

## • 综 述 General review •

## 血管造影系统在肝癌介入肿瘤学中的应用

王洁雨, 曾 晖, 邵国良

**【摘要】** 介入肿瘤学在肝癌的治疗中发挥了重要作用,随着精准化和个体化治疗肿瘤概念的兴起,血管造影系统的应用变得频繁,血管造影系统在优化治疗方案、改善治疗效果和精准预测肿瘤反应等方面均发挥了重要作用。使用血管造影系统和其后处理软件,可以实现肿瘤和供血动脉的可视化、减少非靶沉积、确认手术终点和预测疗效、高效指导消融手术、规划治疗安全边界、结合新兴的可视化微球识别治疗药物输送剂量和在<sup>90</sup>Y 选择性内放射治疗中实现个体化剂量测定。该综述将介绍血管造影系统及其后处理软件在肝癌介入肿瘤学中的应用,并讨论血管造影系统的潜力与不足。

**【关键词】** 血管造影系统;介入;肝癌;锥形束 CT;复合血管造影 CT

中图分类号:R735.7 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2025)-005-0544-06

**Application of angiography system in interventional oncology of liver cancer** WANG Jieyu, ZENG Hui, SHAO Guoliang. Wenzhou Medical University, Wenzhou, Zhejiang Province 325035, China

Corresponding author: SHAO Guoliang, E-mail: shaogl@zjcc.org.cn

**【Abstract】** Interventional oncology plays an important role in the treatment of liver cancer. With the emerging of the concept of precision and individualized treatment of tumors in clinical practice, the use of angiographic system becomes very frequent. The angiographic system plays an important role in optimizing the treatment regimen, in improving the therapeutic outcome, and in accurately predicting the tumor response. The use of angiography system with its post-processing software can achieve the visualization of tumor and its feeding arteries, reduce non-target deposition, predict curative efficacy, efficiently guide ablation procedures, plan treatment safety boundaries, identify therapeutic drug delivery dose when combined with the emerging visualization of microspheres, and achieve individualized dosimetry. This review introduces the application of angiographic system and its post-processing software in interventional oncology of liver cancer, and discusses the potential and shortcomings of angiographic system.

**【Key words】** angiography system; intervention; liver cancer; cone-beam CT; compound angiography CT

介入肿瘤学(interventional oncology, IO)是指在图像引导下为肿瘤的诊断和治疗提供微创手术治疗,自 20 世纪 80 年代初以来,已经提出了用于原发性和继发性肝癌的 IO 方法,目前肝脏消融术和导管定向肝脏治疗在全球范围内用于管理肝癌<sup>[1]</sup>。肝癌 IO 中应用的血管套件主要包括锥形束 CT(cone beam CT, CBCT)和复合血管造影-CT(combined angiography and CT systems, Angio-CT),其不仅能提供横断面成像从而弥补传统二维数字减影血管

造影(digital subtraction angiography, DSA)的缺陷,还能通过强大的后处理功能获得一些定量和半定量的信息用于辅助手术,这对于处理复杂病例和实现精准治疗有重要意义,在关于肝癌的介入治疗指南中鼓励术中 CBCT/Angio-CT<sup>[2-4]</sup>。

### 1 CBCT 与 Angio-CT 的比较

CBCT 由配有平板探测器的旋转 C 形臂组成,其不仅能进行荧光透视、数字减影血管造影,还能从

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2025.05.018

基金项目:浙江中医药管理局项目(2021ZB042),浙江省医药卫生科技计划项目(2021KY567)

作者单位:325035 浙江温州 温州医科大学(王洁雨);浙江省肿瘤医院介入治疗科(曾 晖,邵国良)

