



低管电压在经导管主动脉瓣置换术前CTA中的应用

许兵, 朱洁, 陆建平, 赵冰辉, 田冰, 尹伟, 周振, 王敏杰

引用本文:

许兵, 朱洁, 陆建平, 等. 低管电压在经导管主动脉瓣置换术前CTA中的应用[J]. 中国临床医学, 2021, 28(4): 682–687.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210564>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

320排CT可变螺距采集技术在经导管主动脉瓣置换术前评估中的应用

Application of 320-row CT variable helical pitch technique in preoperative evaluation of transcatheter aortic valve replacement

中国临床医学. 2019, 26(4): 602–605 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190076>

低管电压与低浓度对比剂联合迭代重建技术在主动脉CT血管成像中的应用

Application of low tube voltage and low-concentration iodinated contrast with iterative reconstruction on aorta computed tomography angiography

中国临床医学. 2018, 25(4): 560–564 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20180289>

自由呼吸状态下宽体探测器CT单心动周期冠脉造影的可行性

Feasibility of coronary CT angiography in single cardiac cycle with wide-body detector in free-breathing state

中国临床医学. 2021, 28(4): 622–628 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202440>

320排探测器CT单心动周期扫描应用于心律不齐患者冠状动脉成像的可行性

Feasibility of single cardiac cycle 320 detector CT scan in patients with arrhythmia undergoing coronary angiography

中国临床医学. 2021, 28(2): 236–240 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210100>

低管电压结合低碘对比剂在前门控双源CT冠状动脉CTA中的应用

Clinical application of low tube voltage and low-iodine-concentration contrast agent in prospective ECC-gated dual-source computed tomography coronary angiography

中国临床医学. 2017, 24(2): 257–259 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20160858>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210564

低管电压在经导管主动脉瓣置换术前 CTA 中的应用

许兵, 朱洁, 陆建平*, 赵冰辉, 田冰, 尹伟, 周振, 王敏杰

海军军医大学第一附属医院放射诊断科, 上海 200433

引用本文 许兵, 朱洁, 陆建平, 等. 低管电压在经导管主动脉瓣置换术前 CTA 中的应用[J]. 中国临床医学, 2021, 28(4): 682-687. XÜ B, ZHU J, LU J P, et al. Application of low tube voltage in CTA before transcatheter aortic valve replacement[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2021, 28(4): 682-687.

[摘要] **目的:**通过分析经导管主动脉瓣置换术(TAVR)患者术前CTA主观及客观图像质量,探讨320排CT低管电压可变螺距(VHP)技术在TAVR术前评估中的应用价值。**方法:**前瞻性纳入2016年1月至2020年12月拟行主动脉瓣膜置换的96例患者,所有患者术前采用320排螺旋CT VHP技术进行CTA检查。按随机数字法将患者分为80 kV组、100 kV组、120 kV组,各32例,对比剂用量分别为0.9、1.1、1.2 mL/kg,流速分别为3、3.5、4 mL/s。每组患者图像均采用迭代算法,图像质量评价采用主观(Likert 5法)和客观评估方法[CT值、SD值、对比噪声比(con-
trast to noise ratio,CNR)]进行评估。比较3组间左、右颈总动脉,升主动脉根部,左、右股动脉层面的图像质量。**结果:**3组患者间性别、年龄、体质量指数(BMI)、扫描时间等差异无统计学意义。3组间主观评分差异仅在左、右股动脉层面有统计学意义($P<0.01$);3组间左、右颈总动脉及左、右股动脉层面CT值差异有统计学意义($P<0.001$),各层面SD值及CNR值差异均有统计学意义($P<0.001$)。80 kV组对比剂用量为(57.70 ± 9.01)mL,低于100 kV组[(71.80 ± 10.37)mL]和120 kV组[(75.20 ± 11.08)mL],差异均有统计学意义($P<0.01$)。80 kV、100 kV、120 kV组患者的剂量长度乘积(DLP)分别为(1096.88 ± 155.2) mGy×cm、(963.02 ± 137.9) mGy×cm、(1048.53 ± 168.2) mGy×cm,有效辐射剂量的均值分别为16.45、14.44、15.73 mSv,以100 kV组患者接受的剂量最低,与80 kV组和120 kV组之间差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**320排CT VHP技术中采用80、100、120 kV管电压均能获得良好的图像质量,其中,采用80 kV时对比剂用量最少,采用100 kV时所接受的辐射剂量最低。

