

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.23.019

Rapid arc 联合呼吸门控在非小细胞肺癌放疗中的应用 *

潘广鹏 王义海 张瑾熔[△] 曾敏 吕茵 卢喜

(新疆医科大学附属肿瘤医院胸腹放疗科 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要 目的:探讨 RapidArc 联合呼吸门控技术在非小细胞肺癌放射治疗中的应用。**方法:**选取未能手术的ⅢA-ⅢB 期非小细胞肺癌患者 19 例, 分别在自由呼吸 (FB) 和呼吸门控系统 RC 状态下为每例患者设计 FB 下的 IMRT (IMRT-FB)、双弧 RapidArc (Arc-FB) 和 RC 下的 IMRT (IMRT-RC)、双弧 RapidArc (Arc-RC) 4 种放疗计划。评价四种计划和 Arc-RC 治疗的疗效及副反应。**结果:**除 1 例患者由于经济原因中途退出, 其他患者均顺利完成治疗。PTV 的平均体积由 FB 下的 296 cm³ 减少到了 RC 下的 210.2 cm³; RC 下的双肺平均体积为 3817.4 cm³, 较 FB 增加了 34%; Arc-RC 计划靶区的 CI、HI 及 D_{2%}、D_{98%}、V₉₅, 与 IMRT-FB、Arc-FB、IMRT-RC 计划差异无统计学意义, 但双肺的 V₂₀、V₃₀、V₄₀、V₅₀、及平均剂量 (D_{mean}) 明显低于后三者 (P<0.05)。总有效率为 72.23% (13 例)。急性放射性食管炎 1、2 级发生率分别为 61.1%、16.7%, 急性放射性肺炎 1、2 级发生率分别为 77.8%、11.1%, 骨髓抑制 1、2、3 级分别为 61.1%、22.2%、11.1%, 急性心脏损伤 1、2 级发生率分别为 83.3%、16.7%。**结论:**RapidArc 联合呼吸门控在非小细胞肺癌精确放疗中具有减少正常组织受照剂量体积和提高放疗精度的作用。

关键词:非小细胞肺癌; Rapid arc; 呼吸门控

中图分类号:R734.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)23-4475-04

Application of Rapid arc Combined Respiratory Gating in the Radiotherapy of Non-small Cell Lung Cancer*

PAN Guang-peng, WANG Yi-hai, ZHANG Jin-rong[△], ZENG Min, LV Yin, LU Xi

(Department of Radiotherapy, Affiliated Tumor Hospital of Xinjiang Medical University, Xinjiang, Urumqi, 830011, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the application of RapidArc combined respiratory gating technique in the radiotherapy of non-small cell lung cancer. **Methods:** Nineteen inoperable III A-III B non-small cell lung cancer patients were selected under free breathing (FB) and respiratory gating system (RC) state respectively, four kinds of radiation treatment planning for each patient were designed: under FB IMRT (IMRT-FB), double arc RapidArc (Arc-FB) and under RC IMRT (IMRT-RC), double arc RapidArc (Arc-RC). The efficacy and side effects of four plans and Arc-RC were evaluated. **Results:** Except one patient dropped out due to economic reasons, other patients were successfully treated. The average volume of PTV reduced from 296cm³ under the FB state to 210.2cm³ under the RC state; The average volume of lung was 3817.4cm³ under the RC, an increase of 34% the FB; The CI, HI and D_{2%}, D_{98%}, V₉₅ of Arc-RC planning target volume, compared with IMRT-FB, Arc-FB, IMRT-RC plan had no significant difference, but V₂₀, V₃₀, V₄₀, V₅₀, and the average dose (D_{mean}) of the lungs was significantly lower than the latter three (P<0.05). The total effective rate was 72.23% (13 cases). The rates of acute radiation esophagitis 1,2-level were 61.1%, 16.7%; The rates of acute radiation pneumonitis 1,2-level were 77.8%, 11.1%; the rates of myelosuppression 1,2,3-level were 61.1%, 22.2%, 11.1%, and the rates of acute cardiac injury 1,2-level were 83.3%, 16.7%. **Conclusion:** RapidArc combined respiratory gating accurate in non-small cell lung cancer radiotherapy can reduce the volume of normal tissue radiation dose and increasing the role of radiotherapy precision.

