

四维 CT 量化膈顶运动准确性和放疗前后呼吸运动稳定性临床验证

包勇 王卫华 黄晓延 张黎 黄劲敏 樊卫 陈明 刘孟忠 崔念基 邓小武

【摘要】 目的 验证四维 CT(4DCT)信息能否代表呼吸运动的实际情况,患者放疗前后呼吸活动是否有明显变化而影响 4DCT 在放疗中的应用。方法 67 例胸部肿瘤患者在 GE discovery 16-slice PET/CT 上行 4DCT 扫描,在 AW 4.2 4D Advantage Sim 6.0 工作站设计放疗计划。模拟机透视下观察放疗前后的呼吸频率、左右膈肌运动幅度、因呼吸不平稳导致膈肌运动超出 4DCT 测定范围的次数(脱靶率),比较呼吸频率和左右膈肌运动幅度在 4DCT 重建和模拟机透视下的差异。结果 67 例中 58 例能够重建出呼吸运动,其中 32 例放疗前后进行模拟机透视。放疗前后透视下呼吸频率和左右膈肌运动幅度的差异无统计学意义($P > 0.100$);4DCT 重建与透视观察的呼吸频率差异无统计学意义($P > 0.100$);放疗前后脱靶率的差异有统计学意义($P < 0.05$);4DCT 重建与透视下左右膈肌运动幅度的差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论 胸部肿瘤患者放疗前后呼吸状态基本一致,稳定性好;4DCT 重建图像与患者呼吸保持一致性,但可能会遗漏部分信息。

【关键词】 放射疗法; CT 模拟; 四维 CT; 验证

Clinical verification of the accuracy of quantitative diaphragmatic dome movement on four-dimensional CT scan and the stabilization of respiratory movement before and after radiotherapy BAO Yong, WANG Wei-hua, HUANG Xiao-yan, ZHANG Li, HUANG Shao-min, FAN Wei, CHEN Ming, LIU Meng-zhong, CUI Nian-ji, DENG Xiao-wu. Department of Radiation Oncology, Sun Yat-Sen University Cancer Center, State Key Laboratory of Oncology in Southern China, Guangzhou 510060, China.

Corresponding author: CHEN Ming

【Abstract】 **Objective** To verify the fidelity of four dimensional CT(4DCT) in assessing respiratory movement, and evaluate the influence of respiratory change between pre- and post-radiotherapy on 4DCT application in radiotherapy. **Methods** Patients with thoracic cancer received 4DCT scan with GE discovery 16-slice PET/CT. Radiotherapy plan was designed on AW 4.2 4D Advantage Sim 6.0 workstation. Respiratory frequency, bilateral diaphragmatic amplitude and dis-target rate observed by 4DCT and X-ray fluoroscopy simulator were compared by paired-samples t-test. **Results** Totally 67 patients received 4DCT scan, including 54 males and 13 females. Reconstruction of respiratory movement was made in 87% (58/67) patients, among whom 32 patients received fluoroscopy before and after radiotherapy. No statistically significant difference was observed in respiratory frequency and bilateral diaphragmatic amplitude between pre- and post-radiotherapy, or in the respiratory frequency between 4DCT reconstruction and fluoroscopy ($P > 0.1$). Statistically significant differences were observed in dis-target rate between pre- and post-radiotherapy, and in bilateral diaphragmatic amplitude between 4DCT reconstruction and fluoroscopy ($P < 0.05$). **Conclusions**

Respiratory status is fairly stable between pre- and post- radiotherapy in patients with thoracic carcinoma. The reconstruction image by 4DCT is conformal with the respiratory movement, but some information may be left out.

【Key words】 Radiotherapy; CT simulation; Four dimensional CT; Verification

放疗是胸部肿瘤治疗的主要方法之一。由于呼

吸等生理运动的存在,胸部肿瘤的放疗需考虑靶区内移动^[1]。四维 CT (four dimensional computed tomography, 4DCT) 的出现使个体化确定内靶体积(internal target volumes, ITV)成为可能。但是 4DCT 信息是否能够代表呼吸的实际情况,患者在放疗前后的呼吸活动是否有明显变化而导致 ITV 的改

作者单位:510060 广州,华南肿瘤学国家重点实验室中山大学肿瘤防治中心放疗科;中山大学肿瘤防治中心核医学科(樊卫)

