

帕金森病患者区域脑活动及动态功能连接的研究

陆瑶, 李琰, 伍雅婷, 苏卉, 张洪英, 吴晶涛

【摘要】 目的:探讨帕金森病(PD)患者动态局部一致性(dReHo)存在差异的脑区与全脑灰质功能连接(FC)的动态变化及临床意义。**方法:**纳入 32 例 PD 患者及 33 例健康受试者(NC 组)进行静息态磁共振功能成像(rs-fMRI)扫描,采用 dReHo 方法进行数据分析获得差异脑区,选取 dReHo 差异脑区为种子点,计算各种子点在多个滑动窗口上与全脑灰质的 FC。采用双样本 *t* 检验比较 PD 组与 NC 组之间功能连接变异系数(FCVC)的差异。通过蒙特利尔认知评估量表(MoCA)和帕金森病统一评分量表(UPDRS)的Ⅲ部分对患者的运动及认知功能进行评估。最后提取差异脑区与种子点间的 FCVC 值与临床评分进行相关性分析。**结果:**与 NC 组相比,PD 组左侧尾状核、右侧壳核以及双侧舌回 dReHo 值减低,另外 PD 组左侧舌回与右侧舌回、双侧中央后回、右侧中央前回、右侧楔前叶之间 FCVC 值减低。左侧中央后回与左侧舌回间的 FCVC 值与 UPDRS-Ⅲ 评分呈负相关($r=-0.438, P=0.01$),右侧中央后回与左侧舌回之间的 FCVC 值与 MoCA 评分呈正相关($r=0.415, P=0.02$)。**结论:**帕金森病患者局部脑活动及功能连接的异常变化有助于进一步从脑功能成像角度解释疾病所致运动障碍及其他相关并发症的潜在机制。

【关键词】 帕金森病;静息态磁共振功能成像;局部一致性;功能连接;动态脑网络

【中图分类号】 R445.2; R742.5 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)07-0841-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.07.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The study on regional brain activity and dynamic functional connectivity in patients with Parkinson's disease LU Yao, LI Yan, WU Ya-ting, et al. Department of Imaging, Subei People's Hospital, Jiangsu 225001, China

【Abstract】 Objective: To investigate the dynamic changes and clinical significance of functional connectivity (FC) between altered brain regions found by dynamic regional homogeneity (dReHo) analysis and whole brain gray matter in patients with Parkinson's disease (PD). **Methods:** Thirty-two PD patients and 33 healthy controls (NCs) were recruited to undergo resting state functional magnetic resonance imaging (rs-fMRI) scanning. The rs-fMRI data were analysed using dReHo to access altered brain regions. The altered brain regions were selected as seed points to calculate the functional connectivity (FC) with whole brain gray matter. The difference of functional connectivity variable coefficient (FCVC) between the PD patients and the NCs was compared by two-sample *t*-test. The cognitive function and motor function were evaluated by Montreal Cognitive Assessment (MoCA) and the third part of Unified Parkinson's disease Rating Scale (UPDRS). Pearson correlation was used to analyze the correlation of FCVC with clinical scores. **Results:** Compared with NCs, PD patients showed significant decreased dReHo in left caudate, right putamen and bilateral lingual. In addition, a significant decreased FCVC was found in left lingual and right lingual, bilateral postcentral gyrus, right precentral gyrus and right precuneus lobe. In PD patients, the FCVC value between left postcentral and left lingual was negatively correlated with the UPDRS-Ⅲ scores ($r=-0.438, P=0.01$) and the FCVC value between right postcentral and left lingual was positively correlated with the MoCA scores ($r=0.415, P=0.02$). **Conclusion:** The abnormalities of local brain activity and functional connectivity in PD pa-

作者单位: 225001 江苏, 苏北人民医院影像科(陆瑶、李琰、伍雅婷、苏卉、张洪英、吴晶涛); 225009 江苏, 扬州大学研究生院(陆瑶、苏卉); 116044 辽宁, 大连医科大学研究生院(李琰、伍雅婷)
作者简介: 陆瑶(1996-), 女, 江苏扬州人, 硕士研究生, 主要从事帕金森病相关脑功能成像研究。
通讯作者: 吴晶涛, E-mail: wujingtaodoctor@126.com
基金项目: 国家自然科学基金项目(81571652)

tients may help to further explain the potential mechanism of PD-related dyskinesia and other related complications.

