



电子、语音版

·论著·

脑白质高信号与阿尔茨海默病患者认知障碍程度 及认知内容的相关性分析

李冬梅¹, 阚志芸², 何锋³

1. 河北港口集团有限公司秦皇岛中西医结合医院脑病二科, 河北 秦皇岛 066000
2. 秦皇岛军工医院放射科, 河北 秦皇岛 066000
3. 新乡市中心医院神经外科, 河南 新乡 453000

摘要:目的 探讨脑白质高信号(WMH)与阿尔茨海默病(AD)患者认知障碍程度及认知内容的相关性。方法 纳入2022年1月至2024年12月在河北港口集团有限公司秦皇岛中西医结合医院诊治的168例AD患者作为AD组,纳入同一时间段的健康人员168例作为对照组。所有受试者采集头部磁共振成像(MRI)和简易精神状态检查量表(MMSE)评分,比较不分组患者的WMH,比较AD组韩国痴呆症临床研究中心(CREDOS)视觉评定量表评分不同分级患者的认知功能,采用斯皮尔曼等级相关分析WMH体积与认知功能以及认知内容的关系。结果 AD组患者深部皮质下白质高信号(DWMH)、脑室旁白质高信号(PVWMH)以及总体WMH水平高于对照组($P<0.05$)。AD组168例患者中,轻、中、重度认知障碍患者的DWMH、PVWMH以及总体WMH水平比较,差异具有统计学意义($P<0.05$),其中重度认知障碍患者高于轻度和中度患者($P<0.05$),而轻度与中度患者比较差异无统计学意义($P>0.05$)。CREDOS评分对DWMH和PVWMH进行分级,结果发现D1、D2、D3级患者MMSE总分以及各分量表评分差异无统计学意义($P>0.05$),P1、P2、P3级患者MMSE总分以及定向力、记忆力、语言能力、执行能力、注意力和计算力等认知内容差异具有统计学意义($P<0.05$),其中P3级患者评分最低,P1级患者评分最高。斯皮尔曼等级相关分析结果发现,PVWMH与定向力、记忆力、注意力和计算力以及总分呈负相关($P<0.05$)。结论 PVWMH水平与AD患者认知障碍密切相关,PVWMH水平可作为AD认知障碍的预测因子。

关键词:阿尔茨海默病;脑白质高信号;认知障碍;深部皮质下白质高信号;脑室旁白质高信号

中图分类号:R741

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2025.06.006

Association of white matter hyperintensities with the severity and content of cognitive impairment in patients with Alzheimer disease

LI Dongmei¹, KAN Zhiyun², HE Feng³

1. Second Department of Neurology, Qinhuangdao Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital, Hebei Port Group Co., Ltd, Qinhuangdao, Hebei 066000, China

2. Department of Radiology, Qinhuangdao Military Industrial Hospital, Qinhuangdao, Hebei 066000, China

3. Department of Neurosurgery, Xinxiang Central Hospital, Xinxiang, Henan 453000, China

Corresponding author: LI Dongmei, Email: emory13111@163.com

Abstract: **Objective** To investigate the association of white matter hyperintensities (WMH) with the severity and specific cognitive domains of cognitive impairment in patients with Alzheimer disease (AD). **Methods** A total of 168 AD patients who were diagnosed and treated in Qinhuangdao Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital from January 2022 to December 2024 were enrolled as AD group, and 168 healthy individuals during the same period of time were enrolled as control group. Head magnetic resonance imaging (MRI) data and Mini-Mental State Examination

