

论 著

模拟ECG信号在320排CT冠脉成像中的应用价值*

成满平¹ 蔡晓庆² 牛娟琴¹
薛巍¹ 陈纲¹ 岳丽娜¹
杜林芝^{1,*}

1. 联勤保障部队第940医院放射诊断科
(甘肃兰州 730030)

2. 联勤保障部队第940医院心内科
(甘肃兰州 730030)

【摘要】目的 探讨模拟ECG信号在320排CT冠脉成像中的应用价值。**方法** 收集和分析我院2015-01-01至2021-10-01期间,使用模拟ECG信号成像的20例患者(A组),与同时期,随机抽取的,常规技术成像的20例患者(B组)的冠脉成像结果,实行对照研究。**结果** A、B两组图像质量主观法评价,图像质量无显著差异($P=0.3758>0.05$);A、B两组图像质量客观法评价,升主动脉根部,右冠状动脉近端,左前降支近端,左旋支近端CT值以及升主动脉根部层面噪声均无明显差异($P>0.05$);A、B两组辐射剂量对比有显著差异($P<0.01$)。**结论** 模拟ECG信号在320排CT冠脉成像中的应用是可行的,值得推广。

【关键词】 模拟; ECG信号; 冠状动脉CT成像; 320排CT

【中图分类号】 R541.4

【文献标识码】 A

【基金项目】 宁夏自然科学基金项目
(2022AAC03716)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.11.024

Application Value of Simulated ECG Signal in 320-slice CT Coronary Imaging*

CHENG Man-ping¹, CAI Xiao-qing², NIU Juan-qin¹, XUE Wei¹, CHEN Gang¹, YUE Li-na¹, DU Lin-zhi^{1,*}.

1. Department of Radiodiagnosis, the 940th Hospital of Joint Logistics Support Force, Lanzhou 730050, Gansu Province, China

2. Department of Cardiology, the 940th Hospital of Joint Logistics Support Force, Lanzhou 730050, Gansu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of simulated ECG signals in 320-slice CT coronary imaging. **Methods** Collect and analyze coronary artery imaging of 20 patients (group A) using simulated ECG signal imaging in our hospital from 2015-01-01 to 2021-10-01, At the same time, randomly selected, 20 patients (group B) imaging with conventional techniques As a result, a controlled study was carried out. **Results** The image quality of the two groups A and B were evaluated subjectively, and the images were not significantly different ($P=0.3758>0.05$); the image quality of the two groups A and B was evaluated by objective methods, ascending aorta root, proximal right coronary artery, and left anterior There were no significant differences in CT values of proximal descending branch, proximal left circumflex branch, and ascending aortic root level noise ($P>0.05$); there was a significant difference in radiation dose between A and B groups ($P<0.01$). **Conclusion** Simulated ECG signal is feasible in 320-slice CT coronary imaging and is worthy of promotion.

Keywords: Simulation; ECG Signal; CCTA; 320-slice CT

随着人们的生活水平在不断提高,冠心病的发病率也呈现逐年升高的趋势。严重的心血管病不仅给患者带来痛苦,对家庭也带来负担。研究表明^[1],早期对患者进行预防和治疗能降低因冠心病而导致的病死率,对提升患者整体生活质量具有重要意义。随着CT设备的发展,CT冠脉成像准确率越来越高,已成为排除冠心病的首选检查方法^[2-4]。在日常工作中会遇到这样的情况,患者由于各种原因出现心律不齐,心律紊乱,导致ECG信号波动范围大,不稳定,CT设备因无法识别而不能进行冠脉成像。病情不能得到及时诊断,从而耽误了患者的治疗。对于CT设备能检测到ECG信号且心律紊乱的患者,CT冠脉成像技术也一直是其应用的难点^[5],有研究^[6-9]表明双源CT和宽体探测器CT可以冠脉成像,但也任受心律或心率等诸多因素的限制。而对于CT设备无法检测到ECG信号而不能冠脉成像的患者,其解决方法,目前尚无文献报道。故本文作者尝试应用模拟ECG信号来解决上述问题,并探索模拟ECG信号在CT冠脉成像中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 基本资料 收集和分析我院2015年1月1日至2021年10月1日期间,由于CT设备不能检测到ECG信号,320排CT常规技术不能成像,而使用模拟ECG信号成像的所有患者,共计20例患者,为A组。同时随机抽取同时期ECG信号正常的20例患者,为B组。对两组CT冠脉成像结果进行对照研究。

