

论 著

# 乳房动脉CTA扫描与重建技术在缩胸手术术前规划中的应用\*

李笑石<sup>1</sup> 耿纪刚<sup>1</sup> 秦 越<sup>1,\*</sup>  
金大永<sup>1</sup> 朱寅虎<sup>1</sup> 李 馨<sup>1</sup>  
易成刚<sup>2</sup> 熊绍恒<sup>2</sup>

1.陕西省西安大兴医院医学影像科

(陕西 西安 710016)

2.中国人民解放军空军军医大学附属西京医院整形外科(陕西 西安 710032)

**【摘要】目的** 探讨乳房动脉CTA扫描与重建技术对于缩胸手术术前规划的临床价值与意义。**方法** 收集2018年5月至2021年7月西京医院及西安大兴医院整形外科拟进行缩胸手术的患者60例(其中在西京医院进行CTA检查55例,大兴医院CTA检查5例),进行术前乳房CTA扫描,将CTA原始数据导入佳能VITREA4.0版本后处理工作站,应用Vessel-Tools软件对乳房内的供血动脉进行提取并三维数字建模,标注每一个患者乳房内动脉乳晕乳头器官的主要供血动脉来源并测量血管末端直径,使用ORS 3.0软件进行乳房体积测量。建模后的图像和测量数据由放射科医师与整形外科医师进行联合术前规划。每一个病例4~9个月后进行随访观察,统计患者乳晕乳头复合区(NAC)的坏死率和并发症情况。**结果** 在60例患者中,共提取重建到血管206条。随访患者中没有1例出现NAC坏死情况及其他并发症或感染。**结论** 在进行缩胸手术之前进行乳房动脉CTA检查并进行血管提取重建,可以在手术前对乳房内动脉进行观测,明确NAC区的乳房走行和主要血供情况,可以避免术中伤及NAC供血动脉,保护乳晕乳头功能,提高手术成功率。

**【关键词】** 巨乳症; 缩胸手术; 乳房内动脉; 乳晕乳头复合区; 动脉成像扫描与重建

**【中图分类号】** R816.2

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 国家重点研发计划课题:高影像对比度材料复杂医疗模型及临床应用(2018YFB1107105);  
陕西省重点研发计划项目:3D打印个性化硅胶假体在乳房再造修复中的应用研究(2019SF-036)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.02.033

# Application of CTA Scanning and Reconstruction of Breast Arteries in Preoperative Planning of Breast Reduction Surgery Megamasts\*

LI Xiao-shi<sup>1</sup>, GENG Ji-gang<sup>1</sup>, QIN Yue<sup>1,\*</sup>, JIN Da-yong<sup>1</sup>, ZHU Yin-hu<sup>1</sup>, LI Xin<sup>1</sup>, YI Cheng-gang<sup>2</sup>, XIONG Shao-heng<sup>2</sup>.

1. Xi'an Daxing Hospital, Xi'an 710016, Shaanxi Province, China

2. Xijing Hospital, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the clinical value and significance of breast artery CTA scanning and reconstruction technology for preoperative planning of breast reduction surgery. **Methods** From May 2018 to July 2021, 60 patients who planned to undergo breast reduction surgery in the plastic surgery department of Xijing Hospital and Xi'an Daxing Hospital (including 55 cases of CTA examination in Xijing Hospital and 5 cases of CTA examination in Daxing Hospital) were collected and operated. Pre-breast CTA scan, import CTA raw data into Canon VITREA4.0 version post-processing workstation, use Vessel-Tools software to extract and 3D digital model the blood supply arteries in the breast, and mark the main internal mammary arteries, areola and papillary organs of each patient. Source the blood supply artery and measure the diameter of the end of the blood vessel. Use ORS 3.0 software for breast volume measurement. The modeled images and measurement data are planned by radiologists and plastic surgeons for joint preoperative planning. Each case was followed up 4-9 months later, and the necrosis rate and complications of the patients' areola nipple complex (NAC) were counted. **Results** In 60 patients, a total of 206 blood vessels were extracted and reconstructed. None of the follow-up patients had NAC necrosis and other complications or infections. **Conclusion** Carry out breast artery CTA examination and vascular extraction and reconstruction before breast reduction surgery. The internal mammary artery can be observed before surgery to clarify the breast course and main blood supply in the NAC area, which can avoid injury to the NAC supply artery during the operation. Protect the function of the areola nipple and improve the success rate of surgery.