基金项目:河南省卫生健康委员会项目(LHGJ20210953)。

收稿日期:2025-04-10;修回日期:2025-10-03

通信作者:李冬梅(1978—),女,硕士,副主任医师,主要从事头晕、头痛、脑血管病等疾病的研究。Email: emory13111@163.com。

(MMSE) score were collected from all subjects, and WMH was compared between the two groups. Cognitive function was compared between AD patients with different Clinical Research Center for Dementia of South Korea (CREDOS) scores, and a Spearman rank correlation analysis was used to investigate the association of WMH volume with cognitive function and specific cognitive domains. **Results** Compared with the control group, the AD group had significantly higher levels of deep white matter hyperintensities (DWMH), periventricular white matter hyperintensities (PVWMH), and total WMH ($P<0.05$). Among the 168 AD patients, there were significant differences in the levels of DWMH, PVWMH, and total WMH between the patients with mild, moderate, and severe cognitive impairment ($P<0.05$); the patients with severe cognitive impairment had significantly higher levels than those with mild and moderate cognitive impairment ($P<0.05$), while there were no significant differences between the patients with mild and moderate cognitive impairment ($P>0.05$). When CREDOS score was used for the grading of DWMH and PVWMH, the results showed that there were no significant differences in total MMSE score and the scores of each subscale between the patients with D1, D2, and D3 grades ($P>0.05$); however, there were significant differences in total MMSE score and the scores of cognitive domains such as orientation, memory, language ability, executive function, attention, and calculation ability between the patients with P1, P2, and P3 grades ($P<0.05$), with the lowest scores in the patients with P3 grade and the highest scores in those with P1 grade. The Spearman rank correlation analysis showed that PVWMH was negatively correlated with total MMSE score and the scores of orientation, memory, attention, and calculation ability ($P<0.05$). **Conclusions** The level of PVWMH is closely associated with cognitive dysfunction in AD patients and can be used as a predictive factor for cognitive impairment in AD.

Keywords: Alzheimers disease; white matter hyperintensities; cognitive impairment; deep white matter hyperintensities; periventricular white matter hyperintensities

阿尔茨海默病(Alzheimer disease, AD)是一种起病隐匿的神经系统退行性病变,呈现进行性发展的特点。患者以记忆障碍、失语、执行功能障碍等认知障碍为主要临床特征,发展到后期会出现人格和行为改变,表现出全面性的痴呆^[1]。世界卫生组织统计结果显示,AD的全球患病率为3%~8%,而且随着年龄增长而上升。65岁以上人群患病率为3%~7%,85岁以上人群的发病率则高达20%~30%。《中国阿尔茨海默病报告2024》^[2]中的数据 displays, 现存的总体痴呆患者数为1 700万人,其中AD占60%~80%。因此,AD的预防和治疗已经成为公共卫生问题。但是该疾病目前尚无可靠的治疗方案,发病机制也未明确。现有的研究发现,在痴呆患者的脑部磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)扫描结果中可表现为脑白质高信号(white matter hyperintensities, WMH)^[3]。WMH也被称为脑白质损害或者脑白质疏松,是由脑组织小血管病变所导致的髓鞘改变和轴突丧失的MRI影像学表现。但是,WMH与AD患者认知障碍程度和认知内容的相关性目前尚无可靠且被广泛认可的结论。因此,我们进行了本研究,并在研究中创新性地突破以往单一关注WMH与认知障碍程度的关系,深入探究其与认知内容的关联,更为全面地揭示WMH对AD患者认知的影响,以便为后续临床工作的开展提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入2022年1月至2024年12月在秦皇岛中西医结合医院进行AD诊治的患者168例作为AD组。纳入标准:①符合美国国立老化研究所(National Institute on Aging, NIA)和阿尔茨海默病研究协会(Alzheimer's Association, AA)诊断标准^[4]中的AD痴呆诊断标准;②年龄55~85岁;③病历资料完整,有MRI检查结果;④简易精神状态检查量表(Mini-Mental State Examination, MMSE)^[5]评分<27分;⑤存在精神分裂等精神疾病的患者。排除标准:①血管性痴呆等其他原因所致的痴呆;②AD未进行明确诊断的患者;③病例资料不完善,无MRI影像学结果,或者未进行蒙特利尔认知评估量表(Montreal Cognitive Assessment, MoCA)评分的患者。

