

基于胸围的固定管电流检查在儿童胸部增强 CT 中的应用价值

张见, 张晓军, 刘杰

【摘要】 目的:探讨基于胸围的固定管电流检查在儿童胸部增强 CT 中的应用价值。**方法:**回顾性分析 171 例胸部增强参考病例的病例资料,建立 DW 与胸围(CC)的回归方程。依据胸围分为 $CC \leq 45$ cm、 45 cm $< CC \leq 55$ cm、 55 cm $< CC \leq 65$ cm 及 65 cm $< CC \leq 75$ cm 四个亚组,统计参考病例各亚组容积 CT 剂量指数(CTDIvol)上四分位数。前瞻性搜集行胸部增强 CT 检查的患儿 96 例,按照随机数字表法将患儿分为对照组和实验组。对照组患儿 44 例,依照 CTDIvol 设定管电流;实验组患儿 52 例,依照体型特异性剂量评估值(SSDE)设定管电流。两组参考辐射剂量均为参考病例 CTDIvol 上四分位数,对比分析两组患儿的图像质量及辐射剂量。**结果:**参考病例 DW 与胸围呈较强正相关($R^2=0.911$, $P<0.001$),其回归方程为 $DW=2.45+0.25 \times CC$ 。CTDIvol 上四分位数分别为 2.22 mGy、2.80 mGy、3.80 mGy、6.33 mGy。对照组及实验组患儿的 CTDIvol 分别为 (4.52 ± 0.94) mGy、 (2.91 ± 0.50) mGy,差异有统计学意义($Z=-7.65$, $P<0.001$);对照组及实验组患儿的 SSDE_{DW} 分别为 (6.12 ± 0.88) mGy、 (3.87 ± 0.52) mGy,差异有统计学意义($Z=-8.13$, $P<0.001$)。实验组的 CTDIvol、SSDE_{DW} 较对照组分别降低 35.62% $(1.61/4.52)$ 、36.76% $(2.25/6.12)$ 。图像质量客观评价两组间差异有统计学意义($t=4.12$ 、 -3.85 、 4.71 , $P<0.001$);主观评价及信心评分两组间差异无统计学意义($Z=-1.23$ 、 $t=0.02$, $P>0.05$)。**结论:**根据患儿胸围计算 SSDE_{DW} 并以此设置固定管电流检查在临床实践中具有可行性,在满足图像诊断要求的前提下可降低患儿的辐射剂量。

【关键词】 儿童; 胸部; 体层摄影术, X 线计算机; 诊断参考水平; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R814.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2023)01-0093-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.01.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Application of fixed tube current based on chest circumference in children's chest enhanced CT examinations ZHANG Xian, ZHANG Xiao-jun, LIU Jie. Department of Radiology, Children's Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210000, China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of chest circumference-based fixed tube current in chest enhanced CT scan in children. **Methods:** A retrospective analysis of the data of 171 reference cases of chest enhanced CT was performed to establish the regression equation of DW and chest circumference (CC). Based on the CC, four subgroups were divided: $CC \leq 45$ cm, 45 cm $< CC \leq 55$ cm, 55 cm $< CC \leq 65$ cm and 65 cm $< CC \leq 75$ cm, and the upper quartile of volume CT dose index (CTDIvol) was counted for each subgroup of reference cases. A total of 96 children who underwent chest-enhanced CT scan were prospectively collected and divided into control and experimental groups according to the random number table method. Forty-four children in the control group were scanned with the setting of tube current according to CTDIvol, and 52 children in the experimental group were scanned with the setting of tube current according to the size-specific dose estimates (SSDE). The reference radiation dose in both groups was the upper quartile of the CTDIvol of the reference case, and the image quality and radiation dose of the children in both groups were compared and analyzed. **Results:** There was a strong positive correlation between reference case DW and CC ($R^2=0.911$, $P<0.001$), and the regression equation was $DW=2.449+0.25 \times CC$. The quartile in CTDIvol were 2.22mGy, 2.80mGy, 3.80mGy and 6.33mGy, respectively. The CTDIvol of children in the control and the experimental group were