[关键词] 320排CT;经导管主动脉瓣置换术;可变螺距技术;图像质量;低管电压

[中图分类号] R 814.43 **[文献标志码]** A

Application of low tube voltage in CTA before transcatheter aortic valve replacement

XÜ Bing, ZHU Jie, LU Jian-ping*, ZHAO Bing-hui, TIAN Bing, YIN Wei, ZHOU Zhen, WANG Min-jie

Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Naval Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective:** To discuss the application value of 320-slice CT low tube voltage variable helical pitch (VHP) technique in preoperative evaluation of patients undergoing transcatheter aortic valve replacement (TAVR) by analyzing the subjective and objective quality of preoperative CTA image of patients. **Methods:** A total of 96 cases of patients who planned to undergo aortic valve replacement from January 2016 to December 2020 were prospectively included. All patients underwent preoperative CTA examination with 320-slice spiral CT variable helical pitch (VHP) technique. According to the random number method, the patients were divided into 80 kV, 100 kV, and 120 kV groups, with 32 patients in each group, the dosage of contrast agent was 0.9, 1.1, and 1.2 mL/kg, and the flow rate was 3, 3.5, and 4 mL/s. Images of each group were evaluated using an iterative algorithm (AIDR), and image quality was evaluated using both subjective (Likert 5 method) and objective assessment methods (CT value, SD value, and contrast to noise ratio [CNR]). The image qualities of the left and right common carotid artery, ascending aortic root, and left and right femoral artery were compared among the 3 groups. **Results:** There were no statistically significant differences in gender, age, body mass index (BMI), and scanning time among the three groups. The significant differences in subjective scores were only observed in the left and right femoral artery among the three groups ($P<0.01$). There were significant differences in CT values at the left and right common carotid artery and left and right femoral artery among the three groups ($P<0.001$). There were significant differences in SD and CNR values at all levels among the three groups ($P<0.001$). The dosage of contrast agents in the 80 kV group ($[57.70\pm9.01]$ mL) was

[收稿日期] 2021-03-17

[接受日期] 2021-05-13

[作者简介] 许兵, 主管技师. E-mail: aishanli0102@126.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-31162146, E-mail: cjr.lujianping@vip.163.com

lower than that in the 100 kV group ($[71.80\pm10.37]$ mL) and 120 kV group ($[75.20\pm11.08]$ mL, $P<0.01$). In the 80 kV, 100 kV, and 120 kV groups, the dose length product (DLP) of patients was ($1\,096.88\pm155.20$) mGy $\times$ cm, (963.02 ± 137.90) mGy $\times$ cm, and ($1\,048.53\pm168.20$) mGy $\times$ cm, and the mean effective radiation dose was 16.45, 14.44, and 15.73 mSv, respectively. The patients in the 100 kV group received the lowest radiation dose ($P<0.05$). **Conclusions:** The 320-slice CT VHP technique can obtain good image quality at the tube voltages of 80, 100, and 120 kV, among which, the dosage of contrast agent is least at 80 kV, and the radiation dose received is lowest at 100 kV.

