

海马硬化致颞叶癫痫的 SPECT 与 MRI 研究

关乐 卢洁 曹燕翔 张人玲 梁志刚 李坤成

【摘要】 目的 探讨 SPECT 脑血流灌注显像结合 MRI 测量海马体积对海马硬化致颞叶癫痫患者致痫灶的定位价值。方法 采用^{99m}Tc^m-双半胱氨酸二酯(^{99m}Tc^m-ECD)SPECT 脑血流灌注显像对双侧海马血流灌注进行定性和半定量分析, MRI 测量双侧海马体积, 分析海马硬化致颞叶癫痫(颞叶癫痫组)患者患侧海马相对脑血流量与相应区域海马体积的相关性。结果 颞叶癫痫组患者患侧海马相对脑血流量 [(46.04 ± 7.94) ml/(100 g·min)] 低于对侧 [(54.76 ± 9.62) ml/(100 g·min); $t = -2.966, P = 0.005$] 和正常对照者 [(64.87 ± 7.28) ml/(100 g·min); $t = -4.824, P = 0.000$], 且海马体积 [(1.69 ± 0.39) cm³] 小于对侧 [(2.68 ± 0.41) cm³; $t = -7.410, P = 0.000$] 和正常对照者 [(3.50 ± 0.39) cm³; $t = -16.340, P = 0.000$]。海马硬化致颞叶癫痫患者患侧海马相对脑血流量与相应区域海马体积呈正相关 ($r = 0.394, P = 0.017$)。结论 海马硬化致颞叶癫痫患者患侧海马相对脑血流量降低、海马体积缩小, 二者呈正相关。SPECT 脑血流灌注显像结合 MRI 测量海马体积, 可以作为致痫灶切除术前准确定位的参考依据。

【关键词】 癫痫, 颞叶; 海马; 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子; 磁共振成像

SPECT and MRI study in patients with temporal lobe epilepsy caused by hippocampal sclerosis

GUAN Le¹, LU Jie¹, CAO Yan-xiang², ZHANG Ren-ling¹, LIANG Zhi-gang¹, LI Kun-cheng²

¹Department of Nuclear Medicine, ²Department of Radiology, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China

Corresponding author: LU Jie (Email: imaginglu@hotmail.com)

【Abstract】 Objective To analyze the changes of hippocampus blood perfusion and hippocampal volume in patients with temporal lobe epilepsy (TLE) caused by hippocampal sclerosis (HS) using single-photon emission-computed tomography (SPECT) and MRI, so as to explore the effect on localization of epileptogenic focus in TLE patients. **Methods** Eighteen TLE patients and 3 healthy controls underwent ^{99m}Tc^m-ethyl cysteinyl dimer (^{99m}Tc^m-ECD) SPECT. Eighteen TLE patients and 21 healthy controls were performed MRI. The relative cerebral blood flow (rCBF) and hippocampal volume were calculated and compared between 2 groups. The correlation between rCBF in ipsilateral hippocampus and hippocampal volume of TLE patients was analyzed. **Results** SPECT showed rCBF in ipsilateral hippocampus [(46.04 ± 7.94) ml/(100 g·min)] was significantly decreased compared with contralateral hippocampus in TLE patients [(54.76 ± 9.62) ml/(100 g·min); $t = -2.966, P = 0.005$] and bilateral hippocampus in healthy controls [(64.87 ± 7.28) ml/(100 g·min); $t = -4.824, P = 0.000$]. The volume of ipsilateral hippocampus [(1.69 ± 0.39) cm³] was significantly smaller than that of contralateral hippocampus in TLE patients [(2.68 ± 0.41) cm³; $t = -7.410, P = 0.000$] and bilateral hippocampus in healthy controls [(3.50 ± 0.39) cm³; $t = -16.340, P = 0.000$]. The rCBF of ipsilateral hippocampus had positive correlation with the volume of corresponding hippocampus in TLE patients ($r = 0.394, P = 0.017$). **Conclusions** Both rCBF and the volume of ipsilateral hippocampus were reduced in patients with TLE caused by HS, and there was positive correlation between the two. It was helpful for preoperative localization of epileptogenic focus to combine SPECT with MRI.