通讯作者:陈明

变,从而影响 4DCT 在放疗中的应用,这些问题都需要在临床实践中进行研究和解决。

材料与方法

1. 临床资料:2005 年 9 月至 2006 年 11 月使用 4DCT 进行模拟定位放疗的胸部肿瘤患者 67 例。详细资料见表 1。

表 1 67 例病例的临床特点

临床特点	例数	百分比(%)
性别		
男	54	81
女	13	19
年龄		
中位年龄	56	
范围	35 ~ 78	
诊断		
非小细胞肺癌	39	58
小细胞肺癌	22	33
其他胸部肿瘤	6	9
原发灶部位		
右肺	35	52
左肺	26	39
纵隔	6	9
扫描方式		
CT	9	13
4DCT	58	87

2. 设备和方法:GE 公司 16-slice discovery PET/CT。扫描范围为第 4 颈椎到第 2 腰椎,扫描层距为 2.5 mm,层厚为 2.5 mm,扫描电压 120 kV,电流 250 mA。每床位连续扫描时间为 1 个呼吸周期加 1 s (通常为 5 s),移床时 CT 机不出射线。CT 扫描过程中使用瓦里安实时呼吸门控装置(real-time position management respiratory gating, RPM)采集呼吸信号,探测呼吸运动的摄像头置于床尾。用于标记呼吸运动的红外线反射标记盒放在患者上腹部。透视采用西门子 X 线模拟定位机,根据体厚不同自动调整透视电压约 60 ~ 70 kV,电流 2.5 mA。4DCT 扫描前 30 s 注射造影剂,扫描后图像传至 AW 4.2 4D Advantage Sim 6.0 工作站。通过 GE 公司软件 Advantage 4D 进行排列重组,软件将 RPM 采集到的呼吸曲线的每个呼吸周期根据吸气末-呼气末-吸气末的顺序均分为 10 个点(0%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%),并得出最大、最

小和平均呼吸周期。由软件将采集到的上千幅 CT 图像根据所在呼吸周期的位置重新排列,组合成 0% ~ 90% 的 10 套不同呼吸位置的 CT 图像。通过 4DCT Review 软件观察左右膈肌运动,在横断面上计算 50%(呼气末)与 0%(吸气末)的膈顶层面的距离得出头脚方向运动最大幅度。放疗前和放疗后均采用 4DCT 定位的同一体位和固定方式在模拟机下进行 X 线透视,记录 1 min 呼吸次数(呼吸频率),平静呼吸下左右膈肌头脚方向的运动幅度,统计 1 min 内因呼吸不平稳导致的膈肌运动超出上述范围的次数(脱靶率)。最后分别比较模拟机透视下放疗前后膈肌的运动幅度、呼吸频率、脱靶率的变化,以及放疗前膈肌运动幅度和呼吸频率在 4DCT 和 X 线模拟机观察下的差别。

3. 统计方法:采用 SPSS 11.0 软件行分别对透视下放疗前和放疗后的呼吸频率、左右膈肌的运动幅度,4DCT 扫描重建和模拟机透视下的平均呼吸频率、左右膈肌的运动幅度进行配对 *t* 检验。

结 果

1. 4DCT 结果:4DCT 扫描一个患者的时间将近 90s,从摆位到扫描结束需要 30 ~ 40 min,因此需要选择能坚持放疗体位 30 min 以上的患者。67 例中可以重建出完整 4DCT 图像者 58 例,因呼吸不平稳导致 4DCT 图像重建失败而补充常规 CT 扫描的有 6 例;不能长时间坚持同一体位 2 例,脑梗塞后不能正确理解呼吸控制的意义 1 例。

2. 放疗前后呼吸变化情况:32 例于放疗前和放疗后在模拟机下透视膈肌运动情况,分别记录呼吸频率、左右膈肌头脚方向的运动幅度、脱靶率,结果见表 2。

表 2 放疗前后呼吸变化比较

项目	呼吸频率 (次/min)	膈顶运动幅度(mm)		脱靶率 (次/min)
		左膈	右膈	
放疗前	17.64	15.38	15.66	2.09
放疗后	18.11	14.81	15.72	1.50
<i>t</i> 值	-1.25	1.25	-0.12	2.09
<i>P</i> 值	0.220	0.222	0.902	0.044

3. 模拟机透视与 4DCT 重建结果的比较:可重建出 4DCT 图像的 58 例均于放疗前进行模拟机透视,记录呼吸频率和左右膈肌头脚方向的运动幅度,结果见表 3。

