

能谱 CT 支气管动脉成像在中央型肺癌中的应用价值

周智越 曹绍东 韩 东 王可铮 张 同

摘 要 **目的** 探讨能谱 CT 支气管动脉成像在中央型肺癌中的应用价值,为其临床治疗提供理论依据。**方法** 对 53 例中央型肺癌患者影像资料进行分析。全部患者应用能谱 CT 进行胸部增强检查,再利用容积再现 (VR),多平面重组 (MPR)、最大密度投影 (MIP) 等技术对 140kVp 混合能量 (quality check, QC) 图像和最佳单能量 (optimal keV) 图像进行二维、三维重建,分别比较两组图像的支气管动脉 CT 值,信号噪声比 (SNR) 及对比噪声比 (CNR),另请两位高年资影像科医师对图像质量进行评分。**结果** 53 例患者的最佳单能量值在 (55 ~ 63) keV 区间,多数位于 58keV;与 QC 图像比较,其 CNR、SNR 和支气管动脉 CT 值更高,二者比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。另外,最佳单能量图像的支气管动脉主观质量评分同样高于 QC 图像 ($P < 0.05$)。**结论** 能谱 CT 单能量成像可以为支气管动脉提供更丰富、精准的影像学资料,为中央型肺癌的介入治疗提供更丰富的理论支持。

关键词 能谱 CT 单能量图像 支气管动脉 CT 血管造影 介入治疗

中图分类号 R445.3

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2019.08.033

Application Value of Gemstone Spectral CT Bronchial Artery Imaging in Central Lung Cancer. Zhou Zhiyue, Cao Shaodong, Han Dong, et al. Department of Radiology, The Fourth Affiliated Hospital, Harbin Medical University, Heilongjiang 150001, China

Abstract **Objective** To explore the application value of Gemstone spectral CT bronchial artery imaging in central lung cancer, and provide theoretical basis for its clinical treatment. **Methods** The imaging data of 53 patients with central lung cancer were analyzed. All patients were treated with Gemstone spectral CT for chest enhancement examination, and the 140kVp mixed energy (quality check, QC) images and the optimal keV images were reconstructed by using volume rendering (VR), multi-planar recombination (MPR) and maximum density projection (MIP). We compared the bronchial artery CT values, signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) of the two groups of images. Two senior digital imaging physicians were also asked to rate the image quality. **Results** The optimal keV value of 53 patients was in the range of (55 - 63) keV, and most of them were at 58keV. The SNR, CNR and bronchial artery CT values were higher compared to QC images. There was a statistically significant difference between the two groups ($P < 0.05$). In addition, the subjective quality score of the bronchial artery in the optimal keV image was also higher than that in the QC image ($P < 0.05$). **Conclusion** Gemstone spectral CT single-keV imaging can provide more abundant and accurate imaging data for bronchial artery, and provide more help for the interventional treatment of central lung cancer.

Key words Gemstone spectral CT; Single-keV image; Bronchial artery; CT angiography; Interventional therapy

目前,对于无法采用外科切除病灶的中央型肺癌患者,越来越多的临床医生倾向于采用对支气管动脉 (bronchial artery, BA) 进行超选择插管灌注化疗药等方法予以治疗,获得良好效果^[1,2]。因此,在术前对其进行良好的 CT 成像对制定诊疗方案就显得尤为重要。但是支气管动脉非常纤细且解剖变异较大,有时常规 CT 对其成像欠佳,而能谱 CT 的单能量成像可提高不同组织间的对比度,改善和提升支气管动脉的显示^[3]。因此,通过简要分析能谱 CT 在中央型肺

癌支气管动脉成像中的应用价值,希望可以为临床治疗提供更丰富、更精确的影像学依据。

资料与方法

1. 一般资料:搜集 2017 年 4 月 ~ 2018 年 8 月在笔者医院诊疗的中央型肺癌患者 53 例,所有患者均行手术或支气管镜病理证实,其中男性 33 例,女性 20 例,患者年龄 36 ~ 85 岁,平均年龄 61.8 ± 12.1 岁。包括鳞状上皮癌 37 例,小细胞癌 6 例,大细胞癌 2 例,腺癌 8 例。

2. 扫描参数:应用美国 GE 公司宝石能谱 CT (Discovery CT750 HD) 对 53 例患者进行胸部增强 CT 检查,采用 GSI 扫描技术,范围从锁骨上缘至膈下。扫描参数:80kVp、140kVp 高低电压瞬时切换,管电流 550mA,机架旋转时间 0.5s,螺距 1.375:1,扫描层厚

