doi:10.11659/jjssx.09E025116

·影像诊断与手术导航·

DCE-MRI对肥大乳房乳头乳晕复合体血供的评估价值

曹红杰,高 娜,郑玉涛 (首都医科大学附属北京朝阳医院放射科,北京 100024)

[摘 要] **目的** 探讨动态增强磁共振成像(DCE-MRI)在肥大乳房乳头乳晕复合体(NAC)血供评估中的价值。**方法** 回顾性分析2024年1月至2025年1月我院收治的107例肥大乳房患者(观察组)和同期100例正常乳房志愿者(对照组)的DCE-MRI影像资料,通过最大密度投影(MIP)图像识别NAC供血血管,并按9分区法统计血供来源。**结果** 观察组患者乳房单区供血率显著高于对照组($P<0.05$),双区供血为2组患者乳房最常见的供血模式,2组患者双区、3区及以上供血率比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。2组患者乳房NAC血供区域分布比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。2组患者乳房血供区域均主要集中于内上象限和外上象限。**结论** DCE-MRI可清晰地显示肥大乳房的NAC血供特征,肥大乳房的NAC血供模式与正常乳房相似,但其单区供血比例显著高于正常乳房。术前DCE-MRI评估有助于指导手术切口设计及血管保护,降低术后NAC坏死风险。

[关键词] 动态增强磁共振成像;肥大乳房;乳头乳晕复合体;血供评估
[中图分类号] R655.8;R445.2 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-09-29

Value of DCE-MRI in assessing blood supply to the nipple-areola complex in breast hypertrophy

CAO Hong-jie, GAO Na, ZHENG Yu-tao (Department of Radiology, Beijing Chao-yang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100024, China)

Abstract: Objective To explore the value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) in assessing blood supply to the nipple-areola complex (NAC) in breast hypertrophy. **Methods** The DCE-MRI data of 107 patients with breast hypertrophy (the observation group) and 100 volunteers with normal breast (the control group) admitted to our hospital from January 2024 to January 2025 were retrospectively analyzed. The blood supply vessels to NAC were identified by maximum intensity projection (MIP) images, and the blood supply sources were counted according to the 9-region method. **Results** The single-region blood supply rate of the breasts in the observation group was significantly higher than that in the control group ($P<0.05$). The dual-region blood supply was the most common blood supply pattern for the breasts in both groups. No statistically significant differences were found between the two groups in the rates of dual-zone or three-or-more-region blood supply ($P>0.05$). There was no statistically significant difference in the regional distribution of NAC blood supply in the breasts between the two groups ($P>0.05$). The blood supply regions of the breasts in both groups were mainly concentrated in the inner upper quadrant and the outer upper quadrant. **Conclusion** DCE-MRI can clearly display the NAC blood supply characteristics of breast hypertrophy. The NAC blood supply pattern in breast hypertrophy is similar to that in normal breasts, while the proportion of single-region blood supply is significantly higher than that of normal breasthan. Preoperative assessment of DCE-MRI can help guide the design of surgical incisions and vascular protection, thus reducing the risk of NAC necrosis after surgery.

Keywords: dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging;breast hypertrophy;nipple-areola complex;blood supply assessment

肥大乳房是指因乳腺组织过度发育、脂肪堆积或激素水平异常等原因导致的乳房体积异常增大,常伴有乳房下垂、肩背部疼痛及皮肤湿疹等症状,严重影响患者的生活质量与心理健康[1-2]。手术治疗,如乳房缩小成形术或保留乳头乳晕复合体(nipple-areola complex, NAC)的乳房切除术是常用的干预方式[3-4]。然而,此类手术的成功高度依赖于对NAC血供的充分保护,术后NAC缺血坏死是最常见且严重的并发症之一,发生率为5.9%~13.0%[5-6]。

NAC的血供主要来源于内乳动脉穿支、胸外侧动脉分支以及肋间动脉穿支等,但其具体分布具有显著的个体差异。以往研究主要通过尸体解剖获取血供信息,样本量有限,无法反映生理状态下的真实血供[7]。随着影像学技术的发展,动态增强磁共振成像(dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)凭借高时空分辨率与多平面重建能力,能够清晰、无创地显示乳腺内血管的走行与分布,已成为术前评估NAC血供的重要工具[8-10]。

已有研究从不同角度对正常乳房NAC的血供特征及影像学评估进行了探索。Wang等[11]对245例亚洲女性乳房的DCE-MRI资料进行分析后明确了NAC血供主要来源于内上及外上象限,Seitz等[6]也提出了基于MRI的“NACsomes”分类系统。肥大乳房因组织厚度增加、结构变异更大,其血供模式可能更复杂,上