通信作者:邵国良 E-mail:shaogl@zjcc.org.cn

单次血管造影系统旋转期间采集的多个投影生成三维体积数据集,获得类 CT 图像,随着探测器技术和旋转速度的迅速改进,CBCT 得到了广泛应用。Angio-CT 配备了滑轨 CT 装置和功能齐全的血管造影装置,两种成像系统之间的信息可以进行配准整合,简化工作流程。此外,其还能进行高级成像,如 CT 灌注、CT 减影和双能 CT 成像等<sup>[5]</sup>。Angio-CT 和 CBCT 之间的图像采集、重建算法和降噪能力存在差异,研究表明 Angio-CT 相较于 CBCT,存在较大的扫描野、更高的对比度分辨率、更快的扫描速度,还具备运动校正和多种高级成像功能,这使得其在对肿瘤和肿瘤供血血管的识别、对整个肝脏的视野覆盖方面优于 CBCT,且出现呼吸运动伪影和射线束硬化伪影的频率较低<sup>[5-6]</sup>。虽然 Angio-CT 的出现早于 CBCT,但由于设备昂贵,使用时需要更大的空间,需要对技术人员进行额外的培训,而且早期 2 个成像系统间信息的集成存在技术限制等因素,使得 Angio-CT 在临床上不如 CBCT 普及。随着 Angio-CT 的多模态成像集成功能的改进、可负担性的提高,以及成像和分辨率方面的固有优势重新激发了人们对 Angio-CT 的兴趣。

## 2 血管造影系统在导管定向肝脏治疗中的基础应用

### 2.1 肿瘤和肿瘤供血动脉的识别

对比 DSA、MDCT 和 MRI 等图像,CBCT 对肿瘤和肿瘤供血动脉的识别更具优势。在刘浩等<sup>[7]</sup>的研究中,基于 CBCT 的三维重建技术对原发性肝癌和肿瘤供血动脉的检出率分别为 100% 和 93.9%,显著高于 DSA(74.1% 和 70.4%)。在李桂芬等<sup>[8]</sup>的研究中同样证实 CBCT 对结直肠癌肝转移病变检出率和供血动脉识别率更具优势。无论对于原发性还是继发性肝肿瘤,血管造影系统对肿瘤的检测和表征方面更具准确性<sup>[9-10]</sup>,改善病变的可检测性有益于精准治疗。

### 2.2 减少非靶沉积

动脉内介入治疗中使用的化疗药物或放射性微球非靶沉积时会引起不良反应,而通过 Angio-CT 进行肝动脉造影 CT(CT hepatic arteriography, CTHA)识别肝外动脉的能力明显优于 DSA<sup>[12]</sup>,通过 CBCT 检测高风险动脉可以及时进行干预。选择性栓塞治疗相比于非选择性治疗可以提高治疗效果和减少对正常肝实质的毒性<sup>[3]</sup>。在刘建明等<sup>[13]</sup>的研究中所有患者都在 CBCT 三维血管重建辅助

下完成了超选择插管的精细 TACE。

### 2.3 手术终点和疗效预测

早期评估手术的有效性和监测肿瘤反应对于识别治疗失败、指导未来治疗至关重要,通常使用实体瘤疗效评价标准,通过术后的 CT 或 MRI 成像来评估肿瘤反应,这存在滞后性。多项研究<sup>[14-16]</sup>证实了血管造影系统上显示的肿瘤内的碘油沉积量、沉积模式、实质碘油 CT 值比均可以作为 TACE 术后肿瘤预后的影像学生物标志物,载药微球 TACE 由于微球的不透射线,缺乏客观的方法确认治疗终点。Taiji 等<sup>[17]</sup>使用 CTHA-EM 算法(CT hepatic arteriography-based enhancement mapping, CTHA-EM),使用可变形配准算法自动配准非造影和动脉期 CTHA 图像,随后进行减影显示肿瘤增强,分别创建治疗前和治疗后 CTHA-EM 图像,通过计算术后和术前 CTHA-EM 图像上的肿瘤正常实质比,并计算术后术前的相对增强指数判断是否存在残余肿瘤,可以准确和定量地预测术中栓塞终点和首次成像随访时载药微球 TACE 后的治疗反应。影像组学可通过提取人眼无法察觉的定量成像特征,基于血管造影系统独特的动脉内 CT 成像方式,对于手术前后血管造影系统获得的图像的研究具有意义。Kobe 等<sup>[18]</sup>根据肝转移瘤患者的治疗前 CBCT 纹理分析预测<sup>90</sup>Y SIRT(<sup>90</sup>Y-microsphere selective internal radiation therapy,<sup>90</sup>Y SIRT)治疗反应,灵敏度为 94.2%,特异性为 67.7%。