[Key Words] 320-slice CT; transcatheter aortic valve replacement; variable helical pitch; image quality; low tube voltage

严重的主动脉瓣狭窄会导致心力衰竭,发病凶险,预后较差^[1]。经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)是对有外科手术禁忌证或外科手术风险高患者的替代治疗方法之一^[2]。自2017年5月2款国产瓣膜上市后,我国TAVR得到了快速发展。截至2019年底,全国约200家医院共完成了4 000余例TAVR,其中在2019年完成2 600余例^[3]。

患者TAVR术前可进行经胸超声心动图、经食管超声心动图、多排螺旋CT、磁共振、动脉造影等评估^[4]。其中,CTA是评估主动脉瓣复杂解剖结构的首选方法^[5]。国内外关于TAVR术前CTA的研究多集中于双源CT,而且多采用100 kV管电压^[6-9]。本研究使用东芝单源320排CT可变螺距(variable helical pitch, VHP)大范围扫描技术,分别在80、100、120 kV采集TAVR患者术前图像,并分析主观及客观图像质量,以探讨更低辐射剂量的扫描方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择本院2016年1月至2020年12月符合纳入标准的严重主动脉瓣膜病变患者96例,均行全主动脉CTA检查,采用VHP扫描法。其中,男性54例、女性42例,年龄65~89岁,中位年龄75岁,体质指数(BMI)为17.59~31.12 kg/m²。按照随机数字表法,根据管电压将患者分为80 kV、100 kV、120 kV组,各32例。80 kV组:纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级Ⅳ级7例、Ⅲ级18例、Ⅱ级7例,合并高血压15例、高脂血症20例、糖尿病8例;100 kV组:NYHA心功能分级Ⅳ级6例、Ⅲ级17例、Ⅱ级9例,合并高血压19例、高脂血症18例、糖尿病8例;120 kV组:NYHA心功能分级Ⅳ级8例、Ⅲ级16例、Ⅱ级8例,合并高血压14例、高脂血症18例、糖尿病8例。所有患者术前均未服用倍他乐克和硝酸甘油片,以防止血流动力

学改变。所有患者均签署知情同意书

1.2 扫描方法及参数 采用320排CT机(Aquilion ONE,日本东芝)。对比剂注射采用双通道高压注射器(XD 2001,德国Ulrich),采用碘普罗胺注射液(优维显,碘浓度为370 g/L,德国拜耳)。使用20G留置针,常规选择右肘前静脉注射。80 kV、100 kV、120 kV组对比剂用量分别为0.9、1.1、1.2 mL/kg,流速分别为3、3.5、4 mL/s。注射完后以同样速度连续注射0.9%氯化钠液40 mL。

3组均采用100~580 mA管电流(仪器根据患者体型、身体厚度、机体密度等自动选择),旋转时间0.35 s/圈;心脏层面重建层厚0.5 mm、层距0.3 mm,大范围主动脉重建层厚1 mm、间距0.8 mm。常规重建30%、40%、75%时相,图像不佳时手动重建,卷积核为FC03;采用AIDR算法(standard等级)。扫描范围为下颌角至股骨中段水平,以保证各个路径全部显示。其中从下颌角至心底采用小螺距回顾性心电门控扫描模式,心底至股骨中段水平采用大螺距非心电门控扫描模式。下颌角层面至心底螺距为0.18~0.20,准直为0.5 $\times$ 100 mm,智能管电流等级选择“CTA”;心底至股骨中段水平螺距为1.11,智能管电流等级选择“low dose”,准直为0.5 $\times$ 100 mm。采用自动智能追踪模式,感兴趣区设置在升主动脉层面,阈值为160 HU。感兴趣区达到阈值后,嘱咐患者吸气,屏气扫描,视野为400 mm,矩阵为512 $\times$ 512。3组除管电压外,其余参数均相同。

1.3 图像质量评价

1.3.1 主观图像质量评价 扫描完成后将原始数据传至东芝VITRE工作站,行容积重建(VR)、多平面重组(MPR)、曲面重组(CPR)等后处理。由两位副高级职称医师对图像进行主观分析,有分歧时经协商后达成一致。采用Likert 5评分制评价各血管图像伪影和噪声^[10]:1分,不能诊断,严重伪影;2分,较差、伪影重,但对评估心血管解剖结构、斑块

