

• 肺栓塞影像学专题 •

不同碘流率时体重、体重指数、去脂体重、体脂量及体表面积对 CTPA 图像质量的影响

孙潇, 蒲艳军, 穆丽莎, 孙凯, 朱力

【摘要】 目的:评估不同碘流率时体重、体重指数、去脂体重、体脂重量及体表面积是否影响肺动脉血管成像(CTPA)的图像质量,以及其与 CTPA 肺动脉强化程度的关系。**方法:**纳入行 CTPA 检查的疑似肺栓塞患者 181 例,按随机数字表法分配到 4.0 mL/s(62 例)、3.5 mL/s(66 例)及 3.0 mL/s(53 例)三个不同流率组。测量肺动脉主干、右肺上叶动脉及右肺下叶后基底段动脉 CT 值,计算并比较三个流率组的肺动脉平均 CT 值,分析其与体重、体重指数、去脂体重、体脂重量及体表面积的相关性。**结果:**随着碘流率的降低,三组肺动脉平均 CT 值依次递减,但总体差异无统计学意义($P=0.096$)。体重、体重指数、去脂体重、体脂重量及体表面积与 4.0 mL/s 组肺动脉平均 CT 值的相关性均有统计学意义($r=-0.253\sim-0.349$),与 3.5 mL/s 组及 3.0 mL/s 组间的相关性均无统计学意义(分别为 $r=-0.126\sim-0.186$, $r=-0.014\sim-0.244$)。**结论:**随着碘流率的降低,虽然肺动脉平均 CT 值有所下降,但均可以满足诊断需求;且碘流率越低,体重、体重指数、去脂体重、体脂重量及体表面积与肺动脉平均 CT 值的相关度越低。

【关键词】 肺栓塞; 碘流率; 血管造影术; 体层摄影术, X 线计算机

【中图分类号】 R563.5; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)09-0821-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.09.006

Influence of body weight, body mass index, lean body mass, body fat weight and body surface area on the image quality of CT pulmonary angiography at different iodine flow rate SUN Xiao, PU Yan-jun, MU Li-sha, et al. Ningxia Medical University, Yinchuan 750000, China

【Abstract】 Objective: To assess the relationship between body weight, body mass index (BMI), lean body mass (LBM), body fat weight, body surface area (BSA) and image quality of CT pulmonary angiography (CTPA) at different iodine flow rate, and their relationship with the degree of pulmonary artery enhancement of CTPA. **Methods:** 181 patients with suspected pulmonary embolism were randomly assigned to the group of iodine flow rate as 4.0 mL/s (62 patients), 3.5 mL/s (66 patients), and 3.0 mL/s (53 patients), respectively. The CT value of main pulmonary artery trunk, the right upper lobe pulmonary artery and the posterior basal branch of the right lower lobe pulmonary artery was measured, the mean CT values of pulmonary artery among three groups with different iodine flow rate were calculated and compared, and the correlations between the mean CT values of pulmonary artery and body weight, BMI, LBM, body fat weight and BSA were analyzed. **Results:** The mean CT value of pulmonary artery decreased with the decrease of iodine flow rate in the three groups, but the difference was not statistically significant ($P=0.096$). In the group of 4.0 mL/s flow rate, the correlations between the body weight, BMI, LBM, body fat weight, BSA and the mean CT values of pulmonary artery were statistically significant ($r=-0.253$ to -0.349); however, no statistical significance was found in the other groups ($r=-0.126$ to -0.186 , -0.014 to 0.244 , respectively). **Conclusion:** Although the mean CT value of pulmonary artery decreased with the decrease of iodine flow rate, the requirement of diagnosis can still be met. Furthermore, the correlation between body weight, BMI, LBM, body fat weight, BSA and the mean CT values of pulmonary artery tends to be lower as the iodine flow rate decreased.

