

基于原始数据的迭代重建技术在鼻部外伤 CT 扫描中的应用

曾宪春¹, 杨艳¹, 韩丹^{2△}, 王谦¹, 康绍磊²

(1. 贵州省人民医院放射科, 贵阳 550002; 2. 昆明医科大学第一附属医院医学影像科, 昆明 650032)

[摘要] **目的** 探讨基于原始数据的迭代重建(SAFIRE)技术在鼻部外伤性病变中的应用价值。**方法** 鼻部外伤 67 例行 CT 平扫, 分别用 FBP 和 SAFIRE(强度 1~5 级)重建, 对 6 种重建图像平均 CT 值、噪声、信号噪声比(SNR)、对比噪声比(CNR)、主观评分及病变检出情况对比分析。**结果** 与 FBP 重建相比, SAFIRE(1~5 级)重建后, 噪声分别降低 20.4%、31.4%、39.7%、46.5%、57.2%; SNR 分别提高 33.3%、54.7%、75.4%、87.4%、101.4%; CNR 分别提高 23.0%、36.4%、57.7%、87.4%、106.5%, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。图像主观评分 SAFIRE-1 和 SAFIRE-5 图像评分低于 FBP, SAFIRE2-4 高于 FBP 重建, SAFIRE-3 评分最高, 但 6 种重建图像的病变检出率一致。**结论** CT 平扫结合 SAFIRE 重建技术在外伤性鼻部扫描中能有效降低图像噪声及提高图像质量, 具有潜在降低扫描剂量的作用。

[关键词] 鼻; 外伤; 体层摄影术, X 线计算机; 迭代重建; 滤波反投影重建

[中图分类号] R765.8

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2015)28-3956-03

Application of reconstruction technique in the CT scan of nasal traumas

Zeng Xianchun¹, Yang Yan¹, Han Dan^{2△}, Wang Qian¹, Kang Shaolei²

(1. Department of Radiology, Guizhou Provincial People's Hospital, Guiyang, Guizhou 550002, China; 2. Department of Medical Imaging, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan 650032, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the value of the SAFIRE reconstruction technique for the nasal traumatic lesions. **Methods** Sixty-seven patients with nasal traumas were scanned by the orbital scan and were reconstructed with FBP and SAFIRE (strength grade 1 to 5) respectively. Then a comparative analysis for six kinds of reconstructed images were conducted on the average CT value, noise, signal to noise ratio (SNR), contrast to noise ratio (CNR), subjective scoring and lesion detection. **Results** Compared with reconstruction by FBP, SAFIRE (strength grade 1 to 5) reconstruction, for the noise, decreased to 20.4%, 31.4%, 39.7%, 46.5% and 57.2% respectively; For the SNR, increased to 33.3%, 54.7%, 75.4%, 87.4% and 101.4% respectively; For the CNR, it also increased to 23.0%, 36.4%, 57.7%, 87.4% and 106.5% respectively; The difference was statistically significant ($P < 0.05$). For the images of SAFIRE-1 and SAFIRE-5, the image subjective scoring was lower than that by FBP; for the images of SAFIRE-2 and SAFIRE-4, the image subjective scoring was higher than that by FBP; and SAFIRE-3 had the highest score. But for the rate of lesion detection, all the images were the same. **Conclusion** CT scan combined SAFIRE reconstruction technique can decrease effectively the noise and increase the image quality in the traumatic nasal scan, as well as has a potential effect to decrease the scan dose.

[Key words] nose; trauma; tomography, X-ray computed; sinogram affirmed iterative reconstruction; filtered back-projection

鼻部外伤为颌面部的常见外伤急症^[1]。CT 检查是鼻部外伤性病变诊断的主要方法之一。但鼻部扫描不能避开对射线敏感的眼球, 尤其是晶状体, 过量照射可致白内障^[2]。因而鼻部的 CT 低剂量扫描同眼眶 CT 低剂量扫描一样受到国内外学者普遍关注。本文旨在通过比较鼻部外伤患者 CT 平扫后行基于原始数据的迭代重建(sinogram affirmed iterative reconstruction, SAFIRE)与传统滤波反投影技术(filtered Back-projection, FBP)重建图像质量, 探讨 SAFIRE 技术在鼻部外伤 CT 检查中的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 年 5 月至 2014 年 7 月因鼻部外伤行 CT 检查患者 67 例, 男 41 例, 女 26 例, 年龄范围 1~73 岁, 平均(26.27±16.42)岁。