按照1:1匹配,随机纳入同一时间段至秦皇岛中西医结合医院进行体检的健康人员为对照组。纳入标准:①年龄55~85岁;②MMSE评分 ≥ 27 分;③进行了MRI检查;④病例资料完善。排除标准:①既往有脑卒中等脑血管疾病病史;②合并脑肿瘤等脑部占位性病变疾病;③不能完成MoCA测试。

本研究为回顾性研究。本研究获得患者和家属的知情同意。本研究通过了河北港口集团有限公司秦皇岛中西医结合医院医学伦理委员会审核批准(伦理批准编号:GKJTY-LLKS-2022-010)。

1.2 研究方法

1.2.1 MRI 检查

采用德国西门子 Prisma 3.0T 进行 MRI 检查。层厚 5/6 mm。扫描序列包括 T1WI、T2WI、液体抑制反转恢复等。以 WMH 为感兴趣区,2 名经过培训的专业影像学医生使用 ITK-SNAP 软件对所得结果手动勾画深部皮质下白质高信号(deep white matter hyperintensities, DWMH)和脑室旁白质高信号(periventricular white matter hyperintensities, PVWMH),并分别计算其体积,DWMH 和 PVWMH 的体积之和为总体 WMH 的体积。

采用韩国痴呆症临床研究中心(Clinical Research Center for Dementia of South Korea, CREDOS)视觉评定量表划分标准^[6],根据病变最大尺寸,DWMH 分为轻度 DWMH:D1(最大直径<10 mm);中度 DWMH:D2(最大直径 10~25 mm);重度 DWMH:D3(最大直径>25 mm)。PVMH 分为轻度 PVMH:P1(脑室周围帽状和带状病变最大直径<5 mm);中度 PVMH:P2(脑室周围帽状和带状病变最大直径 5~10 mm);重度 PVMH:P3(脑室周围帽状和带状病变最大直径>10 mm)。

1.2.2 认知功能评估

认知功能采用 MMSE(中文版)进行评估^[6]。MMSE 共包括^[3]:①定向力 10 分。②记忆力 6 分。③语言能力 4 分。④视图空间能力 1 分。⑤执行能力 4 分。⑥注意力和计算力 5 分。得分越高,认知功能越好。

认知障碍程度划分:轻度为 MMSE 得分 21~26 分;中度为 MMSE 得分 10~20 分;重度为 MMSE 得分≤9 分。

1.3 分析指标

对 AD 组和对照组及 AD 组不同程度认知障碍患者的 DWMH、PVWMH 和总体 WMH 进行比较。

根据 CREDOS 视觉评定量表分级对 D1、D2、D3 以及 P1、P2、P3 患者的 MMSE 评分以及认知内容的评分进行比较。

对 DWMH、PVWMH 和总体 WMH 与 MMSE 评分以及认知内容的相关性进行分析。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计学软件处理研究中所有相关数据。正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,2 组间数据的比较采用成组 *t* 检验,3 组间数据的比较采用单因素方差分析;非正态分布的计量资料以中位数和四分

位间距 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,组间比较采用秩和检验。计数资料以例数和百分率 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。相关性分析采用斯皮尔曼等级相关分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 AD 组和对照组基线资料的比较

AD 组和对照组在性别、年龄、学历、高血压、高血脂、糖尿病等比例方面比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。2 组 MMSE 及 MoCA 的认知评分比较,差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

2.2 AD 组和对照组 WMH 水平比较

AD 组患者 DWMH、PVWMH 以及总体 WMH 水平平均高于对照组($P<0.05$),见表 2。

2.3 AD 组不同认知障碍程度患者 WMH 的比较

AD 组 168 例患者中,轻度认知障碍 82 例(48.81%)、中度 57 例(33.93%),重度 29 例(17.26%)。3 组患者的 DWMH、PVWMH 以及总体 WMH 水平差异均具有统计学意义($P<0.05$),其中重度认知障碍患者的 DWMH、PVWMH 以及总体 WMH 水平平均高于轻度和中度患者($P<0.05$),而轻度与中度患者比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 3。

