



## 婴幼儿危重型先天性心脏病256层CT低管电压心脏增强扫描中造影剂最小剂量分析

李姝, 刘浩, 李光荣, 杨明, 朱善良, 莫绪明

引用本文:

李姝, 刘浩, 李光荣, 等. 婴幼儿危重型先天性心脏病256层CT低管电压心脏增强扫描中造影剂最小剂量分析[J]. 蚌埠医学院学报, 2021, 46(11): 1600–1603.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.11.026>

### 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

#### 超声成像测定婴幼儿先天性心脏病患者颈内静脉横截面积及实时引导中心静脉置管术的临床意义

Clinical significance of the cross-sectional area of internal jugular vein and peripherally inserted central catheter by real-time ultrasound-guiding in infants with congenital heart disease

蚌埠医学院学报. 2015(8): 1087–1090 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2015.08.034>

#### 等中心扫描联合AIDR3D重建在降低CCTA成像辐射剂量中的应用价值

The application value of isocenter scanning combined with AIDR-3D reconstruction in reducing the radiation dose of CCTA imaging

蚌埠医学院学报. 2021, 46(2): 239–243 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.02.027>

#### 个性化感受式音乐疗法在先天性心脏病患儿术后镇痛中的应用

Application of personalized sensory music therapy in postoperative analgesia in children with congenital heart disease

蚌埠医学院学报. 2021, 46(5): 687–690 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.05.032>

#### 急性缺血性脑卒中机械取栓后造影剂渗出的临床研究

Clinical study on contrast agent extravasation in acute ischemic stroke patients after machinery thrombectomy

蚌埠医学院学报. 2019, 44(9): 1170–1172 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.09.008>

#### 64排螺旋CT肺动脉联合支气管动脉双期增强扫描方案研究

Study on the dual-phase enhanced scanning scheme of 64-slice spiral CT for pulmonary artery and bronchial artery

蚌埠医学院学报. 2018, 43(4): 429–432,436 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2018.04.003>

# 婴幼儿危重型先天性心脏病 256 层 CT 低管电压心脏增强扫描中造影剂最小剂量分析

李 姝<sup>1</sup>, 刘 浩<sup>2</sup>, 李光荣<sup>1</sup>, 杨 明<sup>1</sup>, 朱善良<sup>2</sup>, 莫绪明<sup>3</sup>

**[摘要]** **目的:** 分析 70 kV 管电压条件下婴幼儿心脏增强 CT 扫描中造影剂最小用量。 **方法:** 选取行心脏 CT 增强扫描的 96 例危重型先天性心脏病患儿, 随机分为 A、B、C 组, 各 32 例。造影剂选择非离子型碘造影剂(含碘 320 mg/mL), A、B、C 组患儿造影剂用量分别为 1.0、1.5、2.0 mL/kg。另选 100 例 2 月龄以内行心脏大血管增强先天性心脏病患儿, 随机分为 E、F 组, 各 50 例, 管电压分别为 80 kV 和 100 kV, 其他扫描条件不变。观察 A、B、C 组噪声、信噪比、主观评分、诊断的准确率及左、右心室的 CT 值、室间隔强化值( $\Delta$ HU), 比较实验组、E 组、F 组的辐射剂量, 分析室间隔  $\Delta$ HU 与造影剂用量的线性关系。 **结果:** A、B、C 组的主观评分、噪声、信噪比及诊断的准确率差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ); A、B、C 组心脏左心室、右心室 CT 值及室间隔  $\Delta$ HU 逐渐升高, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。E、F 组与实验组相比, 随着管电压的增加, 辐射剂量逐渐增高( $P < 0.05$ )。室间隔  $\Delta$ HU 与造影剂用量的线性回归公式为:  $\Delta$ HU = 89.71 + 2.3 \times \text{造影剂剂量}, 在满足室间隔  $\Delta$ HU  $\geq 100$  HU 条件下, 造影剂最小剂量 0.75 mL/kg。 **结论:** 70 kV 条件下婴幼儿心脏 CT 增强扫描所需造影剂最小剂量为 0.75 mL/kg。