和钙化有足够的对比度衰减;3 分,一般、适度,不干扰心脏和血管系统的全面评估;4 分,良好,仅有较小伪影,不干扰评估;5 分,非常好,无伪影及干扰。

1.3.2 客观图像质量评价 测量双侧颈总动脉(下颌角层面)、升主动脉根部和双侧股动脉(股骨头下方 10 cm 处)CT 值,同层脊柱旁肌肉 CT 值、背景噪声(SD),计算对比噪声比(CNR)。CNR=(血管平均 CT 值-肌肉平均 CT 值)/SD。感兴趣区尽量大,一般大血管为 2 cm²、小血管为 0.5 cm²,并尽量避免钙化及密度不均区域。

1.4 其他指标 记录各组患者辐射剂量及对比剂用量。其中辐射剂量采用机器自动生成的剂量长度乘积(DLP),除外正侧位定位图像及实时监测时产生的值;根据 DLP 计算有效剂量(ED),ED= $k \times$ DLP,其中 k 值采用欧盟委员会推荐的转换系

数(0.015)^[4]。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 21.0 统计软件对所有数据进行分析。计数和等级资料的描述采用 $n(\%)$,计数资料组间比较采用 χ^2 检验,等级资料组间比较采用非参数检验(Kruskal-Wallis H)。计量资料服从正态分布且方差齐时,采用方差分析进行多组间比较,进一步采用 LSD 进行两两比较;不满足上述条件时则采用非参数检验,进一步采用 Nemenyi 法或 Keuls 法进行两两比较。检验水准(α)为 0.05。

2 结果

2.1 基线资料 结果(表 1)显示:3 组患者性别、年龄、BMI、心率、扫描时间差异均无统计学意义。

表 1 3 组患者基线资料比较

n=32					
项目	80 kV 组	100 kV 组	120 kV 组	χ^2/F 值	P 值
男性 $n(\%)$	18(56.3)	19(59.4)	17(53.1)	0.25	0.88
年龄/岁	77.6 $\pm$ 6.1	75.4 $\pm$ 5.4	75.7 $\pm$ 4.7	1.63	0.20
BMI/(kg $\cdot$ m ⁻²)	23.3 $\pm$ 2.0	23.4 $\pm$ 3.6	22.4 $\pm$ 2.6	1.33	0.26
心率/(次 $\cdot$ min ⁻¹)	69.7 $\pm$ 12.1	72.4 $\pm$ 8.3	72.5 $\pm$ 9.6	0.80	0.45
扫描时间/s	14.9 $\pm$ 0.8	14.6 $\pm$ 0.7	14.8 $\pm$ 0.8	0.21	0.81

2.2 图像质量评价 各测量血管 CT 值均超过 350 HU。1 例患者屏气欠佳经重建后升主动脉根部图像质量良好;5 例心律不齐患者经重建后升主动脉根部图像主观评分均达 4 分。所有患者其余各层面主观评分均大于 3 分。

2.2.1 主观图像质量评价 结果(表 2)显示:3 组间左颈总动脉、右颈总动脉、升主动脉根部图像主观评分差异均无统计学意义。3 组间左股动脉、右股动脉图像主观评分差异有统计学意义($P<0.01$);两两比较显示:80 kV 组与 100 kV 组左、右股动脉图像主观评分间差异无统计学意义;120 kV 组左、右股动脉图像主观评分小于其他两组($P<0.05$)。图 1 显示典型病例术前 CTA 结果。

2.2.2 客观图像质量评价 结果(表 3)显示:3 组间升主动脉根部 CT 值差异无统计学意义,其他层面 CT 值、SD 值和 CNR 差异均有统计学意义($P<0.001$)。

2.3 辐射剂量及对比剂用量 结果(表 4)显示:3

组间辐射剂量($F=6.18,P=0.003$)与对比剂用量($F=20.95,P<0.001$)差异有统计学意义。两两比较显示:80 kV 组与 120 kV 组间 DLP 及 ED 差异无统计学意义;但 100 kV 组与其他两组间 DLP 及 ED 差异有统计学意义($P<0.05$)。100 kV 组与 120 kV 组间对比剂用量差异无统计学意义;80kV 组与其他两组间对比剂用量差异有统计学意义($P<0.01$)。