述研究结论难以直接推广应用于该类人群。因此,本研究旨在通过DCE-MRI技术,系统评估肥大乳房NAC的血供分布特征,并与正常乳房的血供对比,为临床制定个体化手术方案、降低术后坏死风险提供影像学依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2024年1月至2025年1月于我院甲状腺乳腺外科就诊并接受双侧乳腺DCE-MRI检查的107例双侧肥大乳房患者的临床资料。肥大乳房患者作为观察组,均为女性,年龄25~65岁,平均(44.31±8.73)岁;体质量指数21.52~35.23 kg/m^2,平均(27.63±3.41)kg/m^2。同期招募100例在我院进行健康体检且乳腺体检及超声检查无异常的女性作为对照组,年龄24~63岁,平均(42.13±7.22)岁;体质量指数18.54~27.83 kg/m^2,平均(26.83±2.91)kg/m^2。纳入标准:对照组乳房体积250~400 mL且无乳腺疾病史,观察组乳房体积大于500 mL,并伴有不同程度的乳房下垂(采用Regnault分型)[12];既往无乳腺手术史;无MRI检查禁忌证[包括对比剂过敏史、肾功能不全(肾小球滤过率>60 mL·min^{-1}·1.73 m^{-2})]等。2组患者年龄、体质量指数比较,差异均无统计学意义(P>0.05)。观察组患者乳房体积为(682.43±135.71)mL,显著大于对照组的(328.64±42.33)mL(t=18.452,P<0.001)。本研究方案经我院医学伦理委员会审查批准(批准号:2024-科-590),所有检查均在患者知情同意后进行。

1.2 方法

1.2.1 DCE-MRI扫描 采用3.0T超导磁共振成像系统行乳腺DCE-MRI检查,使用8通道专用乳腺相控阵表面线圈进行扫描。受检者取俯卧位,双乳自然悬垂于线圈凹槽内,双手环抱软垫举过头顶以固定体位。调整体位确保双侧乳头位于同一水平线,胸骨切迹对准线圈中心标记。扫描前指导患者保持平静呼吸,避免体动。扫描序列与参数设置如下:①定位像采用Fast SPGR序列,层厚5 mm,FOV为320 mm×320 mm,TR/TE为4.2 ms/1.9 ms;②横断位T2WI采用FRFSE-XL序列,TR/TE为4 500 ms/85 ms,层厚4 mm,FOV为320 mm×320 mm,矩阵384×256;③横断位DWI采用ss-EPI序列,b值为0,800 s/mm^2,TR/TE为6 000 ms/65 ms,层厚4 mm,FOV为320 mm×320 mm,矩阵128×128;④横断位DCE-MRI采用LAVA-Flex序列,TR/TE为4.1 ms/2.0 ms,翻转角为12°,层厚1.6 mm,FOV为320 mm×320 mm,矩阵为320×320,扫描期相为1期平扫+8期增强(时间分辨率7秒/期),总时长约9 min。对比剂方案:经肘前静脉高压注射钆对比剂(钆喷酸葡胺注射液,注射剂量0.1 mmol/kg),流率2.5 mL/s,注射后以流率2.5 mL/s推注20 mL生理盐水冲管。增强扫描于对比剂注射时启动。

1.2.2 图像后处理与分析 所有DCE-MRI原始数据均传输至后处理工作站进行专业分析。先对动态增强早期(通常为对比剂注入后90~120 s)的动脉期图像进行数字减影处理,以充分抑制背景软组织信号,突出显示强化血管结构。随后,采用最大密度投影(maximum intensity projection,MIP)算法分别重建轴位、冠状位及矢状位二维血管图像,并进一步生成三维旋转MIP图像,实现血管走行的多角度、全方位观察。由2名具有5年以上乳腺影像诊断与乳腺外科手术经验的医师,在不知晓研究对象分组信息(即不知其为观察组或对照组)的情况下,独立进行图像判读。所有进入NAC周边或后方、且直径≥1 mm的清晰显影动脉均被识别并记录。参考Seitz等[6]提出的"NAC-somes"分类系统,将NAC的血供来源分为9个解剖学区域,即:内上、内侧、内下、外上、外侧、外下、上方、下方及中央区。对于评估意见不一致的病例,由第3名具有10年以上乳腺影像诊断经验的医师进行仲裁,以确保结果的准确性。