**Keywords:** Megamasturbation; Breast Reduction Surgery; Internal Mammary Artery; Areola Papillary Complex Area; Arterial Imaging Scan and Reconstruction

巨乳症全称乳房肥大症,是临床上常见的一种乳房疾病,主要表现为乳房内的腺体、脂肪及结缔组织过度增生,导致乳房体积过大,身体比例失调。更严重的情况患者有极大的身体负重负担,睡眠时压迫胸腔,长期造成心肺功能负荷<sup>[1-2]</sup>。而此类患者往往心理上背负着极大压力,自卑情绪严重,影响身心健康。目前巨乳症的划分没有明确严格的规定和标准,国内临床上多按照方彭林的著作<sup>[3]</sup>,根据乳房体积进行了分类:单侧乳房体积250~350mL为正常大小乳房,350~1000mL均为肥大乳房范围,大于1000mL则可定义为巨乳症乳房,即需要进行手术干预<sup>[2]</sup>。

巨乳症的发病原因现在还没有明确的研究,主要的观点认为是遗传效应和外界环境刺激造成的影响<sup>[4]</sup>。在美国每年有约100000例缩胸手术(2017年该手术量在美国为1003098例)<sup>[5]</sup>,而在我国还没有明确的数字统计。但是我国人口基数大,实际上的手术量也是非常大的。

目前国内外的缩胸手术术式有很多种,总体目的都是切除乳房内多余的腺体和脂肪组织,重塑正常的乳房形态,将乳晕乳头的位置上提并保留NAC功能区的血供和哺乳功能。但是鉴于放射检查应用的观念差异性,国外缩胸手术基本不会进行术前乳房内血供CTA检查。极少数的国内手术会在术前进行胸部CTA扫描<sup>[6]</sup>,但是缺乏统一的检查参数设置、体位摆放、造影剂用量标准,而且血管重建也没有统一的标准,往往无法有效观测到乳房内动脉的走行,对手术指导意义有限。

本研究与西京医院整形外科团队合作,对每一例缩胸手术术前的患者都进行CTA检查并薄层重建数据,原始数据通过血管提取软件进行分割与绘制,重建三维VR彩色血管走行示图,并依照VR示图进行血供依据个性化手术方案的订制。手术后进行随访观察,统计术后NAC功能区是否存在坏死以及并发症,进一步明确乳房内动脉CTA的临床意义以及对缩胸手术的指导帮助,探索乳房内动脉NAC去血供探查的规范化扫描与重建。

## 1 材料与方法

**1.1 临床资料** 连续收集2020年1月至2021年7月西京医院整形外科因乳房肥大拟进行缩胸手术的患者60例,其中在西京医院进行CTA检查55例,在大兴医院进行CTA检查的患者5例。所有患者均签署造影剂注射知情同意书、计算机图像数据处理知情同意书。所有纳入患者全为女性,具体纳入标准:因为乳房体积过大或质量过重导致出现临床症

**【第一作者】** 李笑石,男,主管技师,主要研究方向:CT与MR影像技术。E-mail: weishenshuying@163.com

**【通讯作者】** 秦 越,女,主任医师,主要研究方向:神经中枢、胸部疑难影像诊断。E-mail: qinyuemr@126.com

状；无造影剂及药物明敏历史及其他CTA检查禁忌症；乳房体积大于350mL；排除标准：年龄小于15岁或大于65岁的患者；曾接受乳房手术；乳腺癌确诊或乳房有肿块。患者信息见下表1。

## 1.2 设备与方法

1.2.1 扫描设备与后处理重建技术 采用西门子第二代双源计算机断层扫描设备(西京医院)，佳能320排宽体探测器计算机断层扫描设备(西安大兴医院)。两家医院设备采集的原始数据导入西安大兴医院医学影像科VITREA4.0工作站进行后处理重建。

