

能谱 CT 定量参数对结节/肿块样肺炎与肺癌的鉴别诊断价值

王君鑫,牛丹丹,孙玉清,杨晨晓,贾守强

【摘要】 目的:探讨能谱 CT 定量参数对结节/肿块样肺炎与肺癌的鉴别诊断价值。**方法:**回顾性分析胸部常规 CT 平扫发现肺内病变并于 1 周内行 Revolution CT 能谱模式双期增强扫描的 43 例患者的病例资料,其中肺炎 16 例、肺癌 27 例,分别测量病灶碘值、水值和同层主动脉碘值,并通过公式计算标准化碘浓度(NIC)、动-静脉期标准化碘浓度差值(dNIC)、动-静脉期碘浓度差值(dIC)及能谱曲线斜率($\lambda_{HU40-70}$)。采用独立样本 t 检验比较能谱 CT 各定量参数在两组之间的差异,绘制 ROC 曲线评估各定量参数的诊断效能。**结果:**能谱模式增强扫描动脉期所测肺癌碘值、能谱曲线斜率($\lambda_{HU40-70}$)及动脉期 NIC 均低于结节/肿块样肺炎,碘值分别为 $(25.76 \pm 2.62) \times 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $(31.77 \pm 5.67) \times 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, 能谱曲线斜率分别为 4.92 ± 0.59 、 6.12 ± 1.23 , 动脉期 NIC 分别为 0.23 ± 0.04 、 0.28 ± 0.06 , 差异有统计学意义($t = -3.98, -4.36, -3.26, P < 0.05$)。静脉期所测肺癌碘值、 $\lambda_{HU40-70}$ 及静脉期 NIC 与结节/肿块样肺炎差异无统计学意义,碘值分别为 $(23.19 \pm 4.30) \times 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $(24.05 \pm 3.52) \times 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $\lambda_{HU40-70}$ 分别为 4.06 ± 1.21 、 3.84 ± 1.08 , 静脉期 NIC 分别为 0.45 ± 0.11 、 0.49 ± 0.09 , 差异无统计学意义($t = -0.67, 0.64, -1.15, P > 0.05$)。肺癌 dIC 低于结节/肿块样肺炎,差异有统计学意义($t = -2.78, P = 0.01$)。各期能谱扫描所测水值及动-静脉期 dNIC 在肺癌与结节/肿块样肺炎中差异无统计学意义。**结论:**能谱 CT 增强扫描所测定量参数有助于肺癌与结节/肿块样肺炎鉴别诊断,动脉期碘值诊断效能最高。

【关键词】 肺肿瘤;肺炎;体层摄影术,X 线计算机;能谱成像

【中图分类号】 R814.42;R734.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)07-0863-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.07.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of quantitative spectral CT parameters in the differential diagnosis of lump-like pneumonia and lung cancer WANG Jun-xin, NIU Dan-dan, SUN Yu-qing, et al. Department of Medical Imaging, Jinan City People's Hospital, Jinan 271100, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the value of quantitative spectral CT parameters in the differential diagnosis of lump-like pneumonia and lung cancer. **Methods:** Forty-three patients with 27 lung cancers and 16 inflammatory nodules/masses underwent DESCT to get arterial phase (AP) images and venous phase (VP) images. The iodine concentration and water concentration were measured and normalized to the aorta as normalized iodine concentration (NIC), the difference of normalized iodine concentration between arterial phase and venous phase (dNIC), iodine concentration between arterial phase and venous phase (dIC) and slope of curve ($\lambda_{HU40-70}$) were also calculated in the two groups. Independent sample T test was used to compare the differences of each quantitative parameter between nodules/mass pneumonitis and lung cancer, and ROC curve was drawn to evaluate the diagnostic efficacy of each parameter. **Results:** The iodine concentration, slope of curve ($\lambda_{HU40-70}$), NIC in lung cancer were significantly lower than that of lump-like pneumonia masses during arterial phase, mean values were (25.76 ± 2.62) versus $(31.77 \pm 5.67) \times 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, 4.92 ± 0.59 versus 6.12 ± 1.32 , and 0.23 ± 0.04 versus 0.28 ± 0.06 . There were no statistic difference between lung cancer and lump-like pneumonia masses during venous phase in iodine concentration, slope of curve ($\lambda_{HU40-70}$) and NIC in lung cancer, mean values were 23.19 ± 4.03 versus $(24.05 \pm 3.52) \times 100 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, 4.06 ± 1.21 versus $3.84 \pm$