【Key words】 Epilepsy, temporal lobe; Hippocampus; Tomography, emission-computed, single-photon; Magnetic resonance imaging

This study was supported by High-Level Technical Training Project Funding of Beijing Health System (No. 2011-3-094).

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2015.11.007

基金项目: 北京市卫生系统高层次卫生技术人才培养计划(项目编号: 2011-3-094)

作者单位: 100053 北京, 首都医科大学宣武医院医学影像学部核医学科(关乐、卢洁、张人玲、梁志刚), 放射科(曹燕翔、李坤成)

通讯作者: 卢洁 (Email: imaginglu@hotmail.com)

癫痫是中枢神经系统疾病中发病率仅次于脑血管病的第二大疾病,其中颞叶癫痫(TLE)为其常见类型,可伴有颞叶皮质病变并以海马硬化(HS)为特征性病理改变,占全部颞叶癫痫的 50%~83%^[1]。手术切除致痫灶是药物难治性癫痫行之有效的治疗方法,部分前颞叶、海马和海马旁回切除术可使 70% 以上的难治性颞叶癫痫发作得到有效控制^[2],因此,术前准确定位致痫灶是手术成功的关键。在本研究中,我们采用 SPECT 脑血流灌注显像对海马硬化致颞叶癫痫患者脑组织,尤其是海马血流灌注进行定性和半定量分析,同时采用 MRI 测量双侧海马体积,以探讨海马硬化致颞叶癫痫患者海马血流灌注与相应区域海马体积的相关性,以及二者对致痫灶的定位价值。

资料与方法

一、临床资料

1. 纳入标准 (1)所有入组病例均经神经内科医师明确诊断为颞叶癫痫,并接受 ≥ 2 年的正规抗癫痫药物(AEDs)治疗,症状控制欠佳,符合难治性颞叶癫痫之诊断标准。(2)术后病理检查证实为海马硬化。(3)所有患者均接受并在规定时间内完成头部 MRI 和 SPECT 检查。(4)本研究经首都医科大学宣武医院道德伦理委员会审核批准,所有受试者或其家属知情同意并签署知情同意书。

2. 排除标准 (1)存在其他颅内病变患者,如中枢神经系统肿瘤、脑血管畸形、脑卒中(包括缺血性和出血性)等。(2)既往颅脑外科手术史者。(3)不能配合完成头部 MRI 和 SPECT 检查者。

3. 一般资料 (1)海马硬化致颞叶癫痫组(颞叶癫痫组):选择 2009 年 8 月-2010 年 8 月在首都医科大学宣武医院神经内科就诊且诊断明确的海马硬化致颞叶癫痫患者 18 例,男性 6 例,女性 12 例;年龄 14~52 岁,中位年龄 25(19,40)岁;病程 3~26 年,中位病程为 16(11,25)年。所有患者均因 ≥ 2 年的正规抗癫痫药物治疗效果欠佳而接受部分前颞叶、海马和海马旁回切除术,术后经病理检查证实为海马硬化(左侧 8 例、右侧 10 例);均于术前 3 d 内行发作间期 SPECT 脑血流灌注显像和 MRI 检查。(2)正常对照组:选择同期在我院进行体格检查的健康志愿者共 21 例,男性 8 例,女性 13 例;年龄 18~51 岁,中位年龄为 28(21,36)岁。所有受试者均进行头部 MRI 检查,其中 3 例接受 SPECT 脑血流灌注显像。

两组受试者性别($\chi^2 = 9.333, P = 0.757$)以及年龄($Z = -0.142, P = 0.887$)比较,差异无统计学意义,具有可比性。