**[关键词]** 先天性心脏病; X 线体层摄影技术; 造影剂; 婴幼儿

**[中图分类号]** R 816.2      **[文献标志码]** A      **DOI:** 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2021.11.026

## Analysis of the minimum dose of contrast media in 256-slice cardiac enhanced iCT scan with low tube voltage in infants with critical congenital heart disease

LI Shu<sup>1</sup>, LIU Hao<sup>2</sup>, LI Guang-rong<sup>1</sup>, YANG Ming<sup>1</sup>, ZHU Shan-liang<sup>2</sup>, MO Xu-ming<sup>3</sup>

(1. Department of Radiology, 2. Department of Ultrasound Diagnosis, 3. Department of Thoracic Surgery, Children's Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Nanjing Jiangsu 210008, China)

**[Abstract]** **Objective:** To analyze the minimum dose of contrast media in cardiac enhanced CT scan at 70 kV tube voltage. **Methods:** A total of 96 infants with critical congenital heart disease received cardiac enhanced CT scan were selected and randomly divided into group A, group B and group C (32 cases in each group). Non-ionic iodine contrast media (iodine concentration 320 mg/mL) was used, and the dose of contrast media in group A, B and C was 1.0, 1.5 and 2.0 mL/kg, respectively. Another 100 children less than 2-month old with endocardial macrovascular enhancement were randomly divided into group E and group F (50 cases in each group), with 80 kV and 100 kV tube voltage, respectively, at the same other scanning conditions. The noise, signal-to-noise ratio, subjective score, diagnostic accuracy, CT value of left and right ventricle and enhancement value ( $\Delta$ HU) of ventricular septal were observed in group A, B and C; the radiation dose in experimental group, group E and F was compared; and the linear relationship between  $\Delta$ HU of ventricular septum and contrast media dose was analyzed. **Results:** There were no significant differences in subjective score, noise, signal-to-noise ratio and diagnostic accuracy among group A, B and C ( $P > 0.05$ ). The CT value of left ventricle and right ventricle and  $\Delta$ HU of ventricular septum in group A, B and C increased gradually, the difference of which was statistically significant ( $P < 0.05$ ). Compared with the experimental group, the radiation dose in group E and F increased gradually with the increase of tube voltage ( $P < 0.05$ ). The linear regression formula between the  $\Delta$ HU of ventricular septum and the dose of contrast media was:  $\Delta$ HU = 89.71 + 2.3 \times \text{dose of contrast media}, at the condition of  $\Delta$ HU of ventricular septum  $\geq 100$  HU, the minimum dose of contrast media was 0.75 mL/kg. **Conclusions:** The minimum dose of contrast media for cardiac enhanced CT scan at 70 kV in infants was 0.75 mL/kg.

**[Key words]** congenital heart disease; X-ray tomography; contrast media; infant

先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD)

是胎儿时期心脏血管发育异常所致的心血管畸形, 是小儿最常见的心脏病。其发病率约占出生婴儿的 0.8%<sup>[1]</sup>。目前 CHD 的诊断主要依靠超声心动图 (ultrasound cardiogram, UCG), UCG 具有无创、便捷、心内结构显示良好等优势, 但其对心外大血管畸形诊断的正确率仅为 75%, 对于需要接受外科手术的患儿, 术前明确诊断对于手术具有重要意义。因此