1.3 统计学分析

采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本t检验。计数资料以率(%)表示,组间比较采用χ^2检验。采用加权*Kappa*值评估2名观察者对NAC血管分区判断结果的一致性。以P<0.05为差异具有统计学意义。

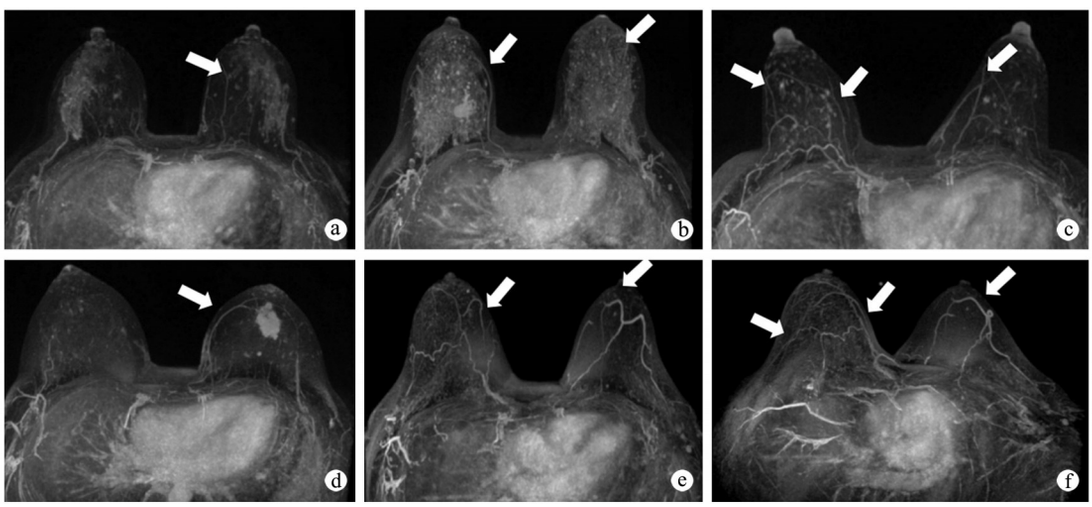
2 结果

2.1 2组患者乳房NAC血供分区数量比较

观察组患者中共识别出345条营养NAC的源血管,100例正常乳房中共识别出318条源血管,2组患者平均血管数比较,差异无统计学意义(P>0.05)。NAC灌注分区数量结果显示,观察组患者单区供血率显著高于对照组(P<0.05);双区供血为乳房最常见的供血模式,观察组和对照组患者乳房双区供血率比较,差异无统计学意义(P>0.05);2组患者3区及以上供血率比较,差异无统计学意义(P>0.05),见表1、图1。

表1 2组患者乳房NAC血供分区数量比较

组别	n	单区供血[例(%)]	双区供血[例(%)]	3区及以上供血[例(%)]	平均血管数(条)
观察组	107	30(28.04)	49(45.79)	28(26.17)	3.22±1.05
对照组	100	18(18.00)	52(52.00)	30(30.00)	3.18±0.97
χ^2/t		4.323	0.872	0.454	0.341
P		0.038	0.351	0.503	0.734



a~c:对照组轴位MIP图示单区、双区、3区及以上血供来源;d~f:观察组轴位MIP图示单区、双区、3区及以上血供来源 箭头:供应血管

图1 乳腺DCE-MRI减影后MIP图像

2.2 2组患者乳房NAC血供区域分布比较

2组患者乳房NAC血供区域分布比较,差异均无统计学意义(P>0.05)。2组患者乳房血供区域均主要集中于内上象限和外上象限,其余各区域血管分布比例均较低,见表2。

表2 2组患者乳房NAC血供区域分布比较[条(%)]

血供来源	观察组(n=345)	对照组(n=318)	χ^2	P
内上	145(42.03)	130(40.89)	0.152	0.698
外上	103(29.86)	99(31.13)	0.183	0.674
内侧	32(9.28)	30(9.43)	0.011	0.943
内下	16(4.64)	14(4.40)	0.032	0.865
外下	18(5.22)	15(4.72)	0.112	0.737
下方	12(3.48)	13(4.09)	0.193	0.663
中央区	10(2.90)	8(2.52)	0.123	0.726
上方	5(1.45)	6(1.89)	0.211	0.644
外侧	4(1.15)	3(0.93)	0.083	0.777

2.3 观察者一致性分析

2名观察者对NAC血管分区判断的一致性较高,加权*Kappa*值为0.892(95%*CI*:0.853~0.931),表明判断结果具有高度一致性。2名观察者在分区数量判断上完全一致性为92.27%(191/207),判断不一致的病例经第3名具有10年以上乳腺影像诊断经验医师仲裁后达成共识。