## 3 血管造影系统在消融术中的应用

消融可通过化学或能量沉积破坏局部肿瘤,经皮肝肿瘤消融的图像引导程序应确保精准描绘肿瘤、周围结构和针位置。目前的消融图像引导程序包括超声、静脉增强 CT 和血管造影系统。较深的肿瘤位置、小尺寸肿瘤、消融区气体形成等会干扰超声定位,静脉增强 CT 识别肝肿瘤需要大量造影剂。王涛等<sup>[19]</sup>的研究证实了对比 CT 引导,CBCT 引导下射频消融(RFA)治疗具有手术路径选择多样、术者操作空间丰富、穿刺精确以及手术时间短等优势。使用 CBCT 并联合 CTHA 成像引导下的经皮消融术能够通过相对低剂量的造影剂准确识别肿瘤和监测消融区,相比于 CT 和超声,可以减少手术相关并发症和降低局部肿瘤复发率<sup>[20]</sup>。Yuan 等<sup>[21]</sup>证实 Angio-CT 引导完成 TACE 同步 RFA 的联合治疗大肝癌可获得更好的短期疗效,对比 TACE 后 2~4 周行 RFA,同步治疗治疗组 1、3、6 个月的完全缓解

率分别为 58.3%、56.2%、47.9%，对照组治疗后 1、3、6 个月的完全缓解率分别为 37.5%、33.3%、27.1%。缩短 2 种联合治疗之间的间隔可以显著降低肿瘤因碘油和化疗药物的消散、新侧支血管的形成以及栓塞后血管再通而复发的可能，得益于血管造影系统的使用，患者无需移动于不同成像设备即可在 TACE 后立刻进行 RFA，增加了安全性。

#### 4 血管造影系统的附加应用

##### 4.1 血管造影系统在 TACE 术中的附加应用

4.1.1 安全边界 肝细胞癌(HCC)的卫星病灶是其经门脉系统转移的主要原因之一，未治疗的卫星病灶会引起肿瘤复发<sup>[22]</sup>。在治疗 HCC 时不仅需要治疗肿瘤本身，还需要治疗肿瘤周围区域，在超选择性 TACE 中，使用 CBCT 监测碘油栓塞的范围，证实肿瘤内碘油沉积程度较大和碘油环形覆盖肿瘤周围时局部肿瘤复发率显著降低<sup>[23]</sup>。Watanabe 等<sup>[24]</sup>的研究中发现，碘油完整覆盖电晕增强区域时局部肿瘤复发率显著降低，完全覆盖组在 3、6 和 12 个月时的累积局部肿瘤复发率分别为 2.8%、2.8% 和 8.3%，而未完全覆盖组在 3、6、12 个月时的复发率分别为 20.8%、45.8%、75.0%，证实电晕增强区域可能是 TACE 中准确的安全边界，TACE 应持续至栓塞区覆盖整个电晕增强区域。Charoenvisal 等<sup>[25]</sup>的研究中通过使用 3D 工作站检测供应到安全边界区域内的分支并进行栓塞，可以获得阳性安全边界（多平面重建图像上肿瘤周围至少 1 mm 的碘油积聚），在 Angio-CT 的辅助下通过上述方式获得阳性安全边界的成功率为 93.8%。获得 TACE 治疗的安全范围是改善局部肿瘤控制的一个有前景的技术因素，但安全边界有效范围尚未达成共识，安全边界的确认不仅需要识别通向肿瘤的动脉分支，还需要识别肿瘤周围区域的血管，这离不开血管造影系统的辅助。

