

• 影像技术学 •

眼动脉 CTA 单能量图像 keV 值的优化及与混合能量图像的比较

赵冬青, 马烽民, 王志忠, 付建军, 梁万琴, 杜凡

【摘要】 目的:计算眼动脉 CT 血管成像(CTA)最佳单能量图像的 keV 值,并将最佳单能量图像与混合能量图像进行比较。**方法:**35 例患者行眼动脉 CTA 检查,同时得到混合能量图像及单能量图像,运用 GSI 软件获得最佳 keV 的单能量图像。测量眼动脉起始部、内直肌肌腹、肌锥内脂肪及颞叶脑白质的 CT 值及标准差,计算血管对比噪声比、眼动脉对比强化比值、眼动脉标准差(噪声),并与混合能量图像进行比较;对最佳 keV 单能量图像及混合能量图像的眼动脉及分支显示情况进行主观评分。**结果:**眼动脉 CTA 单能量图像的最佳 keV 值为 (62.70 ± 3.37) 。最佳单能量图像的对比噪声比、噪声、眼动脉对比强化比值均高于混合能量图像,两者差异有统计学意义($P < 0.05$)。最佳单能量图像显示眼动脉及分支血管的主观评分高于混合能量图像,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**眼动脉 CTA 单能量图像的最佳 keV 值约为 63keV,最佳 keV 单能量图像能够更好地显示眼动脉及分支血管。

【关键词】 眼动脉;单能量;混合能量;体层摄影术,X 线计算机

【中图分类号】 R770.4; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)05-0596-03

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.05.021

Compare optimize ophthalmic artery CT angiography single image keV energy value and the mixing energy image ZHAO Dong-qing, MA Yi-min, WANG Zhi-zhong, et al. Department of Radiology, the 474 Hospital of PLA, Urumuqi 830011, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the ophthalmic artery CT angiography images keV best single energy value, and the best single energy image and hybrid energy image comparison. **Methods:** The ophthalmic artery CT angiography scan spectra 35 cases, but to give a mixed picture of energy and single-energy image, using GSI software Optimal CNR tool to get the best single keV energy image. First measure the beginning part of the ophthalmic artery, internal straight abdominal muscle, fat and muscle cone temporal lobe white matter CT value and standard deviation, calculated vascular contrast to noise ratio, the ophthalmic artery contrast enhancement ratio, standard deviation and the ophthalmic artery mixing energy image comparison, paired t test. Secondly eye artery and its branches display cases subjective ratings. **Results:** (62.7 ± 3.37) is the best value of the ophthalmic artery CTA keV single energy images. Best single energy image contrast to noise ratio, standard deviation, ophthalmic artery contrast enhancement ratio and mixed-energy image and the difference was statistically significant ($P < 0.05$), the best single energy image contrast to noise ratio, standard deviation, ophthalmic artery contrast enhancement ratio were higher than the hybrid energy images. Both subjective ratings also statistically significant ($P < 0.05$), the best single energy image shows the ophthalmic artery and branch vessels better than the hybrid energy images. **Conclusion:** Choose the appropriate value of single keV energy image to better display the ophthalmic artery and branch vessel, about the time 63keV, can get the best of the ophthalmic artery images.

【Key words】 Ophthalmic artery; Single energy; Mixing energy; Tomography, X-ray computed

眼动脉及分支较为细小,常规 CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)显示有一定困难。能谱 CT 利用球管的电压切换,可以获得 40~140 keV 范围内 101 个单能量图像及混合能量图像,利用最佳对比噪声比工具,通过生成对比噪声比(contrast-to-noise, CNR)曲线可获得最优 CNR 的单能量图像,有效抑制背景噪声的影响,进一步改善图像质量,但目前未见能谱 CT 在眼动脉显示方面的研究报道。本文通过 35 例眼动脉 CT 能谱扫描,寻找眼动脉 CTA 最佳单能量图像的 keV 值,并将最佳单能量图像

与混合能量图像进行比较,旨在探讨最佳单能量图像在显示眼动脉中的价值,改善眼动脉 CTA 图像质量。

材料与方法

1. 病例资料及检查方法

搜集在我院行眼动脉 CTA 能谱扫描的病例 35 例,其中男 10 例,女 25 例,年龄 40~79 岁,平均年龄 51.1 岁。

采用 GE Discovery CT 750HD 行能谱 CTA 检查,采用宝石能谱成像(gemstone spectral imaging, GSI)扫描模式,选择 Axial-head-small-20mm,螺距为 0.984, X 线管旋转速度为 0.05 s/r。管电流固定为 630 mA,准直宽度 40 mm,层厚 0.625 mm。对比剂浓

