

高分辨率核磁共振在评估脑梗死患者斑块稳定性及成分的应用观察^{*}

吴经纬 吴水仙 陈斌

(海南医学院第二附属医院, 海南 海口 570311)

【摘要】目的 探讨高分辨率核磁共振(HRMRI)在评估脑梗死患者斑块稳定性及成分中的应用价值。**方法** 收集 2019 年 6 月~2021 年 6 月我院行 HRMRI 的脑梗死与短暂性脑缺血发作(TIA)患者的临床病例资料共 130 例,将脑梗死患者作为观察组($n=72$),TIA 患者作为对照组($n=58$)。比较两组患者动脉粥样硬化斑块位置、斑块稳定性、动脉斑块负荷参数、坏死脂质核心、斑块内出血、纤维帽破裂及管腔狭窄发生率。**结果** 观察组斑块多集中于后壁(27.78%)及上壁(54.17%),对照组集中在前壁(43.10%)及下壁(34.49%);观察组不稳定性斑块的占比明显多于对照组($P<0.05$);观察组管腔面积(LA)少于对照组($P<0.05$),观察组管壁标准化指数(NWI)及血管重构指数(RI)多于对照组($P<0.05$);观察组坏死脂质核心、斑块内出血及纤维帽破裂明显高于对照组($P<0.05$)。**结论** 高分辨率核磁共振可清晰呈现脑梗死患者血管斑块的影像学特征,客观准确鉴定斑块的稳定性及成分,对早期评估与诊断脑梗死有重要意义。

【关键词】 高分辨率;核磁共振;脑梗死;斑块稳定性

【中图分类号】 R743.3 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 04. 026

Application of high-resolution magnetic resonance imaging in evaluating the plaque stability and composition in patients with cerebral infarction

WU Jingwei, WU Shuixian, CHEN Bin

(The Second Affiliated Hospital of Hainan Medical College, Haikou 570311, China)

【Abstract】Objective To investigate the value of high-resolution magnetic resonance imaging (HRMRI) in assessing the stability and composition of plaque in patients with cerebral infarction. **Methods** A retrospective study analysis was adopted on patients with cerebral infarction and transient ischemic attack (TIA) who underwent HRMRI in the hospital. The clinical case data of 130 patients that met the criteria were collected between June 2019 and June 2021, and the patients with cerebral infarction were taken as observation group ($n=72$) and the patients with TIA were served as control group ($n=58$). The AS plaque location, plaque stability, arterial plaque load parameters and incidence rates of necrotic lipid core, intraplaque hemorrhage, fibrous cap rupture and lumen stenosis were compared between the two groups. **Results** The plaques in observation group were mostly concentrated on the posterior wall (20/72, 27.78%) and superior wall (39/72, 54.17%) while the plaques in control group were concentrated on the anterior wall (25/58, 43.10%) and inferior wall (20/58, 34.49%). The proportion of unstable plaques with (45/72, 62.50%) in observation group was significantly higher than (14/58, 24.14%) in control group. The lumen area (LA) in observation group was less than in control group while the normalized wall index (NWI) and vascular remodeling index (RI) were more than in control group. The incidence rates of necrotic lipid core, intraplaque hemorrhage and fibrous cap rupture were significantly higher than in control group. **Conclusion** HRMRI can clearly present the imaging features of vascular plaques in patients with cerebral infarction, and objectively and accurately identify the stability and composition of plaque. It is of

基金项目:海南省医药卫生科研项目(18A200176);海南省医药卫生科研项目(19A200131)

通信作者:陈斌,副主任医师, E-mail: unmcbin@whu.edu.cn

引用本文:吴经纬,吴水仙,陈斌. 高分辨率核磁共振在评估脑梗死患者斑块稳定性及成分的应用观察[J]. 西部医学, 2022, 34(4): 600-604.

DOI:10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2022. 04. 026

great significance for early evaluation and diagnosis of cerebral infarction.

