· 中枢神经影像学 ·

帕金森病脑内铁沉积的 SWI 定量研究

王波，戴敏方，王云勇，张洁，李洪亮，沈凌

【摘要】 **目的**：通过比较帕金森病(PD)患者与正常对照组脑内多个结构的 T_2^* 值，探讨 PD 的发病和进展与脑内铁沉积的关系。**方法**：采用 3T MR 系统对 40 例原发性 PD 患者及 40 例年龄、性别相匹配的健康志愿者(正常对照组)进行常规序列及 SWI 序列扫描。按 Hoehn-Yahr 分级量表将 24 例单侧症状 PD 患者作为 PD-1 组，16 例双侧症状患者作为 PD-2 组。经后处理在 T_2^* 图上分别手动测量双侧黑质致密带、黑质网状带、红核、苍白球、壳核、尾状核头、丘脑和额叶白质区共 8 个部位的 T_2^* 值，并将所获得数据进行统计分析。**结果**：①PD-1 组症状侧与正常对照组同侧在黑质致密部的 T_2^* 值差异有统计学意义($P<0.05$)，在其它 7 个部位的 T_2^* 值差异无统计学意义($P>0.05$)；②PD-1 组症状侧与正常对照组对侧在黑质致密部的 T_2^* 值差异有高度统计学意义($P<0.01$)，在黑质网状部的 T_2^* 值差异有统计学意义($P<0.05$)，在其它 6 个部位的 T_2^* 值差异无统计学意义($P>0.05$)；③PD-1 组症状对侧与正常对照组对侧在黑质致密部、红核的 T_2^* 值差异有统计学意义($P<0.05$)，而在其它部位的 T_2^* 值差异无统计学意义($P>0.05$)；④PD-1 组症状对侧与正常对照组同侧的各兴趣区 T_2^* 值之间差异无统计学意义($P>0.05$)；⑤PD-1 组和正常对照组各兴趣区的双侧 T_2^* 值的差异均无统计学意义($P>0.05$)；⑥PD-2 组与 PD-1 组和正常对照组间各兴趣区 T_2^* 值差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论**：在 PD 的亚临床期脑内即有铁的异常沉积；局部铁含量的增加与单侧症状 PD 的发病有相关性，但与病情的严重程度无显著相关性；PD 铁异常沉积的部位包括黑质致密部、黑质网状部、红核。

【关键词】 脑疾病；帕金森病；磁共振成像；铁沉积

【中图分类号】R445.2；R742.5 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2012)11-1174-06

Susceptibility weighted imaging quantitative study of brain iron deposition in Parkinson's disease WANG Bo, DAI Min-fang, WANG Yun-yong, et al. Department of Magnetic Resonance Imaging, Kunhua Hospital of Kunming Medical College, The First People's Hospital of Yunnan Province, Kunming 650032, P. R. China

【Abstract】 **Objective**: To investigate the relationship between PD pathogenesis or progress and brain iron deposition in comparision with the difference of T_2^* values and in quantitative analysis of the variations of brain iron in several cerebral regions between Parkinson disease (PD) patients and control subjects. **Methods**: Forty patients with PD and 40 healthy controls, ranging in same ages and gender, underwent routine sequences and SWI sequence on a 3T MR scanner. Twenty-four PD patients with unilateral symptoms and 16 PD patients with bi-lateral symptoms were enrolled in PD-1 group and PD-2 group, respectivelv. T_2^* value was measured in both sides of substantia nigra pars compacta (SNc), substantia nigra pars reticulata (SNr), red nucleus (RN), globus pallidus (GP), putamen (PUT), head of caudate nucleus (CN), thalamus (THA) and frontal white matter (FWM), and statistic analysis was performed. **Results**: ①The T_2^* values were significantly reduced in SNc of homolateral side of symptoms with PD-1 compared with the contralateral side ($P<0.05$). There was no differences in others regions ($P>0.05$); ②The T_2^* values were significantly reduced in contralateral side SNc and SNr of symptoms of subjects with PD-1 compared with the homolateral side ($P<0.05$), and there was no significant difference in other regions ($P>0.05$); ③There was a significant reduction in the T_2^* values in contralateral side SNc and RN of symptoms of subjects with PD-1 compared with the contralateral side ($P<0.05$). There were no differences in other regions ($P>0.05$); ④No significant difference was demonstrated in T_2^* values in all regions in homolateral side of symptoms of subjects with PD-1 compared with the contralateral side ($P>0.05$); ⑤There was no significant difference in the T_2^* values between the two sides in the PD-1 group ($P>0.05$); ⑥No significant difference was found in T_2^* values in all regions of interesting between PD-1 group and PD-2 group ($P>0.05$). **Conclusion**: In the subclinical period of PD there was already iron abnormal sedimentation in patient's brain. There is a relationship with the local iron content increase and unilateral symptoms in the pathogenesis of PD, but there is no significant correlation with the severity of the illness. The parts of the iron abnormal deposition in PD includes compact part of substantia nigra, reticular part of substantia nigra, red nucleus.

