

## · 论 著 ·

## 氢质子磁共振波谱用于帕金森病早期诊断的价值研究\*

汤丹丹<sup>1,2</sup>, 符益纲<sup>3</sup>, 李 磊<sup>1</sup>, 陈松洁<sup>1</sup>, 孙鼎明<sup>1</sup>, 周 笑<sup>3</sup>, 朱明明<sup>3</sup>, 刘长霞<sup>1</sup>, 何国军<sup>1△</sup>

(1. 徐州医科大学盐城临床学院/盐城市第一人民医院神经内科, 江苏 盐城 224000; 2. 扬州市江都人民医院神经内科, 江苏 扬州 225200; 3. 徐州医科大学盐城临床学院/盐城市第一人民医院磁共振室, 江苏 盐城 224000)

**[摘要]** 目的 探讨氢质子磁共振波谱(<sup>1</sup>H-MRS)在帕金森病(PD)早期诊断中的临床应用价值。方法 选择盐城市第一人民医院 2017 年 5 月至 2020 年 5 月门诊及住院部收治的早期 PD 患者 45 例(PD 组)和健康志愿者 40 例(对照组)作为研究对象。所有研究对象均行<sup>1</sup>H-MRS 检查,比较分析所有研究对象豆状核、苍白球、丘脑、黑质的 N-乙酰天门冬氨酸(NAA)/胆碱(Cho)、NAA/肌酸(Cr)、Cho/Cr 比值。结果 PD 组患者豆状核、苍白球、黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr 比值,以及丘脑的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值均较对照组显著降低,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。PD 组患者豆状核、苍白球、黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr 比值,以及丘脑的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值均与帕金森综合评分量表评分呈显著负相关( $P < 0.05$ )。豆状核、苍白球、丘脑、黑质的 NAA/Cho 比值的受试者工作特征曲线下面积(AUC)分别为 0.796、0.708、0.709 和 0.723;NAA/Cr 比值的 AUC 分别为 0.726、0.726、0.744 和 0.913;Cho/Cr 比值的 AUC 分别为 0.579、0.509、0.637 和 0.531。结论 可结合<sup>1</sup>H-MRS PD 患者豆状核、苍白球、丘脑、黑质的 NAA、Cho、Cr 的波峰变化及三者比值变化结果来诊断早期 PD。<sup>1</sup>H-MRS 对早期 PD 可能具有良好诊断价值。

**[关键词]** 氢质子磁共振波谱; 帕金森病; 豆状核; 苍白球; 丘脑; 黑质; 早期诊断

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2023.03.005 中图法分类号:R742.5

文章编号:1009-5519(2023)03-0382-06

文献标识码:A

### Value of Hydrogen proton magnetic resonance spectroscopy in early diagnosis of Parkinson's disease\*

TANG Dandan<sup>1,2</sup>, FU Yigang<sup>3</sup>, LI Lei<sup>1</sup>, CHEN Songjie<sup>1</sup>, SUN Dingming<sup>1</sup>, ZHOU Xiao<sup>3</sup>, ZHU Mingming<sup>3</sup>, LIU Changxia<sup>1</sup>, HE Guojun<sup>1△</sup>

(1. Department of Neurology, Yancheng Clinical College of Xuzhou Medical University/Yancheng First People's Hospital, Yancheng, Jiangsu 224000, China; 2. Jiangdu People's Hospital of Yangzhou, Yancheng, Jiangsu 225200, China; 3. Department of MR, Yancheng Clinical College of Xuzhou Medical University/Yancheng First People's Hospital, Yancheng, Jiangsu 224000, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the clinical value of Hydrogen proton magnetic resonance spectroscopy (<sup>1</sup>H-MRS) in the early diagnosis of Parkinson's disease (PD). **Methods** A total of 45 patients with early PD (PD group) and 40 healthy volunteers (control group) admitted to the Outpatient and Inpatient Departments of Yancheng First People's Hospital from May 2017 to May 2020 were selected as the research subjects. All subjects were examined by <sup>1</sup>H-MRS, and the ratios of N-acetylaspartic acid (NAA)/choline (Cho), NAA/creatine (Cr) and Cho/Cr in lentiform nucleus, globus pallidus, thalamus and substantia nigra of all subjects were compared and analyzed. **Results** The ratios of NAA/Cho, NAA/Cr in lenticular nucleus, globus pallidus and substantia nigra, and the ratios of NAA/Cho, NAA/Cr and Cho/Cr of the thalamus in the PD group were significantly lower than those in the control group, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). In the PD group, the ratios of NAA/Cho and NAA/Cr in lenticular nucleus, globus pallidus and substantia nigra, as well as the ratios of NAA/Cho, NAA/Cr and Cho/Cr in thalamus were negatively correla-