表 1 AD 组和对照组基线资料的比较

指标	AD 组(n=168)	对照组(n=168)	χ^2/t 值	P 值
性别				
男性[n(%)]	62(36.90)	71(42.26)	1.008	0.315
女性[n(%)]	106(63.10)	97(57.74)		
年龄/岁;($\bar{x}\pm s$)	70.33±10.06	71.33±9.98	0.915	0.361
学历[n(%)]				
中学及以下	122(72.62)	131(77.98)	1.296	0.255
高中及以上	46(27.38)	37(22.02)		
高血压[n(%)]	103(61.31)	9(57.74)	0.445	0.505
高血脂[n(%)]	74(44.05)	78(46.43)	0.192	0.661
糖尿病[n(%)]	37(22.02)	44(26.19)	0.797	0.372
MMSE 评分/分;($\bar{x}\pm s$)	16.25±5.56	27.77±2.02	25.241	<0.001
MoCA 评分/分;($\bar{x}\pm s$)	12.34±5.56	26.44±3.67	27.433	<0.001

注:AD=阿尔茨海默病;MMSE=简易精神状态检查量表;MoCA=蒙特利尔认知评估量表。

表 2 AD 组和对照组 WMH 的比较 [mm³;($\bar{x}\pm s$)]

组别	例数	DWMH	PVWMH	总体 WMH
AD 组	168	1 693.62±415.39	11 354.82±3 860.09	12 947.81±3 754.22
对照组	168	354.33±101.26	3 541.62±1 005.47	3 962.50±1 147.63
<i>t</i> 值		40.601	25.388	29.667
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001

注:DWMH=深部皮质下白质高信号;PVWMH=脑室旁白质高信号;WMH=脑白质高信号。

表3 AD组不同认知障碍程度患者的WMH比较 [mm³; ($\bar{x}\pm s$)]

指标	例数	DWMH	PVWMH	总体WMH
轻度认知障碍	82	1 054.63±312.55	8 054.61±2 661.30	9 094.60±2 987.04
中度认知障碍	57	1 366.42±404.93	8 396.77±2 747.06	9 742.33±3 154.22
重度认知障碍	29	3 549.60±1 240.65 ^{a,b}	15 860.33±4 988.60 ^{a,b}	18 893.57±5 748.91 ^{a,b}
F值		7.631	4.862	3.781
P值		0.001	0.014	0.026

注:DWMH=深部皮质下白质高信号;PVWMH=脑室旁白质高信号;WMH=脑白质高信号;a为与轻度认知障碍相比, $P<0.05$;b为与中度认知障碍相比, $P<0.05$ 。

2.4 AD组不同DWMH和PVWMH分级患者认知功能的比较

DWMH的D1、D2、D3级患者MMSE总分以及各分量表评分差异无统计学意义($P>0.05$)。

PVWMH的P1、P2、P3级患者MMSE总分和定向力、记忆力、语言能力、执行能力、注意力和计算力等认知内容评分比较,差异具有统计学意义($P<0.05$),其中P3评分最低,P1评分最高。见表4、表5。

表4 AD组不同DWMH分级患者认知功能比较

指标	D1(n=64)	D2(n=77)	D3(n=27)	F/H值	P值
定向力/分; ($\bar{x}\pm s$)	6.42±1.16	6.01±1.22	5.84±1.39	1.031	0.766
记忆力/分; ($\bar{x}\pm s$)	3.04±0.46	3.01±0.55	2.91±0.41	1.162	0.761
语言能力/分; [M(P_{25} , P_{75})]	2(1, 4)	2(1, 4)	2(1, 3)	0.651	0.830
视图空间能力/分; [M(P_{25} , P_{75})]	0(0, 1)	0(0, 1)	0(0, 1)	0.317	0.942
执行能力/分; [M(P_{25} , P_{75})]	2(1, 3)	2(1, 3)	2(1, 3)	0.405	0.903
注意力和计算力/分; ($\bar{x}\pm s$)	2.04±0.41	1.98±0.45	1.92±0.51	0.379	0.731
MMSE总分/分; ($\bar{x}\pm s$)	15.36±5.04	14.33±5.18	14.92±5.72	0.294	0.841