作者单位:150001 哈尔滨医科大学附属第四医院放射科(周智越、曹绍东、韩东、张同);150001 哈尔滨医科大学附属肿瘤医院 PET-CT/MR 中心(王可铮)

通讯作者:张同,电子信箱:zt415@sina.com

度 5mm,扫描视野范围 50cm。以 1.2ml/kg 的剂量注射造影剂碘海醇(350mgI/ml),流速选择 4.0ml/s,并用 0.9% 氯化钠溶液 40ml 冲管。将感兴趣区(region of interest,ROI)设置在气管隆突水平的胸主动脉,并作为监测位置,使用对比剂智能跟踪技术来确定扫描的起始时间。当阈值达到 150HU 时直接触发扫描。

3. 后处理图像:检查完成后,可先后获得重建间隔和层厚均为 0.625mm 的 QC 图像和系统默认选择的动脉期 70keV 单能量图像,后者产生从(40~140)keV 之间 101 个不同单能量图像,传送两组原始数据到 GE AW4.5 后处理电脑,运用 GSI Viewer 软件包中的 Optimal CNR 软件对 70keV 单能量图像进行分析。在 BA 中心及其同层胸壁肌肉分别先后放置 ROI,直接分析获得 BA 成像最佳的单能量(keV)值,之后重建层间隔和层厚均为 0.625mm 的该单能量图像。将最佳 keV 图像及 QC 图像应用 AW4.5 工作站,分别通过容积显像(VR),最大密度投影(MIP)以及多平面重建(MPR)等二维及三维重建技术进行观察、识别及测量。

4. BA 识别及测量:(1)BA 解剖分型:沿用 Morita 的分型方法^[4]:I 型:右侧 BA 起源于右侧肋间动脉;II 型:右侧 BA 起源于主动脉;III 型:左、右侧 BA 共干并起源于主动脉;IV 型:左侧 BA 起源于主动脉;V 型:左侧 BA 起源于左侧肋间动脉;VI 型:左、右侧 BA 起源于其他动脉。(2)BA 在主动脉开口位置:参考于红等^[5]分段方法,在主动脉的横轴位图像上,将主动脉壁沿横向和纵向平均分成 4 部分,沿逆时针方向记录为右前侧壁(a 段)、右后侧壁(b 段)、左后侧壁(c 段)、左前侧壁(d 段),并分别记录两侧 BA 在胸主动脉上的开口位置。(3)BA 横径测量:选取距离在主动脉开口处发出后 10mm 范围内的 BA 管径,在 MPR 像测量随机选择的 3 个不同角度的横径,计算其均值,对于起源于肋间动脉的 BA,测量横径的位置选择从共干分出之后 BA 的开口部位。

5. 客观图像质量评分:在最佳 keV 图像及 QC 图像上,分别在 BA 中心、同层胸壁肌肉、同层胸壁皮下脂肪层搁置 ROI,BA 的 ROI 选择在其距离起源位置 10mm 范围内,获得各个部位的 CT 值,并计算图像 SNR 及 CNR,分别利用公式 $SNR = CT_1 / SD_{\text{噪声}}$, $CNR = (CT_1 - CT_2) / SD_{\text{噪声}}$ 。其中 CT_1 为支气管动脉 CT 值; CT_2 为同层胸壁肌肉的 CT 值; $SD_{\text{噪声}}$ 为同层平均噪声,本研究通过选择 3 处同层胸壁皮下脂肪层 ROI 的 CT 值来获得 $SD_{\text{噪声}}$ 。

6. 主观图像质量评分:由两位高年资的影像医生

运用双盲法分析比较 BA 显示情况。采用 5 分制目测分别评分最佳 keV 图像及 QC 图像的辨识度。评分标准:5 分为血管成像优良,边缘锐利;4 分为血管显示尚好,边界欠清楚;3 分为血管显示一般,尚可进行评分;2 分血管显示浅淡,边缘不清楚;1 分为血管显示模糊,无法评分。3 分及以上视为有诊断价值,2 分以下视为不能用于诊断。

7. 统计学方法:采用 SPSS 19.0 统计学软件对数据进行统计分析,计量数据用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示;两样本间比较应用 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义;主观评分一致性运用 kappa 检验,kappa 值 > 0.75 为一致性良好。