3 讨论

本研究利用DCE-MRI技术对107例肥大乳房及100例正常乳房的NAC血供特征进行了系统评估与对比分析显示,2组患者乳房NAC血供均主要源自内上象限及外上象限,分布模式相似,但肥大乳房的单区供血比例显著高于正常乳房,这一发现对于临床解剖学与手术规划具有重要的意义。

从解剖学角度来看,NAC的血供主要依赖于真皮下血管网及深部穿支血管的共同供养。本研究中2组患者乳房均显示出以内上及外上象限为主要血供来源的特征,Wang等[11]对245例亚洲女性乳房进行研究也得出相似结论,进一步验证了该血供模式在人群中的普遍性。然而,肥大乳房单区供血比例的显著升高,可能与其独特的组织学结构密切相关。肥大乳房不仅表现为脂肪组织与腺体的增生肥大,还常伴随胶原纤维增生及间质纤维化[13]。此外,肥大乳房中脂肪组织与腺体组织的比例常发生改变。已有研究显示,以脂肪增生为主的乳房与以腺体增生为主的乳房,其血管分布密度及穿支血管模式可能存在差异[8]。本研究中肥大乳房单区供血比例升高,推测可能与部分患者乳房内脂肪组织大量增生、相对血供密度较低,导致血供来源趋于集中有关。这种组织结构的改变可能导致血管分布密度相对降低,尽管部分区域存在血管代偿性增粗,但整体上穿支血管的数量可能减少,进而使更多乳房依赖单一主要血管供血。同时,乳房体积的显著增大也可能导致血管路径延长、穿支血管解剖变异增加,从而影响多源血供的形成[14]。

肥大乳房NAC血供模式与正常乳房相似,但单区

供血比例显著高于正常乳房,这一发现对乳房切除术及乳房缩小成形术的术前规划具有重要的指导价值。单区供血意味着NAC的血运代偿能力可能相对有限,术中主要供血血管的意外损伤会显著增加术后NAC缺血坏死的风险[15]。因此,对于术前DCE-MRI检查提示为单区供血的肥大乳房,外科医生应制定精准的手术策略,且术中谨慎操作。在切口选择上,应优先考虑能最大限度保留预期主要供血区域的切口设计。若主要血供来自内上象限,则应避免在此区域作延长性或放射状切口,乳房下皱襞切口或外侧放射状切口可能是更安全的选择[16]。此外,术中应倡导精细化的操作,尽量减少皮下剥离的范围和对真皮下血管网的破坏,并注意保护已被DCE-MRI标识的主要来源血管。

DCE-MRI作为一种无辐射、高软组织分辨率的成像技术[17],在本研究中展现出其在描绘活体血管解剖细节方面的独特价值。通过多期动态增强扫描和MIP三维重建,DCE-MRI能够非侵入性地、清晰地显示供应NAC的血管数量、走行、管径及起源区域,其效果优于多普勒超声对深部细小穿支血管的显示能力,且避免了CT血管成像的电离辐射问题[18]。本研究2名观察者之间的加权*Kappa*值高达0.892也证明了DCE-MRI评估结果具有良好的判读一致性与可重复性。因此,我们建议将DCE-MRI作为拟行乳腺切除术或乳房缩小成形术患者术前常规评估手段之一,尤其对于具有高危因素(如重度下垂、吸烟史、既往放疗史)的患者。

本研究存在以下局限性:首先,尽管DCE-MRI提供了丰富的解剖学信息,但其仅能显示宏观血管结构,无法直接量化组织灌注水平或预测侧支循环的代偿能力;其次,本研究为单中心回顾性研究,存在潜在的选择偏倚;第三,未进一步细分不同乳房肥大程度对血供的影响;最后,本研究聚焦影像学解剖特征描述,未对患者进行术后长期随访,无法直接验证DCE-MRI评估结果与术后NAC坏死发生的相关性。今后需开展前瞻性、大样本、多中心研究,将影像学发现与手术结局、术后并发症等临床终点事件关联分析,以更全面地评价DCE-MRI在临床实践中的应用价值。

综上所述,DCE-MRI可清晰显示肥大乳房的NAC血供特征。肥大乳房与正常乳房的NAC血供分布模式相似,但肥大乳房单区供血比例显著高于正常乳房。术前DCE-MRI评估可为肥大乳房手术提供重要的血供信息,指导手术切口设计和血管保护策略,有助于降低术后NAC坏死风险。

[参考文献]

[1] Kadhum M, Symonette C, Khan W, et al. Liposuction-only breast reduction: a systematic review of outcomes[J]. Aesthetic Plast Surg, 2024,48(17):3351-3361. doi:10.1007/s00266-024-03874-w.

