

·综述·

能谱 CT 成像在肺癌诊断中的应用研究进展

麦卫平 张永林

030001 太原, 山西医科大学附属第二医院影像科

通信作者: 张永林, Email: 463959354@qq.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2016.01.015

【摘要】 能谱成像是近年来 CT 成像领域的一项新技术, 具有多参数、定量分析等成像特点, 其主要技术包括物质分离、单能量图像、能谱曲线和有效原子序数测定。通过多种参数和分析工具的综合应用, 能谱 CT 能够客观反映病变的组织特征, 对确定病变的组织来源和范围、鉴别诊断等方面具有潜在价值。其在肺癌的筛查、肺结节的良恶性判定等方面的研究中也取得了初步成果, 笔者就能谱 CT 的主要技术及其在肺癌诊断中的应用作一综述。

【关键词】 肺肿瘤; 体层摄影术, X 线计算机; 能谱成像; 能谱曲线

Research progress of spectral imaging in the diagnosis of lung cancer Mai Weiping, Zhang Yonglin

Department of Radiology, the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

Corresponding author: Zhang Yonglin, Email: 463959354@qq.com

【Abstract】 Spectral imaging is a new technique in the field of CT imaging in recent years, with many parameters, quantitative analysis of imaging characteristics, the main technology including material separation, single energy image, can measure the spectrum curve and the effective atomic number. Through the comprehensive application of various parameters and analysis tools, spectrum imaging can reflect the characteristics of lesions, and has potential value to determine the source and scope, differential diagnosis etc.. The screening of lung cancer, the identifying of benign and malignant pulmonary nodules and other aspects of the study also achieved initial results. This article focuses on the spectrum technology and its application in diagnosis of lung cancer.

【Key words】 Lung neoplasms; Tomography, X-ray computed; Spectral imaging; Spectral curve

肺癌是世界范围内常见的恶性肿瘤, 2008 年肺癌取代肝癌成为中国恶性肿瘤人群的首要死因, 据统计, 中国每年有 60 万人死于肺癌^[1-2]。随着宝石能谱 CT 的问世, 能谱成像已在临床研究及疾病诊断方面取得了初步成果, 在肿瘤的诊断、鉴别诊断及疗效评估方面已成为研究热点。

1 能谱 CT 成像基本原理及主要技术

1.1 基本原理

X 射线能量通常用单位 keV 来表示, 代表一个电子经过 1V 电势加速后具有的动能, 传统 CT 成像中 120 kVp 指峰值在 120 kV 时的混合能量。CT 能谱成像是通过单源瞬时高低 kVp (80 kVp 至 140 kVp) 切换技术, 几乎同时同角度得到两种能量 X 线的采样数据, 依据这两种能量数据来确定体素在 40~140 keV 能量范围内的衰减系数, 进而得到

101 个单能图像。单能量 CT 图像(keV 图像)与常规混合能量 CT 图像(kVp 图像)相比, 其能有效消除 X 线硬化伪影、提高图像的噪声比、获得稳定而精确的 CT 值^[3]。不同的物质对于不同能量的 X 线衰减系数不同, 说明任何物质都有与其对应的 X 线衰减的特征性能谱曲线。且物质的 X 线衰减系数可以用两种基物质的吸收系数来决定, 能谱 CT 成像中最常用碘-水物质分离, 它包含了从软组织到含碘对比剂以及医学中常见的物质范围, 通过碘基图像可准确、客观地反映物质真实的碘浓度^[4]。

1.2 主要技术

1.2.1 物质分离

任何组织皆可通过两种物质组合产生相同的衰减效应来表达, 即经过高低两组电压扫描的 X 线衰减图可以表达两种物质的密度图, 此过程即物质分离。CT 常用碘(水)图来反映增强后组织有无强

化及强化程度,碘(钙)图则用来区分高密度物质的主要成分是对比剂还是钙化,尿酸(钙)图用于区分真假痛风石等^[5]。基物质能通过去除增强图像中的碘而得到虚拟平扫图像,这样可以减少患者平扫检查所接受的辐射剂量。目前,虚拟平扫图像已经在尿路结石的检出及颅脑血管成像时颅内出血的检出等方面得到应用^[6-7]。