【Key words】 Parkinson's disease; Resting-state functional magnetic resonance imaging; Regional homogeneity; Functional connectivity; Dynamic brain network

帕金森病(Parkinson's disease, PD)是一种老年人常见的神经系统退行性疾病,除了表现为静止性震颤、肌强直和步态障碍^[1]等,还伴有一些其他的非运动症状,如便秘、睡眠障碍及精神认知功能减退^[2]等。近年来,随着静息态功能磁共振发展,脑功能成像为帕金森病的病理生理机制研究提供了科学的理论依据,尤其在功能连接及脑网络分析等相关方面。局部一致性(regional homogeneity, ReHo)对于探究大脑局部活动变化具有一定价值,而不同脑区或组织之间的相互关系则需要通过功能连接(functional connectivity, FC)进一步分析。以往研究表明 PD 患者在“关期”状态下 ReHo 值降低的区域主要集中在壳核及双侧小脑半球,而增加的脑区主要集中在辅助运动区(supplementary motor area, SMA)与感觉运动环路相关结构脑区^[3]。此外,PD 患者辅助运动区也存在动态脑网络功能连接异常^[4]。传统的静息态功能磁共振成像(resting-state functional magnetic resonance imaging, rs-fMRI)的研究忽略了大脑自发活动的时间特性,而动态分析捕捉了短时间尺度上的时变特征,可以更准确地反映脑内各种复杂功能结构组织之间的关系,从而为研究神经退行性疾病提供新的见解^[5,6]。既往对于 PD 患者大脑局部活动异常导致的功能连接状态研究涉及较少,所以本研究将局部区域脑活动与功能连接相结合,以局部一致性差异脑区作为种子点,并对其进行动态分析来观察 PD 患者局部活动异常的脑区对全脑区域及所涉及相关脑网络的影响。

材料与方法

1. 研究对象

纳入 2018 年 8 月—2021 年 8 月经本院确诊的 PD 患者 32 例,均为右利手。纳入标准:①所有患者均符合国际运动障碍协会(Movement Disorder Society, MDS)2015 年制定的 PD 的诊断标准^[7];②同意参与研究,并签署书面知情同意书;③临床资料完整且能配合完成相关 MRI 检查。排除标准:①严重脑梗塞或脑萎缩所致脑空间结构无法完成标准化配准要求的患者;②近期使用影响临床评估相关药物或其他治疗方法者;③存在精神分裂症等其他精神心理疾病影响结果的患者;④假牙或其他异物产生伪影干扰图像的患者。所有 PD 患者在停止服用相关治疗药物 12 h 后才可进行相关临床资料的评估及 MRI 检查,以避免其对

大脑神经活动及脑网络的干预。扫描前所有 PD 患者均采用统一帕金森病评分量表(Unified Parkinson's disease Rating Scale, UPDRS)^[8]的Ⅲ部分和蒙特利尔认知评估量表(MoCA)对患者的运动及认知功能进行评估。同时,纳入同意参与本研究且年龄、性别相匹配的正常志愿者 33 例作为正常对照组(NC 组)。本研究经苏北人民医院伦理委员会审核批准(批准文号:J-2014066)。