作者单位:271100 济南,济南市人民医院影像科

作者简介:王君鑫(1989-),男,山东莱芜人,硕士,主治医师,主要从事胸部及腹部影像诊断工作。

通讯作者:贾守强, E-mail: jshqlw@163.com

基金项目:山东省重点研发支持项目(2018GSF118077)

1.08, and 0.45 ± 0.11 versus 0.49 ± 0.09 respectively. There was no significant difference in the water value and dNIC between lung cancer and lump-like pneumonia masses. **Conclusion:** Contrast enhanced dual-energy spectral CT imaging with some quantitative parameters may be a promising new method for differentiating lung cancers from lump-like pneumonia masses, and iodine concentration during atrial phase has a highest diagnostic efficiency.

[Key words] Lung neoplasm; Pneumonia; Tomography, X-ray computed; Spectral imaging

肺炎为临床常见且多发疾病,部分肺炎呈结节或肿块样表现,其与肺癌的鉴别成为影像诊断工作一大难点^[1]。常规 CT 扫描对肺内占位的鉴别仅局限于病灶大小、边缘等形态特征分析,在两者的鉴别诊断中存在很多重叠之处^[2]。能谱 CT 成像突破常规 CT 单参数成像局限性,不仅可以观察常规混合能量图像,而且能获得 40~140 keV 不同水平单能量图像、不同基物质图像(碘/水、碘/钙等),为肺内病变鉴别诊断提供了一种新思路。本研究通过比较结节/肿块样肺炎与肺癌能谱 CT 定量参数的差异,初步探讨 CT 能谱模式增强扫描对肺内病变的鉴别诊断价值。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性分析济南市人民医院 2018 年 8 月—2019 年 12 月行胸部 CT 平扫发现肺内病变并于 1 周内行能谱模式双期增强扫描的 43 例患者的病例资料。男 24 例,女 19 例;年龄 41~83 岁,平均 62 ± 8 岁。纳入标准:①患者均为首次检查,CT 检查前未进行过任何药物或手术治疗;②无碘对比剂不良反应病史,无甲状腺功能亢进、严重肝、肾功能不全病史;③病例经手术或穿刺病理证实,部分炎症病例经临床随访观察到结节/肿块减小或消失;④患者能配合检查,图像质量符合诊断及后处理操作要求。

2. 检查方法

所有患者检查均在能谱 CT (Revolution CT, GE Healthcare, Milwaukee, 美国) 上进行扫描。首先行 120 kVp 常规胸部平扫,扫描方向为头足方向,扫描范围从胸廓入口到膈肌水平。平扫完成后进行能谱模式双期增强扫描:管电压行高、低能量(80 kVp、140 kVp)瞬时(0.5 ms)切换,自动毫安,采用双筒高压注射器,经肘静脉注射碘海醇(300 mg I/mL) 70 mL,注射流率 4 mL/s,随后以相同流率注射生理盐水 20 mL。选取支气管分叉下方水平同层胸主动脉监测 CT 值,触发阈值 180 HU,到达阈值后延迟 10 s 扫描获得动脉期图像,第 1 期扫描结束 30 s 后进行第 2 期静脉期扫描。其他扫描参数包括:机架每周旋转时间 0.6 s,螺距 1.35:1,探测器宽度 16 cm,层厚和层间隔均为 5 mm,视野 400 mm×400 mm。

