

CT 血管造影在心血管疾病诊治中的应用

杨 眉综述 李毅刚审校

【摘要】 随着 CT 技术发展和研究的深入,心脏 CT 血管造影(CTA)无创和高成像质量的优势日益突出。近年来的研究表明,CTA 在诊断冠心病、辅助心房颤动消融以及判断心力衰竭、心肌缺血等方面均具有重要的临床价值和前景;同时,由于技术问题也存在部分局限性,该文就上述这些方面作一综述。

【关键词】 CT 血管造影;冠心病;射频消融;心力衰竭;心肌缺血

多层螺旋 CT 出现以前,心脏的 CT 成像一直很不理想。冠状动脉(冠脉)的直径过小、心脏不停的快速运动均给 CT 成像造成很大的困难。多层螺旋 CT 和双源 CT 的出现,大幅度提高了时间和空间分辨率,CT 血管造影(computed tomography angiography, CTA)逐渐成为心脏及血管的重要辅助检查手段。CTA 兼具便捷和无创的优点,在心脏及冠脉成像等方面优于血管内超声、磁共振成像等传统方法,甚至有望替代冠脉造影,成为冠脉狭窄的首选诊断方法。CTA 还可以行功能成像,反映心脏的血流动力学、心肌供血情况等。

1 CTA 与冠状动脉疾病

CTA 有望代替传统的负荷试验、心脏核素显像等,成为衡量患者是否需要行经皮冠脉介入术(PCI)的无创筛查方法。Hoffmann 等^[1]通过对心脏多层螺旋 CT 及导管血管造影(catheter angiography, CA)的对比研究表明,CTA 诊断有临床意义的冠脉狭窄的阳性、阴性预测值均达到 98%。

1.1 CTA 的优势

CTA 不仅无创,对冠脉的观察还具有多种优

势:(1)CA 的观察角度有限(左侧冠脉 6~7 个方位,右侧冠脉 2~4 个方位),CTA 能从 360°全方位观察,确保能捕捉到冠脉最狭窄时的视觉角度,减少了误差;(2)CA 不便于辨认重叠的血管,而 CTA 能通过变换角度轻松解决这个问题;(3)CTA 可以通过合适的图像处理方法,最大程度地减小投影缩减效应的影响;(4)CA 是通过狭窄处的直径百分比来判断是否存在血管狭窄,这种指标并不能直接反映血管的流量,且肉眼观察缺乏客观性。CTA 采用血管内断层分析(tomographic intravascular analysis, TIVA)技术,能直接测量血管内腔的最小横截面积(minimum luminal area, MLA),更客观地衡量血管的狭窄程度;(5)当血管广泛狭窄时,由于缺乏正常血管的内径作为参考,CA 很难作出正确的诊断,而 CTA 进行直接测量则不存在这样的问题^[2]。

1.2 CTA 与 PCI 的筛选

鉴于出现疑似冠心病症状的患者基数很大,而真正存在冠脉显著狭窄的患者比例相对较小,CTA 作为 PCI 前的患者筛选手段意义重大。有研究表明,CTA 能使 80% 的疑似冠心病低危患者免于进一步的 CA 检查^[3]。Sato 等^[4]研究了 4 层、16 层螺旋 CT 对胸痛患者的诊断价值。对于无典型心电图和心肌酶谱变化的胸痛患者,多层螺旋 CT 的敏感度和特异度分别为 95.5% 和 88.9%。另外,冠脉 CTA 对于负荷试验可疑阳性患者的确诊、无症状高危患者的心脏危险分层

基金项目:国家自然科学基金(30670831),上海市科委基金(0PJ14063)

作者单位:200092 上海交通大学医学院附属新华医院心内科

通讯作者:李毅刚, E-mail: drliyigang@yahoo.com.cn

等均具重要价值。

1.3 CTA 指导下的 PCI

以往总是以 CA 检查过程中,术者肉眼的判断来决定支架的尺寸,缺乏客观的标准。近年来,由于对 PCI 后晚期血栓形成问题的关注,选择大小与患者病变血管最契合的支架显得尤为重要。因为管腔内径的细微差别可能导致多个手术和治疗环节的不同:内径 3 mm 的冠脉通常选用药物洗脱支架;而内径 3.5 mm 则选用金属裸支架,既减少了晚期支架内血栓形成的风险和 PCI 术后氯吡格雷的服用时间,而且降低了支架内再狭窄的概率^[5]。