1.2 扫描及重建方式 采用 Siemens Somatom Definition Flash CT(西门子, 德国), 应用 Sinus 扫描模式。扫描参数: 管电压 120 kV, 管电流 180 mAs, 球管旋转时间 0.5 s, 准直 128.0 mm×0.6 mm, 螺距 0.8, 层厚及间距均为 5 mm。软组织窗 300、50 HU; 骨窗 1 400、450 HU。扫描范围从额骨鼻突至鼻尖。重建技术(方式)包括 FBP 重建和 SAFIRE 重建, 其

中 SAFIRE 重建选择 1~5 种强度。

1.3 评价指标及方法

1.3.1 客观评价 平均 CT 值及噪声: 选择上颌骨额突正中层皮下脂肪、双侧翼内肌及背景空气为感兴趣区(ROI), 范围为 1.0 cm², 测 3 次后, 取其平均 CT 值; 噪声为平均 CT 值的标准差(SD), 自动生成。信号噪声比(SNR) = $\frac{CT_{\text{平均值}}}{SD}$ 。对比噪声比(CNR) = $\frac{CT_{\text{翼内肌}} - CT_{\text{脂肪}}}{SD_{\text{空气标准差}}}$, 其中 $CT_{\text{翼内肌}} = \frac{CT_{\text{左侧翼内肌}} + CT_{\text{右侧翼内肌}}}{2}$ ^[3]。

1.3.2 主观评价 图像质量评分: 由两名高年资主治医师及两名研究生分别在隐藏扫描参数和患者信息后双盲法评判分析, 取平均值。评估内容包括骨窗: 图像伪影、鼻骨边缘、骨折线及折端的清晰度; 软组织窗: 图像伪影、鼻甲及鼻黏膜显示的清晰度。标准判断如下^[4], 1 分: 解剖结构及病灶模糊, 伪影多, 不能诊断; 2 分: 解剖结构及病灶显示不清楚, 细节不足以被发现; 3 分: 大部分解剖结构及病灶可以满足诊断, 但少数图像不能进行评价, 轻度伪影; 4 分: 显示结构、细节及病灶较清楚, 能够评价, 但不是特别好; 5 分: 显示细节及病灶清晰, 能够简单明了地评价, 无伪影。5 分图像质量最好, 其余图像质量依次降低。图像质量评分达 3 分以上能满足诊断要求, 即不影

响病灶的观察。

1.4 图像的诊断效能评价 指对病变的检出率。本组资料包括：鼻骨骨折、鼻中隔骨折、筛板骨折、上颌窦壁骨折、视神经管骨折、鼻周异物、上颌窦及筛窦积液、鼻部软组织肿胀及积气等。

1.5 辐射剂量 包括容积 CT 剂量指数 (CTDI_{vol})、剂量长度乘积 (DLP)、有效剂量 (effective dose, ED)。其中 ED = DLP × K, 单位为 mSv, K 为换算因子, 采用欧洲 CT 质量标准指南头颅平均值 0.0021^[5]。

1.6 统计学处理 采用 SPSS17.0 统计软件, 计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用多样本均数的方差分析, 当差异有统计学意义后, 再行 *q* 检验 (SNK 检验) 进行组间两两比较。计数资料用频数表示, 采用多个样本资料的秩和检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同重建方式平均 CT 值的比较 6 组重建图像所测定翼内肌、皮下脂肪及背景空气 CT 值比较, 采用多样本均数的方差分析, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 1。

表 1 不同重建方法的图像平均 CT 值比较 ($\bar{x} \pm s$, HU)

重建方法	翼内肌(平均值)	皮下脂肪	背景(空气)
FBP	38.21 ± 0.44	-97.84 ± 4.83	-1 001.62 ± 9.24
SAFIRE-1	37.70 ± 0.48	-98.16 ± 7.14	-1 003.32 ± 8.25
SAFIRE-2	37.90 ± 0.41	-98.03 ± 5.17	-1 000.83 ± 8.57
SAFIRE-3	38.43 ± 0.51	-97.68 ± 9.21	-1 001.06 ± 8.71
SAFIRE-4	38.30 ± 0.42	-98.45 ± 6.48	-1 002.20 ± 9.33
SAFIRE-5	38.10 ± 0.40	-98.11 ± 7.06	-1 001.15 ± 7.89
<i>F</i>	3.42	3.23	3.11
<i>P</i>	>0.05	>0.05	>0.05