作者单位: 210000 南京, 南京医科大学附属儿童医院放射科

作者简介: 张见(1982-), 男, 山东枣庄人, 学士, 主管技师, 从事儿童 CT 及 MRI 常规及新技术的应用工作。

通讯作者: 张晓军, E-mail: xjzhang@njmu.edu.cn

基金项目: 江苏省政府留学基金(JS-2018-137); 江苏省妇幼保健课题(FYX201816); 南京市医学科技发展基金(QRX17169)

(4.52 ± 0.94) mGy and (2.91 ± 0.50) mGy, respectively, with statistically significant differences between groups ($Z = -7.65, P < 0.001$). And the SSDE_{DW} of children in the control and the experimental group were (6.12 ± 0.88) mGy and (3.87 ± 0.52) mGy, respectively, with statistically significant differences between groups ($Z = -8.13, P < 0.001$). CTDI_{vol} and SSDE_{DW} in the experimental group decreased by 35.62% ($1.61/4.52$) and 36.76% ($2.25/6.12$), respectively, compared with the control group. The differences between the groups of objective evaluation of image quality were statistically significant ($t = 4.12, -3.85, 4.71, P < 0.001$). The differences between the groups of subjective evaluation and confidence scores were not statistically significant ($Z = -1.23, t = 0.02, P > 0.05$). **Conclusion:** It is feasible in practice to preset fixed tube current calculated by the SSDE_{DW} according to the chest circumference of the patient, which reduces the radiation dose on children while satisfying the image diagnosis.

[Key words] Chest; Child; Tomography, X-ray computed; Diagnostic reference levels; Radiation dose

CT 是胸部疾病最常用的检查方法, CT 成像载体为 X 线, 对人体有一定的辐射危害, 特别是对婴幼儿的危害尤为严重, 如何降低其辐射剂量愈加受到家长及从业者重视^[1]。2018 年, 欧盟委员会发布了《欧洲儿童 CT 成像的诊断参考水平》一文, 提出了诊断参考水平 (diagnostic reference levels, DRL) 的概念, 基于单个医疗机构或一组医疗机构 CT 设备获得的儿童剂量分布的第 3 个四分位数 (第 75% 位数) 值作为 DRL^[2]。但对于儿童患者而言由于其体型差异较大, 需要根据其体型对 DRL 进行细分, 这就需要匹配与 DRL 高度相关的管电压与管电流。本文通过前置不同 DRL 衡量指标的方式设置固定管电流, 探究其可行性并比较其图像质量和辐射剂量。

材料与方法

1. 回归方程的建立

将 2019 年 6 月至 2020 年 8 月来我院行胸部增强 CT 检查的 171 例患儿作为参考病例, 在横轴面图像乳头层面测量其胸围 (cm), 建立水当量直径 (water equivalent diameter, DW) 与胸围的回归方程。患儿年龄为 18 天~7 岁, 平均 (31.78 ± 19.26) 个月, 胸围为 32.00~67.50 cm, 平均 (50.77 ± 6.30) cm; DW 为 9.76~19.84 cm, 平均 (15.12 ± 1.65) cm。病例纳入标准: 检查时体位标准, 双臂上举于头颅两侧者; 胸部体表无巨大肿块及胸廓无明显畸形者; 心肺部无气胸及明显巨大占位性病变者; 身体质量指数 (body mass index, BMI) 介于 18~25 kg/m² 之间者; 女童患儿胸部乳腺组织厚度低于 3 cm 者。病例排除标准: 体表及体内有金属异物者; 心脏内有封堵器者。

2. 辐射剂量及 DW 与胸围相关性的建立

记录扫描结束后 CT 工作站自动生成的容积 CT 剂量指数 (volume CT dose Index, CTDI_{vol}) (mGy, 基

于 32 cm 标准聚甲基丙烯酸甲酯体模), 依据胸围分为 $CC \leq 45$ cm、 45 cm $< CC \leq 55$ cm、 55 cm $< CC \leq 65$ cm 及 65 cm $< CC \leq 75$ cm 四个亚组, 分别统计各亚组 CTDI_{vol} 的上四分位数。在最中间层面原始扫描纵膈窗图像上勾画一尽可能小但需覆盖横轴面所有解剖结构的多曲面感兴趣区, 记录感兴趣区面积 (area region of interest, Aroi) 及平均 CT 值 (CTroi), 计算 DW, 依据 DW 计算对应的转换因子 f_{DW} 获得体型特异性剂量评估值 (size-specific dose estimate, SSDE)。参考 AAPM 220 号报告其计算为公式 1~3^[3]:

$$DW = \sqrt{\frac{Aroi}{\pi} \left(\frac{CTroi}{1000} + 1 \right)} \quad (1)$$

$$f_{DW} = 4.378094 \times \exp(-0.04331124 \times DW) \quad (2)$$

$$SSDE_{DW} = f_{DW} \times CTDI_{vol} \quad (3)$$

将中心层面 DW 作为因变量, 采用线性回归分析, 建立 CC 与 DW 回归方程: $DW = a + b \times CC$ 。

3. 病例资料

前瞻性收集 2020 年 9 月至 2021 年 6 月行胸部 CT 检查的患儿 96 例, 年龄 24 天~8 岁不等, 平均 (30.42 ± 21.02) 个月。按随机数字表法将患儿分为对照组和实验组, 对照组 44 例, 平均年龄为 (31.52 ± 22.13) 个月; 实验组 52 例, 平均年龄为 (29.48 ± 20.19) 个月, 纳入标准同参考组。检查前监护人均签署检查知情同意书, 本研究通过医院伦理委员会审批通过 (审批号: 201908224-1)。对照组与实验组患儿的年龄、胸围、BMI 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 资料具有可比性。

4. 检查方法

CT 检查采用 Philips Brilliance 128 排 iCT。患儿自主或配合口服水合氯醛睡眠后去除异物仅穿着贴身衣物平行仰卧于检查床上, 头或脚先进。检查参数: 管电压 80 kVp 或 100 kVp; iDose4 级重建算法。螺旋扫

描,螺距为 0.915,探测器 128×0.625 mm,矩阵 512×512,球管转速 0.27 s/r,扫描层厚、层间距均为 3 mm。扫描范围为胸廓入口至两侧肋膈角。CT 增强扫描对比剂采用碘克沙醇(规格:320 mg I/mL),剂量依照患儿体重进行计算[(1.0~1.5) mL/kg],注射流率为 0.8~3.0 mL/s,采用 Ulrich 高压注射器从肘静脉或手/足背静脉注入,注射顺序为:5 mL 生理盐水→对比剂→8 mL 生理盐水,生理盐水注射流率与对比剂相同。管电流参考病例采用自动曝光控制技术;对照组及实验组以胸围亚分组辐射剂量上四分位数作为 DRL 分别基于 CTDIvol 及 SSDE_{DW} 设定固定管电流,余检查参数相同。

5.图像质量评价及辐射剂量计算

客观评价:在动脉期原始图像上由同一位主管技师利用 PACS 自带测量工具进行各项数据的测量。在主动脉弓层面测量主动脉弓、气管及竖脊肌的 CT 值及标准差(standard deviation,SD)值,以上数据测量面积为 10 mm²,避开骨骼硬化伪影。利用上述测量数据计算其信噪比(signal noise ratio,SNR),用以客观衡量血管及软组织信号,计算公式:SNR=CT 值/SD 值。

主观评价:由 2 位具有 15 年以上胸部影像诊断经验的副主任医师对所有图像采用五分法进行分析评价,意见不一致时通过讨论达成一致意见。评级标准依据气管及支气管边界显示、纵膈淋巴结轮廓、肺纹理和肺实质渗出及占位显示、肌肉脂肪间隙及胸膜肋骨胸壁显示的清晰度,按照清晰(5 分)、良好(4 分)、及格(3 分)、模糊(2 分)、不可辨识(1 分)等五个等级进行评分。及格及以上认为图像可满足诊断需求。并且依照图像质量对诊断信心的影响进行评分,按照完全自信(4 分)、很自信(3 分)、有条件的自信(2 分)及信心不足(1 分)进行评分。