术前对管腔和病变部位深入了解有可能改变治疗方案。当 CTA 显示左前降支开口处病变合并明显左主干病变时,搭桥手术是更理想的选择,而左主干病变在 CA 检查中可能成像并不理想。这种情况下行 PCI 术,可能损伤左主干的管壁,并导致更严重的管腔狭窄。CTA 对钙化的显影较 CA 更好。如术前行 CTA 发现血管钙化严重时,可以先采用冠脉旋磨术而不是直接植入支架,或者放弃 PCI 而改用外科手术治疗。另外,CTA 对主动脉根部和冠脉开口处成角的分析,有利于手术者选择合适的导管。

由于投影缩减效应、钙化、无法观察到完全闭塞处的远端血管(远端血管无侧支供应)等原因,CA 难以判断冠脉慢性完全性闭塞病变的长度,这也是 PCI 失败的重要原因之一。CTA 可以评估血管闭塞长度、钙化程度等情况,帮助预测介入手术成功的可能性。另外,导引钢丝是否能顺利通过闭塞部分也需要 CTA 的 TIVA 的指导。

对斑块的评估以筛选出高危病变对 PCI 具有重要意义。病变部位附近大量的低密度脂质斑块可能在介入过程中发生破裂,并导致急性冠脉综合征。CTA 通过对密度的测量来区别脂肪、纤维组织及钙化,并以此评估斑块的性质。

1.4 冠脉 CTA 的局限性

CTA 的显像质量常受到多种因素的影响,不规则心律、有限的时间和空间分辨率、冠脉过快的运动、严重的钙化都可能影响图像质量,甚至造影

剂也有可能加重运动伪影。双源 CT 解决了不规则心律、分辨率不够等问题,但 CTA 的心脏显像在某些方面目前仍难以推广。

尽管 CTA 在评价桥动脉是否通畅以及再狭窄有较高临床价值,但由于搭桥手术后患者的冠脉常出现严重的钙化和管腔狭窄,CTA 对桥血管远端的冠脉以及未被搭桥的冠脉显像不理想^[6]。金属外科夹也是造成伪影的重要原因之一。研究表明,CTA 对桥血管的敏感度和特异度非常高(分别为 100% 和 92.4%),但它对桥血管近端和远端的冠脉敏感度仅为 57.5%、28.5%,冠脉成像节段无法辨识清楚^[7]。这就导致心脏 CTA 不适用于冠脉搭桥术后再次出现胸痛的患者,这些患者需要评估桥血管以及其他主要冠脉的情况。

CTA 目前尚不能取代有创性的 CA 检查来评估 PCI 术后再出现胸痛患者的冠脉情况。研究表明,由于金属支架造成的伪影,CTA 对冠脉支架以及支架内再狭窄的诊断敏感度仅为 54%~83%^[8]。CTA 对支架及再狭窄的评估能力不仅取决于 CT 本身,而且还与支架类型以及支架直径有关。支架直径越大,成像越清晰^[9]。另外,图像处理方法也是影响成像质量的重要因素,是提高 CTA 辨识能力的发展方向之一。已有研究者通过图像后加工,使得 16 层螺旋 CTA 评估带支架血管的正确率达到 93%^[10]。

CTA 应用于斑块评估上仍存在不少限制。部分容积效应以及射束硬化等原因,均可能导致 CTA 对斑块的性质作出错误的分类。另外,CTA 判断斑块的大小和体积时也会出现不同程度的误差。尽管如此,CTA 在冠脉斑块分析上仍具有前景,且已有研究者通过血管内超声证实了 CTA 在斑块分析上的潜力,特别是确认是否存在高危的薄纤维帽的能力^[11,12]。

2 CTA 与心律失常

2.1 指导电生理手术

通过射频消融的方式,隔离肺静脉与左房来治疗心房颤动效果显著。但肺静脉解剖形态的个体差异性很大,据统计有 2.4%~25% 患者的肺静脉出现不同程度的变异。冠状静脉系统也是导

致多种心律失常的重要原因,包括心房颤动、房室折返性心动过速、预激综合征等多种心律失常的电生理手术,都需要在冠状静脉内进行消融。另外,冠状静脉系统在心脏再同步化治疗中也至关重要,左室心外膜起搏的穿静脉电极通常就放置在冠状静脉内。冠状窦、冠状静脉的变异性也很大,5%~12%的患者因为冠状静脉内电极植入失败而不得不选择外科手术^[13]。术前进行 CTA 三维重建不仅有助于明确心脏各腔室的几何结构和解剖变异,还可以知道房间隔穿刺以及左房、肺静脉电解剖标测,对保障手术的成功至关重要。