\* 基金项目:江苏省盐城市创新团队项目(盐卫科教[2017]18号);江苏省盐城市科技局医学科技发展计划项目(YK2013006)。

作者简介:汤丹丹(1994—),硕士研究生,住院医师,主要从事神经系统疾病临床工作及帕金森病研究。△ 通信作者, E-mail: neuromed@163.com。

ted with the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) scores ( $P < 0.05$ ). The area under curve (AUC) of the receiver operating characteristic curve of the NAA/Cho ratio in the lenticular nucleus, globus pallidus, thalamus, and substantia nigra was 0.796, 0.708, 0.709 and 0.723, respectively. The AUC of the NAA/Cr ratio was 0.726, 0.726, 0.744 and 0.913, respectively. The AUC of the Cho/Cr ratio was 0.579, 0.509, 0.637 and 0.531, respectively. **Conclusion** It can be combined with  $^1\text{H-MRS}$  on the peak changes of NAA, Cho and Cr in the lenticular nucleus, globus pallidus, thalamus and substantia nigra and the changes in the ratio of the three to diagnose early PD.  $^1\text{H-MRS}$  may have good diagnostic value for early PD.

**[Key words]** Hydrogen proton magnetic resonance spectroscopy; Parkinson's disease; Lenticular nucleus; Globus pallidus; Thalamus; Substantia nigra; Early diagnosis

帕金森病(PD)是中枢神经系统慢性、进展性变性疾病,在全球神经系统退行性疾病中的发病率仅次于阿尔茨海默病<sup>[1-2]</sup>。据估计,到2030年,我国PD患者将增加到494万人,占全世界PD患者人数的一半<sup>[3]</sup>。PD的患病率会随着人口老龄化加重而增加,其治疗仅能延缓病情进展,到后期患者生活质量显著下降,甚至影响生命<sup>[4-5]</sup>。目前,PD主要依靠临床表现,尤其是运动症状来诊断<sup>[6]</sup>,但早期PD患者的运动症状可能不明显,容易漏诊和误诊等<sup>[7]</sup>,为诊断带来巨大的困难。

氢质子磁共振波谱( $^1\text{H-MRS}$ )是一种有价值的用于监测体内脑代谢的非侵入性影像学技术<sup>[8-9]</sup>。 $^1\text{H-MRS}$ 主要定量的生化代谢物是N-乙酰天门冬氨酸(NAA)、肌酸(Cr)和胆碱(Cho),它们可以反映神经元、神经胶质细胞功能状态,这是研究脑组织活动代谢和病理变化的重要手段<sup>[10]</sup>。本研究旨在通过 $^1\text{H-MRS}$ 对早期PD患者豆状核、苍白球、丘脑、黑质多区域进行研究,评估 $^1\text{H-MRS}$ 在PD早期诊断中的临床应用价值。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 选择盐城市第一人民医院2017年5月至2020年5月门诊及住院收治的早期PD患者45例和40例健康志愿者作为研究对象,分别设为PD组和对照组。所有研究对象均需本人签署知情同意书。本研究获得盐城市第一人民医院医学伦理委员会批准。PD组纳入标准:(1)所有PD患者均符合《中国帕金森病诊断标准(2016版)》<sup>[11]</sup>,并至少由2名经验丰富的神经内科医生单独诊断;Hoehn-Yahr分级小于或等于2.5<sup>[12]</sup>;(2)患者能够配合并耐受头颅磁共振(MR)及 $^1\text{H-MRS}$ 检查;(3)患者能够配合PD综合评分量表(UPDRS)<sup>[13]</sup>等量表评估和检查,且患者进行量表的评估均处于开期。PD组排除标准:(1)非原发性PD;(2)合并脑血管病、颅内感染、创伤、畸形及占位性病变等异常;(3)合并其他脏器功能严重损害;(4)MR检查颅内软化灶或明显缺血灶等;(5)不能耐受影像学检查及量表评估,如认知功能障碍及精神疾病等;(6)存在MR检查禁忌证;(7)不愿意参