辐射剂量的计算:记录 CT 工作站 DICOM 文件中的 CTDIvol,根据上述公式 1~3 计算 SSDE_{DW}。本

研究辐射剂量仅指胸部增强扫描的辐射剂量,不包括定位像、阈值动态监测及触发扫描所产生的辐射剂量。

6.统计学分析

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。使用 Pearson 相关分析和线性回归分析参考病例 DW 与 CC 的相关性,并生成回归方程。计数资料以频数或百分比表示。正态分布数据以($\bar{x}\pm s$)表示,偏态数据以中位数(四分位间距)[M(Q1,Q3)]表示。正态分布数据若方差齐性采用独立样本 *t* 检验进行组间比较,方差不齐则采用非参数秩和检验(Mann-Whitney *U* test)进行组间比较。使用方差离散度评价 SSDE_{DW}、CTDIvol 分布情况。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1.参考病例胸围与 DW 的相关性

171 例参考病例 CC 与 DW 通过 Pearson 分析,结果显示两者呈较强相关性(*R*²=0.911,*P*<0.001)。DW 与 CC 之间存在线性回归关系,其回归方程为:DW=2.45+0.25×CC。参考病例各亚组其 CTDIvol 的上四分位数分别为:2.22 mGy、2.80 mGy、3.80 mGy、6.33 mGy。

2.图像质量评价

对照组与实验组的主动脉弓、气管及竖脊肌 SNR 组间差异有统计学意义(*t*=4.12、-3.85、4.71,*P*<0.001);两组患儿的图像评分均在 3 分及以上,均满足临床诊断要求,主观评分及信心评分两组间差异均无统计学意义(*Z*=-1.23,*t*=0.02,*P*>0.05,表 1)。

3.辐射剂量评价

对照组和实验组患儿的 CTDIvol 分别为(4.52±0.94) mGy、(2.91±0.50) mGy,差异有统计学意义(*Z*=-7.65,*P*<0.001);SSDE_{DW} 分别为(6.12±0.88) mGy、(3.87±0.52) mGy,差异有统计学意义(*Z*=-8.13,*P*<0.001,表 1)。实验组 CTDIvol、SSD-

表 1 两组图像质量及辐射剂量比较

组别	对照组	实验组	<i>t</i> / <i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
例数	44	52		
客观评价				
主动脉弓 SNR	64.59±12.76	53.84±12.72	4.12 ^a	<0.001
气管 SNR	-94.62±13.13	-84.81±11.83	-3.85 ^a	<0.001
竖脊肌 SNR	7.60±1.43	6.41±1.05	4.71 ^a	<0.001
主观评价				
主观评分	36/6/2/0/0	47/4/1/0/0	-1.23 ^b	>0.05
信心评分	40/3/1/0	48/2/2/0	0.02 ^a	>0.05
辐射剂量				
CTDIvol(mGy)	4.52±0.94	2.91±0.50	-7.65 ^b	<0.001
SSDE _{DW} (mGy)	6.12±0.88	3.87±0.52	-8.13 ^b	<0.001

注:^a:*t* 值;^b:*Z* 值

E_{DW} 较对照组分别降低 35.62% (1.61/4.52)、36.76% (2.25/6.12)。对照组 CTDIvol、SSDE_{DW} 的方差离散度分别为 20.80% (0.94/4.52)、14.34% (0.88/6.12)；实验组 CTDIvol、SSDE_{DW} 的方差离散度分别为 17.18% (0.50/2.91)、13.44% (0.52/3.87)。

讨 论

近年来常使用低的管电压、管电流,大螺距及先进重建算法等方式降低受检者的辐射剂量^[4-6]。对于管电流的使用多采取管电流自动曝光控制技术,其原理根据定位像所确定的患者体型及检查部位对 X 线的衰减程度自动计算给出合适的管电流,在高衰减部位如肩关节、骨盆等处增加辐射剂量,在低衰减部位如胸部、中腹部减小辐射剂量,因此可以有效降低受检者辐射剂量^[7]。但也有其弊端,在扫描之前必须设置合理的参考管电流,其设置通常会依据患儿的年龄。在实际工作中对于参考管电流的设置往往会由于图像质量控制的原因而设置过大,加之同一年龄段的患儿其体型差异较大,就会导致患儿接受不合理的辐射剂量,本研究对每一例患儿采用个性化的管电流以使其辐射剂量合理化。婴幼儿体型较小,且胸部含气较多,低管电压能够满足大多数幼儿胸部检查^[8],且低管电压更加接近碘的 k 边缘值,可增加碘对比剂的光电效应,提高含碘血管及组织的对比度^[9]。因此,采取低管电压检查用以降低辐射剂量的方式在幼儿胸部 CT 检查中较成人更有优势。但对于管电流而言,匹配患儿体型的固定管电流应用于降低辐射剂量的报道鲜见。