表5 AD组不同PVWMH分级患者认知功能比较

指标	P1(n=91)	P2(n=54)	P3(n=23)	F/H值	P值
定向力/分; ($\bar{x}\pm s$)	6.61±1.42	5.09±1.67	3.31±1.20	7.610	0.012
记忆力/分; ($\bar{x}\pm s$)	4.15±0.40	3.56±0.52	2.61±0.50	6.892	0.020
语言能力/分; [M(P_{25} , P_{75})]	3(1, 4)	3(1, 4)	2(0, 3)	2.871	0.041
视图空间能力/分; [M(P_{25} , P_{75})]	1(0, 1)	1(0, 1)	0(0, 1)	0.941	0.150
执行能力/分; [M(P_{25} , P_{75})]	2(1, 3)	2(1, 3)	1(0, 2)	2.706	0.042
注意力和计算力/分; ($\bar{x}\pm s$)	3.47±0.42	3.02±0.51	2.16±0.66	5.066	0.043
MMSE总分/分; ($\bar{x}\pm s$)	19.46±2.14	16.33±3.62	9.41±2.04	8.195	0.004

2.5 AD组不同WMH与认知功能和认知内容的相关性分析

PVWMH与定向力、记忆力、注意力和计算力以及总

分呈负相关($P<0.05$),其他指标间均无相关性($P>0.05$)。见表6、图1~图4。

表6 AD组不同WMH与认知功能和认知内容的相关性分析

指标	DWMH		PVWMH		总体WMH	
	r_s 值	P值	r_s 值	P值	r_s 值	P值
定向力	-0.114	0.228	-0.305	0.003	-0.238	0.089
记忆力	-0.022	0.813	-0.296	0.012	-0.081	0.568
语言能力	-0.095	0.317	-0.204	0.140	-0.038	0.662
视图空间能力	-0.113	0.233	-0.082	0.553	-0.075	0.591
执行能力	-0.120	0.177	-0.156	0.260	-0.075	0.591
注意力和计算力	-0.179	0.130	-0.243	0.044	-0.119	0.169
MMSE总分	-0.073	0.523	-0.631	<0.001	-0.080	0.362