1.2.2 单能量图像

基于对图像质量和密度分辨率的需求,能谱CT能提供40~140 keV的101个能级的单能图像,可消除硬化伪影,提供相对纯净的CT值及较好的噪声比。不同能量水平下,同一物质的吸收衰减系数不同,在某一单能量水平下病变与邻近组织的吸收衰减系数差异最大并且图像噪声最低,此能量水平下的图像为显示该病变的最佳单能量图像。能谱CT的optimal CNR软件可以寻找出显示某病变的最佳单能量图像,从而更好地显示病变的轮廓与内部结构特点。低keV单能图像可优化低浓度对比剂动脉成像效果,提高微小病灶检出率,Lv等^[8]研究显示,能谱成像技术能够提高鉴别肝微小血管瘤和小肝癌的灵敏度。而合适的高keV图像可以有效去除金属伪影及提高阴性结石显示率。

1.2.3 能谱曲线

物理学上,每种物质都有其特征性的能谱曲线,不同曲线代表不同结构和病理组织类型,如纯水曲线形态近似一条水平线,脂肪的标准化曲线表现为上升型曲线,大多数物质标准化曲线为随keV升高而CT值逐渐下降。因此能谱曲线在肿瘤良恶性鉴别、同源性数据分析等方面可提供更多诊断信息。

1.2.4 有效原子序数

X线衰减曲线很大程度上取决于物质有效原子序数的大小,因而可以用有效原子序数来对物质化学组成成分进行分析,尤其CT值相近的物质,利用有效原子序数可对物质进行更准确分析。Qu等^[9]研究提示,能谱成像能够较好地地区分不同种类的肾结石,并能根据有效原子序数来确定结石类型。

2 能谱CT在肺癌中的应用

2.1 肺癌病灶的检出

胸片广泛应用于肺癌筛查,但早期肺癌在平片上主要表现为密度不均的小结节,在正位胸片上,

约43%肺部面积与心脏、纵隔、横膈等组织重叠,容易漏诊较大的恶性结节^[10]。近年,国内外采用低剂量螺旋CT来对胸部疾病进行普查,虽然降低了辐射剂量,但因管电流的降低,图像质量受到一定的影响,对微结节显示不尽人意。能谱CT低剂量扫描结合自适应统计迭代重建技术,既能降低X射线剂量,又能保证图像质量,对肺野内微细结构显示清晰,对于 ≤ 10 mm的结节检出率高于常规低剂量CT,是高危人群早期肺癌筛查的重要手段^[11]。

2.2 肺结节良恶性的鉴别

孤立性肺结节(solitary pulmonary nodules, SPN)指可勾画轮廓的、影像学上不透明的、直径 < 3 cm、周围完全被含气肺组织包绕的圆形或椭圆形密度增高影,不伴肺不张、肺门肿大和胸腔积液^[12-13]。肺结节为肺内常见病变,依据结节大小,将 ≤ 8 mm的病灶定义为亚厘米结节,直径 > 3 cm的病灶定义为肿块,影像学上将肺小结节分为非实性结节(纯磨玻璃结节)、部分实性结节(混合性磨玻璃结节)及实性结节,非实性结节和部分实性结节的恶性率较实性结节高^[14]。SPN有良、恶性之分,常见的良性结节有肉芽肿、错构瘤、结核球、硬化性肺细胞瘤及炎性假瘤等,恶性结节多为支气管肺癌^[15]。早期对SPN定性诊断,对改善患者预后意义重大,恶性者可以早期手术切除,良性者则可以避免过度诊断与治疗。CT是检出SPN的重要方法,传统CT主要从形态上鉴别SPN。恶性SPN:一般形态不规则,边缘有细毛刺,边缘出现丛毛征、不规则小棘状突起或出现大小不等、深浅不一的分叶,内部可见空泡征或空洞,一般单发厚壁,洞壁朝向胸膜面,洞内壁一般不规则,有壁结节。结节周边常出现血管集束征、胸膜凹陷征及肺门引流征等。良性SPN:呈圆形或椭圆形,有卫星灶,内部常见钙化,胸膜面呈带状或星状密度增高影,肺门引流呈“双轨状”,结节内空洞一般呈裂隙状。因存在异病同影及同病异影的现象,单纯CT征象鉴别肺结节良恶性较为困难。