二、研究方法

1. SPECT 脑血流灌注显像 (1)检查方法:采用德国 Siemens 公司生产的 E.Cam 型双探头符合线路扫描仪行 ^{99m}Tc -双半胱乙酯(^{99m}Tc -ECD)SPECT 检查, ^{99m}Tc -ECD 购自中国原子能科学研究院同位素研究所,放射化学纯度 $> 95\%$ 。受试者禁食 > 4 h,静脉注射 ^{99m}Tc -ECD 前 30 min 服用过氯酸钾 400 mg 封闭甲状腺和脉络丛,于黑暗且安静环境中静坐、佩戴眼罩,经肘静脉注射 ^{99m}Tc -ECD 740 MBq,15~20 min 后行 SPECT 检查。受试者仰卧位,头部固定,探头配备低能高分辨力扇形准直器,扫描矩阵 128×128 ,双探头旋转 180° ,每 6° 采集 1 帧图像、每帧 35 s,共计 60 帧,放射线能峰 140 Kev、窗宽 20%,扫描横断面与听眦线(O 线)平行,层厚 6 mm。采用 Butterworth 滤波函数进行图像重建,截止频率为 0.42、陡度因子 12;行 Chang 衰减校正,衰减校正系数为 0.35。(2)数据处理:采用德国 Siemens 公司生产的 E.Cam SPECT 工作站专用计算机软件进行图像处理,进行定性和半定量分析。定性分析由 2 位具有临床经验的核医学科医师共同阅片,以横断面为基础,参照冠状位和矢状位,分别观察双侧额顶颞枕叶、内侧颞叶、基底节区和丘脑,以连续 ≥ 2 个层面出现肉眼可见的放射性降低或缺损区域为异常;半定量分析则以手工镜像勾画双侧海马兴趣区(ROI),计算相对脑血流量(rCBF),取平均值。

2. MRI 检查 (1)检查方法:采用德国 Siemens 公司生产的 3.0T 超导型 MRI 扫描仪,12 通道头部线圈,梯度场强 45 mT/m,分别进行各序列扫描。①快速自旋回波(TSE)- T_2 WI,重复时间(TR)4040 ms、回波时间(TE)84 ms,反转角 180° ,扫描视野(FOV) $240.00 \text{ mm} \times 189.10 \text{ mm}$,矩阵 236.80×320.00 ,体素 $1.00 \text{ mm} \times 0.70 \text{ mm} \times 5.00 \text{ mm}$,扫描层厚 5 mm、层间距 1.50 mm,共扫描 20 层,范围覆盖自颅底至颅顶的全部脑组织。②FLAIR 成像,重复时间 8500 ms、回波时间 87 ms,反转角 150° ,扫描视野 $220.00 \text{ mm} \times 192.50 \text{ mm}$,矩阵 256×256 ,体素 $0.90 \text{ mm} \times 0.90 \text{ mm} \times 3.00 \text{ mm}$,扫描层厚 5 mm、层间距 1.50 mm,共扫描 20 层,范围覆盖自颅底至颅顶的全部脑组织。③自旋回波(SE)- T_1 WI,重复时间为 135 ms、回波时间为 2.55 ms,反转角 70° ,扫描视野为 $240.00 \text{ mm} \times$

195.10 mm, 矩阵 256×210, 体素 1.20 mm×0.90 mm×5.00 mm, 层厚 5 mm、层间距 1.50 mm, 共扫描 20 层, 范围覆盖自颅底至颅顶的全部脑组织。④三维磁化准备快速梯度回波(3D-MPRAGE)序列, 重复时间 1600 ms、回波时间 2.15 ms, 反转角 9°, 扫描视野 256 mm×256 mm, 矩阵 256×256, 体素 1 mm×1 mm×1 mm, 扫描层厚 1 mm、层间距为零, 共扫描 176 层, 范围覆盖自颅底至颅顶的全部脑组织。(2)数据处理: 由 2 位具有临床经验的影像科医师以 MRICro 1.40 计算机软件计算海马体积, 即将 3D-MPRAGE 序列重建为垂直海马长轴的斜冠状位图像, 自海马头部至尾部(以穹窿脚作为海马尾部后界)逐层手工勾画海马边界^[3], 并进行标准化处理[标准化海马体积(cm³)=受试者海马体积×平均正中矢状位面积/受试者正中矢状位面积], 取平均值。

3. 统计分析方法 采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据分析。正态性检验采用 Kolmogorov-Smirnov 检验, 呈正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 受试者双侧海马相对脑血流量和体积的比较, 行配对 *t* 检验; 两组受试者海马相对脑血流量和体积的比较, 采用两独立样本的 *t* 检验。海马相对脑血流量与相应区域体积的相关性采用 Pearson 相关分析。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