作者单位:830011 乌鲁木齐,解放军第 474 医院 医学影像科

作者简介:赵冬青(1966—),女,河南人,主任医师,主要从事 CT 和 MR 的诊断工作。

通讯作者:杜凡, E-mail:1196483146@qq.com

度为 320 mg I/mL 或 300 mg I/mL,以 4 mL/s 流率采用高压注射器在肘静脉上注射对比剂,剂量 50 mL,之后再以相同流率注射 20 mL 生理盐水。使用 Smart Prep 触发扫描,触发点定于颈总动脉分叉部,触发阈值设为 100~120 HU,延迟 6 s 开始自动监测扫描,扫描方向及范围为从第 3 颈椎开始到颅顶。扫描完成后重建层厚为 0.625 mm 的混合能量图像及 40~140 keV 共 101 个单能量图像。

2. 图像分析及测量

将能谱图像数据导入 GE AW4.6 工作站中,利用 GSI viewer 软件进行分析,通过 Optimal CNR 工具,在眼动脉起始部选择一个兴趣区(region of interest, ROI),面积 1.91 mm²,在同层内直肌肌腹选一相同大小形态的 ROI 为背景,获得 CNR 曲线,记录最优 CNR 图像的 keV 值(测量 2 次,取其平均值)(图 1),重建一组层厚/层距为 0.625~1.25 mm 的最佳单能量图像,用于进行二维及三维重建。在混合能量和单能量图像内分别对眼动脉起始部、眼内直肌肌腹、肌锥内脂肪、颞叶脑白质放置圆形感兴趣区(面积约 1.91 mm²),分别记录其 CT 值及标准差(standard deviation,SD)值,并计算出图像血管 CNR[按公式(1)进行计算]、眼动脉对比强化比、眼动脉 SD 值并与混合能量图像进行比较。

$$CNR = \frac{ROI \text{ 眼动脉起始部} - ROI \text{ 眼外肌肌腹}}{SD \text{ 肌锥内脂肪}} \quad (1)$$

对图像清晰程度进行主观分级评分,由两位主治医师采用盲法进行独立评估。评价标准为:5 分,眼动脉及分支管壁非常锐利;4 分,管壁锐利;3 分,管壁较锐利;2 分,管壁欠锐利;1 分,管壁模糊。取 2 位医生评分平均值为最终评分结果。

3. 统计学处理

采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计学分析,将最佳 keV、140 kVp 混合能量图像时的 CNR、SD、对比强化比值进行配对 *t* 检验,对眼动脉及分支显示清晰程度进行主观评分并进行配对 *t* 检验,以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

根据 GSI Viewer 软件计算出的眼动脉 CTA 单能量图像的最佳 keV 值为(62.35±3.37)。将最佳 keV 单能量图像和混合能量图像进行比较,测量两者 SD、CNR、对比强化比值并进行统计学分析(表 1)。

表 1 两种图像对比强化比、CNR、SD 值比较

指标	最佳 keV 图像	混合能量图像	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
对比强化比值	71.90±32.15	51.72±32.11	5.673	0
SD 值	27.87±10.19	23.44±9.31	3.16	0.03
CNR 值	8.74±6.22	5.72±3.86	-2.988	0.005

