

可变螺距技术在主动脉血管成像中的应用价值

徐凯, 杜瑶, 梁继祥, 王运, 吴巧玲, 孔令燕, 付海鸿, 金征宇

中国医学科学院/北京协和医学院 放射科, 北京 100730

[摘要] **目的** 评价佳能Genesis640层CT可变螺距技术在使用心电门控的主动脉血管扫描中的应用价值。**方法** 将临床上行主动脉CTA检查的患者采用简单随机分组的方法分为两组: 组1 (n=31): 采用可变螺距技术进行扫描, 根据部位需要进行三段螺距以及心电门控状态切换。第一段: 胸廓开口-气管分叉, 螺距HP 91, 心电门控关闭; 第二段: 气管分叉-心底, 根据心率选择自动最佳螺距, 心电门控开启; 第三段: 心底-耻骨联合上缘, 螺距HP 91, 心电门控关闭; 组2 (n=31) 采用常规螺旋扫描, 根据心率自动选择最佳螺距, 心电门控全程开启。两组患者按照体质量静脉注射对比剂, 均采用浓度为370 mgI/L的对比剂, 组1对比剂按照体质量0.8 mL/kg注射, 注射速度为4 mL/s, 后续注射生理盐水40 mL, 注射速度4 mL/s。组2对比剂注射速度4 mL/s, 按照体质量1 mL/kg注射, 后续注射生理盐水40 mL, 注射速度4 mL/s。两组患者扫描均采用自动团注跟踪触发技术, 选取气管分叉层面的降主动脉部放置感兴趣区 (Region of Interest, ROI), ROI内平均CT值达到180 HU时自动触发扫描。计算并对两组患者主动脉扫描的辐射剂量 (Radiation Dose, DLP)、有效剂量 (Effective Dose, ED)、图像信噪比 (Signal to Noise Ratio, SNR)、对比噪声比 (Contrast Noise Ratio, CNR) 进行客观评价, 对图像质量进行主观评价。**结果** 组1扫描ED (10.09 ± 4.48) mSv, 较组2的 (17.34 ± 7.45) mSv降低了42% ($t=4.638$, $P<0.001$)。两组患者在主动脉各部位 (升主动脉、主动脉弓、腹主动脉起始部及腹主动脉分叉部位) 以及肾动脉的强化值、噪声、SNR、CNR均无统计学差异 (P 均>0.05)。两组图像主观评价差异也无统计学意义。**结论** 带心电门控技术的主动脉CTA扫描中, 可变螺距技术的应用较常规扫描能够在保证图像质量的同时, 显著降低辐射剂量和对比剂使用量。**[关键词]** 可变螺距技术; CT血管成像; 辐射剂量; 图像质量

Application Value of Variable Pitch Technique in Aortic Vascular Imaging

XU Kai, DU Yao, LIANG Jixiang, WANG Yun, WU Qiaoling, KONG Lingyan, FU Haihong, JIN Zhengyu

Department of Radiology, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

Abstract: **Objective** To evaluate the application of Canon Genesis 640 slice CT variable pitch technique in ECG gated aorta vascular imaging scans. **Methods** Patients undergoing aortic CTA were randomly divided into two groups using simple randomization method: group 1 (n=31): scanning using the variable pitch technique, switchover of the three sections of pitch and the state of ECG gating were done based on the need of different body parts. The first section: thoracic opening - tracheal bifurcation, pitch HP 91, ECG-gating off. The second section: tracheal bifurcation - cardiac base, choose best pitch automatically according to heart rate, ECG-gating on. The third section: cardiac base- on the pubic symphysis, pitch HP 91, ECG-gating off. In group 2 (n=31), the conventional spiral scan was used and best pitch was automatically selected according to the heart rate, with ECG-gating on. Two groups of patients according to quality vein group lived 370 mgI/L Patients in both groups were intravenously injected with contrast agent at the concentration of 370 mgI/L according to body mass. Group 1 was injected with contrast agent at 0.8 mL/kg according to body mass at the injection rate of 4 mL/s, followed by 40 mL normal saline at the injection rate of 4 mL/s. In group 2, contrast agent was injected at a rate of 4 mL/s according to the body mass of 1 mL/kg, followed by injection of 40 mL normal saline at a rate of 4 mL/s. Automatic injection tracking trigger technique was used in both groups. The descending aorta of tracheal bifurcated layer was selected to place the region of interest (ROI), and the scan was automatically triggered when the mean CT value in ROI reached 180 HU. The dose length product (DLP), effective dose (ED), image signal-to-noise ratio (SNR) and contrast noise ratio (CNR) of aortic vascular scan were calculated and evaluated objectively in both groups, and the image quality was evaluated subjective. **Results** Group 1 scanning ED was (10.09 ± 4.48) mSv, which decreased by 42% compared with group 2 (17.34 ± 7.45) mSv ($t=4.638$, $P<0.001$). There were no statistical differences in enhancement value, noise, SNR and CNR of renal artery in various parts of the aorta (ascending aorta, aortic arch, origin of abdominal aorta, and bifurcation of abdominal aorta) and renal artery ($P>0.05$). Image subjective evaluation between the two groups had no statistical significance. **Conclusion** In CTA scanning of aorta with ECT gating technology, the application of variable pitch technology can not only guarantee image quality, but also significantly reduce radiation dose and the amount of contrast agent.

