

Spectral CT different concentration of contrast media in application of pulmonary angiography: Comparative study

ZHAO Yong-xia^{1,2}, CHANG Jin^{1*}, ZUO Zi-wei², ZHANG Chang-da², ZHANG Tian-le²

(1. School of Precision Instrument and Opto-electronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding 071000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the value of low concentration of contrast media with energy spectral CT on CT pulmonary angiography. **Methods** Totally 150 patients with body mass index from 22 kg/m² to 23 kg/m² underwent spectral CT and were divided into A—E groups. The contrast media concentration were 320 mgI/ml in A group, 256 mgI/ml in B group, 192 mgI/ml in C group, 160 mgI/ml in D group, 128 mgI/ml in E group. and the total contrast media were 0.4 ml/kg body weight. The 0.625 mm slice thickness of optimal monochromatic images were obtained, VR, MIP and MPR were created to show the pulmonary angiography respectively. The CT value and standard deviation were measured at the pulmonary angiography, the erector muscle of spine and the fat of chest wall, SNR and CNR were calculated. The overall imaging quality was evaluated by two radiologists. **Results** The SNR of A—E groups were 23.61±3.72, 22.18±3.13, 22.17±2.91, 21.87±2.53, 21.72±2.82 (all $P>0.05$) and the CNR was 26.35±4.12, 26.08±3.79, 25.53±3.82, 24.85±3.22, 24.68±3.56 (all $P>0.05$). Score of imaging quality of A—E groups were 4.53±0.81, 4.45±0.78, 4.46±0.75, 4.38±0.79, 4.41±0.57 (all $P>0.05$). Consistency of two radiologists in evaluation on image quality of 5 groups were good. **Conclusion** Contrast media concentration could be reduced in the best monochromatic images of spectral CT. Contrast media of 128 mgI/ml and injection total amount of 0.4ml/kg body weight are recommended.

[Key words] Contrast media; Angiography; Radiation dosage; Image quality

能谱 CT 不同浓度对比剂增强扫描肺动脉成像对比

赵永霞^{1,2}, 常津^{1*}, 左紫薇², 张畅达², 张天乐²

(1. 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 天津 300072; 2. 河北大学附属医院放射科, 河北保定 071000)

[摘要] **目的** 探讨能谱 CT 低浓度对比剂增强扫描在肺动脉成像中的临床应用价值。 **方法** 体质量指数为 22~23 kg/m² 的 150 例患者分为 A~E 共 5 组并分别接受 CT 肺动脉造影, 扫描采用能谱扫描模式, 患者注射对比剂总量为 0.4 ml/kg 体质量。5 组患者注射对比剂浓度分别为 A 组 320 mgI/ml, B 组 256 mgI/ml, C 组 192 mgI/ml, D 组 160 mgI/ml, E 组 128 mgI/ml。扫描结束获得 0.625 mm 层厚的肺动脉最佳对比度噪声比(CNR)单能量 keV 图像, 用此单能量 keV 图像对肺动脉行 VR、MIP、MPR。测量 5 组图像中肺动脉和相同层面背部肌肉竖脊肌及胸壁脂肪的 CT 值及其标准差, 计算 SNR 及 CNR 并取平均值, 并由 2 名高年资医师盲法对 5 组图像的质量进行评分。 **结果** A~E 组 SRN 分别为 23.61±3.72、22.18±3.13、22.17±2.91、21.87±2.53、21.72±2.82 (P 均 >0.05), CNR 分别为 26.35±4.12、26.08±3.79、25.53±3.82、24.85±3.22、24.68±3.56。A~E 组图像质量的评分分别为 4.53±0.81、4.45±0.78、4.46±0.75、4.38±0.79、4.41±0.57 (P 均 >0.05)。2 名医师对 A~E 组肺动脉图像质量评价的一致性良好。 **结论** 应用能谱 CT 扫描中的最佳单能量 keV 进行 CTPA 检查可显著降低对比剂使用浓度, 推荐使用的对比剂浓度为 128 mgI/ml, 注射

[基金项目] 河北大学 2014 年国家级大学生创新创业训练项目(2014104)。

[作者简介] 赵永霞(1974—), 男, 河北石家庄人, 硕士, 副主任技师。研究方向: 医学影像技术学。E-mail: zyx_zyx999@163.com

[通讯作者] 常津, 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 300072。E-mail: jinchang@tju.edu.cn