尽管电解剖标测系统已经成功地实现了左房和肺静脉的成像,但由于取点数有限使其不能精确复制出形态复杂多样的肺静脉解剖结构。CTA 对心脏各结构均有很好的成像效果,但目前还无法做到术中实时构图^[14]。三维电解剖标测系统提供的图像融合技术,可以将电解剖成像与 CTA 图像整合,使得消融过程中可以实时显示导管头端与整合图像心内膜间的距离,避免了电解剖标测图可能存在的标测误区导致“假接触”,从而提高消融的有效性。另外,图像整合发放也得到了很大的发展,从半自动整合到全自动整合,减小了两图像间的误差,为消融提供更加优化的图像参考^[15,16]。

2.2 减少并发症

心房颤动的射频消融术常见的并发症有冠状窦、肺静脉、冠脉的狭窄或穿孔,心包填塞,食管损伤甚至心房-食管瘘等,这些并发症的发生与否取决于消融功率、消融时间以及消融位置。心脏及食管的 CT 成像(CTA 的同时口服钡剂行食管成像),可以帮助手术者在术前全面系统地剖析患者心脏及周围邻近脏器的毗邻关系,以及相应结构管壁厚度,避免在解剖的薄弱或可能损伤周围脏器处反复或大功率消融,从而避免各种并发症的发生。值得一提的是,避免高危部位的消融并不会增加心房颤动的复发率^[17]。另外,若消融术后出现相关并发症的相应症状时,CTA 也是很好的辅助诊断方法。

术前心脏 CTA 不仅能提示解剖结构,同时,

还可以发现左心耳血栓和正在形成中的血栓,对于临床医生具有重要意义^[18]。

3 CTA 与心力衰竭

对于左室收缩功能不全的患者,CTA 能对患者左、右室的射血分数、容积和质量、冠脉的狭窄情况、浸润性心肌病的发展程度等方面进行全面分析,对患者的病因判断、病情评估以及治疗方案的选择很有帮助。另外,CTA 还可以帮助诊断结节病、淀粉样变、血色素沉着症等可能导致心力衰竭的浸润性心肌病^[19]。Kanao 等^[20]发现,延时增强 CT 扫描能清晰地反映结节病累及心脏时病变心肌的增强影,其位置和范围与延时增强磁共振的成像一致。

通过对一个心动周期不同时相的成像,CTA 还可以评估心室的整体功能以及有无心室壁异常运动。Heuschmid 等^[21]发现,CTA 测量得到的血流动力学参数与磁共振结果一致。上述方法还可以判断心肌的异常运动,研究表明,对节段性室壁异常运动的诊断 CTA 与经胸壁超声心动图的一致率达 89%^[22]。CTA 还能同时评估左、右室,这是经胸壁超声心动图不具备的。

4 CTA 与心肌灌注

尽管目前临床上主要应用核素显像、磁共振成像、心脏超声等手段来评估缺血心肌,但负荷 CTA 在评估心肌缺血方面也有应用前景。有学者发现,增强 CTA 能发现急性心肌梗死的心肌灌注缺损,预测血运再通术后发现心肌梗死面积。单光子散发计算机断层显像(SPECT)是目前判断心肌梗死面积最有效的方法。比较 CTA 和 SPECT 评估心肌活力的研究表明,CTA 诊断血管再通术后梗死面积的敏感度、特异度和正确率分别为 93%、100%和 94%^[23]。

另外,负荷 CTA 还能用于评价心肌灌注。研究者对 12 例患者行腺苷负荷 CTA 及 20 min 后静息状态下 CTA,两者对比得到负荷下灌注异常的心肌区域,结果发现 83%的负荷心肌灌注异常的 CTA 同 SPECT 一致^[24]。有学者利用双源 CT 进行了类似的试验,结果发现其诊断节段性心肌缺血的敏感度、特异度和正确率分别为 84%、

94%和92%^[25]。

5 小结

CTA除了用于诊断冠脉狭窄、指导心脏电生理手术,还可以用于诊断心力衰竭、评价心脏的血流动力学以及心肌灌注情况。尽管目前由于一些技术问题限制了CTA的应用范围,但它在心血管领域仍具良好的发展前景。