一、SPECT 脑血流灌注显像

1. 定性分析 正常对照组受试者双侧大脑半球皮质、基底节和丘脑血流灌注均匀对称, 未见局部灌注降低区域。颞叶癫痫组患者可见不同程度的脑血流灌注降低区域, 表现为全脑皮质放射性降低(3/18 例)、单侧大脑半球皮质放射性降低(7/18 例), 或者单侧颞叶和内侧颞叶皮质局灶性放射性降低(4/18 例), 其中 4 例除一侧内侧颞叶皮质局灶性放射性降低外, 同时伴额顶叶或丘脑放射性降低(图 1); 有 4 例患者不能准确定侧, 3 例为双侧内侧颞叶放射性一致性降低、1 例为患侧内侧颞叶放射性聚集。SPECT 定侧致痫灶的准确率为 14/18。

2. 半定量分析 正常对照组受试者双侧海马相对脑血流量比较, 差异无统计学意义($P=0.677$); 颞叶癫痫组患者患侧海马相对脑血流量低于健侧且差异具有统计学意义($P=0.005$), 与正常对照组相比, 其海马相对脑血流量降低且差异具有统计学意义($P=0.000$, 表 1)。

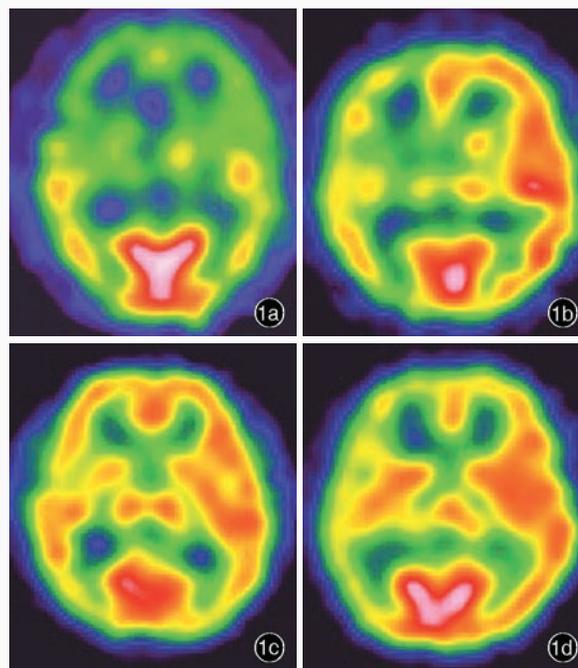


图 1 颞叶癫痫患者^{99m}Tc-ECD SPECT 显像所见 1a 全脑血流灌注降低(黄色和绿色区域所示) 1b 右侧大脑半球血流灌注降低(黄色和绿色区域所示) 1c 右侧颞叶血流灌注降低(淡红色和黄色区域所示) 1d 右侧额颞叶和丘脑血流灌注降低(黄色区域所示)

Figure 1 ^{99m}Tc-ECD SPECT findings in TLE patients. The rCBF decreased on the whole brain (yellow and green areas indicate, Panel 1a). The rCBF decreased on the right hemisphere (yellow and green areas indicate, Panel 1b). The rCBF decreased on the right temporal lobe (light red and yellow areas indicate, Panel 1c). The rCBF decreased on the right temporal lobe, frontal lobe and thalamus (yellow areas indicate, Panel 1d).

表 1 颞叶癫痫组与正常对照组受试者双侧海马相对脑血流量的比较 [$\bar{x} \pm s$, ml/(100 g·min)]

Table 1. Comparison of the rCBF in bilateral hippocampus between 2 groups [$\bar{x} \pm s$, ml/(100 g·min)]

Group	N	Side	Side	<i>t</i> value	<i>P</i> value
Control	3	64.87±7.28 (right)	62.17±7.45 (left)	-0.448	0.677
TLE	18	46.04±7.94 (ipsilateral)	54.76±9.62 (contralateral)	-2.966	0.005
<i>t</i> value		-4.824	-2.052		
<i>P</i> value		0.000	0.052		