2.2 不同重建方式 SD、SNR、CNR 的比较 6 组重建图像所测 SD、SNR、CNR 比较, 采用多样本均数的方差分析。SD 比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。进一步两两比较, 采用 *q* 检验 (SNK 检验) 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 组间噪声存在

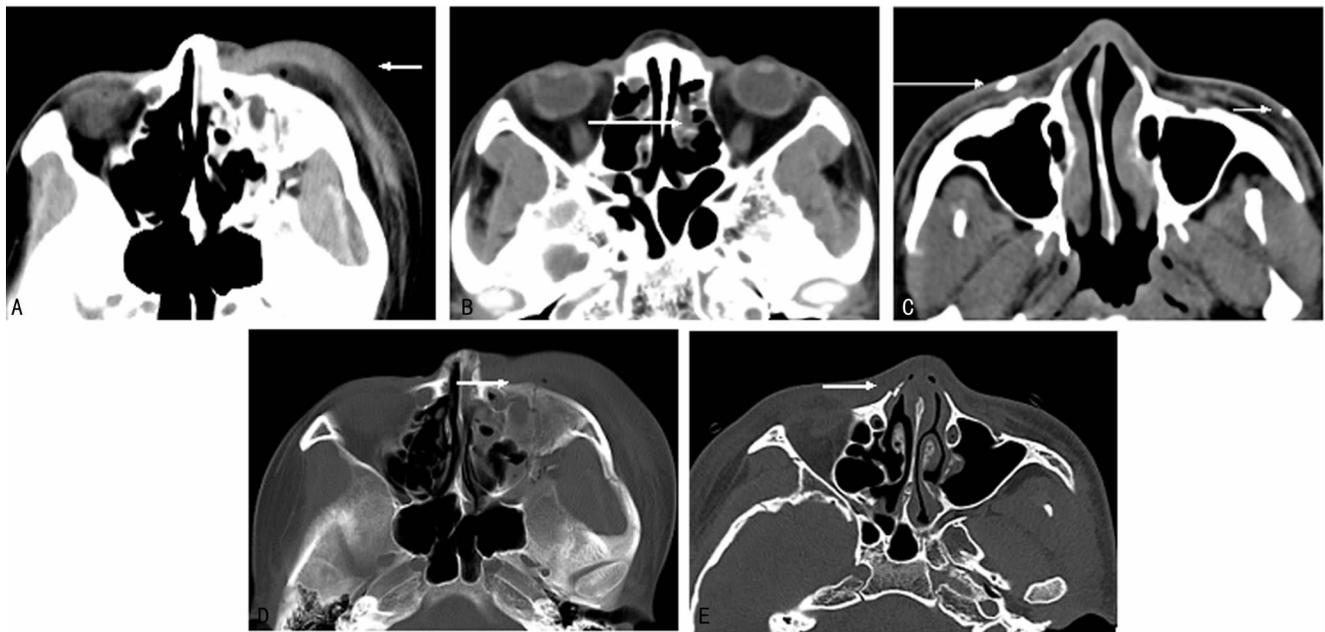
差异, 噪声最大为 FBP 组, 最小为 SAFIRE-5 组。SNR、CNR 比较, 总体及组内两两比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 与 FBP 相比, SAFIRE 重建图像噪声降低, 1~5 级分别降低 20.4%、31.4%、39.7%、46.5%、57.2%; SNR 及 CNR 明显增高, SAFIRE-1 至 5 级 SNR 分别提高 33.3%、54.7%、75.4%、87.4%、101.4%; CNR 分别提高 23.0%、36.4%、57.7%、87.4%、106.5%。其中, SAFIRE-5 SNR、CNR 最大, 与 FBP 组重建图像相比, SNR、CNR 分别提高 101.4% 及 106.5%, 见表 2、3。

表 2 不同重建图像噪声 SD 值比较 ($\bar{x} \pm s$, HU)

重建方法	翼内肌(左右侧平均值)	皮下脂肪	背景(空气)
FBP	3.53 ± 0.32	4.68 ± 0.62	3.97 ± 1.13
SAFIRE-1	2.81 ± 0.43	4.09 ± 0.68	3.53 ± 1.28
SAFIRE-2	2.42 ± 0.44	3.57 ± 0.54	3.32 ± 1.29
SAFIRE-3	2.13 ± 0.34	3.11 ± 0.51	2.38 ± 0.93
SAFIRE-4	1.89 ± 0.31	2.74 ± 0.60	2.57 ± 0.98
SAFIRE-5	1.51 ± 0.40	2.53 ± 0.67	2.39 ± 0.96
<i>F</i>	2.01	2.31	1.79
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01