2. 图像扫描及数据分析

采用 GE Discovery MR750 3.0T (Milwaukee, USA)磁共振扫描仪进行 MRI 检查,首先行常规头颅平扫排除重要脑区梗死及其他器质性病变,然后采用采用梯度回波序列行静息态脑功能扫描,扫描参数:TR 2000 ms, TE 30 ms, 翻转角 90°, 矩阵 64×64, 层厚 3.5 mm, 层数 33, 扫描视野 240 mm×240 mm, 扫描时间 8 min, 共获得 240 个时间点的数据;3D T₁WI 序列,扫描参数:TR 8.2 ms, TE 3.2 ms, 翻转角 12°, 矩阵 256×256, 层厚 1 mm, 层数 176。所有数据使用基于 MATLAB 2018a 平台的 SPM12.0 及 Restplus 工具包进行预处理,首先去除前 10 个不稳定时间点的图像数据,将剩下的时间点数据进行时间层校正和头动校正,对头动位移大于 2 mm 或者旋转大于 2°的受试者排除,接着将个体 T₁WI 图像配准到平均功能图像上进行分割以及空间标准化,然后利用回归方法去除噪声,包括线性漂移、Friston24 参数模型头动效应、白质及脑脊液信号,最后使用 0.01~0.08 Hz 的频段进行低频滤波从而减少对图像的干扰。所有受试者在扫描全过程中需保持平静、清醒状态。

3. 影像指标的计算

滑动时间窗是动态分析最常用的算法,使用 MATLAB 平台的时域动态分析(temporal dynamic analysis, TDA)工具包对动态指标进行计算。以窗长 32 个 TR,步长 1 个 TR^[9]来构建窗口,共得到 199 个 ReHo 脑图。然后,计算这些 ReHo 脑图的标准差(standard deviation, SD)和每个体素在所有时间窗口中的平均值,接着将两者相比得到的变异系数(coefficient of variation, CV)值作为区域脑活动时间变异性的度量,最后对 CV 图进行标准化和高斯空间平滑处理(FWHM = 6 mm)提高信噪比,得到动态 ReHo (dReHo)。同理,使用基于滑动窗口的方法进行功能连接动态分析,根据以往研究采用窗长为 22 个 TR,

步长为 1 个 TR^[10],在整个扫描中获得了 209 个连续窗口。在每一个滑动时间窗内,计算种子点与全脑灰质体素时间序列的 Pearson 相关系数 r 值,通过 Fisher r to z 转换得到 Z 值,通过计算 zFC 的标准差从而得到变异系数值,来代表 FC 的动态变化,即多个时间窗口内功能连接的变异系数(functional connectivity variable coefficient,FCVC)。FCVC 揭示了静息态时所有窗口连通性上下波动的变化程度,从而评估脑区之间的动态相互作用,变异系数值大代表 FC 的总体波动水平越大。

4. 统计学分析

首先对两组间临床资料进行统计学分析,性别比较采用卡方检验;年龄比较采用两独立样本非参数检验。以年龄和性别作为协变量,对两组 dReHo 图像采用双样本 t 检验进行组间比较,并进行错误发现率(false discovery rate,FDR)多重检验校正(体素水平: $P<0.05$,FDR 校正)。接着以 dReHo 差异脑区作为种子点,分别对种子点与全脑其余体素功能连接的动态变化进行分析,将年龄、性别及平均头动参数作为协变量加入分析,所得图像数据使用双样本 t 检验进行组间比较,采用 FDR 方法进行多重检验校正(体素水平: $P<0.05$,FDR 校正),得到两组间 FCVC 差异有统计学意义的脑区。提取差异脑区与种子点间的 FCVC 值,并与临床评分进行 Pearson 相关分析,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组临床资料分析

PD 组共 32 例患者,其中男 10 例,女 22 例,年龄 55.8~72.8 岁,平均 64.7 岁,对照组共 33 例健康受试者,其中男 17 例,女 16 例,年龄 59.0~67.0 岁,平均 62.8 岁,两组在性别、年龄上差异均无统计学意义($\chi^2=2.747,P=0.097;t=1.035,P=0.306$)。所有 PD 患者平均病程 2.0(1.0~5.0)年;MoCA 评分为 20.0(8.8~25.0);UPDRS-III 评分 25.8 ± 16.2 。

2. 两组间 dReHo 和 FCVC 差异脑区分析

与 NC 组相比,PD 组 dReHo 值减低的区域主要集中在左侧尾状核、右侧壳核及双侧舌回(表 1,图 1)。以左侧尾状核、右侧壳核、右侧舌回为种子点均未出现 FCVC 异常变化区域,而将左侧舌回作为种子点,结果显示与 NC 组相比,PD 组左侧舌回与右侧舌回、双侧中央后回、右侧中央前回、右侧楔前叶之间的 FCVC 降低(表 2,图 2),未见明显 FCVC 增高脑区。

