

双层探测器光谱CT单能量成像在泪道造影中的应用研究

宁先英, 胡 柳, 范文亮, 余建明, 雷子乔

The Application Value of Monoenergetic Imaging on Dual-layer Spectral Detector Computed Tomography in Dacryocystography

NING xianying, HU Liu, FAN Wenliang, YU Jianming, and LEI Ziqiao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2024.144>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

双能量CT虚拟单能量成像在鉴别脊柱急性慢性压缩骨折中的应用价值

The Application Value of Dual-Energy CT Virtual Monoenergetic Imaging in the Differential Diagnosis of acute and Chronic Spinal Compression Fractures

CT理论与应用研究. 2021, 30(2): 209-216

能谱CT单能量成像结合MAR技术降低金属植入物伪影的体模研究

Utility of Spectral CT Monochromatic Imaging with Metal Artifacts Reduction (MAR) for the Reduction of Metal Artifacts of Embolization Coil Implants

CT理论与应用研究. 2019, 28(5): 529-539

能谱CT最佳单能量成像在胃底静脉曲张出血内镜术前的应用价值

The Value of Optimal Monochromatic Spectral CT Imaging in Gastric Variceal Bleeding before Endoscopic Treatment

CT理论与应用研究. 2021, 30(5): 603-609

能谱CT单能量结合ASiR技术对腹部静脉成像质量的优化研究

The Evaluation of Imaging Quality of Abdominal Vein by Combining Spectral CT Optimal Monochromatic Imaging and ASiR Technique

CT理论与应用研究. 2019, 28(1): 61-72

能谱CT多参数成像在胰岛素瘤定位中的比较研究

Comparison in Localization of Pancreatic Insulinoma by the Multiparameter of Dual Energy Spectral CT Imaging

CT理论与应用研究. 2019, 28(4): 471-476

能谱CT在肝脏富血供病变中的应用和研究进展

Application and Research Progress of Spectral CT in Hypervascular Hepatic Lesions

CT理论与应用研究. 2021, 30(2): 253-262



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

宁先英, 胡柳, 范文亮, 等. 双层探测器光谱 CT 单能量成像在泪道造影中的应用研究[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2024, 33(6): 677-682. DOI:10.15953/j.ctta.2024.144.

NING X Y, HU L, FAN W L, et al. The Application Value of Monoenergetic Imaging on Dual-layer Spectral Detector Computed Tomography in Dacryocystography[J]. CT Theory and Applications, 2024, 33(6): 677-682. DOI:10.15953/j.ctta.2024.144. (in Chinese).

双层探测器光谱 CT 单能量成像在泪道造影中的应用研究

宁先英, 胡柳, 范文亮, 余建明, 雷子乔[✉]

华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科/分子影像湖北省重点实验室, 武汉 430022

摘要: 目的: 探讨双层探测器光谱 CT 单能量成像在泪道造影中的临床应用价值。方法: 对临床怀疑泪道阻塞的患者行光谱 CT 泪道扫描, 将光谱 CT 的各单能量 keV 图像的信号噪声比 (SNR) 和对比噪声比 (CNR) 做比较, 对图像质量进行主观评分, 并对患者泪道阻塞部位和狭窄程度与手术或内镜比进行诊断符合率评估。结果: 50keV 图像的 SNR 为 9.76 ± 13.44 , 比 70~200keV 图像的 SNR 高, 有统计学意义; 50keV 图像的 CNR 为 10.24 ± 13.88 , 比 70~200keV 图像的 CNR 高, 有统计学意义。50keV 和常规图像质量主观评分分别为 (5, 5) 和 (4, 5), 医师间主观评分一致性良好。结论: 50keV 单能量图像显著提高 CT 泪道造影的信噪比和对比噪声比且主观评分一致性良好。

关键词: 光谱 CT; 单能量成像; 泪道造影

DOI:10.15953/j.ctta.2024.144 中图分类号: R814 文献标识码: A

泪道阻塞是眼科常见的疾病, 临床以中老年患者较为常见, 其中女性多于男性^[1]。泪道阻塞的影像学检查方法主要有 CT 泪道造影、泪道超声检查、MR 泪道钆造影及 MR 泪道水成像等^[2]。CT 泪道造影相对于其他影像学检查有更高的密度分辨率及较小的周围骨性结构的影响干扰^[3], 光谱 CT 可对原始数据进行重建得到不同能量的单能量图像。