注:对比强化比值为眼动脉起始端与颞叶脑白质 CT 值差。

结果显示最佳单能量图像的 SD、CNR 及对比强化比值均高于混合能量图像,两者间差异有统计学意

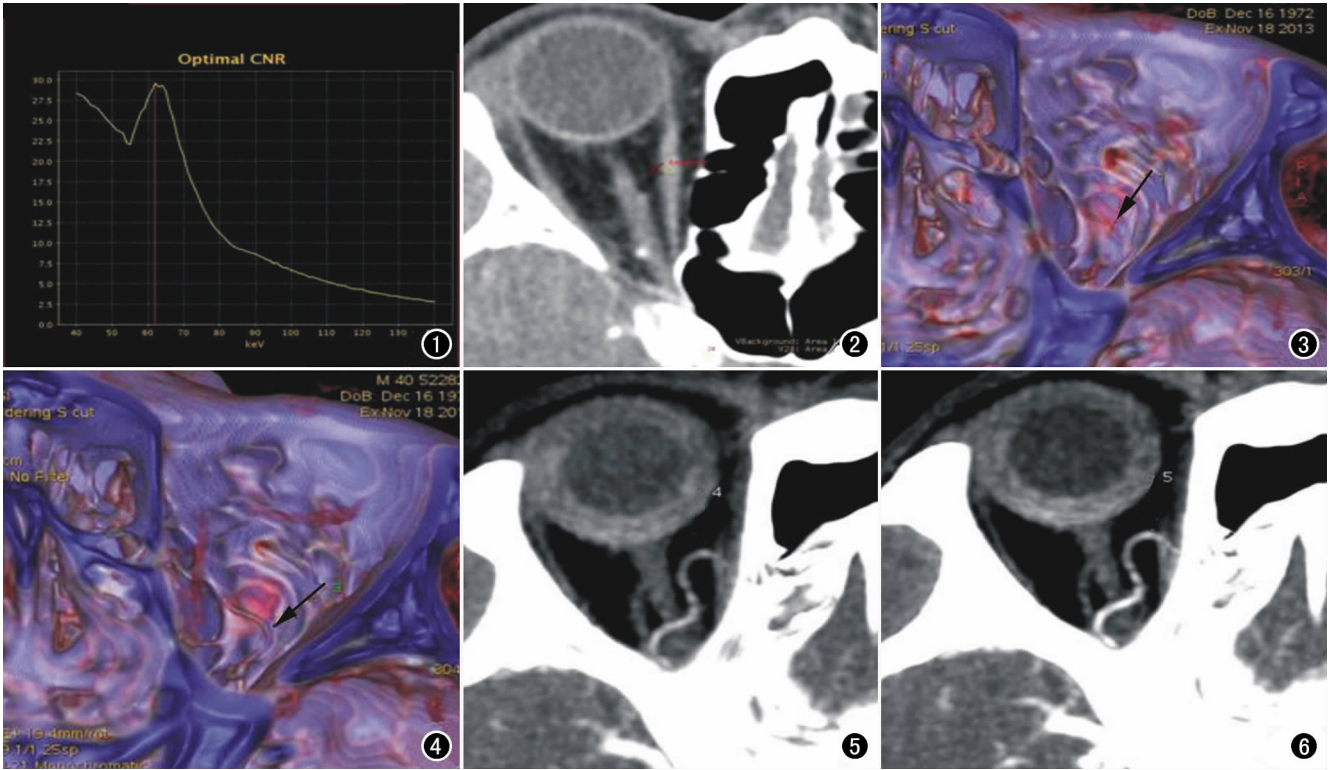


图 1 软件自动计算出最佳 keV。图 2 绘制眼动脉起始部及同层内直肌肌腹 ROI。图 3 眼动脉混合能量 VR 图像示眼动脉显示不清(箭)。图 4 眼动脉 59 keV VR 图像示眼动脉显示清晰(箭)。图 5 眼动脉混合能量 MIP 图像。图 6 眼动脉 59keV MIP 图像,较眼动脉混合能量 MIP 图像显示更加清晰。

义($P<0.05$)。

两种图像相比最佳单能量图像显示血管情况优于混合能量图像,图像噪声略有增加。

对于血管显示情况的主观评分,最佳单能图像优于混合能量图像,差异有统计学意义($P<0.05$,表 2)。

表 2 最佳单能量图像和混合能量图像血管显示情况

分组	最佳单能量图像	混合能量图像	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
评分均数	4.09±0.85	3.11±0.90	4.63	0

对比重建图像可见最佳单能图像眼动脉显示情况较混合能量图像好,但噪声略高于混合能量图像。容积重建(volume rendering,VR)、最大密度投影(maximum intensity projection,MIP)图像显示眼动脉情况明显优于混合能量图像(图 2~6)。

讨 论

眼部血管细小,以往眼动脉成像质量欠佳,受诸多因素影响,除了取决于对比剂含碘量、注射流率、心脏功能、血液循环快慢等众多因素^[1]之外,还和以往一般 CTA 使用混合能量,CT 值被平均化,组织间对比度降低,图像质量下降,固有信噪比较低^[2]有关。

混合能量是指常规 CT 中球管产生的 X 线具有连续的能量分布,用于成像的 X 线具有混合能量,所以当 X 线束穿过人体时,低能量射线(或称为软射线)被滤掉,从而产生线束硬化伪影,导致物质 CT 值的漂移^[3-4],图像质量降低。