【Key words】 Brain diseases; Parkinson disease; Magnetic resonance imaging; Iron deposition

帕金森病(Parkinson disease, PD)又称震颤麻痹，是一种以静止性震颤、运动迟缓、肌张力增高和姿势平衡障碍为主要临床特征、黑质多巴胺能神经元进行性

作者单位：650032 昆明，昆明医学院附属昆华医院(云南省第一人民医院)磁共振科(王波、戴敏方、王云勇、张洁、李洪亮)；650032 昆明，昆明医学院健康研究所(沈凌)

作者简介：王波(1970－)，女，云南人，硕士，副主任医师，主要从事帕金森病的 MRI 诊断工作。

基金项目：云南省科技厅-昆明医学院联合专项基金(2011FB218)

缺失为主要病理变化的神经系统退行性疾病。帕金森病患者由于颅内铁代谢紊乱，致使黑质、纹状体的铁沉积增加。磁敏感加权成像（susceptibility weighted imaging，SWI）是近年来在 MRI 技术中发展起来的利用磁场中组织局部或内部间磁敏感差异而产生增强磁共振影像对比的一种 T_2^* 脉冲序列技术，对于显示脑铁沉积非常敏感。本组研究通过 3.0T MR SWI 序列定量测量 PD 患者和正常对照组脑内多个结构的 T_2^* 值，旨在探讨脑铁沉积的研究方法，并进一步探索脑铁病理性沉积与 PD 发生和发展的关系。

材料与方法

PD 组：40 例原发性 PD 患者，男 27 例，女 13 例，年龄 46～78 岁，平均 62.3 岁。入选者均符合 2006 年中华医学会神经病学分会运动障碍及帕金森病学组制定的“中国帕金森病诊断标准”[1]，并且排除了帕金森综合征及帕金森叠加综合征的患者。本组中所有患者均为多巴胺药物治疗有效。按 Hoehn&Yahr 分级量表[1]将单侧症状 PD 患者 24 例作为 PD-1 组（1.0～1.5 级），双侧症状患者 16 例作为 PD-2 组（2.0 级以上）。所有对象均行 CT 扫描排除脑实质的异常钙化。

正常对照组：选取与 PD-1 和 PD-2 组年龄、性别相匹配（$P>0.05$）的健康志愿者 40 例作为研究对象。所有入选者均无神经系统、精神疾病病史，无代谢性疾病及可能影响神经系统的系统性疾患。所有对象亦均排除脑实质的异常钙化。受检者均于实验前被告知相关事宜并取得受检者同意。

采用 GE Signa HDXt 3.0T 超导型 MRI 扫描仪，8 通道头线圈。扫描序列：SE T_2WI（TR 2780 ms，TE 110 ms）；SE T_1WI FLAIR 序列（TR1777 ms，TE 2614 ms，TI 860 ms）；FLAIR（TR 8002 ms，TE 153 ms，TI 2250 ms）；快速扰相梯度回波序列 SWI，TR 68.2 ms，TE 6.5 ms，翻转角 20°，层厚 2 mm，层间距 0 mm，激励次数 1，视野 24 cm×24 cm，距阵 416×356，带宽 31.25 Hz。