Key words: Non-small cell lung cancer; Rapid arc; Respiratory gating

Chinese Library Classification: R734.2 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)23-4475-04

前言

肺癌是世界范围内最为常见的恶性肿瘤之一, 其死亡率居恶性肿瘤的居首, 其中非小细胞肺癌占全部肺癌病例的 80%~85%^[1], 约 30% 确诊时已属不可手术切除的局部晚期ⅢA-ⅢB

期。放射治疗是目前不可切除局部晚期非小细胞肺癌主要治疗手段之一。随着科学技术的发展, 放疗技术已经有传统的二维常规放射治疗进入“精确定位、精确计划、精确治疗”精确放疗的时代, 而目前肺癌精确放疗方式主要包括容积调强技术 Rapid arc、螺旋断层治疗、Cyberknife 等。许多研究表明呼吸引

* 基金项目: 新疆维吾尔自治区科技支疆项目 (201191159)

作者简介: 潘广鹏 (1984-), 男, 在读研究生, 主要研究方向: 胸腹部肿瘤放射治疗, 电话: 13699981625, E-mail: guangpeng23@163.com

[△] 通讯作者: 张瑾熔, E-mail: zjr8043@yahoo.com.cn

(收稿日期: 2013-11-26 接受日期: 2013-12-20)

起的肺部肿瘤的运动不容忽视,且不同个体间差异明显^[2]。因此,放疗过程中仍然存在放疗脱靶和肿瘤区剂量不足的问题,如何根据肿瘤位置随呼吸的变化情况定义适靶区边界是肺部肿瘤精确放疗的关键所在。本研究为探讨 Rapid arc 联合呼吸门控系统在非小细胞肺癌放疗中缩小正常组织受照射范围,提高放疗精度的可行性进行了初步研究,现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择 2012 年 4 月至 2013 年 4 月就诊我院未能手术并经病理学或细胞学明确诊断为 III A-III B 期 NSCLC 的患者 19 例,其中男 12 例,女 7 例;中位年龄 55 岁(40~68 岁);卡氏评分均 >70 分;均为周围型肺癌,原发于上中叶 6 例、下叶 13 例;腺癌 10 例,鳞癌 7 例,腺鳞癌 2 例。患者入组前均已行 2~4 疗程化疗,且均为初次放疗。

1.2 设备及软件

飞利浦大孔径 CT 定位机,美国瓦里安 2300EX 直线加速器搭载瓦里安图像采集系统,瓦里安 Eclipse8.6 计划系统。

1.3 体位固定及扫描

采用真空垫固定体位,嘱患者双手抱肘置于额头。待平静呼吸后,开启实时体位检测设备,于患者剑突下 2cm 放置一塑料块,用红外线照相机监测,通过固定在塑料块上的被动反射标志跟踪呼吸周期,标志的运动可以在实时体位检测工作站的屏幕上以波浪线的形式显示出来,如此确定患者呼吸周期的规律性,时相长度的选择主要考虑时相内运动范围及治疗时间增加两个因素,选择呼吸周期的 30%~50%。采用增强 CT 扫描,层厚和层间距均为 3mm,分别在平静呼吸和呼吸门控状态由声门下扫描至上腹部,范围包括全肺,图像数据经网络传入瓦里安工作站。