结 果

1. BA 显示结果:本组 53 例患者,最佳 keV 图像组全部显示,QC 图像组显示 45 例;最佳 keV 图像组总共呈现 BA 118 支,右侧 66 支,左侧 52 支。

2. 最佳单能量值:应用 Optimal CNR 技术分析全部患者的 70keV 影像数据,获得 BA 显示最佳的单能量值区间为(55~63)keV,多数位于 58keV(84.9%, 44/53),详见图 1。

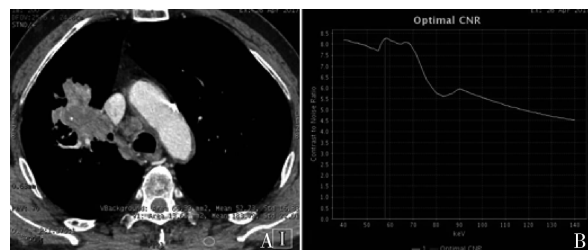


图 1 某患者的能谱 CT 横轴位检查图像及最佳对比噪声比图像

A. 在 70keV 横轴位图像中选取 BA 和同层胸壁肌肉 ROI 的位置;

B. 其经分析获得具有最佳 CNR 的单能量值为 58keV

3. BA 解剖分型:本组 53 例患者中,右侧 BA 最常见分型为 I 型,占 46.9%(31/66),其次为 II 型,占 34.8%(23/66),III 型占 13.6%(9/66),VI 型占 4.5%(3/66);左侧 BA 最常见分型为 IV 型,占 67.3%(35/52),III 型占 17.3%(9/52),V 型占 9.6%(5/52),VI 型占 5.7%(3/52)。

4. BA 开口部位:将双侧分别开口于主动脉的 BA 解剖分类作为目标血管,右侧 BA 23 支,左侧 BA 35 支。经观察发现右侧 BA 开口于 a 段占 43.4%(10/23),开口于 b 段占 26.1%(6/23),开口于 d 段占 30.4%(7/23),未见开口于 c 段;左侧 BA 开口于 a 段占 37.1%(13/35),开口于 b 段占 2.8%(1/35),

开口于 c 段占 8.5% (3/35), 开口于 d 段占 51.4% (18/35)。

5. 肺癌侧 BA 与其对侧 BA 管径对比分析: 右侧肺癌 BA 较其左侧 BA 可见明显增粗 (2.23 ± 0.35 , 1.44 ± 0.16 , $t = 8.243$, $P < 0.05$); 左侧肺癌 BA 较其右侧 BA 亦可见明显增粗 (1.88 ± 0.25 , 1.46 ± 0.12 , $t = 6.531$, $P < 0.05$)。

6. 最佳 keV 图像组与 QC 图像组对比分析: 通过统计分析对比两组图像的支气管动脉 CT 值、SNR 及

CNR, 结果发现最佳 keV 图像的 3 组数据均明显高于 QC 图像, 二者之间比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 在图像质量评比中, 两位医生之间的 BA 成像质量评分有较好的一致性, 检验得出: 最佳 keV 图像组的 $kappa$ 值 = 0.89, QC 图像组的 $kappa$ 值 = 0.86。采用两位医生评分结果的平均分进行比较, 检验显示 BA 在最佳 keV 图像中显示更清晰, 连续性更好, 两者比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 详见表 1 和图 2。

表 1 最佳 keV 图像组与 QC 图像组支气管动脉 CT 值、SNR、CNR 及主观评分对比结果

组别	CT ₁ (HU)	SNR	CNR	主观评分
最佳单能量组	263.24 ± 54.65	26.31 ± 7.45	21.68 ± 8.29	4.64 ± 0.57
混合能量组	201.61 ± 33.03	17.84 ± 6.23	14.09 ± 5.86	3.97 ± 0.82
<i>t</i>	3.94	5.37	4.46	2.13
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05

