

磁共振薄层扫描结合人工智能脑结构分割技术分析 海马体积辅助诊断脑小血管病认知功能障碍

王含春 汪群芳 罗长国

[摘要] 目的 分析磁共振薄层扫描结合人工智能脑结构分割技术分析海马体积辅助诊断脑小血管病认知功能障碍的应用价值。方法 选择确诊为脑小血管病患者84例,入院采用简易智力状态检查量表(MMSE)分为认知功能障碍组39例和正常组45例。采用1.43T磁共振薄层扫描结合人工智能脑结构分割技术分析内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比。结果 认知功能障碍组年龄大于正常组($t=8.63, P<0.05$),内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比明显低于正常组(t 分别=5.86、5.00、6.03、9.63, P 均 <0.05),而内侧颞叶萎缩视觉(MTA)评分明显高于正常组($t=-4.75, P<0.05$)。相关性分析显示,内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比与MTA评分呈负相关(r 分别=-0.46、-0.50、-0.60、-0.63, P 均 <0.05),与MMSE评分呈正相关(r 分别=0.41、0.49、0.57、0.60, P 均 <0.05)。受试者工作特征曲线(ROC)显示,海马体积百分比预测认知功能障碍的曲线下面积为0.88,95%CI 0.82~0.90,最佳临界值为0.31%,即海马体积百分比 $<0.31\%$ 诊断认知功能障碍的灵敏度为80.53%,特异度为85.62%。结论 磁共振薄层扫描结合人工智能脑结构分割技术能够精准定位脑功能亚区,通过准确测量海马体积能够辅助诊断脑小血管病的认知功能障碍,海马体积百分比 $<0.31\%$ 有较好的诊断性能。

[关键词] 磁共振; 人工智能脑结构分割技术; 海马; 脑小血管病; 认知功能障碍; 内侧颞叶萎缩视觉

Hippocampus volume by thin layer magnetic resonance scan combined with artificial intelligence brain structure segmentation technology for diagnosis of cognitive dysfunction in cerebral small vessel disease WANG Hanchun, WANG Qunfang, LUO Changguo. Department of Radiology, Jinhua Second Hospital, Jinhua 321000, China.

[Abstract] **Objective** To analyze the value of hippocampus volume by thin layer magnetic resonance imaging combined with artificial intelligence brain structure segmentation technology in the diagnosis of cognitive impairment for cerebral small vessel disease. **Methods** A total of 84 patients with confirmed cerebral small blood vessel disease were selected and divided into cognitive impairment group ($n=39$) and normal group ($n=45$) according to mini mental state examination (MMSE) on admission. The absolute volume and percentage of the medial temporal lobe and hippocampus were analyzed using 1.43T magnetic resonance thin layer scan combined with artificial intelligence brain structure segmentation technology. **Results** The age of impairment group was older than normal group ($t=8.63, P<0.05$). The absolute volume and percentage of the medial temporal lobe and hippocampus in cognitive impairment group were significantly lower than normal group ($t=5.86, 5.00, 6.03, 9.63, P<0.05$), but the medial temporal lobe atrophy (MTA) score was significantly higher than the normal group ($t=-4.75, P<0.05$). Correlation analysis showed that the absolute volume and percentage of the medial temporal lobe and hippocampus were negatively correlated with the MTA score ($r=-0.46, -0.50, -0.60, -0.63, P<0.05$) and positively correlated with the MMSE score ($r=0.41, 0.49, 0.57, 0.60, P<0.05$). Receiver operating characteristic curve (ROC) showed that area under curve of hippocampal volume percentage for predicting cognitive dysfunction was 0.88 (95%CI 0.82~0.90, $P<0.05$), with cut-off value of 0.31%, the sensitivity and specificity for diagnosing cognitive dysfunction by hippocampal volume percentage $<0.31\%$ were 80.53% and 85.62%, respectively.

DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2024.003.005

基金项目:金华市科技局计划项目(2023-4-152)

作者单位:321000 浙江金华,金华市第二医院放射科
(王含春、罗长国),老年科(汪群芳)

Conclusion Thin layer MRI scan combined with artificial intelligence brain structure segmentation technology can accurately locate brain functional subregions, and accurate measurement of hippocam-

pal volume can assist in the diagnosis of cognitive dysfunction for cerebral small vessel disease. Achieving cut-off value of hippocampal volume percentage $<0.31\%$ has good diagnostic performance.

[Key words] magnetic resonance imaging; artificial intelligence brain structure segmentation technology; hippocampus; cerebral small vessel disease; cognitive dysfunction; medial temporal lobe atrophy

脑小血管病早期症状多不典型,主要导致脑小动、静脉以及微小动、静脉闭塞或者缺如^[1]。认知功能障碍在脑小血管病中十分普遍,患病率高达50%~75%,约半数以上患者确诊认知功能障碍时病情往往十分严重,预后差^[2,3]。海马组织结构和功能异常是参与人体学习、认知和记忆等相关生理活动的关键因素^[4]。本次研究采用磁共振薄层扫描结合人工智能脑结构分割技术精准定位并测量海马体积,分析与脑小血管病认知功能障碍的相关性。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2021年1月至2023年1月金华市第二医院确诊脑小血管病患者84例为研究对象,其中男性46例、女性38例,年龄53~76岁,平均(60.55±6.87)岁。纳入标准包括:①年龄>18岁;②符合脑小血管病的诊断标准^[5];③顺利完成磁共振薄层扫描及人工智能脑结构分割,图像清晰可保存;④签署研究同意书,临床资料完整。排除:①合并脑卒中、脑肿瘤、脑炎、创伤性脑病、阿尔茨海默病者;②合并精神源性疾病者,如严重焦虑或抑郁,成瘾性疾病;③合并严重肝肾功能障碍者;④妊娠、哺乳期女性。本次研究获本院伦理委员会审批通过。

1.2 方法 入院后根据简易智力状态检查量表(mini mental state examination, MMSE)评分将患者分为认知功能障碍组39例和正常组45例。以MMSE评分 ≤ 17 分判定为认知障碍,评分越低表示认知障碍程度越严重。收集两组患者一般临床资料,包括性别、年龄、吸烟、高血压、糖尿病和高脂血症、病程和受教育时间,以及MRI参数。

1.3 磁共振检查和后处理 采用1.43T uMR586型磁共振扫描头颅和人工智能脑分割软件(由上海联影智能医疗科技有限公司生产)测量各脑区体积的变化规律。检查前向患者讲解检查流程,排除有无检查禁忌证,成像序列为t1_gre_fsp_sag_iso1 mm,具体参数设置为层内分辨率1 mm×1 mm,层间分辨率1 mm,矩阵256×232,翻转角10°,回波时间4.4 ms,重复时间10.4 ms,反转时间750 ms,扫描时长共

3 min 32 s。扫描范围从头顶至颅底,完毕后将数据传输至后处理工作站,自动生成二维和三维图像,进行可视化定位和展示^[6](见封二图1)。由我院2名经验丰富的影像科医师独立完成图像重建和体积测量,结果取平均值。重点测量全脑、内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比。此外,采用半定量法计算内侧颞叶萎缩视觉(medial temporal lobe atrophy, MTA)^[7]评分,评估内侧颞叶结构的萎缩情况,在MRI冠状位成像上测量脉络裂宽度、颞下角宽度和海马高度3个距离,其中0分为没有萎缩,1分为仅脉络裂增宽,2分为颞下角轻度增宽伴海马高度轻度减低,3分为海马高度中度减低,4分为海马高度严重减低。MTA评分越高表示内侧颞叶萎缩越严重。

1.4 统计学方法 采用SPSS 16.0统计学软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。组间计量资料比较采用 t 检验;计数资料比较采用 χ^2 检验。采用Pearson检验进行相关分析,受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC)计算曲线下面积、最佳临界值、灵敏度和特异度。设 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般临床资料比较见表1