1.4 放疗计划设计

根据国际辐射单位与测量委员会第 50 号报告定义肿瘤靶区、临床靶区、计划靶区,并按照美国临床管理体系放疗计划系统计算剂量分布和正常组织与重要器官受累剂量。通过三维治疗计划系统对两个序列重建的图像进行三维适形放疗计划设计。两种状态计划的图像重建、靶区定义及射野分布和权重等条件均一致。GTV 由影像诊断科医师、放疗科医师与物理师共同确认,CTV 为 GTV 外放 0.5 cm,在 FB 状态下,计划靶区(planning target volume, PTV)是在 CTV 基础上三维方向外扩 15 mm,外放后按照临近危及器官及自然解剖界限适当修改^[3],PTV 上叶病灶为 CTV 外放 0.8 cm、中下叶为 CTV 外放 1.5 cm。在 RC 状态下考虑到相对静止,由 CTV 到 PTV 在三维方向外扩 10mm 作为摆位误差^[4],2.0 Gy/次,5 d/周,计划治疗剂量 60Gy。要求 98%PTV 达到处方剂量,剂量归一方式为 100%归一最大剂量点^[5]。采用 7 个野进行共面适形治疗。

1.5 观察指标

利用剂量体积直方图(dose volume histograme DVH)评价 PTV 的 $D_{5\%}$ 、 $D_{95\%}$ 、 V_{95} 及均匀指数(HI)和适形指数(CI): $HI=D_{5\%}/D_{95\%}$; $CI=CF \cdot SF$ ($CF=VDT-PTV/VDT$, $SF=VDT-PTV/VPTV$)。其中, VPTV 为 PTV 体积 (cm^3), VDT-PTV 为接受处方剂量 PTV 体积(cm^3)。危及器官评价指标采用 VX(接受 xGy 照射体积占

总体积百分比),双肺的 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 和平均受量(D_{mean})。心脏的 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 和 D_{mean} ,脊髓的最大剂量(D_{max})。统计两组计划的总机器跳数(MU),总控制点数(control points)和总治疗时间(不含摆位时间)。近期疗效评价患者在放疗后 1、3 个月返院复查,按世界卫生组织肿瘤治疗后客观效果评分;正常组织急性反应按美国国家癌症研究所 CTC3.0 标准评价^[6]。

1.6 统计学分析

计量资料的数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 SPSS17.0 软件进行处理,对两种呼吸状态的靶区及危及器官体积参数采用配对样本 t 检验分析;对两种计划中 PTV 和危及器官的剂量学参数进行单向方差分析 F 检验分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 近期疗效与副反应

由于经济原因,1 例患者中途退出研究,其余患者经过对症支持治疗均完成了放疗。按 WHO 实体瘤疗效评价标准^[7],根据放疗前后胸部 CT 的改变评价肿瘤退缩情况,18 例患者中完全缓解 3 例(16.67%)、部分缓解 10 例(55.56%)、无变化 3 例(16.67%)、病灶进展 2 例(11.11%),近期总有效率(完全缓解+部分缓解)为 72.23%。1、2、3 级急性放射性食管炎发生率分别为 61.1%(11 例)、16.7%(3 例)、0,急性放射性肺炎分别为 77.8%(14 例)、11.1%(2 例)、0,骨髓抑制分别为 61.1%(11 例)、22.2%(4 例)、11.1%(2 例),急性心脏损伤分别为 83.3%(15 例)、16.7%(3 例)、0。

2.2 两种呼吸状态的靶区及危及器官体积变化

如表 1 所示,相对于 FB 状态,RC 状态下 GTV 总体积减少了 15.2%,差异无统计学意义($P > 0.05$),而 PTV 总体积减少了 29.0%,这种差异主要来源呼吸门控条件下,肺的活动度相对减小,PTV 外放边界的相对减少。同时双肺体积增加了 34%,降低了肺的密度,从而减少受照射正常肺组织体积。