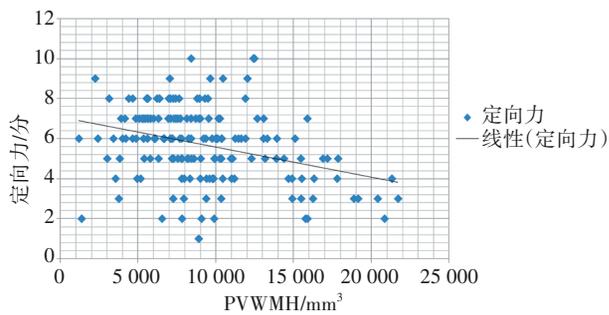


图1 定向力与PVWMH散点图

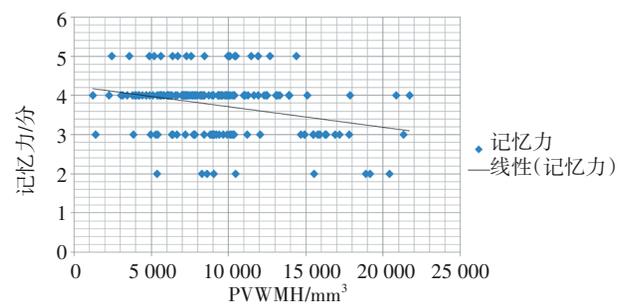


图2 记忆力与PVWMH散点图

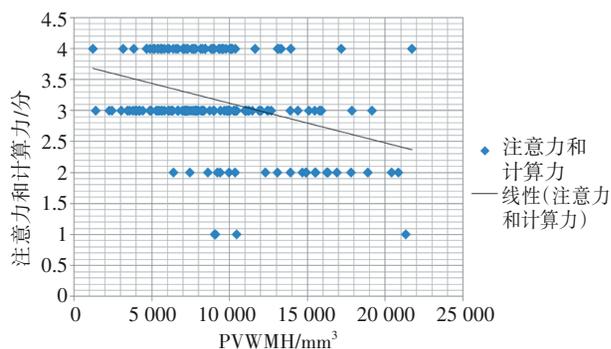


图3 注意力和计算力与PVWMH散点图

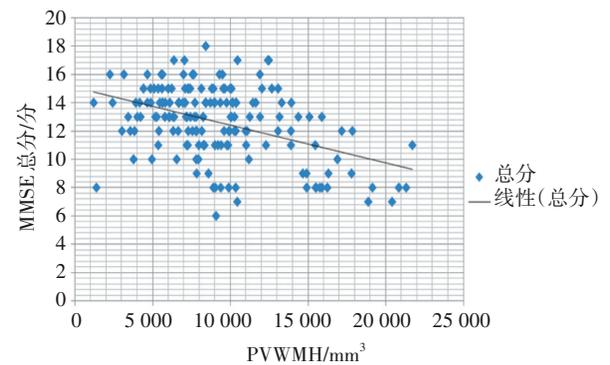


图4 MMSE总分与PVWMH散点图

3 讨论

AD的发病机制目前尚未明确,目前的研究认为与基因突变、家族史、大脑神经退化等因素有关^[7]。但是这些因素目前还是不能完全解释AD的发病机制。因此,仍然有一些深入的机制有待研究。

在影像学上,脑室周围和深部皮质下白质区域所发生的弥漫性斑点状或者斑片状的变化称为WMH^[8]。脑白质主要由神经纤维构成,这些神经纤维负责在大脑的不同区域之间,以及大脑与身体其他部位之间传递信息。同时,脑白质也将大脑的不同区域连接起来,形成一个复杂的神经网络,使得大脑能够作为一个整体来运作。脑白质通过传递信息,协调大脑各个区域的活动,使大脑能够整合来自不同感官的信息,并做出相应的反应,因此对于学习、记忆、注意力、语言等高级认知功能至关重要。WMH的核心病理基础是脑小血管病变所致的慢性缺血以及血脑屏障的破坏,这是一个慢性的过程,但是会导致少突胶质细胞损伤以及髓鞘完整性被破坏,进而延迟神经信号的传导,损伤患者的认知功能。此外,近年来的研究发现,WMH对应的远隔皮质区域会表现出更显著的皮质变薄、 β 淀粉样蛋白(amyloid β -protein, A β)沉积增加及突触密度下降^[9]。从分子机制上的研究也证实了WMH和AD的交互作用,脑缺血能够通过能量代谢失衡激活GSK-3 β 等蛋白激酶,促进tau蛋白异常磷酸化,进而加速神经原纤维缠结的形成,同时,缺血诱导的氧化应激和内质网应激可上调 β -分泌酶表达,增加A β 生成,并削

弱清除A β 的能力,导致A β 在脑实质和血管壁沉积^[10]。这些因素最终导致脑白质中的髓鞘受到损伤,从而在MRI上呈现为高信号^[9,11-12]。此外,慢性缺血导致脑白质纤维化、神经胶质细胞增生等变化,也可能引起WMH^[13]。WMH和AD的相关性已经得到了多项研究的证实,但是WMH与AD患者的认知障碍程度以及认知内容的损伤是否有相关性,目前的研究尚未有一致的结论。