Key words: variable pitch technology; CT angiography; radiation dosage; image quality

[中图分类号] R445.3

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2021.09.022

[文章编号] 1674-1633(2021)09-0095-05

引言

主动脉CT血管成像(CT Angiography, CTA)在主动脉病变诊断中具有重要地位,已成为评价主动脉疾病,特别是急性主动脉病变的标准影像学检查手段^[1-3]。但在主动脉CTA的扫描技术上仍然存在一些难点。一方面,主动脉CTA扫描范围较大,患者在手术前后及药物治疗中需要经常随诊复查,扫描过程中控制放射剂量和对比剂使用量已成为临床医生和患者关心的问题之一。另一方面,心脏搏动会导致主动脉瓣及主动脉根部的运动伪影,影响这一部位的图像质量,进而影响疾病的诊断和后续治疗。在主动脉CTA扫描中引入心电门控技术,减少主动脉根部伪影的产生,对于主动脉CTA的图像质量和病人的后续诊断治疗都有重要的意义^[4-9]。而常用的心电门控螺旋扫描,需要降低螺距,因此会延长扫描时间,导致放射剂量和对比剂使用量的增加。因此,在主动脉CTA扫描中,是否采用心电门控技术,成了图像质量和放射剂量之间的两难选择。可变螺距技术这一新出现的扫描方式,正是一种可以解决这一两难状况的新技术。可变螺距技术可以在一次采集中无缝地执行三次独立扫描,根据检查需要改变三次扫描的螺距以及心电门控开关状态,在主动脉根部及心脏部位,采用较小的螺距以及心电门控技术进行扫描,获得满意的图像质量;而在其他不受心脏搏动伪影影响的部位,采用较大的螺距进行扫描,可以减少扫描时间,同时降低辐射剂量。本次研究以全程应用心电门控技术对主动脉进行扫描的方式作为对照组,评估了可变螺距技术在应用心电门控主动脉扫描中的价值。

1 对象和方法

1.1 对象及分组

2020年3~8月在北京协和医院就诊,临床怀疑或者诊断主动脉疾病或主动脉疾病术后,建议行主动脉CTA检查的患者62例,其中男27例,女35例。平均年龄19~82(52.3 ± 16.0)岁;怀疑主动脉疾病27例,主动脉瘤术后12例,主动脉夹层术后7例,大动脉炎随诊16例。排除标准:①年龄小于18岁;②肾功能异常;③活动性甲状腺功能亢进;④妊娠期妇女;⑤碘对比剂过敏的患者。采用简单随机分组法将患者随机分为两组:①组1($n=31$):采用带心电门控的可变螺距技术进行扫描;②组2($n=31$):主动脉全长采用心电门控技术进行扫描。

1.2 图像采集

两组患者均在能Genesis640层CT上连接心电门控后进行扫描,管电100 kV,开启实时动态曝光剂量调节系统。组1采用可变螺距技术,在一次主动脉采集中对螺距和心电门控状态按照部位进行改变。第一段:胸廓开口-气管分叉,螺距HP 91,心电门控关闭;第二段:气管分-心底,根据心率选择自动最佳螺距,心电门控开启;第三段:心底-