表1 两组一般临床资料比较		
临床资料	认知功能障碍组($n=39$)	正常组($n=45$)
性别(男/女)	21/18	25/20
年龄/岁	63.58±4.62*	56.96±5.84
吸烟/例(%)	10(25.64)	12(26.67)
高血压/例(%)	13(33.33)	16(35.56)
糖尿病/例(%)	8(20.51)	8(17.78)
高血脂/例(%)	6(15.38)	5(11.11)
病程/月	13.53±3.91	11.35±3.63
受教育时间/年	12.25±3.43	12.64±3.52

注: *:与正常组比较, $P < 0.05$ 。

由表1可见,认知功能障碍组年龄大于正常组($t=8.63$, $P < 0.05$),两组的性别、吸烟、高血压、糖尿

病、高血脂占比,以及病程和受教育时间比较,差异均无统计学意义(χ^2 分别=0.03、0.01、0.05、0.10、0.34, t 分别=1.03、0.36, P 均>0.05)。

2.2 两组 MRI 参数比较见表2

表2 两组 MRI 参数比较

组别	全脑体积/cm ³	内侧颞叶区		海马		MTA 评分/分
		体积/cm ³	百分比/%	体积/cm ³	百分比/%	
认知功能障碍组	1302.65±335.85	30.55±5.32*	2.44±0.31*	5.56±0.52*	0.53±0.03*	3.34±0.22*
正常组	1316.56±344.34	37.44±6.93	3.11±0.42	6.34±0.61	0.75±0.05	2.16±0.32

注:*,与正常组比较, $P<0.05$ 。

由表2可见,认知功能障碍组内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比明显低于正常组(t 分别=5.86、5.00、6.03、9.63, P 均<0.05),而MTA评分明显高于正常组($t=-4.75$, $P<0.05$),两组全脑体积比较,差异无统计学意义($t=0.52$, $P>0.05$)。

2.3 相关性分析 内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比与MTA评分呈负相关(r 分别=-0.46、-0.50、-0.60、-0.63, P 均<0.05),与MMSE评分呈正相关(r 分别=0.41、0.49、0.57、0.60, P 均<0.05)。

2.4 海马体积百分比预测认知功能障碍的ROC见图1

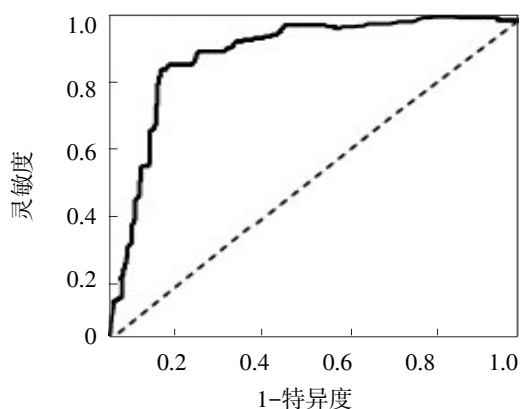


图1 海马体积百分比预测脑小血管病患者认知功能障碍的ROC曲线

由图1可见,ROC显示,海马体积百分比预测认知功能障碍的曲线下面积为0.88,95%CI 0.82~0.90,最佳临界值为0.31%,即海马体积百分比<0.31%诊断认知功能障碍的灵敏度为80.53%,特异度为85.62%。

3 讨论

MRI对多种颅脑疾病如脑卒中、脑肿瘤、神经退行性疾病有较好的敏感性,在脑小血管病诊断、病理机制、临床疗效及预后评估中发挥重要作用^[8]。脑容积变化是多种神经系统疾病的重要原因,其中认知功能与海马、内嗅皮质和脑室结构以及功能异

常密切相关^[9,10]。常规MRI扫描后需要借助人工勾勒感兴趣区,然后经复杂的后重建技术分析来诊断疾病,耗时较长、人工依赖性高、诊断性能依然有限^[11]。人工智能脑分割软件借助大数据和最新的医学图像处理技术,完成脑区神经核团的精准分割、定位和量化评估^[12],对神经核团的细微变化进行精准探测,对相关疾病进行早期预警和精准评估^[13],做到早期预防和早期干预,从而提高患者的生存质量。

