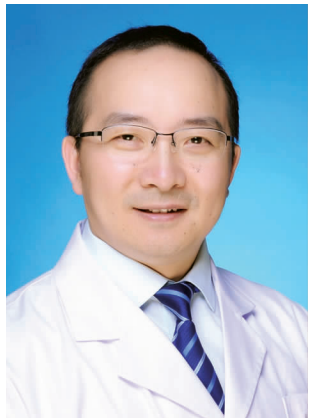


doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2021.09.011

◆ 校庆约稿 ◆



吕发金

专家简介

吕发金(1968 -),男,主任医师,教授,博士研究生导师,重庆医科大学医学影像技术学系主任、附属第一医院放射科主任。中华医学会影像技术分会副主任委员,中国医学救援协会影像分会常务理事,中国民族卫生协会放射学分会常务委员,重庆市医学会影像技术分会主任委员,重庆市医师协会放射医师分会常委兼秘书。长期从事 CT、MRI 检查新技术与规范化诊断、肺小结节的影像诊断、神经系统疾病影像学诊断及子宫影像解剖与影像病理学研究。荣获 2021 年“钱惠教学名师奖”,2020 年第四届国之名医·优秀风范奖,2019 年重庆名医-生命之尊奖,2018 年“重庆市五一劳动奖章”、重庆市优秀医师。

基于正位定位像精准制定胸部低剂量 CT 扫描范围的优势及方法初步研究

梁张瑞,刘香伶,吕发金

(重庆医科大学附属第一医院放射科,重庆 400016)

【摘要】目的:探讨基于正位定位像精准制定胸部低剂量 CT 检查扫描范围的优势。**方法:**选取 590 例行胸部低剂量 CT 检查的患者为研究对象。将所有研究对象均根据棘突制定扫描范围,再按照从肺尖到肺底制定扫描范围,前者记为精准扫描组(A 组),后者记为常规扫描组(B 组)。统计用 A、B 组能够完成全肺扫描的人数;比较 A 组与 B 组之间辐射剂量及扫描层数的差异,并通过受试者工作特征(ROC)曲线分析身体质量指数(BMI)对扫描范围的判断效能,并确定其最佳临界值。**结果:**(1)精准扫描完成全肺扫描的情况:从 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘 489 例(82.9%),从 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘 100 例(16.9%),从 T1 椎棘突上缘到 L2 椎棘突上缘 1 例(0.2%)。(2)精准扫描较常规扫描的优势:A 组辐射剂量较 B 组降低 8.5% ($P < 0.05$);A 组较 B 组扫描层数中位数减少 6.00。(3)根据 BMI 精准制定 CT 扫描范围,AUC 为 0.665(95% CI:0.557~0.774, $P = 0.005$),最佳临界值为 20.85 kg/m²,其灵敏度为 80.7%,特异度为 48.3%。**结论:**BMI 有助于基于正位定位像精准制定胸部低剂量 CT 检查扫描范围,以达到降低辐射剂量的目的。

【关键词】胸部扫描;体层摄影术;X 线计算机;辐射剂量

【中图分类号】R144.1 **【文献标志码】**A

Advantages and methods of accurately determining the scanning coverage of chest low-dose CT based on the thoracic topogram: a preliminary study

LIANG Zhang-rui, LIU Xiang-qian, LV Fa-jin

(Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

【Abstract】 Objective: To explore the advantages of accurately determining the scanning coverage of chest low-dose CT based on the thoracic topogram. **Methods:** The imaging data of 590 patients who underwent chest low-dose CT were collected retrospectively. The scanning coverage of all subjects was set according to the spinous process, and then was set from the lung tip to the lung bottom. The former was recorded as the accurate scanning group (group A) and the latter as the conventional scanning group (group B). The number of patients who could undergo the whole lung scanning in groups A and B were counted respectively. The difference of radiation dose and the number of scanning layers between group A and group B were compared. The performance of body mass index (BMI) in judging the scanning coverage determined according to the spinous process was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curve, and its optimal cut-off value was determined. **Results:** In the accurate scanning group, 489 cases (82.9%) were scanned from the upper edge of