[收稿日期] 2014-02-18 **[修回日期]** 2014-06-17

总量为 0.4 ml/kg 体质量。

[关键词] 对比剂;血管造影术;辐射剂量;影像质量

[中图分类号] R563.5; R814.42 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2014)08-1234-04

近年来能谱 CT 在临床的应用广泛^[1-3]。能谱 CT 可在 0.5 ms 内瞬时完成高低能量切换,通过投影数据空间的分析,在 40~140 keV 范围内实现 101 个单能量图像重建^[4],并利用其分析软件获得血管和周围组织的最佳对比度噪声比(contrast to noise ratio, CNR)曲线,有效地显示血管与周围组织之间对比度最佳的单能量 keV 值。CT 肺动脉成像(CT pulmonary angiography, CTPA)是诊断肺动脉栓塞的主要影像学方法,但 CTPA 检查需要高浓度碘对比剂以维持肺动脉内碘的浓度。而高浓度对比剂的使用会增加对比剂肾病(contrast media induced nephropathy, CIN)的发生率^[5-6],因此,本研究旨在探讨低浓度对比剂能谱 CT 扫描在 CTPA 中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集本院 2013 年 1 月—2013 年 11 月临床怀疑肺动脉栓塞并接受 CTPA 的患者 150 例,其中男 88 例,女 62 例,年龄 19~76 岁,平均(53±7)岁,主要临床症状为呼吸困难、发绀。将上述患者采用随机数字表法分为 5 组(A 组、B 组、C 组、D 组、E 组),每组 30 例。纳入标准:意识清楚,无碘过敏史,无心、肝、肾等重要脏器衰竭,体质量指数 22~23 kg/m²。本研究经医学伦理委员会批准,所有患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器 采用 GE Discovery CT 750 HD 扫描仪及 AW 4.5 工作站。EZEM 双筒高压注射器。

1.2.2 检查方法 采用宝石能谱扫描(gemstone spectral imaging, GSI)模式进行肺动脉血管造影,自主动脉弓顶部至横膈部的 260~320 mm。管电压为 140 kVp 和 80 kVp 的瞬时(0.5 ms)切换,自动管电流调节,螺距 0.984,机架旋转时间 0.5 秒/周,层厚、层间距均为 0.625 mm,FOV 50 cm×50 cm。

1.2.3 对比剂注射方案 采用碘佛醇(320 mgI/ml),对比剂注

射总量均为 0.4 ml/kg 体质量。5 组患者注射对比剂浓度:A 组为 320mgI/ml, B 组为 256 mgI/ml(80%对比剂+20%生理盐水混合液), C 组为 192 mgI/ml(60%对比剂+40%生理盐水混合液), D 组为 160 mgI/ml(50%对比剂+50%生理盐水混合液), E 组为 128 mgI/ml(40%对比剂+60%生理盐水混合液);注射速率均为 3.5 ml/s,注射完毕后追加注射 50 ml 生理盐水。扫描采用触发方式,将 30 mm² ROI 设置于肺动脉主干处,当 ROI 内的 CT 值达 50 HU 时进行触发扫描。

1.3 图像重建与影像质量分析 扫描结束后将 0.625 mm GSI 肺动脉期原始图像传至 AW 4.5 工作站,应用 GSI 分析软件获得肺动脉与同一层面背部竖脊肌的最佳 CNR 曲线(图 1),根据此曲线获得显示肺动脉图像最好的最佳单能量 keV 数值,用此最佳单能量 keV 数值的图像在 refromt 界面进行肺动脉 VR、MIP 及 MPR。

1.3.1 SNR 及 CNR 计算 将最佳单能量 keV 数值的肺动脉图像传至 AW 4.5 工作站 VIEWER 界面,将图像位置放置在显示肺动脉最佳层面,用(20±2)mm²的 ROI 测量肺动脉和相同层面竖脊肌及胸壁脂肪的平均 CT 值及标准差(图 2),计算其 SNR 及 CNR。SNR = CT_{肺动脉}/SD_{肺动脉}, CNR = (CT_{肺动脉} - CT_{竖脊肌})/SD_{胸壁脂肪},其中 CT_{肺动脉} 是肺动脉的 CT 值,