表 1 PD 组与 NC 组相比 dReHo 异常脑区

脑区 (AAL)	体素数	峰值点 MNI 坐标			峰值点 t 值
		X	Y	Z	
左侧舌回	52	-18	-69	-3	-4.9077
左侧尾状核	70	-33	21	-6	-5.9054
右侧舌回	89	18	-81	0	-5.8913
右侧壳核	52	27	18	-6	-5.6159

注: $t<0$,PD 组 dReHo 小于 NC 组;MNI 为蒙特利尔神经研究所(Montreal Neurological Institute)。

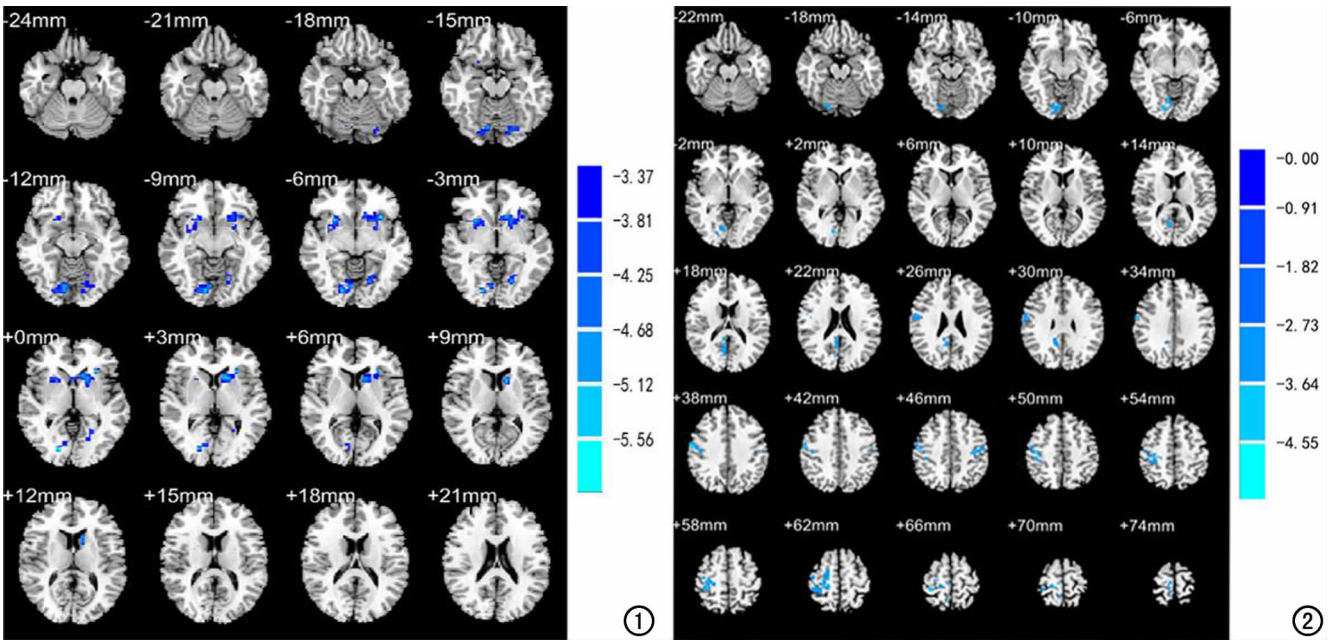


图 1 动态局部一致性组间差异显著脑区图,蓝色区域代表 PD 组较 NC 组功动态局部一致性减弱的脑区。

图 2 功能连接动态变化组间差异显著脑区图,蓝色区域代表 PD 组较 NC 组功能连接动态变化减弱的脑区。以左侧舌回为种子点。

表 2 2 组相比左侧舌回种子点与全脑灰质存在 FCVC 差异脑区

脑区 (AAL)	体素数	峰值点 MNI 坐标			峰值点 <i>t</i> 值
		X	Y	Z	
右侧舌回	75	-12	-75	0	-4.2376
右侧楔前叶	25	9	-42	18	-3.9539
右侧中央后回	110	30	-45	60	-4.4262
右侧中央前回	59	25	-22	63	-4.0553
左侧中央后回	39	-48	-15	45	-3.8396