4.1.2 可视化微球中的应用 目前临床使用的载药微球在 CT 和 DSA 中均不可见，输注后无法确认载药微球的最终位置。新开发的不透射线的微球 DC Bead LUMI™ 在注射后可以实现在 CT 和 CBCT 下的可视化，这意味着医生可以及时了解栓塞效果并调整后续手术方案<sup>[26-27]</sup>。在土拨鼠肝细胞癌模型中对含碘可视化微球进行研究，CBCT 所测得的微球碘含量与肿瘤标本中所测得的阿霉素含量呈正相关，这可以识别潜在的剂量不足的肿瘤区

域并实时调整微球的输送<sup>[28]</sup>。

##### 4.2 血管造影系统在<sup>90</sup>Y SIRT 术中的附加应用

个体化剂量测定。<sup>90</sup>Y SIRT 的有效性取决于输注至靶体积的<sup>90</sup>Y 剂量的准确计算，剂量大小很大程度上取决于计算的肝脏和肿瘤体积。在<sup>90</sup>Y SIRT 术中与使用标准剂量学相比，个体化剂量可以在<sup>90</sup>Y SIRT 治疗中递送更大的肿瘤吸收剂量，提高客观缓解率，且不会增加肝毒性<sup>[29]</sup>。CTHA 可以准确描绘靶动脉区域，不受动脉解剖变异或肿瘤、手术治疗引起的组织变形干扰。Kao 等<sup>[30]</sup>开发的动脉特异性 SPECT-CT 分区建模，通过将 CTHA 上识别的感兴趣区应用于<sup>99m</sup>Tc-MAA SPECT-CT 联合分区建模，可以根据患者特异性情况，如肿瘤与正常肝脏体积比、潜在的治疗益处等制订个体化治疗计划，实现了安全有效的<sup>90</sup>Y SIRT。比较从治疗前诊断 CT 或 MRI 使用 Couinaud 肝段划分法获得的体积测量值与从 CBCT 血管造影获得的体积测量值，以及根据测定的体积计算的模拟输送剂量，发现 CT 或 MRI 在肝段体积测量时经常偏离由 CBCT 测定的实际治疗体积，并使剂量大小的选择有较大差异，而基于 CBCT 血管造影的肝段体积可以实现更准确的个体化剂量测定<sup>[31]</sup>。Rodríguez 等<sup>[32]</sup>发现<sup>90</sup>Y SIRT 术中 CBCT 的使用，29% 的患者确保了肿瘤的完全覆盖，42% 的患者可以根据每个供血动脉灌注的肿瘤体积来分配微球活度剂量，证实联合使用 CBCT 和<sup>99m</sup>Tc-MAA SPECT-CT 可以实现更准确的个体化剂量测定。

#### 5 血管造影系统的功能软件

##### 5.1 自动识别肿瘤供血动脉软件(automated tumor-feeder detection, AFD)

AFD 可用于协助规划选择性 TACE，其可从三维断层扫描数据中检测和显示潜在的肿瘤供血动脉，在多平面重组的图像上选择目标肿瘤后，软件会在工作站自动预测肿瘤供血动脉并在屏幕上彩色编码图像，再与实时透视图像融合，形成路图。AFD 辅助 TACE 可减少不必要的导管插入，减少总图像采集次数和总手术时间<sup>[33]</sup>。在 Bannangkoon 等<sup>[34]</sup>的研究中发现与 DSA 引导的 TACE 相比，CBCT 和 AFD 软件的联合引导的 TACE 患者可以获得更好的肿瘤反应率和更好的生存率，多因素分析显示，使用 AFD 软件的 CBCT 辅助 TACE 治疗与更长的 OS 相关。