2.3 靶区和危及器官剂量学参数比较

如表 2 所示,在 PTV 的 $D_{2\%}$ 、 $D_{98\%}$ 、 V_{95} 比较中,ARC-RC 计划的 $D_{2\%}$ 及 V_{95} 略大于 IMRT-FB、ARC-FB,略小于 IMRT-RC,而 $D_{98\%}$ 略大于 IMRT-FB、ARC-FB 及 IMRT-RC,差异无统计学意义($P > 0.05$)。ARC-RC 计划的 CI 略大于 IMRT-FB、ARC-FB 及 IMRT-RC,而 HI 略小于以上三者,差异无统计学意义($P > 0.05$)。ARC-RC 计划的双肺剂量参数 V_5 、 V_{10} 受照射体积略小于 IMRT-FB、ARC-FB 及 IMRT-RC,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。而 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 及 D_{mean} 则明显低于 IMRT-FB、ARC-FB 及 IMRT-RC($P < 0.05$),表明 ARC-RC 计划的双肺高剂量区明显降低。同时 ARC-RC 计划的心脏的 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 及 D_{mean} 及脊髓的 D_{mean} 有不同程度的降低,但差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

四种放疗计划的平均机器跳数差别显著($P < 0.05$),IMRT-FB 计划的平均机器跳数为 798MU,而 ARC-RC 计划仅为 478MU,(ARC-FB 及 IMRT-RC 计划的平均机器跳数分别为 476MU、764MU),减少了 40%,而 IMRT-FB 计划的平均控制点数为 352,(ARC-FB 及 IMRT-RC 计划的平均控制点数分别为 314、342),显著多于 ARC-RC 计划的 296,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表 1 两种呼吸状态下靶区体积及双肺体积比较

Table 1 Comparison of the target volume and lung volume between two kinds of respiratory conditions($\text{cm}^3, \bar{x} \pm s$)

Respiratory Status	The number of cases	GTV	PTV	Lung volume
FB	18	40.1 $\pm$ 19.3	296.0 $\pm$ 118.3	2848.8 $\pm$ 718.2
RC	18	34.0 $\pm$ 20.3	210.2 $\pm$ 72.4	3817.4 $\pm$ 672.5
T		0.528	3.215	-3.416
P		>0.05	<0.05	<0.05

注:FB 自由呼吸状态;RC 呼吸门控状态。GTV 大体肿瘤靶区;PTV 计划靶区。

Note: FB. Freedom respiratory status; RC. Respiratory gating state. GTV. Gross tumor volume; PTV. Planning target volume.

表 2 三种治疗计划的靶区、危机器官各剂量参数比较($\bar{x} \pm s$)Table 2 Comparison of the target plans and crisis organ parameters among three treatment($\bar{x} \pm s$)

Parameter	IMRT-FB	Arc-FB	IMRT-RC	Arc-RC	F	P
PTV						
D2%(cGy)	6349 $\pm$ 33	6352 $\pm$ 40	6393 $\pm$ 41	6387 $\pm$ 56	2.251	>0.05
D98%(cGy)	5701 $\pm$ 39	5804 $\pm$ 54	5693 $\pm$ 40	5847 $\pm$ 37	0.614	>0.05
V95(%)	95.96 $\pm$ 0.70	96.81 $\pm$ 0.07	97.42 $\pm$ 0.62	96.82 $\pm$ 0.71	0.736	>0.05
CI	0.79 $\pm$ 0.02	0.83 $\pm$ 0.02	0.78 $\pm$ 0.05	0.84 $\pm$ 0.04	2.313	>0.05
HI	0.83 $\pm$ 0.01	0.87 $\pm$ 0.02	0.82 $\pm$ 0.03	0.81 $\pm$ 0.06	2.115	>0.05
Lungs						
V5(%)	83 $\pm$ 10	84 $\pm$ 10	79 $\pm$ 9	78 $\pm$ 8	1.539	>0.05
V10(%)	66 $\pm$ 7	70 $\pm$ 9	65 $\pm$ 4	59 $\pm$ 7	2.381	>0.05
V20(%)	28 $\pm$ 4	26 $\pm$ 5	23 $\pm$ 3	17 $\pm$ 4	4.437	<0.05
V30(%)	9 $\pm$ 2	8 $\pm$ 4	6 $\pm$ 4	5 $\pm$ 2	4.372	<0.05
V40(%)	5 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	3 $\pm$ 1	2 $\pm$ 0	3.791	<0.05
Dmean(cGy)	1479 $\pm$ 215	1460 $\pm$ 202	1365 $\pm$ 132	1286 $\pm$ 121	5.082	<0.05
Heart						
V20(%)	71 $\pm$ 19	64 $\pm$ 22	70 $\pm$ 21	65 $\pm$ 27	0.420	>0.05
V30(%)	41 $\pm$ 22	43 $\pm$ 21	40 $\pm$ 25	39 $\pm$ 18	0.247	>0.05
V40(%)	22 $\pm$ 16	23 $\pm$ 13	20 $\pm$ 14	21 $\pm$ 12	0.214	>0.05
Dmean(cGy)	3025 $\pm$ 754	2978 $\pm$ 736	2968 $\pm$ 741	2765 $\pm$ 792	1.162	>0.05
Spinal cord						
Dmean(cGy)	4265 $\pm$ 274	4380 $\pm$ 227	4165 $\pm$ 398	4039 $\pm$ 415	1.896	>0.05
Machine total						
number of hops	798 $\pm$ 108	476 $\pm$ 80	764 $\pm$ 102	471 $\pm$ 66	25.849	<0.05
Control Points	352 $\pm$ 45	314 $\pm$ 12	342 $\pm$ 39	296 $\pm$ 12	9.465	<0.05