与本研究。对照组研究对象无脑血管疾病及其他神经系统疾病,无精神疾病及长期药物服用情况,头颅MR无异常。

**1.2 方法** 均采用西门子MAGNETOM Verio 3.0T磁共振仪器对所有研究对象进行常规磁共振成像(MRI)和多体素 $^1\text{H-MRS}$ 检查。(1)常规扫描序列:T1-FLAIR、T2-FLAIR、DWI轴位,T2WI矢状位;相关参数,T1-FLAIR:TR 2 000 ms,TE 9 ms;T2-FLAIR:TR 8 500 ms,TE 85 ms;DWI:TR 6 600 ms,TE 100 ms;T2WI:TR 6 300 ms,TE 86 ms。(2) $^1\text{H-MRS}$ 相关参数:选择化学移位成像(CSI)序列,TR 1 700 ms,TE 135 ms,带宽50 HZ,扫描时间为413 s。扫描完毕由仪器自带的西门子syngo.via波谱学软件进行处理。用于波谱分析的区域是大脑两侧的豆状核、苍白球、丘脑、黑质。软件自动对波谱进行处理后记录2组研究对象的NAA、Cho、Cr波峰,其中峰面积代表各种代谢物的浓度,进而得出NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr比值。所有研究对象的MR图像均由2名经验丰富的影像科医生在互相不知情的情况下独立阅片,并且选择基线平稳、信噪较好的谱线进行分析。

在这4个区域中,由于对照组左右侧及PD组症状重侧和对侧之间NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr比值无显著差异,因此将两侧获得的值取平均值表示每例研究对象的代谢水平。

**1.3 统计学处理** 符合正态分布计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内比较采用配对样本 $t$ 检验,组间比较采用独立样本 $t$ 检验。计数资料用构成比表示,采用 $\chi^2$ 检验进行比较。通过Pearson相关分析研究PD患者 $^1\text{H-MRS}$ 比值与性别、年龄、病程、UPDRS评分的关系。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析 $^1\text{H-MRS}$ 比值评价PD的诊断效能。应用SPSS25.0统计软件进行数据处理,显著性水平设定为 $P < 0.05$ ,表示差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1** 2组研究对象一般资料比较 PD组患者UP-

DRS 评分 23~65 分,平均(38.3±12.7)分。2 组研究对象的性别构成、年龄比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。

**2.2 2 组研究对象大脑各部位 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值比较** PD 组在豆状核、苍白球和黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr 比值,以及丘脑的 NAA/Cho、NAA/Cr 和 Cho/Cr 比值均较对照组显著降低,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。另外,PD 组在豆状核、苍白球、黑质的 Cho/Cr 比值与对照组比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 2、图 1。

**2.3 PD 组患者大脑各部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值与一般资料相关性分析** PD 组患者豆

状核、苍白球、丘脑、黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值与性别、年龄、病程无明显相关性( $P>0.05$ );而豆状核、苍白球、黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr 比值,以及丘脑的 NAA/Cho、NAA/Cr 和 Cho/Cr 比值均与 UPDRS 评分呈显著负相关( $P<0.05$ )。见表 3、图 2。

表 1 2 组研究对象一般资料比较

一般资料	对照组 (n=40)	PD 组 (n=45)	t/χ <sup>2</sup>	P
年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	63.7±9.0	64.2±8.8	-0.260	0.795
性别(男/女,n/n)	17/23	27/18	2.597	0.107

表 2 2 组研究对象大脑各 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值比较( $\bar{x}\pm s$ )

部位	比值	对照组(n=40)	PD 组(n=45)	t	P
豆状核	NAA/Cho	1.12±0.22	0.92±0.12	5.012	<0.000 1
	NAA/Cr	1.26±0.24	1.10±0.09	3.949	<0.000 1
	Cho/Cr	1.15±0.20	1.21±0.18	1.557	0.123 0
苍白球	NAA/Cho	1.05±0.25	0.89±0.13	3.557	0.001 0
	NAA/Cr	1.22±0.25	1.05±0.08	4.075	<0.000 1
	Cho/Cr	1.23±0.26	1.22±0.16	0.115	0.909 0
丘脑	NAA/Cho	1.15±0.20	1.01±0.16	3.658	<0.000 1
	NAA/Cr	1.37±0.21	1.18±0.21	4.178	<0.000 1
	Cho/Cr	1.21±0.17	1.14±0.09	2.477	0.016 0
黑质	NAA/Cho	1.09±0.23	0.91±0.21	3.687	<0.000 1
	NAA/Cr	1.42±0.37	0.96±0.13	7.440	<0.000 1
	Cho/Cr	1.34±0.34	1.34±0.35	0.080	0.937 0