作者简介:梁张瑞(1997 -),女,硕士研究生。E-mail:13384998203@163.com

通讯作者:吕发金。E-mail:fajinlv@163.com

T1 vertebral spinous process to the lower edge of T12 vertebral spinous process, 100 cases (16.9%) underwent CT scans from the upper edge of T1 vertebral spinous process to the lower edge of L1 vertebral spinous process, and 1 case (0.2%) was scanned from the upper edge of T1 vertebral spinous process to the upper edge of L2 vertebral spinous process for accurate scanning of whole lungs. The advantages of accurate scanning over conventional scanning; the radiation dose in group A was 8.5% lower than that in group B ($P < 0.05$). The median number of scanning layers in group A was 6.00 less than that in group B. The area under the ROC curve (AUC) of BMI in judging the scanning coverage was 0.665 (95% CI: 0.557 ~ 0.774, $P = 0.005$), the optimal cut-off BMI was 20.85 kg/m², the sensitivity was 80.7%, and the specificity was 48.3%. **Conclusion:** BMI helps to accurately formulate the scanning coverage of chest low-dose CT examination based on the thoracic topogram, so as to reduce the radiation dose.

【Key words】 Chest scan; Tomography; X-ray computed; Radiation dosage

胸部低剂量 CT 扫描 (low-dose computed tomography, LDCT) 作为一种早期肺癌筛查技术, 目前被广泛应用于临床中^[1]。根据 2020 年发布的胸部 CT 扫描规范专家共识, 胸部扫描范围为肺尖到肺底; 当怀疑肋骨外伤时, 应扫描至肋骨结束^[2]。但在日常工作中的扫描范围难以实现规范化。虽然研究表明 LDCT 扫描的辐射剂量约为标准 CT 扫描的五分之一^[3], 但辐射剂量作为医患双方一直关注的重点话题, 不容忽视。本研究旨在探讨基于肺部 CT 正位定位像精准制定扫描范围方法, 为其在临床中推广应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 5 月 10 日至 2021 年 5 月 15 日于重庆医科大学附属第一医院行胸部低剂量 CT 检查的 590 例患者为研究对象。其中男性 278 例, 女性 312 例; 年龄 18 ~ 89 岁, 平均 (50.89 ± 15.71) 岁。纳入标准: 所有行胸部低剂量检查的患者。排除标准: 多部位联合扫描, 扫描体位不正或手术植入物对扫描范围定位有干扰者。

1.2 方法

1.2.1 CT 扫描方式 采用 SIEMENS SOMATOM Perspective 64 排 128 层 CT 扫描仪, 行螺旋扫描, 管电压: 120 kV, 管电流: 20 ~ 60 mAs, 准直器宽度: 64 × 0.6 mm, 螺距 1.1, 球管旋转时间 0.6 s, 层厚/层间距: 5 mm/5 mm, 重建层厚: 1 mm; 矩阵: 512 × 512。所有扫描数据传输到我院图像存储与传输系统 (picture archiving and communications system, PACS)。

1.2.2 影像学分析 由两位有十年以上工作经验的放射科医生共同在本院 PACS 阅读所有患者胸部 CT 正位定位像, 同时在层厚为 5 mm 的肺窗和纵隔窗横断面图像上观察 CT 扫描范围。对于所有研究对象, 均根据棘突确定扫描范围, 再按照从肺尖到肺底确定扫描范围, 前者记为精准扫描组 (A 组), 后者记为常规扫描组 (B 组), 分别统计用 A、B 组能够完成全肺扫描的人数。其中, A 组中的精准扫描, 为