3 讨论

随着科学技术的飞速发展,放射治疗技术越来越精确,但放疗有效率及肿瘤复发控制进展缓慢,主要是放疗过程中存在“脱靶”及肿瘤区剂量不足,其中呼吸运动引起的器官的运动是主要的影响因素之一。Kovacs 等^[9]利用动态 MR 在横截面、矢状面和冠状面的成像,测量了 24 例上中叶肺癌在自由呼吸条件下的运动情况,结果表明肿瘤在前后方向的平均偏移为 0.109、0.063-0.204 cm;左右方向为 0.114、0.060-0.244 cm;头脚方向最显著,为 0.270、(0.079-0.815) cm;陈慧娟^[9]等在 FB 状态下 X、Y、Z 方向上肿瘤的移动度分别为 (2.22 $\pm$ 0.95)、(2.78 $\pm$ 1.48)、(6.44 $\pm$ 4.75) mm;俞晓立等^[10]研究中表明自由呼吸和采用 ABC 后头脚、左右、前后轴向上的移动幅度分别为 11.1、1.9、2.5 mm(F=85.15, P=0.000)和 2.2、1.1、1.7 mm(F=17.64, P=0.

000),这些研究证实呼吸运动导致器官移动明显,且这些移动无法通过肿瘤大小、位置及肺功能等进行预测。而肖锋^[11]等在研究呼吸动度中指出:通过外放边界不能使肺部运动范围>5mm 的肿瘤靶区获得预设的剂量分布。如果在计划中设计剂量分布和处方剂量时考虑到靶区移动,那么补偿由于呼吸运动导致的靶区移动而设置的计划靶区边界可显著减小^[12]。

RapidArc 技术属于容积弧形调强(Volumetric-Modulated ArcRadiotherapy, VMAT)^[13],通过改变机架旋转速度、动态多叶光阑形状和剂量率可以设计成形状精巧的剂量分布,高度匹配肿瘤的大小及形状,同时减少受照射正常组织,提供精确且有效的治疗,是一种兼有旋转照射优点的动态调强治疗方式,具有节省治疗时间、更好的适形度、提高治疗增益比特点。作为一种新的治疗模式,RapidArc 技术用于治疗非小细胞肺癌(NSCLC)已经取得了良好的效果^[14-16],马里兰大学医学中心完成 Rapi-

