

论 著

SWI评价脑微出血与高血压及心血管风险分层的相关研究*

付玉婷¹ 吕俊² 杜爽媚¹
刘迎春¹ 刘勇^{1*}1.西南医科大学附属中医医院磁共振室
2.西南医科大学附属中医医院综合内科
(四川 泸州 646000)

【摘要】目的 采用磁敏感加权成像(SWI)探讨脑微出血(CMBs)与高血压及心血管风险分层的相关性。**方法** 回顾性收集经临床治疗的CMBs病人104例(男57例,女47例)纳入CMBs阳性组,无CMBs病人190例(男101例,女89例)纳入CMBs阴性组。两组病人中,高血压168例,非高血压126例。所有病人均经头颅MRI检查,扫描序列T₁WI、T₂WI、FLAIR及SWI。分析CMBs病灶数目、分布及信号表现。采用独立样本t检验或卡方检验比较2组间一般资料的统计学差异,Kendall's tau-b系数分析法分析CMBs与高血压等级、CMBs严重程度与心血管风险分层的关联。**结果** CMBs阳性组(104例)共检出679个CMBs病灶,其中高血压病人(88例)检出641个病灶(94.4%),非高血压病人(16例)检出38个病灶(5.5%)。641个CMBs病灶分布在脑叶区域283个(44%)、深部及幕下区域358个(56%);38个CMBs病灶分布在脑叶区域15个(39%)、深部及幕下区域23个(61%)。CMBs病灶在SWI上均呈低信号,其他序列可呈稍高/等/稍低信号。CMBs阳性组与阴性组BMI值差异具有统计学意义($t = -3.608, P < 0.001$);CMBs阳性组与阴性组高血压例数差异具有统计学意义($\chi^2 = 49.601, P < 0.001$);CMBs病灶有无与血压分级呈弱相关($r = 0.408, P < 0.001$);CMBs病灶严重程度与心血管风险层级呈中等相关($r = 0.619, P < 0.001$)。**结论** 脑微出血与高血压分级、心血管风险分层具有相关性。

【关键词】 脑;脑微出血;高血压;磁共振成像;磁敏感加权成像

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 北京医学奖励基金会

(YXJL-2022-0105-0142);

泸州市重点研发科技计划

(2022-SYF-87);

四川省中医药管理局(2021MS424)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.004

Study on the Correlation between Cerebral Microbleeds, Hypertension, and Cardiovascular Risk Stratification Using SWI*

FU Yu-ting¹, LV Jun², DU Shuang-mei¹, LIU Yin-chun¹, LIU Yong^{1*}.

1.Department of MRI, The Affiliated Traditional Chinese Medicine Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China

2.Department of General Internal Medicine, Southwest Medical University Affiliated Traditional Chinese Medicine Hospital, Luzhou 646000, China

ABSTRACT

Objective To investigate the correlation between cerebral microhemorrhages (CMBs) and hypertension and cardiovascular risk stratification by magnetic sensitivity weighted imaging (SWI). **Methods** A total of 104 patients (57 males and 47 females) with clinically treated CMBs were retrospectively enrolled in the CMBs-positive group, and 190 patients without CMBs (101 males and 89 females) were enrolled in the CMBs-negative group. Among the two groups, 168 patients were hypertensive and 126 were non-hypertensive. All patients were examined by head MRI with scan sequences T₁WI, T₂WI, FLAIR and SWI. The number, distribution and signal manifestations of CMBs were analyzed. The independent sample t-test or chi-square test was used to compare the statistical differences in general data between the two groups, and Kendall's tau-b coefficient analysis method was used to analyze the association between CMBs and hypertension grade, CMB severity and cardiovascular risk stratification.

Results A total of 679 CMBs lesions were detected in the CMBs-positive group (104 cases), including 641 lesions (94.4%) in hypertensive patients (88 cases) and 38 lesions (5.5%) in non-hypertensive patients (16 cases). 641 CMBs were distributed in 283 (44%) lobar regions and 358 (56%) deep and subtentorial regions. The 38 CMBs were distributed in 15 (39%) lobar regions and 23 (61%) deep and subtentorial regions. CMBs lesions all show low signal on SWI, and other sequences can show slightly higher/equal/slightly lower signal. The difference in BMI values between the positive and negative groups of CMBs was statistically significant ($t = -3.608, P < 0.001$), the difference in the number of hypertension cases between the positive and negative groups of CMBs was statistically significant ($\chi^2 = 49.601, P < 0.001$), whether CMBs lesions were weakly correlated with blood pressure grade ($r = 0.408, P < 0.001$), and the severity of CMBs lesions was moderately correlated with cardiovascular risk ($r = 0.619, P < 0.001$).

