

·技术研究·

CT肺动脉血管成像体质量相关个体化管电流-时间的设置

万 芸¹, 刘长江¹, 赖红英¹, 周旭辉^{2*}

(1.广东省中医院影像科, 广东 广州 510020; 2.中山大学附属第一医院放射科, 广东 广州 510080)

摘要:【目的】探讨多层螺旋CT肺动脉血管成像(MDCTPA)根据体质量个体化调节管电流的可行性及体质量相关的最佳管电流-时间设置。【方法】90例临床怀疑肺动脉栓塞(PE)的患者接受了MDCTPA检查, 前瞻性、随机分为6组, 每组15例。比较各组图像质量主观评分、客观评价及有效吸收剂量。【结果】各组图像主观评价差异有统计学意义($P=0.008$)。各组患者的有效吸收剂量差异有统计学意义($P<0.01$)。C组图像与F组图像比较, 图像客观评价与主观评分差异均没有统计学意义, 而C组有效吸收剂量均值较F组降低47.8%。【结论】MDCTPA根据体质量个体化调节管电流-时间是可行且有效的, 取“1.0 mA·s/kg”作为临床指引进行个体化管电流-时间调节, 能很好地平衡图像质量与有效剂量的关系。

关键词: X线断层扫描仪; 血管造影术; 辐射剂量

中图分类号: R816.41

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2011)04-0511-04

CT Pulmonary Angiography: Body Weight Personalized Tube Current Product Scanning Protocol

WAN Yun¹, LIU Chang-jiang¹, LAI Hong-ying¹, ZHOU Xu-hui^{2*}

(1. Department of Radiology, Guangdong Province Hospital of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510020, China; 2.

Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract: 【Objective】 To assess the feasibility of individual-adapted tube current-time scanning protocol for multiple detector row computed tomography pulmonary angiography (MDCTPA). 【Methods】 Ninety patients with suspected pulmonary embolism (PE) accepted MDCTPA examination. All patients were randomized divided into 6 groups (15 each). Objective and subjective image quality and effective dose (ED) were assessed and compared in these groups. 【Results】 The differences of subjective image quality scores and Effective dose (ED) in these 6 groups were significantly different ($P=0.008$, $P<0.01$, respectively). There were no significant differences between group C and group F in objective/subjective parameters. The mean value of ED in group C was reduced by 47.8% than group F. 【Conclusion】 An individually adapted scanning protocol of MDCTPA using tube current-time based on patient's body weight could be effectively performed in clinical setting. With the tube current-time of 1.0 mA·s/kg, balance between the image quality and reduction of radiation exposure could be achieved.

Key words: computed tomography; pulmonary angiography; radiation dosage

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2011, 32(4):511-514]

近年来多层螺旋CT肺动脉血管成像(multiple detector row computed tomography pulmonary angiography, MDCTPA)以其无创、简单易行、能直观显示栓子等优势, 成为临床疑诊肺动脉栓塞(pulmonary embolism, PE)患者的首选影像检查方法^[1-4]。但是MDCTPA提高PE诊断敏感性与

特异性的同时, 也大大增加了受检者的辐射剂量^[5]。目前关于MDCTPA的低剂量扫描研究报道主要集中在降低管电压方面^[6-9], 本研究着眼于根据患者体质量对管电流-时间进行个体化调节, 探讨最佳的体质量相关的管电流-时间调节方法。

收稿日期: 2011-02-03

基金项目: 广东省自然科学基金(8151008901000210)

作者简介: 万芸, 硕士, 主治医师, 研究方向: 心血管疾病及乳腺疾病影像诊断, E-mail: wanyun114@126.com; * 通信作者: 周旭辉, 副教授, E-mail: xiaolintongqq@126.com

1 材料与方法

1.1 病例资料 and 分组

2010年07月-2010年11月,90例有发生PE可能的高危患者在我院接受了MDCTPA检查,其中男性49例,女性41例,年龄15~75岁,平均为50.5($S=12.9$)岁。按照完全随机设计(利用计算机产生的随机数字)将90例患者分为A~F组。6组患者在年龄、身高、体质量、体质量指数方面的差异均没有统计学意义。