耻骨联合上缘,螺距HP 91,心电门控关闭。组2采用常规螺旋扫描,根据心率自动选择最佳螺距,心电门控全程开启。

1.3 对比剂注射

两组患者均按照体质量静脉团注370 mgI/L对比剂,组1对比剂注射速度是4 mL/s,按照体质量0.8 mL/kg注射,后续注射生理盐水40 mL,注射速度4 mL/s。组2对比剂注射速度4 mL/s,按照体质量1 mL/kg注射,后续注射生理盐水40 mL,注射速度4 mL/s。两组患者扫描均采用自动团注跟踪触发技术,选取气管分叉层面的降主动脉部位放置感兴趣区(Region of Interest, ROI),ROI内平均CT值达到180 HU时自动触发扫描。

1.4 图像重建

两组患者均采用混合迭代算法(Adaptive Iterative Dose Reduction 3D, AIDR 3D)进行图像重建。两组重建图像均为1 mm,层间距0.5 mm,并对轴位图像进行后处理,包括多层重建、最大密度投影和容积重现技术等。

1.5 图像质量评价

由1位多年资的医生独立对图像进行测量。分别在升主动脉、主动脉弓、腹主动脉起始部、腹主动脉分叉部位和肾动脉部位取ROI,ROI为圆形,面积尽可能地包括整个测量的血管管腔面积,同时注意避开管壁与血管斑块。测量ROI内的平均CT值和标准差。在腹主动脉分叉部位测量临近腰大肌的平均CT值,作为对比组织强化值,测量腹壁外空气的噪声值,作为背景噪声,用于对比噪声比(Contrast Noise Ratio, CNR)的计算。分别计算不同部位主动脉管腔的信噪比(Signal to Noise Ratio, SNR)($SNR = \text{平均强化值} / \text{噪声值}$)和CNR($\text{CNR} = \text{平均强化值} - \text{对比组织的强化值} / \text{背景噪声值}$)。同时,对主动脉图像质量进行主观评价。由两位多年资的医生独立对易受心脏搏动伪影影响的升主动脉图像进行主观评价。对升主动脉进行评价,评价采用3分制评分法:3分:图像质量良好,无运动或阶梯伪影;2分:图像质量尚可,稍有模糊但仍可评价;1分:图像质量较差,图像有明显模糊或者组织边缘出现重影,无法评价。

1.6 辐射剂量评价

记录主动脉CTA扫描的剂量长度乘积(Dose Length Production, DLP),以及计算有效剂量(Effective Dose, ED),ED采用DLP乘以换算系数0.017来计算^[5]。

1.7 统计学处理

采用SPSS 23.0统计软件,计量资料以均数 \pm 标准差表示,组间图像的SNR、CNR和ED比较采用独立样本配对 t 检验;组间患者主观图像质量评分的比较采用ALPHA检验测定两个医师评分结果间的一致性,ALPHA >0.7 为两者一致性较好, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 人口学资料和扫描参数的比较

两组患者年龄[(52.87 ± 16.40)岁vs.(51.77 ± 15.94)岁, $t=0.267$, $P=0.790$]、身高[(1.67 ± 0.06)m

收稿日期:2020-12-02

通信作者:孔令燕,副教授,主要研究方向为心放射。

通信作者邮箱:klyan@163.com

vs. (1.65 ± 0.08) m, $t=0.889$, $P=0.377$]、体质量 $[(68.25 \pm 11.54)$ kg vs. (64.06 ± 9.75) kg, $t=1.545$, $P=0.128$]、BMI $[(24.33 \pm 3.14)$ kg/m² vs. (23.31 ± 2.53) kg/m², $t=1.401$, $P=0.166$]均无统计学差异。组1的扫描时间是 (8.78 ± 0.83) s, 短于组2的 (14.55 ± 2.06) s, 差异有统计学意义 ($t=-14.415$, $P<0.001$), 见表1。