【Key words】 Pulmonary embolism; Iodine flow rate; Angiography; Tomography, X-ray computed

CT 肺动脉血管成像(computed tomography pulmonary angiography, CTPA)已成功取代了传统的导管肺动脉造影技术,成为诊断肺栓塞的金标准^[1]。CTPA 的最大优点是可清晰显示纵膈和肺实质结构,并且使栓子可视化。栓子的显示取决于其与强化的肺动脉之间的密度差,而肺动脉的强化程度又与对比剂

注射方案密切相关,因此优化对比剂注射方案对提高 CTPA 的图像质量及准确诊断肺栓塞至关重要。以往的研究多集中在降低对比剂浓度及改变注射方式上^[2-4],少有研究关注不同碘流率对 CTPA 图像质量有无影响,以及在不同碘流率时,患者的体重、体重指数(body mass index, BMI)、去脂体重(lean body weight, LBW)、体脂重量及体表面积(body surface area, BSA)对 CTPA 图像质量的影响。为此,本研究将对对比剂注射流率分为三组,旨在评估更低对比剂流率、更低碘流率对 CTPA 图像质量有无影响,同时评

作者单位: 750000 银川,宁夏医科大学(孙潇); 750004 银川,宁夏医科大学总医院放射科(蒲艳军、穆丽莎、孙凯、朱力)
作者简介: 孙潇(1991—),女,宁夏银川人,硕士研究生,主要从事胸部疾病的影像学诊断工作。
通讯作者: 朱力, E-mail: zhuli72@163.com

估随着碘流率的降低,体重、BMI、LBW、体脂重量及BSA与肺动脉强化程度的关系如何变化。

材料与方法

1. 病例资料

搜集2014年10月—2016年3月临床怀疑肺栓塞并行CTPA检查的门诊及住院患者181例,按随机数字表法分配到4.0、3.5及3.0 mL/s三个不同流率组,三组碘流率分别为1.48、1.30及1.11 g I/s;计算BMI、LBW、体脂重量及BSA, BMI=体重(kg)÷身高(m)², LBW(男)=[1.10×体重(kg)]-128 [体重(kg)²/身高(cm)²], LBW(女)=[1.07×体重(kg)]-148 [体重(kg)²/身高(cm)²]; BSA=0.0016×身高(cm)+0.0128×体重(kg)-0.1529。4.0 mL/s组纳入患者62例,其中男37例,女25例,年龄27~81岁,中位年龄54岁,心率(80.3±13.3)次/分。3.5 mL/s组纳入患者66例,其中男25例,女41例,年龄24~85岁,中位年龄54.5岁,心率(79.8±12.0)次/分。3.0 mL/s组纳入患者53例,其中男27例,女26例,年龄19~85,中位年龄51.5岁,心率(83.5±15.6)次/分。病例排除标准:年龄<18岁,妊娠及哺乳期,甲状腺功能亢进未治愈,碘过敏及肾功能不全患者。所有患者均签署了知情同意书。

2. 检查方法

所有患者均在Philips Brilliance iCT256上行CT检查。扫描参数:管电压100 kV,管电流自动调节,螺距0.9 mm,准直器宽度0.9 mm,旋转时间0.5 s,层厚1 mm。注射方案:对比剂浓度为370 mg I/mL(碘普罗安),根据流率及对比剂剂量分为以下三组:4.0 mL/s, 60 mL; 3.5 mL/s, 54~58 mL; 3.0 mL/s, 45~48 mL,保证注射时间基本一致,然后以相同流率注射35 mL生理盐水。患者呈脚-头仰卧位,右侧肘正中静脉埋置18G套管针,连接双筒高压注射器,双臂举过头顶,先进行常规胸部平扫,扫描范围为胸廓入口至膈肌水平,尽可能包括整个肺野,平扫完成后直接进行增强扫描。感兴趣区(region of interest, ROI)置于主肺动脉,当其CT值达到100 HU,延迟5s后扫描自动开始,扫描完成后图像自动传至图像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)。

3. 图像分析

由两位高年资医师(工作经验超过10年)利用飞利浦工作站,行CTPA图像质量客观及主观评价并记录下评价结果,两位观察者评价结果不一致时协商达成一致。客观图像质量评价包括肺动脉主干、右肺上叶动脉及右肺下叶后基底段动脉的CT值,并计算出