表 2 3 组患者各层面主观评分比较

n=32,分				
层面	80 kV 组	100 kV 组	120 kV 组	P 值
LCC	4.88 $\pm$ 0.33	4.81 $\pm$ 0.39	4.84 $\pm$ 0.37	0.79
RCC	4.75 $\pm$ 0.36	4.80 $\pm$ 0.41	4.80 $\pm$ 0.42	0.76
AAO	5.00 $\pm$ 0.00	4.97 $\pm$ 0.18	5.00 $\pm$ 0.00	0.37
LFA	4.94 $\pm$ 0.25*	4.93 $\pm$ 0.25*	4.84 $\pm$ 0.37	<0.01
RFA	4.93 $\pm$ 0.26*	4.94 $\pm$ 0.26*	4.82 $\pm$ 0.39	<0.01

LCC:左颈总动脉;RCC:右颈总动脉;AAO:升主动脉根部;LFA:左股动脉;RFA:右股动脉。* $P<0.05$ 与 120 kV 组相比

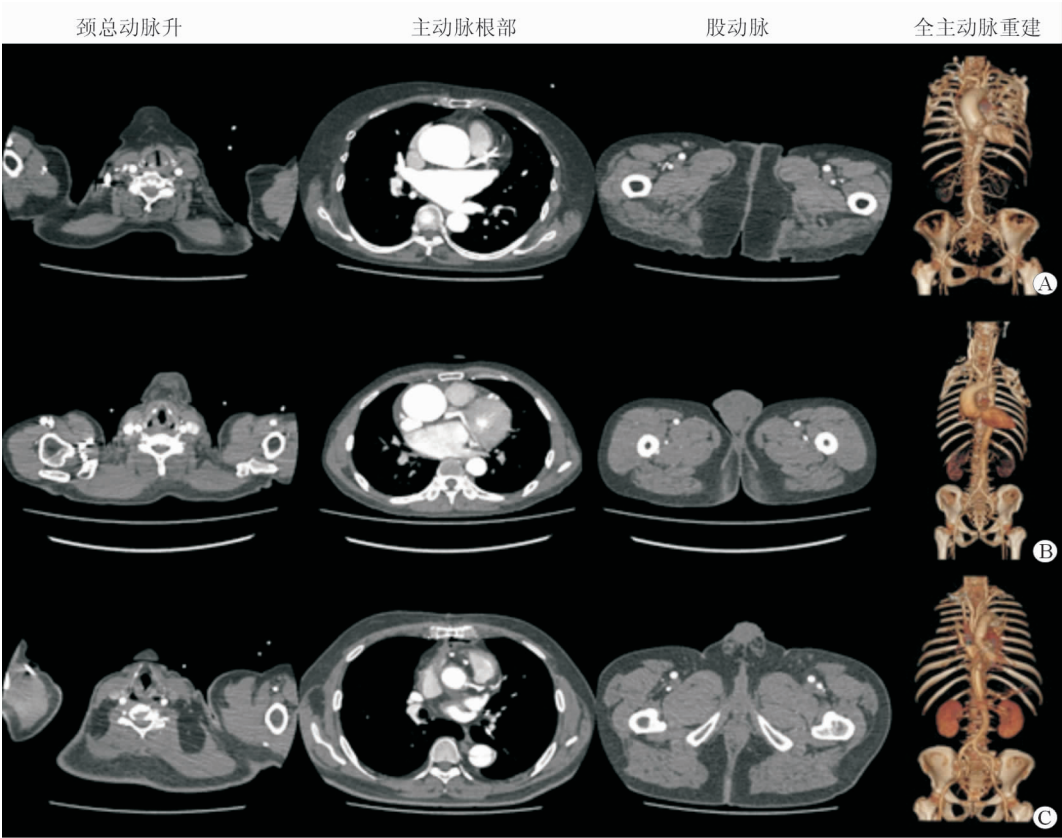


图 1 各组典型病例术前各层面图像

A:患者女性,70岁,80 kV 成像;B:患者男性,75岁,100 kV 成像;C:患者男性,72岁,120 kV 成像. 主观评分均为 5 分

表 3 3 组间各层面图像客观评价

n=32					
指标	LCC	RCC	AAO	LFA	RFA
CT 值/HU					
80 kV 组	377.35 ± 15.84	376.56 ± 10.62	551.14 ± 85.88	415.55 ± 62.02	410.26 ± 55.68
100 kV 组	465.62 ± 22.79	464.50 ± 20.11	561.58 ± 118.98	418.93 ± 110.57	420.93 ± 108.86
120 kV 组	504.50 ± 77.99	500.73 ± 60.78	542.59 ± 66.86	491.47 ± 22.82	490.83 ± 23.46
P 值	<0.001	<0.001	0.720	<0.001	<0.001
SD 值/HU					
80 kV 组	26.92 ± 1.97	27.89 ± 1.56	28.45 ± 1.85	35.7 ± 2.16	34.69 ± 2.07
100 kV 组	33.45 ± 8.58	34.60 ± 8.49	20.63 ± 2.67	36.71 ± 21.76	35.89 ± 20.78
120 kV 组	15.31 ± 3.95	16.43 ± 3.88	22.16 ± 7.95	26.66 ± 6.56	25.77 ± 6.66
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