## 5.2 虚拟实质灌注软件 (virtual parenchymal perfusion software, VPP)

在非选择性增强 CBCT 图像上,使用 VPP 软件能够模拟下游指定的注射点的灌注情况。研究表明,注射点的 VPP 与该位置进行的实际 CBCT 增强结果具有良好的解剖一致性<sup>[35-36]</sup>,并且 VPP 的面积与实际 TACE 治疗后碘油沉积的体积具有相关性<sup>[37]</sup>。Derbel 等<sup>[38]</sup>的研究中使用 VPP 软件,对微导管头端的虚拟增强区域和 SPECT-CT 上实际摄取<sup>99m</sup>Tc-MAA 聚合白蛋白(<sup>99m</sup>Tc-MAA)视觉上的半定量和实际摄取体积的定量比较研究中,证实了 VPP 软件在预测肿瘤覆盖和灌注体积计算方面与 SPECT-CT 结果的一致性。无论对于造影剂、碘油还是<sup>99m</sup>Tc-MAA, VPP 软件均能进行有效模拟。在选择性治疗中,为了在最大肿瘤覆盖和最大保留非靶肝实质之间取得平衡,医生通常运行多次 DSA 和 CBCT 用来确定适当的治疗递送点, VPP 的使用可以为动脉内治疗微导管位置的合理性做出解释,同时减少辐射剂量、手术时间和造影剂用量。

## 5.3 实质血容量软件 (parenchymal blood volume software, PBV)

PBV 使用非刚性配准算法减少平扫和增强两个阶段之间的运动相关差异,然后将他相减得到数据,根据血管树的自动直方图分析计算动脉输入函数值,并将其作为比例因子应用以获得实际的 PBV 图<sup>[39]</sup>。TACE 后立即进行 PBV,检测残留的肿瘤灌注可以及时进行补救治疗,将 PBV 用于 TACE 指导可以减少再次介入的次数,对比 DSA-TACE, TACE 次数中位数分别为 2 次和 3 次, PBV 的即时反馈提高了治疗效率<sup>[40]</sup>。在 Li 等<sup>[39]</sup>的研究中基于 HCC 肿瘤残存 PBV 或 PBV 下降率可作为预测术后局部肿瘤进展的有效指标,提示术后肿瘤残存 PBV 更大、肿瘤 PBV 下降率更少,越早出现局部肿瘤进展。在伊立替康载药微球 TACE 治疗结肠癌肝转移瘤中,术前肿瘤 PBV 与术后 PBV 下降率与肿瘤缩小相关, PBV 有望成为预测术后早期疗效的生物标志物<sup>[41]</sup>。解剖和功能成像的结合突出了使用 PBV 进行优化治疗和预测治疗反应的潜力。

## 6 血管造影系统的成像

由于血流动力的差异以及成像目的的不同,根据导管位置和临床需求(观察血管、肿瘤或者实质),规范化血管造影系统的成像参数成为了一个难题,

许多研究<sup>[42-43]</sup>对此尝试,但是最终并未达到统一。设备差异、造影剂浓度、延迟时间、扫描时间、造影剂流速和用量,管电压等均会影响图像质量。CBCT 和 Angio-CT 两者成像原理存在差异, Angio-CT 通过发射扇形束的 X 线,经过多层扫描重建三维图像, CBCT 是锥形束 CT,不需要经过多次断层切面,旋转一周就可以重建出三维的图像数据,这意味着两者的方案并不通用<sup>[44]</sup>。规范化的成像可以优化图像质量,使得获取的影像学特征和定量信息具有同质性,这有利于开展大队列的研究。

综上,血管造影系统保障了各种常规和复杂的肝癌介入手术安全有效地进行,随着软件的开发和介入材料的更新,系统的附加价值持续增加。尽管血管造影系统存在已经有二十多年,但目前对系统的使用没有形成规范,规范化和高效率地使用血管造影系统将有益于新的影像特征的开发。