[2] Santen RJ, Karaguzel G, Livaoglu M, et al. Role of ERα and aromatase in juvenile gigantomastia[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2024, 109(7): 1765-1772. doi:10.1210/clinem/dgae019.

[3] 李婉迪,申传安. 乳房缩小术对乳房及乳头乳晕复合体感觉影响的研究进展[J]. 中华整形外科杂志,2023,39(11):1262-1266. doi:10.3760/cma.j.cn114453-20210908-00377.

[4] 吴晓敏,李丹怡,陈振雨,等. 手术治疗女性乳头肥大的研究进展[J]. 中华医学美学美容杂志,2023,29(5):423-425. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-0290.2023.05.024.

[5] Olsen MA, Nickel KB, Margenthaler JA, et al. Nipple-sparing mastectomy and infction risk after immediate breast reconstruction[J]. J Am Coll Surg, 2025, 241(2): 254-260. doi:10.1097/XCS.0000000000001424.

[6] Seitz IA, Nixon AT, Friedewald SM, et al. "NACsomes": a new classification system of the blood supply to the nipple areola complex (NAC) based on diagnostic breast MRI exams[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2015, 68(6): 792-799. doi:10.1016/j.bjps.2015.02.027.

[7] 卢景绍,郑晓东,祖洪亮,等. 乳头乳晕复合体血供及临床应用研究进展[J]. 河北医科大学学报,2025,46(4):483-487. doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.04.017.

[8] Wang D, Wang Y, Zhang Q, et al. Hypertrophic breasts versus normal-sized breasts: comparison of blood supply to the nipple-areola complex based on DCE-MRI[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2023, 76:191-197. doi:10.1016/j.bjps.2022.10.052.

[9] 王大卫,吴毅平. 乳腺影像学技术在乳房整形中的应用进展[J]. 中华整形外科杂志,2022,38(11):1299-1303. doi:10.3760/cma.j.cn114453-20200927-00517.

[10] 修丽佳,张 浩,刘瑜斌. 早期乳腺癌行MRI检查的影像学表现及DCE定量参数诊断良恶性的效能分析[J]. 影像技术,2025,37(3):36-41. doi:10.3969/j.issn.1001-0270.2025.03.07.

[11] Wang D, Xiong S, Ai T, et al. The use of DCE-MRI to evaluate the blood supply to the nipple-areola complex: a study in 245 Asian women[J]. Aesthet Surg J, 2021, 41(6): NP346-NP354. doi:10.1093/asj/sjaa406.

[12] 朱 蓉,谭 谦. 女性乳房肥大症的临床诊断与手术治疗进展[J]. 东南大学学报(医学版),2016,35(5):800-805. doi:10.3969/j.issn.1671-6264.2016.05.035.

[13] 杨艳清,孙家明. 女性乳房肥大的病因学研究进展[J]. 中华整形外科杂志,2011,27(5):398-400. doi:10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2011.05.023.

[14] 郑 惠,苏映军,张兆祥,等. 乳房肥大患者与正常人群乳头乳晕血供研究分析[J]. 中华整形外科杂志,2018,34(2):92-97. doi:10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2018.02.004.

[15] 胡 薇,詹 璐,闫桂玲. 乳头乳晕复合体血供与临床应用探讨[J]. 中华乳腺病杂志(电子版),2020,14(6):327-330. doi:10.3877/cma.j.issn.1674-0807.2020.06.001.

[16] 李 娟,冯 玉,张栋林,等. 倒T切口轴型三蒂法缩乳术在治疗中重度乳房肥大及巨乳症中的临床应用[J]. 中国普通外科杂志,2022,31(5):559-568. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.05.001.

[17] 马国津,李佳晶,崔金利. 乳腺癌DCE-MRI与超声、钼靶X线的对比研究及诊断价值分析[J]. 影像科学与光化学,2024,42(6):669-676. doi:10.7517/issn.1674-0475.2024.06.18.

[18] 王大卫,熊诗璇,任玉萍,等. 动态增强磁共振成像在评估女性乳房乳头乳晕血供的应用[J]. 中华整形外科杂志,2021,37(1):66-71. doi:10.3760/cma.j.cn114453-20200208-00032.

(编辑:刘 艺)