

论 著

优化CTA技术在婴幼儿复杂先天性心脏病术前诊断的研究*

黑龙江省哈尔滨市儿童医院影像科
(黑龙江 哈尔滨 150010)张晓凡 王志伟 郝明珠
王 芳 卓芝政 张 毅
刘鑫春 徐守成

【摘要】目的 探讨优化低剂量CTA方案在小儿先天性心脏病(CHD)术前检查的临床价值。**方法** CHD患儿139例(年龄1天-6岁),根据患儿就诊时间分别采用前门控和高级混合迭代重建技术(iDose⁴)、前门控和滤波反投影重建(FBP)、非门控和FBP进行CTA检查。采用方差分析及Post-Hoc双样本T检验对每组患儿有效射线辐射剂量及图像质量进行对比分析;并以手术结果为诊断标准,采用CTA诊断结果与超声心动图(UCG)诊断结果进行符合一致性分析。**结果** 1.有效射线辐射剂量:前门控iDose⁴组较前门控FBP组降低13.8%、前门控iDose⁴组较非门控FBP组降低23.5%($P < 0.05$)。2.图像质量评估:前门控iDose⁴组、前门控FBP组、非门控FBP组分别为:Ⅲ级36、57、12例;Ⅱ级0、25、8例, ($\chi^2=15.879$, $P < 0.05$)。3.经手术治疗的CHD患儿($n=102$),术前CTA、UCG诊断结果与手术结果对比:CTA总诊断符合率94.5% ($P < 0.001$), UCG诊断符合率90.4% ($P < 0.001$)。**结论** 低剂量前门控iDose⁴ CTA技术在小儿CHD的术前应用具有重要临床意义。

【关键词】 小儿先天性心脏病; 心电门控; 迭代重建; 辐射剂量

【中图分类号】 R541.4

【文献标识码】 A

【基金项目】 2013年哈尔滨市科技攻关计划项目: 2013AA3BS018

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.11.016

通讯作者: 张 毅

Optimization of CTA Techniques in the Preoperative Diagnosis of Complicated Congenital Heart Disease in Infants and Young Children*

ZHANG Xiao-fan, WANG Zhi-wei, HAO Ming-zhu, et al., Department of Radiology, Harbin City Children's Hospital, Harbin 150010, Heilongjiang Province, China

[Abstract] Objective Evaluate the preoperative clinical value of optimized low-doses CTA examination in children with congenital heart disease (CHD). **Methods** 139 children with CHD (aged 1 day-6 years) were included in this study, CTA examinations based on 3 different techniques including the front door and high-level mixed iterative reconstruction technique (iDose⁴), the front door and filter back projection reconstruction place place (FBP) and gate control and FBP were carried out on these children according to the patient's clinical visiting time. Statistical analysis including the analysis of variance and Post Hoc-two sample T test were performed to compare the effective radiation dose and image quality. The results of surgery were taken as the diagnostic criteria, and consistency analysis were used to evaluate the CTA diagnosis and echocardiography (UCG) diagnosis respectively. **Results** 1. Results on effective radiation dose: the front door iDose⁴ control group was 13.8% lower than the front door place control FBP group, the front control iDose⁴ place was 23.5% lower than a non-gate control FBP group ($P < 0.05$). 2. Results on image quality assessment: the front door place controlled iDose⁴ group, the front door FBP group place, non-gate control FBP respectively: Ⅲ level 36, 57, 12 cases, Ⅱ Level 0, 25, 8 cases ($\chi^2=15.879$, $P < 0.05$). 3. Results on the consistency with surgical results: 102 children were carried out the surgical treatments, consistencies of preoperative CTA and UCG diagnosis were as follows: CTA total diagnostic coincidence rate 94.5% ($P < 0.001$), the UCG diagnosis coincidence rate 90.4% ($P < 0.001$). **Conclusion** Low doses of front door control iDose⁴ CTA technology has important preoperative clinical significance in children with CHD.