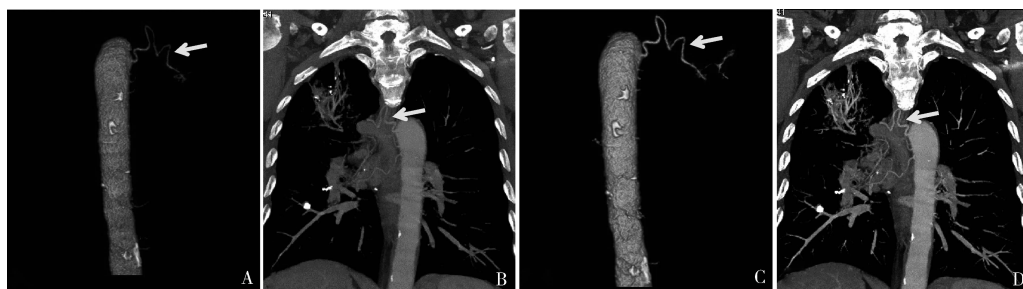


图 2 患者支气管动脉混合能量图像与最佳单能量图像

患者, 男性, 77 岁, 右肺上叶中央型肺癌。4 幅图为同一患者两组不同成像模式下的图像, 箭头所指的是其肺癌的供血 BA。

A、B. 140kVp 混合能量图像的 VR、MIP 像; C、D. 最佳单能量图像的 VR、MIP 像

讨 论

1. BA 的解剖及临床意义: 肺部是由肺实质和肺间质构成, 肺间质包含血管, 肺实质包含各段支气管, 而它的滋养动脉就是来自于肺间质的支气管动脉, 其管径非常细小, 发源部位及支数变异较丰富, 右侧 BA 常见从右肋间后动脉发出, 左侧 BA 多数起源于主动脉弓降部, 而异位起源的 BA 可来自于头臂干、内乳动脉、腹主动脉、锁骨下动脉等^[6]。本组病例中有 46.9% (31/66) 的右侧 BA 起源于右侧肋间动脉, 67.3% (35/52) 的左侧 BA 起源于主动脉弓降部, 此观点与孙厚长等^[7]报道结果相近。

中央型肺癌是典型的依靠动脉供血的病变, 支气管动脉为其供血血管这一观点被当前多数研究者普遍认同, 表现为管径增粗迂曲, 分支数目增多, 构成肿瘤的微血管网结构, 本组病例肺癌侧 BA 较对侧 BA 明显增粗的结果也与文献报道相符^[8-11]。近年来, 随着介入治疗领域医学技术的迅猛发展, 许多无法手

术切除的中晚期肺癌患者通过选择性经导管介入支气管动脉灌注化疗药或栓塞治疗方法, 取得了良好的临床治疗效果^[2, 12, 13]。但是由于 BA 的起源部位、走行、数目变异非常多, 对临床治疗中寻找并准确导管介入造成困难, 延长射线照射时间, 对患者及术者造成多余的 X 线伤害。由于 90% 脊髓的血液来自肋间动脉, 对于从该血管发出 BA 的患者, 如果误插管进入肋间动脉注入化疗或栓塞药, 轻者会导致相应支配区疼痛, 重者会造成该节段脊髓受损而带来的肢体活动障碍^[3]。因此, 在对肺癌导管介入治疗前, 对 BA 行 CTA 检查以充分明确其起源、数目、开口位置、管径大小, 可有助于术者选择合适的导管及栓塞材料, 有利于缩短手术时间、降低手术风险、减少造影剂用量和不必要的辐射剂量, 并可规避漏掉多支供血血管, 减少二次治疗所带来的弊端。

2. DSA 及传统 CT 观察 BA 的局限性: DSA 作为评价 BA 的金标准, 其具有较高的图像分辨率。但是

作为一种侵袭性检查方法,检查时间长、对比剂剂量大、费用高、创伤性明显、图像缺乏立体感、超选择插管困难、对肿瘤的全部供血血管无法仅通过一次造影就能全面显示,这些一直是其临床应用的短板。

由于 CT 成像方法的成熟与进步,开辟了对血管造影无创伤的检查手段,这就是多层螺旋 CT (MSCT) 血管造影,其快速、便捷、费用低、无创等特点普遍被临床及影像科医生所认可,并且能够同时展现所有肺癌相关动脉的解剖信息,规避了 DSA 有可能遗漏多支血管的不足^[14]。但是传统 MSCT 混合能量的射线会产生硬化伪影,导致成像效果欠佳,并且由于光谱中具有多能级的 X 线的平均效应而降低了低对比度组织间的辨别力^[15]。若想获得更高质量的支气管动脉图像,就要提高对比剂碘含量和注射流速、或者升高管电压和管电流以此增加射线扫描剂量来完成,但是却使图像噪声升高,造成远端纤细的分支显示不佳,而且造影剂碘含量和辐射量升高,也会增加对比剂肾病诱发的概率和电离辐射损伤^[16]。