[收稿日期] 2019-09-22 [修回日期] 2020-06-11

[作者单位] 南京医科大学附属儿童医院 1. 放射科, 2. 超声诊断科, 3. 胸外科, 江苏南京 210008

[作者简介] 李 姝 (1987-), 女, 主管技师。

[通信作者] 李光荣, 副主任技师。E-mail: freeasnow@163.com

心脏增强 CT 检查至关重要<sup>[2]</sup>。心脏增强 CT 通过注射含碘造影剂,当造影剂进入心脏时开始扫描,使心脏大血管与周围组织产生人工对比,从而可以多方位清晰显示心脏大血管结构。但是由于造影剂含有碘,碘对肾脏会造成损伤<sup>[3]</sup>,尤其是月龄较小的 CHD 患儿,病情较重,心肺功能差,肾脏排泄功能还未发育完善,因此在满足诊断前提下,尽可能减少造影剂的用量,降低含碘造影剂的不良反应尤为重要。与常规应用的 120 kV 管电压扫描相比,采用较低管电压扫描的一大优势是碘造影剂的 CT 衰减值得到较大提高,原因是低千伏(如 70 ~ 80 kV)产生的光子更接近碘原子的 K 空间的跃迁能级(33.2 keV)<sup>[4]</sup>。采用较低的管电压可降低碘造影剂的使用量 30% ~ 40%,不仅对减轻患儿肾脏负担、降低造影剂肾病的发生率有很大帮助,而且有效减低了检查中的射线剂量,对婴幼儿尤为重要。本研究通过对 CHD 患儿注射不同剂量造影剂,对图像质量及诊断正确率进行研究分析,探讨婴幼儿心脏 CT 增强所需造影剂的最小剂量。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2018 年 1 月至 2019 年 1 月我院收治的经外科手术证实的新生儿危重型复杂性 CHD 患儿 96 例为研究对象,其中男 43 例,女 53 例,日龄 2 ~ 60 d,体质量 1.2 ~ 15 kg。其中法洛三联症 22 例,肺动脉吊带 5 例,肺动脉闭锁 3 例,完全型大血管转位 13 例,双主动脉弓 6 例,主动脉缩窄 15 例,主动脉弓离断 4 例,肺静脉异常连接 16 例,完全型心内膜垫缺损 8 例,冠状动脉起源异常 4 例,患儿可同时合并室间隔缺损、房间隔缺损、动脉导管未闭、永存左上腔等常见畸形。所有患儿行 256 层 CT 检查前均行 UCG 检查,并经手术证实。患儿检查前均由监护人签署知情同意书。采用随机数字表法将患儿分为 A、B、C 组,各 32 例。3 组患儿年龄、性别、体质量差异均具有可比性。

1.2 扫描方法与仪器 采用 Philips Brilliance CT 256,在前瞻性心电门控模式下进行检查,所有患儿扫描前充分镇静,采用 5% 水合氯醛保留灌肠。扫描参数:A、B、C 组管电压 70 kV,E、F 组管电压分别为 80、100 kV,管电流 40 ~ 59 mA,螺距 1.0 mm,层厚 5 ~ 10 mm,层距 5 ~ 10 mm,探测器宽度 128 × 0.625 mm,球管旋转速度 0.27 r/s,重建间隔 0.625 mm。为将辐射剂量降至最低,定位相及监控扫描参数均为机器允许范围内的最低值。采集

45% 时相的原始数据,利用宽容度重建 40% 和 50% 时相。心率 ≥ 180 次/分时,使用模拟心电门控,将扫描心率设置在真实心率的 50% 水平;心率 < 180 次/分时,使用真实心电门控。扫描范围从胸廓入口处至心脏膈面下 2 cm。延迟时间:使用自动跟踪手动触发技术,将 ROI 放置在扫描野之外的空气中,注射对比剂后 4 s 开始跟踪监测,当心脏一侧较浓显影而另一侧浅显影时,手动触发扫描,触发后延迟 7 s 开始扫描。下腹部覆盖铅衣遮挡。

为选取合适的管电压进行扫描,另选 100 例 2 月龄以内行心脏大血管增强先天性心脏病患儿,随机分为 E、F 组,各 50 例,管电压分别选取 80 kV 和 100 kV,其他扫描条件不变。

1.3 对比剂用量 采用双筒高压注射器(Medrad,Stellant),经手背或肘静脉注射对比剂碘海醇(含碘 320 mg/mL)。A、B、C、E、F 组用量分别为 1.0、1.5、2.0、1.5、1.5 mL/kg 体质量,注射时间控制在 18 s,注射对比剂后立即追加 5 mL 0.9% 氯化钠溶液冲管。扫描方向为从脚到头方向。

1.4 辐射剂量分析 CT 扫描完成后自动生成剂量长度乘积(dose length product,DLP)和容积 CT 剂量指数(volume CT dose index,CTDIvol),并根据有效剂量(effective dose,ED) = DLP × K,得出 ED 值,K 为换算因子,新生儿 K 值为 0.039 mSv · mGy<sup>-1</sup> · cm<sup>-1</sup>。