肺动脉平均CT值,以背阔肌CT值作为背景噪声,主肺动脉干CT值的标准差作为噪声,然后计算出图像信噪比(signal noise ratio, SNR)=肺动脉平均CT值/噪声,对比信噪比(contrast noise ratio, CNR)=(肺动脉平均CT值-背阔肌CT值)/噪声。主观评价包括上腔静脉周围射束硬化伪影评分,采用3分制:1分,轻微或无明显硬化伪影;2分,伪影明显,但不影响诊断;3分,伪影明显,影响诊断。图像质量评分采用5分制:1分,图像糟糕,仅肺动脉主干轻度到中度强化,无法诊断;2分,左右肺动脉强化,远端肺动脉显示差,诊断可信度明显减低;3分,图像质量中等,肺叶以上动脉强化,远端肺动脉显示欠佳,但足以诊断;4分,图像质量很好,肺段以上动脉强化明显,远端肺动脉显示良好,肺静脉强化程度高于肺动脉;5分,图像质量非常好,亚段肺动脉及远端肺动脉强化明显,肺静脉强化程度低于肺动脉。当图像质量主观评分≤3分时,记录其原因。CT机自动测定扫描的容积CT剂量指数(CT dose index, CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP),并计算有效剂量(effective dose, ED)=DLP×0.017。

4. 统计学分析

采用SPSS 17.0软件包进行统计学分析。计量资料采用均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,所有患者数据及图像参数均采用Shapiro-Wilkins检验检测其是否符合正态分布。三个流率组患者基本临床资料及客观图像质量参数比较采用方差分析;图像主观评分比较采用Kruskal-Wallis H秩和检验;性别比例比较采用卡方检验;采用Pearson's积差相关分析评估体重、BMI、LBW、体脂重量及BSA与肺动脉平均CT值、噪声、有效剂量的关系。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 患者基本信息

三个流率组患者的年龄、心率差异均无统计学意义($P = 0.289 \sim 0.700$),而性别差异有统计学意义($P = 0.046$)。三个流率组患者的体重、BMI、LBW、体脂重量及BSA差异均无统计学意义(表1)。

表1 不同碘流率组患者基本信息及客观图像质量比较

指标	4.0mL/s组	3.5mL/s组	3.0mL/s组	P值
APA(HU)	403.43±83.90	389.79±89.46	369.62±73.09	0.096
噪声	25.78±4.83	25.33±4.53	24.74±3.84	0.455
SNR	16.12±4.14	15.69±4.00	15.16±3.34	0.420
CNR	13.98±3.98	13.54±3.87	13.01±3.21	0.387
体重(kg)	68.06±11.63	69.05±10.68	67.75±11.44	0.802
BMI(kg/m ²)	24.56±3.94	25.66±3.54	24.90±3.90	0.248
LBW(kg)	50.87±6.96	49.39±7.15	49.77±7.66	0.492
体脂量(kg)	17.20±7.34	19.66±7.07	17.99±7.45	0.150
BSA(m ²)	1.73±0.17	1.73±0.16	1.72±0.17	0.910

注:APA为肺动脉平均CT值。

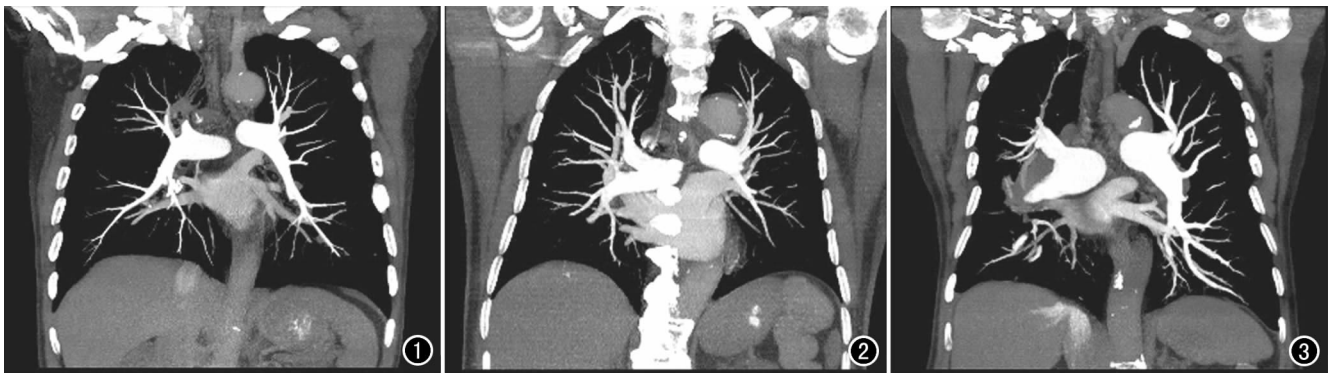


图 1 3.0 mL/s 组 MIP 重建图像,患者 BMI=24.22 kg/m²,肺动脉平均 CT 值 394.4 HU,主观图像质量评分 5 分。
图 2 3.5 mL/s 组 MIP 重建图像,患者 BMI=24.13 kg/m²,肺动脉平均 CT 值 415.8 HU,主观图像质量评分 5 分。
图 3 4.0 mL/s 组 MIP 重建图像,右肺下叶主干栓塞,患者 BMI=23.67 kg/m²,肺动脉平均 CT 值 407.6 HU,主观图像质量评分 5 分。