1.2 仪器和材料

西门子4层MDCT扫描仪(Somaton Senastion 4,德国西门子公司)和Medrad CT型双筒高压注射器(美国Medrad公司)。A~F扫描管电流-时间分别设置为:A组, $(\text{体质量}/\text{kg}-20) \times 1.0 \text{ mA} \cdot \text{s}$;B组, $(\text{体质量}/\text{kg}-10) \times 1.0 \text{ mA} \cdot \text{s}$;C组, $\text{体质量}/\text{kg} \times 1.0 \text{ mA} \cdot \text{s}$;D组, $(\text{体质量}/\text{kg}+10) \times 1.0 \text{ mA} \cdot \text{s}$;E组, $(\text{体质量}/\text{kg}+20) \times 1.0 \text{ mA} \cdot \text{s}$;F组, $100 \text{ mA} \cdot \text{s}$,为标准组。各组管电压设置保持120 kV不变。机架转速为0.5 s/r,探测器排列 $4 \times 2.5 \text{ mm}$,扫描螺距为1,FOV为400 mm,造影剂为碘必乐(按碘含量370 mg/mL),剂量80 mL,经肘静脉注射,速度4 mL/s,以同样速率追加生理盐水20 mL冲管。阈值触发(100 HU)扫描,触发层面置于右室心腔。扫描范围从主动脉弓上至膈下2 cm,扫描方向由足向头侧。扫描前对患者进行呼吸训练(轻吸气后屏气,避免深呼吸和瓦萨瓦屏气动作)。本实验研究期间,每天工作前均用水模对机器进行校正。

1.3 图像重建

图像重建均为层厚3 mm,间隔1.5 mm的横断图像,包括肺窗(B60ef)和纵隔窗(B40ef);肺窗设置:窗位500 HU,窗宽1500 HU;纵隔窗设置:窗位100 HU,窗宽500 HU。

1.3.1 图像质量的客观评价 测量中央肺动脉的平均CT值(中央肺动脉包括主肺动脉,左、右肺动脉,右肺上叶、中叶、下叶肺动脉,左肺上叶、上叶舌段及下叶肺动脉)和周围肺动脉的平均CT值(周围肺动脉包括双肺上叶尖段、下叶前基底段、后基底段、外基底段、内基底段肺动脉)。胸壁肌肉平均CT值的测量和计算:测量左、右胸肌和脊椎旁肌肉的CT值。图像噪声水平采用主肺动脉的噪声水平。信噪比(signal-to-noise ratio,

SNR)为肺动脉平均CT值与背景噪声的比值;对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)为肺动脉平均CT值与胸壁肌肉平均CT值之差与背景噪声的比值。

1.3.2 图像质量的主观评价 由2名具有10年以上经验的放射科医生,在不知道扫描参数的情况下独立阅片。根据肺动脉强化程度、肺和纵隔的显示情况、胸壁软组织噪声情况并结合自身经验判断图像质量给予评分:5分为图像质量清晰细腻,噪声不明显;4分为噪点增多,图像清晰;3分为噪声明显,但图像质量尚可以满足诊断要求;2分为伪影较明显,影响正确诊断;1分为不能满足诊断要求。取两名观察者评分做一致性分析,对于两名医生主观评分相差2分或以上的图片进行重新评分。

1.3.3 辐射剂量的测量与计算 记录每位患者扫描时机器显示CT容积剂量指数(computed tomography dose index, CTDIvol),计算剂量长度积(Dose-length product, DLP)、有效剂量(Effective dose, ED)。 $\text{DLP}/(\text{mGy} \cdot \text{cm}) = \text{CTDIvol}/\text{mGy} \times \text{扫描范围}/\text{cm}$; $\text{ED} \cdot \text{mSv} = \text{DLP} \times W$, W为归一有效剂量系数($\text{mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,参照欧洲CT质量标准指南,胸部CT平均值0.017)。