本研究旨在探究双层探测器光谱 CT 单能量成像在泪道造影中的临床应用价值。

1 资料和方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 9 月至 2022 年 11 月因溢泪临床初步诊断泪道阻塞行 CT 泪道扫描的病例 44 例, 其中 CT 泪道造影的 46 眼; 男性 9 例, 女性 35 例, 年龄 21.35~74.37 岁, 平均年龄 49.14 岁。

纳入标准: 所有患者均因溢泪就诊并在行 CT 泪道造影前进行泪道冲洗, 初步诊断为泪道阻塞; 所有患者均无碘对比剂过敏史。

排除标准: 有明显运动伪影不能评估的。

1.2 仪器设备与药品

采用 Philips Healthcare Iqon spectral CT 进行 SBI 模式扫描。对比剂采用非离子型碘对比剂碘佛醇 (规格 100mL: 35g(I))。

1.3 采集方法与扫描参数

临床医生对初步诊断泪道阻塞患者进行泪道冲洗后, 在双眼下泪小点处注射对比剂碘佛醇, 每侧对比剂总量 1~5mL, 对比剂从上泪小点返流即停止注射, 依据患者泪道狭窄或阻塞的程度相应变化。患者再至 CT 室行 CT 泪道扫描。自注射对比剂开始计时, CT 泪道扫描距注射对比剂时间不超过 40min。扫描前嘱患者在检查期间静止不动, 双眼自然闭合, 眼球不要转动。

收稿日期: 2024-07-22。

基金项目: 北京医学奖励基金会 (YXJL-2022-0665-0186)。

扫描体位: 患者仰卧于扫描床上, 听眦线垂直于床面。扫描范围自眶上缘到硬腭上缘。扫描参数: 管电压 120 kVp, 管电流采用自动调制技术, X 线管转速 0.75 s/r, 螺距 0.390, 层厚 1 mm, 层间距 1 mm, 重建矩阵为 512×512 。

1.4 后处理方案及数据处理

所有病例均在 Philips Portal 后处理工作站上进行 MonoE 40~200 keV 及拟常规 kV (conventional) 图像重建 (70 keV 单能量图像), 图像骨窗算法为 YB 算法, 窗宽 1500、窗位 500。以对比剂聚集区域为中心, 对骨性泪道进行轴位、冠状位、斜矢状位进行多平面重建。

50~200 keV 测定泪道内 CT 值、同层同侧面部脂肪 CT 值、泪道内 SD 值, 对各单能量图像的信号噪声比 (signal-to-noise ratio, SNR) 及对比噪声比 (contrast-to-noise ratio, CNR) 进行比较。

1.5 图像评价方法

1.5.1 客观评价

测定患者图像信号噪声比 SNR、对比噪声比 CNR。图像噪声: 泪道内 CT 值的标准差 (SD)。SNR = 泪道内的 CT 值/SD, CNR = (泪道内 CT 值 - 脂肪 CT 值)/SD。

选取感兴趣区 ROI, 泪道内 ROI 选取在对比剂充盈的区域、避开骨质及空气, 脂肪 ROI 选取同层同侧面部脂肪。同一病例泪道、脂肪组织的 ROI 的形状大小均一致, 大小约为 $3 \sim 5 \text{ mm}^2$ 。每个病例的数据均测量 3 个, 取平均值。

1.5.2 主观评价

图像均由一名中年资影像诊断医生及一名高年资影像诊断医生进行双盲法评价图像质量, 对泪小管、泪囊、鼻泪管等的解剖结构及阻塞部位、程度显示进行评价。

评分标准^[4]: 5 分, 解剖结构及细节显示清楚, 阻塞部位及程度显示佳; 4 分, 解剖结构显示较清楚, 阻塞部位及程度显示较好; 3 分, 解剖结构及阻塞部位、程度显示基本满足诊断要求; 2 分, 解剖结构及阻塞部位、程度显示不清楚, 细节不足以满足诊断; 1 分, 解剖结构及阻塞部位、程度显示模糊, 不能诊断。两名医师主观评分的平均值用于组间分析。