TLE, temporal lobe epilepsy, 颞叶癫痫。The same for table below

二、MRI 检查

正常对照组受试者 MRI 检查无明确异常。颞叶癫痫组患者可见不同程度的海马硬化表现, 如体积缩小、内部结构消失、侧脑室颞角扩大, FLAIR 成像呈高信号(图 2); 其中 1 例表现为双侧海马体积均缩小, 未能准确定侧, 其余 17 例致痫灶定侧与术中所见完全一致。MRI 定侧致痫灶的准确率达 17/

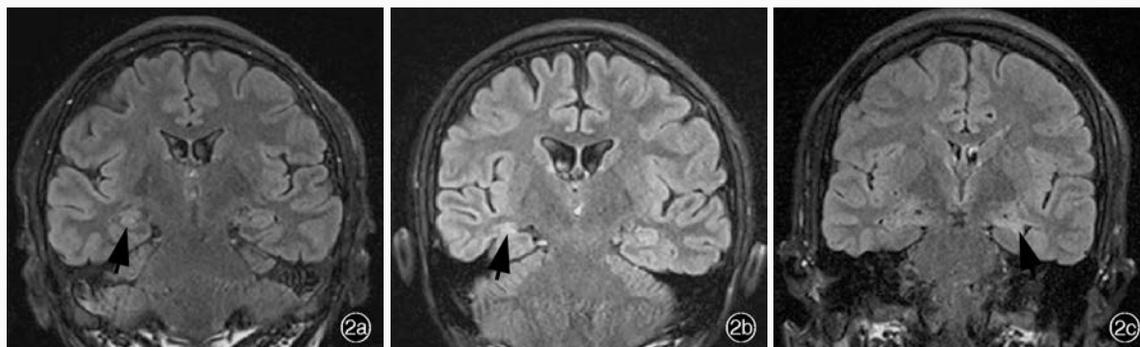


图 2 颞叶癫痫患者头部 MRI 检查所见 2a 冠状位 FLAIR 成像显示右侧海马体积缩小(箭头所示) 2b 冠状位 FLAIR 成像显示右侧海马体积缩小,呈现高信号(箭头所示) 2c 冠状位 FLAIR 成像显示左侧海马体积缩小,呈现高信号(箭头所示)

Figure 2 MRI examination findings in TLE patients. Coronal FLAIR revealed reduction of right hippocampal volume (arrow indicates, Panel 2a). Coronal FLAIR revealed reduction of right hippocampal volume and displayed high-intensity signal (arrow indicates, Panel 2b). Coronal FLAIR revealed reduction of left hippocampal volume and displayed high-intensity signal (arrow indicates, Panel 2c).

表 2 颞叶癫痫组与正常对照组受试者双侧海马体积的比较($\bar{x} \pm s, \text{cm}^3$)

Table 2. Comparison of the volume of bilateral hippocampus between 2 groups ($\bar{x} \pm s, \text{cm}^3$)

Group	N	Side	Side	t value	P value
Control	21	3.50 ± 0.39 (right)	3.47 ± 0.40 (left)	-0.280	0.780
TLE	18	1.69 ± 0.39 (ipsilateral)	2.68 ± 0.41 (contralateral)	-7.410	0.000
t value		-16.340	-7.260		
P value		0.000	0.000		

18。正常对照组患者双侧海马体积差异无统计学意义($P = 0.780$);颞叶癫痫组患者患侧海马体积小于健侧且差异具有统计学意义($P = 0.000$),与正常对照组相比,其海马体积缩小且差异具有统计学意义($P = 0.000$,表 2)。

三、颞叶癫痫患者海马相对脑血流量与体积的相关分析

相关分析显示,颞叶癫痫患者患侧海马相对脑血流量与相应区域海马体积呈正相关($r = 0.394$, $P = 0.017$)。

讨 论

颞叶癫痫为难治性癫痫的常见类型,其中有 60% ~ 70% 的患者与海马硬化有关^[1],通过手术切除硬化的海马组织(致痫灶)可获得满意疗效,因此准确定侧和定位致痫灶是手术成功的关键。