入选标准:A组,心律失常、安置心脏起搏器等患者,320CT设备无法识别ECG信号而不能冠脉成像的;B组,随机抽取心率正常,常规技术冠脉成像患者。所有患者知情同意。

1.2 实验设备及方法 设备:佳能320排CT,心电监护仪:Cardiac Tigger Monitor 3000。模拟心率A组患者:根据心电监护仪显示,找到频率出现最多的心率,在监护仪上模拟出该心率。如本组实验中一例心率在37次/分-120次/分之间波动,出现频率最多的心率为55次/分,则模拟心率就设置为55次/分;如出现频率为一范围值,取其平均值。A组患者电极与心电监护仪相连,患者身上不贴电极片也不连心电监护仪,电极连接如图1A所示。B组患者采用常规电极片连接方法连接。

1.2.1 心电监护仪模拟性心率的设置 (1)心电监护仪:Cardiac Tigger Monitor 3000,连接电极(如图1A),按下显示屏上ON按钮打开监护仪。(2)按下显示屏右下角TEST MODE按钮(如图1B)。(3)按下显示屏左下角SIM RATE OFF按钮(如图1C)。(4)调节升高或降低心率的按钮,设置需要的心率(如图1D)。

1.2.2 CT检查方法 采用佳能320排动态容积CT(AQUILION ONE),A组采用回顾性心电门控,B组采用前瞻性心电门控。检查前在肘静脉埋置20G静脉留置针并行屏气训练。检查时患者采用仰卧位脚先进,出床扫描。采用双通道高压注射器(Nemoto),分对比剂、生理盐水两期注射,对比剂320mgI/100mL,对比剂速度5mL/s,对比剂用量为体重(kg)×0.8mL/kg^[10];生理盐水速度5mL/s,用量30mL。心脏扫描长度均采用16cm,检测层在四腔心层面,在降主动脉设置CT值为376Hu。A组采集2个心动周期(2Beat),B组采用1个心动周期,采集R-R间期70%-80%。两组管电压均为120Kv,管电流500mA,球管旋转时间均为0.35s。A组将采集到的原始数据,采用高级心电编辑(cardio imagexact)。B组自动生成R-R间期75%的期相。

【第一作者】 成满平,男,主管技师,主要研究方向:CT心血管成像。E-mail: 815280608@qq.com

【通讯作者】 杜林芝,女,主治医师,主要研究方向:心血管影像诊断。E-mail: 236423559@qq.com

1.2.3 高级心电编辑方法 即A组图像重建方法,选择一个R-R间期,采用百分比方法重建100幅能同时显示右冠状动脉、左前降支、左旋支的层面,从中选择冠脉显示清楚,无伪影或伪影较轻的图像重建。

1.2.4 图像后处理 选择重建后最佳冠脉期相,层厚0.5mm,间距0.5mm。传至Vitrea Vital工作站。行容积再现(volume reconstruction, VR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、曲面重组(curved planar reconstruction, CPR)和多平面重组(multiplanar reconstruction, MPR)成像。

1.3 图像评价标准

1.3.1 主观评价方法 A组采用高级心电编辑得到的最佳冠脉期相, B组采用设备自动重建的R-R间期75%的期相。根据美国心脏协会分类指南以及Frank J等^[11-13]冠状动脉图像评价标准,将冠状动脉分为15个节段,分4级评价直径大于1.5mm的冠状动脉节段图像质量。隐藏图像扫描参数及患者信息,由两名高年资医师采用双盲法对每一冠状动脉VR图像质量进行评分,冠脉节段评分不一致时经商榷后达成一致。4分:优秀,无运动伪影,血管边缘显示清晰;3分:好,血管走行连续,轻度运动伪影;2分:可接受,血管周围有明显的运动伪影,但仍可做出诊断;1分:不可评价,血管不连续,重度伪影,无法做出评价。

1.3.2 客观评价方法 增强效果分别测量升主动脉根部,右冠状动

脉近端,左前降支近端以及左旋支近端CT值,多次测量取其平均值。噪声评估 选择患者的轴位图像,测量升主动脉根部层面图像噪声(Sd),多次测量取平均值。

1.4 辐射剂量分析 记录患者的容积剂量指数(CT dose index, CT DIvol),剂量长度乘积DLP(dose length product, DLP),计算有效剂量ED(effective dose, ED), $ED \approx DLP \times k$, k取0.014^[14]; ED单位为mSv。