参考文献

- [1] Hoffmann MH, Shi H, Schmitz BL, et al. Noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography[J]. JAMA, 2005, 293(20):2471-2478.
- [2] Hecht HS. Applications of multislice coronary computed tomographic angiography to percutaneous coronary intervention; how did we ever do without it? [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2008, 71(4):490-503.
- [3] Danciu SC, Herrera CJ, Stecy PJ, et al. Usefulness of multislice computed tomographic coronary angiography to identify patients with abnormal myocardial perfusion stress in whom diagnostic catheterization may be safely avoided[J]. Am J Cardiol, 2007, 100(11):1605-1608.
- [4] Sato Y, Matsumoto N, Ichikawa M, et al. Efficacy of multislice computed tomography for the detection of acute coronary syndrome in the emergency department[J]. Circ J, 2005, 69(9):1047-1051.
- [5] Holmes DR Jr, Kereiakes DJ, Laskey WK, et al. Thrombosis and drug-eluting stents; an objective appraisal[J]. J Am Coll Cardiol, 2007, 50(2):109-118.
- [6] Hoffmann MH, Shi H, Manzke R, et al. Noninvasive coronary angiography with 16-detector row CT: effect of heart rate[J]. Radiology, 2005, 234(1):86-97.
- [7] von Kiedrowski H, Wiemer M, Franzke K, et al. Non-invasive coronary angiography; the clinical value of multislice computed tomography in the assessment of patients with prior coronary bypass surgery[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 25(2):161-170.
- [8] Carbone I, Francone M, Algeri E, et al. Non-invasive evaluation of coronary artery stent patency with retrospectively ECG-gated 64-slice CT angiography[J]. Eur Radiol, 2008, 18(2):234-243.
- [9] Gaspar T, Halon DA, Lewis BS, et al. Diagnosis of coronary in-stent restenosis with multidetector row spiral computed tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 46(8):1573-1579.
- [10] Deetjen AG, Conradi G, Möllmann S, et al. Diagnostic value of the 16-detector row multislice spiral computed tomography for the detection of coronary artery stenosis in comparison to invasive coronary angiography [J]. Clin Cardiol, 2007, 30(3):118-123.
- [11] Leber AW, Becker A, Knez A, et al. Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system; a comparative study using intravascular ultrasound[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47(3):672-677.
- [12] Kolodgie FD, Burke AP, Farb A, et al. The thin-cap fibroatheroma; a type of vulnerable plaque; the major precursor lesion to acute coronary syndromes[J]. Curr Opin Cardiol, 2001, 16(5):285-292.
- [13] Abraham WT, Hayes DL. Cardiac resynchronization therapy for heart failure [J]. Circulation, 2003, 108(21):2596-2603.
- [14] Jongbloed MR, Lamb HJ, Bax JJ, et al. Noninvasive visualization of the cardiac venous system using multislice computed tomography [J]. J Am Coll Cardiol, 2005, 45(5):749-753.
- [15] Tops LF, Bax JJ, Zeppenfeld K, et al. Fusion of multislice computed tomography imaging with three-dimensional electroanatomic mapping to guide radiofrequency catheter ablation procedures[J]. Heart Rhythm, 2005, 2(10):1076-1081.
- [16] Reddy VY, Neuzil P, Malchano ZJ, et al. View-synchronized robotic image-guided therapy for atrial fibrillation ablation; experimental validation and clinical feasibility [J]. Circulation, 2007, 115(21):2705-2714.
- [17] Kettering K, Weig HJ, Busch M, et al. Segmental pulmonary vein ablation; success rates with and without exclusion of areas adjacent to the esophagus[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2008, 31(6):652-659.
- [18] Jaber WA, White RD, Kuzmiak SA, et al. Comparison of ability to identify left atrial thrombus by three-dimensional tomography versus transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation[J]. Am J Cardiol, 2004, 93(4):486-489.
- [19] Smedema JP, Truter R, de Klerk PA, et al. Cardiac sarcoidosis evaluated with gadolinium-enhanced magnetic resonance and contrast-enhanced 64-slice computed tomography[J]. Int J Cardiol, 2006, 112(2):261-263.
- [20] Kanao S, Tadamura E, Yamamuro M, et al. Demonstration of cardiac involvement of sarcoidosis by contrast-enhanced multislice computed tomography and delayed-enhanced magnetic resonance imaging[J]. J Comput Assist Tomogr, 2005, 29(6):745-748.
- [21] Heuschmid M, Rothfuss JK, Schroeder S, et al. Assessment of left ventricular myocardial function using 16-slice multidetector-row computed tomography; comparison with magnetic resonance imaging and echocardiography [J]. Eur Radiol, 2006, 16(3):551-559.