从 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘和 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘。同时记录患者 CT 容积剂量指数 (CT dose index volume, CTDIvol) 和剂量长度乘积 (dose length product, DLP)。根据 2003 年英国 CT 辐射剂量调查报告 (NRPBW67) 的建议^[4]: 有效辐射剂量 (effective dose, ED) 的计算公式为 $ED (mSv) = DLP (mGy \cdot cm) \times k$ 。式中, $k = 0.014 mSv \cdot mGy^{-1} \cdot cm^{-1}$ 。由 $DLP = CTDIvol \times$ 扫描长度, 扫描长度 = 层厚 × 扫描层数, 计算 A 组每位患者 DLP。为了根据身材探讨精准扫描范围制定方法, 还记录了患者的身高和体重, 通过身体质量指数 (body mass index, BMI) = 体重 (kg) / 身高 (m)², 计算出患者的 BMI^[5]。本组 590 例患者中共有 247 例患者找到身高、体重记录。由于精准扫描范围制定还要受到患者吸气状态的影响, 本研究综合考虑患者的吸气状态及 BMI, 进一步细化制定精准扫描范围的方法。根据患者的吸气状态, 在 CT 正位定位像上观察评估患者吸气情况, 参照《放射诊断学》^[6], 以第 10 后肋为参考标准, 膈肌在第 10 后肋以上为吸气不充分, 膈肌在第 10 后肋水平及以下为深吸气 (即吸气充足), 在深吸气条件下且能看到后肋膈角边缘为吸气过足。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 23.0 软件对数据进行分析与处理。计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 及中位数表示, 采用秩和检验; 计数资料以 [$n(\%)$] 表示; DLP、ED 的组间差异采用两独立样本秩和检验; 采用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线下面积 (AUC) 评估 BMI 对精准扫描范围制定的价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 精准扫描范围能完全覆盖全肺 CT 检查的人数

所有 590 例患者胸部 CT 定位像中, 精准扫描范围从 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘有 489 例, 占 82.9%; 从 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘有 100 例 (16.9%); 从 T1 椎棘突上缘到 L2 椎棘突上

缘有 1 例,占 0.2%。

2.2 精准扫描与常规扫描辐射剂量及扫描层数的比较

A 组的 DLP (114.5 ± 64.84 vs. 125.0 ± 70.26) mGy·cm 和 ED (1.60 ± 0.90 vs. 1.75 ± 0.98) mSv 均低于 B 组 ($P < 0.001$)。A 组扫描层数较 B 组减少 6.00 (四分位间距:4.00~9.00)。

2.3 根据 BMI 制定精准扫描范围的 ROC 分析

247 名患者 BMI 平均 (23.50 ± 3.27) kg/m², 根据患者 BMI 对精准扫描范围行 ROC 曲线分析, 结果显示, AUC 为 0.665 (95% CI:0.557~0.774, $P = 0.005$), 约登指数最大值为 0.29, 临界值 BMI = 20.85 kg/m², 对应的灵敏度和特异度分别 80.7%、48.3%。见图 1。

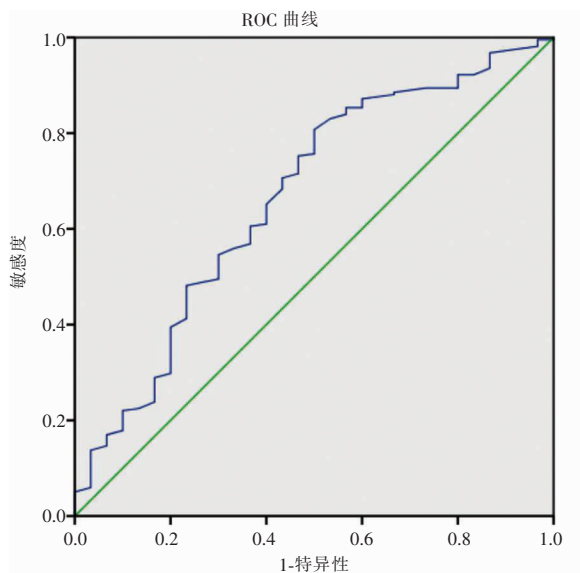


图 1 BMI 对患者扫描范围的判断价值

由于精准扫描范围制定还要受到患者吸气状态的影响, 本研究综合考虑患者的吸气状态及 BMI, 在 ROC 分析时进一步细化了制定精准扫描范围的方法。进行胸部 CT 扫描时, 根据 BMI 结合吸气情况, BMI ≥ 20.85 kg/m² 时, 扫描范围 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘; 当患者的 BMI < 20.85 kg/m² 时, 扫描范围从 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘。但当患者 BMI ≥ 20.85 kg/m² 且吸气过足时, 扫描范围从 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘调整为 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘。见图 2、图 3 及图 4。

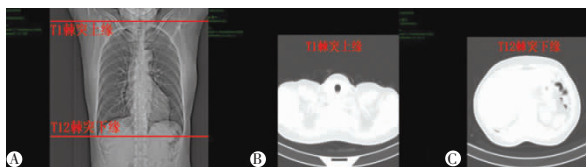


图 2 BMI ≥ 20.85 kg/m², 精准扫描范围应为 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘

A. 正位胸部定位像; B、C. 分别为其 5 mm 肺窗对应的起始扫描和终止扫描线。

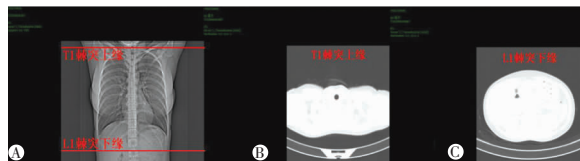


图 3 BMI < 20.85 kg/m², 精准扫描范围应为 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘

A. 正位胸部定位像, B、C. 分别为其 5 mm 肺窗对应的起始扫描和终止扫描线。

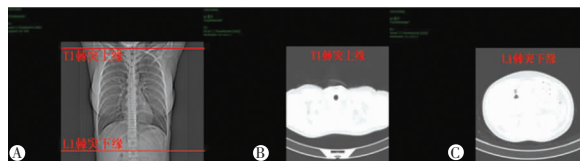


图 4 BMI ≥ 20.85 kg/m² 且吸气过足时, 精准扫描范围应为从 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘调整为 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘

A. 正位胸部定位像, B、C. 分别为其 5 mm 肺窗对应的起始扫描和终止扫描线。

3 讨论

在美国 20 世纪 80 年代进行的 CT 扫描不到 300 万次, 但到 21 世纪初进行的 CT 扫描接近 8 000 万次, 并且以每年大约 10% 的速度增长^[7]。CT 辐射剂量问题随之而来。自 20 世纪 80 年代初以来, 美国医学成像人均辐射剂量增加了近 6 倍^[8]。国内研究^[9]发现, CT 检查人数均年有效剂量贡献最大的部位为胸部, 高达 50.45%。由于 CT 涉及的电离辐射越来越多地被认为是一种潜在的致癌物^[10], GBZ130-2020《放射诊断放射防护要求》中明确指出, 除非有疾病风险指征, 否则不宜使用 CT 进行健康体检^[9]。因此, 每次检查都应该优化辐射剂量。如何将辐射剂量降到最低, 一直是临床关注的焦点。本研究针对目前的胸部低剂量 CT 扫描技术, 结合患者的 BMI 及吸气状态, 研究了基于肺部 CT 正位定位像精准制定扫描范围方法。

目前, CT 检查中降低辐射剂量的主要措施有降低管电压、降低管电流、增大螺距、自动管电流调制技术以及使用迭代重建算法^[11-15], 这些措施都是从机器的硬件和软件方面考虑而提出来的。但是 CT 扫描过程中规范化操作同样能降低辐射剂量, DLP 作为反映扫描范围内辐射剂量的参数, 为 CTDI_{vol} 与扫描范围的乘积。对于 CTDI_{vol} 相同的患者, 由于扫描范围不同, DLP 不同^[16-17], 最终会导致患者有效辐射剂量的不同。在胸部 CT 扫描临床工作中, 扫描技师以肺尖到肺底的扫描为常规扫描方案, 难以做到精准扫描, 通常存在多扫描, 导致扫描范围加大, 从而增加了患者不必要的辐射剂量。本研究

提出的根据棘突确定扫描范围的精准扫描方案,通过与常规扫描方案对比,发现精准扫描相比于常规扫描可减少的扫描层数中位数位达 6 层,把常规扫描所产生的辐射剂量降低 8.5%,表明精准扫描可以通过减少扫描数据量,从而减少患者不必要的辐射剂量,避免造成图像冗余,有利于质量管理控制。

根据棘突确定扫描范围的精准扫描方案,本研究中 1 例患者的扫描范围被设定为 T1 椎棘突上缘到 L2 椎棘突上缘,患者 BMI $< 20.85 \text{ kg/m}^2$ 且吸气过足,按照本研究中提出的精准扫描方案,扫描范围应该是 T1 椎棘突上缘到 L1 椎下缘,但由于患者吸气过足,导致扫描范围超出精准扫描范围。此外,根据 BMI 对患者精准扫描范围设定的 ROC 分析中,其特异度不高,原因可能是 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘人数过少。本研究也发现,要实施精准扫描,在扫描过程中患者的体位必须规范,否则在定位像中患者的 T1 椎棘突不易观察到而无法进行精准扫描范围的设定。本研究不足之处在于:(1)为单中心回顾性分析,未考虑患者性别、年龄对扫描范围的影响;(2)回顾性分析的病例数偏少。今后的研究中,将扩大样本量,并展开前瞻性研究。