1.5 统计学分析 应用SPSS 18.0统计软件,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示。两组间图像质量评分采用行×列表资料的 χ^2 检验,两组CT值、辐射剂量间均数比较采用两样本的t检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组VR图像质量主观法对比 A、B两组VR图像质量主观法评价,图像无显著差异(P=0.3758>0.05),具体如表1,

2.2 两组图像客观法对比 A、B两组图像质量客观法对比,升主动脉根部,右冠状动脉近端,左前降支近端以及左旋支近端CT值,升主动脉根部层面噪声均无明显差异(P>0.05),具体如表2。

2.3 两组患者接受辐射剂量对比 A、B两组辐射剂量对比有显著差异(P<0.01),具体参数如表3。

表1 两组图像质量主观VR评分对比

组别	4分	3分	2分	1分	合计
A组	16(96.90)	4(3.10)	0	0	20
B组	18(98.50)	2(1.50)	0	0	20
合计	34(97.00)	6(3.00)	0	0	40
χ^2	0.7843				
P	P=0.3758				

表3 两组辐射剂量对比

指标	CTDIvol	DLP	ED
A组	105.7±11.9	1691.5±190.8	22.67±2.67
B组	15.44±0.2	248.5±3.4	3.32±0.05
t	33.85	33.82	33.82
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001

表2 两组图像CT值、噪声对比

指标	n	AA	RCA	LAD	LCX	SD
A组	20	507.1±77.9	469.3±61.9	448.3±92.0	401.4±78.8	19.0±3.0
B组	20	463.0±71.3	472.5±51.2	463.8±53.6	464.1±38.0	19.5±1.2
t		1.870	0.1781	0.6513	2.621	0.5714
P		0.0692	0.8596	0.5188	0.0126	0.5711

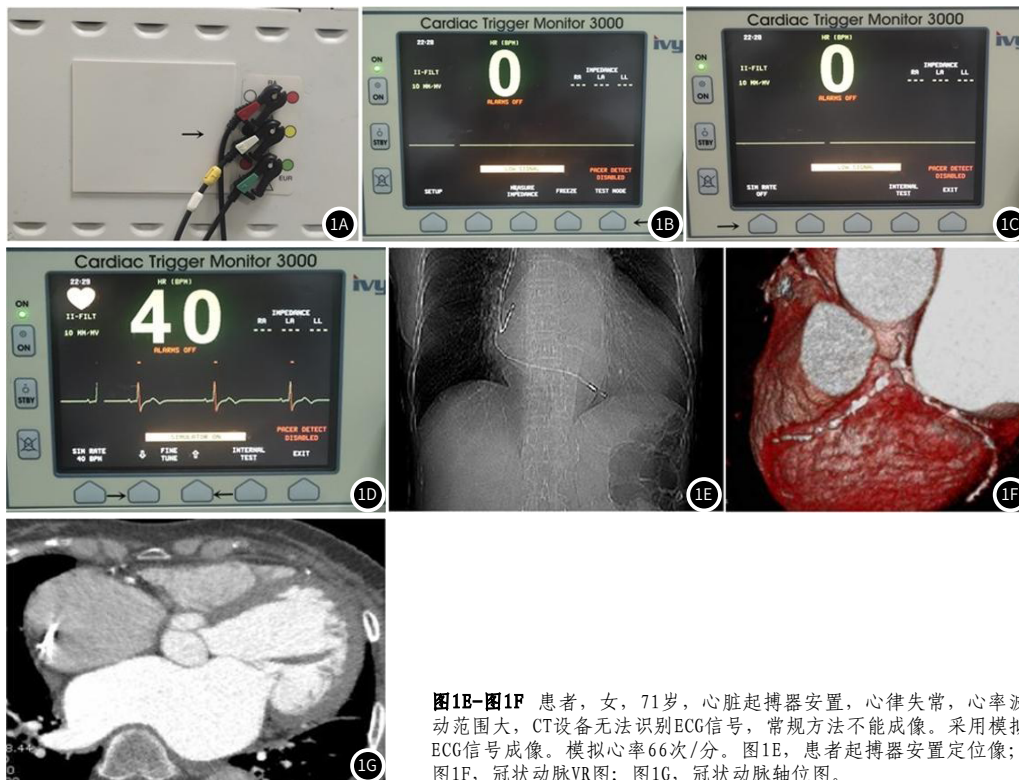


图1B-图1F 患者,女,71岁,心脏起搏器安置,心律失常,心率波动范围大,CT设备无法识别ECG信号,常规方法不能成像。采用模拟ECG信号成像。模拟心率66次/分。图1E,患者起搏器安置定位像;图1F,冠状动脉VR图;图1G,冠状动脉轴位图。