[Key words] Congenital Heart Disease; Iterative Reconstruction; Radiation Dose

小儿先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)系胚胎期心脏血管发育异常而造成的畸形性疾病^[1]。婴幼儿复杂CHD往往合并多种心外大血管畸形、肺动脉高压等,引起严重血流动力学改变,早期死亡率极高^[2]。如何降低放射学检查患儿的辐射剂量,依据国际放射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)提出约束辐射剂量的概念^[3]。本研究优化的CTA方案在小年龄、低体重、高心率CHD的临床应用,最大限度降低受检小儿辐射剂量,为临床术前评估提供精准影像学诊断信息。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取本院2013~2016年经CTA诊断为小儿CHD的139例患儿为研究对象,CHD包括复杂型、二种及以上单纯畸形(ASD、VSA、PDA等)。所有患儿CTA检查前均行心脏超声心动图(UCG)检查。研究对象按CTA检查时间先后入组。83例患儿采用前门控扫描和滤波反投影重建技术(前门控FBP组),男50例,女33例,年龄1天至6岁;36例患儿采用前门控扫描和高级混合迭代重建iDose⁴技术(前门控iDose⁴组),男16例,女20例,年龄14天至5岁。20例患儿心率大于140次/min,采用非门控扫描和滤波反投影重建技术(非门控FBP组),男11例,女9例,年龄1天至7月。该项研究取得医院伦理委员会批准,检查前均与患儿家长签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 CT设备及参数:使用Brilliance128层螺旋CT。扫描参数:固定管电压80kV,根据患儿体质量采用不同管电流,体质

量≤20kg管电流80mAs, 20kg<体质量≤30kg管电流120mAs, 30kg<体质量≤40kg管电流150mAs。造影前镇静: 不合作小儿镇静使用10%水合氯醛肛注, 用量0.5~1.0ml/kg。新生儿可无需镇静, 用棉被夹硬质海绵舒适固定, 采取自然熟睡状态下进行CTA检查。对比剂: 使用非离子型300mg I/ml 碘普罗胺注射液, 速率为0.6ml/s~1.5ml/s, 剂量1.5~2.5ml/kg, 注射完毕追加10ml生理盐水。扫描范围: 从患儿胸廓入口上到膈肌下2~5cm。感兴趣区设置于隆突下降主动脉内, CT值为110Hu时触发自动扫描, 采用血管预置法确定4秒扫描延迟时间。门控选择: 所有患儿均不使用药物控制心率, 心率在90~140次/分钟, 选择前门控扫描, 最佳时相为45%; 特殊小年龄儿注入对比剂后如心率持续≥140次/分钟, 则改为非门控扫描。重建方式: 前门控iDose⁴组使用iDose⁴技术, 前门控FBP组和非门控FBP组均使用滤波反投影重建(FBP)技术。

1.3 辐射剂量的计算依据 有效射线辐射剂量(ED)根据公式 $ED=K \times DLP$ 计算, 其中K为转换系数, 参照欧洲CT质量标准指南^[4]提出的胸部平均值0.014mSv/(mGy·cm), DLP为剂量长度乘积, $DLP=CTDI \times L$, L为扫描长度, CTDI_{vol}为患儿检查时的平均容积CT剂量指数。

1.4 图像重建 扫描后数据传至EBW工作站。根据不同心内畸形和心外大血管畸形特点, 对原始图像进行多方位后处理重建及测量。

1.5 图像质量主观评估 评估内容: 按心内外解剖结构节段分析法进行初步诊断分析, 观察解剖畸形显示是否清晰, 有无伪影等进行分级评估, 窗宽、窗位可调节。

评价标准分为3~0级, III级: 显示清晰, 无伪影; II级: 显示比较清晰, 少量伪影; I级: 显示一般, 中度伪影; 0级: 显示差, 伪影重。由2名具有心脏专业诊断经验的高职医师对病例的图像进行评估, 意见不一致时再请第3位高职医师诊断^[5], 最终取得一致意见。

1.6 统计学分析 统计软件为SPSS 16.0, 所有指标均符合正态分布, 采用方差分析及Post-Hoc多组比较的方差齐性Tukey HSD检验比较前门控FBP、前门控iDose⁴、非门控FBP三组间有效射线辐射剂量差异; 同时采用多组等级资料比较kruska-Wallis秩和检验, 检验对比三组的图像质量; 术前CTA诊断结果、UCG检查结果分别与手术结果进行符合情况分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 CTA诊断结果 三组CTA诊断小儿CHD共139例, 主要畸形包括法乐四联症(含肺动脉闭锁)19例, 右室双出口等19例, 主动脉缩窄及主动脉弓发育不良18例, 肺静脉异位引流16例(完全性12例, 部分性4例), 永存动脉干3例, 肺动脉吊带3例, 心内膜垫缺损3例, 完全性大血管转位2例, 房间隔缺损、室间隔缺损及动脉导管未闭同时存在二种及以上48例, 血管环8例。并发其他畸形: 气管性支气管17例、显著肺血增多或减少53例、肺感染54例、肺动脉高压39例、大侧枝血管10例; 上腹部畸形10例(腹腔内脏转位, 多脾或无脾综合征等)。