1.4 统计学分析

采用方差分析与秩和检验。使用SPSS 16.0软件进行统计学分析, $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。

2 结果

A~F组各组扫描范围、中央肺动脉CT值、周围肺动脉CT值、肌肉组织CT值之间差异无统计学意义($P > 0.05$);A~F组图像背景噪声差异有统计学意义($P = 0.000$);A~F组管电流、中央肺动脉SNR、周围肺动脉SNR、中央肺动脉CNR、周围肺动脉CNR比较,差异有统计学意义。A~F组图像主观评价指标分数差异有统计学意义($P = 0.008$)。A~F组患者的辐射剂量CTDIvol差异有统计学意义($P = 0.000$),DLP、ED差异有统计学意义(P 值均0.000;表1)。A、B组图像质量的主观评分与客观评价均较F组(标准组)图像降低。C组图像分别与F组图像比较,图像客观评价与主观评价差异均没有统计学意义,但C组患者的有效

吸收剂量较 F 组降低 47.8%。D、E 组图像质量的主观评分与客观评价与 F 组比较, 差异均无统计学意义, 但是 D、E 组对于辐射剂量的降低, 不如 C 组显著(表 1)。

表 1 A ~ F 组图像客观质量评价、主观图像质量评分及辐射剂量的比较
Table 1 Comparison of objective or subjective image quality, and radiation exposure in six groups (A-F)

Parameters	A	B	C	D	E	F	P
Tube current/(mA·s)	37 ± 13	49 ± 18	50 ± 13	65 ± 10	74 ± 9	100 ± 4	0.000 ²⁾
Scan length/cm	16.2 ± 6.2	17.8 ± 2.7	15.6 ± 2.2	18.1 ± 2.3	16.5 ± 2.1	18.2 ± 2.3	0.223 ¹⁾
Central PA SI/HU	338 ± 58	329 ± 63	368 ± 56	362 ± 79	346 ± 95	371 ± 55	0.480 ¹⁾
Peripheral PA SI/HU	389 ± 77	363 ± 72	391 ± 52	394 ± 112	376 ± 90	418 ± 64	0.542 ¹⁾
Noise	23.7 ± 3.6 ³⁾	21.8 ± 3.1	18.9 ± 2.7	17.4 ± 3.5	17.5 ± 3.8	18.7 ± 5.2	0.000 ¹⁾
Central PA SNR	14.9 ± 5.2	15.2 ± 2.6	20.0 ± 2.5	19.3 ± 4.2	20.2 ± 5.3	21.1 ± 6.2	0.000 ²⁾
Peripheral PA SNR	17.3 ± 6.9	16.8 ± 3.2	20.8 ± 2.5	23.1 ± 6.5	22.1 ± 5.9	23.9 ± 7.4	0.000 ²⁾
Central PA CNR	12.8 ± 4.8 ⁴⁾	13.0 ± 2.5 ⁴⁾	16.9 ± 2.2	18.3 ± 4.2	17.2 ± 5.3	18.4 ± 5.6	0.001 ²⁾
Peripheral PA CNR	15.2 ± 6.6 ³⁾	14.5 ± 3.1 ⁴⁾	18.2 ± 2.3	20.2 ± 6.2	19.1 ± 5.7	21.1 ± 6.8	0.000 ²⁾
Subjective image quality	4.0 ± 0.7 ⁵⁾	4.1 ± 0.5 ⁴⁾	4.3 ± 0.9 ³⁾	4.4 ± 0.5	4.5 ± 0.6	4.8 ± 1.0	0.008 ²⁾
ED/mSv	0.9 ± 0.4 ⁵⁾	1.0 ± 0.3 ⁵⁾	1.2 ± 0.4 ⁵⁾	1.5 ± 0.4 ⁵⁾	1.6 ± 0.3 ⁵⁾	2.3 ± 0.3	0.000 ²⁾

DLP: dose length product; ED: effective dose. 1) One-way ANOVA, $P < 0.05$; 2) Kruskal-Wallis H test, $P < 0.05$; 3) vs Group F, $P < 0.05$; 4) vs Group F, $P < 0.01$; 5) vs Group F, $P < 0.001$