本次研究显示,脑小血管病患者认知功能障碍的发生率为46.43%(39/84)。认知功能障碍是疾病进展恶化的重要体现,同时也是预后不良的重要不利因素^[14]。认知功能障碍组年龄大于正常组,内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比明显低于正常组,MTA评分明显高于正常组(P 均<0.05)。高龄是多种脑源性疾病的共同危险因素,可能独立于脑小血管病本身也可导致认知功能下降。相较于常规磁共振厚层扫描,薄层扫描能够呈现更多脑组织切片,显示更多微小结构的变化^[15]。人工智能脑分割软件能够对脑神经核团进行精准量化分析,“秒级”将脑区精准分割为三类脑组织(灰质、白质和脑组织)106个脑区子结构,并通过2D和3D渲染功能显示,可视化效果强,使脑萎缩直观可见,提高了分析效率^[16,17]。与大数据采样的正常参考范围进行比对,通过多维量化分析精准计算各脑区体积及百分比能快速判断疾病^[18,19]。此外,半定量计算MTA评分可评估内侧颞叶的萎缩程度,对不同脑区的疾病进行细化分析^[20]。MTA评分与多种脑源性疾病如阿尔茨海默病的严重程度有较好的相关性^[21]。

本次研究显示,内侧颞叶区和海马的体积绝对值及百分比与MTA评分呈负相关,与MMSE评分呈正相关(P 均<0.05),提示内侧颞叶区和海马是参与认知功能的核心结构。ROC显示海马体积百分比预测认知功能障碍有较好的性能,并获取最佳临界

值为0.31%,即海马体积百分比 $<0.31\%$ 诊断认知功能障碍的灵敏度为80.53%,特异度为85.62%。为指导临床实践提供切实可行的指标。

综上所述,磁共振薄层扫描结合人工智能脑结构分割技术能够精准定位脑功能亚区,通过准确测量海马体积能够辅助诊断脑小血管病的认知功能障碍,海马体积百分比 $<0.31\%$ 有较好的诊断性能。但本次研究也有一些局限性,如样本量和测量指标还有限,还需要更大样本量数据进行验证。