术前冲洗、内窥镜及术中探通标准^[5]为: ① 泪小点阻塞: 裂隙灯下见泪小点阻塞; ② 泪小管阻塞: 冲洗针从泪点进入泪道, 前进时不能触及骨壁且冲洗液返回; ③ 泪总管阻塞: 冲洗探针不可触及骨壁, 冲洗液从上泪小点进入、下泪小点反流, 冲洗液从下泪小点进入、上泪小点反流; ④ 泪囊、鼻泪管阻塞: 冲洗探针可触及骨壁, 冲洗液从上泪小点进入、下泪小点反流, 冲洗液从下泪小点进入、上泪小点反流。内窥镜及手术与 CT 检查间隔 24 h 以上。

1.6 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件, 正态分布计量资料采用 $(\bar{x} \pm s)$, 组间计量资料比较采用方差分析, 组间两两比较采用 LSD 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 客观评价结果

SNR 与 CNR 数值符合正态分布。50 keV 图像的 SNR 为 9.76 ± 13.44 , 比 70~200 keV 图像的 SNR 高, 有统计学意义; 50 keV 图像的 CNR 为 10.24 ± 13.88 , 比 70~200 keV 图像的 CNR 高, 有统计学意义 (表 1、图 1 和图 2)。

2.2 主观评价结果

根据客观评价的结果, 50 keV 组图像较其他组图像信噪比及对比噪声比的比较有统计学差异,

故两名医师对 50 keV 组图像和常规图像（即混合能量图像）进行主观评分，结果：50 keV 组评分均为（5，5），常规组评分均为（4，5）。两名医师的主观评分具有良好的一致性，50 keV 组的主观评分完全一致，常规组两名医师主观评分 Kappa 值为 0.615。

表 1 50~200 keV 单能量图像信噪比和对比噪声比的比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 1 SNR and CNR comparison of 50~200 keV monoenergetic images

项目	能量/keV							
	50	60	70	80	90	100	110	120
SNR	9.76 ± 13.44	7.29 ± 9.23	5.01 ± 4.55	4.43 ± 3.38	4.46 ± 3.32	4.50 ± 3.26	4.53 ± 3.17	4.56 ± 3.09
CNR	10.24 ± 13.88	7.68 ± 9.43	5.37 ± 4.75	4.83 ± 3.63	4.92 ± 3.60	5.02 ± 3.56	5.11 ± 5.11	5.21 ± 3.42
	130	140	150	160	170	180	190	200
SNR	4.59 ± 3.00	4.61 ± 2.90	4.64 ± 2.82	4.67 ± 2.76	4.69 ± 2.70	4.72 ± 2.66	4.74 ± 2.63	4.77 ± 2.64
CNR	5.30 ± 3.33	5.38 ± 3.23	5.47 ± 3.16	5.55 ± 3.10	5.62 ± 3.02	5.69 ± 2.97	5.76 ± 2.94	5.83 ± 2.94