2.2 两组图像质量主观和客观评价均无显著差异

两组患者在主动脉各个部位(升主动脉、主动脉弓、腹主动脉起始部及腹主动脉分叉部位)和肾动脉的强化值、噪声、SNR、CNR 无统计学差异(P 均 >0.05), 见表2~5。两组患者图像的主观评价结果显示图像质量较好, 均可满足诊断要求, 两名医师对图像质量评分一致性较好 ALPHA=0.736, 无统计学差异 $[(2.68 \pm 0.47)$ 分 vs. (2.61 ± 0.55) 分, $t=0.490$, $P=0.626$], 见图1。

2.3 可变螺距组辐射剂量明显低于全程心电门控组

组1的平均DLP为 (594.09 ± 236.98) mGy·cm, 明显低于组2的 (1020.51 ± 438.6) mGy·cm ($t=-4.638$, $P<0.001$), 组1的ED为 (10.09 ± 4.48) mSv, 明显低于组2的 (17.34 ± 7.45) mSv ($t=-4.638$, $P<0.001$)。

3 讨论

主动脉CTA已经作为临床诊断主动脉病变的最直接及

最有效的检查方法^[1-3], 采用各种技术, 减少心脏搏动造成的主动脉根部伪影, 已成为主动脉扫描中的常见操作^[4,6-11]。

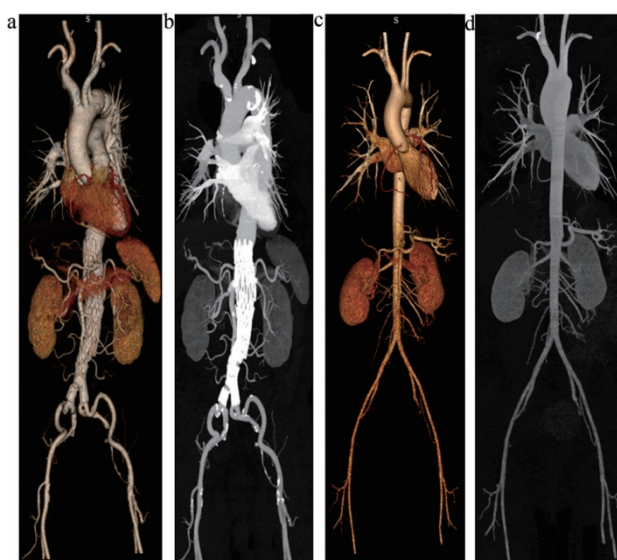


图1 可变螺距组和全程心电门控组的主观图像质量对照

注: a. 采用可变螺距技术获得的vrt图像; b. 采用可变螺距技术获得的mip图像; c. 采用常规螺距扫描获得的vrt图像; d. 采用常规螺距扫描获得的mip图像。

本研究采用回顾性心电门控, 可变螺距技术, 结合宽体探测器进行扫描。研究结果显示, 与全程采用心电门控,

表1 人口学资料和扫描参数的比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	男/例	年龄/岁	身高/m	体质量/kg	BMI/(kg/m ²)	扫描时间/s	扫描长度/cm
组1	13	52.87 ± 16.40	1.67 ± 0.006	68.25 ± 11.54	24.33 ± 3.14	8.78 ± 0.83	75.86 ± 3.87
组2	14	51.77 ± 15.94	1.65 ± 0.08	64.06 ± 9.75	23.31 ± 2.53	14.55 ± 2.06	73.28 ± 4.08
t值		0.267	0.889	1.545	1.401	14.415	2.545
P值		0.790	0.377	0.128	0.166	<0.001	0.014

表2 两组患者主动脉各部位及肾动脉强化值的比较 ($\bar{x} \pm s$, HU)

组别	升主动脉	主动脉弓	腹主动脉起始部	腹主动脉分叉部位	肾动脉
组1	482.25 ± 154.10	434.06 ± 131.26	451.72 ± 145.85	432.92 ± 134.71	393.27 ± 123.13
组2	467.99 ± 103.91	453.14 ± 97.61	448.29 ± 88.95	434.00 ± 111.41	400.11 ± 81.27
t值	0.427	-0.650	0.112	-0.034	-0.258
P值	0.671	0.518	0.911	0.973	0.797

表3 两组患者主动脉各部位及肾动脉噪声的比较 ($\bar{x} \pm s$, HU)