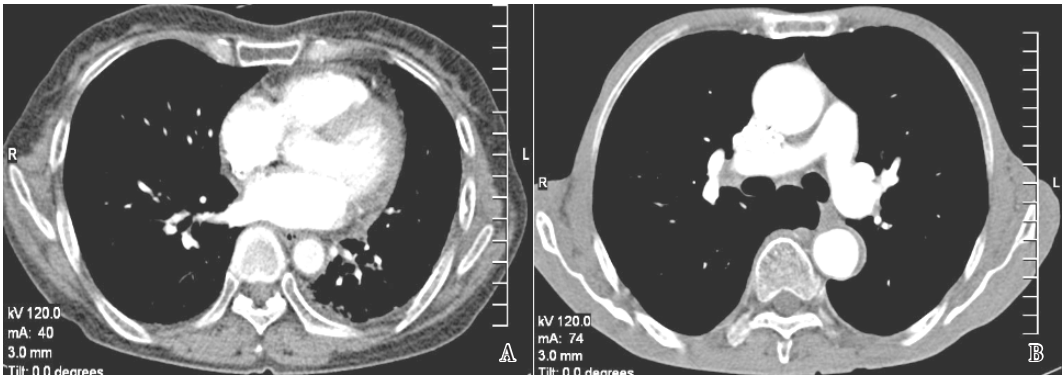


图 1 肺动脉 CTA 横断图像

Fig.1 Transverse pulmonary CT angiographic images

A: The image was obtained with scanning protocol of 120 kV, 20 mA·s in 57-year-old woman (40 kg) with ovarian cancer; B: The image was obtained with scanning protocol of 120 kV, 37 mA·s in 70-year-old man (47 kg)

3 讨 论

常规 X 线照片时需要根据患者的体格差异来调节管电流、管电压,以防止出现曝光过度或不足的现象。CT 图像却不会出现过黑或过白的问题,因为 CT 值是根据射线相对于水的衰减计算出的。所以绝大多数医疗机构均采用管电压 120 kV、管电流 100 mA·s 作为常规扫描方案,而忽视了患者的体格差异,这样做不符合辐射剂量 ALARA 原则。非优化的 CT 扫描方案是造成放射诊断中不必

要辐射的最大原因。
辐射剂量与管电流和扫描时间的乘积呈线性关系,因此降低管电流可以降低辐射剂量。噪声值与 CT 探测器所探测到的 X 线衰减值的平方根成反比^[10]。图像质量则取决于到达 CT 探测器的光子数量与质量,其中光子质量由管电压决定,光子的数量则由管电流决定。通过降低管电流、管电压来降低辐射剂量的同时,也导致图像噪声的增加。胸部具有天然的绝佳对比度,即使显著降低管电流,图像质量仍能达到诊断要求。Tack 等^[11]使用计算机辅助技术,通过逐级增加 CT 扫描原始数据的噪

声值,模拟管电流-时间分别是 60、40、20、10 mA·s 的扫描条件。发现当管电流从 90 mA·s (实际扫描)降到 10 mA·s(模拟扫描)时,通过评估读片一致性、阳性一致性、亚段肺动脉的显示以及血管的强化效果,认为管电流-时间减少到 40 mA·s 是可以接受的。但该研究处于模拟实验阶段,未实际应用于临床。Wildberger 等^[12]保持管电压 140 kV 恒定,根据体质量调节管电流进行胸部 CT 扫描。根据管电流的不同将病例分成 4 组,分别为(体质量/kg+10)mA·s 组、(体质量/kg±0)mA·s 组、(体质量/kg-10)mA·s 组和(体质量/kg-20)mA·s 组,并与标准组(120 mA·s)比较,结果显示(体质量/kg-10)mA·s 组图像没有诊断信息的丢失,与标准组比较,辐射剂量降低了 45%,能够很好的平衡图像质量与辐射剂量之间的关系。Wildberger 等使用的最低管电流-时间达到 31 mA·s。我们认为管电压 140 kV 仍然有下降空间。本研究采用管电压为 120 kV,本研究 90 例患者中,所采用的最小管电流-时间为 20 mA·s(图 1 A)。A、B 组图像质量主观评分均达 3 分或以上,图像质量均仍能满足 PE 的诊断要求,但是图像噪声较大,部分患者胸壁肌肉层次不清(图 1 B),尤其是胸壁脂肪组织含量少的患者,可能影响其它疾病的诊断,例如肿瘤对于胸壁软组织的侵犯程度等。A、B 组图像质量较 F 组图像质量显著降低,差异有统计学意义。所以 A、B 组扫描方案虽然辐射剂量降低明显,但同时也显著降低了图像质量。C 组图像质量与 F 组比较,图像质量主观评分与客观评价差异均没有统计学意义。而 C 组患者的有效吸收剂量较 F 组降低 47.8%。D、E 组图像质量的主观评分与客观评价与 F 组比较,差异均无统计学意义,但是 D、E 组对于辐射剂量的降低,不如 C 组显著,分别为 34.8%和 30.4%。