1.2.2 扫描方法与参数设置 所有患者均采用100Kv管电压，管电流300mA，螺距0.8，重建矩阵512×512，FC=12.5，扫描完成后重建层厚0.625mm，层间距0.625mm；造影剂流速4.5~5.5mL/s，按照体重0.8mL/KG用量，剂量范围50~85mL，造影剂采用碘克沙醇对比剂。患者采用俯卧位，头进脚出。因为两家医院的设备不同，扫描参数略有不同，具体参数设置见下表2

1.2.3 扫描与重建步骤 患者脱去内衣，乳晕处粘贴软橡胶材质贴片，俯卧在特殊材料订制的泡沫支架上(见图1)，使乳房自然悬空下坠，于右肘部注射对比剂；进行动脉中晚期扫描并采集数据进行薄层重建，两期重建层厚均为0.625mm，层间距0.625mm，重建后的图像导入至VITREA 4.0工作站。

1.3 数据处理建立VR模型 首先使用VITREA工作站中的VT(vessel tools)软件进行乳房内动脉的提取与标记，通过预设CT阈值将CT值低于20Hu的组织剔除(脂肪组织及部分腺体)，识别乳房内动脉血管的大体走行，再手动分割切除血管与周围腺体组织，将动脉与腺体剥离，所得仅有动脉血管的模型(图2)；重新设定阈值，提取NAC区橡胶贴，即为NAC区乳头位置，得到NAC区的模型(图3)。最后将乳房整体轮廓进行提取重建(图4)，调整透明度(transparency, VR图像中伪彩的密度值)并与动脉模型、NAC区乳头标记物模型融合，得到乳房内动脉完整走行VR模型，可以在乳房轮廓内清楚显示乳房内动脉与NAC区位置的关系(图5、6)。

1.4 数据测量 将通过阈值提取得到的乳房内动脉分别标记命名，由一名高年资影像科医师将每一条进入NAC区标记物附近的穿支血管末端直径进行测量，追溯该穿支血管来源动脉并统计记录，得到NAC区供血动脉末端的直径与起源动脉。再将两期原始数据(层厚与层间距0.625mm，DICOM格式)导入ORS 3.0版本工程学软件，进行乳房体积测量：依据阈值分割组织，手动去除乳房胸壁连接处的肌肉与骨骼(包括胸骨、胸大肌、肋骨、锁骨等无关组织)，得到完整的乳房三维数据，通过软件内的自动计算工具得到双侧乳房的体积并记录。

1.5 术前规划 患者自然立位，由影像科与整形外科医生配合，根据CTA重建的图像，在患者体表标注出达到NAC区乳房内动脉的走行和位置。再测量患者乳房相关经线，在患者体表绘制锁骨中点连线至乳头的位置，绘制胸骨切迹至乳头距离，乳头到胸骨中线的距离。

## 2 结果

2.1 随访观察结果 所有手术后的病人统一进行随访观察，并记录并发症等。随访时间4至9个月，每位患者至少随访一次，记录统计患者乳晕乳头复合区(NAC)的坏死率和并发症情况。其中没有一例患者出现NAC区坏死。脂肪液化、感染、血肿等并发症随访中也未发现。有5位患者术后3-6个月后即进行哺乳，感到不适的有1人，占20%。

2.2 血管测量统计结果 在60例患者图像中共重建了206条给予NAC区血供的乳房内动脉血管，左侧105条，右侧101条，其中有156条血管为主要供血动脉，50条为次要供血动脉。所有动脉血管中，来自胸廓内动脉的穿支动脉为116条(56.3%)，42条来自胸外侧动脉(20.3%)，20条来自胸廓峰动脉(9.7%)，16条来自腋动脉(4.9%)，12条来自腋动脉(4.9%)；未见其他动脉来源。在乳房血供模式中，有42人(70%)乳房内动脉供血呈双侧对称，有18人(30%)为不对称。

本研究之前于2018年5月郑慧、易成刚<sup>[7-8]</sup>等学者进行了CTA重建后的整形外科手术个性化术式的研究，在他们的研究中也统计了乳房内动脉血供动脉的来源与血供模式，与本

研究属于共同课题组(国家重点研发计划2018YFB1107100，陕西省重点研发计划2019SF-036)。本统计结果与之前研究相比，在供血动脉来源统计中，结果均无显著性差异( $P>0.05$ )；血供模式对称性的统计中，两次研究对比有显著性差异( $P<0.05$ )；巨乳症患者乳房内动脉的血供模式对称性具有明显的特异性和差异化，见表4。