T_2^* 图像后处理及 T_2^* 值的测量：SWI 采集时分别获得强度和相位信息，在 AW 4.4 工作站上经 Functool 软件处理，经过相位图的高通滤波、幅度图像应用相位掩模等后处理技术得到强度图（magnitude imaging）和相位图（phase imaging map），并通过改变阈值从而得到 T_2^* 图像（图 1～2）。

由2位高年资MRI医师采用双盲法在T_2^* 图像

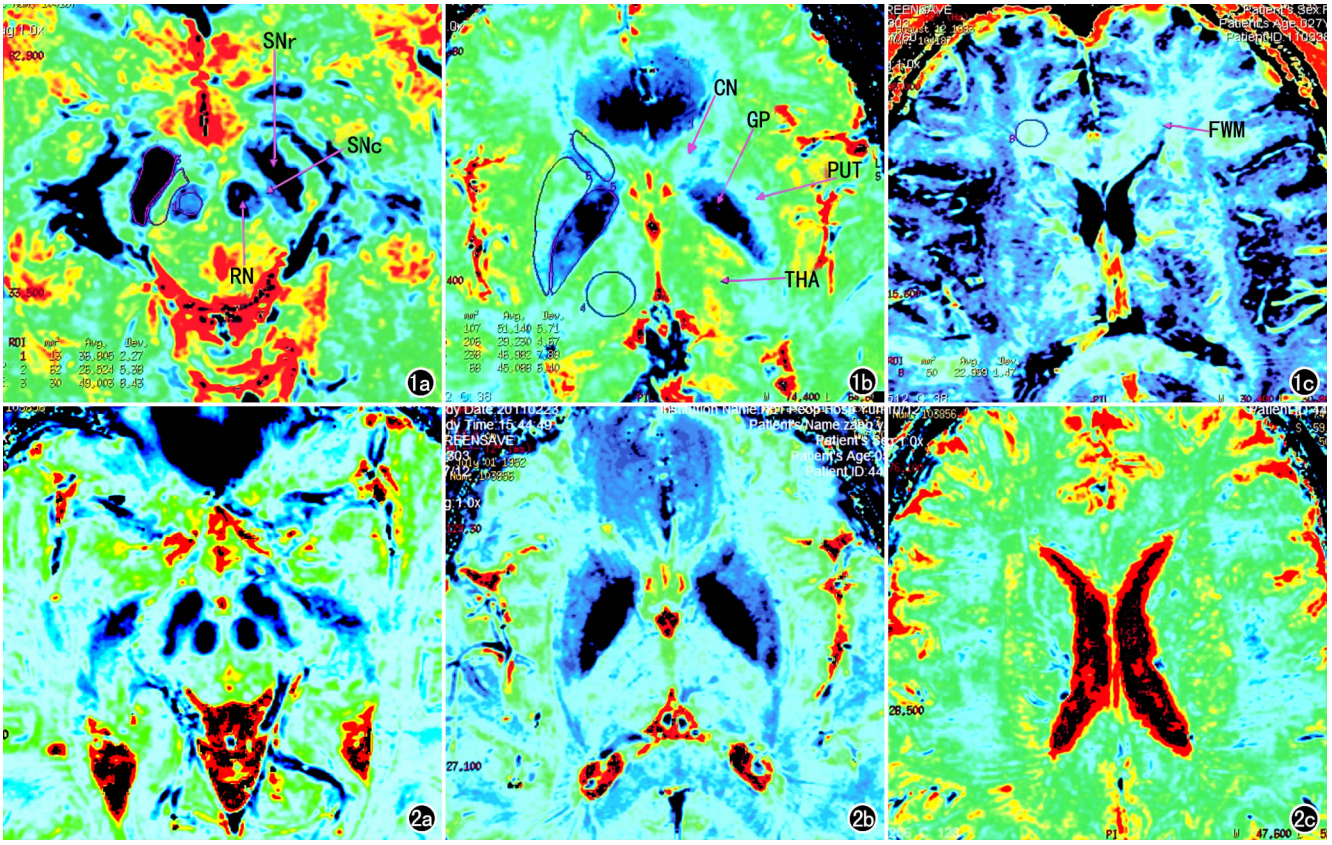

图 1　正常对照组 T_2^* WI 伪彩图，确定中脑 SNc、SNr、RN、GP、PUT、CN、FWM 和 THA 各兴趣区的位置并测量其值，SNr 为大脑脚后方新月形的低信号区，RN 呈圆形的低信号影，在低信号的 SNr 和 RN 之间相对高信号的带状结构是 SNc。a）中脑层面；b）下丘脑层面；c）基底节层面。　**图 2**　PD-1 组不同层面 T_2^* WI 伪彩图，显示与正常对照组比较，双侧 SNr、RN、GP、PUT、CN 信号欠均匀，THA 和 FWN 无明显改变。a）中脑层面；b）下丘脑层面；c）基底节层面。

上辨认解剖结构并进行 T_2^* 值测量和分析，不同意见时共同协商达成一致意见。分别手动测量双侧黑质致密带(substantia nigrapars compacta，SNc)、黑质网状带(substantia nigrapars reticulata，SNr)、红核(red nucleus，RN)、苍白球(globus pallidus，GP)、壳核(putamen，PUT)、尾状核头(head of caudate nucleus，CN)、丘脑(thalamus，THA)和额叶白质区(frontal white matter，FWM)共 8 个兴趣区的 T_2^* 值(图 1～2)。

3. 统计学处理

全部数据应用 SPSS 13.0 统计分析软件进行分析，结果以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)的形式表示。统计分析内容：①正常对照组在 SNc、SNr、RN、GP、PUT、CN 的 T_2^* 值有无差异；②PD-1 组症状侧及症状对侧与对照组同侧及对侧的 SNc、SNr、RN、GP、PUT、CN、THA 和 FWM 的 T_2^* 值有无差异；③PD-2 组与对照组双侧的 SNc、SNr、RN、GP、PUT、CN、THA 和 FWM 的 T_2^* 值有无差异；④PD-1 组和 PD-2 组各兴趣区 T_2^* 值有无差异。均采用成组资料配对 t 检验，$P<0.05$为差异有统计学意义。