【Key words】 High-resolution; MRI; Cerebral infarction; Plaque stability

动脉粥样硬化(Atherosclerosis, AS)形成血栓及管腔狭窄是引发脑梗死的重要原因之一,患者早期有头晕、头痛、言语不清、四肢麻木甚至意识障碍等临床症状^[1]。脑梗死救治不及时易引起严重后遗症甚至死亡,故及时诊断在脑梗死的治疗中起关键性作用。传统核磁共振血管造影只能显示动脉血管的狭窄程度,无法明确狭窄血管壁结构及造成血管狭窄的因素^[2]。目前,高分辨率核磁共振成像(High-resolution magnetic resonance imaging, HRMRI)因较高的软组织分辨率,被认为是唯一可活体检测颅内动脉血管壁结构的无创成像技术,并逐渐应用于颅内 AS 血管壁和斑块特征的诊断研究中^[3]。本研究旨在运用 HRMRI 检测脑梗狭窄动脉血管壁斑块分布及成分,探究斑块稳定性与脑梗死的关系,为脑梗死的临床评估及诊治提供参考依据,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2019 年 6 月~2021 年 6 月我院行 HRMRI 检测的脑梗死及短暂性脑缺血发作(Transient ischemic attack, TIA)130 例患者。纳入标准:①有两个以上引起 AS 的危险因素。②入院 1 周内行 HRMRI 成像检查。③HRMRI 血管成像提示单侧大脑中动脉(Middle cerebral artery, MCA)及颈内动脉(Internal carotid artery, ICA)狭窄^[4-5]。排除标准:①合并血液循环系统疾病、自身免疫性疾病。②有 HRMRI 检查禁忌证。③有非 AS 血管病变者,如血管炎症、冠状动脉肌纤维发育不良等。④栓塞风险的患者,如房颤、深静脉血栓等^[6-7]。按上述标准收集 2019 年 6 月~2021 年 6 月入院行 HRMRI 检测的脑梗死及 TIA 患者的临床病例资料 130 例,将 72 例脑梗死患者作为观察组,58 例 TIA 患者作为对照组。

1.2 研究方法 所有患者均采用 Ingenia II 3.0T 磁共振扫描仪(飞利浦公司,荷兰,国械准字 20153282757)仰卧位进行动脉扫描^[8]。设置扫描参数包括重复时间(Repetition time, TR)、回波时间(Echo time, TE)、激励次数(Number of excitation, NEX)、矩阵、厚度及间距等^[9]。MCA 的颅内 HRMRI 行黑血技术中的 T1 加权成像序列(T1 weighted imaging, T1WI), T2 加权成像序列(T2 weighted imaging, T2WI), 液体衰减反转恢复序列(Fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)及弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)。扫描参数:①T1WI 序列 TR 1000 ms、TE 9 ms、NEX 2 次、矩阵

为 180 mm×144 mm、层厚 2 mm、层间距 0 mm。

②T2WI 及 FLAIR 序列 TR 8000 ms、TE 105 ms、NEX 1 次、矩阵为 180 mm×144 mm、层厚 2 mm、层间距 0 mm。③DWI 序列 TR 6000 ms、TE 72 ms、NEX 1 次、矩阵为 128 mm×128 mm、层厚 6 mm、层间距 1 mm。ICA 采用 8 通道专用线圈行“亮血”技术中的三维时间飞跃法(3D-time of flight, 3D-TOF)及磁共振血管成像(MR angiography, MRA)。扫描方式:先行 3D-TOF 进行动脉血管成像扫描定位,然后于 MCA 狭窄横轴位处行黑血高分辨率 T1WI、T2WI 序列扫描。扫描参数:①TOF-MRA 的 TR 22 ms、TE 3.5 ms、NEX 1 次、矩阵为 330 mm×220 mm、层厚 0.6 mm、层数 140。②T1WI 序列 TR 800 ms、TE 10 ms、NEX 2 次、矩阵为 180 mm×144 mm、层厚 2 mm、层间距 0 mm。③T2WI 及 FLAIR 序列 TR 4000 ms、TE 50 ms、NEX 1 次、矩阵为 180 mm×144 mm、层厚 2 mm、层间距 0 mm。利用规格为 20 mL (0.5 mol/L)的 X 线造影剂钆喷酸二甲葡胺(康臣药业有限公司,广州,国药准字 H10950270)静脉注射,0.1 mmol/kg。注射后 5 min 强化成像,再注射等量 0.9%氯化钠注射液(福星生物药业有限公司,武汉,国药准字 H42022222)进行冲洗。所得图像均进行相应处理,由 2 名专业影像科医师进行阅片,评估、分析患者动脉血管斑块情况。