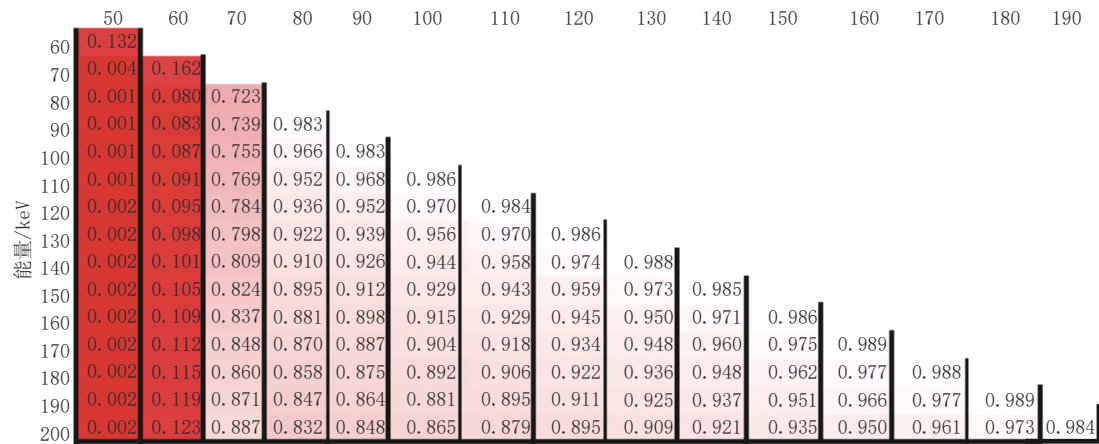


图 1 50~200 keV 单能量图像 SNR 比较的 P 值热图

Fig.1 P-value heatmap for SNR comparison of 50~200 keV monoenergetic images

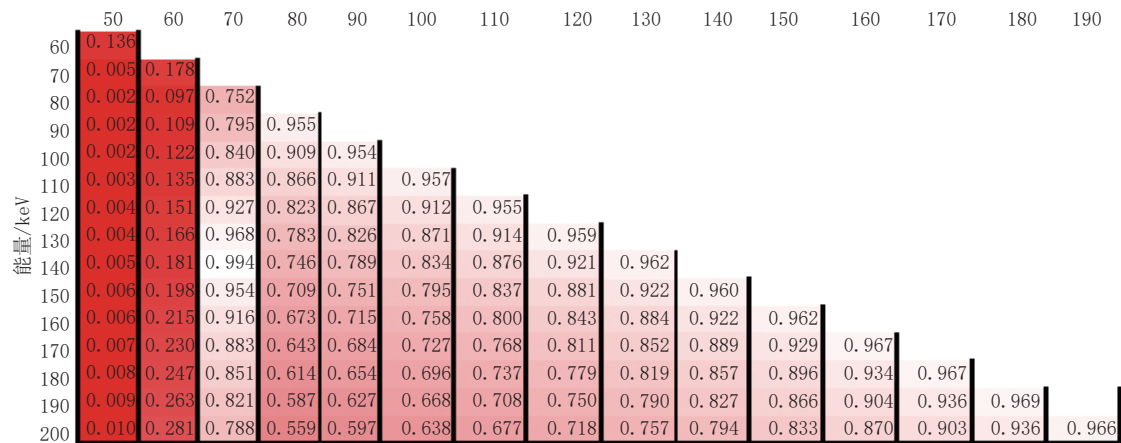


图 2 50~200 keV 单能量图像 CNR 比较的 P 值热图

Fig.2 P-value heatmap for CNR comparison of 50~200 keV monoenergetic images

50 keV 组及常规混合能量组的诊断泪小管阻塞均为 9 眼，诊断为泪总管阻塞均为 22 眼，诊断为泪囊、鼻泪管阻塞均为 15 眼，与内镜或手术相比较完全一致。

3 讨论

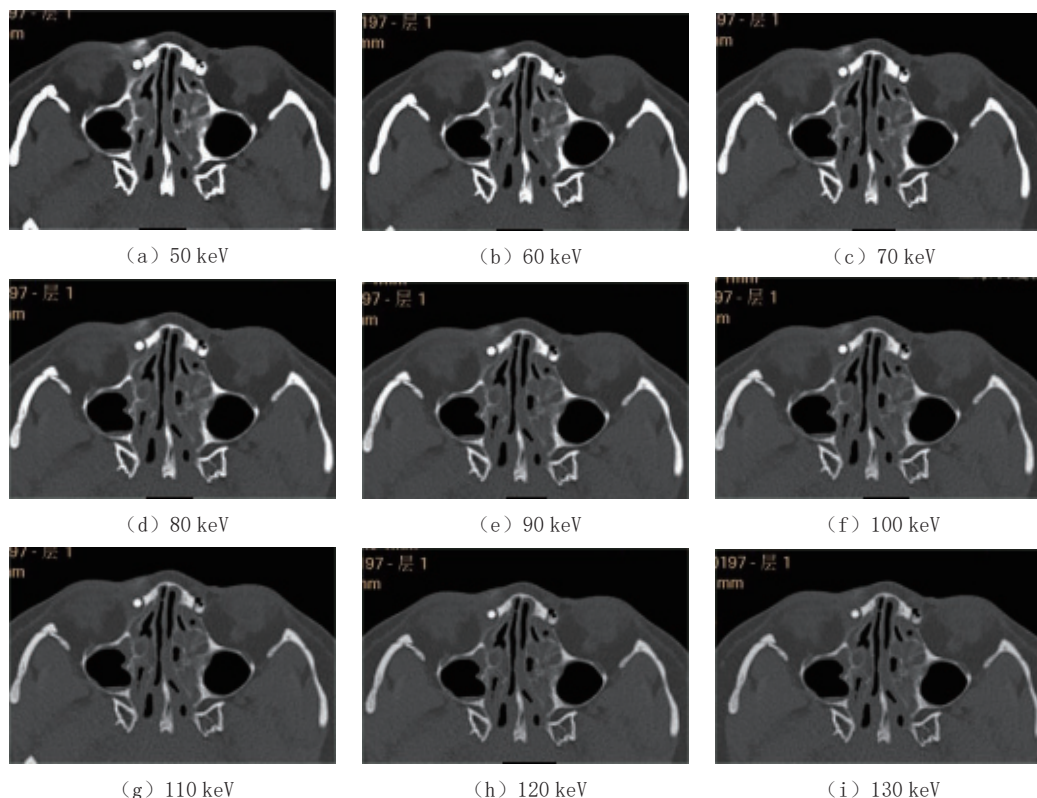
泪道阻塞性疾病主要临床表现为溢泪^[6]，长期泪道阻塞严重影响到患者的生活质量^[7]。根据阻塞