Conclusion There is a correlation between cerebral microhemorrhage and hypertension grading and cardiovascular risk stratification.

Keywords: Brain; Cerebral Microbleeds; Hypertension; Magnetic Resonance Imaging; Susceptibility-weighted Imaging

脑小血管病(cerebral small vessel disease, CSVD)是一组以脑小血管损伤和功能障碍为特征的神经血管疾病。国际标准指出,CSVD包含脑微出血(cerebral microbleeds, CMBs)、脑白质高信号(white matter hyperintensity, WMH)、近期皮质下小梗死(recent small subcortical infarct, RSSI)、血管周围间隙(perivascular space, PVS)、腔隙以及脑萎缩等征象^[1]。其中CMBs在健康人群中发生率约5%~15%,在高血压人群中发生率约30%~40%。CMBs与导致认知障碍的阿尔茨海默病、血管性痴呆等疾病相关,并可反映疾病对神经系统的损伤程度,如多发性硬化、创伤性脑损伤等,已成为影响脑健康的重要原因之一^[2-4]。目前我国诊断CMBs主要依靠影像学检查,《中国脑小血管病诊断专家共识2021》推荐使用头颅MRI进行CMBs的诊断及评估^[5]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)具有多方位、多序列、高分辨率等优势,是中枢系统最佳检查方法之一,其中磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)是评价脑微出血的“金标准”方法^[6]。在既往研究中,CMBs致病因素及发作机制尚未完全阐明,故本文通过SWI序列分析CMBs与高血压分级、心血管风险层级的相关性,为临床诊断及治疗决策、病人预后评估等提供更多的客观依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性收集2022年1月至2022年12月间西南医科大学附属中医医院住院病人中CMBs阳性病人104例纳入CMBs阳性组,男57例,女47例,平均年龄(64.49±11.34)岁。同期住院的CMBs阴性病人190例纳入CMBs阴性组,男101例,女89例,平均年龄(63.16±12.45)岁。两组中高血压病人168例,非高血压病人126例。所有病人均经头颅MRI检查,扫描序列包括T₁WI、T₂WI、FLAIR及SWI。

CMBs阳性组纳入标准:年龄>18岁;SWI上检出CMBs;临床病史资料完整。CMBs阳性组排除标准:年龄<18岁;SWI上未见CMBs;合并其他病症(大面积脑出血、大面积脑梗塞、颅内感染、颅脑肿瘤、脑外科手术史或脑外伤病史、心肝肾重要器官功能不全、脑淀粉样及脑血管畸形等)。CMBs阴性组纳入标准:年龄>18岁;SWI上未见CMBs;临床病史资料完整。CMBs阴性组排除标准:年龄<18岁;SWI上存在CMBs;

【第一作者】 付玉婷,女,在读研究生,主要研究方向:神经影像诊断。E-mail: 897223051@qq.com

【通讯作者】 刘勇,女,主任医师,主要研究方向:磁共振诊断。E-mail: 1909768139@qq.com

合并其他病症(大面积脑出血、大面积脑梗塞、颅内感染、颅脑肿瘤、脑外科手术史或脑外伤病史、心肝肾重要器官功能不全、脑淀粉样及脑血管畸形等); 孕妇及哺乳期。

1.2 一般资料 搜集病人的临床资料, 包括: 一般资料: 年龄、性别、BMI值等; 病史资料包括吸烟史、饮酒史、高血压史、糖尿病史。

诊断标准: 高血压诊断、血压升高水平划分、心血管风险层级划分参照《中国高血压防治指南(2018年修订版)》标准进行^[8]。分组标准: 将高血压病人分为1级组(轻度, 收缩压140~159mmHg和(或)收缩压90~99mmHg); 2级组(中度, 收缩压160~179mmHg和(或)舒张压100~109mmHg); 3级组(重度, 收缩压≥180mmHg和(或)舒张压≥110mmHg)。心血管风险水平分层分为低危组(血压轻度升高, 无糖尿病、肾脏疾病、心脑血管疾病或其他明显危险因素); 中危组(血压升高程度中度至重度, 但未达到需要立即处理的水平; 同时, 存在一种或多种其他的危险因素, 如年龄、吸烟、高胆固醇等); 高危组(血压重度升高, 需积极干预; 同时存在多个危险因素(如上述), 或已经合并糖尿病、肾脏疾病、心脑血管疾病等); 很高危组(已经发生心肌梗死、脑卒中等严重心血管事件, 或患有外周动脉疾病、主动脉夹层、肾功能不全等高危状态)。