1.5 数据采集与图像评价 将所得断层图像传至 EBW 工作站,分别测量心脏各部位 CT 值及标准差,ROI 约 10 mm<sup>2</sup>。计算各部位的信噪比(SNR),SNR = 平均 CT 值/标准差。同时计算室间隔强化值(ΔHU),ΔHU = 室间隔增强 CT 值 - 后背部肌肉平扫相 CT 值。由 2 名副高级职称心脏影像诊断医师利用双盲法对心脏腔室及大血管的显示进行评分,评分标准:各腔室结构清晰显示,无上腔静脉和/或右心系统高对比剂放射状伪影,为 3 分;各腔室结构可显示,有上腔静脉和/或右心系统高对比剂放射状伪影,但不影响观察各腔室结构为 2 分;各腔室结构不能清晰冠示或有严重上腔静脉和/或右心系统高对比剂放射状伪影,影响对各腔室结构的观察者为 1 分。

1.6 统计学方法 采用方差分析、*q* 检验和  $\chi^2$  检验。

## 2 结果

2.1 A、B、C 组 CT 诊断正确率比较 96 例患儿共

223 处畸形, 其中心内畸形 124 处, 检出率为 89.0%; 心外畸形 99 例, 检出率为 99.0%。A、B、C 组心内外畸形诊断正确率分别为 94.9% (74/78)、95.3% (81/85) 和 96.7% (58/60), 3 组差异无统计学意义 ( $\chi^2 = 0.27, P > 0.05$ )。

表 1 3 组图像质量客观评分与主观评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

分组	n	CT 值/HU		噪声/HU	SNR	$\Delta$ HU/HU	主观评分/分
		右心室	左心室				
A 组	32	358.1 $\pm$ 49.9	356.5 $\pm$ 44.6	15.0 $\pm$ 2.3	2.2 $\pm$ 0.6	80.2 $\pm$ 10.4	2.7 $\pm$ 0.4
B 组	32	411.9 $\pm$ 41.6 *	414.5 $\pm$ 38.0 *	14.3 $\pm$ 1.6	2.1 $\pm$ 0.4	111.5 $\pm$ 8.1 *	2.8 $\pm$ 0.3
C 组	32	448.6 $\pm$ 34.1 **	453.4 $\pm$ 35.9 **	15.1 $\pm$ 2.1	2.0 $\pm$ 0.5	132.2 $\pm$ 12.2 **	2.9 $\pm$ 0.3
F	—	36.95	48.34	1.49	1.25	19.28	2.82
P	—	<0.01	<0.01	>0.05	>0.05	<0.01	>0.05
MS <sub>组内</sub>	—	1 794.460	1 573.990	4.087	0.257	2 747.643	0.113

q 检验: 与 A 组比较 \*  $P < 0.05$ ; 与 B 组比较 #  $P < 0.05$

2.3 辐射剂量比较 在变量为管电压而其他扫描参数不变的前提下, 随着管电压的增加, 辐射剂量逐渐增高 ( $P < 0.05$ ) (见表 2)。

表 2 不同管电压下辐射剂量比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

分组	n	CTDIvol/mGy	DLP/(mGy · c)	ED/(mSv · mGy <sup>-1</sup> · cm <sup>-1</sup> )
实验组	96	0.8 $\pm$ 0.2	6.5 $\pm$ 1.2	0.2 $\pm$ 0.1
E 组	50	1.3 $\pm$ 0.4 *	9.1 $\pm$ 2.3 *	0.4 $\pm$ 0.1 *
F 组	50	2.1 $\pm$ 0.8 **	12.2 $\pm$ 2.4 **	0.5 $\pm$ 0.1 **
F	—	37.36	41.32	39.28
P	—	<0.01	<0.01	<0.01
MS <sub>组内</sub>	—	1 654.450	1 764.342	1 669.331

q 检验: 与实验组比较 \*  $P < 0.05$ ; 与 E 组比较 #  $P < 0.05$

2.4 室间隔  $\Delta$ HU 与造影剂用量的线性关系 通过线性回归分析得出室间隔  $\Delta$ HU 与造影剂用量的线性相关回归公式为:  $\Delta$ HU = 89.71 + 2.3  $\times$  造影剂用量 ( $r = 0.18, P < 0.01$ )。表明随着造影剂用量的增加, 室间隔  $\Delta$ HU 相应增加, 两者呈线性关系, 当  $\Delta$ HU 在满足诊断要求时, 可以求出相应造影剂的用量, 当室间隔  $\Delta$ HU 为 100 HU, 造影剂用量 0.75 mL/kg。