的部位可分为上泪道阻塞、下泪道阻塞、全泪道阻塞,不同部位的阻塞及阻塞程度有相应最优的手术方案,因此术前明确阻塞部位及阻塞程度有重要意义^[8-9]。有研究显示 CT 泪道造影可直观显示泪道有无阻塞及阻塞部位^[10],对泪囊大小及与周围组织的关系提供影像依据^[11],MPR 技术对显示泪道梗阻部位有一定意义^[12],本研究旨在探索双层探测器光谱 CT 在 CT 泪道扫描中的临床应用价值。

常规 CT 成像是基于物质衰减来得到密度差异,双层探测器光谱 CT 能在物质衰减的基础上基于原始数据的能量解析^[13],光谱 CT 的双层探测器的上层,采用的稀有金属钇(Yttrium)为基质的闪烁晶体,高能光子穿过,仅吸收低能光子,低能光子从侧置通道传出;光谱 CT 的双层探测器下层则吸收高能光子。不同能量下物质衰减不一样,因此不同单能量下的信息不一样^[14],而高、低能的数据经过能量解析后,以 SBI 数据储存^[15],可进行 40~200 keV 之间任意能量进行重建。

泪道从上、下泪小点向内移行为上、下泪小管,汇成泪总管、泪囊,再移行为被骨质包围的鼻泪管,整个泪道的周围组织结构从暴露于体外到周围有软组织,再到被骨质包围,常规混合能量的 CT 图像与不同能量的单能量图像对泪道的评价以及泪道阻塞部位和狭窄程度的评估显得尤为重要。本研究结果显示各单能量图像的泪道阻塞部位诊断与内镜或手术的符合率完全一致,骨窗下评价 CT 泪道造影传统 CT 混合能量成像已具较高的诊断符合率。

双层探测器光谱 CT 利用高、低双能数据模拟计算出单一能量 40~200 keV 下的单能量图像,低能量单能量图像(小于 70 keV)因为更靠近碘 K 缘(33 keV)而能明显提高碘的 CT 值,本研究结果显示单能量 50 keV 较 70~200 keV 单能量图像的 SNR 及 CNR 与其他单能量图像有统计学差异,于泪道的显示更明显,与周围组织的差异更明显(图 3)。



注:该病例为右侧泪道置管术后,左侧泪道注射对比剂后。(a)~(i)为 50~130 keV 骨窗单能量图。

图 3 泪道造影骨窗 50~200 keV 单能量图像

Fig. 3 Dacryocystography monoenergetic images of 50~200 keV

既往研究显示低能量图像对比较好^[16-17],与本研究结果接近。而高能量单能量图像(大于 90 keV)能明显降低射线硬化伪影^[18],本研究在测量评价时,未发现明显射线硬化伪影,原因可能是在经泪

小点注射对比剂前对泪道进行生理盐水的冲洗, 对比剂进入泪道时有一定的稀释作用。但本研究在测 ROI 的 CT 值及 SD 值时, 发现 40 keV 单能量图像中 CT 值 3071 HU, SD 值 0 的情况, 说明 MonoE 太低, CT 值超出可以测出的最大范围, 无法比较图像的 SNR 及 CNR, 也鉴于此原因而未将 40 keV 单能量图像纳入研究。而相关的文献中较少出现类似情况, 可能原因是其他部位的 CT 增强或 CT 血管成像注射对比剂入血, 在体内有稀释, 同时生理盐水的后续团注也会增大稀释; 而泪道 CT 造影此检查中, 对于泪道通畅的病例, 并没有注射对比剂后生理盐水的稀释作用, 所测 ROI 的 CT 值相当于直接测量对比剂的 CT 值, 因而出现低单能量下超出 CT 值测量范围。