表 3 X 线透视与 4DCT 呼吸运动的差异

项目	呼吸频率 (次/min)	膈顶运动幅度(mm)	
		左膈	右膈
X 光透视	17.87	15.50	14.82
4DCT	17.40	12.80	11.85
t 值	1.24	5.90	5.56
P 值	0.220	<0.001	<0.001

讨 论

4DCT 是通过腹部标记盒的运动记录呼吸波,再将呼吸波与采集到的 CT 图像进行融合,通过专门软件(Advantage 4D)进行分割、重组出各呼吸时相的 CT。重组成功率与图像清晰程度、患者呼吸是否平稳以及可重复性有关。所有病例治疗前均进行呼吸训练,以保持呼吸平稳一致。由于训练时间短,没有可供参照和评价呼吸训练的设备,图像伪影较多,并有 6 例未能采集到平稳呼吸波,导致扫描重组失败。有研究表明即使可通过 Advantage 4D 软件进行融合的图像仍有 30% 以上产生运动伪影^[2]。多个试验提示给予患者视听信号指导呼吸,有助于提高呼吸均匀性和可重复性,可提高 4DCT 扫描成功率和重建图像清晰度^[3,4]。Eike 和 George^[5]通过自行开发的软件进行人工呼吸波的处理,再与 CT 图像进行融合,可减少图像运动伪影。目前,X 线透视仍然广泛用于二维平面上观察肿瘤或器官运动^[6],但在透视下并非所有位置肿瘤运动都能被准确观察,即使是外周型肺部肿物也有 30% 不能被准确测量^[7]。因此笔者选择膈顶头脚方向运动,最容易观察,准确性也最高;结果表明放疗前后左右膈顶运动幅度和呼吸频率基本一致,而放疗后比放疗前脱靶情况有所减少。可认为放疗前后大约 1.5 个月内,患者呼吸活动没有受到明显影响,呼吸节律和幅度在放疗期间基本保持稳定,且患者在多次放疗后消除了紧张情绪,适应了放疗过程,使得呼吸更为平稳。因此,可认为在整个放疗过程中,基于 4DCT 图像考虑了器官和肿瘤运动因素的个体化放疗计划是可行的。

van der Geld 等^[8]发现通过 4DCT 重建后的虚拟透视测量肿瘤运动的 ITV 可能会放大其结果。笔者初期也曾使用虚拟透视观察膈肌运动,测量过程中发现虚拟透视图像清晰程度较差,且测量受观察者主观意识影响较大,在重建后图像存在运动伪影情况下测量准确性较差。虚拟透视是通过 4DCT 的

10 个呼吸时相重建后的电影放映图像,同样的扫描数据在横断面上可更清晰反映。50% 时相反映的是呼气末状态,而 0% 的时相所反映的是吸气末状态,两者膈顶层面距离就可代表膈顶运动幅度。试验结果表明 4DCT 所得出的平均呼吸频率与透视下膈顶运动幅度右侧略小于左侧,但两侧膈顶运动幅度都比透视下幅度减小 2.7 ~ 3.0 mm。4DCT 采集的呼吸频率与患者实际呼吸频率相吻合,可认为 4DCT 基本反映了实际呼吸状态,但在膈肌运动幅度方面仍存在一定差别。van der Geld 等^[8]报道 X 线透视与 4DCT 重建的肺内肿瘤运动的区别,也指出透视下 ITV 大于 4DCT 重建,作者认为透视下观察者主观放大了肿瘤运动边界,且透视对肿瘤运动观察清晰度较差,因此透视状态放大了肿瘤运动。笔者采用观察膈顶运动方法,透视下清晰可见,不存在上述原因。然而,在进行 4DCT 扫描中注射造影剂可导致身体发热等不适,CT 床位步进移动可造成患者情绪紧张,贴于腹部红外反射盒也可能造成一定影响,而模拟机透视下不存在上述因素。由于前后状态差异有可能导致膈肌运动不同,偏差原因还可能与观察者视觉误差有关。由于测量使用的模拟机屏幕光栅约有 2 mm 的宽度,可导致一定测量误差。另外,X 线透视是模拟信号,它在空间分辨力上优于 CT 扫描。4DCT 采集数字信号完整性与扫描层距和层厚有关。笔者所使用的扫描层距和层厚均为 2.5 mm,测量中发现多数病例在 0% (吸气末) 和 50% (呼气末) 时相膈顶横断面上膈肌的形态和面积会有明显差别。由于扫描层距(2.5 mm)的存在,膈顶在呼气末和吸气末的横断面并不一定是膈肌运动最末端。最顶层横断面与膈肌运动末端距离 < 2.5 mm 时,这一段信息将被遗漏,导致所测得间距不能完全代表实际情况。4DCT 扫描后重建准确性还与呼吸均匀程度有关。笔者研究中的 1 例患者呼吸不均匀,但可重建出 4DCT 图像。实验过程中发现该患者 50% 状态下膈顶位置并不位于所有呼吸时相的最高位置。通过呼吸训练和视听反馈等方法,利用超薄层(1 mm)扫描可采集到更多信息,减少误差。