1.3 观察指标 ①斑块位置。根据 HRMRI 图像分析动脉血管壁斑块的位置,将其分为前、后、上、下壁。②动脉斑块分型标准^[10]。I~II 型:血管壁厚度近似正常,无钙化;III 型:血管内膜弥漫性或偏心性增厚或有较小斑块,无钙化;IV~V 型:可见较大斑块且内含纤维包裹的脂质核心,可见少量钙化;VI 型:斑块成分复杂,表面溃疡出血或内部形成血栓;VII 型:斑块呈钙化;VIII 型:无脂核核心纤维斑块,可见少量钙化。其中 I~III 型、VII~VIII 型为稳定性斑块,IV~VI 型为不稳定性斑块,易破损出血导致脑缺血。③动脉斑块负荷参数:对比两组最狭窄处血管总面积(Total vascular area, TVA)、管腔面积(Lumen area, LA)、管壁面积(Wall area, WA)、管壁标准化指数(Normalized wall index, NWI)、血管重构指数(Remodeling index, RI)。④记录两组坏死脂质核心、斑块内出血、纤维帽破裂及管腔狭窄发生情况。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 24.0 软件进行相关数据的整理与分析,计数资料斑块位置、斑块成分用例

百分数(%)表示,采用 χ^2 检验对比,等级数据动脉斑块分型标准对比差异秩和检验;计量资料动脉斑块负荷参数给予正态及方差齐性检验满足要求,采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表达,组间行 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 将脑梗死患者作为观察组,共 72 例,TIA 患者为对照组,共 58 例。观察组中男性 47 例,女性 25 例;平均年龄 (55.86 ± 15.57) 岁;高血压 60 例,糖尿病 15 例,冠心病 5 例;吸烟 35 例;饮酒 31 例;对照组中男性 35 例,女性 23 例;平均年龄 (56.12 ± 16.33) 岁;高血压 42 例,糖尿病 11 例,冠心病 3 例;吸烟 26 例;饮酒 20 例。两组患者在性别、年龄、合并症、吸烟及饮酒史等比较无统计学意义($P > 0.05$)。

2.2 两组斑块位置比较 观察组斑块多集中于后壁及上壁,对照组集中在前壁及下壁,两组斑块位置比较差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

表 1 两组斑块位置对比 $[n(\times 10^{-2})]$

Table 1 Comparison of plaque location between the two groups					
组别	<i>n</i>	前壁	后壁	上壁	下壁
观察组	72	5(6.94)	20(27.78)	39(54.17)	8(11.11)
对照组	58	25(43.10)	8(13.79)	5(8.62)	20(34.49)
χ^2			48.950		
<i>P</i>			< 0.001		

2.3 两组斑块稳定性比较 观察组不稳定性斑块的占比明显多于对照组,差异具有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

表 2 两组斑块稳定性对比 $[n(\times 10^{-2})]$

Table 2 Comparison of plaque stability between the two groups								
组别	<i>n</i>	I ~ II 型	III 型	IV ~ V 型	VI 型	VII 型	VIII 型	不稳定性斑块
观察组	72	6(8.33)	10(13.89)	20(27.78)	25(34.72)	6(8.33)	5(6.94)	45(62.50)
对照组	58	6(10.35)	20(34.48)	9(15.12)	5(8.62)	8(13.79)	10(17.24)	14(24.14)
u/χ^2				0.630				19.072
<i>P</i>				0.426				< 0.001