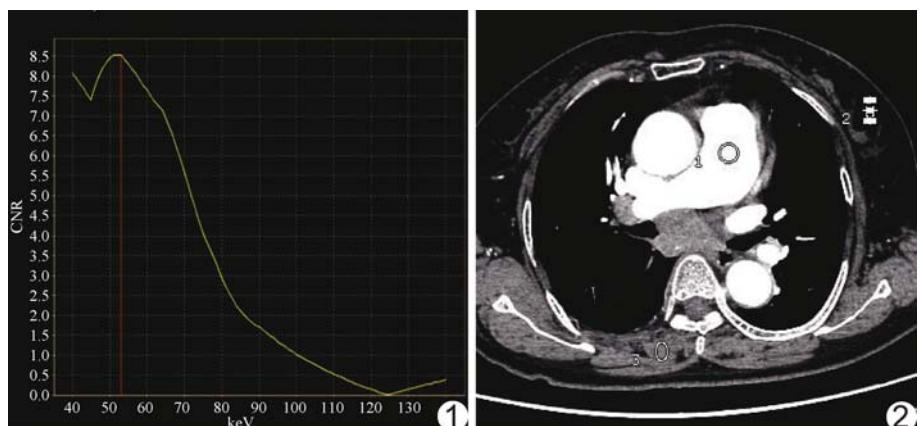


图 1 最佳 CNR 曲线 可以显示最佳肺动脉图像的单能量 keV,用此最佳单能量 keV 图像重建出肺动脉的 MIP、MPR 及 VR 图像 图 2 计算 SNR 及 CNR 取值示意图 用(20±2)mm²的 ROI 测量肺动脉和相同层面竖脊肌及胸壁脂肪的平均 CT 值及标准差,用于计算 SNR 及 CNR

SD_{肺动脉} 为肺动脉 CT 值的标准差, CT_{竖脊肌} 为竖脊肌的 CT 值, SD_{胸壁脂肪} 为胸壁脂肪 CT 值的标准差。

1.3.2 主观评价 由 2 名高年资医师评价不同浓度对比剂所得肺动脉的 VR、MIP 及 MPR 图像质量, 采用双盲 5 分值评价法^[7]。5 分, 肺动脉清晰锐利, 与周围组织界限清晰可辨, 可显示肺动脉第 4 级属支; 4 分, 肺动脉边缘较锐利, 显示清晰, 与周围组织对比明显, 能显示肺动脉第 3 级属支; 3 分, 肺动脉较清晰, 与周围组织分辨较锐利, 能显示肺动脉第 2 级属支; 2 分, 肺动脉显示较差, 与周围组织对比较差, 仅显示肺动脉第 1 级属支; 1 分, 肺动脉显示模糊, 与周围组织分界不清, 仅能显示肺动脉主干。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计分析软件。对 5 组患者年龄、性别、体质量指数以及 SNR、CNR 数值和 2 名专家评分值进行单因素方差分析, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。2 名医师对不同浓度对比剂所得图像评价的一致性程度评估采用 Kappa 检验。Kappa 值 > 0.75 为一致性较好; Kappa 值在 $0.40 \sim 0.75$ 之间为一致性一般; Kappa 值 < 0.40 为一致性较差。

2 结果

2.1 患者一般资料 5 组患者年龄、性别、体质量指数、扫描范围的差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)。

2.2 图像质量

2.2.1 图像客观评价指标 5 组图像的 SNR、CNR 差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05 , 表 1)。

表 1 不同浓度对比剂所得图像的 SNR 及 CNR 及 2 位医师对图像评分值

组别	SNR	CNR	评分值(分)
A 组	23.61±3.72	26.35±4.12	4.53±0.81
B 组	22.18±3.13	26.08±3.79	4.45±0.78
C 组	22.17±2.91	25.53±3.82	4.46±0.75
D 组	21.87±2.53	24.85±3.22	4.38±0.79
E 组	21.72±2.82	24.68±3.56	4.41±0.57

2.2.2 图像质量主观评分值 5 组肺动脉图像的清晰度、锐利度及分支显示清晰、诊断明确。2 名医师对 5 组图像的评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$, 表 1, 图 3~7)。

2.3 不同医师对图像评价的一致性程度评估 2 名医师对 5 组肺动脉图像质量评价的一致性较好 (Kappa=0.86)。

3 讨论

CTPA 是临床诊断肺动脉栓塞的主要检查方法。随着碘对比剂应用的增多, 对比剂肾病的问题也引起关注, 对比剂肾病的发生可能与碘对比剂的高渗透压、对肾小管内皮的毒性以及对比剂本身的黏度过大等有关^[6]。预防对比剂肾病的关键因素是限制对比剂浓度