1.3 影像资料

1.3.1 设备与参数 所有病人均经头颅MRI检查, 使用西门子 Skyra 3.0T磁共振仪扫描及16通道头颈联合相控阵线圈进行。扫描序列及参数: (1)T₁WI: FOV: 186.9×230 层厚: 5mm 层间距: 3mm 矩阵: 182×320 TR/TE: 2840/13ms 激励次数1; (2)T₂WI 横轴位: FOV: 186.9×230 层厚: 5mm 层间距: 3mm 矩阵: 250×384 TR/TE: 4320/110ms 激励次数1; (3)FLAIR: FOV: 186.9×230 层厚: 5mm 层间距: 3mm 矩阵: 195×320 TR/TE: 8000/87ms; 激励次数1; (4)SWI: FOV: 220×90.6 层厚: 1.5mm 层间距: 1mm 矩阵: 124×128 TR/TE: 27/20ms 激励次数1。

1.3.2 CMBs影像诊断及分组 MRI图像分析由2名中级职称影像医

师进行盲法评估, 意见不一致者由1名高级职称影像医师判定。SWI序列上, CMBs病灶呈类圆形或圆形的低信号影, 边界清晰, 周围无水肿, 直径约2-5mm, 最大不超过10mm。其他序列呈等/低/高信号。参考脑微出血解剖评定量表(microbleed anatomic rating scale, MARS)^[7]分别记录脑叶、深部及幕下区域的病灶分布情况及具体数目。结合MRI其他序列图像鉴别CMBs与钙化灶、流空血管影、小血管瘤等结构, 梗死组织附近的急慢性微出血灶也被排除在外。分组标准: (1)根据病灶实际分布区域统计CMBs阳性组病人CMBs分布分型情况, 具体包括脑叶型、深部/幕下型及混合型。(2)根据病灶数量对病人进行CMBs严重程度分级: 1-4个为轻度, 5-9个为中度, ≥10个为重度。

1.4 统计学方法 使用IBM SPSS 26.0进行统计分析。计数资料用百分比(%)表示, 组间对比采用 χ^2 检验。符合正态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用t检验, 不符合正态分布的计量资料用中位数及上下四分位数表示, 组间比较采用秩和检验。使用Kendall's tau-b相关性分析统计CMBs阳性与高血压等级、CMBs严重程度与心血管风险分层的相关性。 $P < 0.05$ 有统计学意义。(相关系数r值区间划分: $r = 1$ 代表完全正相关; $0.8 \leq r < 1$ 代表强相关; $0.6 \leq r < 0.8$ 代表中等相关; $0.4 \leq r < 0.6$ 代表弱相关; $r < 0.4$ 代表无相关)。

2 结果

2.1 CMBs阳性组与CMBs阴性组一般资料对比 CMBs阳性组104例病人, 其中高血压病人88例, 非高血压病人16例; CMBs阴性组共190例病人, 高血压病人80例, 非高血压病人110例。两组病人一般资料BMI值及高血压差异有统计学意义($t = 3.608, P < 0.001$)。CMBs阳性组与CMBs阴性组病人一般资料对比情况见表1。

2.2 CMBs阳性组及阴性组高血压分级对比 本研究中, CMBs阳性组中高血压病人88例, 其中高血压1级60例、2级10例、3级18例。CMBs阴性组中高血压病人80例, 其中高血压1级64例、2级13例、3级3例。CMBs阳性与血压分级呈显著弱相关($r = 0.408, P < 0.001$), 见表2。