2.4 两组动脉斑块负荷参数比较 观察组 LA 明显小于对照组,NWI、RI 明显高于对照组($P < 0.05$);两

组 TVA、RI 比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

表 3 两组动脉斑块负荷参数对比 $(\bar{x} \pm s)$

Table 3 Comparison of arterial plaque load parameters between the two groups						
组别	<i>n</i>	TVA(mm ²)	LA(mm ²)	WA(mm ²)	NWI($\times 10^{-2}$)	RI
观察组	72	16.25 $\pm$ 2.34	2.37 $\pm$ 0.69	9.03 $\pm$ 2.17	60.38 $\pm$ 13.26	1.06 $\pm$ 0.09
对照组	58	15.89 $\pm$ 2.59	3.26 $\pm$ 0.58	9.59 $\pm$ 2.06	51.16 $\pm$ 12.89	0.83 $\pm$ 0.17
<i>t</i>		0.831	7.840	1.495	3.990	9.893
<i>P</i>		0.407	< 0.001	0.137	< 0.001	< 0.001

2.5 两组血管成分比较 观察组坏死脂质核心、斑块内出血及纤维帽破裂的例数及比率明显高于对照组($P < 0.05$);两组管腔狭窄率比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 4。

表 4 两组斑块位置对比 $[n(\times 10^{-2})]$

Table 4 Comparison of plaque location between the two groups					
组别	<i>n</i>	坏死脂质核心	斑块内出血	纤维帽破裂	管腔狭窄率
观察组	72	41(56.94)	37(51.39)	28(38.89)	51(70.83)
对照组	58	18(31.03)	5(8.62)	2(3.45)	35(60.34)
χ^2		8.700	26.866	20.108	1.578
<i>P</i>		< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.209

2.6 典型脑梗死 HRMRI 成像 大脑中动脉(MCA)的 HRMRI 成像(图 1),颈动脉(ICA)的

HRMRI 成像(图 2)。

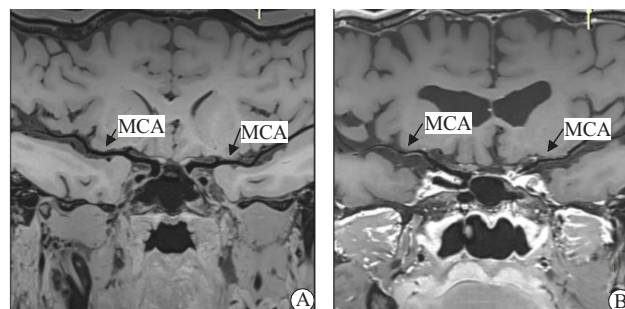


图 1 大脑中动脉 HRMRI 成像

Figure 1 HRMRI imaging for middle cerebral artery

注:A. 正常双侧大脑中动脉成像,管壁无增厚、管腔无狭窄及斑块;B. 男性患者,年龄 58 岁,诊断为左侧大脑中动脉脑梗死,HRMRI 成像显示大脑中动脉 M1 段管壁增厚,管腔狭窄,上壁斑块呈钙化

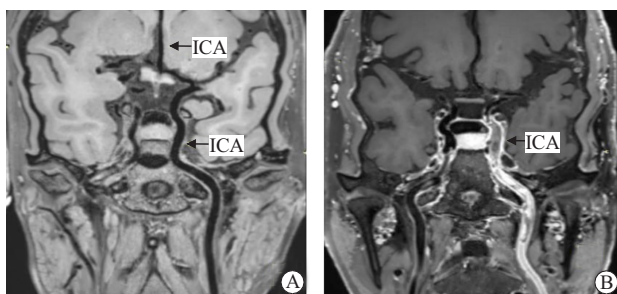


图 2 颈动脉 HRMRI 成像

Figure 2 HRMRI imaging of internal carotid artery

注: A. 正常左颈内动脉及大脑前动脉成像, 管壁无增厚、管腔无狭窄及斑块; B. 男性患者, 年龄 61 岁, 诊断为左颈内动脉脑梗死, HRMRI 成像显示左颈内动脉管壁增厚, 血流动力学变化, 斑块呈高信号, 管腔内血栓且提示血栓增强