SPECT 脑血流灌注显像是目前临床应用较为

广泛的影像学诊断技术,常用对比剂为 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -ECD,经静脉注射后可迅速透过血-脑屏障且较长时间滞留在脑组织内。由于其在大脑皮质的放射性分布与相应部位的脑血流量呈正相关,故可用于检测癫痫发作期局部脑血流异常而定位致痫灶。在癫痫发作期,脑组织代谢和脑血流灌注增加,SPECT 可见因病灶区域血流灌注增加而引起的放射性核素聚集,从而准确定位;发作间期病灶呈现低灌注现象,尤其对常规 MRI 检查呈阴性的致痫灶更具有定位诊断意义^[4-5]。为了获得发作期 SPECT 图像,须在患者出现临床症状或脑电图呈现典型痫样放电后 30 秒内注射对比剂,若二者间隔时间过长,由于 SPECT 时间分辨率较低,可出现致痫灶泛化,导致定侧和定位诊断错误。因此,目前全球仅有少数癫痫治疗中心能够进行发作期 SPECT 脑血流灌注显像。在本研究中,我们采用 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -ECD SPECT 技术对海马硬化致颞叶癫痫患者发作间期脑组织,尤其是海马组织血流灌注进行定性和半定量分析,但是由于患者病程较长(中位病程 16 年),仅 18 例显示患侧海马发作间期血流灌注降低,因此通过相对脑血流量半定量测定以提高定侧和定位的准确性,颞叶癫痫组患者定侧准确率达 14/18,略高于文献报道的 60% ~ 70%^[6],可能与病例选择和病程等因素有关。Mathem 等^[7]研究发现,反复癫痫发作可造成脑组织缺氧、缺血,并产生大量氧自由基、一氧化氮等有害物质,从而诱导细胞凋亡和坏死,导致脑损伤;海马对缺氧、缺血或炎症反应十分敏感,从而导致海马神经元缺失,其损伤程度可随癫痫发作次数的增加

而逐渐加重。对本组病例的观察显示,发作间期颞叶癫痫患者低代谢区域除患侧海马外,还可见于对侧颞叶,以及患侧额叶、顶叶、丘脑和基底节,但其病理生理学机制尚不清楚。有学者认为,癫痫波从患侧海马向远处新皮质传导过程中,丘脑发挥重要作用,因此易受损^[8];前额叶皮质亦是大脑半球间癫痫波传导的重要通路^[9];此外,对灵长类动物的研究发现,前额叶皮质、内侧颞叶和丘脑之间存在广泛交互联系,称为额-边缘系统网络^[10]。

海马硬化的主要病理学特征为神经元缺失和神经胶质增生,采用MRI测量海马体积是诊断海马萎缩较为准确的方法;通过比较双侧海马体积,较易发现单侧海马萎缩,诊断准确率达80%~90%^[11],而双侧海马萎缩则需测量海马体积。本研究结果显示,颞叶癫痫患者患侧海马体积小于健侧和正常对照者,与临床电生理学和病理学研究观点一致,即颞叶癫痫常存在双侧病变^[12],可能为“镜像”病灶所致,即患侧海马样放电经海马联合或前联合传递至对侧海马,持续发作导致对侧典型癫痫性脑损伤、海马萎缩^[13]。本组患者经MRI测量海马体积定侧和定位致痫灶的准确率为17/18,而且颞叶癫痫患者患侧海马相对脑血流量与相应区域海马体积呈正相关,即海马萎缩越明显、相应区域脑血流灌注越少。

手术治疗药物难治性癫痫已被证实是一种有效的外科方法,手术成功率约为85%^[14],而提高手术成功率的关键是术前准确定位致痫灶。MRI和核医学显像技术是定位诊断的重要方法,SPECT脑血流灌注显像与MRI海马体积测量方法相结合,能够为术前准确定位提供重要参考依据。由此可见,无创性、无辐射技术替代有创性、有辐射技术,MRI结构像与SPECT功能像相结合是未来发展趋势,对癫痫病术前评价具有广阔的临床应用前景^[15-16]。