CNR					
80 kV 组	17.33 ± 4.75	17.78 ± 4.40	24.25 ± 9.90	18.60 ± 7.89	18.48 ± 7.28
100 kV 组	26.19 ± 2.77	26.79 ± 2.68	40.90 ± 9.46	25.24 ± 7.92	25.36 ± 7.81
120 kV 组	29.45 ± 7.44	29.89 ± 7.34	31.61 ± 2.54	21.98 ± 4.86	21.39 ± 4.62
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

SD:背景噪声;CNR:对比噪声比;LCC:左颈总动脉;RCC:右颈总动脉;AAO:升主动脉根部;LFA:左股动脉;RFA:右股动脉

表 4 3 组辐射剂量及对比剂用量比较

n = 32

项目	80 kV 组	100 kV 组	120 kV 组	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
DLP/(mGy · cm)	1 096.88 ± 155.20	963.02 ± 137.90 *	1 048.53 ± 168.20 △	6.18	0.003
ED/mSv	16.45	14.44 *	15.73 △	6.18	0.003
对比剂用量/mL	57.70 ± 9.01	71.80 ± 10.37 **	75.2 ± 11.08 **	20.95	<0.001

DLP:剂量长度乘积;ED:有效剂量. * *P* < 0.05, ** *P* < 0.01 与 80 kV 组相比;△ *P* < 0.05 与 100 kV 组相比

3 讨 论

随着多层螺旋 CT 技术的发展,螺旋 CTA 的诊断价值显著提高^[11-14]。本研究采用的 320 排 CT 具有超大范围扫描能力,空间分辨率达到 0.4 mm。有研究^[15]表明,降低管电压会增加 CT 值,从而提高血管对比度。而 Talei Franzesi 等^[16]研究发现,在所有血管中,低 kV 测量较标准 120 kV 相比能获得更高的 CT 值,而图像质量差异无统计学意义。80 kV 组双侧颈总动脉 CT 值低于 100 kV 及 120 kV 组,可能与更低的流速和更少的对比剂有关。但 80 kV 组患者 CT 值均大于 350 HU,重建生成的 VR 及 CPR 图像质量较佳。CNR 是一项客观指标。Karaca 等^[17]的标准:CNR > 8 的图像质量高,CNR 为 4 ~ 8 的图像质量中等,CNR < 4 的图像质量差。本研究中 3 组患者升主动脉根部 CNR > 24,左、右颈总动脉 CNR > 17,左、右股动脉 CNR > 18,也说明 3 组图像质量均佳。