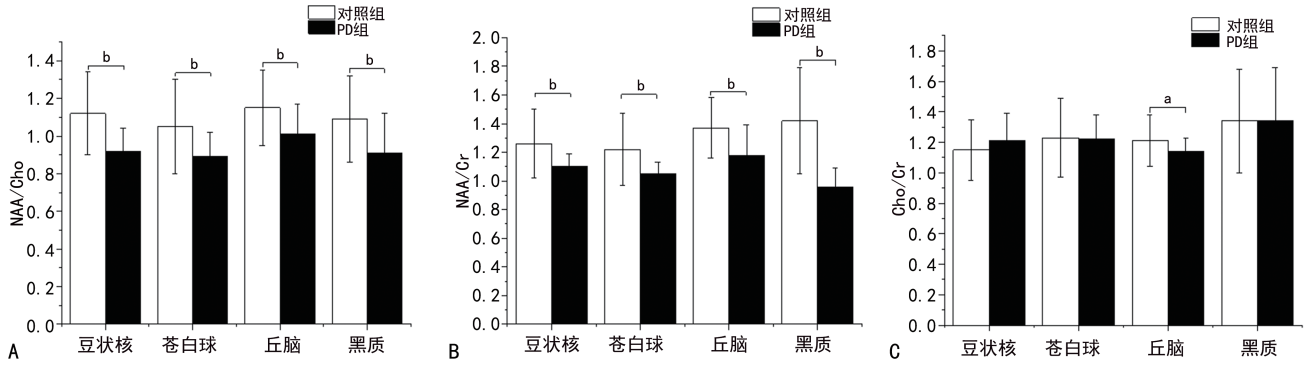
表 3 PD 组患者大脑各部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值与一般资料相关性分析

一般资料	统计值	豆状核			苍白球			丘脑			黑质		
		NAA/Cho	NAA/Cr	Cho/Cr	NAA/Cho	NAA/Cr	Cho/Cr	NAA/Cho	NAA/Cr	Cho/Cr	NAA/Cho	NAA/Cr	Cho/Cr
性别	r	-0.005	-0.016	-0.083	0.010	-0.070	-0.076	-0.146	-0.216	-0.057	-0.078	0.064	-0.072
	P	0.973	0.918	0.589	0.947	0.648	0.622	0.339	0.154	0.712	0.611	0.674	0.636
年龄	r	-0.226	-0.178	-0.053	-0.266	-0.146	-0.017	-0.097	-0.070	-0.138	-0.138	-0.248	0.000
	P	0.135	0.243	0.728	0.077	0.338	0.909	0.526	0.649	0.366	0.368	0.101	1.000
病程	r	-0.124	-0.049	-0.129	-0.026	-0.059	-0.137	-0.024	-0.008	-0.109	0.064	-0.128	-0.060
	P	0.418	0.749	0.398	0.866	0.700	0.370	0.875	0.958	0.476	0.674	0.401	0.698
UPDRS	r	-0.482	-0.450	-0.271	-0.462	-0.396	-0.111	-0.462	-0.387	-0.512	-0.464	-0.413	0.156
	P	0.001	0.002	0.072	0.001	0.007	0.467	0.001	0.009	<0.0001	0.001	0.005	0.307

**2.4 大脑各部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值 ROC 曲线分析** 豆状核、苍白球、丘脑、黑质的 NAA/Cho 比值的 ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.796,0.708,0.709 和 0.723;NAA/Cr 比值的 AUC

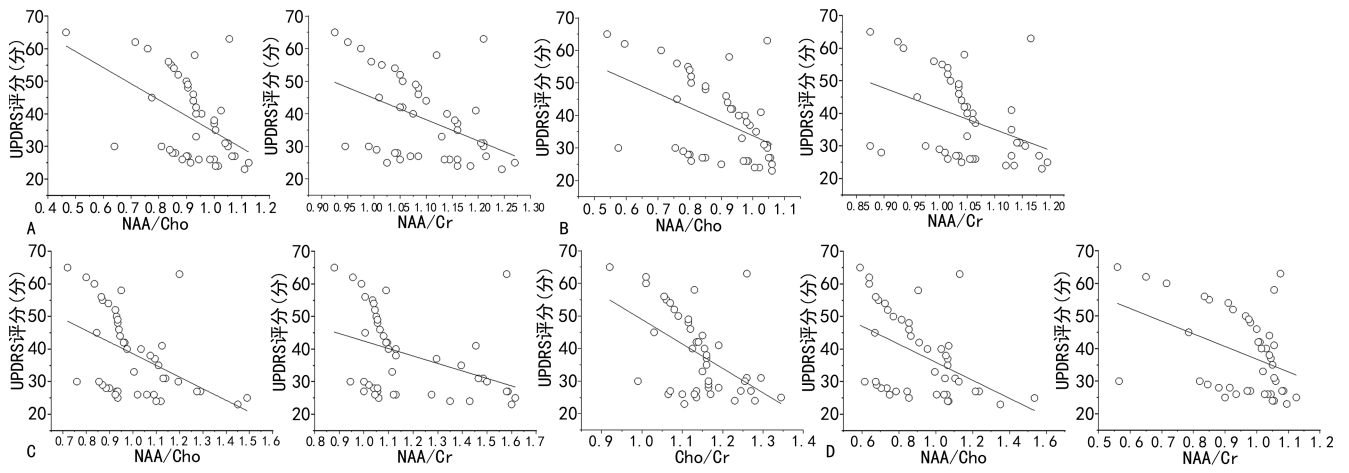
分别为 0.726,0.726,0.744 和 0.913;Cho/Cr 比值的 AUC 分别为 0.579,0.509,0.637 和 0.531。豆状核、苍白球和黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr 比值,以及丘脑的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值均可用于 PD 的