参 考 文 献

- [1] Mueller SG, Laxer KD, Schuff N, Weiner MW. Voxel-based T₂ relaxation rate measurements in temporal lobe epilepsy (TLE) with and without mesial temporal sclerosis. *Epilepsia*, 2007, 48: 220-228.
- [2] Tan QF, Li L, Wu CY. *Epilepsy surgery*. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012: 796. [谭启富, 李龄, 吴承远. 癫痫外科学. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 796.]
- [3] Zhang Y, Chen N, Wang X, Zhuo Y, Chen L, Li KC. Measuring the volume of the hippocampus in healthy Chinese adults of the Han nationality on the high-resolution MRI. *Zhonghua Fang She Xue Za Zhi*, 2010, 44:571-574. [张勇, 陈楠, 王星, 卓彦, 陈霖, 李坤成. 中国汉族正常成人海马体积的高分辨率MRI测量. 中华放射学杂志, 2010, 44:571-574.]
- [4] Tepmongkol S, Tangtrairattanakul K, Lerdlum S, Desudchit T. Comparison of brain perfusion SPECT parameters accuracy for seizure localization in extratemporal lobe epilepsy with discordant pre-surgical data. *Ann Nucl Med*, 2015, 29:21-28.
- [5] Kazemi NJ, Worrell GA, Stead SM, Brinkmann BH, Mullan BP, O'Brien TJ, So EL. Ictal SPECT statistical parametric mapping in temporal lobe epilepsy surgery. *Neurology*, 2010, 74:70-76.
- [6] Goffin K, Dedeurwaerdere S, Van Laere K, Van Paesschen W. Neuronuclear assessment of patients with epilepsy. *Semin Nucl Med*, 2008, 38:227-239.
- [7] Mathem GW, Adelson PD, Cahan LD, Leite JP. Hippocampal neuron damage in human epilepsy: Meyer's hypothesis revisited. *Prog Brain Res*, 2002, 135:237-251.
- [8] Boniha L, Rordrn C, Castellano G, Cendes F, Li LM. Voxel-based morphometry of the thalamus in patients with refractory medial temporal lobe epilepsy. *Neuroimage*, 2005, 25:1016-1021.
- [9] Keller SS, Wiesmann UC, Mackay CE, Denby CE, Webb J, Roberts N. Voxel based morphometry of grey matter abnormalities in patients with medically intractable temporal lobe epilepsy: effects of side of seizure onset and epilepsy duration. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2002, 73:648-655.
- [10] Fuster JM. Frontal lobe and cognitive development. *J Neurocytol*, 2002, 31:373-385.
- [11] Shen TZ, Chen XR, Wu EH. *Neuroimaging*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2004: 1031. [沈天真, 陈星荣, 吴恩惠. 神经影像学. 上海: 上海科学技术出版社, 2004: 1031.]
- [12] Cherian A, Radhakrishnan A, Parameswaran S, Varma R, Radhakrishnan K. Do sphenoidal electrodes aid in surgical decision making in drug resistant temporal lobe epilepsy? *Clin Neurophysiol*, 2012, 123:463-470.
- [13] Tao XJ, Sun B, Dai JP, Gao PY. The value of diffusion-weighted imaging and apparent diffusion coefficient on hippocampal sclerosis before operation. *Zhonghua Fang She Xue Za Zhi*, 2004, 38:1277-1280. [陶晓娟, 孙波, 戴建平, 高培毅. MR表观扩散系数值在海马硬化术前评定中的价值. 中华放射学杂志, 2004, 38:1277-1280.]
- [14] Richardson EJ, Griffith HR, Martin RC, Paige AL, Stewart CC, Jones J, Hermann BP, Seidenberg M. Structural and functional neuroimaging correlates of depression in temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Behav*, 2007, 10:242-249.
- [15] Pittau F, Grouiller F, Spinelli L, Seeck M, Michel CM, Vulliemoz S. The role of functional neuroimaging in pre-surgical epilepsy evaluation. *Front Neurol*, 2014, 5:31.
- [16] Martinkovic L, Hecimovic H, Sulc V, Marecek R, Marusic P. Modern techniques of epileptic focus localization. *Int Rev Neurobiol*, 2014, 114:245-278.

(收稿日期:2015-11-02)