Talei Franzesi 等^[16]的研究中,100 kV 组平均有效辐射剂量明显低于 120 kV 组,降低约 20% [(22.56 ± 5.8) mSv *vs* (28.82 ± 2.21) mSv]。Alkadhi^[18]等的研究中,与 120 kV CTA 相比,100 kV CTA 的有效辐射降低 29% ~ 34%。本研究中 100 kV 辐射剂量也低于 120 kV 组,与上述两项研究一致。本研究中扫描使用智能管电流,但辐射剂量未随着管电压的降低而降低,主要是由于为了保证主动脉根部的图像质量,在心电门控扫描区域选择了“CTA”模式而未选择辐射剂量更低的钙化积分模式。随着管电压的降低,为了保证图像质量,管电流会代偿性地成倍增加,导致 80 kV 组辐射剂量较 100 kV 组增加,也使 80 kV 组和 100 kV 组股动脉主观评分略大于 120 kV 组。

VHP 技术可根据扫描需要改变螺距大小,本研究 100 kV 组辐射剂量 [(963.02 ± 137.90) mGy × cm] 低于 Matsumoto 等^[19]的研究 [(1 018.1 ± 1 130.6) mGy × cm]。该研究同样使用 100 kV VHP 大范围扫描法,不同点在于本研究中 100 kV

非心电门控扫描部位的螺距为 1.1,并选择“low dose”模式。而且,人体的生殖腺位于该区域内,减低此区域的辐射更加重要。

对比剂越来越多地应用于 CT 成像中,然而,对比剂可能损害肾功能^[20]。莫绪凯等^[21]在碘对比剂总量为 70 mL 的条件下,成功对 44 例患者进行胸痛三联扫描。本研究 80 kV 组、100 kV 组、120 kV 组对比剂用量分别为 (57.7 ± 9.01) mL、(71.8 ± 10.37) mL、(75.2 ± 11.08) mL,在对比剂增加不明显甚至减少的情况下实现了更大范围的扫描。TAVR 患者年龄偏大,多伴有基础疾病。对于肾功能不全患者,选择 80 kV 可明显减少对比剂用量。

本研究的不足或局限性主要为:(1)VHP 技术为东芝 CT 机特有的采集技术,并不适合所有机型,且目前只有回顾性扫描模式,导致需要接受前瞻性心电门控扫描的患者接受更多的辐射;(2)未选择更低的管电流以进一步降低辐射;(3)患者例数较少,可能造成结果偏倚。

综上所述,320 排 CT VHP 技术联合迭代算法在管电压为 80 kV 和 100 kV 时均能获得良好的 TAVR 术前图像,在采用智能管电流的前提下,80 kV 组对比剂用量最少、100 kV 组患者所接受的辐射剂量最低。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突。

参考文献

[1] LEON M B, SMITH C R, MACK M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery[J]. *N Engl J Med*, 2010, 363(17): 1597-1607.

[2] REARDON M J, VAN MIEGHEM N M, POPMA J J, et al. Surgical or transcatheter aortic-valve replacement in intermediate-risk patients[J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(14): 1321-1331.

[3] 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病专业委员会. 经导管主动脉瓣置换术中国专家共识(2020 更新版)[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2020, 28(6): 301-309. Structural Cardiology Committee of Cardiovascular Physicians Branch of