dArc 双弧的肺癌放射治疗仅需 3 分钟,而 IMRT-FB 计划完成整个治疗最快也需要 10 min。在外照射治疗中如果不对该运动进行控制或者补偿,那么较多的周围正常组织会接受不必要的照射而增加出现不良反应的可能性^[17,18]。而放疗中应用呼吸门控技术可以在相对静止状态下治疗,减小剂量分布误差和正常组织的受照射体积。呼吸门控技术并没有减小肿瘤运动,而是通过检测呼吸运动的规律,使射线束的放射周期与呼吸周期同步,即在某一特定相内开启射线束进行放疗,从而减小放疗时段内肿瘤移位,达到减小计划靶区的目的^[19]。其优点在于不对呼吸进行控制或屏气,患者可以自由呼吸,耐受性较好。RapidArc 联合呼吸门控放疗模式结合了各自的技术优势,是较为理想的放疗技术,能从多方面有效减少正常组织的受照射剂量。

RapidArc-RC 计划在 RC 状态下制定,肿瘤位于某一特定的呼吸状态相对静止,同时能减少呼吸运动引起的运动伪影,肿瘤位移小且重复性好,纵膈结构显示清楚,使靶区勾画更加精确。本研究结果显示 RapidArc-RC 的 GTV 体积较 IMRT-FB 平均减少了 15.2%,同时 RC 技术消除了呼吸运动引起内在边缘(IM)外扩,制定放疗计划时在三维方向设定 10 mm 的 PTV 外放间距作为摆位误差(SM),可保证靶区的覆盖,PTV 总体积平均减少了 29.0%,使靶区的高剂量线内收,从而减少了高剂量射线对正常组织照射体积,降低放疗副反应发生的概率,达到更好的保护正常组织目的。在呼吸门控系统中选择呼吸周期的 30-50%目的是使双肺尽量呈膨胀状态,双肺的密度降低,从而有利于减少肺的受照射体积及剂量。本研究中双肺的体积增加了 34%,双肺的高剂量区明显减少,同时双肺低剂量区、心脏及脊髓的剂量也有不同程度减少。国际辐射单位与测量委员会(ICRU)24 号报告指出,靶区照射剂量偏离 5%就有可能使靶区照射剂量降低(漏照)和周边正常器官剂量升高(误照),导致原发灶失控或并发症增加。RapidArc-RC 计划的 CI、HI 及 PTV 的 $D_{2\%}$ 、 $D_{98\%}$ 、 V_{95} 较其余三种放疗计划无明显差异,均能达到精确放疗的标准,同时其治疗效果明显,近期总有效率可达 72.23%。而急性放疗副反应仅出现轻、中度,无严重并发症,且均在患者所能耐受范围内。本研究结果说明,RapidArc-RC 在非小细胞肺癌放射治疗中具有显著的剂量学优势,可提升放疗精度,并有效减少周围正常组织的受照射体积,有利于保护肺功能,且副反应较轻。

主动呼吸控制技术要求患者的呼吸系统耐受性较好且经训练后均能承受约 30s 的屏气时间^[20],而 RC 技术在肺癌放疗中对患者无特殊要求,可以自由呼吸,耐受性好,适用范围广。但 RC 技术只能在特定的时相给予治疗,使直线加速器工作周期的减少放疗时间加长,从而使每日可接受放疗的患者人数减少^[21]。RapidArc 的平均机器跳数及控制点数较 IMRT 明显减少,能显著缩短治疗时间,可以减少长时间的治疗中由器官自主位移致靶区移位引起的误差。然而,在临床应用中,RapidArc-RC 技术的完善和效率的提高尚需进一步研究,同时,其远期放疗副反应仍需进一步随访观察。

综上所述,RapidArc-RC 在非小细胞肺癌放射治疗中具有显著的剂量学优势,放疗精度高,能有效减少周围正常组织的受照射体积,副反应较轻,具有常规放疗无法比拟的优越性,有

望进一步降低放疗副反应的发生率,提高肺癌的局部控制率和远期生存率。

参考文献(References)