3 讨论

冠状动脉因为粥样硬化而导致的血管管腔狭窄或阻塞,或因冠脉出现功能性改变而产生严重的心肌缺血、缺氧导致的坏死,进而引发冠心病^[15]。CT冠状动脉检查(CT coronary artery imaging, CCTA)是筛查冠心病的首选检查方法。心脏是自主运动器官,成像过程中存在运动伪影,需结合心电门控(ECG门控)技术,才能准确成像。ECG门控技术需要清晰规律的ECG信号,但在平时工作中,患者由于各种原因出现不规则不容易采集的ECG信号致使CT设备无法识别,而不能成像。模拟ECG信号CT冠脉成像技术是采用心电监护仪模拟人体ECG信号用于CT冠脉成像的技术;人体不贴电极片,不连电极。有研究显示,心律失常的患者多采用回顾性心电门控技术^[16-17];也有学者采用前瞻性进行对比研究^[18],但相对较少。本研究采用模拟ECG信号以及成熟的回顾性心电门控技术和高级心电编辑技术,来探讨模拟ECG信号在冠脉成像中的应用价值。

3.1 模拟ECG信号可用的理论基础 ECG信号检测不到或者波动范围较大,CT设备无法识别,而不能进行冠脉成像。在这种情况下,我们只需模拟接近真实心律、规律的、设备能识别的ECG信号就可以冠脉成像。Cardiac Tigger Monitor 3000心电监护仪上有模拟ECG信号的功能。本实验的做法是,模拟检查前患者频发的心率作为其冠脉采集时的心率。这样会出现两种情况,其一,采集时患者的心率和模拟心率一致;其二,采集时心率与模拟心率不一致。若是第一种情况,就可以直接心电编辑,得出真实的冠脉图像。若是第二种情况,模拟ECG信号R波与真实R波不重合,心律不齐时,则会出现模拟的R-R间期时间大于或小于真实的R-R间期,这就需要采用连续的多个R-R间期即多个心动周期(多个Beat)采集,即采用回顾性心电门控的技术。后续通过高级心电编辑,得到最佳冠脉图像。本研究结果也得到了证实,图E-G为一例采用模拟ECG信号的患者,图像质量满足诊断要求。

3.2 模拟ECG信号编辑 用模拟ECG信号得到的数据是模拟数据,不是患者真实心跳得到的数据,所以,冠脉最佳期相可能是R-R间期0%-99%中的任意一期,而不是常规的收缩期40%左右,舒张期75%左右的期相。即采用高级心电编辑时,需重建0%-99%各个期相的监测层,从中选择最佳期相重建图像。

3.3 心率对模拟信号成像的影响 影响冠脉成像效果的原因很多^[19-23]。在闭气和设备等条件固定不变的情况下,心率越快,冠脉成像难度越大,成像效果也越差。所以模拟信号在快心率成像效果也不可能提高,因此检查前,可以舌下含服倍他乐克降低和平稳心率。模拟信号重点应用在CT设备检测不到ECG信号的情况下,在快心率方面的成像技术还有待进一步研究,多个Beat采集,更复杂的后期心电编辑可能会有所帮助。

3.4 检查前模拟信号的选择 因为是模拟信号,越接近真实心率成像效果越准确。用心电监护仪测出其频发心率,作为模拟心率;心率波动较大时,多次测量取其平均值。不建议使用常规血压仪测量心率,因为其测量不出心律不齐以及心率的波动变化。

3.5 患者接受的辐射剂量 A组患者采用了回顾性心电门控技术冠脉成像, B组患者采用了前瞻性心电门控技术冠脉成像,所以A组患者接受的辐射剂量明显高于B组。辐射剂量的差异主要来源于门控技术的选择。

3.6 320排CT在模拟ECG信号冠脉成像中的优越性 320排CT球管旋转一圈0.35s,采集范围16cm,一次采集整个心脏冠脉数据,得到无时相差异的数据。不会出现螺旋伪影和因时相差异出现的错层伪影,具有明显的优越性。