3. 数据测量

原始数据被重建为层厚 1.25 mm、层间隔 1.25 mm 图像并传输至 ADW 4.7 工作站(GE Healthcare, 美国)。采用 GSI Viewer 软件包自动计算并获得 40~140 keV 共 101 个不同 keV 水平单能量图像及碘-水基物质图像,由两位影像诊断医师共同协商分别在动脉期(arterial phase, AP)及静脉期(venous phase, VP)的碘基伪彩图中勾画 ROI, ROI 选择肿块强化最明显区域,并尽量避开坏死组织、空洞、钙化及血管等,采用复制-黏贴功能尽可能保证同一病灶 ROI 形状、大小和位置在动脉期及静脉期一致。软件自动计算兴趣区(ROI)内碘值(iodine concentration, IC)、水值(water concentration, WC)并生成病灶能谱曲线,同时测量病灶同层面主动脉碘值(iodine concentration, ICAO)。通过公式计算能谱曲线斜率 $\lambda_{\text{HU}40-70}$ 、标准化碘浓度(normalized iodine concentration, NIC)、动-静脉期标准化碘浓度差值(difference of NIC, dNIC)、动-静脉期碘浓度差值(difference of iodine concentration, dIC)。公式分别为: $\lambda_{\text{HU}40-70} = |\text{HU}40 - \text{HU}70|/30$; $\text{NIC} = \text{IC}/\text{ICAO}$; $\text{dNIC} = |\text{NICAP} - \text{NICVP}|$; $\text{dIC} = |\text{ICAP} - \text{ICVP}|$ 。

4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。对计量资料进行正态性检验,符合正态分布的数据以 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示。采用独立样本 t 检验比较各定量参数在肿块样肺炎与肺癌之间的差异,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。绘制 ROC 曲线评估各能谱 CT 定量参数的诊断效能。

结 果

共 43 例患者纳入研究,肺癌 27 例,最大直径 7 cm,平均 (4.2 ± 2.51) cm;结节/肿块型肺炎 16 例,最大直径 9 cm,平均 (5.4 ± 3.34) cm。能谱模式增强扫描动脉期肺癌碘值、能谱曲线斜率 $\lambda_{\text{HU}40-70}$ 、NIC 均低于结节/肿块样肺炎(图 1、2),差异有统计学意义(表 1、2)。静脉期肺癌碘值、能谱曲线斜率 $\lambda_{\text{HU}40-70}$ 、NIC 与结节/肿块样肺炎差异无统计学意义。肺癌 dIC 低于结节/肿块样肺炎,差异有统计学意义(表 2)。动脉期及静脉期能谱扫描所测水值及 dNIC 在肺癌与

表 1 肺癌和结节/肿块样肺炎能谱 CT 扫描各参数比较

参数	肺癌	肺炎	t 值	P 值
动脉期				
碘值($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	25.76 ± 2.62	31.77 ± 5.67	-3.98	0.01
水值(mg/cm^3)	1033.01 ± 41.65	1020.20 ± 29.02	1.08	0.28
$\lambda_{\text{HU}40-70}$	4.92 ± 0.59	6.14 ± 1.23	-4.36	<0.01
静脉期				
碘值($\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	23.19 ± 4.30	24.05 ± 3.52	-0.67	0.50
水值(mg/cm^3)	1022.44 ± 10.58	1034.22 ± 36.70	-1.57	0.12
$\lambda_{\text{HU}40-70}$	4.06 ± 1.21	3.84 ± 1.08	0.64	0.52

结节/肿块样肺炎中差异均无统计学意义(表 1、2)。肺炎的敏感度和特异度分别为 89%、75%。

表 2 肺癌和结节/肿块样肺炎能谱 CT 标准化参数比较

参数	肺癌	肺炎	t 值	P 值
动脉期 NIC	0.23 ± 0.04	0.28 ± 0.06	-3.26	<0.01
静脉期 NIC	0.45 ± 0.11	0.49 ± 0.09	-1.15	0.25
dIC	3.90 ± 3.19	7.90 ± 5.31	-2.78	0.01
dNIC	0.22 ± 0.11	0.21 ± 0.09	0.41	0.68

选取上述差异有统计学意义的参数(动脉期碘值、动脉期斜率 $\lambda_{\text{HU}40-70}$ 、动脉期 NIC 及 dIC)绘制 ROC 曲线(图 3),曲线均位于参考线之上,动脉期碘值曲线下面积(area under curve, AUC)最大(AUC=0.78),取碘值阈值为 $28.4\mu\text{g}/\text{cm}^3$ 时鉴别肺癌与结节/肿块样