诊断,具有一定的准确性;其中黑质的 NAA/Cr 比值 83.0%。见表 4、图 3。  
诊断效能最高,灵敏度和特异度分别为 100.0%和



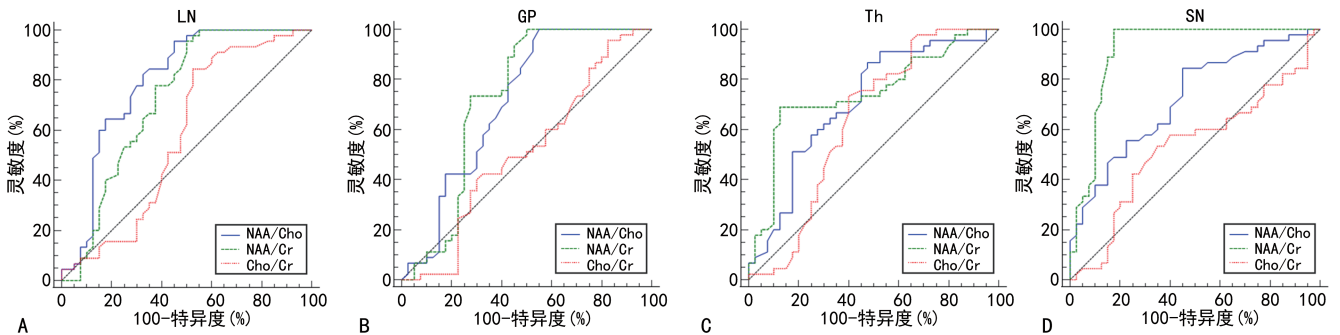
注:A. NAA/Cho 比值;B. NAA/Cr 比值;C. Cho/Cr 比值;与对照组比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ,<sup>b</sup> $P < 0.01$ 。

图 1 2 组研究对象大脑各部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值比较



注:A. 豆状核;B. 苍白球;C. 丘脑;D. 黑质。

图 2 PD 组患者大脑各部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值与 UPDRS 评分的相关性



注:A. 豆状核;B. 苍白球;C. 丘脑;D. 黑质。

图 3 豆状核、苍白球、丘脑、黑质 4 个部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值诊断 PD 的 ROC 曲线

表 4 大脑各部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值 ROC 曲线分析

比值	部位	AUC	约登指数	灵敏度(%)	特异度(%)	P	95%CI
NAA/Cho	豆状核	0.796	0.51	96.0	55.0	<0.000 1	0.695~0.876
	苍白球	0.708	0.45	100.0	45.0	0.000 5	0.599~0.801
	丘脑	0.709	0.39	87.0	53.0	0.000 3	0.600~0.802
	黑质	0.723	0.39	84.0	55.0	<0.000 1	0.615~0.814
NAA/Cr	豆状核	0.726	0.46	96.0	50.0	<0.000 1	0.619~0.817
	苍白球	0.726	0.50	100.0	50.0	0.000 3	0.618~0.817

续表 4 大脑各部位的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值 ROC 曲线分析

比值	部位	AUC	约登指数	灵敏度(%)	特异度(%)	P	95%CI
Cho/Cr	丘脑	0.744	0.56	69.0	88.0	<0.000 1	0.637~0.832
	黑质	0.913	0.83	100.0	83.0	<0.000 1	0.832~0.963
	豆状核	0.579	0.32	84.0	48.0	0.236 1	0.467~0.685
	苍白球	0.509	0.20	2.0	78.0	0.894 7	0.398~0.619
	丘脑	0.637	0.33	73.0	60.0	0.033 8	0.525~0.738
	黑质	0.531	0.18	53.0	65.0	0.634 7	0.419~0.640

注:95%CI 为 95%置信区间。

### 3 讨 论

PD 已经成为全世界都在重点关注的疾病之一<sup>[14]</sup>,因 PD 进展隐匿且不可逆,会给患者造成致残性伤害,严重威胁着患者的生存能力和生活质量,而依靠临床症状诊断早期 PD 容易漏诊或误诊<sup>[4-7]</sup>,因此,提高 PD 诊断的准确率非常重要。