结 果

正常对照组 SNc 与 SNr、RN、GP、PUT、CN 的 T_2^* 值比较差异有高度统计学意义($P<0.001$)，表明正常组 SNc 的脑铁含量高于 SNr、RN、GP 和 PUT(表 1)。

表 1 对照组各部位 T_2^* 值

部位	T_2^* 值	P 值*
SNc	41.052±5.711	—
SNr	29.241±4.525	<0.001
RN	29.461±4.809	<0.001
GP	27.317±3.542	<0.001
PUT	32.192±5.1067	<0.001
CN	36.411±6.045	<0.001

注：各部位 T_2^* 值与 SNc 的 T_2^* 值比较。

PD-1 组与对照组各部位对侧 T_2^* 值测量结果见表 2。PD-1 组各部位 T_2^* 值与对照组比较的统计分析结果见表 3。PD-1 组症状侧与正常对照组同侧在 SNc 的 T_2^* 值差异有统计学意义($P=0.029<0.05$)，PD-1 组症状侧与正常对照组对侧在 SNc 的 T_2^* 值差异有高度统计学意义($P=0.008<0.01$)，在 SNr 的 T_2^* 值差异有统计学意义($P=0.011<0.05$)；PD-1

表 2 PD-1 组和对照组各兴趣区 T_2^* 值

部位	PD-1 组		正常对照组	
	症状侧(A)	症状对侧(B)	同侧(C)	对侧(D)
SNc	37.669±5.741	38.034±5.989	41.164±4.952	41.644±3.958
SNr	26.815±5.092	28.512±6.421	29.504±4.796	30.245±3.781
RN	28.456±5.430	27.101±4.505	29.410±4.343	29.611±3.587
GP	26.641±5.946	27.560±5.129	27.085±3.776	27.726±4.149
PUT	32.580±6.216	32.491±5.367	19.631±9.602	31.923±6.692
CN	35.339±4.901	35.108±5.534	36.426±6.945	37.227±6.643
THA	48.575±3.268	47.522±6.932	47.346±3.420	49.431±4.645
FWM	48.688±3.142	48.567±3.392	49.005±2.730	50.162±2.968