注: $t<0$,PD 组 FCVC 小于 NC 组;MNI 为蒙特利尔神经研究所 (Montreal Neurological Institute)。

3. FCVC 与临床量表评分相关性分析

结果显示左侧中央后回与左侧舌回的 FCVC 值与 UPDRS-III 评分呈负相关($r=-0.438, P=0.01$, 图 3a);右侧中央后回与左侧舌回的 FCVC 值与 MoCA 评分呈正相关($r=0.415, P=0.02$, 图 3b)。其余差异脑区与左侧舌回的 FCVC 值与临床评分均无相关性。

讨 论

BOLD-fMRI 作为一种迅速便捷、无侵入性,以脱氧血红蛋白作为内源性对比剂来反映大脑神经元活动的磁共振成像技术^[11],具有较好的时间和空间分辨力,在临床研究中广受欢迎。基于以往的文献回顾,笔者发现只有少部分研究采用了基于 BOLD 信号的动态分析方法来探究帕金森病患者的脑神经活动的时变性^[12,13]。因此,本研究通过分析 PD 患者大脑局部一致性(ReHo)和功能连接(FC)的动态变化进一步探讨帕金森病的发病机制及相关脑网络。研究结果显示:相对于正常对照组,PD 组左侧尾状核、右侧壳核及双侧舌回 dReHo 减低。以左侧舌回为种子点,PD 组左侧舌回与右侧舌回、双侧中央后回、右侧中央前回、右侧楔前叶之间的 FCVC 降低。此外,左侧中央后回与左侧舌回之间的 FCVC 值与 UPDRS-III 评分呈负相关;右侧中央后回与左侧舌回的 FCVC 值与 MoCA 评分呈正相关。综合以上的两种分析方法发现 PD 患者

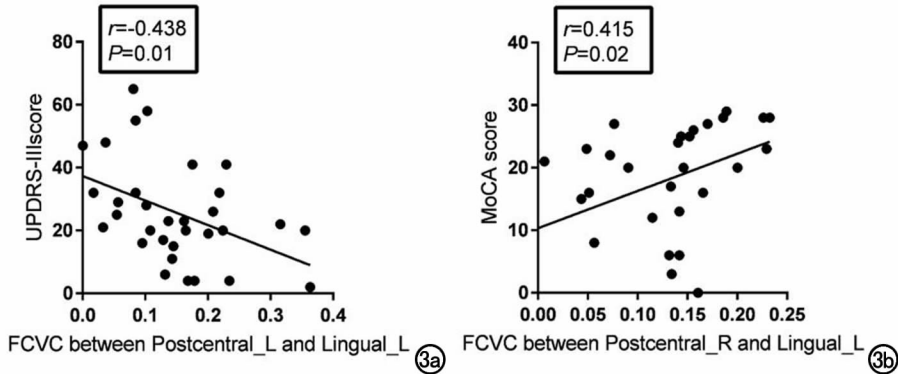


图 3 相关性分析散点图。a)PD 组左侧中央后回与左侧舌回 FCVC 值与 UPDRS-III 评分呈负相关($r=-0.438, P=0.01$);b)PD 组右侧中央后回与左侧舌回 FCVC 值与 MoCA 评分呈正相关($r=0.415, P=0.02$)。