2.5 典型病例 70 kV 管电压、不同造影剂剂量下婴幼儿心脏增强 CT 扫描图像见图 1。

### 3 讨论

多层螺旋 CT 应用于复杂 CHD 的术前诊断的地位不可取代, 但由于婴幼儿对放射线更加敏感, 其潜在的致癌性远远高于成人, 这在一定程度上限制了 CT 在儿童疾病诊断中的应用, 因此在不影响诊断的前提下, 如何进一步降低患儿所接受的辐射剂

2.2 A、B、C 组 CT 扫描基本测量值比较 3 组各部位的噪声、SNR 和主观评分差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。A、B、C 组心脏左心室、右心室 CT 值及室间隔  $\Delta$ HU 逐渐升高 ( $P < 0.05$ ) (见表 1)。

量以及增强扫描中含碘对比剂用量的减少成为婴幼儿 CT 检查研究的热点。

最初单排探测器 CT 扫描时间长, 辐射剂量大, 无法避免因呼吸运动造成的伪影, 发展到 64 排探测器螺旋 CT 时间分辨率可达到 165 ms, 扫描速度快, 但是辐射剂量依旧较高。我院引进的 256 排 CT, 球管旋转速度为 0.27 s/r, 128  $\times$  0.625 mm 的覆盖宽度, 完成小儿整个胸部扫描时间为 4 s, 并配有婴幼儿专用扫描软件包, 选用快速心脏扫描序列, 有效降低了辐射剂量。选用前瞻性心电门控, 采用自动跟踪, 手动触发增强方式扫描, 触发时相选择 R-R 间期 45%, 一个完整心脏的检查由 2 ~ 3 个心动周期完成, 避免因小儿心跳速度过快造成的图像伪影<sup>[5]</sup>。

有报道<sup>[6]</sup>采用 80 kV 管电压结合迭代重建进行胰腺、肾脏增强扫描, 可得到满足诊断要求的图像。笔者多年临床实践总结发现, 对体质量较大的病人使用低管电压进行扫描时, 射线的衰减严重, 可能存在噪声较多、影响图像质量的情况, 达不到诊断的要求<sup>[7]</sup>。本研究中的对象为 2 月龄以内小婴儿, 体质量及胸廓前后径较小, 故采用管电压 70 kV 进行研究, 所得到的图像与 80 kV 及 100 kV 条件下获得的图像质量无明显差异, 均能满足诊断需求。心血管影像学指南<sup>[8]</sup>分析, CT 常规扫描采用管电压 120 kV 心脏增强扫描时, 达到室间隔成像效果满意需要增强后室间隔的 CT 衰减值得到较大提高, 低电压产生的光子更接近碘原子的 K 空间的跃迁能级 (33.2 keV), 利用这一原理, 本研究采用 70 kV 扫

描,经验性总结小儿心脏增强后室间隔 CT 衰减值得超过 100 Hu 即可达到室间隔成像满意,此时对比剂用量降低了 30%~40%。儿童心脏 CT 检查中对比剂不良反应已受到广泛重视,对比剂肾病(contrast media induced nephropathy, CIN)是对比剂使用的主

要风险之一,是医院获得性肾衰竭的主要原因之一。CIN 发生与对比剂的剂量和浓度有直接的相关性<sup>[9]</sup>,如何合理应用对比剂,尤其是患有危重型 CHD 随时可能发生心力衰竭的婴幼儿,降低 CIN 的发生,在儿童增强 CT 检查中亦非常重要。