表1 CMBs阳性组与CMBs阴性组病人一般资料对比情况

| | CMBs阳性组(104例) | CMBs阴性组(190例) | t/ χ^2 /Z值 | P |
|-------------------------|---------------|---------------|-----------------|--------|
| 年龄(岁) | 64.49±11.34 | 63.16±12.45 | 0.903 | 0.367 |
| 男性/女性(例) | 57/47 | 101/89 | 0.074 | 0.786 |
| BMI(kg/m ²) | 25.77±3.56 | 24.24±3.43 | 3.608 | <0.001 |
| 吸烟(例) | 40 | 84 | 0.911 | 0.340 |
| 饮酒(例) | 33 | 68 | 0.346 | 0.556 |
| 糖尿病(例) | 29 | 64 | 1.045 | 0.307 |
| 高血压(例) | 88 | 80 | 49.601 | <0.001 |

表2 CMBs阳性组与CMBs阴性组高血压资料对比(例)

| | CMBs阳性组(104) | CMBs阴性组(190) | Kendall's相关系数 | P |
|-------|--------------|--------------|---------------|--------|
| 非高血压 | 16 | 110 | | |
| 高血压1级 | 60 | 64 | 0.408 | <0.001 |
| 高血压2级 | 10 | 13 | | |
| 高血压3级 | 18 | 3 | | |

2.3 CMBs严重程度与高血压病人心血管风险分层关系 本研究中, 两组病人共计高血压病人168例, 心血管风险水平分层低危组58例、中危组18例、高危组23例、很高危组69例, 各分层病人CMBs严重程度与高血压风险分层中等相关($r = 0.619, P < 0.001$), 见表3。

表3 高血压病人CMBs严重程度与心血管风险分层统计(例; %)

| | 心血管风险分层 | | | | Kendall's相关系数 | P |
|--------|---------|----|----|-----|---------------|--------|
| | 低危 | 中危 | 高危 | 很高危 | | |
| CMBs阴性 | 52 | 12 | 10 | 6 | 0.619 | <0.001 |
| CMBs轻度 | 5 | 6 | 8 | 41 | | |
| CMBs中度 | 0 | 0 | 1 | 9 | | |
| CMBs重度 | 1 | 0 | 4 | 13 | | |

2.4 CMBs病灶分布分型情况 本研究中, 高血压中脑微出血比例为52.3%, 非高血压中脑微出血比例为14.5%。CMBs阳性组共计检出679个CMBs病灶, 其中高血压病人(88例)检出641个病灶, 平均病灶数目为7.28±8.43。非高血压病人(16例)检出38个病灶, 平均病灶数目为2.37±2.67。641个CMBs病灶分布在脑叶区域283个、深部及幕下区域358个; 38个CMBs病灶分布在脑叶区域15个、深部及幕下区域23个。高血压病人有22例CMBs为脑叶型、27例CMBs为深部/幕下型39例CMBs为混合型。非高血压病人有3例为脑叶型、8例为深部/幕下型、5例为混合型。CMBs阳性组中高血压与非高血压病人CMBs病灶分布分型情况, 见表4。

2.5 MRI表现 本研究中, CMBs病灶呈类圆形或圆形结节影, 边界清晰, 周围无水肿, 直径约2-5mm, 最大不超过10mm; SWI序列上均呈低信号, T₁WI呈/稍低信号, T₂WI、FLAIR上呈等/稍低/稍高信号(图1-2)。

表4 CMBs阳性组中高血压与非高血压病人CMBs病灶分布分型情况

| 高血压CMBs(88例) | | 非高血压CMBs(16例) | |
|------------------|---------------|-----------------|--------------|
| 部位/数目(个, %) | 分型/例数(例, %) | 部位/数目(个, %) | 分型/例数(例, %) |
| 脑叶区域/283(44%) | 脑叶型/22(25%) | 脑叶区域/15(39%) | 脑叶型/3(19%) |
| 深部及幕下区域/358(56%) | 深部幕下型/27(31%) | 深部及幕下区域/23(61%) | 深部幕下型/8(50%) |
| | 混合型/39(44%) | | 混合型/5(31%) |