表 3 PD-1 组与对照组各兴趣区 T_2^* 值的两两比较结果

指标比较	SNc	SNr	RN	GP	PUT	CN	THA	FWM
A 与 C 比较								
t 值	2.258	1.883	0.672	0.309	1.000	0.626	−1.274	0.373
P 值	0.029	0.066	0.505	0.759	0.328	0.534	0.209	0.711
A 与 D 比较								
t 值	−2.793	−2.650	−0.869	−0.733	0.353	−1.120	−0.738	−1.671
P 值	0.008	0.011	0.389	0.468	0.726	0.269	0.464	0.101
B 与 C 比较								
t 值	1.973	0.606	1.808	−0.381	1.000	0.727	−0.112	0.493
P 值	0.055	0.547	0.077	0.705	0.323	0.471	0.911	0.625
B 与 D 比较								
t 值	2.463	1.140	2.136	0.108	−0.324	1.201	1.120	1.734
P 值	0.018	0.260	0.038	0.914	0.747	0.236	0.268	0.090
A 与 B 比较								
t 值	−0.216	−1.014	0.941	−0.585	0.054	0.153	0.673	0.128
P 值	0.830	0.316	0.351	0.561	0.957	0.879	0.504	0.899
C 与 D 比较								
t 值	−0.371	−0.595	−0.175	−0.559	1.000	−0.408	−1.771	−1.406
P 值	0.712	0.555	0.862	0.579	0.323	0.685	0.083	0.166

注：A、B 分别代表 PD-1 组症状侧和对侧数据，C、D 分别代表对照组同侧和对侧的数据。

组症状对侧与正常对照组对侧在 SNc、RN 的 T_2^* 值差异有统计学意义（$P<0.05$）；两组间其余各兴趣区 T_2^* 值差异无统计学意义。

PD-2 组与正常对照组以及 PD-1 组与 PD-2 组各兴趣区 T_2^* 值之间的差异均无统计学意义（$P>0.05$，表 4、5）。PD-1 组与 PD-2 组各兴趣区 T_2^* 值之间差异均无统计学意义（$P>0.05$，表 6）。

讨　论

1. SWI 检测脑铁含量的可靠性

不同组织间磁敏感性差异造成局部磁场的不均匀是 SWI 的成像基础。SWI 即是利用不同组织间磁敏感的差异成像并将其放大，通过检测脑铁含量的差异来进行 PD 病情进展的评估以及预测病情严重性。SWI 是利用局部相位差异来显示脑铁的分布[1-2]。铁蛋白是超顺磁性物质。铁沉积与正常脑组织之间的磁敏感性差异形成一个局部的小梯度场，使相位角发生偏转。相位变化与这个局部小磁场相关。这个局部小磁场导致自旋失相，引起信号丢失，在相位图上呈低信号改变。本研究利用脑内 SNr、RN、GP 等部位含有较多的铁质，使用 SWI 能较常规 T_2WI 序列在显示核团的边缘、轮廓等方面更为清晰。且本研究对脑内多个

表 4　PD-2 组和对照组各兴趣区 T_2^* 值

部位	PD-2 组		正常对照组	
	左侧	右侧	左侧	右侧
SNc	40.292±7.143	37.556±10.717	40.884±6.866	28.688±5.024
SNr	28.882±5.060	28.688±5.399	28.850±4.207	28.244±5.024
RN	30.251±5.829	28.281±4.343	29.538±5.585	28.697±4.226
GP	27.335±5.001	28.778±6.182	27.665±3.246	28.806±1.872
PUT	33.246±5.177	33.497±5.043	32.474±4.368	31.772±4.137
CN	37.698±4.299	37.616±7.631	36.390±4.589	36.620±5.550
THA	48.537±9.317	47.938±9.710	49.495±5.084	48.574±2.214
FWM	49.351±4.106	47.375±4.112	49.731±4.292	50.504±3.941