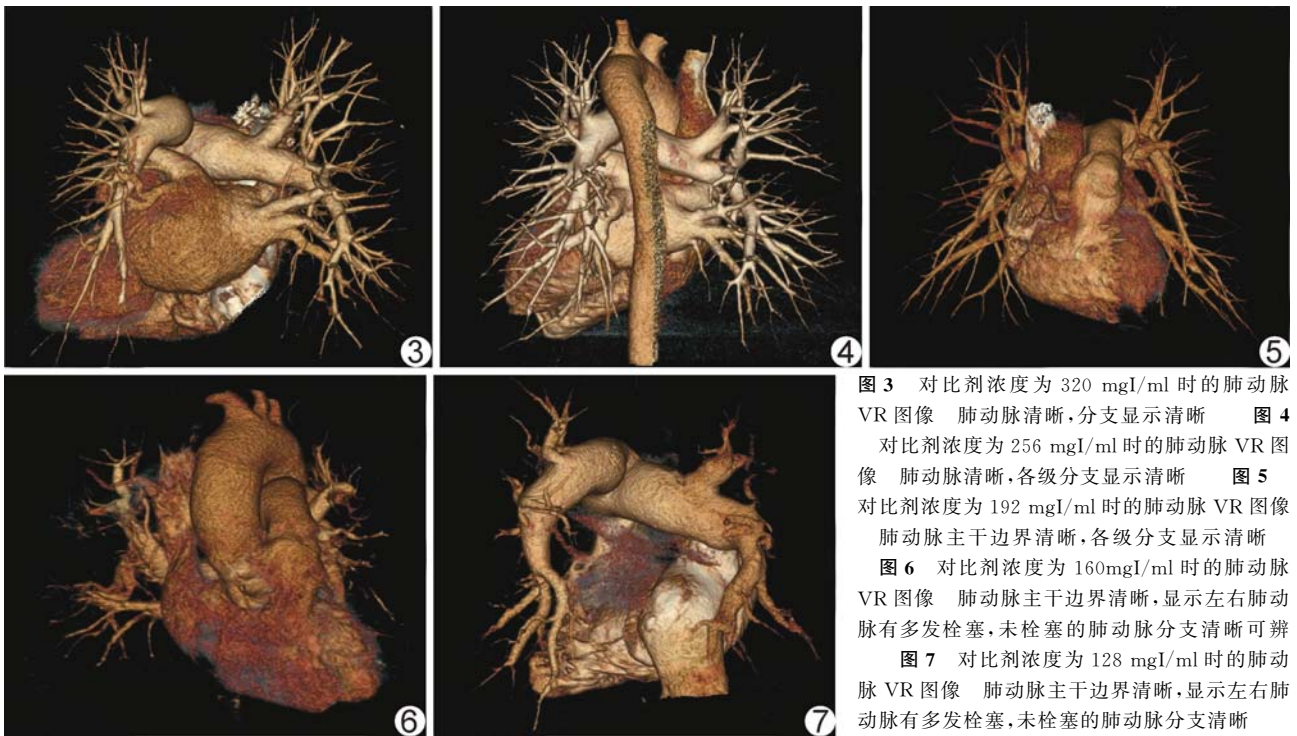


图 3 对比剂浓度为 320 mgI/ml 时的肺动脉 VR 图像 肺动脉清晰, 分支显示清晰 图 4 对比剂浓度为 256 mgI/ml 时的肺动脉 VR 图像 肺动脉清晰, 各级分支显示清晰 图 5 对比剂浓度为 192 mgI/ml 时的肺动脉 VR 图像 肺动脉主干边界清晰, 各级分支显示清晰 图 6 对比剂浓度为 160mgI/ml 时的肺动脉 VR 图像 肺动脉主干边界清晰, 显示左右肺动脉有多发栓塞, 未栓塞的肺动脉分支清晰可辨 图 7 对比剂浓度为 128 mgI/ml 时的肺动脉 VR 图像 肺动脉主干边界清晰, 显示左右肺动脉有多发栓塞, 未栓塞的肺动脉分支清晰

和剂量,但 CTPA 时为了得到高质量图像必须用高浓度碘对比剂来维持血管内碘剂的浓度,与减少对 CIN 发生率的因素相悖。这一矛盾亟待解决。

普通 CT 扫描产生的是一束连续能量的 X 线束,高管电压时以康普顿散射为主,低管电压时以光电吸收为主,当混合能量的 X 线束穿过人体时,空气及人体皮肤会先将低 kV 射线吸收,射线束平均能量上升,射线硬化,产生线束硬化伪影。为减少硬化伪影对肺动脉影像的影响,增加肺动脉与周围组织间的对比度,只能通过增加对比剂浓度、对比剂注射总量和注射速率来弥补。