对于辐射剂量的衡量常用 CTDIvol 和 SSDE 两种方式。CTDIvol 是 CT 设备在标准体模下的输出剂量,与受检部位的体型无关^[10]。胸部 CT 检查采用 32 cm 体模来模拟计算其辐射剂量,儿童特别是婴幼儿患者体型与体模差异较大,因此导致使用 CTDI 衡量其辐射剂量与实际辐射相差较大。美国医学物理学家协会 (american association of physicists in medicine, AAPM) 在 204 及 220 号文件中提出了基于有效直径 (effect diameter, DE) 及水当量直径 (DW) 的体型特异性剂量评估值 (size-specific dose estimate, SSDE), 目前被认为是衡量辐射最准确的指标^[11-12]。余佩琳等^[13]的研究结果显示,CTDIvol 较 SSDE_{DW} 低估其辐射剂量,其低估程度随着年龄的降低而增加。郑丽丽等^[14]的研究结果显示,基于 DW 的 SSDE 较基于 DE 的 SSDE 更能准确反映儿童患者的辐射剂量,特别是儿童胸部 CT 检查中。基于 DW 的 SSDE 将受检部位体型及组织成分纳入其中,有效提高了辐射剂量评估的准确性。本研究结果也表明,相同检查条件下 CTDIvol 衡量其辐射剂量较 SSDE_{DW} 低估,使用 SSDE_{DW}

更能精确衡量辐射剂量。但 SSDE_{DW} 的精确测量需要受检者定位像或轴位图像,根据其定位像计算 SSD- E_{DW} 过程繁琐,耗时较长,在实际工作中不可实现,而轴位图像则扫描前不可获取,因此需要简单易行的指标来计算其 SSDE_{DW}。近年来有研究表明,一系列身体指标与 DW 相关^[15]。本研究结果显示,患儿胸围与 DW 相关性较强 ($R^2 = 0.911, P < 0.001$),可用胸围作为 DW 的替代指标来预计算患儿的 SSDE_{DW}。

在根据参考病例建立的 DW 与胸围回归方程指导下,设计了对照组与实验组两种不同方式设置管电流方案。由于根据胸围计算而来的 fDW 大于 1,因而实验组管电流设置小于对照组,实验组图像的 SNR 较对照组有所降低,使得两组图像间 SNR 差异有统计学意义 ($P < 0.001$),但在主观评价及诊断信心方面两组图像间差异并无统计学意义 ($P > 0.05$),尽管图像质量有所下降,但仍然能够满足临床诊断要求。影像的诊断结果是由诊断医师对图像的主观意识判断,在满足诊断要求的前提下尽可能降低辐射剂量至关重要。低管电流会增加组织的噪声,本研究采用的 iDose4 算法可有效弥补其不足。iDose4 是双空间多模型迭代重建技术,在投影空间和图像空间进行基于噪声模型及解剖模型的迭代重建算法,其中噪声模型用来提高图像质量,这一算法可有效消除低光子伪影,提高重建图像的密度分辨率及空间分辨率,降低图像噪声,因此可以弥补低管电流对图像噪声增加的不利影响^[16]。本研究结果显示,实验组的 CTDIvol、SSDE_{DW} 较对照组分别降低 35.62% (1.61/4.52)、36.76% (2.25/6.12),且实验组的 CTDIvol、SSDE_{DW} 方差离散度较对照组小,说明个体剂量间波动较对照组小,其辐射剂量离散度更为集中,有利于辐射剂量的个体控制。本研究中实验组的 CTDIvol 平均值为 2.91 mGy,低于欧盟委员会发布的《欧洲儿童成像诊断参考水平》一文中的儿童胸部诊断辐射剂量水平,说明通过扫描前预计算患儿的 SSDE_{DW} 设定管电流以降低患儿的辐射剂量具有可行性。