本研究中纳入了168例AD患者和168例健康人进行MRI和认知功能对照研究。AD组患者DWMH、PVWMH以及总体WMH水平均明显高于对照组。DWMH和PVWMH是脑白质损伤在MRI上的表现,其水平升高表明AD患者脑白质区域存在更广泛的缺血性改变和神经纤维损伤。由于脑白质负责大脑不同区域的信号传导,其损伤会影响信号传导的功能,进而对患者的认知功能造成影响^[14]。AD组168例患者中,不同程度认知障碍患者的DWMH、PVWMH以及总体WMH水平差异均具有统计学意义,其中重度认知障碍患者的DWMH、PVWMH以及总体WMH水平均高于轻度和中度患者。这说明随着AD患者认知障碍程度的加重,脑白质损伤的程度也在增加,但是在轻度和中度障碍患者中,脑白质损伤的程度相对接近,或者损伤的速度相对缓慢。

采用CREDOS评分对DWMH和PVWMH进行分级,结果发现D1、D2、D3级患者MMSE总分以及各分量表评分差异无统计学意义,P1、P2、P3级患者MMSE总分和定

向力、记忆力、语言能力、执行能力、注意力和计算力等认知内容差异具有统计学意义。这说明AD患者的认知功能与PVWMH有关,而与DWMH无关。PVWMH位于脑室周围,紧邻脑室系统,主要累及脑室旁白质区域,通常与慢性缺血、小血管病变密切相关^[15-16]。DWMH位于脑白质的深部区域,远离脑室,主要涉及大脑半球内部的深部白质,也与缺血有关,但可能更多地与年龄增长、遗传因素、微血管病变等多种因素有关^[17]。胆碱能纤维束从基底核延伸到大脑皮质,与脑室相邻,参与了大脑皮质不同区域之间的信息传递,所以这些纤维束在认知功能中起着重要作用^[18]。脑室周围的白质区域是这些纤维束的主要通道,PVWMH出现时,这些纤维束的完整性可能已被破坏,从而影响认知功能,这种影响在记忆、定向力、语言能力、执行能力、注意力和计算力方面表现得更为明显^[19]。尽管DWMH也反映了脑白质的损伤,但其主要影响的是深部白质区域,DWMH可能主要影响U纤维或局部神经回路,而对胆碱能纤维束的影响较小^[20]。因此,DWMH对认知功能的影响不如PVWMH显著。

本研究中MMSE评分与认知功能的相关性分析结果显示,PVWMH与定向力、记忆力、注意力和计算力以及总分呈负相关,其他均无相关性。从解剖结构和功能连接的角度来看,脑室周围的长联络纤维在大脑的信息传递中起着至关重要的作用^[21]。这些纤维通过脑室旁的区域,在不相邻的皮质区域间进行信息传递,连接了多个与认知功能密切相关的区域。因此,当这些长联络纤维受到损害时,如PVWMH所反映的脑白质损伤,就可能导致认知功能下降,同时影响定向力、记忆力、注意力和计算力^[21]。

综上所述,AD患者的DWMH、PVWMH以及总体WMH水平与健康患者相比均有明显升高,而且痴呆程度越严重的患者DWMH、PVWMH以及总体WMH水平升高越显著。但是PVWMH水平与定向力、记忆力、注意力和计算力以及总分呈负相关,可见PVWMH水平与AD患者认知功能障碍密切相关,一旦出现PVWMH水平显著升高,需要注意认知水平,观察是否发生AD。因此,PVWMH水平可作为AD认知障碍的预测因子。