2. 图像质量

客观图像质量:三个流率组 CTPA 图像的肺动脉平均 CT 值、噪声、SNR 及 CNR 整体相比,差异均无统计学意义(P 值均 >0.05 ,表 1);但随着注射流率下降,上述客观图像质量参数均呈递减趋势,经 LSD 两两比较,除了 4.0 mL/s 组与 3.0 mL/s 组的肺动脉平均 CT 值间差异有统计学意义($P=0.031$),余参数间的差异均无统计学意义(P 值均 >0.05 ,表 1)。

主观图像质量:三个流率组的主观图像质量评分分别为 4.50 ± 0.57 、 4.41 ± 0.58 、 4.30 ± 0.58 ,三组间差异无统计学意义($P=0.162$,图 1~3);上腔静脉周围射束硬化伪影评分分别为 1.27 ± 0.45 、 1.45 ± 0.50 、 1.47 ± 0.50 ,三组间差异有统计学意义($P=0.049$),4.0 mL/s 组与 3.5 mL/s 组、3.0 mL/s 组相比,差异均有统计学意义($P=0.035$ 、 $P=0.029$)。

3. 辐射剂量

三个流率组的 CTDIvol 分别为 6.83 ± 2.13 、 6.82 ± 1.78 、 6.52 ± 1.23 ,ED 分别为 (4.71 ± 1.43) 、 (4.67 ± 1.48) 、 (4.58 ± 1.36) mSv,CTDIvol 及 ED 三组间差异均无统计学意义($P=0.577$, $P=0.883$)。

4. 相关性分析

体重、BMI、LBW、体脂重量及 BSA 对肺动脉平均 CT 值、噪声、ED 的影响随着碘流率的降低而减弱,体重对肺动脉平均 CT 值及有效剂量的影响最大,体脂重量对噪声的影响最大(表 2)。

讨 论

CTPA 对微小栓子的诊断准确性主要取决于对比剂注射方案,而其中 4 个因素尤为重要,包括注射流率、肺动脉达到峰值强化的时间、图像的获取时间以及解剖覆盖范围。CTPA 检查的主要目的在于血管内的栓子及血液提供良好的对比,这就要求准确地获取

表 2 不同碘流率时肺动脉的相关性分析

指标	体重	BMI	LBW	体脂量	BSA
4.0mL/s 组					
APA					
<i>r</i>	-0.349	-0.295	-0.253	-0.313	-0.343
<i>P</i>	0.005	0.020	0.047	0.013	0.006
噪声					
<i>r</i>	0.305	0.490	-0.010	0.492	0.197
<i>P</i>	0.016	0.000	0.941	0.000	0.125
ED					
<i>r</i>	0.814	0.716	0.650	0.672	0.793
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.5mL/s 组					
APA					
<i>r</i>	-0.186	-0.158	-0.126	-0.154	-0.172
<i>P</i>	0.135	0.205	0.315	0.218	0.168
噪声					
<i>r</i>	0.124	0.253	-0.076	0.265	0.059
<i>P</i>	0.320	0.040	0.542	0.032	0.638
ED					
<i>r</i>	0.539	0.347	0.510	0.297	0.561
<i>P</i>	0.000	0.004	0.000	0.015	0.000
3.0mL/s 组					
APA					
<i>r</i>	-0.146	-0.014	-0.244	-0.025	-0.193
<i>P</i>	0.259	0.922	0.079	0.857	0.165
噪声					
<i>r</i>	0.033	0.234	-0.208	0.264	-0.054
<i>P</i>	0.816	0.092	0.135	0.056	0.701
ED					
<i>r</i>	0.204	-0.073	0.317	-0.013	0.300
<i>P</i>	0.143	0.603	0.021	0.929	0.029