本研究的局限性。本研究的患者在眼科注射完毕对比剂后至 CT 扫描的时间不一, 约 10~40 min 不等; 部分患者泪道局限性狭窄可能因为注射对比剂后到 CT 扫描时间过长而导致对比剂流走或吸收而无法确切显示狭窄部位。后续研究也将考虑包括对比剂稀释、泪道通畅程度造成对比剂是否稀释及稀释程度、对比剂注射时间等以上因素进一步研究。

综上所述, 50 keV 单能量图像显著提高了 CT 泪道造影的信噪比 (SNR) 和对比噪声比 (CNR), 主观评分一致性良好。

参考文献

- [1] 刘爽, 陶海, 王伟. 泪道阻塞性疾病的流行病学研究进展[J]. 国际眼科杂志, 2008, (1): 140-143.
LIU S, TAO H, WANG W, et al. Research progress in epidemiology of lacrimal duct obstruction diseases[J]. International Journal of Ophthalmology, 2008, (1): 140-143. (in Chinese).
- [2] 陶海, 马志中, 侯世科, 等. 泪道阻塞性疾病的诊断研究进展[J]. 国际眼科杂志, 2009, 9(2): 342-346.
TAO H, MA Z Z, HOU S K, et al. Current advance on diagnosis of lacrimal duct obstruction diseases[J]. International Journal of Ophthalmology, 2009, 9(2): 342-346. (in Chinese).
- [3] 刘晓航, 陶海. 泪道超声检查研究进展[J]. 眼科新进展, 2012, 32(7): 697-700.
LIU X H, TAO H. Research advances in ultrasonography of lacrimal passage[J]. Recent Advances in Ophthalmology, 2012, 32(7): 697-700. (in Chinese).
- [4] 曾宪春, 张俊, 韩丹, 等. 多层螺旋 CT 眼眶扫描参数优化的离体标本实验研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2013, 21(7): 497-500.
ZENG X C, ZHANG J, HAN D, et al. In vitro specimen study for parameter optimization of multislice spiral CT orbital scanning[J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2013, 21(7): 497-500. (in Chinese).
- [5] 张文博. 不同类型置管方式在泪道阻塞疾病中的疗效比较及影响因素分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2020.
ZHANG W B. The efficacy of different types of silicone intubation in the treatment of lacrimal duct obstruction and analysis of influential factors to the prognosis[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2020. (in Chinese).
- [6] JANSSEN A G, MANSOUR K, BOS J J, et al. Diameter of the bony lacrimal canal: Normal values and values related to nasolacrimal duct obstruction: Assessment with CT[J]. American Journal of Neuroradiology, 2001, 22(5): 845-850.
- [7] GUPTA N, CHAWLA N, GANESH S, et al. Prevalence of buried probe in complex congenital nasolacrimal duct obstruction and evaluation of its success rate post "probing and irrigation": A retrospective study[J]. Orbit, 2018, 37(6): 397-400. DOI:10.1080/01676830.2018.1435695.
- [8] 于泓, 韩冬梅, 杨瑞民, 等. 泪道激光联合引流管置入治疗泪道阻塞的疗效及其影响因素[J]. 眼科, 2017, 26(6): 383-385.
- [9] 谭思敏, 梁德茂. Nd: YAG 激光泪道成形术联合泪道支架置入治疗泪道阻塞的疗效及影响因素[J]. 国际眼科杂志, 2020, 20(11): 1979-1982.
TAN S M, LIANG D M. Effect and influencing factors of Nd: YAG laser dacryocystoplasty combined with lacrimal stent implantation in the treatment of lacrimal duct obstruction[J]. International Eye Science, 2020, 20(11): 1979-1982. (in Chinese).
- [10] 殷亮, 李三立, 谭世奇, 等. 64 层螺旋 CT 泪囊造影在评价泪系病变中的临床应用[J]. 实用医学影像杂志, 2012, 13(1): 12-13.
YIN L, LI S L, TAN S Q, et al. Clinical application of 64-slice spiral CT dacryocystography in evaluating lacrimal system lesions[J]. Journal of Practical Medical Imaging, 2012, 13(1): 12-13. (in Chinese).
- [11] 甘莆英, 刘琪, 王耀华, 等. CT-泪道造影术 (CT-DCG) 在泪道阻塞性疾病中的临床应用[J]. 眼科新进展, 2019, 39(3): 264-266.
GAN P Y, LIU Q, WANG Y H, et al. Clinical application of computed tomography-dacryocystography (CT-DCG) in lacrimal duct obstructive diseases[J]. Recent Advances in Ophthalmology, 2019, 39(3):