3. 宝石能谱 CT: 它改进了混合能量 CT 仅能用 CT 值这一种参数服务于影像医生诊断疾病,将 CT 带入了多参数、功能成像时代。相对于运用混合能量射线扫描的常规 CT 而言,其射线发射速度显著提高,余辉效应大幅降低,这些是得益于它的闪烁体与宝石分子构型相似。高速射线和低余辉效应实现了数据采集的高效率,使得能在不到 0.5ms 条件下进行 80kVp、140kVp 高低管电压间瞬时切换,可以同时得到高、低能量两种 X 线图像数据。根据这两种数据取得 (40 ~ 140) keV 区间内的 101 组单能量图像,硬化伪影和 CT 值漂移可以在这种更纯粹的单能量条件下得到显著改善,使得图像在某一能量条件下得到更准确的 CT 值^[17]。

4. 单能量成像的优点: 同传统 CT 比较,宝石能谱 CT 的 Optimal CNR 技术可以对各种组织结构和病变给与具有针对性的单能量成像。低单能量值水平下可获得组织对比度较高的图像,高单能量值条件下可得到硬化伪影较少的图像。通过 Optimal CNR 技术,可以得到最佳 CNR、组织结构对比度更好的图像,发现混合能量 CT 无法明确的小病灶及细小支气管动脉分支,进一步提升了肺癌及其供血动脉的早期诊断敏感度及准确性。将本组 53 例 BA 作为目标血管,同层胸壁肌肉作为背景获得最佳单能量下的 BA 图像,使其 CNR 达到最佳,而图像噪声相对较低,其各项数据均优于 QC 图像,这与马光明等^[18]报道结

果相近。葛莹等^[3]证实了 49keV 作为其 42 例病患 BA 的最佳单能量值,其图像质量比混合能量图像清晰,但是它的最佳单能量值与本组研究得到的数值略有差异,可能是由于样本量、地域、性别、体重指数等因素不同有关。魏恒乐等^[19]研究发现,能谱 CT 最佳单能量成像与传统螺旋 CT 比较,可提供质量更佳的下肢动脉图像,并且显著降低 X 线照射量和对对比剂用量。

另外,为肺癌供血的 BA 管径大小不同所应用的介入栓塞治疗方法是不同的,所以,能谱 CT 单能量成像对肺癌的供血动脉能够提供更详细、精准的影像资料,有利于术者选择更合适的导管和栓塞材料,避免选择不当带来的手术时间延长和不必要的电离辐射损伤。

本研究通过应用能谱 CT 扫描及 optimal CNR 后处理技术,证实了显示 BA 的最佳单能量值区间是 (55 ~ 63) keV,该区间适用于本组研究中的全部 BA,与混合能量图像比较,最佳 keV 图像的支气管动脉 CT 值、SNR 及 CNR 显著提升,显示数目更全面,图像质量更好。综上所述,宝石能谱 CT 单能量成像能够很大程度优化图像质量,提供更全面的支气管动脉影像学信息,对于采取介入治疗的中央型肺癌患者,给予更有利的帮助。

参考文献

- 1 贺际宏,房立丽,彭强,等. 640 层 CT 支气管动脉成像在支气管栓塞治疗中的应用价值[J]. 中国伤残医学, 2013, 1: 107
- 2 李多,王文军,孙鼎强,等. 血管介入联合气道介入治疗晚期中央型肺癌中心气道重度狭窄[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2017, 1: 74 - 77
- 3 葛莹,包如意,李智勇,等. 能谱 CT 在中心型肺癌支气管动脉显示中的初步应用[J]. 实用医学杂志, 2014, 14: 2253 - 2255
- 4 Morita Y, Takase K, Ichikawa H, et al. Bronchial artery anatomy: preoperative 3D simulation with multidetector CT [J]. Radiology, 2010, 255(3): 934 - 943
- 5 于红,李惠民,肖湘生,等. 支气管动脉 CT 血管成像三维解剖学研究[J]. 中华放射学杂志, 2006, 40(4): 34 - 37
- 6 韩俊,丁健,杨晓峰,等. 多层螺旋 CT 支气管动脉成像在支气管动脉栓塞治疗大咯血中的应用[J]. 浙江中西医结合杂志, 2015, 10: 972 - 973
- 7 孙厚长,曹国全,王镇章,等. 320 排 CT 在支气管动脉性咯血介入治疗中的临床应用[J]. 实用放射学杂志, 2015, 9: 1511 - 1514
- 8 符传刚,黄世豪,唐永斌. 薄层 CTA 显示支气管动脉对中央型肺癌的临床应用价值[J]. 转化医学电子杂志, 2017, 4(5): 50 - 52
- 9 Fu YF, Li Y, Wei N, et al. Transcatheter arterial chemical infusion for advanced non-small-cell lung cancer: long-term outcome and predictor of survival[J]. La Radiol Med, 2016, 121(7): 605

(转第 99 页)