综上所述,4DCT 扫描需要进行病例选择和呼吸训练以提高扫描成功率和图像清晰度。4DCT 基本可反映实际呼吸状态,在治疗前采集 4DCT 数据可用于个体化的放疗设计;但 4DCT 重建器官运动与 X 线透视观察实际情况有细微差异,在运动度大

的位置 4DCT 有可能遗漏一小部分信息,在勾画靶区时应予考虑;而差异产生的原因以及两者之间相关性等问题有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 ICRU. ICRU report 62. Prescribing, recording and reporting photon beam therapy (supplement to ICRU report 50). Bethesda: ICRU, 1999.
- 2 Tinsu P. Comparison of helical and cine acquisitions for 4D-CT imaging with multislice CT. Med Phys, 2005, 32:627-634.
- 3 Rohini G, Theodore DC, Sastry SV, et al. Audio-visual biofeedback for respiratory-gated radiotherapy: impact of audio instruction and audio-visual biofeedback on respiratory-gated radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 65:924-933.
- 4 Vedam S, George R, Keall P. Respiratory motion-conditioned 4D CT: a method to determine respiratory motion tolerances to reduce

motion artifacts during 4D CT acquisition. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2005, 63:204-205.

- 5 Eike R, George TYC. Improving retrospective sorting of 4D computed tomography data. Med Phys, 2006, 33:377-379.
- 6 Potters L, Steinberg M, Rose C, et al. American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and American College of Radiology practice guideline for the performance of stereotactic body radiation therapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 60:1026-1032.
- 7 Yang ZG, Sone S, Li F, et al. Visibility of small peripheral lung cancers on chest radiographs: influence of densitometric parameters, CT values and tumour type. Br J Radiol, 2001, 74: 32-41.
- 8 van der Geld Y, Senan S, van Sornsen de Koste JR, et al. Evaluating mobility for radiotherapy planning of lung tumors: A comparison of virtual fluoroscopy and 4DCT. Lung Cancer, 2006, 53:31-37.

(收稿日期:2007-01-23)

· 短篇论著 ·

脑转移瘤伽马刀术后复发与放射性脑坏死的 氢质子磁共振波谱分析鉴别

张广超 王作华 李兴华 李玉昆 刘英伟

放射性脑坏死和肿瘤复发无论临床表现还是常规影像学表现都十分相似,正确鉴别直接影响治疗方法的选择和预后。氢质子磁共振波谱分析($^1\text{H-MRS}$)是一种无损伤性研究人脑和多种脑疾病的脑内化合物和代谢变化的新方法。国外已经应用于脑胶质瘤、脑转移瘤、脑放射性坏死和其他脑疾病的诊断和鉴别,国内报道较少。笔者对 37 例有明确原发瘤灶发生脑内转移且已行伽马刀治疗患者行 $^1\text{H-MRS}$,以评价 $^1\text{H-MRS}$ 鉴别脑转移瘤伽马刀治疗后复发与放射性脑坏死的价值。

一、材料与方法

1. 一般资料:1994—2006 年共治疗脑转移瘤 1786 例,共 5231 个转移瘤,得到随访 1428 例,共 4125 个转移瘤。MRI 复查 3~9 个月内转移瘤消失 1746 个(42.3%),缩小 1174 个(28.5%),体积不变 902 个(21.3%),增大 303 个(7.3%),总有效率 92.7%。有 $^1\text{H-MRS}$ 复查并可疑复发的病例 37 例,其中男 29 例,女 8 例。年龄 35~79 岁,平均 58.3 岁。原发病变为肺癌 31 例,乳腺癌 4 例,肝癌 1 例,肾癌 1 例。 $^1\text{H-MRS}$ 检查与伽马刀治疗的间隔分别为 3、9、21 个月,共 3 次 $^1\text{H-MRS}$ 检查。