讨 论

CT 是肺内结节样病变诊断与鉴别诊断的主要影像学检查方法,近年来随着 CT 软硬件设备的发展和广泛应用,肺内病变诊断的敏感性大大提高,但特异性仍存在些许不足^[3]。常规 CT 主要通过观察病灶形态和强化方式等进行诊断,成像参数较为单一且受观察者经验影响较大^[4]。能谱成像作为近年来新兴的 CT 科研平台,突破常规 CT 扫描单参数成像的局限性,一次扫描可同时获得混合能量图像、40~140keV 单能

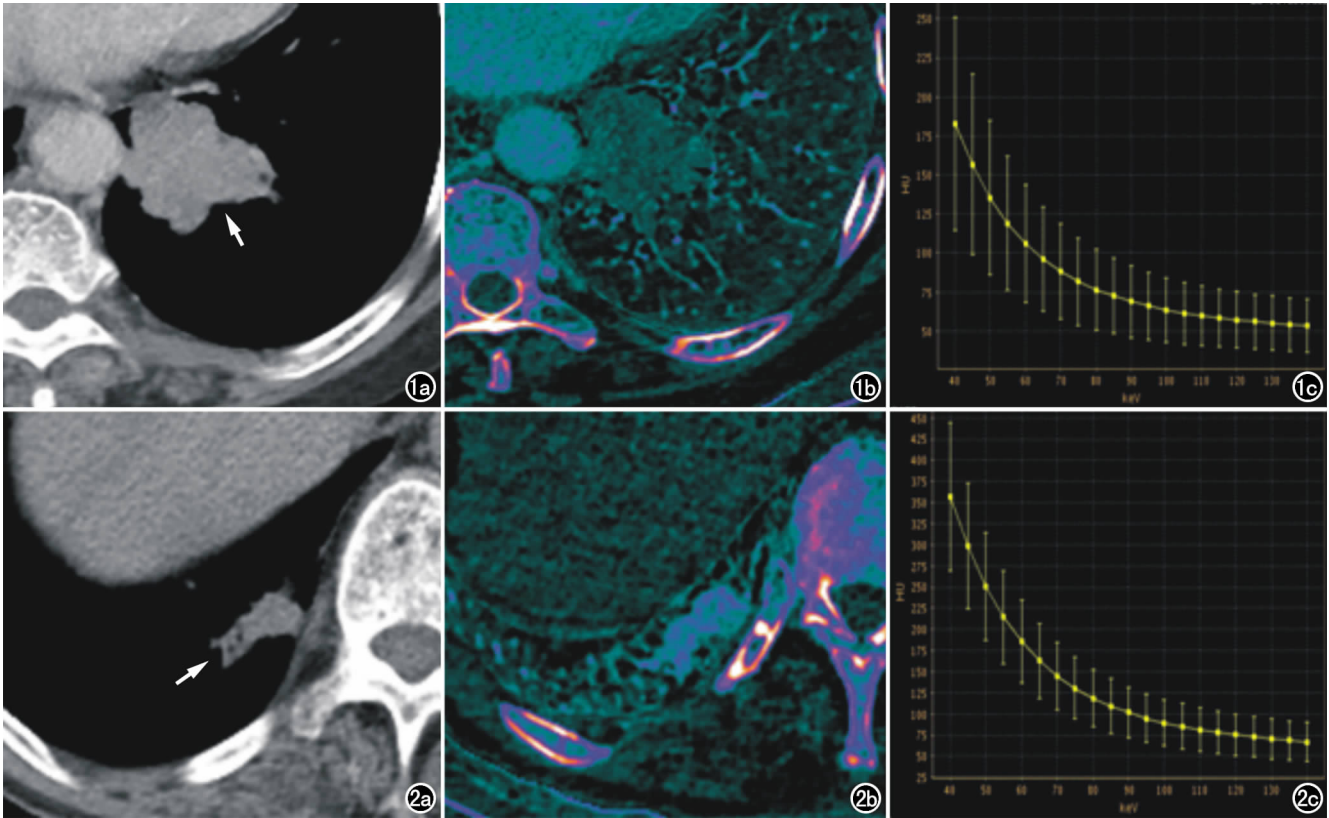


图 1 女,79 岁,肺小细胞癌。a) CT 平扫纵隔窗示左肺下叶团块样软组织密度灶(箭),边缘浅分叶,大小约 $4.4\text{cm}\times 3.1\text{cm}$; b) 能谱模式增强扫描动脉期碘基图,病灶动脉期碘值为 $(27.04\pm 7.85)\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$; c) 能谱模式增强扫描动脉期病灶所测能谱曲线,斜率为 3.92。图 2 男,66 岁,结节样肺炎。a) CT 平扫纵隔窗示右肺下叶不规则结节样软组织密度灶(箭),边缘浅分叶改变,大小约 $2.2\text{cm}\times 0.9\text{cm}$; b) 能谱模式增强扫描动脉期碘基图,病灶动脉期碘值为 $(38.9\pm 7.38)\times 100\mu\text{g}/\text{cm}^3$; c) 能谱模式增强扫描动脉期病灶所测能谱曲线,斜率为 5.89。

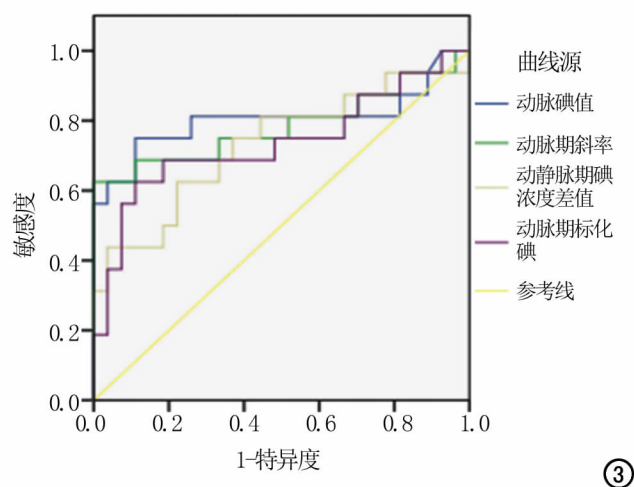


图3 肺癌和结节/肿块样肺炎动脉期碘值、动脉期能谱曲线斜率 $\lambda_{\text{HU}40-70}$ 、动脉期 NIC 及 dIC 的 ROC 曲线图,所有曲线均位于参考线之上,动脉期碘值 AUC 最大,为 0.78。