参考文献

- 1 王伊龙,陈玮琪,叶瑾怡,等.脑小血管病:回眸2022[J].中国卒中杂志,2023,18(1):17-41.
- 2 段朋仓,董瑞芳,刘小满,等.脑小血管病MRI总负荷与认知功能及神经功能恶化的相关性[J].中国实用神经疾病杂志,2022,25(12):1475-1480.
- 3 Hojdak-Łukasiewicz J, Dziadkowiak E, Zimny A, et al. Cerebral small vessel disease: A review[J]. Adv Clin Exp Med, 2021, 30(3): 349-356.
- 4 张晓倩,刘思睿,范晓媛,等.不同脑小血管病影像学总负荷评分认知正常中老年人脑灰质体积的差异[J].中国医学影像技术,2023,39(1):12-16.
- 5 中国研究型医院学会脑小血管病专业委员会《中国脑小血管病诊治专家共识2021》编写组.中国脑小血管病诊治专家共识2021[S].中国卒中杂志,2021,16(7):716-726.
- 6 Battista P, Salvatore C, Berlinger M, et al. Artificial intelligence and neuropsychological measures: The case of Alzheimer's disease[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2020, 114(7):211-228.
- 7 Cotta Ramusino M, Altomare D, Bacchin R, et al. Medial temporal lobe atrophy and posterior atrophy scales normative values[J]. Neuroimage Clin, 2019, 24(11):101936-101939.
- 8 张泽阳,王倩,陈卓友.脑小血管病影像学特征及其总体负荷与血管性认知障碍关系的研究进展[J].中国脑血管病杂志,2022,19(9):642-647.
- 9 Pasquini L, Rahmani F, Maleki-Balajoo S, et al. Medial temporal lobe disconnection and hyperexcitability across Alzheimer's disease stages[J]. J Alzheimers Dis Rep, 2019, 3(1):103-112.
- 10 Libowitz MR, Wei K, Tran T, et al. Regional brain volumes relate to Alzheimer's disease cerebrospinal fluid biomarkers and neuropsychometry: A cross-sectional, observational study[J]. PLoS One, 2021, 16(7):e0254332.
- 11 Boublay N, Bouet R, Dorey JM, et al. Brain volume predicts behavioral and psychological symptoms in Alzheimer's disease[J]. J Alzheimers Dis, 2020, 73(4):1343-1353.
- 12 Fabrizio C, Termine A, Caltagirone C, et al. Artificial intelligence for Alzheimer's disease: Promise or challenge? [J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(8):1473-1476.
- 13 Pilozi A, Huang X. Overcoming Alzheimer's disease stigma by leveraging artificial intelligence and blockchain technologies[J]. Brain Sci, 2020, 10(3):183-186.
- 14 潘锋.减少脑小血管病相关认知功能障碍是重大脑健康问题[J].中国医药导报,2022,19(31):1-4.
- 15 黄荣,马建功,赵森,等.头部薄层CT和3.0T MRI融合技术在帕金森病患者电刺激术中的应用观察[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(12):7-8,26.
- 16 张春艳,程敬亮,陈晨,等.基于自动脑分割技术分析中国正常中老年人群脑结构体积[J].中国医学影像技术,2020,36(4):519-523.
- 17 Boublay N, Bouet R, Dorey JM, et al. Brain volume predicts behavioral and psychological symptoms in Alzheimer's disease[J]. J Alzheimers Dis, 2020, 73(4):1343-1353.
- 18 李涛,陈凯,刘耀辉,等.基于改进U-net网络的脑血肿CT图像分割与体积测量研究[J].湘南学院学报(医学版),2022,24(2):1-6.
- 19 朱大龙,易云山.人工智能在医学影像中的MRI海马区分割算法研究综述[J].网络安全技术与应用,2020,5(12):47-49.
- 20 Kaushik S, Vani K, Chumber S, et al. Evaluation of mri visual rating scales in major forms of dementia[J]. J Neurosci Rural Pract, 2021, 12(1):16-23.
- 21 Yamanakkanavar N, Choi JY, Lee B. MRI segmentation and classification of human brain using deep learning for diagnosis of Alzheimer's disease: A survey[J]. Sensors (Basel), 2020, 20(11):3243-3246.

(收稿日期 2023-12-20)

(本文编辑 高金莲)