能谱 CT 是利用高低电压瞬时切换并经过相关算法获得从 40~140 keV 一系列的 101 个单能量图像,以靶血管为目标、血管周围组织为背景获得靶血管最佳单能量图像,单能量图像可以消除由混合能量 X 射线引起的硬化伪影带来的 CT 值的“漂移”^[5]。由于硬化伪影的消除,CT 值更为可靠,使得靶血管的 CNR 达到最高,可获得更加满意的 CTA 图像^[6-8]。

吕培杰等^[9]对 23 例经能谱成像双期扫描检测出的 26 个小肝癌病灶的影像学表现进行分析,测定混合能量和单能量图像的 CNR 值并进行比较,结果显示单能量图像的最佳 CNR 值在动脉期及门脉期都明显高于混合能量图像,说明单能量图像质量优于混合能量图像,且有助于病灶检出。威晋等^[10]对 19 例能谱扫描脑 CTA 的图像进行分析,测量其最佳图像的 keV 值及 CNR 值并与混合能量图像进行比较,结果提示脑 CTA 成像最佳单能量水平为 (51.11±3.43) keV,此时其 CNR 与混合能量图像相比差异有统计学意义($P<0.05$),表明在最佳单能量水平时图像质量更高。

本研究借助能谱 CT 特性,计算得出眼动脉 CTA 最佳单能量图像的 keV 值为 62.70±3.37(约为

63 keV)。最佳单能量图像 CNR 值(8.74±6.22)高于混合能量图像(5.72±3.86),差异有统计学意义($P<0.05$)。眼动脉最佳 keV 图像对比强化比值(71.90±32.15)高于混合能量图像(51.72±32.11),差异亦有统计学意义($P<0.05$),表明最佳 keV 图像质量高于混合能量图像。最佳 keV 图像质量主观评分也明显高于混合能量图像($P<0.05$)。虽然 (62.7±3.37)keV 水平下的单能量图像噪声有所增加,但在图像整体评价方面,最佳单能量图像好于混合能量图像,眼动脉 CTA 的对比度高于混合能量图像,与威晋等^[10]的研究结论相似,但最佳单能量图像的 keV 值不同,说明眼动脉 CTA 与脑 CTA 最佳单能量图像有不同的 keV 值,需要在工作中注意。应用单能量成像去除混合能量硬化伪影,并提高血管成像的成功率和对比度,是能谱 CT 与常规 CT 相比的优势所在,这一点也得到了很多研究的认同^[11-12]。

参考文献:

[1] Fleischmann D. Use of high-concentration contrast media in multiple-detector CT: principles and rationale[J]. Eur Radiol, 2003, 13 (5): M14-20.

[2] Kamel IR, Kruskal JB, Warmbrand G, et al. Accuracy of volumetric measurements after virtual right hepatectomy in potential donors undergoing living adult liver transplantation[J]. AJR, 2001, 176(2): 483-487.

[3] 杨凯, 谈旭东. 双能量减影及其临床应用[J]. 实用放射学杂志, 2004, 20(11): 1041-1044.

[4] Stolzmann P, Scheffel H, Rentsch K, et al. Dual energy computed tomography for the differentiation of uric acid stones: ex vivo performance evaluation[J]. Urol Res, 2008, 36(3-4): 133-138.

[5] 李小虎, 刘斌, 余永强, 等. 能谱 CT 的原理与临床应用价值[J]. 中国医疗器械信息, 2011, 17(1): 1-5.

[6] Yuan R, Shuman WP, Earls JP, et al. Reduced iodine load at CT pulmonary angiography with dual-energy monochromatic imaging: comparison with standard CT pulmonary angiography-A prospective randomized trial[J]. Radiology, 2012, 262(1): 290-297.

[7] 石明国, 张振荣, 尤志军, 等. CT 成像技术的发展[J]. 中国装备, 2007, 4(4): 56-59.

[8] Matt D, Scheffel H, Leschka S, et al. Dual-source CT coronary angiography: image quality, mean heart rate, variability[J]. AJR, 2007, 189(3): 567-573.

[9] 吕培杰. CT 能谱成像在小肝癌检测中的应用价值[J]. 放射学实践, 2011, 26(3): 321-324.

[10] 威晋, 薛蕴箐, 段青, 等. 能谱 CT 颅脑血管造影最佳单能量应用初探[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2013, 19(1): 17-19.

[11] 邓凯, 张成琪, 李伟, 等. 宝石能谱 CT 的特点及临床应用价值[J]. 中国医药导报, 2011, 8(1): 16-17.

[12] 吴爽, 薛雁山, 许立功, 等. 宝石 CT 冠脉成像对冠心病诊断的临床应用价值[J]. 中国医疗前言, 2012, 7(1): 62-63.