常规CT扫描因X线硬化现象影响CT值的准确测量,而且不同CT机型因采用的球管不同所测得的CT值也存在偏差。不同性质病变的平扫CT值相近,增强强化模式不典型,使不同性质SPN鉴别存在一定的困难。能谱CT单能量成像有效去除伪影,提供比常规混合能量成像更精确的CT

值,有利于肺结节的鉴别。方亚军等^[16]对不同密度肺结节模型同时行能谱扫描和常规扫描,并测量肺结节模型的CT值,显示能谱扫描测得的CT值较常规扫描更准确。碘是CT增强对比剂的主要成分,通过对组织碘含量定量分析,可有效反映组织的血流动力学状况。能谱CT提供的碘基图可更好地反映病灶内碘的分布情况,其碘浓度能客观准确地反映病灶的血供情况,从而区分炎性或恶性病变。吴维等^[17-18]将SPN分为良性组、恶性组及炎性组,恶性组主要有肺癌、类癌和肺转移瘤;良性组主要为错构瘤、硬化性肺细胞瘤、结核球等;炎性组主要包括炎性假瘤、肺脓肿及霉菌球等;分别对这3组患者行胸部能谱双期或三期增强扫描,分析各组结节不同增强时期碘基值、能谱曲线及曲线斜率变化,结果显示,恶性组与炎性组在各个时期能谱曲线的位置均高于良性组,两组的曲线斜率和结节病灶碘基值也高于良性组。影响能谱曲线CT值衰减的主要因素是病变的密度、血供及强化差异,恶性结节内的微血管网主要由增多、扭曲、扩张的支气管动脉分支构成,在动脉增强早期强化;炎性结节的微血管同样来源于支气管动脉的毛细血管网,很多炎性病变内微血管数量更密集,扩张更明显,血供更丰富,所以强化程度较恶性结节更明显;而常见的良性结节是乏血供的,强化程度一般较弱。吴维等^[17-18]得出,炎性组的能谱曲线位置最高,曲线斜率和碘基值最大,可以有效鉴别炎性结节和恶性结节。

2.3 肺癌病理类型的鉴别

肺癌根据组织病理学分为非小细胞肺癌和小细胞肺癌两大类,非小细胞肺癌中最常见的是肺鳞癌和肺腺癌^[19]。肺癌病理诊断主要通过活检或细胞学检查获得,如何通过无创检查手段来确定病理类型是临床始终探索的目标。同一大类肿瘤的不同类型的瘤细胞在物质构成及细胞排列的紧密程度等方面存在细微差异。例如,鳞癌主要以堆积式生长,瘤细胞增殖堆积逐渐充满肺泡,鳞癌多存在细胞间桥及角化珠,瘤体一般偏大且瘤内血管分布不均,瘤细胞易发生变性坏死,局部酸碱度改变,易引起钙质沉着。腺癌则以伏壁式生长为主,瘤细胞沿肺泡壁等肺内支架结构蔓延生长,常伴有腺样分化及黏液产生^[20]。这些差异在CT成像上主要表现为CT值不同,传统CT混合能量成像获得的单一CT值

难以显示这种细微差异。林晓珠等^[21]研究发现,CT能谱成像对富血供小病灶的检测、肿瘤特征的分析具有传统CT所没有的新作用,可为临床提供更多病理信息。王雪梅等^[22]研究显示,能谱CT平扫鳞癌的钙含量及Effective-Z均大于腺癌;增强扫描后,鳞癌在不同keV水平下的CT值均高于腺癌,其标准碘含量及40~90 keV能量段能谱曲线斜率大于腺癌,提示CT能谱成像可以作为鳞癌和腺癌鉴别诊断的有效辅助手段。孟晓燕^[23]研究提示,能谱CT定量指标对肺鳞癌与肺腺癌没有鉴别意义;而标准化碘浓度值对小细胞癌与非小细胞癌的鉴别具有一定临床价值。目前,能谱CT定量指标是否能用于鉴别肺癌的不同病理类型尚存争议,还有待进一步研究证实。