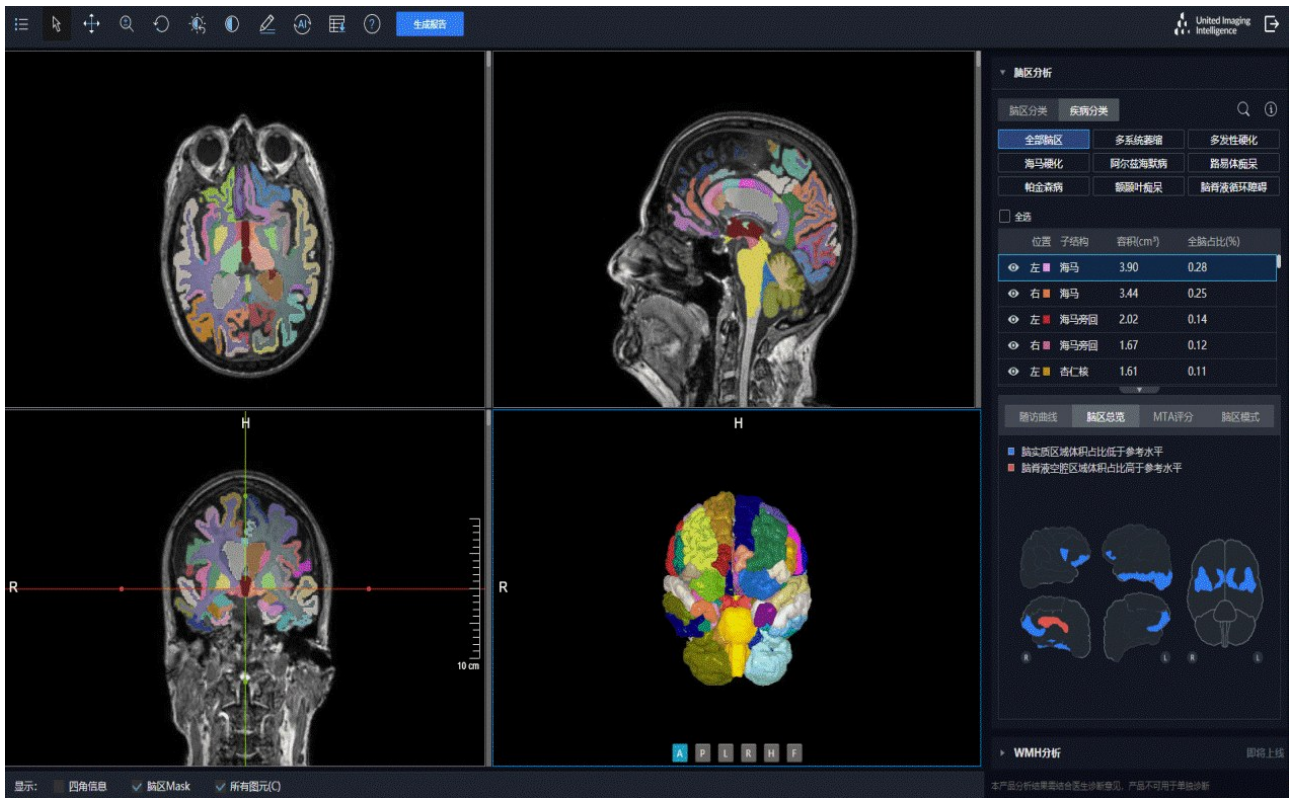


图1 人工智能脑分割软件精准定位并测量全脑及各脑区体积的可视化图像

(见内文第209页)

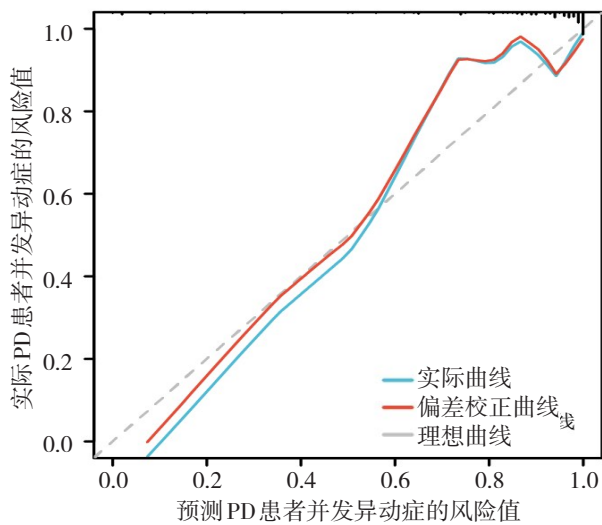


图2 列线图模型校正曲线

(见内文第221页)

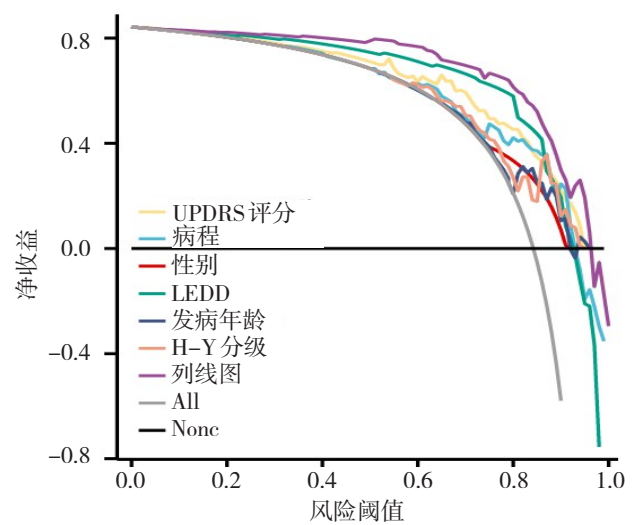


图3 列线图模型决策曲线

(见内文第221页)