量图像、基物质图像(碘/水、碘/钙)等,使 CT 成像从宏观形态学进入物质微观定量研究领域^[5],在肺内结节/肿块的诊断与鉴别、肿瘤分级及肿瘤同源性分析中展现出重要作用^[6]。

研究表明能谱 CT 的碘值能准确测量组织内碘含量,可作为肿瘤灌注和血管生成的重要影像标志物^[7]。Hou 等^[8]研究表明能谱模式双期增强扫描所得肺癌标化碘浓度明显低于肺炎性肿块,可作为鉴别肺癌与炎性肿块的新方法。所以本研究以碘-水基物质对肺内结节/肿块样病灶进行分析,结果显示结节/肿块样肺炎动脉期碘值明显高于肺癌,差异有统计学意义,当碘值大于 $28.4 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ 时对肺内炎性结节/肿块诊断敏感度高达 89%。为进一步消除对比剂注射剂量、注射速率及个体间血液循环差异对肺内病灶碘值测量的影响,笔者以病灶层面主动脉碘值为参照测量了病灶的标化碘浓度,结果显示肺内炎性病灶动脉期 NIC 为 0.28 ± 0.06 ,高于肺癌组动脉期 NIC 值 0.23 ± 0.04 ,差异有统计学意义($P < 0.05$)。该结果更加精确地表明肺内炎性结节/肿块的动脉期血流灌注高于癌性病灶。这种差异可能因为炎症病灶急性期释放大炎症介质,这些介质将诱导病灶周围小动脉及毛细血管扩张,血管通透性增加;而且炎症导致的水肿可压迫回流静脉,使组织静水压升高。两种因素相互作用使活动性炎性组织的血流灌注高于癌性病灶^[9]。而碘是 CT 增强对比剂主要成分,组织碘值多少可一定程度反应组织血流动力学状态。所以碘图可较常规 CT 更加敏感而准确的反应组织强化程度,从而获得更高的诊断敏感度及特异度。有文献研究表明肺癌回流的淋巴管