表 3 不同重建方法图像 SNR、CNR 比较 ($\bar{x} \pm s$)

重建方法	翼内肌 SNR	皮下脂肪 SNR	背景(空气) SNR	CNR
FBP	9.13 ± 0.16	20.73 ± 0.66	343.72 ± 1.29	45.91 ± 5.39
SAFIRE-1	12.17 ± 0.19	24.20 ± 0.70	423.93 ± 0.65	56.47 ± 6.52
SAFIRE-2	14.12 ± 0.20	27.45 ± 0.76	467.89 ± 2.23	62.64 ± 7.17
SAFIRE-3	16.01 ± 0.25	31.14 ± 0.97	544.59 ± 2.06	72.41 ± 8.54
SAFIRE-4	17.11 ± 0.42	35.59 ± 1.03	643.71 ± 1.25	86.03 ± 10.12
SAFIRE-5	18.39 ± 0.62	37.71 ± 0.10	712.32 ± 1.43	94.82 ± 11.11
<i>F</i>	1.32	1.41	1.37	3.12
<i>P</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05



A: 左侧眶周软组织肿胀(箭头); B: 筛窦黏膜增厚(箭头); C: 皮下软组织内异物存留(箭头); D: 左侧上颌窦前壁、筛板骨折并筛窦腔内积液, 眶周软组织肿胀积气(箭头); E: 右侧鼻骨骨折(箭头)。

图 1 SAFIRE-3 重建

2.3 图像质量评分比较 FBP 为 4.83, SAFIRE-1 为 4.67, SAFIRE-2 为 4.89, SAFIRE-3 为 4.93, SAFIRE-4 为 4.90, SAFIRE-5 为 4.66。不同重建方法所得图像质量评分差异有统计学意义 ($P=0.031$)。进一步两两比较, SAFIRE-1 与 SAFIRE2~4, SAFIRE-5 与 SAFIRE2~4 组间, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), SAFIRE2~4 组间, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。其中绝对评分 SAFIRE-3 最高。

2.4 诊断效能的评价 6 组重建所得图像对病灶显示情况完全一致, 均为鼻骨骨折 91 例、软组织内异物 3 例、鼻窦腔积液 37 例、软组织肿胀 43 例、软组织积气 19 例。以 SAFIRE-3 重建为例, 见图 1。

3 讨论

CT 图像重建的两种基本方法包括解析重建 (analytic reconstruction, AR) 和迭代重建 (iterative reconstruction, IR)。FBP 是解析重建的主要算法, 其过程是投影数据经过校准、滤波、反投影、加权, 至最后一组数据处理完成, 才能得到最终的重建图像。因具有简洁、高效、可靠、图像质量较好、易实现等优点, FBP 成为 CT 图像重建的“金标准”^[6]。但 FBP 获得低噪声、高分辨力的图像, 就只能加大剂量。迭代重建最常用的算法是图像代数重建算法 (algebraic reconstruction technique, ART)。世界上第 1 台医用 CT 虽采用 ART, 但其计算速度慢、需存储空间大、当时计算机技术不高等原因, 被 FBP 替代。但迭代重建算法所需的投影数少、具有可在数据不完全和低信噪比条件下成像等优点, 加上计算机技术的飞速发展, 越来越引起人们的重视^[7]。SAFIRE^[8] 对原始数据进行高分辨、高保真重建, 最大程度保留图像细节信息, 并伴有较高噪声, 之后, 再将图像投影至原始数据域, 与投影数据进行比较以消除图像投影中的伪影和数据误差后, 将校正后的投影数据重建得到最佳质量的图像^[9]。