<sup>1</sup>H-MRS 是一种能够无创性检测人体脑组织中代谢物浓度的技术<sup>[8-9]</sup>,相对于 CT、常规 MRI、经颅多普勒超声等更具有特异性。与 MRS 相比,目前研究相对较多的正电子发射计算机断层显像(PET-CT)和单光子发射计算机断层成像术(SPECT)均为有创操作,因价格昂贵、操作复杂而不能得到普及。<sup>1</sup>H-MRS 可以定量的代谢物有很多,其中主要是 NAA、Cho 和 Cr,NAA、Cr、Cho 3 个波峰大约分别位于 2.0、3.0、3.2 ppm 处<sup>[10]</sup>。目前认为 NAA 大多存在于神经元及其突起中,Cho 和 Cr 主要存在于神经胶质细胞,尤其是星形胶质细胞和少突胶质细胞中,且脑内 Cr 含量变化相对恒定<sup>[8,15-16]</sup>。NAA 含量下降常提示神经元的缺失和破坏,Cho 和 Cr 含量增高提示胶质增生<sup>[17-18]</sup>。现在大多数用 NAA/Cho、NAA/Cr 及 Cho/Cr 比值直观显示脑内生化代谢物改变。因此,<sup>1</sup>H-MRS 可以通过 NAA、Cho、Cr 的浓度及三者之间的比值变化而达到诊断早期 PD 的目的。

运动障碍性疾病的病变部位在基底核,而 PD 是运动障碍性疾病之一<sup>[19]</sup>,并且 PD 的病理特征主要是中脑黑质多巴胺能神经元变性和缺失<sup>[20]</sup>。因此,常选择基底核系统中的豆状核、苍白球、丘脑、黑质作为研究的部位。在本研究中,PD 组患者豆状核、苍白球、丘脑及黑质的 NAA/Cho 和 NAA/Cr 比值均较对照组显著降低,表明在这 4 个部位有神经元的缺损及功能降低,由此印证了 PD 病理特征改变的部位,与 GUAN 等<sup>[21]</sup>的研究结果基本一致。说明可以结合<sup>1</sup>H-MRS 在黑质、豆状核、苍白球及丘脑 4 个区域定量检测 NAA、Cr、Cho 诊断早期 PD。

另外,本研究中 PD 组患者丘脑的 Cho/Cr 比值较对照组显著降低,而其他 3 个部位的 Cho/Cr 比值

与对照组无显著差异,与既往研究得到的 PD 患者在丘脑<sup>[21-22]</sup>、皮质<sup>[23-24]</sup>等部位的 Cho/Cr 比值较健康对照组增加有所不同;也有研究报道 PD 患者在丘脑<sup>[25]</sup>、皮质<sup>[26]</sup>的 Cho/Cr 比值与健康者无显著差异。这些差异可能是由于技术及感兴趣区选择问题等因素造成,尚有待进一步行<sup>1</sup>H-MRS 多中心研究。

UPDRS 评分通常反映 PD 疾病的严重程度,PD 疾病越重,UPDRS 评分分值越高<sup>[27]</sup>。KLIETZ 等<sup>[28]</sup>研究表明,额叶 NAA 与 UPDRS 评分呈显著负相关( $P < 0.05$ )。本研究 PD 患者豆状核、苍白球、丘脑、黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr、Cho/Cr 比值与性别、年龄、病程均无关( $P > 0.05$ ),说明 PD 患者脑内代谢的高低不受性别、年龄及病程影响;豆状核、苍白球、丘脑、黑质的 NAA/Cho、NAA/Cr 比值与 UPDRS 评分均呈显著负相关( $P < 0.05$ ),PD 患者的病情越重,4 个部位脑内代谢相对较差,表明<sup>1</sup>H-MRS 可评估 PD 的发生、发展情况,可协助诊治 PD。

本研究结果显示,除豆状核、苍白球和黑质的 Cho/Cr 比值,其余几个指标均可用于 PD 的诊断,而其中黑质的 NAA/Cr 比值的诊断效能最高。此结果更加验证了 PD 的最主要病理改变部位是黑质及该部位出现神经元的丢失,提示<sup>1</sup>H-MRS 相关指标可用于 PD 的诊断。

基于此,<sup>1</sup>H-MRS 检测 PD 患者豆状核、苍白球、丘脑及黑质等部位的 NAA、Cho、Cr 代谢产物,结合 NAA/Cho、NAA/Cr 及 Cho/Cr 比值,有助于 PD 的早期诊断和评估。但<sup>1</sup>H-MRS 仍在不停发展,所以需要不断地探索和研究。因此,<sup>1</sup>H-MRS 在 PD 的早期诊断方面具有较好的临床研究应用价值和前景。