能谱 CT 可在 0.5 ms 内瞬时完成高低能量切换,重建出 101 个单能量 keV 图像^[8-10]。利用其分析软件获得肺动脉和周围组织的最佳 CNR 曲线,此曲线能够清晰显示肺动脉血管与周围组织之间对比度最佳的单能量 keV 值,利用此最佳单能量 keV 的图像可以重建出最佳的肺动脉图像。本研究显示肺动脉最佳单能量 keV 为 51~55 keV,该较低的能量范围主要与人体组织发生光电效应,能增加肺动脉和周围组织之间的对比度,提高图像的清晰度,继而可以减少对比剂的浓度和剂量。能谱 CT 成像中的多组单能量图像可以使医师方便选择不同单能量图像以便更好地观察组织细节,可以更清晰地显示肺动脉主干及其分支。本研究显示通过能谱 CT 扫描最佳单能量 keV 肺动脉成像,对比剂浓度为 320、256、192、160、128 mgI/ml 时所得肺动脉图像质量差异无统计学意义,提示能谱 CT 扫描最佳单能量 keV 成像可以大大降低 CTPA 对比剂的浓度,从而可以降低对比剂肾病的发生率。随着对比剂浓度的降低,图像质量在主观评价方面有所下降,但不影响对肺动脉各级分支的观察,不影响对肺动脉疾病的诊断。

本研究的局限性:①每组的例数较少,未进行更大样本的研究;②未对能谱 CT 肺动脉成像和普通 CT

肺动脉成像的辐射剂量进行比较。

能谱 CT 扫描最佳单能量 keV 在肺动脉成像中具有很大优势,可以大大降低对比剂使用浓度,推荐使用对比剂浓度为 128 mgI/ml,注射总量为 0.4 ml/kg 体质量。

[参考文献]

- [1] Matsumoto K, Jinzaki M, Tanami Y, et al. Virtual monochromatic spectral imaging with fast kilovoltage switching: Improved image quality as compared with that obtained with conventional 120-kVp CT. *Radiology*, 2011,259(1):257-262.
- [2] Lee YH, Park KK, Song HT, et al. Metal artefact reduction in gemstone spectral imaging dual-energy CT with and without metal artefact reduction software. *Eur Radiol*, 2012,22(6):1331-1340.
- [3] Zhao LQ, Wen H, Li JY, et al. Improving image quality in pulmonary angiography with spectral CT imaging. *Eur J Radiol*, 2012,81(8):1677-1681.
- [4] Lv P, Lin XZ, Li J, et al. Differentiation of small hepatic hemangioma from small hepatocellular carcinoma: Recently introduced spectral CT method. *Radiology*, 2011,259(3):720-729.
- [5] Stacul F1, van der Molen AJ, Reimer P, et al. Contrast induced nephropathy: Updated ESUR Contrast Media Safety Committee guidelines. *European Radiology*, 2011,21(12):2527-2541.
- [6] Thomsen HS. Recent hot topics in contrast media. *Eur Radiol*, 2011,21(3):492-495.
- [7] Behrendt FF, Schmidt B, Plumhans C, et al. Image fusion in dual energy computed tomography: Effect on contrast enhancement, signal-to-noise ratio and image quality in computed tomography angiography. *Invest Radiol*, 2009,44(1):1-6.
- [8] 张晓鹏. 探索的精神与乐趣——CT 能谱成像临床应用研究中的思考. *中华放射学杂志*, 2011,45(8):709-712.
- [9] 胡莹莹,孙宏亮,王玉丽,等. 采用低管电压技术和低剂量对比剂行 256 层螺旋 CT 头颈部动脉成像的可行性. *中国医学影像技术*, 2012,28(7):1396-1440.
- [10] 刘建新,孙红霞,唐光健,等. 多层螺旋 CT 低剂量对比剂肺动脉成像. *中国医学影像技术*, 2006,22(7):1012-1014.

消 息

《中国介入影像与治疗学》网站的域名为 www. cjiit. com, 作者投稿请登录本刊网站(www. cjiit. com)主页, 点击左上角“作者登录”进入, 第一次投稿需完成作者注册; 专家审稿请点击“审稿登录”进入。

为了便于广大作者、读者查阅本刊文献, 本站提供从 2004 年起的过刊全文检索, 现刊摘要检索。