运动障碍的产生机制不仅仅局限在单一的感觉运动功能区域,而是多个脑功能网络相互作用、相互影响,为进一步探索 PD 的脑功能网络研究提供了新的理论依据。

ReHo 作为传统的基于体素的分析方法,被广泛应用于局部脑活动的研究。然而,这种静态测量不能完美地捕捉到不同时间局部大脑活动的动态特征。基于滑动窗口^[14]的动态算法通过总结空间模式随时间的变化来探究大脑自发神经元活动,在神经退行性疾病的研究中具有重大意义。本研究通过 dReHo 分析发现 PD 患者壳核、尾状核以及舌回相关脑区出现异常。舌回属于初级视觉皮层^[15],与外周的枕叶皮质共同参与视觉信息的整合和处理^[16]。PD 患者出现视觉网络的异常,进而影响大脑对步态的调控,导致其出现不同程度的运动障碍或步态不稳。此外,笔者还发现尾状核、壳核等基底节神经核团也出现 dReHo 的改变。PD 的基本病理特征是中脑黑质纹状体多巴胺能神经元异常变性、凋亡,导致整个基底神经节环路功能改变^[17],从而引起患者运动及认知等功能发生障碍^[18]。壳核属于背侧纹状体的一部分,不仅参与了运动相关功能环路,同时也是基底节区多巴胺减少最为严重的核团^[19,20]。尾状核存在与边缘叶、前额叶、顶枕颞叶大量的纤维投射,参与情绪、认知的调节^[21]。所以前期以运动障碍为主要表现的 PD 患者,随着病程的发展也许会出现其他的非运动症状。

既往文献回顾,PD 患者静息状态下异常 FC 多存在于默认模式网络^[22]、认知控制网络以及其他皮层或皮层下系统,如视觉皮层、小脑、尾状核等^[23]。而研究发现不同脑区间的 FC 随着时间的推移而不断动态变化。滑窗算法是动态 FC 最常用的分析方法,跨不同窗口导出的时变模式反映了 FC 的动态特征,成为我们理解神经退行性疾病潜在神经生理机制的有效途径之一。Kim 等^[24]首次探究 PD 患者脑网络动态 FC 变化的研究发现,PD 患者主要存在两种 FC 状态即频率较高且分隔程度较高的“状态 I”以及频率较低但整合程度较高的“状态 II”,且运动障碍程度与状态 I 停留时间呈负相关,与状态 I 与状态 II 之间的转换率呈正相关。因此,脑网络动态 FC 变化和整合异常或许可以成为 PD 的一个诊断标记。所以在进一步的 FC 动态分析中,本研究选择 dReHo 异常脑区作为种子点探究其与全脑灰质的动态功能连接。

结果显示与 NC 组相比,以左侧舌回为种子点分析发现左侧舌回与双侧中央后回、右侧中央前回、右侧舌回、右侧楔前叶之间的 FCVC 降低。传统意义上来讲 PD 是一种运动障碍,以往已有研究证明 PD 患者感觉运动网络(sensorimotor Network, SMN)存在 FC 异常^[25],提示 PD 患者的感觉-运动整合功能受损。除此以外,视觉网络也深其受影响,PD 患者在患病后期往往会出现视幻觉^[26]。Hacker 等^[27]发现 PD 患者感觉-运动和视觉区域以及边缘上回的功能连接性较对照组降低。中央前、后回既是构成感觉运动网络的主要区域,也是反馈调节躯体运动的主要大脑皮层。本研究发现帕金森病患者中央前、后回与舌回之间的 FCVC 显著降低,由此推测视觉网络与感觉运动网络的交互作用减少,从而导致 PD 患者出现步态障碍、运动迟缓等一系列症状^[28]。楔前叶位于顶叶后侧,既与运动中视觉信息的处理相关,也能通过综合感觉信息并传输到辅助运动区和运动前区来参与运动与姿势的控制^[29]。此外,近期研究发现楔前叶属于默认网络(default mode network, DMN)的一个重要组成部分,它涉及到许多高水平的认知功能,例如情景记忆、自我相关的信息功能处理等^[23,30]。本研究发现舌回与楔前叶的 FCVC 降低,表明楔前叶可能作用于涉及视觉空间信息的抽象认知过程。PD 组右侧中央后回与左侧舌回间的 FCVC 值与 MoCA 评分呈正相关,提示目前以运动障碍为主的 PD 患者随着病程的发展也可能伴有不同程度的认知障碍。