采用先天性心脏病影像学节段分析法^[6], 对CTA诊断的139例CHD中已完成手术治疗102例患儿进行分析, 共检出畸形279处: 其中心内畸形142处, 心室大血管连接畸形52处, 心外大血管畸形85处, 见图1-7。

2.2 有效射线辐射剂量比

表1 三组CTDI_{vol}、DLP及ED比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CTDI _{vol} (mGy) ^a	DLP (mGy·cm) ^a	ED (mSv) ^a
前门控FBP组	83	2.50 ± 0.239	31.70 ± 7.357	0.87 ± 0.123
前门控iDose ⁴ 组	36	2.08 ± 0.257	26.40 ± 8.190	0.75 ± 0.143
非门控FBP组	20	2.60 ± 0.001	26.47 ± 4.279	0.98 ± 0.153
方差分析		F=51.038 P<0.001	F=8.68 P<0.001	F=21.489 P<0.001
Post-Hoc Tukey HSD		*P<0.001 **P=0.162 ***P<0.001	*P=0.001 **P=0.012 ***P<0.001	*P<0.001 **P=0.001 ***P<0.001

备注: *表示前门控FBP组与前门控iDose组比较, **表示前门控FBP组与非门控FBP组比较, ***表示前门控iDose组与非门控FBP组比较

表2 三组主观图像质量评估比较

组别	例数	3级	2级	1级	0级
前门控FBP组	83	58	25	0	0
前门控iDose ⁴ 组	36	36	0	0	0
非门控FBP组	20	12	8	0	0
统计学值		$\chi^2=15.879, P<0.05$			

表3 102例CHD患儿术前CTA、UCG与手术结果符合情况比较 (%)

	CTA	UCG	卡方检验
心外大血管畸形	85/88 (96.6%)	68/88 (77.3%)	$\chi^2=15.668, P<0.001$
心室大血管连接	50/52 (96.2%)	46/52 (88.5%)	$\chi^2=2.617, P=0.141$
心内畸形	142/153 (92.8%)	151/153 (98.7%)	$\chi^2=0.552, P=0.458$
合计	277/293 (94.5%)	265/293 (90.4%)	$\chi^2=3.538, P=0.06$

较 有效射线辐射剂量：前门控iDose4组较前门控FBP组降低13.8%、前门控iDose⁴组较非门控FBP组降低23.5%，前门控FBP组较非门控FBP组降低11.2%， $P < 0.05$ ，三组间差异有统计学意义，见表1。

2.3 三组CTA主观图像质量

评估 主观评估三组图像质量，评价标准分为III-0级，经多组等级资料比较的kruska-Wallis秩和检验，差异有显著统计学意义($\chi^2=15.879$, $P < 0.05$)。主观图像质量评估前门控二组分别为III级94例，0级0例，非门控组III级12例，0级0例，前门控组图像更加清晰准确的显示CHD解剖畸形，尤为前门控iDose⁴组，见表2，图8-9。

2.4 102例CHD术前CTA、UCG

与手术结果符合情况比较 CTA在心室大血管连接、心外大血管畸形及其他畸形方面诊断准确性明显优于UCG。CTA总体诊断与手术结果符合率为94.5%，UCG诊断与手术结果符合率为90.4%，二者差异具有统计学意义，见表3。

