]. *J Neurol Sci*, 2018, 387(4): 54-59.
- [10] Jha M, Jhunjhunwala K, Sankara BB, et al. Neuropsychological and imaging profile of patients with Parkinson's disease and freezing of gait[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2015, 21(10): 1184-1190.
- [11] Kostic VS, Agosta F, Pievani M, et al. Pattern of brain tissue loss associated with freezing of gait in Parkinson disease[J]. *Neurology*, 2012, 78(6): 409-416.
- [12] Li J, Yuan Y, Wang M, et al. Decreased interhemispheric homotopic connectivity in Parkinson's disease patients with freezing of gait: a resting state fMRI study[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2018, 52(7): 30-36.
- [13] Herman T, Rosenberg-Katz K, Jacob Y, et al. Gray matter atrophy and freezing of gait in Parkinson's disease is the evidence black-on-white[J]. *Mov Disord*, 2014, 29(1): 134-139.
- [14] Gottlieb J. From thought to action: the parietal cortex as a bridge between perception, action, and cognition[J]. *Neuron*, 2007, 53(1): 9-16.
- [15] Wu T, Hallett M. The cerebellum in Parkinson's disease[J]. *Brain*, 2013, 136(3): 696-709.
- [16] Zwergal A, La FC, Lorenz S, et al. Functional disturbance of the locomotor network in progressive supranuclear palsy[J]. *Neurology*, 2013, 80(7): 634-641.
- [17] Wang M, Jiang S, Yuan Y, et al. Alterations of functional and structural connectivity of freezing of gait in Parkinson's disease[J]. *J Neurol*, 2016, 263(8): 1583-1592.
- [18] Schweder PM, Hansen PC, Green AL, et al. Connectivity of the pedunculopontine nucleus in parkinsonian freezing of gait[J]. *Neuroreport*, 2010, 21(14): 914-916.

(收稿日期: 2018-06-01 修回日期: 2018-12-11)

欢迎订阅 2019 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 34 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 4 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