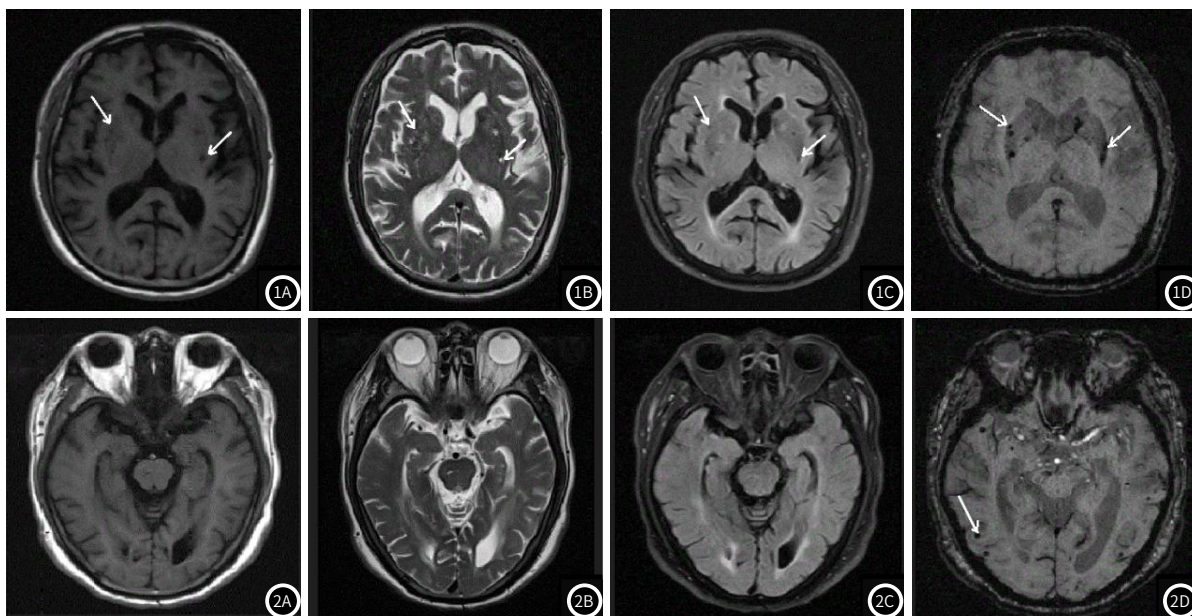


图1A-图1D 病人男, 79岁。双侧基底节区多发结节状CMBs病灶(箭), 1A-1D横断面图像。1A图, T₁WI上病灶呈结节状低信号。1B图, T₂WI上呈稍高信号。1C图, FLAIR上呈稍低信号。1D图, SWI上呈均匀低信号。

图2A-图2D 病人男, 67岁。双侧颞叶多发结节状CMBs病灶(箭), 2A-2D横断面图像。2A-2C图分别为T₁WI、T₂WI和FLAIR, 病灶均呈高信号。2D图, SWI上呈均匀低信号。

3 讨论

近年来, SWI序列已被广泛应用于检测和评估CMBs^[9], 通过使用SWI序列, 可以在早期发现病人的CMBs, 这对于早期诊断和治疗非常重要。此外, SWI序列还能够帮助医生鉴别其他神经系统疾病, 如老年性认知障碍、脑萎缩等。SWI序列的优势不仅限于CMBs的检测, 还可以提供有关CMBs数量、大小和分布模式的信息。高血压、脑小血管病变、脑血管意外、血液凝血异常、动静脉畸形等多种疾病可以引起CMBs, 高血压与其关系密切, 高血压引起的血管壁损伤和动脉硬化可能导致微小出血灶的形成, 从而产生了CMBs。高血压可导致血管壁的厚度增加、弹性降低和微小血管破裂, 进而引起局部的微小出血。通过分析SWI图像上CMBs的特征, 医生可以初步评估病人的病情和预后情况。此外, SWI序列还可以用于病因分析、评估治疗对病人、CMBs状态的影响, 从而更好地指导治疗方案的制定。

3.1 CMBs的临床意义 CMBs与多种疾病及临床表现存在潜在的相关性。首先, CMBs是导致认知障碍发生的独立危险因素之一, CMB的数量不仅与病人的蒙特利尔认知评估总分负相关, 混合型CMBs与注意力的下降相关^[10], 还与病人的延迟记忆、语言能力、定向力、视空间能力等多个方面的认知域损伤有关^[11]。组织病理学研究表明, CMBs的存在会使周围白质的微观结构受损^[12], 即CMBs有可能会破坏与认知功能有关的白质纤维束, 导致神经网