表1 患者基本信息

类别	数值与范围
人数	60
年龄(岁)	15-62; 36.2±2.1
平均BMI	25.2±1.9
下垂程度(cm)	5.5±0.35
胸围(cm)	115.2±13.6

表2 扫描参数设置

参数设置	西京医院	西安大兴医院
扫描设备	西门子Definition Flash双源CT	佳能Aquilion ONE320排CT
管电压	100Kv	
管电流	300mA	
准直器	320×0.5	
螺距	0.8	
球管旋转时间	0.35R/s	0.5R/s
矩阵	256×256	512×512
FC	10.5 12.5	
重建层层间距	0.625mm×0.625mm	
体位	俯卧位头进脚出，出床扫描	
造影剂名称	碘克沙醇	
造影剂用量	0.8mL/KG, 50-85mL	
造影剂流速	4.5~5.5mL/s	
造影剂浓度	370mg/L	320mg/L
扫描期像	动脉及静脉期	动脉期连续扫描
重建算法	FLESH FBV	AIDR 3D

表3 患者术后随访统计

类别	数值与范围
人数	60
术前平均单侧乳房体积(mL)	585.2±24.3
术后平均单侧乳房体积(mL)	361.2±11.9
脂肪液化	0(0/60,0%)
感染	0(0/60,0%)
血肿	0(0/60,0%)
NAC区哺乳功能不适	1(1/5, 20%)
NAC区坏死	0(0/60,0%)
其他并发症	0(0/60,0%)