- [1] 王若铮,张国庆.肿瘤放射治疗学[M].北京,北京科学出版社,2010: 164
Wang Ruo-zheng, Zhang Guo-qing. Radiation Oncology [M]. Beijing: Science Press, 2010: 164
- [2] 王征,陆雪官.放疗中呼吸所致肺部肿瘤运动及其控制与补偿方法[J].中华放射医学与防护杂志,2012,32(1): 107
Wang Zheng, Lu Xue-guan. radiation induced lung tumors in respiratory motion and control and compensation method [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2012, 32(1): 107
- [3] Hawkins MA, Aitken A, Hansen VN, et al. Set-up errors in radiotherapy for oesophageal cancers-is electronic portal imaging or conebeam more accurate? [J]. Radiother Oncol, 2011, 98(2): 249-254
- [4] Cohen RJ, Paskalev K, Litwin S, et al. Esophageal motion during radiotherapy: quantification and margin implications[J]. DisEsophagus, 2010, 23(6): 473-479
- [5] Fogliata A, Clivio A, Nicolini G. Intensity modulation with photons for benign intracranial tumors:a planning comparison of volumetric single arc,helical arc and fixed gantry techniques [J]. Radiother Oncol, 2009, 89: 354-362
- [6] 王健,曾昭冲,吴铮,等.主动呼吸控制结合三维适形放疗非小细胞肺癌的初步研究[J].中华放射肿瘤学杂志,2010,19(3): 209-210
Wang Jian, Zeng Zhao-chong, Wu Zheng, et al. active breathing control combined with three-dimensional conformal radiotherapy of non-small cell lung pre-liminary study [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2010, 19(3): 209-210
- [7] 志雄,李玉新,陈贵明,等.30 例 I 期非小细胞肺癌三维适形放疗结果分析[J].中华放射肿瘤学杂志,2006,15(3): 188-190
Zhi Xiong, Li Yu-xin, Chen Gui-ming, et al. 30 cases such as stage I non-small cell lung cancer dimensional conformal radiotherapy results an- alysis[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 15 (3): 188-190
- [8] Kovacs A, Hadjiev J, Lakosi F, et al. Dynamic MR based analysis of tumor movement in upper and mid lobe localized lung cancer [J]. Pathol Oncol Res, 2009, 15(2): 269-277
- [9] 陈慧娟,钟军. ABC 对肺肿瘤运动和放疗靶区及肺受照射剂量的影响[J].实用癌症杂志,2010,25(1): 53
Chen Hui-juan, Zhong Jun. ABC Sports and radiotherapy for lung tumors and lung doses to target effects [J]. Practical Journal of Cancer, 2010, 25(1): 53
- [10] 俞晓立,章真,顾卫列,等.胃癌术后放疗中呼吸运动及主动呼吸控制对靶区移动影响分析[J].中华放射肿瘤学杂志,2010,19(2): 131
Yu Xiao-li, Zhang Zhen, Gu Wei-lie, et al. really postoperative radiotherapy in cancer and other respiratory movement and active breathing control target mobile impact analysis[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2010, 19(2): 131
- [11] 肖锋,谭丽娜,孙晓欢,等.呼吸运动对肺癌动态调强放疗剂量分布的影响[J].现代肿瘤学,2012,20(3): 608
Xiao Feng, Tan Li-na, Sun Xiao-huan, et al. The impact of respiratory motion for lung dynamic IMRT dose distribution[J]. Modern Oncology, 2012, 20(3): 608