表 5　PD-2 组与对照组各兴趣区 T_2^* 值的两两比较结果

指标比较	SNc	SNr	RN	GP	PUT	CN	THA	FWM
PD-2 组左侧与对照组左侧								
t 值	0.239	−0.022	−0.354	0.221	−0.456	−0.832	0.361	0.256
P 值	0.813	0.983	0.726	0.826	0.652	0.412	0.721	0.800
PD-2 组左侧与对照组右侧								
t 值	0.694	0.357	0.863	0.397	0.890	0.615	−0.015	−0.812
P 值	0.493	0.723	0.395	0.695	0.381	0.543	0.988	0.423
PD-2 组右侧与对照组左侧								
t 值	1.046	0.092	0.711	−0.638	−0.613	−0.550	0.568	0.913
P 值	0.304	0.927	0.483	0.528	0.544	0.586	0.574	0.369
PD-2 组右侧与对照组右侧								
t 值	0.269	−0.241	0.275	−1.221	−1.058	−0.422	0.256	1.498
P 值	0.790	0.811	0.785	0.231	0.298	0.676	0.800	0.145
PD-2 组左侧与右侧								
t 值	0.850	0.105	1.084	−0.726	−0.139	0.038	0.178	0.672
P 值	0.403	0.917	0.287	0.474	0.890	0.970	0.860	0.507
对照组左侧与右侧								
t 值	0.933	0.367	0.480	0.917	0.467	−0.127	0.664	−0.533
P 值	0.358	0.716	0.635	0.367	0.644	0.900	0.512	0.598

表 6　PD-1 组与 PD-2 组各兴趣区 T_2^* 值的两两比较

指标比较	SNc	SNr	RN	GP	PUT	CN	THA	FWM
PD-1 组症状同侧与 PD-2 组左侧								
t 值	−1.284	−1.259	−0.995	−0.384	−0.354	−1.564	0.018	−0.578
P 值	0.207	0.216	0.326	0.703	0.725	0.126	0.986	0.566
PD-1 组症状同侧与 PD-2 组右侧								
t 值	0.043	−1.113	0.108	−1.096	−0.491	−1.152	0.299	0.273
P 值	0.966	0.273	0.914	0.280	0.626	0.257	0.767	0.787
PD-1 组症状对侧与 PD-2 组左侧								
t 值	−1.081	−1.193	−1.926	0.149	−0.442	−1.579	−0.395	−0.659
P 值	0.286	0.848	0.062	0.882	0.661	0.123	0.695	0.514
PD-1 组症状对侧与 PD-2 组右侧								
t 值	0.181	−0.090	−0.823	−0.667	−0.595	−1.206	−0.158	0.161
P 值	0.857	0.928	0.416	0.509	0.555	0.235	0.875	0.873

结构进行手动测量，并采用 2mm 层厚、无间隔扫描，从而保证测量脑内结构 T_2^* 值更精确。

2. T_2^* 值测量脑铁含量的可行性

铁在正常的生理条件下仅有小部分以游离铁的形式存在，绝大部分铁与铁蛋白、转铁蛋白结合。铁蛋白具有较大磁化率，使得局部磁场不均匀，扩散相位不能很快重聚，相当于超顺磁性对比剂的作用，因此造成 T_2^* 的缩短，导致信号降低。由此可知脑内铁的沉积量与 T_2^* 值相关。据此通过测量脑内结构的 T_2^* 值，就可反映脑铁沉积的分布变化。因 SWI 的相位图不受幅度的影响得到磁场变化图，可定量分析物质的磁敏感效应引起的相位位移变化，从而间接反映该物质的相对含量。目前多认为此法是测量局部脑铁含量的较好方法[4-6]。但是，相位位移与铁含量之间的绝对关系尚未确认，测量组织的相位位移对于铁含量的定量分析价值仍需要动物实验及后续的临床试验进一步验证[7]。