本研究具有一定局限性:①由于样本量偏小,会影响统计结果的可信度,今后将进一步加大样本量的搜集,并对其进行分型、分组研究。②未将教育程度相匹配作为两组受试者的纳入标准,对于相关脑功能的研究分析存在一定影响。③由于 dReHo 和 dFC 是基于一系列时间点的滑动窗口方法进行分析,因此动态分析对生理噪声特别敏感。尽管笔者在预处理步骤中去除了生理噪声,并且还选择了相对合适的窗口大小,仍然不能完全消除生理噪声带来的不利影响。④受试者在检查前虽然停止服用相关治疗药物 12h 以上,但不能绝对消除其对神经元的潜在影响。希望在未来的研究中能够尽力克服这些局限性。

总之,本研究先从脑区局部分离功能角度、再从脑区之间连接整合功能角度对 PD 患者脑功能进行分析,发现 PD 患者壳核、尾状核、舌回相关脑区 dReHo 异常;另外以左侧舌回为种子点进行分析发现其与中央前回、中央后回以及楔前叶之间的动态功能连接改变。综合以上分析研究提示 PD 发病机制与多个脑功能网络有关,并且还存在着运动与认知功能交互影响的可能,这将为进一步研究 PD 的发病机制提供影像学

依据,也为该病的临床诊断、观察提供了新的视角。

参考文献:

- [1] Straka I, Minár M, Gažová A, et al. Clinical aspects of adherence to pharmacotherapy in Parkinson disease: A PRISMA-compliant systematic review[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(23): e10962.
- [2] Weil RS, Schrag AE, Warren JD, et al. Visual dysfunction in Parkinson's disease[J]. *Brain*, 2016, 139(11): 2827-2843.
- [3] 闫磊, 刘卫国, 胡晓, 等. 帕金森病患者静息态脑功能局部一致性研究[J]. *临床神经病学杂志*, 2017, 30(4): 251-255.
- [4] 杨文蕊, 李琰, 杨黎, 等. 帕金森病患者辅助运动区动态功能连接的静息态功能 MRI[J]. *放射学实践*, 2022, 37(4): 449-453.
- [5] Zhao L, Xue SW, Sun YK, et al. Altered dynamic functional connectivity of insular subregions could predict symptom severity of male patients with autism spectrum disorder[J]. *J Affect Disord*, 2022, 299: 504-512.
- [6] Li YT, Chen JW, Yan LF, et al. Dynamic alterations of functional connectivity and amplitude of low-frequency fluctuations in patients with unilateral sudden sensorineural hearing loss[J]. *Neurosci Lett*, 2022: 136470.
- [7] Postuma RB, Berg D, Stern M, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease[J]. *Mov Disord*, 2015, 30(12): 1591-601.
- [8] Goetz CG, Stebbins GT, Chmura TA, et al. Teaching program for the movement disorder society-sponsored revision of the unified Parkinson's disease rating scale: (MDS-UPDRS)[J]. *Mov Disord*, 2010, 25(9): 1190-1194.
- [9] Chen J, Sun D, Shi Y, et al. Dynamic alterations in spontaneous neural activity in multiple brain networks in subacute stroke patients: A resting-state fMRI study[J]. *Front Neurosci*, 2018, 12: 994.
- [10] Yao Z, Shi J, Zhang Z, et al. Altered dynamic functional connectivity in weakly-connected state in major depressive disorder[J]. *Clin Neurophysiol*, 2019, 130(11): 2096-2104.
- [11] 康德智, 王芳玉, 陈富勇, 等. 帕金森病患者静息态功能磁共振的研究[J]. *中华神经医学杂志*, 2015, 14(2): 136-140.
- [12] Zhang C, Dou B, Wang J, et al. Dynamic alterations of spontaneous neural activity in Parkinson's disease: A resting-state fMRI study[J]. *Front Neurol*, 2019, 10: 1052.
- [13] Zhang Y, Wang X, Li Y. Disrupted dynamic pattern of regional neural activity in early-stage cognitively normal Parkinson's disease[J]. *Acta Radiol*, 2021: 2841851211055401.
- [14] Xue T, Dong F, Huang R, et al. Dynamic neuroimaging biomarkers of smoking in young smokers[J]. *Front Psychiatry*, 2020, 11: 663.
- [15] Lee WW, Yoon EJ, Lee JY, et al. Visual hallucination and pattern of brain degeneration in Parkinson's disease[J]. *Neurodegener Dis*, 2017, 17(2-3): 63-72.
- [16] Kurita A, Koshikawa H, Akiba T, et al. Visual hallucinations and impaired conscious visual perception in Parkinson disease[J]. *J Geriatr Psychiatry Neurol*, 2020, 33(6): 377-385.
- [17] Roalf DR, Sydnor VJ, Woods M, et al. A quantitative meta-analysis of brain glutamate metabolites in aging[J]. *Neurobiol Aging*, 2020, 95: 240-249.