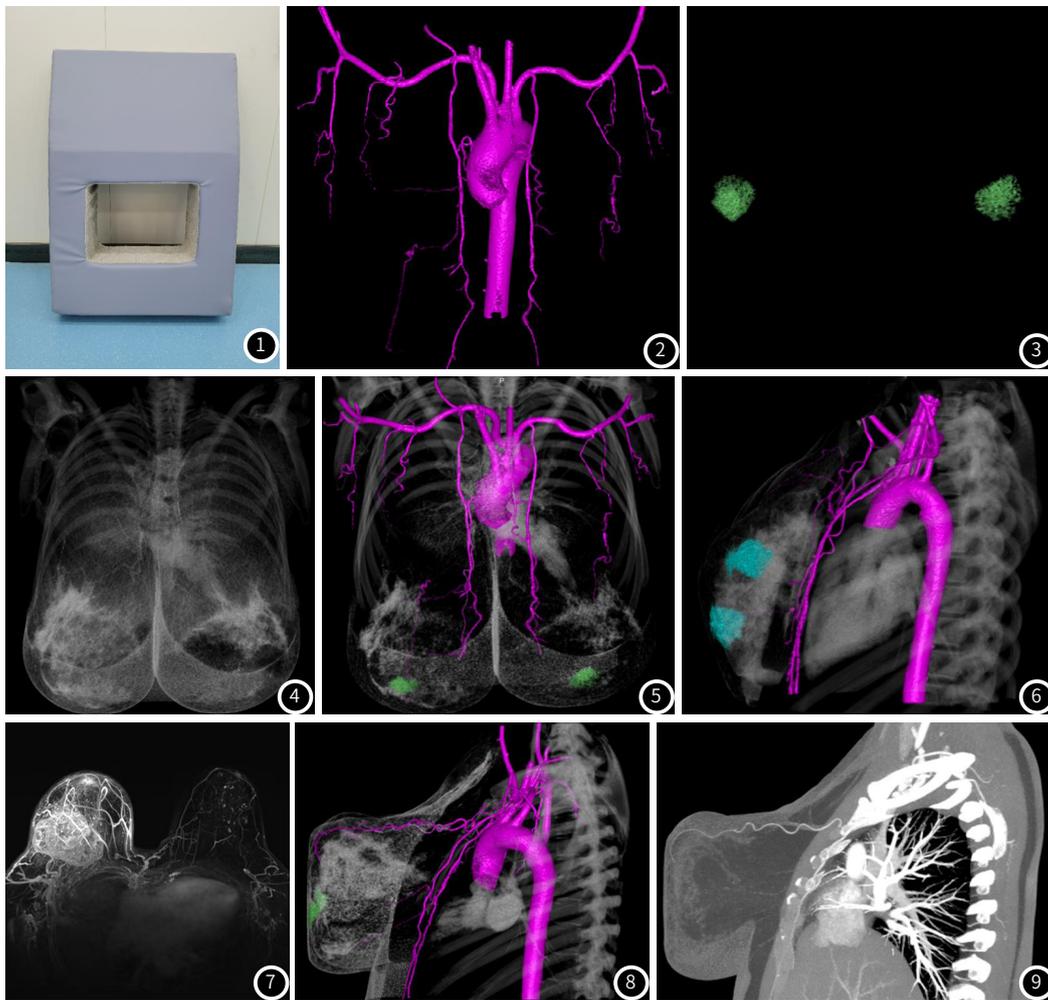


图1 乳房动脉CTA扫描支架,为我科室自行设计订制。图2 血管分割模型图。图3 NAC区手动分割模型图。图4 乳房整体轮廓模型图。图5~图6 三组模型融合后的VR图像,可以明确显示乳房内动脉血管与NAC区的关系。图7 MR乳腺内血供成像 设备:西门子prisma 3.0T核磁共振检查仪 西安大兴医院 静脉显影较大。图8~图9 提取分割后的重建图像(左图)与传统MIP图像对象。

表4 乳房内动脉血管来源与血供模式统计

类别	2021年研究统计(%)	2018年研究统计(%)	P值
患者人数	60	60	N/A
血管总数	206	163	N/A
胸廓内动脉来源(乳内动脉)	116(56.3)	81(49.6)	0.2063
胸外动脉	42(20.3)	46(28.2)	0.08
胸肩峰动脉	20(9.7)	22(13.5)	0.2558
肱动脉	16(7.7)	7(4.3)	0.1712
腋动脉	12(5.8)	7(4.3)	0.5093
其他动脉	0(0)	0(0)	1
血供模式对称	42(70)	27(45)	0.0058
血供模式不对称	18(30)	33(55)	0.0058

表5 2018年研究与2021年扫描参数设置对比

	2018年研究	2021年研究
监测层面	升主动脉	左侧锁骨下动脉
扫描触发阈值	120Hu	160Hu
第一期采集时间	动脉期(22~28秒)	动脉晚期(26~31秒)
第二期采集时间	静脉期(42~48秒)	动脉晚期(28~33秒)
造影剂用量	70mL	按体重0.8mL/KG, 50-85mL
检查人数	60	60
血管检出数	163	206
平均每位患者检出血管数	2.71	3.43

### 3 讨论

缩胸手术是整形外科常见的乳房整形手术之一,国内大部分手术前不会进行乳房内动脉CTA检查,术者大都仅凭借以往经验和正常人群乳腺血供解剖知识进行手术。但是乳房内动脉NAC区的血供来源特异性较高,目前国内外研究中都仅仅提到胸廓内动

脉乳房内穿支血管为主要的血供来源<sup>[7-10]</sup>,但是胸外侧动脉、肱动脉、胸肩峰动脉、腋动脉、肋间动脉也都是NAC血供的来源之一,而巨乳症患者因为腺体和脂肪的异常增生,乳房内动脉走行分布也不同于常人,NAC血供的来源和走行分布也较常人不同,此外双侧乳房的血供不对称性,也会导致一侧乳房切除顺利,另一侧乳房血供血管却被损坏。国内外此前有诸多报道,缩胸手术根据过往经验进行乳房腺体的切除,伤及NAC区供血,往往会造成乳头乳晕器官的功能丧失甚至坏死。