鼻部外伤在头面部创伤中比较常见。CT 为临床提供早期准确诊断而被广泛应用。对鼻部的 CT 研究, 当前大多为扫描方案及后处理方案的探讨^[10-11]。但鼻部的 CT 扫描往往不能避开对射线敏感晶状体、角膜、玻璃体等, 因而鼻部低剂量 CT 扫描的研究, 同样不能忽视。本研究对鼻部外伤患者常规扫描后, 对比 FBP 与 SAFIRE-1~5 6 组重建图像, 发现同种组织的 CT 值差异无统计学意义 ($P<0.05$), 说明 FBP 与 SAFIRE 两种重建对不同组织的 CT 值变化影响不大。6 组不同重建方法图像噪声、SNR、CNR 之间差异有统计学意义 ($P<0.05$), 进一步两两比较, 组间存在差异。说明随着 SAFIRE 强度的增加, 噪声越来越低, SNR 及 CNR 越来越高, 降噪及提高 SNR、CNR 最大的为 SAFIRE-5。这将为降低剂量并提高图像质量 (降低噪声) 提高保障。图像的主观评分显示, 6 组重建方法所得图像质量评分有差异 ($P<0.05$), 进一步两两比较, SAFIRE-1 和 SAFIRE-5 组图像评分低于 FBP 组, SAFIRE 2~4 组高于 FBP 组; SAFIRE1 组和 SAFIRE-5 组与 SAFIRE 2~4 组有差异 ($P<0.05$), SAFIRE2-4 组图像评分间无差异 ($P>0.05$), 其中与 SAFIRE-3 图像绝对评分最高。与多数研究报道只选择 SAFIRE-3 与 FBP 比较相一致^[12-13]。虽 SAFIRE-5 降噪及 SRN、CRN 提高最大, 但主观评分低于 FBP, 可能因 SAFIRE 重建是按统计学最优准则重建, 其噪声及伪影特性与 FBP 不同, 放射科医师习惯观察 FBP 重建图像有关。

综上所述, CT 平扫结合 SAFIRE 重建技术在外伤性鼻部

扫描中能有效降低图像噪声及提高图像质量, 具有潜在降低扫描剂量的作用。

本研究不足在于: 本组资料主要针对外伤平扫患者, 对外伤以外及需增强的病变显示有待进一步研究; 主观评分因医生对图像的适应情况不同, 可能存在一定差异。

参考文献

- [1] Jeong HS, Moon MS, Lee HK, et al. Use of fibrin glue for open comminuted nasal bone fractures[J]. *J Craniofac Surg*, 2010, 21(1): 75-78.
- [2] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure[J]. *N Engl J Med*, 2007, 357(22): 2277-2284.
- [3] Hein E, Rogalla P, Kingebiel R, et al. Computed tomography Spiral CT Low-dose CT Paranasal sinuses Radiation dose Eye lens Radioprotection[J]. *Eur Radiology*, 2002, 12(7): 1693-1696.
- [4] Price RR, Axel L, Morgan T, et al. Quality assurance methods and phantoms for magnetic resonance imaging: report of AAPM nuclear magnetic resonance task group No. 1[J]. *Med Phys*, 1990, 17(2): 287-295.
- [5] Menzel H, Schibilla H, Teunen D, et al. European guidelines on quality criteria for computed tomography[M]. Luxembourg: European Commission, 2000: 162-162.
- [6] Wang G, Yu HY, De Man B. An outlook on X-ray CT research and development[J]. *Med Phys*, 2008, 35(3): 1051-1064.
- [7] Thibault JB, Sauer KD, Bouman CA, et al. A three-dimensional statistical approach to improved image quality for multislice helical CT[J]. *Med Phys*, 2007, 34(11): 4526-4544.
- [8] Moscardiello A, Takx RA, Schoepf UJ, et al. Coronary CT angiography: image quality, diagnostic accuracy, and potential for radiation dose reduction using a novel iterative image Reconstruction technique-comparison with traditional filtered back projection[J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(10): 2130-2138.
- [9] Han BK, Grant KL, Garberich R, et al. Assessment of an iterative reconstruction algorithm (SAFIRE) on image quality in pediatric cardiac CT datasets[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2012, 6(3): 200-204.
- [10] 渐楠, 韩永健, 赵鹏, 等. 多层螺旋 CT 后处理技术在鼻骨骨折的应用价值[J]. *医学影像学杂志*, 2012, 22(4): 665-668.
- [11] Kim BH, Seo HS, Kim AY, et al. The diagnostic value of the sagittal multiplanar reconstruction CT images for nasal bone fractures[J]. *Clin Radiol*, 2010, 65(4): 308-314.
- [12] 曾宪春, 何波, 康绍磊, 等. Safire 技术在眼部外伤 CT 扫描中的应用[J]. *实用放射学杂志*, 2013, 29(5): 810-814.
- [13] 徐超, 杨琳, 于薇, 等. 迭代重建在双源 CT 冠状动脉成像中的应用[J]. *中国医学影像技术*, 2012, 28(1): 168-171.