### 参考文献

[1] KALIA LV, LANG A E. Parkinson's disease [J]. Lancet, 2015, 386(9996): 896-912.  
 [2] ZHANG Z, CHEN S D. Autonomic Dysfunctions in Parkinson's disease: Prevalence, clinical characteristics, potential diagnostic markers,

- and treatment[J]. *Parkinsons Dis*, 2020, 2020: 8740732.
- [3] LI G, Ma J, CUI S, et al. Parkinson's disease in China: A forty-year growing track of bedside work[J]. *Transl Neurodegener*, 2019, 8:22.
- [4] CUI L, HOU N N, WU H M, et al. Prevalence of Alzheimer's disease and Parkinson's disease in China: An updated systematical analysis[J]. *Front Aging Neurosci*, 2020, 12:603854.
- [5] LI Q, LIU J, DAI F, et al. Tai Chi versus routine exercise in patients with early- or mild-stage Parkinson's disease: A retrospective cohort analysis[J]. *Braz J Med Biol Res*, 2020, 53(2):e9171.
- [6] SCHRAG A. Testing the MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease[J]. *Mov Disord*, 2018, 33(10):1518-1520.
- [7] GU SC, YE Q, YUAN C X. Metabolic pattern analysis of 18F-FDG PET as a marker for Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis[J]. *Rev Neurosci*, 2019, 30(7):743-756.
- [8] LUCETTI C, DEL DOTTO P, GAMBACCINI G, et al. Proton magnetic resonance spectroscopy (<sup>1</sup>H-MRS) of motor cortex and basal ganglia in de novo Parkinson's disease patients[J]. *Neurol Sci*, 2001, 22:69-70.
- [9] CHAUDHARY S, KUMARAN SS, GOYAL V, et al. Frontal lobe metabolic alterations characterizing Parkinson's disease cognitive impairment[J]. *Neurol Sci*, 2021, 42(3):1053-1064.
- [10] ZANIGNI S, TESTA C, CALANDRA-BUON-AURA G, et al. The contribution of cerebellar proton magnetic resonance spectroscopy in the differential diagnosis among parkinsonian syndromes[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2015, 21(8):929-937.
- [11] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组, 中国医师协会神经内科医师分会帕金森病及运动障碍专业委员会. 中国帕金森病的诊断标准(2016 版) [J]. *中华神经科杂志*, 2016, 49(4):268-271.
- [12] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组, 中国医师协会神经内科医师分会帕金森病及运动障碍学组. 中国帕金森病治疗指南(第四版)[J]. *中华神经科杂志*, 2020, 53(12):973-986.
- [13] GOETZ C G, TILLEY B C, SHAFTMAN S R, et al. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results[J]. *Mov Disord*, 2008, 23:2129-2170.
- [14] CHOLEWA J, GORZKOWSKA A, NAWROCKA A, et al. Quality of life of people with Parkinson's disease in the context of professional work and physiotherapy[J]. *Med Pr*, 2017, 68(6):725-734.
- [15] SU L, BLAMIRE A M, WATSON R, et al. Whole-brain patterns of <sup>1</sup>H-magnetic resonance spectroscopy imaging in Alzheimer's disease and dementia with Lewy bodies [J]. *Transl Psychiatry*, 2016, 6:e877.
- [16] XU H, ZHANG H, ZHANG J, et al. Evaluation of neuron-glia integrity by in vivo proton magnetic resonance spectroscopy: Implications for psychiatric disorders [J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2016, 71:563-577.
- [17] JONQUIERES G, SPENCER Z H T, ROWLANDS B D, et al. Uncoupling N-acetylaspartate from brain pathology: Implications for canavan disease gene therapy[J]. *Acta Neuropathol*, 2018, 135(1):95-113.
- [18] WANG W, SUN H, SU X, et al. Increased right amygdala metabolite concentrations in the absence of atrophy in children and adolescents with PTSD[J]. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 2019, 28(6):807-817.
- [19] SCHROLL H, HAMKER F H. Basal ganglia dysfunctions in movement disorders: What can be learned from computational simulations[J]. *Mov Disord*, 2016, 31(11):1591-1601.
- [20] WANG X X, FENG Y, LI X, et al. Prodromal markers of Parkinson's disease in patients with essential tremor[J]. *Front Neurol*, 2020, 11:874.
- [21] GUAN J, RONG Y, WEN Y, et al. Detection and application of neurochemical profile by multiple regional <sup>1</sup>H-MRS in Parkinson's disease[J]. *Brain Behav*, 2017, 7(9):e00792.
- [22] 杨杰华, 吴焕泽, 关计添, 等. 帕金森病患者脑部非运动功能区磁共振波谱分析[J]. *中国医师进修杂志*, 2017, 40(4):333-337. (下转第 393 页)