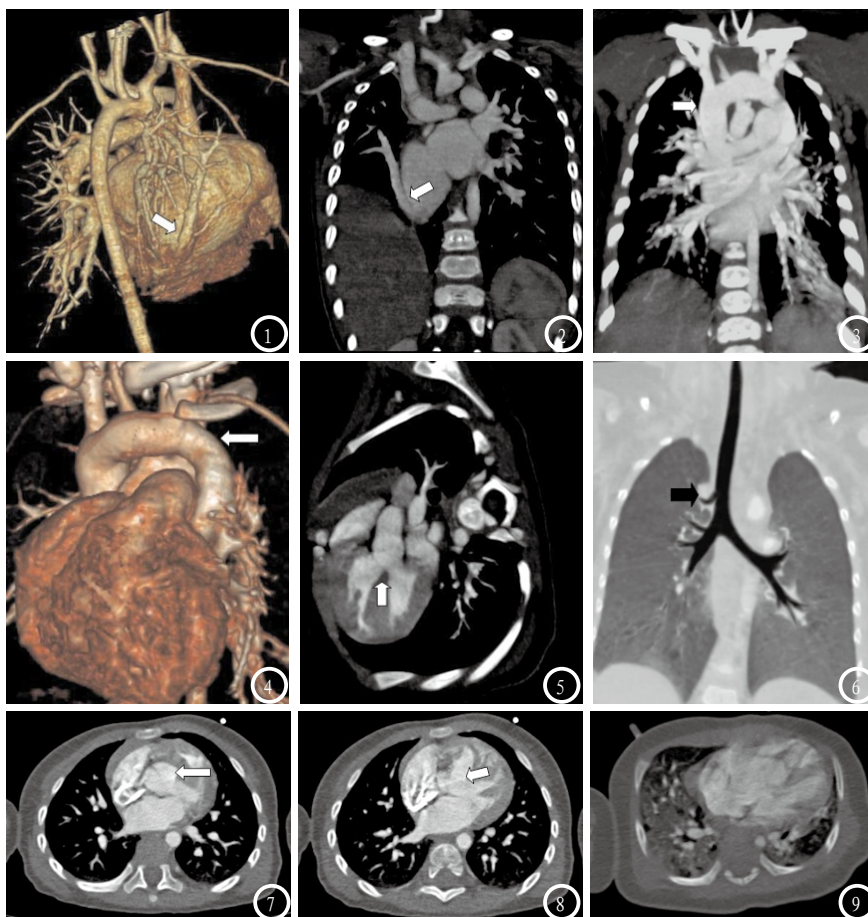
3 讨论

放射实践中应严格遵循和合理实现更低剂量(as low as reasonably achievable, ALARA)原则^[3]。降低CT射线辐射剂量的主要技术，包括管电流自动减低调制、降低管电压、加大螺距、加大扫描层厚及前瞻性心电门控扫描模式等。CT前门控扫描技术，由于使用了进床间断扫描，单一时相曝光，用减少扫描

时间来降低了辐射剂量^[7]。CT重建技术主要包括迭代重建及FBP等^[8]。高级混合迭代重建iDose⁴技术^[9]为双空间多模型的迭代重建技术。解决了FBP因剂量降低而产生的噪声问题。本项目前门控iDose⁴组最大程度降低患儿辐射剂量，同时获得比FBP重建法更好的图像质量，与吴俊^[10]等研究的心脏低剂量组有效辐射剂量(ED)明显低于常规剂量组基本相符合。

本研究经手术证实的102例先天性心脏病患儿，在心外大血管畸形、心室大血管连接异常的诊断与手术符合率中，CTA分别为96.6%、96.2%，超声分别为77.3%、88.5%，与黄美萍^[11]等诊断复杂型先心病的准确率(97.4%)接近。CTA在诊断心外大血管、冠状动脉起源、体肺侧枝血管、气道畸形、肺循环异常及肺感染、腹部异常等方面较UCG更具有绝对优势^[12]。CTA与手术不符合的主要疾病为小的房间隔缺损、接近闭合的动脉导管及高位的室间隔缺损，考虑与小年龄、高心率和高速对比剂影响图像质量，多发细小侧枝血管与接近闭合的动脉导管分辨困难等因素有关。

优化方案有效解决小年龄，发育差、低体重、高心率婴幼儿的术前CTA检查技术瓶颈难题。实现不用镇静剂或麻醉的造影前准备方法，成功完成新生儿CTA检查；同时使用低对比浓度和剂量的造影剂；多种图像后处理技术联合一并获得小儿心内、心外大血管、冠状动脉起源、侧枝血管、气道、肺、上腹部优质图像。有效辐射剂量前门控iDose⁴组较前门控FBP组降低13.8%、前门控iDose⁴组较非门控FBP组降低23.5%，扫描剂量基本控制在亚mSv，真正意义实现小儿低辐射CTA扫描。为CHD患儿心脏外科手术的案决策，提供丰富精准的影像学信息， (下转第 87 页)



女 13月部分型肺静脉畸形引流(前门控FBP组)。图1 VR重建显示异常引流肺静脉(白箭头)。图2 MIP重建显示异常引流肺静脉(白箭头)。女 1月完全型肺静脉畸形引流心上型(前门控iDose组)。图3 MIP重建显示异常引流肺静脉(白箭头)。图4 VR重建显示异常引流肺静脉(白箭头)。女 3月法鲁氏四联症(前门控iDose组)。图5 MIP重建显示主动脉骑跨(白箭头)。图6 MinIP重建显示CHD伴发气管性支气管(黑箭头)。女 1岁 法鲁氏四联症(前门控iDose组) III级图像。图7-8 轴位显示主动脉骑跨和室间隔缺损(白箭头)。图9 男, 2月, 心率152次/分, 心内膜垫缺损(非门控组) II级图像。