- Chinese Medical Doctor Association. Consensus of Chinese experts on transcatheter aortic valve replacement (2020 update)[J]. Chinese Journal of Interventional Cardiology, 2020,28(6):301-309.
- [4] 许兵,尹伟,王敏杰,等. 320排CT可变螺距采集技术在经导管主动脉瓣置换术术前评估中的应用[J]. 中国临床医学,2019,26(4):602-605. XÜ B, YIN W, WANG M J, et al. Application of 320-row CT variable helical pitch technique in preoperative evaluation of transcatheter aortic valve replacement[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine,2019,26(4):602-605.
- [5] VAQUERIZO B, SPAZIANO M, ALALI J, et al. Three-dimensional echocardiography vs computed tomography TAVR CT Assessment of Membranous Septum for transcatheter aortic valve replacement sizing[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016,17(1):15-23.
- [6] WUEST W, ANDERS K, SCHUHBAECK A, et al. Dual source multidetector CT-angiography before transcatheter aortic valve implantation (TAVI) using a high-pitch spiral acquisition mode[J]. Eur Radiol, 2012, 22(1): 51-58.
- [7] MANGOLD S, DE CECCO C N, SCHOEPP U J, et al. CT angiography for planning transcatheter aortic valve replacement using automated tube voltage selection: Image quality and radiation exposure[J]. Eur J Radiol, 2017, 86: 276-283.
- [8] KOK M, TUREK J, MIHL C, et al. Low contrast media volume in pre-TAVI CT examinations[J]. Eur Radiol, 2016, 26(8): 2426-2435.
- [9] FELMLY L M, DECECCO C N, SCHOEPP U J, et al. Low contrast medium-volume third generation dual-source computed tomography angiography for transcatheter aortic valve replacement planning[J]. Eur Radiol, 2017, 27(5): 1944-1953.
- [10] SHIN N, KIM S M, CHOE Y H. Protocol using wide-detector CT with single contrast injection for the aorta and coronary artery: variable helical pitch versus volume scan following helical scan[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(10): 1935-1942.
- [11] NIEMAN K, OUDKERK M, RENSING B J, et al. Coronary angiography with multi-slice computed tomography[J]. Lancet, 2001,357(9256):599-603.
- [12] RAFF G L, GALLAGHER M J, O'NEILL W W, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2005,46(3):552-557.
- [13] FLOHR T G, MCCOLLOUGH C H, BRUDER H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system[J]. Eur Radiol,2006,16:256268.
- [14] LI R F, HOU C L, ZHOU H, et al. Comparison on radiation effective dose and image quality of right coronary artery on prospective ECG-gated method between 320 row CT and 2nd generation (128-slice) dual source CT[J]. J Appl Clin Med Phys,2020,21(8):256-262.
- [15] HU X, MA L, HANG J, et al. Use of pulmonary CT angiography with low tube voltage and low iodine concentration contrast agent to diagnose pulmonary embolism[J]. Sci Rep,2017,7(1):12741.
- [16] TALEI FRANZESI C R, IPPOLITO D, RIVA L, et al. Diagnostic value of iterative reconstruction algorithm in low kV CT angiography (CTA) with low contrast medium volume for transcatheter aortic valve implantation (TAVI) planning: image quality and radiation dose exposure[J]. Br J Radiol, 2018,91(1092): 20170802.
- [17] KARACA M, KIRILMAZ A, ONCEL G, et al. Contrast-enhanced 64-slice computed tomography in detection and evaluation of anomalous coronary arteries[J]. Tohoku J Exp Med,2007,213(3):249-259.
- [18] ALKADHI H, SCHINDERA S T. State of the art low-dose CT angiography of the body[J]. Eur J Radiol, 2011,80(1): 36-40.
- [19] MATSUMOTO S, YAMADA Y, HASHIMOTO M et al. CT imaging before transcatheter aortic valve implantation (TAVI) using variable helical pitch scanning and its diagnostic performance for coronary artery disease[J]. Eur Radiol,2017,27(5): 1963-1970.
- [20] GILARD M, ELTCHANINOFF H, IUNG B, et al. Registry of transcatheter aortic-valve implantation in high-risk patients[J]. N Engl J Med, 2012,366(18):1705-1715.
- [21] 莫绪凯,吴天可,刘伊勇,等. 可变螺距技术在320排CT急性胸痛三联检查中的应用[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2018, 39(2): 149-155. MO X K, WU T K, LIU Y Y, et al. Variable helical pitch (VHP) technique in triple row examination of acute chest pain with 320 row spiral CT[J]. Journal of Jinan University (Natural Science & Medical Edition),2018,39(2): 149-155.

[本文编辑] 姬静芳