为了手术中避免伤及NAC区供血动脉,国内外学者也进行了

大量的研究和尝试。例如在Başaran 2011年的研究中<sup>[10]</sup>，采用多普勒血管超声成像技术，在术前进行超声监测，于患者体表绘制血管走行图，之后再行手术。国内也有学者<sup>[11]</sup>进行相似的方法进行术前规划，但是超声检查进行乳房内动脉探查有许多弊端，首先是对检查操作者要求极高，巨乳症患者乳房体积较大，其内脂肪大量堆积，乳房内动脉穿支血管又比较纤细，检查时间过长，需要2-3个小时才能探查完双侧乳房血供，到探查末期因为超声操作医师体力及病人耐受力原因，往往效果较差，效率极低；其次是超声检查无法像CTA后处理重建一样绘制三维影像，不能在手术前进行精细观察<sup>[11]</sup>。磁共振乳腺检查也可以进行乳房内动脉扫描，国内也有诸多学者进行了探究<sup>[12-14]</sup>。但是磁共振检查也面临扫描时间长、病人有金属植入物手术后无法进行检查等弊端，本研究在立项初期也曾采用磁共振乳腺增强扫描进行血管成像，但是静脉的伪影较大(图7)，无法明确观测，是因为磁共振扫描时间过长，大于乳房内血供的循环时间，导致静脉显影。综合比较，CTA扫描时间快，密度分辨率高，三维重建效果好，是检查乳房内动脉的首选<sup>[15-20]</sup>。

在进行实验时，国内外均没有文献和相关报道明确关于乳房内动脉CTA扫描的条件和参数设置。我们参考了2018年同课题组关于个性化缩胸手术的研究<sup>[7-9]</sup>。郑慧等人研究的侧重点在于手术术式的制定，对于CTA扫描参数的设置并没有表述。此次研究调阅了2018年的研究60例病人的原始数据和扫描参数设置，并对采集时间、造影剂用量等进行了优化，使用了新的血管分割提取后处理软件，大幅度提升了血供血管的检出率。

通过对2018年研究数据的分析，大部分的乳房内动脉起源于胸廓内动脉(乳内动脉)，占到49.6%；第二多的起源血管为胸廓外动脉，占比28.2%；之前的实验数据中，很多患者的乳房内动脉末端近NAC区显影非常浅淡，但是近心端却显示良好，考虑有可能由于乳房内动脉纤细，巨乳症患者的血管更是受到乳房内脂肪组织的挤压而血流较常规略延迟，因此本次实验改进了采集时间，将胸廓内动脉的来源血管双侧锁骨下动脉近心端(选择左侧锁骨下动脉)做为监测血管，阈值设置为160Hu，较之前监测层面为升主动脉位置略高，阈值设置也较前(120Hu)提高。而常规第二期也就是静脉期的采集得到的数据也不能将浅淡的末端血管显示完整，反而增加了静脉污染。因此本研究第二期扫描时将不采集常规的静脉期，而是间隔2秒后立马进行采集，得到动脉晚期图像。由于延迟进行扫描，造影剂的用量也相应进行了调整，在微小动脉显影中造影剂按照体重进行配比使用能取得更好的效果<sup>[21]</sup>，采用了按照体重每公斤0.8mL进行注射。最后在三维重建软件中使用了最新的佳能Vitrea 4.0工作站和ORS 1.0分割软件，替代此前实验中传统的重建图像，可以在血管显影浅淡的前提下更精准的提取血管，效果较前有明显提高(图8、图9)。改良后的血管检出率提高了26.3%，具体扫描改进见表5。

本研究仍有不足之处，首先是样本数量太少，60例样本对于供血动脉特异性较高的巨乳症患者来说仍然不能完全对走行分布进行下定论的统计。这次统计的巨乳症患者NAC区血供来源为胸廓内动脉、胸外侧动脉、胸肩峰动脉、肱动脉和腋动脉，未发现来自其他动脉的主供血管，与2018年研究得到的结果大致相同。但是在血供模式对称性的统计中，对比有显著性差异( $P < 0.05$ )：在本研究中双侧乳房内动脉血供对称的有42人(70%)，远大于此前研究中的27人(45%)，除了巨乳症患者血供走行特异性较高之外，还有可能的因素是因为本次扫描改善了参数和重建条件，检出的血管比例增多，因为造影剂充盈欠佳的不对称性减低。因此本统计的结果依然不具备作为巨乳症患者乳房内动脉走

行的解剖参考标准，后面的研究将继续加大样本量进行统计。

其次是本研究在扫描中采用了佳能320排宽体探测器CT和西门子第二代双源CT进行扫描，而市面上第三代双源CT(西门子Froce CT)已经应用，此外其他公司的高端CT，例如联影公司的960宽体探测器CT、GE Revolution CT、飞利浦Brilliance CT等都具有快速扫描成像的特点，配合对应的后处理软件，对于乳房远端细小血管的检出效果肯定有进步和提高，今后将会对更多机型扫描效果进行对比研究。