### [参考文献]

- [1] Cornelis FH, Solomon SB. Treatment of primary liver tumors and liver metastases, part 2: non-nuclear medicine techniques [J]. J Nucl Med, 2018, 59: 1801-1808.
- [2] Levillain H, Bagni O, Deroose CM, et al. International recommendations for personalised selective internal radiation therapy of primary and metastatic liver diseases with yttrium-90 resin microspheres [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 48: 1570-1584.
- [3] de Baere T, Ronot M, Chung JW, et al. Initiative on superselective conventional transarterial chemoembolization results (INSPIRE) [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2022, 45: 1430-1440.
- [4] 张雯, 周永杰, 颜志平. 再论精细 TACE [J]. 介入放射学杂志, 2021, 30: 971-975.
- [5] Taiji R, Lin EY, Lin YM, et al. Combined Angio-CT systems: a roadmap tool for precision therapy in interventional oncology [J]. Radiol Imaging Cancer, 2021, 3: e210039.
- [6] Lin EY, Jones AK, Chintalapani G, et al. Comparative analysis of intra-arterial cone-beam versus conventional computed tomography during hepatic arteriography for transarterial chemoembolization planning [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2019, 42: 591-600.
- [7] 刘浩, 周菲菲, 孙好凯, 等. 基于 CBCT 的三维重建技术用于 TACE 术治疗原发性肝癌患者对肿瘤供血动脉识别的价值 [J]. 实用肝脏病杂志, 2022, 25: 563-566.
- [8] 李桂芬, 孙毅, 赵妍, 等. 锥形束 CT 增强扫描在结肠癌肝转移瘤 TACE 术中的指导作用 [J]. 中西医结合肝病杂志, 2022, 32: 443-446.
- [9] Lucatelli P, De Rubeis G, Ginnani Corradini L, et al. Intra-procedural dual phase cone beam computed tomography has a