2.4 肺癌淋巴结转移的评估

肺癌淋巴结转移与否是确定术前分期、治疗方案及预后评价的重要因素,判断纵隔淋巴结转移的方法主要有纤维支气管镜、超声引导下穿刺活检及纵隔镜检查等,诊断准确率高,但均为有创侵入性检查,容易并发气胸、出血及瘤细胞种植等而受到一定限制^[24-25]。PET/CT作为无创检查方法,灵敏度较高,但易出现较高的假阳性率,且因价格昂贵而不能普及^[26]。能谱CT可通过显示纵隔淋巴结的最佳单能图像来更好地显示淋巴结病变,将病变淋巴结与肺内原发病灶两者的能谱曲线进行同源性数据分析,克服了传统CT只依赖淋巴结形态学的诊断模式。刘金刚等^[27]对淋巴瘤、肺腺癌、肺鳞癌及胆管癌的转移性淋巴结行能谱CT研究显示,分析碘含量及低能量下的CT值对不同来源的转移性淋巴结有一定的鉴别意义。李明英等^[28]研究提示,能谱曲线能够为纵隔转移性淋巴结诊断提供新方法,有利于肺癌患者术前更准确分期。能谱CT在评价纵隔转移性淋巴结中已经发挥一定价值,但相关研究样本均较小,需扩大样本研究以得出更可靠的理论依据。

2.5 肺癌疗效评估

肺癌个体化治疗方案选择及疗效评价一直是临床关注的问题,临床上肺癌的疗效评价主要依据CT等图像中实体肿瘤大小变化,即实体瘤治疗反应评价标准,来判断治疗疗效,其灵敏度和准确率有限。因形态学改变晚于组织代谢方面的改变,瘤体缩小与瘤细胞死亡间存在不同步性。能谱CT对

肿瘤疗效的评价研究主要运用物质分离技术,得到碘基图像进而对碘的浓度进行定量测量。肿瘤组织治疗前后,组织结构发生了改变,因而进入瘤体的碘相应发生变化,所测得碘浓度值亦发生了变化。当肺癌伴有阻塞性肺不张、肺炎,或因胸腔积液导致肺压缩使病变表现复杂化,难以准确测得瘤体大小时,可通过最佳单能图像来勾画瘤体边缘,以更好地观测治疗前后瘤体的变化情况。

3 不足与展望

能谱 CT 继承了传统 CT 优点,为临床工作提供了重要的影像学诊断信息。能谱成像在去除伪影、微小病灶的检出、微细结构的显示及低剂量成像等方面显示了其特有的优点;在肿瘤良恶性鉴别诊断、病理类型预判、评估淋巴结转移及治疗疗效评估等方面具有潜在价值。目前,能谱定量指标与病理对照研究尚少,其指标的准确性、可重复性仍需提高样本量来研究验证。虽然能谱 CT 的研究已经取得一定成果,但各项研究结果间尚存一定争论,所以 CT 能谱成像在肺癌中的应用价值有待于进一步深入研究验证。

利益冲突 本研究的署名作者按以下贡献声明独立开展,不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 张永林负责论文命题的提出、论文审阅;麦卫平负责收集整理相关文献,并对大量文献进行阅读、整理、翻译及总结,最后进行论文撰写等工作。