- is more consistent in the presence of cardiovascular risk factors[J]. Journal of nephrology, 2013, 26(3): 580-585
- [14] Jacob M, Hoepfner F, Ulrich C, et al. Microalbuminuria and low-level microalbuminuria as markers of coronary heart disease progression[J]. European Heart Journal, 2013, 34(suppl 1): 4414
- [15] Shin D I, Seung K-B, Seo S M, et al. Clinical Assessment of the Association between Microalbuminuria and Predictors of Atherosclerosis in Patients with Early Untreated Type 2 Diabetes or Essential Hypertension [J]. Journal of the American College of Cardiology, 2012, 59(13s1): E1772-E1775
- [16] Vaidya V S, Niewczas M A, Ficociello L H, et al. Regression of microalbuminuria in type 1 diabetes is associated with lower levels of urinary tubular injury biomarkers, kidney injury molecule-1, and N-acetyl- β -D-glucosaminidase[J]. Kidney international, 2010, 79(4): 464-470
- [17] Chang A, Van Horn L, Jacobs JR D R, et al. Lifestyle-Related Factors, Obesity, and Incident Microalbuminuria: The CARDIA (Coronary Artery Risk Development in Young Adults) Study [J]. American Journal of Kidney Diseases, 2013, 62(2) 267-275
- [18] Mohan V A, Nithyanandam S, Idiculla J. Microalbuminuria and low hemoglobin as risk factors for the occurrence and increasing severity of diabetic retinopathy[J]. Indian journal of ophthalmology, 2011, 59(3): 207
- [19] Montecucco F, Pende A, Quercioli A, et al. Inflammation in the pathophysiology of essential hypertension [J]. J Nephrol, 2011, 24(1): 23-34
- [20] Tsioufis C, Dimitreadis K, Andrikou E, et al. ADMA, C-reactive protein, and albuminuria in untreated essential hypertension: a cross-sectional study[J]. American Journal of Kidney Diseases, 2010, 55(6): 1050-1059

(上接第 4478 页)

- [12] Liang J, Yan D, Kestin LL, et al. Minimization of target margin by adapting treatment planning to target respiratory motion [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 55: 233-234
- [13] 马一栋,李明焕,于金明.肿瘤精确放疗新技术的比较 [J]. 中华肿瘤防治杂志, 2010, 17(23): 1995-1996
Ma Yi-dong, Li Ming-huan, Yu Jin-ming. Tumor radiotherapy accurate comparison of new technologies [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2010, 17(23): 1995-1996
- [14] Guckenberger M, Heilman K, Wulf J, et al. Pulmonary injury and tumor response after stereotactic body radiotherapy (SBRT): results of a serial follow-up CT study[J]. Radiother Oncol, 2007, 85(3): 435-442
- [15] Kimura T, Matsuura K, Murakami Y, et al. CT appearance of radioation injury of the lung and clinical symptoms after stereotactic body radiation therapy (SBRT) for lung cancers: are patients with pulmonary emphysema also candidates for RAPIDARC-SBRT for lung cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 66(2): 483-491
- [16] Takeda A, Kunieda E, Takeda T, et al. Possible misinterpretation of demarcated solid patterns of radiation fibrosis on CT scans as tumor recurrence in patients receiving hypofractionated stereotactic radiotherapy for lung cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 70(4): 1057-1065
- [17] Starkschall G, Forster KM, Kitamura K, et al. Correlation of gross tumor volume excursion with potential benefits of respiratory gating [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 60(4): 1291-1297
- [18] Larson SM, Nehmeh SA, Erdi YE, et al. PET/CT in non-small-cell-lung cancer: value of respiratory-gated PET[J]. Chang Gung Med J, 2005, 28(5): 306-314
- [19] Wagman R, Yorke E, Ford E, et al. Respiratory gating for liver tumors. Use in dose escalation [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 55(3): 659-668
- [20] 翟德胤, 尹勇. RapidArc 联合主动呼吸控制技术应用于胸段食管癌调强放疗的剂量学研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2012, 32(4): 367
Zhai De-yin, Yin Yong. RapidArc active breathing control techniques used in the United thoracic esophageal IMRT dosimetry study[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2012, 32(4): 367
- [21] 吴红宇, 贺晓东. 呼吸门控放疗非小细胞肺癌[J]. 国际放射核医学杂志, 2011, 35(5): 316
Wu Hong-yu, He Xiao-dong. Respiratory-gated radiotherapy non-small cell lung cancer[J]. International Journal of Radiation and Nuclear Medicine, 2011, 35(5): 316