参 考 文 献

- [1] 梁春华,颜学勤,黄耀辉,等. 脑白质高信号与阿尔茨海默病认知障碍的相关性研究[J]. 脑与神经疾病杂志, 2024, 32(9): 541-546.
- [2] 王刚,齐金蕾,刘馨雅,等. 中国阿尔茨海默病报告 2024[J]. 诊断学理论与实践, 2024, 23(3): 219-256.
- [3] JIA LF, DU YF, CHU L, et al. Prevalence, risk factors, and management of dementia and mild cognitive impairment in adults aged 60 years or older in China: a cross-sectional study[J]. Lancet Public Health, 2020, 5(12): e661-e671.
- [4] MCKHANN GM, KNOPMAN DS, CHERTKOW H, et al. The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging - Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease[J]. Alzheimers Dement, 2011, 7(3): 263-269.
- [5] 赖兰金. 2型糖尿病伴脑白质高信号与脑萎缩及认知功能障碍的相关性研究[D]. 南昌:南昌大学, 2021.
- [6] 王诗男,王金芳,石庆丽,等. 脑白质高信号合并认知障碍患者脑白质损伤程度的评价[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2020, 29(6): 546-550.
- [7] 刘婷,职瑾,刘仲仲,等. 脑小血管病认知障碍与脑白质高信号分级及脑萎缩分级相关研究[J]. 实用放射学杂志, 2025, 41(1): 1-4.
- [8] 陈蕊华,蒋晓真,隋海晶,等. 2型糖尿病患者脑白质病变与轻度认知功能障碍的相关性研究[J]. 中国糖尿病杂志, 2020, 28(5): 331-335.
- [9] 赵丹,吕艳,赵仲艳,等. 脑白质高信号与认知功能障碍相关研究进展[J]. 新医学, 2023, 54(12): 860-863.
- [10] 刘发伟,吉维忠. 血管源性的脑白质高信号与认知功能障碍的研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(11): 17744-17749.
- [11] 马艳君,郜立红. 脑小血管病对帕金森病患者认知和情感障碍的影响[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2024, 51(2): 54-60.
- [12] 王颖颖,王蓉蓉,赵雄飞. 缺血性脑白质高信号与血管性认知障碍关系的研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(3): 438-444.
- [13] 罗彧,刘虹,毕妍,等. 不同部位脑白质高信号及脑小血管病负荷积分与血管性轻度认知障碍相关性分析[J]. 影像研究与医学应用, 2023, 7(3): 18-22.
- [14] 李卫萍,孙艺,闫娟,等. 轻度认知障碍患者空间导航障碍与脑白质高信号的相关性[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(33): 2607-2611.
- [15] 石庆丽,李越秀,王金芳,等. 脑白质病变伴不同程度认知障碍患者静息态脑网络功能连接与执行功能的相关性[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2022, 31(3): 220-228.
- [16] CHEN YY, WANG X, GUAN L, et al. Role of white matter hyperintensities and related risk factors in vascular cognitive impairment: a review[J]. Biomolecules, 2021, 11(8): 1102.
- [17] 杨娟,程健,冯轶,等. 老年2型糖尿病患者脑白质高信号和认知功能损伤危险因素随访研究[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2023, 49(10): 598-603.
- [18] 樊薇,蔡清艳,刘艳,等. 阿尔茨海默病患者神经精神症状与脑白质高信号的相关性分析[J]. 神经疾病与精神卫生, 2024, 24(1): 32-36.
- [19] 张峰,车宁宁,李学,等. 帕金森病患者脑白质疏松与认知功能损害的相关性及影响因素分析[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2020, 34(9): 932-935.
- [20] 陈政宇,陆小伟,赵慧慧,等. 老年人脑白质高信号的影响因素及与认知功能障碍的关系[J]. 中国神经免疫学和神经病学杂志, 2020, 27(5): 367-372.
- [21] 杨银雪,苏小吏,温昌明,等. 脑白质疏松与认知功能障碍的相关性研究[J]. 阿尔茨海默病及相关病, 2020, 3(2): 113-117.

责任编辑:龚学民