参 考 文 献

- [1] She J, Yang P, Hong QY, et al. Lung cancer in China challenges and interventions[J]. *Chest*, 2013, 143(4): 1117–1126. DOI: 10.1378/chest.11-2948.
- [2] 张金山, 吴兆红, 邓咏梅, 等. ^{99m}Tc -MIBI 联合 ^{99m}Tc -HL91 乏氧显像对 60 例原发性肺癌的诊断评价[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2006, 30(5): 287–289.
Zhang JS, Wu ZH, Deng YM. The diagnostic value of ^{99m}Tc -MIBI combined with ^{99m}Tc -HL91 hypoxia imaging in primary lung cancer [J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2006, 30(5): 287–289.
- [3] Lin XZ, Miao F, Li JY, et al. High-Definition CT gemstone spectral imaging of the brain: initial results of selecting optimal monochromatic image for Beam-Hardening artifacts and image noise reduction[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2011, 35(2): 294–297. DOI: 10.1097/RCT.0b013e3182058d5c.
- [4] 林晓珠, 沈云, 陈克敏. CT 能谱成像的基本原理与临床应用研究进展[J]. *中华放射学杂志*, 2011, 45(8): 798–800. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.08.028.
- Lin XZ, Shen Y, Chen KM. Spectral CT imaging: principle, clinical application and research[J]. *Chin J Radiol*, 2011, 45(8): 798–800.
- [5] 刘爱连, 沈云, 董越, 等. 能谱 CT 临床应用图谱[M]. 北京: 人民军医出版社, 2012: 18–19.
Liu AL, Shen Y, Dong Y, et al. *Atlas of Clinical Applications of Spectral CT*[M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2012: 18–19.
- [6] Ferda J, Novák M, Mírka H, et al. The assessment of intracranial bleeding with virtual unenhanced imaging by means of dual-energy CT angiography[J]. *Eur Radiol*, 2009, 19(10): 2518–2522. DOI: 10.1007/s00330-009-1495-2.
- [7] Chandarana H, Godoy MC, Vlahos I, et al. Abdominal aorta: evaluation with Dual-Source Dual-Energy multidetector CT after endovascular repair of Aneurysms-Initial observations[J]. *Radiology*, 2008, 249(2): 692–700. DOI: 10.1148/radiol.2492080359.
- [8] Lv P, Lin XZ, Li J, et al. Differentiation of small hepatic hemangioma from small hepatocellular carcinoma: recently introduced spectral CT method[J]. *Radiology*, 2011, 259(3): 720–729. DOI: 10.1148/radiol.11101425.
- [9] Qu M, Ramirez-Giraldo JC, Leng S, et al. Dual-energy dual-source CT with additional spectral filtration can improve the differentiation of non-uric acid renal stones: an ex vivo phantom study[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2011, 196(6): 1279–1287. DOI: 10.2214/AJR.10.5041.
- [10] Doria-Rose VP, Marcus PM, Miller AB, et al. Does the source of death information affect cancer screening efficacy results? A study of the use of mortality review versus death certificates in four randomized trials[J]. *Clin Trials*, 2010, 7(1): 69–77. DOI: 10.1177/1740774509356461.
- [11] 胡兴和. 宝石能谱 CT 在早期肺癌筛查中的应用价值[J]. *医疗卫生装备*, 2011, 32(12): 64–65, 78. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8868.2011.12.026.
Hu XH. Application value of gem energy spectrum CT for screening of early lung cancer[J]. *Chin Med Equip J*, 2011, 32(12): 64–65, 78.
- [12] Winer-Muram HT. The solitary pulmonary nodule[J]. *Radiology*, 2006, 239(1): 34–49. DOI: http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2391050343.
- [13] Poschenrieder F, Beyer L, Rehbock B, et al. Management of solid pulmonary nodules[J]. *Radiologe*, 2014, 54(5): 436–448. DOI: 10.1007/s00117-013-2601-7.
- [14] Park CM, Goo JM, Lee HJ, et al. Nodular ground-glass opacity at thin-section CT: histologic correlation and evaluation of change at follow-up[J]. *Radiographics*, 2007, 27(2): 391–408. DOI: 10.1148/rg.272065061.
- [15] Choromańska A, Macura KJ. Evaluation of solitary pulmonary nodule detected during computed tomography examination[J]. *Pol J Radiol*, 2012, 77(2): 22–34.