3 讨论

AS 指动脉血管壁内皮组织因各种损伤而发生管腔狭窄或形成血栓的一种慢性炎症反应, 是脑梗死和 TIA 最常见病因^[11]。AS 造成 MCA 或 ICA 狭窄、血流动力学改变、血栓等情况的出现, 易引发血管内形成斑块, 脑梗死及 TIA 除具有相同的病因及危险因素外, 皆有血管内斑块的存在引起缺血性事件发生, 且 TIA 易继发脑梗死^[12]。HRMRI 不仅能反映斑块形态及成分, 也能呈现斑块具体分布特性, 为 AS 疾病的评估提供更全面、准确的斑块相关内容。临床研究多用 MRI 或 HRMRI 对脑梗死及 TIA 进行影像学特征的对比分析^[13]。故早期对 AS 患者的斑块特性进行明确的影像学诊断, 不仅可以鉴定非 TIA 继发性脑梗死, 而且有助于脑梗死的防治, 减轻斑块对患者的损害^[14]。

研究^[15]表明, 远端血管分支会受到斑块分布的潜在影响, 特别是 MCA、ICA 等分支较多的血管, 若此类血管分支开口处出现斑块, 其脱落可导致分支开口处动脉血栓形成, 增加脑梗死的风险, 而临床传统血管影像学技术无法明确斑块在分支动脉开口处的位置, HRMRI 可能弥补其在斑块诊断中的不足。本研究结果显示, 脑梗死患者的斑块主要分布于后壁及上壁, TIA 患者的斑块集中在与分支开口处相对的前壁及下壁, 两者斑块位置位置比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 提示通过 HRMRI 检测到的斑块分布可以鉴别脑梗死或 TIA, 有利于诊断非分支开口处血管病变患者, 对早期形成的 AS 斑块进行有效干预。可能因为斑块形成于血管后壁或上壁时, 阻塞分支小血管造成长期缺血梗死的可能性更大, 而当斑块存在于分支开口相对处的前壁及下壁时, 分支开口受阻风险小, 伴随患者活动而出现阻塞动脉管腔引起局部缺血症状, 与 TIA 的症状相符。以往研究^[16]曾报道, 斑块脱落与血管部位及血管狭窄程度互相成为促进因

素, 形成恶性循环, 斑块在长期血流冲击下脱落, 栓塞远端细小血管, 引发 TIA 或脑梗死。因此, HRMRI 可解释 AS 斑块分布位置及与动脉小血管分支开口的关系, 帮助 AS 患者制定诊疗方案, 为进一步确诊脑梗死提供诊断依据。

临床常根据 HRMRI 图像中呈现的斑块内钙化成分、脂质核心、纤维帽及出血等结果, 评估斑块的稳定性^[17]。陈伟红等^[18]将 HRMRI 应用于后循环缺血性卒中的 AS 影像学分析中, 通过高分辨率的斑块特征得出斑块出现高信号可能与血栓栓塞有关, 他们认为炎症反应使内皮细胞通透性和细胞外间质体积增加致斑块钙化, 这可能是同一血管区发生脑梗死的原因。本研究结果显示脑梗死患者 AS 斑块的不稳定性率比 TIA 患者高, 管腔狭窄情况比 TIA 患者严重, NWI 及 RI 都比 TIA 患者高, 说明 HRMRI 可评估脑梗死患者 AS 血管内斑块情况, 且脑梗死与 TIA 有不同斑块特性, 脑梗死患者斑块稳定性更差。分析其原因可能为 HRMRI 的优势在于其拥有传统 MRI 欠缺的黑血序列技术及亮血序列技术。黑血技术中的 T1WI 序列所显示的图像更加清晰, 能有效捕捉管腔内血流强弱信号, 清晰呈现动脉管壁情况, 精确对比斑块差异, 提高医师对斑块成分鉴定、测量评估的准确率; 亮血技术中的 3D TOF 及 MRA 扫描可定位斑块, 尤其是动脉分叉处, 可解释斑块分布于动脉分叉的关系, 及早区分脑梗死及 TIA, 两种技术在诊断动脉粥样硬化方面具有较高的应用价值^[19]。另外, 本研究结果显示, 脑梗死患者的斑块内出血、纤维帽破裂及脂质核心坏死发生率比 TIA 高, 说明早期检测斑块成分及特征情况对脑梗死的预防有重大意义。原因在于脂质核心坏死对斑块稳定性有较大影响, 脂质核心占比高时斑块极易破裂, 就病理特征而言, 斑块内出血与脑梗死临床表现密切相关, 纤维帽破裂或脱落阻塞颅内血管而造成脑梗死, 脂质核心、斑块出血及纤维帽破裂同为易损斑块的评价指标^[20]。因此, 早期通过 HRMRI 识别易损斑块, 能及时进行有效干预, 避免斑块严重病变。