综上所述,行胸部低剂量 CT 扫描时,当患者 BMI $\geq 20.85 \text{ kg/m}^2$ 时,扫描范围从 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘;当患者 BMI $< 20.85 \text{ kg/m}^2$ 时,扫描范围从 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘。但当患者 BMI $\geq 20.85 \text{ kg/m}^2$ 且吸气过足时,扫描范围从 T1 椎棘突上缘到 T12 椎棘突下缘调整为 T1 椎棘突上缘到 L1 椎棘突下缘。根据患者 BMI 和吸气情况实施的胸部正位定位像精准制定胸部低剂量 CT 扫描范围,给扫描技师提供胸部精准扫描参考标准,在现有设备条件下不改变扫描参数,减少 CT 辐射剂量,减少成像数据,具有一定临床意义。

参考文献

- [1] Cao W, Wu R, Cao G, *et al.* A comprehensive review of computer-aided diagnosis of pulmonary nodules based on computed tomography scans[J]. *IEEE Access*, 2020, 8: 154007 - 154023.
- [2] 来守永, 赖声远, 刘霖雨, 等. 胸部 CT 扫描规范化专家共识

[J]. *中国医疗设备*, 2020, 35(2): 185 - 189.

- [3] Jacobs CD, Jafari ME. Early Results of Lung Cancer Screening and Radiation Dose Assessment by Low-dose CT at a Community Hospital[J]. *Clin Lung Cancer*, 2017, 18(5): e327 - e331.
- [4] 葛宁, 杨文忠, 程颖, 等. 不同定位方法对儿童胸部 CT 检查图像质量和辐射剂量的影响[J]. *医疗卫生装备*, 2021, 42(2): 47 - 49, 108.
- [5] 胡敏, 邱娟, 郭瑞. BMI 评估健康的优缺点分析[J]. *灌篮*, 2019, 12: 46 - 47.
- [6] 郭启勇. *放射诊断学*[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [7] Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, *et al.* Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources-1950-2007[J]. *Radiology*, 2009, 253(2): 520 - 531.
- [8] Mettler FA Jr, Thomadsen BR, Bhargavan M, *et al.* Medical radiation exposure in the U. S. in 2006: preliminary results[J]. *Health Phys*, 2008, 95(5): 502 - 507.
- [9] 张丹丹, 章群, 王爱红, 等. 北仑区医疗机构 CT 检查的频度及辐射剂量分析[J]. *预防医学*, 2021, 33(6): 618 - 620.
- [10] Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, *et al.* Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures[J]. *N Engl J Med*, 2009, 361(9): 849 - 857.
- [11] Costello JE, Cecava ND, Tucker JE, *et al.* CT radiation dose: current controversies and dose reduction strategies[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2013, 201(6): 1283 - 1290.
- [12] 罗昆, 雷子乔, 董仞, 等. 第三代双源 CT 低剂量扫描在新型冠状病毒肺炎筛查中的应用[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2020, 40(10): 783 - 788.
- [13] Papadakis AE, Damilakis J. Automatic Tube Current Modulation and Tube Voltage Selection in Pediatric Computed Tomography: A Phantom Study on Radiation Dose and Image Quality[J]. *Invest Radiol*, 2019, 54(5): 265 - 272.
- [14] Papadakis AE, Damilakis J. Evaluation of an organ-based tube current modulation tool in pediatric CT examinations[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(10): 5728 - 5737.
- [15] Zhao Y, Li D, Liu Z, *et al.* Comparison of image quality and radiation dose using different pre-ASiR-V and post-ASiR-V levels in coronary computed tomography angiography[J]. *J Xray Sci Technol*, 2021, 29(1): 125 - 134.
- [16] 张龙江. CT 辐射剂量诊断参考水平专家共识[J]. *中华放射学杂志*, 2017, 51(11): 817 - 822.
- [17] Singh R, Szczykutowicz TP, Homayounieh F, *et al.* Radiation Dose for Multiregion CT Protocols: Challenges and Limitations[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2019, 213(5): 1100 - 1106.