- 264-266. (in Chinese).
- [12] 关长旭. 泪道造影 CT 结合 MPR 在泪道炎性狭窄中的初步研究[J]. 内蒙古医科大学学报, 2022, 44(1): 47-49.
- [13] WASHIO H, OHIRA S, KARINO T, et al. Accuracy of quantification of iodine and hounsfield unit values on virtual monochromatic imaging using dual-energy computed tomography: Comparison of dual-layer computed tomography with fast kilovolt-switching computed tomography[J]. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 2018, 42(6): 965-971. DOI:10.1097/RCT.0000000000000798. (in Chinese).
- [14] ALBRECHT M H, VOGL T J, MARTIN S S, et al. Review of clinical applications for virtual monoenergetic dual-energy CT[J]. *Radiology*, 2019, 293(2): 260-271. DOI:10.1148/radiol.2019182297.
- [15] MEGIBOW A J, KAMBADAKONE A, ANANTHAKRISHNAN L. Dual-energy computed tomography: Image acquisition, processing, and workflow[J]. *Radiologic Clinics of North America*, 2018, 56(4): 507-520. DOI:10.1016/j.rcl.2018.03.001.
- [16] 刘秀丽, 张戟风, 刘景旺, 等. 能谱 CT 在中央型肺癌伴阻塞性肺不张诊断及放疗定位中应用价值[J]. *CT 理论与应用研究*, 2023, 32(4): 509-514. DOI:10.15953/j.ctta.2022.164.
- LIU X L, ZHANG J F, LIU J W, et al. The value of spectral CT in differential diagnosis and radiotherapy localiation of central lung cancer with obstructive atelectasis[J]. *CT Theory and Applications*, 2023, 32(4): 509-514. DOI:10.15953/j.ctta.2022.164. (in Chinese).
- [17] 杨创勃, 于楠, 马光明, 等. 能谱 CT 最佳单能量图像联合 MPR 在腰骶部周围神经检查中的应用[J]. *影像诊断与介入放射学*, 2020, 29(5): 356-360.
- YANG C B, YU N, MA G M, et al. Value of dual-energy spectral CT at optimal energy level with multiplanar reformation for diagnosing lumbosacral peripheral neuropathy[J]. *Diagnostic Imaging & Interventional Radiology*, 2020, 29(5): 356-360. (in Chinese).
- [18] NAGAYAMA Y, NAKAURA T, ODA S, et al. Dual-layer DECT for multiphasic hepatic CT with 50 percent iodine load: A matched-pair comparison with a 120 kVp protocol[J]. *European Radiology*, 2018, 28(4): 1719-1730. DOI:10.1007/s00330-017-5114-3.

The Application Value of Monoenergetic Imaging on Dual-layer Spectral Detector Computed Tomography in Dacryocystography

NING xianying, HU Liu, FAN Wenliang, YU Jianming, LEI Ziqiao[✉]

Department of Radiology, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology/Hubei Province Key Laboratory of Molecular Imaging, Wuhan 430022, China

Abstract: Objective: This study aimed to explore the value of monoenergetic imaging using dual-layer spectral detector computed tomography (CT) for dacryocystography. Methods: Dacryocystography was performed in patients with clinically suspected lacrimal duct obstruction using a Philips IQon dual-layer spectral detector CT. The objective evaluation included the signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) of each monoenergetic image, subjective rating of image quality, and the site and degree of lacrimal duct obstruction. Results: The SNR and CNR of 50 keV images was 9.76 ± 13.44 and 10.24 ± 13.88 , respectively, which were significantly lower than that of 70~200 keV images. The subjective scores for 50 keV and conventional image quality were (5, 5) and (4, 5), respectively, indicating good consistency in subjective scores among radiologists. Conclusion: The SNR and CNR of CT dacryocystography increased significantly at 50 keV.

Keywords: spectral CT; mono energetic imaging; dacryocystography



作者简介: 宁先英, 女, 华中科技大学硕士, 武汉协和医院放射科主管技师, 主要从事 CT 技术工作, E-mail: ningxianying@163.com; 雷子乔[✉], 男, 武汉协和医院放射科技师长, 华中科技大学教授、博士研究生导师, 主要研究方向为 CT、MR、DSA 技术, E-mail: leiziqiaowhuh@163.com