综上所述,在心律不齐,安置心脏起搏器等原因,引起ECG信号紊乱不稳定,导致CT设备无法识别而不能冠脉成像时,模拟ECG信号是可行的,值得在320排CT上推广。

参考文献

- [1] Muenzfeld H, Nowak C, Riedlberger S, et al. Intra-scanner repeatability of quantitative imaging features in a 3D printed semianthropomorphic CT phantom[J]. European Journal of Radiology, 2021, 141(12): 109818.
- [2] 陈刚. 64排螺旋CT冠状动脉CTA及冠状动脉造影结果比较分析[J]. 吉林医学, 2020, 41(5): 1172-1173.
- [3] 王俊国, 赵志清, 黄春元, 等. 冠状动脉CTA技术诊断价值探究[J]. 现代医用影像学, 2020, 29(4): 667-669.
- [4] 王怡宁, 金征宇, 孔令燕, 等. 64层螺旋CT冠状动脉成像初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2006, 40(8): 797-801.
- [5] Di Cesare E, Gennarelli A, Di Sibio A, et al. Image quality and radiation dose of single heartbeat 640-slice coronary CT angiography: a comparison between patients with chronic atrial fibrillation and subjects in normal sinus rhythm by propensity analysis[J]. Eur J Radiol, 2015, 84: 631-636.
- [6] Xu L, Yang L, Zhang Z, et al. Prospectively ECG-triggered sequential dual-source coronary CT angiography in patients with atrial fibrillation: comparison with retrospectively ECG-gated helical CT[J]. Eur Radiol, 2013, 23: 1822-1828.
- [7] Rist C, Johnson TR, Müller-Starck J, et al. Noninvasive coronary angiography using dual-source computed tomography in patients with atrial fibrillation[J]. Invest Radiol, 2009, 44: 159-167.
- [8] Sano T, Matsutani H, Kondo T, et al. Comparison of the probability of meeting up with premature contraction during scanning in 320-area detector computed tomography with that in 64-multidetector CT coronary angiography[J]. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, 2012, 68: 951-960. Japanese.
- [9] 刘卓, 张诚, 陈尘, 等. 高时间分辨率宽体探测器CT对心房颤动患者冠状动脉造影可行性研究[J]. 临床放射学, 2016, 35(5): 786-789.
- [10] 张建新, 孟晓春, 郭宁等. 320排容积CT冠脉成像对比剂剂量优化[J]. 影像与介入, 2010, 7(32): 70-71.
- [11] Frank J, Rybicki, Hansel J, et al. Initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2008, 24(5): 535-546.
- [12] Austen WG, Edwards JE, Frey RL, et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease: report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association[J]. Circulation, 1975, 51(4): 5-40.
- [13] Jia S, Liu Y, Yuan J. Evidence in guidelines for treatment of coronary artery disease[J]. Adv Exp Med Biol, 2020, 1177: 37-73.
- [14] Elhamiasl M, Nuyts J. Low-dose x-ray CT simulation from an available higher-dose scan[J]. Phys Med Biol. 2020 Jul 8; 65(13): 135010.
- [15] 杨海仓, 花欣, 白勇勇. 冠心病患者CTA影像学特征与血清脂蛋白表达的相关性研究. 贵州医药[J], 2021, 45(2): 294-296.
- [16] Secinaro A, Curione D, Mortensen KH, et al. Dual-source computed tomography coronary artery imaging in children[J]. Pediatr Radiol, 2019, 49(13): 1823-1839.
- [17] Giusca S, Schütz M, Kronbach F, et al. Coronary computer tomography angiography in 2021-acquisition protocols, tips and tricks and heading beyond the possible[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(6): 1072.
- [18] 柏金泉, 张同, 王丹, 等. 前瞻性心电门控320排CT对早搏受检者冠状动脉成像的初步研究[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2012, 46(6): 582-586.
- [19] 王春辉, 张永海. Revolution CT对冠脉CTA图像质量的影响因素研究[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(3): 3-5.
- [20] 罗春材, 王强, 黄自立, 等. 屏气后心率变化及达平稳心率时间对冠脉CTA质量的影响[J]. 医疗卫生装备. 2017(12): 77-79.
- [21] 刘力, 刘仁伟, 刘嘉凯. 呼吸训练与心理诱导对64排螺旋CT冠脉成像的影响[J]. 医疗卫生装备. 2008(10): 216-217.
- [22] 李才林, 刘衡, 范奇文. 迭代算法在冠状动脉支架CT血管成像中的应用研究[J]. 中国CT和MRI杂志. 2022, 20(10): 50-52.
- [23] 黎子锋, 曹红辉, 张浩, 等. 冠脉CTA与CAG的临床应用与对比研究[J]. 罕少疾病杂志. 2021, 28(2): 41-43.

(收稿日期: 2023-04-14)

(校对编辑: 韩敏求)