3. PD 与脑铁沉积的异常增加的关系及病理性沉积的部位

脑铁的分布是极不均衡的，尤以锥体外系铁浓度最高，其次是脑灰质，白质最低。Hallgren 等[8] 于 1958 年通过尸检明确了脑铁的分布规律，发现脑铁多分布在 SN、RN、GP 和齿状核等区域。Sehgal 等[9] 发现脑内铁主要以铁蛋白的形式存在，并且基底节铁含量是皮层的 2～3 倍。本组研究也证明正常组 SNc 的脑铁含量较 SNr、RN、GP、PUT 高。本研究中早期 PD 组与对照组在 SNc、SNr、SN 部位的 T_2^* 值差异有统计学意义，即证实早期 PD 患者的 3 个部位铁含量有异常增加。通过研究铁在这些部位的过度沉积，可能会帮助我们更好地了解 PD 的病理变化和神经精神上的异常。

最近的研究发现，PD 存在脑部铁代谢紊乱、锥体外系铁含量增加，尤其是 SNc 铁含量显著增高[10]。这一研究成果已被尸检结果所证实[11]。相位图、T_2^* 图上这些部位表现为明显的低信号，不但验证了铁在脑组织分布的不均匀，而且可以清晰观察到双侧 SNr、SNc、RN、GP、PUT 等铁沉积区域及其边界，为手动测量脑铁含量提供较好的图像。本研究中早期 PD 组较 PD 症状侧与正常对照组同侧和对侧、PD 组症状对侧与正常对照组对侧比较，SNc 的 T_2^* 值明显增高，差异具有统计学意义；早期 PD 组症状侧与正常对照组对侧在 SNr 的 T_2^* 值差异有统计学意义；早期 PD 组症状对侧与正常对照组对侧在 SN 的 T_2^* 值差异亦有统计学意义；而在苍白球、壳核、尾状核头、丘脑和额叶白质区的 T_2^* 值差异无统计学意义，说明铁的病理性沉积好发于 SNc、SNr、SN，尤其是 SNc。

4. 临床症状与 PD 的病理变化

PD 是一种以黑质-纹状体功能受损出现静止性震颤、肌张力增高、步态不稳等一系列锥体外系症状为特征的退行性病变。病理研究证实，黑质-多巴胺能神经元数目减少未达 80％以前，患者不会出现临床症状；而且病变初期症状具有不对称性，提示 PD 患者存在亚临床期[11-13]。在亚临床阶段，脑内的多巴胺系统已经失衡但因出现纹状体代偿比如神经元的兴奋性提高、多巴胺受体的敏感性增强等，患者可以没有异常表现。本研究结果显示，不仅 PD-1 组症状侧较正常对照组同侧和对侧在 SNc 的 T_2^* 值明显降低，而且 PD-1 组症状对侧较正常对照组对侧在 SNc 的 T_2^* 值亦明显降低，PD-1 组症状侧较正常对照组对侧在 SNr 的 T_2^* 值亦明显降低，以及 PD-1 组症状对侧较正常对照组对侧在 SN 的 T_2^* 值明显降低，即说明在 PD 早期和临床症状出现之前就存在病理生化的改变。

本研究中 PD-1 组症状对侧与同侧之间 T_2^* 值差异无统计学意义。赵军等[14] 对 18 例单侧 PD 患者（Hoehn & Yahr 分级Ⅰ～Ⅱ级）进行 PET 检查发现，PD 患者豆状核后部 ^{18}F-FP-β-CIT 标记的多巴胺转运蛋白摄取显著降低，且症状对侧及同侧豆状核后部均可见摄取减低。由此可见，虽然早期 PD 患者是一侧肢体起病，但两侧核团都已经存在病理生理上的改变。故轻病侧与重病侧的 T_2^* 值差异无统计学意义。

Fearnley 等[15] 认为 PD 从多巴胺神经元丢失到出现早期临床症状的潜伏期约为 5 年，本研究可能提示特殊部位 T_2^* 值监测对早期诊断亚临床期和临床前期 PD 具有重要意义。

本组研究显示 PD-2 组与正常对照组各兴趣区之间 T_2^* 值差异无统计学意义，与文献报道不符，可能与本组病例数较少、研究对象较为局限及患者配合不够等因素有关，实验结果存在偏倚。下一步进行更大样本的研究才能得出准确结论。

本组研究结果显示，PD-1 组与 PD-2 组各兴趣区之间 T_2^* 值差异无统计学意义，提示铁的异常增加与 PD 的严重程度没有明显关系。提示铁在 SNc、SNr、RN 部位增加到一定程度会导致疾病的发生，但铁沉积并不会随病情的进展而继续增加。

参考文献：

[1] Haacke EM, Cheng NY, Cheng YC, et al. Susceptibility weighted imaging (SWI)[J]. Magn Reson Med, 2004, 52(3): 612-618.