A: 患儿, 2 d, 诊断为完全性大动脉转位, 注射造影剂 1.0 mL/kg; B: 患儿, 18 d, 诊断为完全型肺静脉异位引流, 注射造影剂为 1.5 mL/kg; C: 患儿, 6 d, 诊断为主动脉弓离断, 注射造影剂为 2.0 mL/kg。A~C: 选取横轴位四腔心层面显示 3 例患儿左右心造影剂充盈均匀, 室间隔显示清晰

图 1 婴幼儿心脏增强 CT 扫描图像

3 组图像的心脏各部位 CT 值及室间隔  $\Delta$ HU 依次增高, 差异具有统计学意义, 表明随着造影剂用量的减少, 心腔及室间隔的强化程度有不同程度的减低, 而 3 组图像成像的评分变化无统计学意义, 表明在一定的范围内减少对比剂的用量, 对图像质量的影响可以忽略。本研究中, 患儿所接受的辐射剂量明显低于日常工作中常规电压扫描时患儿所接受的辐射剂量, 低电压扫描将心脏增强 CT 检查的辐射剂量进一步降低, 在婴幼儿 CT 检查中尤为重要。

心脏 CT 增强成像的不足之处就是对心内结构显示的欠缺, 目前认为室间隔的成像质量直接关系到心脏 CT 成像对心内结构的观察, 因此研究中将室间隔清晰显示作为成像标准<sup>[10]</sup>。本研究采用相关研究<sup>[11]</sup>所推荐的室间隔  $\Delta$ HU 为 100 HU, 根据直线相关回归分析, 心脏强化扫描的最小造影剂用量为 0.75 mL/kg, 经换算即最小碘量为 240 mg/kg, 这样便于在使用不同浓度造影剂时进行计算。

本研究的不足之处: 样本量偏小; 没有进行其他型号机器的扫描与重建方法的对比研究; 不同管电压下没有再细分不同对比剂剂量组, 无法得到不同管电压下对比剂最小剂量预测。

综上所述, 低管电压条件下进行婴幼儿心脏增强 CT 检查能够在图像满足临床诊断的前提下明显降低对比剂用量。

#### [ 参 考 文 献 ]

[1] 吴越, 梁长虹, 杨本强, 等. 先天性心脏病复杂畸形的影像学

诊断[J]. 放射学实践, 2010, 25(4): 329.

[2] 李震南, 吕滨. 心血管 CT 检查在小儿复杂先天性心脏病中的应用进展[J/CD]. 中华临床医师杂志(电子版), 2015(4): 669.

[3] DARWISH T. An evidence-based approach to minimize contrast-induced nephropathy[J]. N Z Med J, 2009, 122(1299): 39.

[4] NODA Y, KANEMATSU M, GOSHIMA S, et al. Reducing iodine load in hepatic CT for patients with chronic liver disease with a combination of low-tube-voltage and adaptive statistical iterative reconstruction[J]. Eur J Radiol, 2015, 84(1): 11.

[5] 王博成, 薛杨, 苏潇, 等. 256 层 iCT 第 4 代混合迭代重建技术在胸部低剂量扫描中的应用评价[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2016, 36(5): 702.

[6] NODA Y, KANEMATSU M, GOSHIMA S, et al. Reduction of iodine load in CT imaging of pancreas acquired with low tube voltage and an adaptive statistical iterative reconstruction technique[J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38(5): 714.

[7] 李加松. 320 排动态容积 CT 冠状动脉成像诊断冠状动脉狭窄的临床价值[J]. 蚌埠医学院学报, 2016, 41(8): 1079.

[8] 中华医学会放射学分会心胸学组. 《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排 CT 临床应用指南写作专家组. 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范应用中国指南[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(10): 732.

[9] 王玉萍, 沈世林, 苏东君, 等. 对比剂肾病研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2017(6): 389.

[10] 张永高, 刘书婷, 高剑波, 等. 双源 CT 大螺距扫描结合对比剂优化方案在复杂型先天性心脏病患儿成像中的应用[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50(8): 594.

[11] 杨凯华. 256 层 iCT 低剂量技术在小儿先天性心脏病复杂畸形诊断中的应用[J/CD]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2015(14): 190.

(本文编辑 赵素容)