络损伤, 并与同时发生的白质病变和腔隙性梗死相互叠加共同导致认知障碍, 因此, CMBs不是仅作为CSVD的影像学标志物而存在, 它可以直接影响认知功能。另外BMI值与脑微出血之间存在相关性, 体重过重可能会增加患上脑微出血的风险。BMI值往往会导致血脂异常, 从而增加心脑血管系统疾病的风险。BMI值与三酰甘油(TG)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)之间呈现正相关关系。Ni等^[13]的研究证实血脂异常既是促进深部和幕下CMBs发生的独立危险因素, 同时也与脑叶CMBs的存在有一定的相关性。另外, 血脂升高可引起动脉粥样硬化, 进而影响颅内小动脉, 导致管腔狭窄、管壁弹性减弱, 促进CMBs的发生。本研究中CMBs阳性组BMI值高于CMBs阴性组, 与既往研究一致。

3.2 CMBs的发生及分布 CMBs的发生和分布受多方面影响, 目前广为接受的观点是脑叶或浅表区域的CMBs多与脑淀粉样血管病相关, 而深部及幕下区域的CMBs多与高血压性血管病相关, 二者之间也可协同作用, 共同推动CMBs的进展。MARS规定^[7], CMBs的分布区域可划分为脑叶、深部以及幕下三部分, 脑叶区域指的是额顶枕颞岛叶的皮层及皮层下区, 深部区域是指丘脑区、基底节区、内囊及外囊区、深部和脑室周围白质区、胼胝体区, 幕下区域则是指脑干和小脑。不同空间分布的CMBs病灶在病因和临床表现上存在一定差异^[14-15]。

在本研究中, CMBs阳性组病人高血压阳性率高于CMBs阴性组, 但高血压与非高血压病人的CMBs病灶分布情况无显著差异。高血压组及非高血压组病人的CMBs病灶均主要分布于深部和幕下区域, 与Elmståhl S等的研究结果类似^[16]。Liang等^[17]研究发现, 2级高血压病人基底节区及脑干的CMBs病灶数量明显高于1级高血压病人, 也佐证了高血压性血管病相关的CMBs主要分布在深部及幕下区域的理论。高血压组病人CMBs分布分型以混合型多见, 非高血压组病人以深部/幕下型多见。

3.3 高血压与CMBs的相关性 高血压病程也与CMBs患病率相关。Petrea等^[18]发现血压正常、晚年期高血压、中年期高血压三组受试者发生CMBs及隐匿性脑梗死的比例逐渐升高, 即高血压是促进CMBs和隐匿性脑梗死发生的危险因素, 暴露于高血压的时间越长、患病率越高。事实上, CMBs可以认为是长期慢性高血压引起的一种靶器官损害。即便是正常高值血压也对深部CMBs、腔隙以及WMH有一定的促进作用, 因此在血压的早期阶段及时进行适当的干预, 或许可以有效预防CMBs的发生, 从而降低发生认知障碍或者痴呆症的潜在风险。本研究中, CMBs与血压级别呈显著弱相关, 与前述研究一致^[19]。与Lyu等^[20]认为血压级别与CMBs严重程度也存在正相关关系研究结论一致。

3.4 心血管风险分层与CMBs严重程度的相关性 心血管危险因素(如高血压、动脉硬化、高血脂等)会导致血管壁的损伤和微小出血灶的形成, 进而引起CMBs的出现, CMBs的数量、大小和分布模式也可能与心血管风险的程度相关。在既往研究中, 高血压病人心血管危险分层与脑内微出血数量存在着正相关^[21], 与本研究结论CMBs严重程度与心血管风险分层之间呈显著中等相关一致。

综上所述, SWI与头颅MRI常用序列相结合的方式, 对CMBs与高血压的相关性分析很有价值, 印证了血压水平升高可增加病人CMBs发病率的理论, 揭示了血压升高水平与以及高血压病人的心血管风险层级与CMBs严重程度具有一定相关性, 为临床诊治、预后评估提供依据。本研究还存在一些不足。第一, 本研究为横断面研究, 无法确定各个危险因素与高血压病人CMBs阳性率之间、血压分级及风险分层与CMBs严重程度之间的因果关系。第二, 本研究涉及的血压数据均是住院期间测量得到的, 并不能代表病人日常状况, 基线数据也不能完全预测未来几年的长期水平。第三, 本次研究为单中心, 并且样本量有限。应进一步扩大样本量, 获取更可靠的研究结果为临床服务。

参考文献

- [1] Wardlaw JM, Smith EE, Biessels GJ, et al. Neuroimaging standards for research into small vessel disease and its contribution to ageing and neurodegeneration[J]. *Lancet Neurol*, 2013, 12(8): 822-838.
- [2] Avan A, Hachinski V. Brain health: key to health, productivity, and well-being[J]. *Alzheimers Dement*, 2022, 18(7): 1396-1407.
- [3] Nyúl-Tóth Á, Tarantini S, Kiss T, et al. Increases in hypertension-induced cerebral microhemorrhages exacerbate gait dysfunction in a mouse model of Alzheimer's disease[J]. *Geroscience*, 2020, 42(6): 1685-1698.
- [4] Wang YJ, Pan YS, Li H. What is brain health and why is it important[J]. *BMJ*, 2020, 371: m3683.