本研究存在以下局限性:①参考病例患儿胸围的测量在轴位图像上采取手动测量的方法,可能与实际胸围有一定误差,回归方程需要进一步的验证,但实验结果证实这一回归方程具有可行性;②仅管电流采用个性化设置,没有对管电压根据患儿体型进行最优化设置,今后可结合两者行进一步研究;③本研究是以胸围分组为整体研究对象,分组内胸围范围过大。虽然整体分组的患儿辐射剂量大幅度下降,但对于分组内胸围较小患儿其辐射剂量有可能会上升,故需要对胸围分组范围进一步减小,今后可对其进一步细化研究。

综上所述,本研究所有图像均能满足临床诊断要

求,通过扫描前测量患儿胸围作为 DW 的替代指标,扫描前预计算患儿的 SSDE_{DW}并以此设置管电流在儿童胸部增强 CT 检查中是可行的,根据患儿体型大小精准控制,可整体降低患儿的辐射剂量。个性化设置管电流有利于优化患儿的辐射剂量,符合当前“ALARA”原则及 CT 辐射剂量诊断参考水平的制定,简单易行,值得临床推广应用。

参考文献:

- [1] 范丽娟,徐东生,张计旺,等.宽体探测器低剂量 CT 在婴幼儿先天性心脏病中的应用价值[J].中华实用儿科临床杂志,2018,33(13):1004-1007.
- [2] 李润根,时超刚,赵静,等.欧洲儿童 CT 成像的诊断参考水平[J].中华放射医学与防护杂志,2020,40(4):326-332.
- [3] American Association of Physicists in Medicine.Report of AAPM TG 220;Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-specific Dose Estimates (SSDE) in CT[R]. USA: AAPM,2014,1-23.
- [4] 李翔,王翔,杨欣,等.自动管电流技术联合人工智能在 COVID-19 肺部低剂量 CT 中的应用价值[J].放射学实践,2020,35(9):1082-1086.
- [5] 左秀娟,贺太平,张开元,等.新一代基于模型的迭代算法在胸部低剂量 CT 筛查中的应用[J].放射学实践,2018,33(10):1182-1186.
- [6] 张永县,牛延涛,张丽丽,等.胸部 CT 探测器宽度、螺距联合器官剂量调制技术对辐射剂量和影像质量影响的模体研究[J].中华放射医学与防护杂志,2019,53(6):464-469.
- [7] 边传振,张见,王颖,等.双上肢垫高体位在儿童气道异物 CT 检查的应用[J].中华放射医学与防护杂志,2019,39(10):795-800.

- [8] 卢道延,金刚,朱应礼,等.小儿支气管异物低剂量 CT 扫描条件及图像质量分析[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2016,15(6):60-62.
- [9] 吕蓉,陈晨,胡维娟,等.CT 值与管电流、管电压的关系以及图像噪声与辐射剂量的相关性研究[J].实用放射学杂志,2020,36(1):123-127.
- [10] 张晓东,郭小超,王霄英.体型特异性剂量估计的最新概念及临床应用[J].中国医学影像技术杂志,2016,32(12):1822-1826.
- [11] Li B,Behrman RH.Comment on the "report of AAPM TG 204: size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations" [report of AAPM TG 204,2011][J]. Med Phys,2012,39(7):4613-4614.
- [12] Kim SH,Choi YH,Cho HH,et al.Comparison of image quality and radiation dose between high-pitch mode and low-pitch mode spiral chest CT in small uncooperative children;the effect of respiratory rate[J].Eur Radiol,2016,26(4):1149-1158.
- [13] 余佩琳,范文亮,雷子乔,等.不同年龄段儿童与成人肺部 CT 扫描体型特异性剂量估计[J].中华放射医学与防护杂志,2019,39(11):26-30.
- [14] 郑丽丽,廖甜,彭伟,等.儿童 CT 检查中不同体型特异性辐射剂量估计的初步对比分析[J].放射学实践,2019,34(8):916-919.
- [15] Boos J,Lanzman RS,Heusch P,et al.Dose body mass index outperform body weight as a surrogate parameter in the calculation of size-specific dose estimates in adult body CT? [J].Br J Radiol,2016,89(1059):20150734.
- [16] 边传振,张见,王颖,等.DoseRight 技术条件下颈椎前凸位在学龄前儿童颈部 CT 检查的应用[J].中华放射医学与防护杂志,2020,40(3):74-79.

(收稿日期:2021-11-23 修回日期:2022-02-16)