- [18] Bharti K, Suppa A, Pietracupa S, et al. Aberrant functional connectivity in patients with Parkinson's disease and freezing of gait: a within- and between-network analysis[J]. Brain Imaging Behav, 2020, 14(5):1543-1554.
- [19] Li R, Zou T, Wang X, et al. Basal ganglia atrophy-associated causal structural network degeneration in Parkinson's disease[J]. Hum Brain Mapp, 2022, 43(3):1145-1156.
- [20] Ruppert MC, Greuel A, Tahmasian M, et al. Network degeneration in Parkinson's disease: multimodal imaging of nigro-striato-cortical dysfunction[J]. Brain, 2020, 143(3):944-959.
- [21] Foo H, Mak E, Yong TT, et al. Progression of subcortical atrophy in mild Parkinson's disease and its impact on cognition[J]. Eur J Neurol, 2017, 24(2):341-348.
- [22] 郭卫娜, 李晶雪, 常雅君, 等. 认知功能障碍的帕金森病患者脑静息态功能连接[J]. 放射学实践, 2020, 35(5):120-124.
- [23] Yu Q, Li Q, Fang W, et al. Disorganized resting-state functional connectivity between the dorsal attention network and intrinsic networks in Parkinson's disease with freezing of gait[J]. Eur J Neurosci, 2021, 54(7):6633-6645.
- [24] Kim J, Criaud M, Cho SS, et al. Abnormal intrinsic functional network dynamics in Parkinson's disease[J]. Brain, 2017, 140(11):2955-2967.
- [25] Caspers J, Rubbert C, Eickhoff SB, et al. Within- and across-network alterations of the sensorimotor network in Parkinson's disease[J]. Neuroradiology, 2021, 63(12):2073-2085.
- [26] Clegg BJ, Duncan GW, Khoo TK, et al. Categorising visual hallucinations in early Parkinson's disease[J]. J Parkinsons Dis, 2018, 8(3):447-453.
- [27] Hacker CD, Perlmuter JS, Criswell SR, et al. Resting state functional connectivity of the striatum in Parkinson's disease[J]. Brain, 2012, 135(Pt 12):3699-3711.
- [28] 潘钰, 瞿航, 赵义, 等. 帕金森病感觉运动区脑功能网络连通性分析[J]. 磁共振成像, 2021, 12(4):6-11.
- [29] Takakusaki K. Functional neuroanatomy for posture and gait control[J]. J Mov Disord, 2017, 10(1):1-17.
- [30] Tessitore A, Esposito F, Vitale C, et al. Default-mode network connectivity in cognitively unimpaired patients with Parkinson disease[J]. Neurology, 2012, 79(23):2226-2232.

(收稿日期:2022-07-03 修回日期:2023-02-28)

《放射学实践》杂志入选 中国医学科学院医学科学卓越期刊目录(2021 版)

近日,华中科技大学同济医学院附属同济医院《放射学实践》杂志入选中国医学科学院医学科学卓越期刊目录,是该目录中文杂志放射影像领域仅有的两本杂志之一。《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》创刊于 1986 年。创刊时杂志主要内容是将德国著名医学影像学杂志《Roentgen-praxis》原文翻译成中文,向中国广大放射学工作者介绍德国最新的医学影像学信息,是我国改革开放后最早的国际合作译文期刊。1996 年开始刊登国内专家学者的文章,以论著为主,涉及医学影像学的方方面面。以时代性、权威性、群众性作为刊物的定位品格,博采众长、兼收并蓄,受到广大放射学工作者的喜爱。现为 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。