- better diagnostic accuracy over pre-procedural MRI and MDCT in detection and characterization of HCC in cirrhotic patients undergoing TACE procedure[J]. *Eur J Radiol*, 2020, 124:108806.
- [10] Scherthaner RE, Haroun RR, Duran R, et al. Improved visibility of metastatic disease in the liver during intra-arterial therapy using delayed arterial phase cone-beam CT [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2016, 39:1429-1437.
- [11] 孔铭新, 于曰俊, 马飞飞, 等. 锥形束 CT 双期扫描在肝恶性肿瘤介入治疗中的应用[J]. *介入放射学杂志*, 2019, 28:38-41.
- [12] Ozaki K, Kobayashi S, Matsui O, et al. Extrahepatic arteries originating from hepatic arteries; analysis using CT during hepatic arteriography and visualization on digital subtraction angiography[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2017, 40:822-830.
- [13] 刘建明, 陈慧民, 涂亮, 等. 经桡动脉途径、CBCT 三维血管重建辅助的精细 TACE 治疗原发性肝癌; 附 124 例报道[J]. *中国普外基础与临床杂志*, 2022, 29:570-575.
- [14] Wang H, Han Y, Chen G, et al. Imaging biomarkers on Angio-CT for predicting the efficacy of transarterial chemoembolization in hepatocellular carcinoma[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2023, 13:4077-4088.
- [15] Letzen BS, Malpani R, Miszczuk M, et al. Lipiodol as an intra-procedural imaging biomarker for liver tumor response to transarterial chemoembolization; post-hoc analysis of a prospective clinical trial[J]. *Clin Imaging*, 2021, 78:194-200.
- [16] Tsai YC, Shih JH, Hwang HE, et al. Early prediction of 1-year tumor response of hepatocellular carcinoma with lipiodol deposition pattern through post-embolization cone-beam computed tomography during conventional transarterial chemoembolization[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31:7464-7475.
- [17] Taiji R, Lin YM, Chintalapani G, et al. A novel method for predicting hepatocellular carcinoma response to chemoembolization using an intraprocedural CT hepatic arteriography-based enhancement mapping; a proof-of-concept analysis[J]. *Eur Radiol Exp*, 2023, 7:4.
- [18] Kobe A, Zraggen J, Messmer F, et al. Prediction of treatment response to transarterial radioembolization of liver metastases: radiomics analysis of pre-treatment cone-beam CT; a proof of concept study[J]. *Eur J Radiol Open*, 2021, 8:100375.
- [19] 王涛, 姜文进, 郑延波, 等. C 臂 CT 引导下经皮穿刺射频消融术治疗原发性肝癌的临床应用[J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30:1428-1432.
- [20] Wijnen N, Bruijnen RCG, Vonken EJPA, et al. Conventional versus hepatic arteriography and C-arm CT-guided ablation of liver tumors (HepACAGA): a comparative analysis [J]. *Cancers (Basel)*, 2024, 16:1925.
- [21] Yuan H, Liu F, Li X, et al. Angio-CT-Guided transarterial chemoembolization immediately in combination with radiofrequency ablation for large hepatocellular carcinoma[J]. *Acad Radiol*, 2019, 26:224-231.
- [22] Okusaka TKI, Okada SC, Ueno H, et al. Satellite lesions in patients with small hepatocellular carcinoma with reference to clinicopathologic features[J]. *Cancer*, 2002, 95:1931-1937.
- [23] Bannangkoon K, Hongsakul K, Tubtawee T, et al. Safety margin of embolized area can reduce local recurrence of hepatocellular carcinoma after superselective transarterial chemoembolization[J]. *Clin Mol Hepatol*, 2019, 25:74-85.
- [24] Watanabe Y, Ogawa M, Kaneko M, et al. Comparison of local recurrence in transcatheter arterial chemoembolization of hepatocellular carcinoma with or without accumulation of iodized oil beyond corona enhancement area; short-term results [J]. *Radiol Oncol*, 2021, 56:69-75.
- [25] Charoenvisal C, Tanaka T, Nishiofuku H, et al. Feasibility and techniques of securing 3D-safety margin in superselective transarterial chemoembolization to improve local tumor control for small hepatocellular carcinoma; an intend-to-treat analysis[J]. *Liver Cancer*, 2021, 10:63-71.
- [26] Angileri S, Lanza C, Carriero S, et al. Performance and safety of a reflux-control microcatheter used to perform DEB-TACE with LUMITM beads in HCC patients; preliminary experience [J]. *J Clin Med*, 2023, 12:6630.
- [27] Biondetti P, Lanza C, Carriero S, et al. Efficacy and safety of transarterial chemoembolization with DC beads LUMI in the treatment of HCC; experience from a tertiary centre [J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2023, 22:15330338231184840.
- [28] Mikhail AS, Pritchard WF, Negussie AH, et al. Cone-beam computed tomography-based spatial prediction of drug dose after transarterial chemoembolization using radiopaque drug-eluting beads in woodchuck hepatocellular carcinoma [J]. *Invest Radiol*, 2022, 57:495-501.
- [29] Garin E, Tselikas L, Guiu B, et al. Personalised versus standard dosimetry approach of selective internal radiation therapy in patients with locally advanced hepatocellular carcinoma (DOSISPHERE-01): a randomised, multicentre, open-label phase 2 trial [J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2021, 6:17-29.
- [30] Kao YH, Hock Tan AE, Burgmans MC, et al. Image-guided personalized predictive dosimetry by artery-specific SPECT/CT partition modeling for safe and effective <sup>90</sup>Y radioembolization[J]. *J Nucl Med*, 2012, 53:559-566.
- [31] Stein SI, Soliman MM, Sparapani J, et al. Conventional hepatic volumetry May Lead to inaccurate segmental yttrium-90 radiation dosimetry[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2021, 44:1973-1985.
- [32] Rodríguez-Fraile M, Ezponda A, Grisanti F, et al. The joint use of (99 m) Tc-MAA-SPECT/CT and cone-beam CT optimizes radioembolization planning[J]. *EJNMMI Res*, 2021:23.
- [33] Iwazawa J, Ohue S, Hashimoto N, et al. Comparison of the number of image acquisitions and procedural time required for transarterial chemoembolization of hepatocellular carcinoma with and without tumor-feeder detection software[J]. *Radiol Res Pract*, 2013, 2013:580839.
- [34] Bannangkoon K, Hongsakul K, Tubtawee T. Impact of cone-

