

自适应统计迭代重建在儿童颞骨低剂量 CT 扫描中的应用研究

何斌 郭滢 杨瑞静 刘红明 王鹏程

450003 郑州 河南省人民医院 河南省神经疾病影像诊断与研究省级重点实验室(何斌、郭滢、杨瑞静、刘红明); 271016 泰安 泰山医学院(王鹏程)

通信作者:王鹏程, Email: wpc163@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.07.014

【摘要】 目的 对比宝石高分辨 CT 及 64 排容积 CT 扫描的辐射剂量, 评价自适应统计迭代重建技术(ASiR)对儿童颞骨低剂量扫描的价值。方法 将 60 例因先天性耳聋的患儿按照性别、年龄及就诊顺序分为 A 组和 B 组, 每组 30 例。A 组采用 Discovery HD CT 750 行低剂量颞骨 CT 扫描, 预设噪声指数(NI)为 12, 使用自适应流计迭代重建(ASiR)对原始图像进行后处理重建, ASiR 权重值设为 40%。B 组采用 Lightspeed VCT 64 进行扫描, NI 为 8, 使用滤波反向投影(FBP)对图像进行重建。分别记录各组 CT 扫描的最大电流、最小电流及容积 CT 剂量指数($CTDI_{vol}$), 测量并记录有效剂量及临近颞骨密度相对较均匀的脑组织客观噪声, 同时评价和记录图像的主观图像质量。使用 SPSS 18.0 统计软件对各组数据进行统计学分析。结果 A 组的平均管电流和 $CTDI_{vol}$ 值分别为 (110.40 ± 21.72) mA 和 (26.43 ± 3.48) mGy, B 组分别为 (168.56 ± 24.36) mA 和 (39.66 ± 4.17) mGy, 两组比较差异有统计学意义($t = -9.76, -13.31, P < 0.05$)。两组患儿临近颞骨密度相对较均匀的脑组织 NI 分别为: A 组 (33.13 ± 2.68) 、B 组 (33.79 ± 2.93) , 两组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。A、B 两组图像主观评分分别为 (4.06 ± 0.03) 和 (4.05 ± 0.03) ; 两组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 在获得同样质量图像的前提下, 与 GE Lightspeed VCT 64 的 FBP 方法相比, GE Discovery HD CT 750 采用 40% ASiR 方法并提高 4 个单位 NI 值的扫描方案可有效减低儿童颞骨 CT 扫描的辐射剂量。

【关键词】 儿童; 颞骨; 辐射剂量; 评价研究

Application of adaptive statistical iterative reconstruction in low dose temporal bone CT scan of children He Bin, Guo Ying, Yang Ruijing, Liu Hongming, Wang Pengcheng

Key Laboratory of Medical Imaging of Neurological Disease of Henan Province, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450003, China (He B, Guo Y, Yang RJ, Liu HM); Tai'an Taishan Medical University, Tai'an 271016, China (Wang PC)

【Abstract】 **Objective** To evaluate clinical use of adaptive statistical iterative reconstruction (ASiR) method in low-dose scan on children temporal bone by comparison of radiation dose delivered by GE Discover HD CT 750 scan and GE Lightspeed VCT64 scan. **Method** Sixty patients with congenital deafness were divided into two groups according to gender, age (each $N = 30$). Group A received low-dose CT scan on temporal bone by GE Discovery HDCT 750 (preset NI = 12), and the original images were reconstructed with ASiR (weighted value = 40%). Group B received CT scan by GE Lightspeed VCT 64 (preset NI = 8), and the original images were reconstructed with filter back projection (FBP). Data were collected and analysed using the SPSS 18.0 software. **Results** The mean value of electric current of average tube and $CTDI_{vol}$ were significantly different between group A and B [(110.40 ± 21.72) mA vs. (168.56 ± 24.36) mA, and (26.43 ± 3.48) mGy vs. (39.66 ± 4.17) mGy, respectively ($t = -9.76, -3.31, P < 0.05$)]. The noise index was (33.13 ± 2.68) in group A and (33.79 ± 2.93) in group B respectively, and the results had no statistical significance ($P > 0.05$). Subjective scores of the images were (4.06 ± 0.03) and (4.05 ± 0.03) , with no statistical significance either ($P > 0.05$). **Conclusions** On a condition of achieving same image quality, CT scan program using GE Discovery HD CT 750 with 40% ASiR reconstruction and 4 units NI value enhancement could effectively reduce radiation dose on children's temporal bone compared to FBP method using GE Lightspeed VCT 64.