- [5] 胡文立, 杨磊, 李贇婷, 等. 中国脑小血管病诊治专家共识2021[J]. *中国卒中杂志*, 2021, 16(7): 716-726.
- [6] Kinno R, Yamamoto M, Yamazaki T, et al. Cerebral microhemorrhage in Marchiafava-Bignami disease detected by susceptibility-weighted imaging[J]. *Neurol Sci*, 2013, 34(4): 545-548.
- [7] Gregoire SM, Chaudhary UJ, Brown MM, et al. The microbleed anatomical rating scale (MARS): reliability of a tool to map brain microbleeds[J]. *Neurology*, 2009, 73(21): 1759-1766.
- [8] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中华医学会心血管病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. *中国心血管杂志*, 2019, 24(1): 24-56.
- [9] 常慧贤, 李彩霞, 管立威. 磁共振敏感加权成像对颅内微出血性疾病的鉴别诊断价值分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2020, 18(12): 18-21.
- [10] Zheng HW, Yuan Y, Zhang ZH, et al. Analysis of risk factors for cerebral microbleeds and the relationship between cerebral microbleeds and cognitive impairment[J]. *Brain Sci*, 2022, 12(11): 1445.
- [11] 张亚清, 刘秀梅, 余苹, 等. 脑微出血与认知功能障碍的相关性研究[J]. *中国卒中杂志*, 2022, 17(7): 748-752.
- [12] Schrag M, McAuley G, Pomakian J, et al. Correlation of hypointensities in susceptibility-weighted images to tissue histology in dementia patients with cerebral amyloid angiopathy: a postmortem MRI study[J]. *Acta Neuropathol*, 2010, 119(3): 291-302.
- [13] Ni RH, Chu L, Xu DF, et al. Risk factors of cerebral microbleeds in young and middle-aged patients with hypertension[J]. *Neurol Res*, 2018, 40(5): 413-418.
- [14] Griffin AD, Turtzo LC, Parikh GY, et al. Traumatic microbleeds suggest vascular injury and predict disability in traumatic brain injury[J]. *Brain*, 2019, 142(11): 3550-3564.
- [15] Puy L, Pasi M, Rodrigues M, et al. Cerebral microbleeds: from depiction to interpretation[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2021: jnnp-2020-323951.
- [16] Elmståhl S, Ellström K, Siennicki-Lantz A, et al. Association between cerebral microbleeds and hypertension in the Swedish general population "Good Aging in Skåne" study[J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2019, 21(8): 1099-1107.
- [17] Liang CH, Wang J, Feng MM, et al. White matter changes, duration of hypertension, and age are associated with cerebral microbleeds in patients with different stages of hypertension[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2022, 12(1): 119-130.
- [18] Petrea RE, O'Donnell A, Beiser AS, et al. Mid to late life hypertension trends and cerebral small vessel disease in the framingham heart study[J]. *Hypertension*, 2020, 76(3): 707-714.
- [19] Jia ZY, Mohammed W, Qiu YR, et al. Hypertension increases the risk of cerebral microbleed in the territory of posterior cerebral artery: a study of the association of microbleeds categorized on a basis of vascular territories and cardiovascular risk factors[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2014, 23(1): e5-e11.
- [20] Lyu LC, Shen JY, Zeng CL, et al. Cerebral microbleeds are associated with blood pressure levels in individuals with hypertension[J]. *Clin Exp Hypertens*, 2020, 42(4): 328-334.
- [21] 张国华, 郑素君, 郑海澜, 等. SWI评估高血压病人心血管危险分层与脑内微出血相关性的研究[J]. *医学影像学杂志*, 2014, 24(1): 4.

(收稿日期: 2023-10-11)

(校对: 翁佳鸿 排版: 张鸿葵)