- beam computed tomography with automated feeder detection software on the survival outcome of patients with hepatocellular carcinoma during treatment with conventional transarterial chemoembolization[J]. BMC Gastroenterol, 2021, 21:419.
- [35] Derbel H, Kobeiter H, Pizaine G, et al. Accuracy of a cone-beam CT virtual parenchymal perfusion algorithm for liver cancer targeting during intra-arterial therapy[J]. J Vasc Interv Radiol, 2018, 29:254. e2-261. e2.
- [36] Ridouani F, Ghosn M, Doustaly R, et al. Accuracy of a CBCT-based virtual injection software for vessel detection during hepatic arterial embolization[J]. Eur J Radiol, 2022, 150:110273.
- [37] Miyayama S, Yamashiro M, Nagai K, et al. Performance of novel virtual parenchymal perfusion software visualizing embolized areas of transcatheter arterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma [J]. Hepatol Res, 2017, 47: 446-454.
- [38] Derbel H, Krichen M, Chalaye JL, et al. Accuracy and reproducibility of a cone beam CT-based virtual parenchymal perfusion algorithm in the prediction of SPECT/CT anatomical and volumetric results during the planification of radioembolization for HCC[J]. Eur Radiol, 2023, 33: 3510-3520.
- [39] Li Z, Jiao D, Si G, et al. Making timely remedial measures after TACE based on the results of cone-beam CT liver perfusion [J]. Int J Hyperthermia, 2021, 38:428-436.
- [40] Peisen F, Maurer M, Grosse U, et al. Intraprocedural cone-beam CT with parenchymal blood volume assessment for transarterial chemoembolization guidance; impact on the effectiveness of the individual TACE sessions compared to DSA guidance alone[J]. Eur J Radiol, 2021, 140:109768.
- [41] Pellerin O, Pereira H, Moussa N, et al. Can cone-beam CT tumor blood volume predicts the response to chemoembolization of colorectal liver metastases? Results of an observational study[J]. Eur Radiol, 2019, 29:5022-5031.
- [42] van den Hoven AF, Prince JF, de Keizer B, et al. Use of C-arm cone beam CT during hepatic radioembolization; protocol optimization for extrahepatic shunting and parenchymal enhancement[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2016, 39:64-73.
- [43] Inoue A, Uemura R, Takaki K, et al. Clinical impact of low tube voltage computed tomography during hepatic arteriography with low Iodine to detect hepatocellular carcinoma before transarterial chemoembolization[J]. Eur J Radiol, 2022, 154:110420.
- [44] Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? [J]. Dent Clin North Am, 2008, 52:707-730.

(收稿日期:2024-05-13)

(本文编辑:茹 实)

## · 消 息 ·

### 2024 年度林贵 - 刘子江优秀介入论文奖获奖名单

2024 年度林贵 - 刘子江优秀介入论文奖在南京正大天晴制药有限公司大力支持下,经过本人申请,编辑部初审,邀请国内各介入专业专家评审,共评选出 2024 年度在《介入放射学杂志》上发表的优秀论文 7 篇,其中一等奖 1 篇,二等奖 2 篇,三等奖 4 篇。现将名单公布如下:

#### 一等奖(1 篇)

杨绪森等. 脑梗死进展速度与急性前循环大血管闭塞患者机械取栓术后发生症状性颅内出血相关性研究

#### 二等奖(2 篇)

张宇杰等. 前壁心梗患者微循环功能障碍的影响因素及预测模型的建立

徐林等. 基于血清前白蛋白对 TACE 治疗不可切除肝细胞癌预后模型的建立与验证

#### 三等奖(4 篇)

马圆等. 缺血性脑卒中患者机械取栓术后早期 CT 平扫脑实质高密度影鉴别诊断

赵东旭等. 基于术前炎症指标构建和验证肝癌患者 TACE 治疗预后的列线图

石静等. 氢吗啡酮静脉自控镇痛对瘢痕妊娠患者辅助行子宫动脉栓塞术后镇痛的有效性和安全性

刘九鼎等. 基于头颅 CT 的视神经鞘直径在颅内静脉窦血栓形成诊断和预后评估中的价值