图像时间以确保与肺动脉峰值强化的浓度同步。在保持对比剂剂量不变的情况下,注射流率越高,肺动脉的强化程度越高,达到峰值强化的时间越短^[5],但缺点是缩短了肺动脉扫描的时间窗,易错过肺动脉峰值强化的最佳扫描时机。用于 CTPA 检查的对比剂注射流率多集中在 4.0~5.0 mL/s,甚至更高^[2-4,6]。但是随着患者年龄增大,血管弹性下降,脆性增加,此类方案注射流率过高,增加了发生对比剂外渗的风险。降低注射流率会延长肺动脉扫描的时间窗,但是会导致肺动脉强化峰值降低,因此,需要在保证图像质量的前提下,在对比剂注射流率与患者安全之间进行优化。

国外有研究者分析了剂量为 80~150 mL、注射流率为 3~5 mL/s 的 CTPA 图像质量,发现肺动脉 CT 值为 250~300 HU 时,均能得到可以满足诊断要求的图像^[3-4,7]。本研究将三组注射流率设置为 4.0 mL/s、3.5 mL/s 和 3.0 mL/s,对比剂剂量为 45~60 mL,与上述研究相比,本研究对比剂剂量几乎降低了 60%,而肺动脉平均 CT 值均在 350 HU 以上,在降低了进入患者体内的碘总量和碘流率的同时还提高了 CTPA 的图像质量。近年来,放射科及临床医生对对比剂相关肾病的关注进入到了一个新高度,而它的严重程度与对比剂剂量及粘滞度高度相关^[8]。进入体内的碘总量越高,在提升图像质量的同时,发生对比剂相关肾病的风险也越高。有研究者比较了剂量为 100 mL 的碘克沙醇(300 mg I/mL)与碘海醇(300 mg I/mL)在肾功能不全患者中的对比剂相关肾病的发生率,结果显示前者为 9.1%,后者为 2.1%^[9]。在本研究中,排除了肾功能不全患者,对比剂为碘普罗胺,且浓度较高,碘总量为 16.65~22.20 g,碘流率分别为 1.48、1.30 及 1.11 g I/s,与上述研究的 30 g 相比,碘总量降低了 26.0%~44.5%,不但不影响 CTPA 的主观及客观图像质量,还能直接降低对比剂相关肾病的发生率;而碘流率的降低,不但可以降低血管弹性差的老年及血管炎患者对比剂外渗的发生率,还能减轻肾功能不全及心功能不全患者的肾脏和循环负担,对降低对比剂相关肾病的风险也有一定意义。

已有研究报道随着体重、BMI 及 BSA 的增加,肺动脉 CT 值呈递减趋势,且与上述指标呈负相关($r=-0.58\sim-0.63$)^[10,11]。本研究在前者的基础上引入了 LBW 及体脂重量,进一步探讨 LBW 及体脂重量与肺动脉平均 CT 值、噪声及有效辐射剂量间的关系。本研究结果显示肺动脉平均 CT 值与 LBW、体脂重量也呈负相关,但是与体重的相关性最高(高流率组, $r=-0.349$),与上述研究相比,本组指标间的相关性较弱,主要原因可能是本研究的碘总量及碘流率均低于上述研究(75 mL, 4.5 mL/s);体重、BMI、LBW、BSA 等与有效辐射剂量呈正相关,且相关性较肺动脉平均 CT 值、噪声强,尤其是 ED 与体重的相关系数高达 0.814,可见患者所受辐射剂量受体重影响最大,因此降低大体重患者辐射剂量并提高图像质量的研究是非常有意义的。噪声除了与 LBW 的相关性较差且无统计学意义外,与体重、BMI、体脂重量及 BSA 的相关度较高,体脂重量对噪声的影响最大($r=0.492$),由此可见脂肪含量越高的患者,图像噪声越大。以往有研究表明,与体重相比,根据 LBW 计算对比剂总量对大血管成像的效果更佳^[12],其可能的原因是身体脂肪较厚时,可以阻挡部分光子的渗透,使 X 线的穿透力有所

下降,导致大血管的成像效果下降。但本研究显示,体重、BMI、LBW、体脂重量、BSA 与肺动脉平均 CT 值间的相关系数差异较小(4.0 mL/s, $r=-0.253\sim-0.349$),且相互间差异无统计学意义。因此,在进行 CT 血管成像检查时,上述指标均可作为参考指标以指导选择合适的对比剂剂量和管电压。由于 BMI 计算方便,综合了体重及身高两方面的因素,且与噪声及有效辐射剂量间的相关性均较强(4.0 mL/s 组, $r=0.490$, $r=0.716$),更适合作为优化 CTPA 图像质量及辐射剂量的参考指标。