(下转第 170 页)

靶器官有保护作用。这些均表明其是一种有潜能的新型降压药,但还需要更多的循证资料研究证实这些特性能够转化为对长期病死率和发病率的益处。

参 考 文 献

- [1] Staessen JA, Li Y, Richart T. Oral renin inhibitors[J]. *Lancet*, 2006,368(9545):1449-1456.
- [2] de Gasparo M, Cumin F, Nussberger J, et al. Pharmacological investigations of a new renin inhibitor in normal sodium-unrestricted volunteers[J]. *Br J Clin Pharmacol*, 1989,27(5):587-596.
- [3] Wood JM, Schnell CR, Cumin F, et al. Aliskiren, a novel, orally effective renin inhibitor, lowers blood pressure in marmosets and spontaneously hypertensive rats[J]. *J Hypertens*, 2005,23(2):417-426.
- [4] Azizi M, Webb R, Nussberger J, et al. Renin inhibition with aliskiren; where are we now, and where are we going? [J]. *J Hypertens*, 2006,24(2):243-256.
- [5] Zhao C, Vaidyanathan S, Yeh CM, et al. Aliskiren exhibits similar pharmacokinetics in healthy volunteers and patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Clin Pharmacokinet*, 2006,45(11):1125-1134.
- [6] Nussberger J, Wuerzner G, Jensen C, et al. Angiotensin II suppression in humans by the orally active renin inhibitor Aliskiren (SPP100): comparison with enalapril[J]. *Hypertension*, 2002,39(1):E1-E8.
- [7] O'Brien E, Barton J, Nussberger J, et al. Aliskiren reduces blood pressure and suppresses plasma renin activity in combination with a thiazide diuretic, an angiotensin-converting enzyme inhibitor, or an angiotensin receptor blocker[J]. *Hypertension*, 2007,49(2):276-284.
- [8] Gradman AH, Schmieder RE, Lins RL, et al. Aliskiren, a novel orally effective renin inhibitor, provides dose-dependent antihypertensive efficacy and placebo-like tolerability in hypertensive patients [J]. *Circulation*, 2005, 111(8):1012-1018.
- [9] Villamil A, Chrysant SG, Calhoun D, et al. Renin inhibition with aliskiren provides additive antihypertensive efficacy when used in combination with hydrochlorothiazide [J]. *J Hypertens*, 2007,25(1):217-226.
- [10] Pool JL, Schmieder RE, Azizi M, et al. Aliskiren, an orally effective renin inhibitor, provides antihypertensive efficacy alone and in combination with valsartan[J]. *Am J Hypertens*, 2007,20(1):11-20.
- [11] Sealey JE, Laragh JH. Aliskiren, the first renin inhibitor for treating hypertension; reactive renin secretion may limit its effectiveness[J]. *Am J Hypertens*, 2007,20(5): 587-597.
- [12] Fisher ND, Hollenberg NK. Renin inhibition; what are the therapeutic opportunities? [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2005,16(3):592-599.
- [13] Hollenberg NK, Fisher ND, Price DA. Pathways for angiotensin II generation in intact human tissue; evidence from comparative pharmacological interruption of the renin system[J]. *Hypertension*, 1998,32(3):387-392.
- [14] Pilz B, Shagdarsuren E, Wellner M, et al. Aliskiren, a human renin inhibitor, ameliorates cardiac and renal damage in double-transgenic rats [J]. *Hypertension*, 2005, 46(3):569-576.
- [15] Vaidyanathan S, Jermany J, Yeh C, et al. Aliskiren, a novel orally effective renin inhibitor, exhibits similar pharmacokinetics and pharmacodynamics in Japanese and Caucasian subjects[J]. *Br J Clin Pharmacol*, 2007,62(6): 690-698.

(收稿:2008-10-31 修回:2009-01-20)

(本文编辑:朱 映)

(上接第 142 页)

- [22] Lessick J, Mutlak D, Rispler S, et al. Comparison of multidetector computed tomography versus echocardiography for assessing regional left ventricular function[J]. *Am J Cardiol*, 2005, 96(7):1011-1015.
- [23] Paul JF, Wartski M, Caussin C, et al. Late defect on delayed contrast-enhanced multi-detector row CT scans in the prediction of SPECT infarct size after reperfused acute myocardial infarction; initial experience[J]. *Radiology*, 2005, 236(2):485-489.
- [24] Kurata A, Mochizuki T, Koyama Y, et al. Myocardial perfusion imaging using adenosine triphosphate stress multi-slice spiral computed tomography; alternative to stress myocardial perfusion scintigraphy [J]. *Circ J*, 2005, 69(5):550-557.
- [25] Ruzsics B, Lee H, Zwerner PL, et al. Dual-energy CT of the heart for diagnosing coronary artery stenosis and myocardial ischemia-initial experience[J]. *Eur Radiol*, 2008, 18(11):2414-2424.

(收稿:2008-12-08 修回:2009-03-24)

(本文编辑:朱 映)