2. 检查方法:使用东芝公司生产的 1.5T 超导 MR 机。

每例行头部常规 MR 扫描和增强扫描,在增强扫描图像基础上定位,点分辨波谱序列(PRESS),多体素相位矩阵扫描,波谱感兴趣区尽可能在包含病灶的同时包含正常脑组织以利于对照。波谱工作站自带软件计算出感兴趣区内代谢物 N-乙酰天门冬氨酸(NAA),乙酰胆碱(Cho),肌酸(Cr),乳酸(Lac)等物质的波峰下面积,并计算出 NAA/Cho, NAA/Cr, Cho/Cr 的比值。

3. 统计方法:用 SPSS 12.0 软件对数据进行 F 、 t 检验。

二、结果

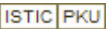
1. 临床结果:37 例经伽马刀治疗的脑转移瘤患者中,肿瘤复发 29 例,放射性脑坏死 8 例。均经手术病理或长期临床随访验证,其中手术病理证实 7 例,长期临床随访证实 30 例。 $^1\text{H-MRS}$ 检查与手术证实的间隔时间为 1 个月,与长期随访证实的间隔时间为 6 个月至 2 年。

2. 脑转移瘤伽马刀治疗后复发 $^1\text{H-MRS}$ 表现:29 例伽马刀疗后复发患者 $^1\text{H-MRS}$ 均有异常表现,强化中心区 Cho 峰明显增高, NAA 及 Cr 峰减低, Cho/Cr 比值升高, NAA/Cr 比值减低, NAA/Cho 比值降低,并出现 Lac 与 Lip 峰,在强化周围区也可检测到 Cho/Cr, NAA/Cr, NAA/Cho 的异常改变,同时也可检测到异常的 Lac 及 Lip 峰(表 1)。

验证

作者: [包勇](#), [王卫华](#), [黄晓延](#), [张黎](#), [黄劭敏](#), [樊卫](#), [陈明](#), [刘孟忠](#), [崔念基](#), [邓小武](#), [BAO Yong](#), [WANG Wei-hua](#), [HUANG Xiao-yan](#), [ZHANG Li](#), [HUANG Shao-min](#), [FAN Wei](#), [CHEN Ming](#), [LIU Meng-zhong](#), [CUI Nian-ji](#), [DENG Xiao-wu](#)

作者单位: [包勇](#), [王卫华](#), [黄晓延](#), [张黎](#), [黄劭敏](#), [陈明](#), [刘孟忠](#), [崔念基](#), [邓小武](#), [BAO Yong](#), [WANG Wei-hua](#), [HUANG Xiao-yan](#), [ZHANG Li](#), [HUANG Shao-min](#), [CHEN Ming](#), [LIU Meng-zhong](#), [CUI Nian-ji](#), [DENG Xiao-wu](#)(510060, 广州, 华南肿瘤学国家重点实验室中山大学肿瘤防治中心放疗科), [樊卫](#), [FAN Wei](#) (中山大学肿瘤防治中心核医学科)

刊名: [中华放射肿瘤学杂志](#) 

英文刊名: [CHINESE JOURNAL OF RADIATION ONCOLOGY](#)

年, 卷(期): 2007, 16 (4)

被引用次数: 4次

参考文献(8条)

1. [ICRU](#) [ICRU report 62.Prescribing, recording and reporting photon beam therapy \(supplement to ICRU report 50\)](#) [外文会议] 1999
2. [Tinsu P](#) [Comparison of helical and cine acquisitions for 4D-CT imaging with multislice CT](#) [外文期刊] 2005 (2)
3. [Rohini G](#); [Theodore DC](#); [Sastry SV](#) [Audio-visual biofeedback for respiratory-gated radiotherapy: impact of audio instruction and audio-visual biofeedback on respiratory-gated radiotherapy](#) [外文期刊] 2006
4. [Vedam S](#); [George R](#); [Keall P](#) [Respiratory motion-conditioned 4D CT: a method to determine respiratory motion tolerances to reduce motion artifacts during 4D CT acquisition](#) 2005
5. [Eike R](#); [George TYC](#) [Improving retrospective sorting of 4D computed tomography data](#) [外文期刊] 2006 (2)
6. [Potters L](#); [Steinberg M](#); [Rose C](#) [American Society for Therapeutic Radiology and Oncology and American College of Radiology practice guideline for the performance of stereotactic body radiation therapy](#) 2004
7. [Yang ZG](#); [Sone S](#); [Li F](#) [Visibility of small peripheral lung cancers on chest radiographs: influence of densitometric parameters, CT values and tumour type](#) 2001
8. [van der Geld Y](#); [Senan S](#); [van Sornsens de Koste JR](#) [Evaluating mobility for radiotherapy planning of lung tumors: A comparison of virtual fluoroscopy and 4DCT](#) [外文期刊] 2006 (1)