组别	升主动脉	主动脉弓	腹主动脉起始部	腹主动脉分叉部位	肾动脉
组1	22.06 ± 4.52	17.88 ± 3.40	21.51 ± 4.83	23.11 ± 3.97	20.40 ± 7.98
组2	20.14 ± 5.22	19.80 ± 4.23	20.53 ± 6.11	23.09 ± 4.93	25.88 ± 10.31
t值	1.547	-1.975	0.696	0.017	-2.336
P值	0.127	0.053	0.489	0.986	0.023

表4 两组患者主动脉各部位及肾动脉SNR的比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	升主动脉	主动脉弓	腹主动脉起始部	腹主动脉分叉部位	肾动脉
组1	22.18 ± 6.31	28.89 ± 9.80	22.08 ± 7.09	19.06 ± 5.74	22.28 ± 9.04
组2	24.71 ± 8.50	23.87 ± 7.44	24.08 ± 9.49	19.68 ± 6.54	17.21 ± 6.22
t值	-1.327	2.270	-0.942	-0.392	2.570
P值	0.189	0.027	0.350	0.697	0.013

表5 两组患者主动脉各部位和肾动脉CNR的比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	升主动脉	主动脉弓	腹主动脉起始部	腹主动脉分叉部位	肾动脉
组1	30.68 ± 15.51	27.31 ± 14.01	28.57 ± 15.16	27.32 ± 14.29	30.68 ± 15.51
组2	37.77 ± 17.29	36.54 ± 17.48	35.81 ± 15.81	34.18 ± 16.28	37.11 ± 17.29
t值	-1.699	-2.287	-1.839	-1.764	-1.699
P值	0.094	0.026	0.071	0.083	0.094

较小螺距的扫描方式相比,采用可变螺距技术进行主动脉CTA扫描,在保证图像质量的同时,扫描时间明显缩短,辐射剂量明显降低,同时可采用较小的对比剂剂量。

目前常见的降低主动脉伪影的方式有:心电门控,其中又包括前瞻性心电门控和回顾性心电门控;以及大螺距快速扫描等方式。其中,大螺距快速扫描用于主动脉CTA的研究,近年来较为多见,其扫描速度较快,可以在不采用心电门控的情况下获得较好的主动脉根部图像质量,同时降低扫描剂量和对比剂用量^[10,12-15]。但这种扫描方式仅能在双源CT上实现。

CT扫描技术进入后64排CT时代后,双源和宽体探测器成为CT机发展的两大方向。对于宽体探测器CT扫描仪,保证主动脉图像质量的同时,降低扫描剂量同样是探索的方向。黄超等^[8]采用前瞻性门控的方法,在320排CT上对主动脉进行成像,可获得较好的图像质量。但前瞻性门控扫描采用断层扫描方式,包括扫描之间停顿、动床在内的总体扫描时间较长,对比剂用量较大,断层之间可能出现运动伪影,同时对比剂浓度在不同断层之间可能发生突变。

在64排CT及早期的双源CT中,也有采用回顾性心电门控扫描结合无心电门控扫描进行大范围胸痛三联症扫描的尝试^[6,16-17],但这一技术并不成熟,不能将不同螺距的扫描无缝衔接,心电门控扫描与非心电门控扫描之间仍需要停顿,导致总体扫描时间延长,对比剂用量增加,同时非宽体的探测器时间分辨率也较低,需要较长的扫描时间,或只能用于有限的扫描范围,因此这种扫描方式难以得到广泛应用。

本研究中采用的可变螺距技术,只在心脏区域按照心率自动选择螺距进行回顾性心电门控螺旋扫描,其他部位采用非心电门控方式进行较大螺距的螺旋扫描,同时对不同螺距的扫描实现了无缝衔接,结合宽体探测器的优势,在保证主动脉图像质量的同时,明显加快了扫描时间,降低了辐射剂量和对比剂用量,对宽体探测器CT进行主动脉CTA扫描的方案实现了明显的优化。

本文的不足在于研究主要着重于图像质量和辐射剂量的研究,在诊断准确性等方面没有进行全面评价;样本量较少。这些方面是我们进一步研究的方向。

综上所述,可变螺距技术在采用心电门控方式的主动脉扫描中,在保证图像质量的同时,可以明显降低扫描辐射剂量和对比剂使用量。

[参考文献]

- [1] Baliga RR, Nienaber CA, Bossone E, et al. The role of imaging in aortic dissection and related syndromes[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014, 7(4): 406-424.
- [2] Nienaber CA, Powell JT. Management of acute aortic syndromes[J]. *Eur Heart J*, 2012, 33(1): 26-35.
- [3] Sheikh AS, Ali K, Mazhar S. Acute Aortic Syndrome[J]. *Circulation*,

2013, 128(10): 1122-1127.