[2] 陈生弟. 帕金森病[M]. 北京：人民卫生出版社，2006：242.

[3] Sehgal V, Delproposto Z, Haacke EM, et al. Clinical applications of neuroimaging with susceptibility-weighted imaging[J]. Magn Reson Imaging, 2005, 22(4): 439-450.

[4] Haacke EM, Ayaz M, Khan A. Establishing a baseline phase behavior in magnetic resonance imaging to determine normal and ab-

normal iron content in the brain[J]. J Magn Reson Imaging, 2007, 26(2): 256-264.

[5] 张蔚,孙圣刚,刘海滨,等. 磁敏感成像检测帕金森病脑内铁沉积的研究[J]. 中国神经免疫学和神经病理性杂志, 2009, 16(5): 359-362.

[6] Zhang W, Sun SG, Jiang YH, et al. Determination of brain iron content in patients with Parkinson's disease using magnetic susceptibility imaging[J]. Neurosci Bull, 2009, 25(6): 353-360.

[7] Haacke EM, Mittal S, Wu Z, et al. Susceptibility-weighted imaging: technical aspects and clinical applications, part 1[J]. AJNR, 2009, 30(1): 19-30.

[8] Hallgren B, Sourander P. The effect of age on the non-haemin iron in the human brain[J]. Neurochem, 1958, 3(1): 41-51.

[9] Sehgal V, Delproposto Z, Haacke EM, et al. Clinical applications of neuro-imaging with susceptibility-weighted imaging[J]. Magn Reson Imaging, 2005, 22(4): 439-450.

[10] Griffiths PD, Dobson BR, Jones GR, et al. Iron in the basal ganglia in Parkinson's disease: an in vitro study using extended X-ray absorption fine structure and cryo-electron microscopy[J]. Brain, 1999, 122(4): 667-669.

[11] Davis MR, Votaw JR, Bremner JD, et al. Initial human PET imaging studies with the dopamine transporter ligand ^{18}F-FEC-NT[J]. Nucl Med, 2003, 44(6): 855-861.

[12] Hodaie M, Neimat JS, Lozano AM. The dopaminergic nigrostriatal system and Parkinson's disease: molecular events in development, disease, and cell death, and new therapeutic strategies[J]. Neurosurg, 2007, 60(1): 17-30.

[13] Braak H, Del Tredici K, Rub U, et al. Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease[J]. Neurobiol Aging, 2003, 24(2): 197-211.

[14] 赵军,林祥通,管一晖,等. 偏侧帕金森病患者葡萄糖代谢与多巴胺转运蛋白 PET 显像[J]. 中华核医学杂志, 2003, 23(4): 216-218.

[15] Fearnley JM, Lees A J. Ageing and Parkinson's disease: sustantia nigra regional selectivity[J]. Brain, 1991, 114(5): 2283-2301.

(收稿日期:2012-03-06 修回日期:2012-08-13)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录同济医院医学期刊网站(http://www.fsxsj.net)点击"放射学实践"进入本刊网站首页 → 点击"作者投稿"→ 按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度) → 用新注册的用户名和密码登录 → 点击"作者投稿"进入稿件管理页面→ 点击"我要投稿"→ 浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的"上传"按钮,只有系统提示"稿件上传成功"方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击"确定"即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(50 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录 → 点击"作者查稿"进入稿件管理页面→ 点击左侧导航栏"我的稿件库" →"稿件状态"显示稿件处理进度→点击"查看"→ 选择"当前信息"或"全部信息"查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。**本刊作者需登录本刊网站投稿,**如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027—83662887 027—83662875