4 结论

高分辨率核磁共振可以清晰呈现血管斑块的影像学特征, 客观准确地对斑块的稳定性及成分进行多方位成像, 对早期评估与诊断脑梗死具有重要意义, 对及时改善患者脑梗死情况有全面参考价值, 可广泛应用于临床中。

【参考文献】

- [1] 张丹凤. 高分辨力 MR 成像检查大脑中动脉粥样硬化斑块的研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2017, 40(2): 141-143, 147.

- [2] 于加贝,徐刚,唐雨,等.磁共振成像与磁共振血管造影在诊断颈动脉狭窄中的应用价值[J].心脑血管病防治,2020,20(1):116-118,125.
- [3] 詹浩辉,许秋霞,周祺源. MRI 和 CTA 在诊断颈动脉狭窄中的应用价值[J]. 医学影像学杂志,2019,29(12):2150-2153.
- [4] 王彩荣,何建平,罗荣芳,等. 3.0T 核磁共振高分辨成像对大脑中动脉 MCA 粥样硬化的诊断价值[J]. 中国医学装备,2019,16(7):80-83.
- [5] ABE A,SEKINE T,SAKAMOTO Y, *et al.* Contrast-Enhanced High-Resolution MRI for Evaluating Time Course Changes in Middle Cerebral Artery Plaques[J]. J Nippon Med Sch,2018,85(1):28-33.
- [6] 张丹凤. 3.0T 高分辨率磁共振成像对大脑中动脉粥样硬化斑块与脑梗死关系的研究[D]. 南京:南京医科大学,2017:13-15.
- [7] 巴建,苗红,张艾红. 磁共振高分辨技术在脑梗死复发患者颈动脉斑块评估中的应用观察[J]. 癫痫与神经电生理学杂志,2020,29(1):17-20.
- [8] 张超,韩帅,王心雨,等. 3D-CUBE T1 高分辨率磁共振序列在颅内动脉血栓诊断中的应用[J]. 临床放射学杂志,2019,38(12):2257-2261.
- [9] 余寿芬,赵辉林,李焰生. 高分辨磁共振成像评估颈动脉斑块特征与脑梗死灶的关系[J]. 神经病学与神经康复学杂志,2018,14(3):126-134.
- [10] 马玉荣,张涛,张静. 高分辨率 MRI 评价颈动脉斑块稳定性的优势及临床应用价值[J]. 磁共振成像,2016,7(8):630-634.
- [11] SUN Y,XU L,JIANG Y, *et al.* Significance of high resolution MRI in the identification of carotid plaque[J]. Exp Ther Med, 2020,20(4):3653-3660.
- [12] 王晚千,杨旗,李坤成. 高分辨率核磁共振成像技术在脑血管疾病的临床应用进展[J]. 中国脑血管病杂志,2017,14(7):385-389.
- [13] KIM Y S,LIM S H,OH K W, *et al.* The advantage of high-resolution MRI in evaluating basilar plaques: a comparison study with MRA[J]. Atherosclerosis,2012,224(2):411-416.
- [14] 黄艺峰,张乾营,阿浣,等. 基于 3.0T 高分辨率磁共振成像观察大脑中动脉狭窄患者血管壁斑块变化情况[J]. 实用心脑血管病杂志,2021,29(2):125-129.
- [15] 刘志强,臧召霞,吴珊珊,等. 高分辨 MRI 对颅内动脉粥样硬化斑块分布、厚度及稳定性的评估[J]. 脑与神经疾病杂志,2020,28(9):578-582.
- [16] 严雪娇,汤敏,高洁,等. 大脑中动脉形态与斑块分布及卒中的 HR-MRI 研究[J]. 临床放射学杂志,2021,40(2):206-211.
- [17] LI F,CHEN Q X,CHEN Z B, *et al.* Magnetic Resonance Imaging of Plaque Burden in Vascular Walls of the Middle Cerebral Artery Correlates with Cerebral Infarction[J]. Curr Neurovasc Res,2016,13(4):263-270.
- [18] 陈伟红,靳玮,张淑倩,等. 后循环缺血性卒中颅内动脉粥样硬化的高分辨率磁共振成像特征分析[J]. 中国脑血管病杂志,2019,16(9):461-465.
- [19] 董爱勤,王春雨,刘辉. 高分辨率磁共振评价症状性大脑中动脉粥样硬化斑块与脑梗死发生的关系[J]. 脑与神经疾病杂志,2019,27(8):486-489.
- [20] 徐立燕,王雁. 高分辨率磁共振成像对颅内大动脉粥样硬化的评估价值[J]. 中华神经医学杂志,2017,16(12):1242-1246.