本研究利用CTA技术对巨乳症患者的NAC区血供模式进行检测并重建出了血管走行三维图像，为缩胸手术的实施提供了安全客观的解剖基础。CTA技术在乳房手术中的应用可以为术者和患者都提供更安全和精准的手术指导和个性化订制，具有较高的临床应用价值。

## 参考文献

- [1] 孙家明, 元发芝. 乳房整形美容外科学[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2012. 9
- [2] O'Grady, K. F., Thoma, A., and Dal Cin, A. A comparison of complication rates in large and small inferior pedicle.
- [3] 方彰林. 乳房整形美容外科手术学[M]. 北京: 北京出版社, 1994, 9-11
- [4] Strauch, B., Elkowitz, M., Baum, T., et al. Superolateral pedicle for breast surgery: An operation for all reasons[J]. *Plast. Reconstr. Surg.* 20
- [5] 2017 Plastic Surgery Statistics. American society of plastic surgeons. <https://www.plasticsurgery.org/documents/News/Statistics/2017/plastic-surgery-statistics-report-2017.pdf>.
- [6] Keys K A, Louie O, Said H K, et al. Clinical utility of CT angiography in DIEP breast reconstruction[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2013, 66(3): 61-65.
- [7] 郑惠. 基于计算机断层血管造影的肥大乳房的乳头乳晕复合体血供研究及个性化乳房缩小术[D]. 中国人民解放军空军军医大学, 2018.
- [8] Zheng Hui, Su Yingjun, Zheng Minwen, et al. Computed tomographic angiography-based characterization of source blood vessels for nipple-areola complex perfusion in hypertrophic breasts. *Aesthetic Plastic Surgery*, 2017, 41(3): 1-7.
- [9] 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.
- [10] Başaran K., Ucar A., Guven E., et al. Ultrasonographically determined pedicled breast reduction in severe gigantomastia[J]. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2011, 128(4): 252-259.
- [11] 刘雪静, 路红, 徐熠琳, 等. 多模态超声检查对腹壁下动脉穿支皮瓣自体移植乳房再造术前血管评估研究[J]. *中国肿瘤临床*, 2020, 47(24): 1261-1264.
- [12] 郭秋, 罗娅红, 何翠菊, 等. 磁共振动态增强扫描技术观察乳腺癌对胸廓内动脉的影响[J]. *肿瘤影像学*, 2018, 27(2): 88-91.
- [13] 吕云枫. 乳房血管结构运用DCE-MRI技术的研究[D]. 吉林大学, 2014.
- [14] 张玉梅. MRI动态增强血管成像对乳腺病变的应用研究[D]. 石河子大学, 2013.
- [15] 彭文, 吕春柳, 周波, 等. 术前CT血管造影在腹壁下动脉穿支皮瓣乳房再造的应用现状和展望[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(7): 927-931.
- [16] 金盼婷, 储呈玉, 张薇, 等. CTA预选胸廓内动脉肋间穿支为腹壁下动脉穿支皮瓣乳房重建的受区血管[J]. *外科理论与实践*, 2019, 24(04): 330-336.
- [17] 荣雪余, 杨堤, 姜玉新. 乳腺肿块的能量多普勒血流定量与病理微血管定量相关性研究[J]. *中国医学影像技术*, 2002(7): 660-663.
- [18] 欧阳雪晖. 乳腺动脉在乳腺疾病中的影像基础研究. 内蒙古自治区, 内蒙古自治区人民医院, 2020-08-31.
- [19] Pratt G F, Rozen W M, Chubb D et al. Preoperative imaging for perforator flaps in reconstructive surgery: a systematic review of the evidence for current techniques[J]. *Ann Plast Surg*, 2012, 69(1): 3-9.
- [20] Teunis T, Heerma V V M, Kon M, et al. CT-angiography prior to DIEP flap breast reconstruct.
- [21] 施珏倩. COPD支气管动脉变化的CTA影像研究[D]. 第二军医大学, 2013.

(收稿日期: 2021-10-01)

(校对编辑: 阮靖)