本文读者也读过(10条)

1. [孙宗文](#), [黄晓延](#), [包勇](#), [张黎](#), [黄劭敏](#), [樊卫](#), [陈明](#), [邓小武](#), [SUN Zong-wen](#), [HUANG Xiao-yan](#), [BAO Yong](#), [ZHANG Li](#), [HUANG Shao-min](#), [FAN Wei](#), [CHEN Ming](#), [DENG Xiao-wu](#) [基于四维CT的肺体积及呼吸运动分析](#) [期刊论文] - [中华放射肿瘤学杂志](#) 2008, 17 (6)
2. [何瀚](#), [包勇](#), [张黎](#), [黄晓延](#), [黄劭敏](#), [王卫华](#), [刘源](#), [陈利](#), [樊卫](#), [陈明](#), [刘孟忠](#), [崔念基](#), [邓小武](#) [四维CT和MIP融合图像的肺癌内靶体积确定](#) [期刊论文] - [中国肿瘤](#) 2007, 16 (4)
3. [习勉](#), [刘孟忠](#), [邓小武](#), [张黎](#), [黄晓延](#), [蔡玲](#), [XI Mian](#), [LIU Meng-zhong](#), [DENG Xiao-wu](#), [ZHANG Li](#), [HUANG Xiao-yan](#), [CAI Ling](#) [基于四维CT原发性肝癌内靶体积的确定及剂量学研究](#) [期刊论文] - [中华放射肿瘤学杂志](#) 2009, 18 (6)
4. [王彦](#), [包勇](#), [张黎](#), [樊卫](#), [邓小武](#), [陈明](#), [WANG Yan](#), [BAO Yong](#), [ZHANG Li](#), [FAN Wei](#), [DENG Xiao-wu](#), [CHEN Ming](#) [基于四维CT影像肺内肿瘤运动度的测量与分析](#) [期刊论文] - [中华放射肿瘤学杂志](#) 2010, 19 (1)
5. [包勇](#), [邓小武](#), [王卫华](#), [黄晓延](#), [张黎](#), [黄劭敏](#), [樊卫](#), [陈明](#), [刘孟忠](#), [崔念基](#) [胸部放疗中应用四维CT模拟定位系统的](#)

6. 孙宗文, 陈明, 邓小武 四维CT在肺癌个体化放疗中的应用[期刊论文]-中华放射肿瘤学杂志2008, 17(1)
7. 张春光, 邓小武, 黄劭敏 直线加速器注入电流变化对照射野对称性的影响[期刊论文]-中国肿瘤2004, 13(9)
8. 杨观华, 朱俊梅, YANG Guan-hua, ZHU Jun-mei 基于TMS320DM642平台的4×4DCT变换的实现与优化[期刊论文]-电脑与信息技术2008, 16(2)
9. 林承光, 李国文, 林刘文, 李文杰, 黄峻, 苏建新, 邓小武, 崔念基, LIN Cheng-guang, LI Guo-wen, LIN Lui-wen, LI Wen-jie, HUANG Jun, SU Jian-xin, DEN Xiao-wu, CUI Nian-ji 鼻咽癌放射治疗摆位不确定度的研究[期刊论文]-中华放射肿瘤学杂志2006, 15(6)
10. 邓小武, 黄劭敏, 祁振宇 CT模拟机的质量控制和质量保证检验[期刊论文]-中国肿瘤2004, 13(9)

引证文献(4条)

1. 胡永果, 王小虎, 欧阳水银, 齐勇, 魏玺仪 探索中央型肺癌肿块位移的影响因素及其数学模型的建立[期刊论文]-中国医学物理学杂志 2010(3)
2. 孙宗文, 黄晓延, 包勇, 张黎, 黄劭敏, 樊卫, 陈明, 邓小武 基于四维CT的肺体积及呼吸运动分析[期刊论文]-中华放射肿瘤学杂志 2008(6)
3. 王彦, 包勇, 张黎, 樊卫, 邓小武, 陈明 基于四维CT影像肺内肿瘤运动度的测量与分析[期刊论文]-中华放射肿瘤学杂志 2010(1)
4. 孙宗文, 陈明, 邓小武 四维CT在肺癌个体化放疗中的应用[期刊论文]-中华放射肿瘤学杂志 2008(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zhfszl200704015.aspx