【Key words】 Children; Temporal bone; Radiation dose; Evaluation research

儿童颞骨 CT 扫描成像是诊断儿童颞骨病变及电子耳蜗术前的常规检查^[1-2], 资料表明, 儿童颞骨的 CT 常规扫描其所接受的辐射剂量水平平均为 2 mSv 左右, 由于儿童正处于生长发育阶段, 过多的辐射剂量会影响儿童某些器官的生长发育。因此, 如何降低儿童颞骨 CT 扫描剂量成为当前研究的热点。近年来, CT 成像技术取得诸多突破性进展, 宝石能谱 CT 成像技术作为一种新型扫描技术, 采用自适应统计迭代重建方法, 能够在不降低被检者图像质量的前提下, 降低被检者照射剂量的潜能, 具有较大的临床价值。因此, 本研究目的主要在于探讨其他扫描条件相同的情况下, 对比宝石能谱高分辨 CT (美国 GE 公司, Discovery HD CT750) 和 64 排容积 CT (美国 GE 公司, Lightspeed VCT64) 两种不同仪器对儿童颞骨扫描的不同剂量, 评价宝石能谱高分辨 CT 的自适应统计迭代重建 (adaptive statistical iterative reconstruction, ASiR) 方法对儿童颞骨低剂量扫描的可行性及潜在的临床应用价值。

材料与方 法

1. 研究对象: 选取河南省人民医院 2015 年 9 月至 2016 年 1 月期间因先天性耳聋及其他原因而接受影像中心 CT 扫描的患儿 60 例, 依据其年龄和就诊顺序分为宝石高分辨能谱 CT 扫描仪组 (A 组)、64 排容积 CT (B 组)。两种 CT 扫描仪均为美国 GE 公司生产。A 组患儿 30 例, 其中, 男 18 例, 女 12 例, 年龄 2 ~ 14 岁, 平均年龄为 5 岁; B 组 30 例, 男 17 例, 女 13 例, 年龄 2 ~ 14 岁, 平均年龄为 6 岁。两组患儿的年龄及性别比例差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。入组患儿的家长均已告知并签署了知情同意书, 且该项研究已获得本院伦理委员会批准。

2. 各组扫描条件: A 组电压为 100 kV, z 轴为自动管电流, 设置范围为 20 ~ 350 mA, 扫描层厚 0.625 mm, 螺距 0.516, 旋转时间 0.6 s, 头视野 (SFOV head), 准直器宽度 64 × 0.625 cm, 预设噪声指数 (noise index, NI) 为 12, 使用 ASiR 方法对图像进行后重建, ASiR 权重值设为 40%。扫描范围乳突尖至鼓室盖上缘。B 组电压、管电流、扫描层厚、螺距、旋转时间及准直器宽度均与 A 组对应参数相同, 不同的是该组扫描 NI 为 8, 使用滤波反向投影 (filtered back projection, FBP) 方法对原始图像进行后重建。扫描范围同 A 组, 所得原始图像均经主机