- [4] 周文珍, 刘圣华, 杨春霞, 等. 低千伏大螺距及迭代重建联合技术128层双源下肢静脉CTV的图像质量和辐射剂量研究[J]. *中国医疗设备*, 2019, 34(9): 80-84.
- [5] McCollough C, Cody D, Eddyvean S. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT[J]. *Clin Transl Sci*, 2008, 11-13.
- [6] 孔令燕, 薛华丹, 盛敏, 等. 双源计算机断层摄影回顾性心电门控胸腹联合主动脉血管造影图像质量[J]. *协和医学杂志*, 2011, 2(3): 227-232.
- [7] 梁继祥, 孔令燕, 王芸, 等. 第3代双源CT在大螺距主动脉CT血管成像扫描中的初步应用[J]. *中国医学科学院学报*, 2017, 39(1): 68-73.
- [8] 黄超, 万维佳, 姚宇环, 等. 320排容积CT冠状动脉减影技术在临床应用中的影响因素分析[J]. *中国医疗设备*, 2020, 35(10): 126-130.
- [9] Christensen JD, Seaman DM, Lungren MP, et al. Assessment of vascular contrast and wall motion of the aortic root and ascending aorta on MDCT angiography: dual-source high-pitch vs non-gated single-source acquisition schemes[J]. *Eur Radiol*, 2014, (24): 990-997.
- [10] Horehledova B, Mihal C, Boswijk E, et al. Retrospectively ECG-gated helical vs. non-ECG-synchronized high-pitch CTA of the aortic root for TAVI planning[J]. *PLoS One*, 2020, 15(5): e0232673.
- [11] Kornberger A, Burck I, Beyrouthi HE, et al. A low threshold to ECG-gated repeat CTA reduces the risk of false-positive diagnosis of type A dissection in interhospital referrals: a case series study[J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2018, 17(14): 2019-2027.
- [12] Zhang LJ, Li X, Schoepf UJ, et al. Non-Electrocardiogram-Triggered 70-kVp High-Pitch computed tomography angiography of the whole aorta with iterative reconstruction: initial results[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2016, 40(1): 109-117.
- [13] Annoni AD, Andreini D, Pontone G, et al. CT angiography prior to TAVI procedure using third-generation scanner with wide volume coverage: feasibility, renal safety and diagnostic accuracy for coronary tree[J]. *Br J Radiol*, 2018, 91(1090): 20180196.
- [14] Bolen MA, Popovic ZB, Tandon N, et al. Image quality, contrast enhancement, and radiation dose of ECG-triggered high-pitch CT versus non-ECG-triggered standard-pitch CT of the thoracoabdominal aorta[J]. *AJR*, 2012, (198): 931-938.
- [15] Faggioni L, Neri E, Sbragia P, et al. 80-kV pulmonary CT angiography with 40 mL of iodinated contrast material in lean patients: comparison of vascular enhancement with

iodixanol (320 mgI/mL) and iomeprol (400 mgI/mL)[J]. *AJR*,2012,(199):1220-1225.

- [16] Gallo GS, Gerasia R, Caruso C, et al. Feasibility of combined ECG-Gated and Helical acquisition mode in a pre-TAVI computed tomography angiography protocol using a

fixed low-volume contrast medium injection[J]. *Eur J Radiol*,2020,28(131):109239.

- [17] 郑启元,赵希鹏.回顾性心电门控CTA在主动脉夹层中的应用价值[J]. *医学信息*,2015,(13):338.

本文编辑 皮志超

上接第81页

影响的研究进展[J]. *中国动脉硬化杂志*,2016,24(3):311-315.