数量较正常肺组织明显减少,对比剂在癌症组织内滞留时间延长,所以对比剂在肺癌组织的灌注是一个缓慢流出的过程^[10]。所以本研究进一步比较了肺内占位动-静脉期标化碘浓度差值及碘浓度差值,结果显示肺癌与肺内结节/肿块样肺炎的 dIC 分别为 3.90 ± 3.19 、 7.90 ± 5.31 ,差异有统计学意义($P < 0.05$),与文献研究结果类似,表明癌性组织血流流出速度较炎性组织慢。但 dNIC 在两组间差异无统计学意义,笔者分析认为标化碘浓度以病灶同层主动脉为参考值,主动脉内碘值变化在动-静脉期间差异较大,可能会稀释部分病灶碘值变化而导致差异无统计学意义。

能谱衰减曲线描述了物质在不同能量 X 射线照射下的衰减情况,与物质密度紧密相关,可以发现常规 CT 难以区分的物质细微特征,理论上不同化学构成的组织具有不同的能谱衰减曲线^[11]。肺炎与肺癌作为不同病理类型肺内病变,有着不同的组织细胞结构,也可能有着不同的能谱衰减曲线^[12]。能谱曲线差异可以用曲线斜率来进行定量评估。研究表明能量越低不同物质间 CT 值差别越大,图像中组织的对比度就越大^[12]。所以本研究选取 40~70 keV 区间计算能谱曲线斜率,结果显示结节/肿块样肺炎能谱曲线相对陡直,斜率较大,肿瘤病变能谱曲线相对平缓,两组在动脉期所测曲线斜率差异具有统计学意义。表明动脉期 40~70 keV 能谱曲线斜率可作为结节/肿块样肺炎与肺癌鉴别的定量指标。

本研究初步探讨能谱 CT 在鉴别肺癌与结节/肿块样肺炎中的应用,存在一定局限性:所采集病例数量有限,未能够进行大样本研究,未对不同大小的结节与肿块样病变进行细分;未对不同分化程度、不同病理类型的肺癌及肺炎的不同分期做出分析,对此仍需要继续扩大研究样本量做深入分析。

综上所述,能谱模式 CT 双期增强扫描在结节/肿块样肺炎与肺癌鉴别诊断中具有很大潜能,可利用多参数成像优势,明显提高肺炎性病灶与肺癌诊断敏感性与准确性。

参考文献:

- [1] 李明英,张成琪,邓凯. CT 能谱成像对肺内良恶性肿瘤诊断的初步研究[J]. 中华放射学杂志,2013,47(5):410-413.
- [2] 吴维,张进华,万维佳,等. 能谱 CT 诊断孤立性肺结节/肿块的初步研究[J]. 放射学实践,2014,29(9):998-1002.
- [3] 左秀娟,贺太平. 能谱 CT 诊断孤立性肺结节的研究进展[J]. 实用放射学杂志,2017,33(10):1627-1629.
- [4] Chen ML, Li XT, Wei YY, et al. Can spectral computed tomography imaging improve the differentiation between malignant and benign pulmonary lesions manifesting as solitary pure ground glass, mixed ground glass, and solid nodules? [J]. Thorac Cancer, 2019,10(2):234-242.