本研究主要不足是没有对三个流率组患者在检查后有无引起对比剂相关肾病进行随访观察;其次,对于高流率组,本研究的对比剂浓度及剂量与其他研究(270 mg I/mL、20 mL)相比偏高,还有继续降低的空间^[13]。

综上所述,高浓度对比剂联合低流率可用于 CT 肺动脉成像而不影响图像质量。肺动脉平均 CT 值、有效辐射剂量与 BMI 的相关性较强,可根据 BMI 适当调整对比剂剂量及选择合适的管电压,以达到更高的图像质量和更低的辐射剂量。

参考文献:

- [1] Estrada-Y-Martin RM, Oldham SA. CTPA as the gold standard for the diagnosis of pulmonary embolism[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2011, 6(4): 557-563.
- [2] Wang M, Li W, Lun-Hou D, et al. Optimizing computed tomography pulmonary angiography using right atrium bolus monitoring combined with spontaneous respiration[J]. Eur Radiol, 2015, 25(9): 2541-2546.
- [3] Ramadan SU, Kosar P, Sonmez I, et al. Optimisation of contrast medium volume and injection-related factors in CT pulmonary angiography: 64-slice CT study[J]. Eur Radiol, 2010, 20(9): 2100-2107.
- [4] Saade C, Bourne R, El-Merhi F, et al. An optimised patient-specific approach to administration of contrast agent for CT pulmonary angiography[J]. Eur Radiol, 2013, 23(11): 3205-3212.
- [5] Schoellnast H, Deutschmann HA, Berghold A, et al. MDCT angiography of the pulmonary arteries: influence of body weight, body mass index, and scan length on arterial enhancement at different iodine flow rates[J]. AJR, 2006, 187(4): 1074-1078.
- [6] Kristiansson M, Holmquist F, Nyman U. Ultralow contrast medium doses at CT to diagnose pulmonary embolism in patients with moderate to severe renal impairment: a feasibility study[J]. Eur Radiol, 2010, 20(6): 1321-1330.
- [7] Bae KT, Tao C, Gurel S, et al. Effect of patient weight and scanning duration on contrast enhancement during pulmonary multidetector CT angiography[J]. Radiology, 2007, 242(2): 582-589.
- [8] Elicker BM, Cypel YS, Weinrb JC. IV contrast administration for CT: a survey of practices for the screening and prevention of contrast nephropathy[J]. AJR, 2006, 186(6): 1651-1658.
- [9] Cernigliaro JG, Haley WE, Adolphson DP, et al. Contrast-Induced

nephropathy in outpatients with pre-existing renal impairment: a comparison between Intravenous Iohexol and Iodixanol[J]. Clin Imaging, 2016, 40(5): 902-906.

[10] Bae KT, Seeck BA, Hildebolt CF, et al. Contrast enhancement in cardiovascular MDCT: effect of body weight, height, body surface area, body mass index, and obesity[J]. AJR, 2008, 190(3): 777-784.

[11] Szucs-Farkas Z, Megyeri B, Christe A, et al. Prospective randomised comparison of diagnostic confidence and image quality with normal-dose and low-dose CT pulmonary angiography at various

body weights[J]. Eur Radiol, 2014, 24(8): 1868-1877.

[12] Yanaga Y, Awai K, Nakaura T, et al. effect of contrast injection protocols with dose adjusted to the estimated lean patient body weight on aortic enhancement at CT angiography[J]. AJR, 2009, 192(4): 1071-1078.

[13] 胡学梅, 马丽娅, 张进华, 等. 低剂量、等渗低浓度对比剂 CT 肺动脉血管成像技术在诊断肺动脉栓塞中的应用研究[J]. 中华放射学杂志, 2014, 48(10): 811-815.

(收稿日期: 2016-06-24 修回日期: 2016-07-11)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

2015 年 6 月,《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999, 2008 年之后的第 3 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息, 为关注医学影像领域的广大人士服务, 也欢迎大家通过微信平台, 以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动, 分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文, 投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信, 通过“添加朋友”, 在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 或者在“查找微信公众号”栏里, 输入“放射学实践”, 即可找到微信公众号, 点击“关注”, 添加到通讯录。
3. 打开微信, 点击“扫一扫”, 将手机镜头对准下面的二维码, 扫出后点击关注即可。



期待您的加入!