(收稿日期:2021-09-27;修回日期:2021-12-20;编辑:黎仕娟)

(上接第 599 页)

- [10] NISHIHARA K,KAWAI H,KERA T, *et al.* Correlation of physical function with the thickness of multiple muscles of the quadriceps femoris in community-dwelling elderly individuals [J]. Clin Interv Aging,2018,13:1945-1951.
- [11] ABRAHAM A,DRORY VE,FAINMESSER Y, *et al.* Quantitative sonographic evaluation of muscle thickness and fasciculation prevalence in healthy subjects[J]. Muscle Nerve,2020,61(2):234-238.
- [12] KAWAI H,KERA T,HIRAYAMA R, *et al.* Morphological and qualitative characteristics of the quadriceps muscle of community-dwelling older adults based on ultrasound imaging:classification using latent class analysis[J]. Aging Clin Exp Res,2018,30(4):283-291.
- [13] 刘超然,王宁华,李威,等. 年龄对肌肉超声图像纹理特征的影响[J]. 中国康复医学杂志,2020,35(1):29-35.
- [14] OTA M,IKEZOE T,KATO T, *et al.* Age-related changes in muscle thickness and echo intensity of trunk muscles in healthy women:comparison of 20-60s age groups[J]. Eur J Appl Physiol,2020,120(8):1805-1814.
- [15] PEREIRA AZ,UEZIMA CB,ZANELLA MT, *et al.* Muscle Echogenicity and Changes Related to Age and Body Mass Index [J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2020, Online ahead of print.
- [16] STEINDL A,LEITNER J,SCHWARZ M, *et al.* Sarcopenia in Neurological Patients: Standard Values for Temporal Muscle Thickness and Muscle Strength Evaluation [J]. J Clin Med, 2020,9(5):1272.
- [17] IKEZOE T,MORI N,NAKAMURA M, *et al.* Age-related muscle atrophy in the lower extremities and daily physical activity in elderly women[J]. Arch Gerontol Geriatr,2011,53(2):153-157.
- [18] SHAMSI M,SARRAFZADEH J,JAMSHIDI A, *et al.* The effect of core stability and general exercise on abdominal muscle thickness in non-specific chronic low back pain using ultrasound imaging[J]. Physiother Theory Pract,2016,32(4):277-283.
- [19] 李金峰,邢剑,张元鸣,等. 废用性肌萎缩患者股内侧肌的定量超声图像特点研究[J]. 中国康复医学杂志,2020,35(7):775-781.
- [20] 王晨,王人卫,杨坚,等. 核心稳定性训练结合常规康复治疗对卒中偏瘫患者躯干肌肉厚度、活动度的 meta 分析[J]. 2019,34(9):1065-1070.
- [21] 王洪昭,杨茂林,赵妍妍,等. 终末回旋伸膝抗阻训练干预对老年男性股内斜肌厚度的影响[J]. 中国老年学杂志,2020,(40):1657-1659.
- [22] 邱丹,何辉,熊开宇. 不同强度抗阻训练对青年男性腰部肌肉形态及机能的影响[J]. 中国运动医学杂志,2019,38(2):112-119.

(收稿日期:2021-09-13;修回日期:2022-01-06;编辑:黎仕娟)