后台进行层厚 0.625 mm, 间隔 0.625 mm 横断面重建。

3. 图像分析: 记录各组 CT 扫描序列中的最大和最小电流及容积 CT 剂量指数 (CT dose index-volume, CTDI_{vol})。客观评价方法选取噪声作为评估图像质量的客观指标。噪声的测量方法为将感兴趣区 (ROI) 置于临近颞骨密度相对较均匀的脑组织区域, 每个 ROI 面积大约为 3 mm², 每组参数组合图像选取 3 次 ROI, 测量出其 CT 值及标准差 (SD), 其 SD 作为图像的客观噪声。图像的主观评分由 2 名放射科副主任医师在图像归档和信息系 (PACS) 上采取双盲法独立阅片及评分, 阅片时使用相同的窗宽 (3 500 ~ 4 000 HU)、窗位 (550 ~ 650 HU)。依据图像解剖结构显示情况及清晰程度将所得图像分为 1 ~ 5 分^[3]。1 分为噪声极为严重, 解剖结构不清, 图像极差, 无法用于临床诊断; 2 分为噪声较重, 解剖结构不清, 图像较差, 无法用于临床诊断; 3 分为噪声略大, 解剖结构一般, 图像一般, 基本达到临床诊断的标准; 4 分为噪声较小, 解剖结构比较清晰, 图像对比度、锐度略差, 达到临床诊断的标准; 5 分为噪声小, 细微解剖结构清晰, 对比鲜明, 达到临床诊断的标准。

4. 辐射剂量计算: 完成检查后记录受检者剂量容积指数 (CTDI_{vol}) 及扫描长度 (L), 并根据公式计算剂量长度乘积 (DLP) 及有效剂量 (E)。

$$DLP (\text{mGy} \cdot \text{cm}) = \text{CTDI}_{\text{vol}} (\text{mGy}) \times L (\text{cm}) \quad (1)$$

$$E (\text{mSv}) = DLP (\text{mGy} \cdot \text{cm}) \times k \quad (2)$$

其中, 转换系数 $k = 0.0023 \text{ mSv} \cdot \text{mGy} \cdot \text{cm}^{-1}$ (欧洲 CT 质量标准指南)^[4]

5. 统计学处理: 数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 SPSS 18.0 软件进行数据分析, 分别对各组患儿的平均电流、CTDI_{vol} 进行独立样本 *t* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组患儿扫描的管电流和 CTDI_{vol}: A 组管电流范围 85 ~ 200 mA, B 组管电流范围 100 ~ 220 mA, 两组比较差异有统计学意义 ($t = -9.76$, $P < 0.05$)。A 组 CTDI_{vol} 为 20.35 ~ 36.15 mGy; B 组为 25.58 ~ 46.75 mGy, ; 两组间差异有统计学意义 ($t = -13.31$, $P < 0.05$)。A 组平均管电流、CTDI_{vol}

表 1 宝石 CT 和 VCT64 排扫描分别在 ASiR 和 FBP 重建方法下各个结果的比较($\bar{x} \pm s$)Table 1 Results using ASiR and FBP reconstruction method($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	管电压(kV)	管电流(mA)	CTDI _{vol} (mGy)	图像噪声(HU)	主观评分
A 组	30	100	110.40 ± 21.72	26.43 ± 3.48	33.13 ± 2.68	4.06 ± 0.03
B 组	30	100	168.56 ± 24.36	39.66 ± 4.17	33.79 ± 2.93	4.05 ± 0.03
<i>t</i> 值			-9.76	-13.31	-0.91	1.23
<i>P</i> 值			<0.05	<0.05	>0.05	>0.05