- [12] 唐静.超微血流成像及超声造影在不同厚度颈动脉斑块新生血管中的应用价值[J]. *中国CT和MRI杂志*,2019,17(3):63-65.
- [13] 严春阳,李斌,陈宾生,等.超微血流成像技术对颈动脉斑块新生血管的诊断价值[J]. *中国基层医药*,2018,25(6):737-740.
- [14] 陈显荣,张晚.超微血管成像与超声造影对颈动脉粥样硬化斑块稳定性的诊断价值[J]. *中国临床神经外科杂志*,2019,24(5):289-291.
- [15] 冯华,王培,鲁大伟.超微血流成像技术检测动脉粥样硬化非稳定斑块内新生血管的诊断价值[J]. *中国医学装备*,2019,16(6):60-62.
- [16] Jiang ZZ, Huang YH, Shen HL, et al. Clinical applications of superb microvascular imaging in the liver, breast, thyroid, skeletal muscle, and carotid plaques[J]. *J Ultrasound*

Med,2019,38(11):2811-2820.

- [17] Mack LM, Mastrobattista JM, Gandhi R, et al. Characterization of placental microvasculature using superb microvascular imaging[J]. *J Ultrasound Med*,2019,38(9):2485-2491.
- [18] 杨德斌,徐荣,姚晓华,等.超微血流成像与超声造影成像评估颈动脉粥样硬化斑块稳定性[J]. *临床军医杂志*,2018,46(9):87-88.
- [19] 王巍,林娜,马琳,等.超微血流成像技术诊断颈动脉斑块新生血管的价值[J]. *中国临床研究*,2019,32(1):65-67.
- [20] 郭玉平,张春梅,吴向菊,等.超声微血流成像技术检测颈动脉斑块内新生血管的价值[J]. *中国临床医学影像杂志*,2016,27(6):400-402.

本文编辑 皮志超

上接第94页

- [7] 邢波涛,李锴,关欣.改进的全卷积神经网络的脑肿瘤图像分割[J]. *信号处理*,2018,34(8):911-922.
- [8] Yahalomi E, Chernofsky M, Werman M. Detection of distal radius fractures trained by a small set of X-Ray images and faster R-CNN[M]. Cham: Springer, 2019.
- [9] 排孜丽耶·尤山塔依,严传波,木拉提·哈米提,等.肝包虫病和肝囊肿CT图像的分型研究[J]. *医学信息*,2018,31(23):61-66.
- [10] 排孜丽耶·尤山塔依,严传波,木拉提·哈米提,等.图像融合方法在肝包虫病分型中的应用[J]. *生物医学工程研究*,2019,38(2):165-169.
- [11] 胡彦婷,木拉提·哈米提,陈建军,等.基于Bayes分类算法和活动轮廓模型的新疆肝包虫CT图像分割方法[J]. *科技导报*,2010,28(2):19-24.
- [12] 艾克热木·阿西木,木拉提·哈米提,李莉,等.阈值法在肝包虫病CT图像分割中的应用[J]. *新疆医科大学学报*,2012,35(7):899-901.
- [13] 田翔华,木拉提·哈米提,朱从旭,等.脉冲耦合神经网络对肝包虫图像分割[J]. *科技导报*,2011,29(36):33-37.

- [14] 张超,王浩,孟祥峰,等.CT成像剂量对人工智能算法性能的影响分析[J]. *中国医疗设备*,2020,35(4):68-70.
- [15] 孔祥勇.基于深度学习的黑色素瘤分类问题的研究[D].杭州:浙江工业大学,2019.
- [16] 姜甜田,杨华,胡志伟.基于深度卷积网络的葡萄簇检测与分割[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*,2020,40(5):109-119.
- [17] 杨帆,李鹏飞,刘庚,等.橘子采摘机器人目标识别定位方法与实验研究[J]. *西安理工大学学报*,2018,34(4):460-467.
- [18] 李金彦.枸杞采摘机器人的果实识别与定位方法研究[J]. *湖北农机化*,2020,241(4):157-159.
- [19] 齐锐丽.基于机器视觉花椒目标识别与定位技术研究[D].汉中:陕西理工大学,2020.
- [20] 蒋芸,彭婷婷,谭宁,等.基于YOLO算法的眼底图像视盘定位方法[J]. *计算机工程与科学*,2019,41(9):1662-1670.
- [21] 李传朋.基于机器视觉和深度学习的目标识别与抓取定位研究[D].太原:中北大学,2017.

本文编辑 皮志超