综上所述,我们认为 MDCTPA 根据体质量进行个体化管电流调节是可行且有效的,1.0 mA·s/kg 管电流设置能很好地平衡图像质量与辐射剂量的关系。

参考文献:

- [1] Stein PD, Kayali F, Olson RE. Trends in the use of diagnostic imaging in patients hospitalized with acute pulmonary embolism [J]. *Am J Cardiol*, 2004, 93(10): 1316-1317.
- [2] Kuriakose J, Patel S. Acute pulmonary embolism [J]. *Thorac Surg Clin*, 2010, 20(1): 129-148.
- [3] Winer-Muram HT, Rydberg J, Johnson MS, et al. Suspected acute pulmonary embolism: evaluation with multi-detector row CT versus digital subtraction pulmonary arteriography [J]. *Radiology*, 2004, 233(3): 806-815.
- [4] Blachere H, Latrabe V, Montaudon M, et al. Pulmonary embolism revealed on helical CT angiography: comparison with ventilation-perfusion radionuclide lung scanning [J]. *Am J Roentgenol*, 2000, 174(4): 1041-1047.
- [5] 郑钧正,贺庆华,李述唐,等. 我国电离辐射医学应用的基本现状[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2000, 20(s1): 7-14.
- [6] 周旭辉,彭振鹏,郑丽丽,等. 64 层螺旋 CT 肺动脉成像低管电压设置结合个体化对比剂应用的对照研究 [J]. *中华放射学杂志*, 2009, 43(7): 704-707.
- [7] Schueller-Weidekamm C, Schaefer-Prokop CM, Weber M, et al. CT angiography of pulmonary arteries to detect pulmonary embolism: improvement of vascular enhancement with low kilovoltage settings [J]. *Radiology*, 2006, 241(3): 899-907.
- [8] Sigal-Cinqualbre AB, Hennequin R, Abada HT, et al. Low-kilovoltage multi-detector row chest CT in adults: feasibility and effect on image quality and iodine dose [J]. *Radiology*, 2004, 231(1): 169-174.
- [9] Heyer CM, Mohr PS, Lemburg SP, et al. Image quality and radiation exposure at pulmonary CT angiography with 100-or 120Kvp protocol: prospective randomized study [J]. *Radiology*, 2007, 245(9): 577-583.
- [10] Primak AN, McCollough CH, Bruesewitz MR, et al. Relationship between noise, dose, and pitch in cardiac multi-detector row CT [J]. *Radiographics*, 2006, 26(6): 1785-1794.
- [11] Tack D, De Maertelaer V, Petit W, et al. Multi-detector row CT pulmonary angiography: comparison of standard-dose and simulated low-dose techniques [J]. *Radiology*, 2005, 236(1): 318-325.
- [12] Wildberger JE, Mahnken AH, Schmitz-Rode T, et al. Individually adapted examination protocols for reduction of radiation exposure in chest CT [J]. *Invest Radiol*, 2001, 36(10): 604-611.

(编辑 王晓鹰)