注: A 组. 宝石高分辨能谱 CT 扫描; B 组. 64 排容积 CT 扫描; ASiR. 自适应统计迭代重建; FBP. 滤波反向投影

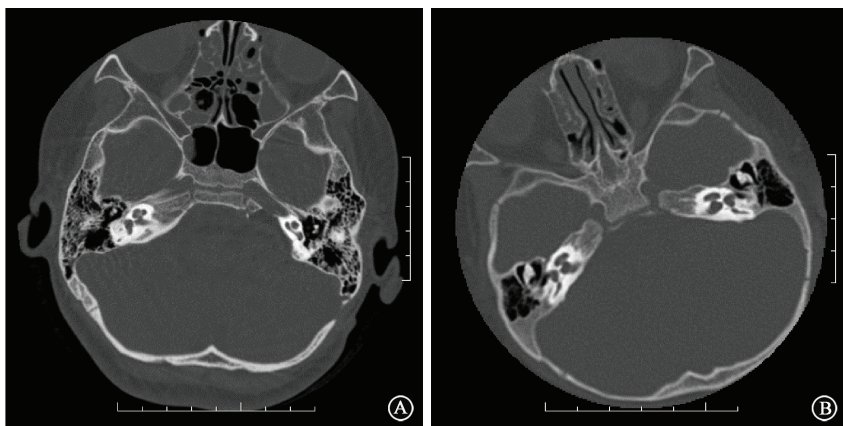


图 1 两组图像的主观评分 A. 宝石 CT; B. VCT 64

Figure 1 Subjective rating of the image A. gemstone CT; B. VCT 64

较 B 组均降低了 34% 左右,见表 1。

2. 两组患儿图像噪声及主观评分: 临近颞骨密度相对较均匀的脑组织噪声(图 1,表 1)。A 组噪声均值为 33.13 ± 2.68 , B 组均值为 33.79 ± 2.93 , 两组比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。A 组主观评分均值为 4.06 ± 0.03 ; B 组主观评分均值为 4.05 ± 0.03 ; 两组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。

讨 论

迭代重建方法是目前 CT 应用领域的研究重点之一,近期的许多研究表明,迭代重建方法在 CT 的临床应用中能够有效降低扫描辐射剂量。据相关报道,接受相同的剂量,儿童对射线的敏感性是成年人的 10 倍有余,每毫安秒的辐射剂量比成人高 1.6 ~ 1.7 倍,过多的辐射剂量可增加放射性白内障、眼晶状体透明度下降、眼眶肿瘤,唾液腺肿瘤以及诱发甲状腺肿瘤的发生^[5-6]。因此,儿童的年龄越小危害性越大,且患癌的风险成正相关性。随着常规 CT 扫描的增加,总体受检人群受到的辐射剂量水平也随之增加,尤其是先天性耳畸形的儿童患者。所以,在不影响诊断的前提下合理降低颞骨 CT 扫描辐射剂量尤为重要。在一定范围内 CT 辐射剂量与图像质量呈正相关,而前两者与图

像噪声具有一定的负相关性。因此,本研究根据目标噪声值实时调节管电流的方案,在增加图像噪声及图像质量的前提下,合理降低管电流及患者所受辐射剂量。

本研究中采用两种扫描仪对儿童颞骨进行低剂量扫描,其中一组使用 ASiR 方法对图像进行后重建,ASiR 权重值设为 40%。ASiR 算法与以往的 FBP 技术不同,它通过建立噪声模型,能够运用有效的统计迭代方法及相关代数算法有选择性地识别并去除图像的噪声,使图像更加清晰,从而能够在辐射剂量显著减少的情况下,得到较好的图像^[7],使该方法成为减少扫描辐射的研究热点。ASiR 值的高低代表重建算法中 ASiR 的权重,可以在 0 ~ 100% (间隔 10%) 的范围内自由选择。重复研究显示,随着 ASiR 权重增加,图像噪声水平不断下降^[8]; ASiR 权重设置在 40% ~ 60% 时图像质量最高。李磊等^[9]的结肠息肉模型低剂量研究显示,使用 50% 的 ASiR 重建图像,对 5 mm 以上息肉检出率可达到 100%。从扫描方法中可以看出 HDCT 750 扫描时的 NI 值比 VCT 64 扫描仪提高了 4 个单位(即为 12,8),重建方法为 ASiR(权重值设为 40%),余扫描参数相同,从结果分析可以看出采用 HDCT 750 扫描能够在不影响图像质量的前提下,有效地

降低扫描辐射剂量,本研究中 $CTDI_{vol}$ 下降达 34.25%。因此,本研究结果证明与 VCT 64 的 FBP 的重建方法相比,在不影响图像质量及临床诊断的情况下,宝石能谱 CT 的 ASiR 重建方法能够合理、有效地降低儿童颞骨的 CT 扫描辐射剂量,具有潜在的临床应用价值。本研究只对不同管电流对辐射剂量的影响进行了初步研究,不同管电压对辐射剂量的影响,有待进一步研究。