- [16] 方亚军, 黄召勤, 凌春香, 等. 能谱技术在肺结节 CT 值定量测量中的实验研究[J]. 实用放射学杂志, 2012, 28(3): 454-457. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2012.03.034.
- Fang YJ, Huang ZQ, Ling CX, et al. Experimental study on quantitative measurement of CT attenuations of pulmonary Nodules with gemstone spectral imaging[J]. J Pract Radiol, 2012, 28(3): 454-457.
- [17] 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. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.09.005.
- Wu W, Zhang JH, Wan WJ, et al. The diagnostic value of spectral CT imaging in lung solitary nodule/mass[J]. Radiologic Pract, 2014, 29(9): 998-1002.
- [18] 关牧娟. 宝石能谱 CT 成像鉴别诊断孤立性肺结节性质的研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2013.
- Guan MJ. Utility of Spectral Imaging in the Differentiation of Solitary Pulmonary Nodule: Preliminary Study[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2013.
- [19] Subramanian J, Govindan R. Lung cancer in never smokers: a review[J]. J Clin Oncol, 2007, 25(5): 561-570. DOI: 10.1200/JCO.2006.06.8015.
- [20] Qiang JW, Zhou KR, Lu G, et al. The relationship between solitary pulmonary nodules and bronchi: multi-slice CT-pathological correlation[J]. Clin Radiol, 2004, 59(12): 1121-1127. DOI: 10.1016/j.crad.2004.02.018.
- [21] 林晓珠, 李卫侠, 朱延波, 等. 宝石能谱 CT 在肿瘤诊断中的初步应用[J]. 诊断学理论与实践, 2010, 9(2): 155-160.
- Lin XZ, Li WX, Zhu YB, et al. Preliminary application of Gemstone Spectral Imaging(GSI) in the diagnosis of tumors[J]. J Diagn Concepts Prac, 2010, 9(2): 155-160.
- [22] 王雪梅, 石华, 杨露露, 等. 能谱 CT 定量分析在鉴别诊断肺鳞癌与腺癌中的应用价值[J]. 宁夏医科大学学报, 2013, 35(4): 415-418. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6309.2013.04.016.
- Wang XM, Shi H, Yang LL, et al. Value of spectral CT imaging in differentiating plumonary squamous cell carcinoma and adenocarcinoma[J]. J Ningxia Med Univ, 2013, 35(4): 415-418.
- [23] 孟晓燕. 能谱 CT 在肺癌病理分型及纵隔淋巴结转移评估中的初步应用研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2014.
- Meng XY. Evaluation of lung cancer histologic classification and lymph nodes metastases: initial experience with spectral CT imaging[D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2014.
- [24] Iskender I, Kadioglu SZ, Kosar A, et al. Is there any maximum standardized uptake value variation among positron emission tomography scanners for mediastinal staging in non-small cell lung cancer?[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2011, 12(6): 965-969. DOI: 10.1510/icvts.2010.258103.
- [25] Tournoy KG, Keller SM, Annema JT. Mediastinal staging of lung cancer: novel concepts[J]. Lancet Oncol, 2012, 13(5): e221-e229. DOI: 10.1016/S1470-2045(11)70407-7.
- [26] Iskender I, Kadioglu SZ, Cosgun T, et al. False-positivity of mediastinal lymph nodes has negative effect on survival in potentially resectable non-small cell lung cancer[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2012, 41(4): 874-879. DOI: 10.1093/ejcts/ezr054.
- [27] 刘金刚, 刘亚, 李丽新, 等. CT 能谱成像在诊断肿瘤淋巴结转移和肿瘤性质中的作用[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(8): 731-735. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.08.006.
- Liu JG, Liu Y, Li LX, et al. Preliminary study of spectral CT imaging in the differential diagnosis of metastatic lymphadenopathy due to various tumors[J]. Chin J Radiol, 2011, 45(8): 731-735.
- [28] 李明英, 邓凯, 张成琪. 能谱 CT 在原发性肺癌纵隔淋巴结转移中的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(6): 906-909. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2013.06.011.
- Li MY, Deng K, Zhang CQ. Diagnostic value of spectrum CT in mediastinal lymph node metastasis of primary lung cancer[J]. J Pract Radiol, 2013, 29(6): 906-909.

(收稿日期: 2015-07-24)

更正

·读者·作者·编者·

由于编辑的疏漏, 本刊 2015 年第 6 期第 505 页正文第一行中“放射治疗(简称: 化疗)”中的“化疗”应为“放疗”, 特此更正并致歉。

本刊编辑部