- in video-assisted thoracoscopic lobectomy[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2017, 42(4):537.
- [11] SHANTHANNA H, MOISUIK P, O' HARE T, et al. Survey of postoperative regional analgesia for thoracoscopic surgeries in Canada[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32(4):1750-1755.
- [12] SCHUG S A, BRUCE J. Risk stratification for the development of chronic postsurgical pain[J]. *Pain Rep*, 2017, 2(6):e627.
- [13] COOK T M, COUNSELL D, WILD SMITH J. Major complications of central neuraxial block: Report on the third national audit project of the Royal College of Anaesthetists[J]. *Br J Anaesth*, 2009, 102(2):179-190.
- [14] BLANCO R, PARRAS T, MCDONNELL J G, et al. Serratus plane block: A novel ultrasound-guided thoracic wall nerve block[J]. *Anaesthesia*, 2013, 68(11):1107-1113.
- [15] MADABUSHI R, TEWARI S, GAUTAM S K, et al. Serratus anterior plane block: A new analgesic technique for post-thoracotomy pain[J]. *Pain Physician*, 2015, 18(3):E421-424.
- [16] TAKETA Y, LRISAWA Y, FUJITANI T. Comparison of ultrasound-guided erector spinae plane block and thoracic paravertebral block for postoperative analgesia after video-assisted thoracic surgery: A randomized controlled non-inferiority clinical trial[J/OL]. *Reg Anesth Pain Med*, (2019-11-08) [2022-03-07]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31704789/>.
- [17] FORERO M, ADHIKARY S D, LOPEZ H, et al. The erector spinae plane block: A novel analgesic technique in thoracic neuropathic pain[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2016, 41(5):621-627.
- [18] GORNALL B F, MYLES P S, SMITH C L, et al. Measurement of quality of recovery using the QoR-40: A quantitative systematic review[J]. *Br J Anaesth*, 2013, 111(2):161-169.
- [19] BAYTAR M S, YILMAZ C, KARASU D, et al. Comparison of ultrasonography guided serratus anterior plane block and thoracic paravertebral block in video-assisted thoracoscopic surgery: A prospective randomized double-blind study[J]. *Korean J Pain*, 2021, 34(2):234-240.
- [20] DING W, CHEN Y, LI D, et al. Investigation of single-dose thoracic paravertebral analgesia for postoperative pain control after thoracoscopic lobectomy—a randomized controlled trial[J]. *Int J Surg*, 2018, 57:8-14.
- [21] ELSABEENY W Y, SHEHAB N N, WADOD M A, et al. Perioperative analgesic modalities for breast cancer surgeries: A prospective randomized controlled trial[J]. *J Pain Res*, 2020, 13:2885-2894.
- (收稿日期:2022-05-07 修回日期:2022-12-14)
- 
- (上接第 387 页)
- [23] CIURLEO R, BONANNO L, DI LORENZO G, et al. Metabolic changes in de novo Parkinson's disease after dopaminergic therapy: A proton magnetic resonance spectroscopy study[J]. *Neurosci Lett*, 2015, 599:55-60.
- [24] ALMUQBEL M, MELZER T R, MYALL D J, et al. Metabolite ratios in the posterior cingulate cortex do not track cognitive decline in Parkinson's disease in a clinical setting[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2016, 22:54-61.
- [25] 杨钊, 王红, 马景旭, 等. 帕金森患者丘脑区磁共振波谱研究价值[J]. *磁共振成像*, 2020, 11(3):183-189.
- [26] CAO H, SHI J, CAO B, et al. Evaluation of the Braak staging of brain pathology with <sup>1</sup>H-MRS in patients with Parkinson's disease[J]. *Neurosci Lett*, 2017, 660:57-62.
- [27] CALABRESI P, GALLETTI F, SAGGESE E, et al. Neuronal networks and synaptic plasticity in Parkinson's disease: Beyond motor deficits[J]. *Parkinsonism Relat Disord*, 2007, 13:S259-S262.
- [28] KLIETZ M, BRONZLIK P, NOSEL P, et al. Altered neurometabolic profile in early Parkinson's disease: A study with short echo-time whole brain MR spectroscopic imaging[J]. *Front Neurol*, 2019, 10:777.
- (收稿日期:2022-04-06 修回日期:2022-12-02)