利益冲突 本人与本人家属及其他研究者未因进行该研究而接受任何不正当的职务或财务利益,在此对研究的独立性和科学性予以保证

作者贡献声明 何斌设计研究方案,收集数据并起草论文;郭滢提供实验技术指导,杨瑞静、刘红明进行实验;王鹏程负责论文修改及总体思路指导

参 考 文 献

- [1] Khursheed A, Hillier MC, Shrimpton PC, et al. Influence of patient age on normalized effective doses calculated for CT examinations [J]. Br J Radiol, 2002, 75 (898): 819-830. DOI: 10.1259/bjr.75.898.750819.
 - [2] Robson CD. Congenital hearing impairment [J]. Pediatr Radiol, 2006, 36(4):309,324. DOI:10.1007/s00247-005-0042-9.
 - [3] Schonfeld SJ, Lee C, de González AB. Medical exposure to radiation and thyroid cancer[J]. Clin Oncol, 2011, 23(4):244-250. DOI: 10.1016/j.clon.2011.01.159.
 - [4] 杨智云,李树荣,郑少燕,等.颞骨 64 排螺旋 CT 扫描剂量实验研究[J].临床放射学杂志,2009,28(8):1150-1153. DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2009.08.053.
- Yang ZY, Li SR, Zheng SY, et al. A preliminary study of radiation dose of 64-row spiral CT in temporal bone [J]. J Clin Radiol, 2009, 28 (8): 1150-1153. DOI: 10.13437/j.cnki.

jcr.2009.08.053.

- [5] Brenner D, Elliston C, Hall E, et al. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT [J]. AJR Am J Roentgenol, 2001, 176(2):289-296. DOI: 10.2214/AJR.176.2.1760289.
- [6] 刘贯清,李晓.低剂量扫描对先天性耳聋诊断的临床应用[J].江西医药,2013,(2):185-186. DOI:10.3969/j.issn.1006-2238.2013.02.041.

Liu GQ, Li X. The clinical application of low-dose scan in diagnosis of congenital deafness [J]. Jiangxi Med J, 2013, (2): 185-186. DOI:10.3969/j.issn.1006-2238.2013.02.041.

- [7] Hara AK, Paden RG, Silva AC, et al. Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT: feasibility study [J]. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193(3):764-771. DOI: 10.2214/AJR.09.2397.
- [8] 杨尚文,何健,杨献峰,等. ASiR 算法结合自动管电流调制技术在胸部低剂量 CT 中的应用研究[J].医学影像学杂志,2012,22(1):58-61. DOI:10.3969/j.issn.1006-9011.2012.01.020.

Yang SW, He J, Yang XF, et al. Studies on the application of adaptive statistical iterative reconstruction algorithm combined with automatic tube current modulation in chest low dose CT [J]. J Med Imaging, 2012, 22(1):58-61. DOI:10.3969/j.issn.1006-9011.2012.01.020.

- [9] 李磊,于晓坤,李又洁.迭代统计重建在 CT 结肠成像中降低辐射剂量有效性的体模研究[J].影像诊断与介入放射学,2014,23(3):195-199. DOI:10.3969/j.issn.1005-8001.2014.03.001.

Li L, Yu XK, Li YJ, et al. Efficacy of ASiR for reducing radiation dose in CT colonography: a phantom study [J]. Diagn Imaging Interv Radiol, 2014, 23(3):195-199. DOI:10.3969/j.issn.1005-8001.2014.03.001.

(收稿日期:2016-02-04)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

作者投稿时语言文字上应注意的几个问题

(1) 临床研究类论文的资料和方法段缺少研究年代和资料来源的描述,分组交代不清等;结果部分仅有相对数(%),而缺少绝对值。实验研究类论文的材料和方法段缺少对动物来源、饲养条件及健康状况等方面的描述。

(2) 时间范围的表达不符合规范,如×年至×年,中间仍用“~”。

(3) “报道”误用为“报导”。

(4) “黏”与“粘”使用不当,如“粘稠”应为“黏稠”,“粘痰”应为“黏痰”。

(5) 医学名词使用不规范,如“梗死”误用为“梗塞”,“淤血”误用为“瘀血”等。

(6) 文内多处出现“/”或“vs”,其含意不清。

(7) 使用非公认缩略语的杂志,文题中不恰当使用非公认缩略语。

(8) 药物名称错用商品名,未使用我国的通用药品名称。

(9) 药品或器械仅写出其生产和销售公司名称,而未注明国家。

(10) 正文内,西文人名和缩略语不能移行排。

(本刊编辑部)