- [5] Kang MJ, Park CM, Lee CH, et al. Dual-energy CT: clinical applications in various pulmonary diseases[J]. Radiographics, 2010, 30(3): 685-698.
- [6] Cha MJ, Lee KS, Kim HS, et al. Improvement in imaging diagnosis technique and modalities for solitary pulmonary nodules: from ground-glass opacity nodules to part-solid and solid nodules[J]. Expert Rev Respir Med, 2016, 10(3): 261-278.
- [7] Jia Y, Xiao X, Sun Q, et al. Gemstone spectral imaging in lung cancer: A preliminary study[J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(29): e11170.
- [8] Hou WS, Wu HW, Yin Y, et al. Differentiation of lung cancers from inflammatory masses with dual-energy spectral CT imaging[J]. Acad Radiol, 2015, 22(3): 337-344.
- [9] 宁先英, 李浩, 杨明, 等. CT 能谱定量分析对肺腺癌与鳞癌的鉴别诊断价值[J]. 放射学实践, 2017, 32(3): 237-241.
- [10] 李相生, 肖湘生. 孤立性肺结节的 CT 增强特点及其血供病理学基础[J]. 临床放射学杂志, 2000, 19(11): 730-731.
- [11] Deniffel D, Sauter A, Dangelmaier J, et al. Differentiating intrapulmonary metastases from different primary tumors via quantitative dual-energy CT based iodine concentration and conventional CT attenuation[J]. Eur J Radiol, 2019, 111: 6-13.
- [12] Kang MJ, Park CM, Lee CH, et al. Dual-energy CT: clinical applications in various pulmonary diseases [J]. Radiographics, 2010, 30(3): 685-698.

(收稿日期: 2020-05-24 修回日期: 2020-09-20)



北京大学图书馆
PEKING UNIVERSITY LIBRARY

《中文核心期刊要目总览》入编通知

《放射学实践》主编先生/女士:

我们谨此郑重通知: 依据文献计量学的原理和方法, 经研究人员对相关文献的检索、统计和分析, 以及学科专家评审, 贵刊《放射学实践》入编《中文核心期刊要目总览》2020年版(即第9版)临床医学/特种医学类的核心期刊。该书由北京大学出版社出版。书中按《中国图书馆分类法》的学科体系, 列出了74个学科的核心期刊表, 并逐一对照核心期刊进行了著录。著录项目包括: 刊名、并列刊名、主办单位、出版年、出版频率、中图分类号、ISSN号、CN号、邮发代号、编辑部地址、电话、网址、内容简介等。

评选核心期刊的工作是运用科学方法对各种刊物在一定时期内所刊载论文的学术水平和学术影响力进行综合评价的一种科研活动, 研究工作量大。北京地区十几所高校图书馆、中国科学院文献情报中心、重庆维普资讯有限公司、中国人民大学书报资料中心、中国学术期刊(光盘版)电子杂志社、中国科学技术信息研究所、北京万方数据股份有限公司、国家图书馆和北京世纪超星信息技术发展有限责任公司等相关单位的百余名专家和期刊工作者参加了研究。

项目组对核心期刊的评价理论、评价方法等问题进行了深入研究, 进一步改进了核心期刊评价方法, 使之更趋科学合理, 力求使评价结果符合客观实际。对于核心期刊的评价仍采用定量评价和定性评审相结合的方法。定量评价指标体系采用了被摘量(全文、摘要)、被摘率(全文、摘要)、被引量、他引量(期刊、博士论文)、影响因子、他引影响因子、5年影响因子、5年他引影响因子、特征因子、论文影响分值、论文被引指数、互引指数、获奖或被重要检索系统收录、基金论文比(国家级、省部级)、Web下载量、Web下载率16个评价指标, 选作评价指标统计源的数据库及文摘刊物达48种, 统计到的文献数量共计142亿余篇次, 涉及期刊13764种。参加核心期刊评审的学科专家1万多位。经过定量筛选和专家定性评审, 从我国正在出版的中文期刊中评选出1990种核心期刊。

需要特别指出的是, 该研究成果只是一种参考工具书, 主要是为图书情报界、出版界等需要对期刊进行评价的用户提供参考, 例如为各图书情报部门的中文期刊采购和读者导读服务提供参考帮助等, 不应作为评价标准。谨此说明。

顺颂
撰安

《中文核心期刊要目总览》2020年版编委会

