

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.10.020

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220314.1636.004.html\(2022-03-15\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220314.1636.004.html(2022-03-15))

三维床与六维床对肺癌图像引导放疗摆位误差校正能力的比较

张丙新,石祥礼,梁广立

(天津医科大学肿瘤医院/国家肿瘤临床医学研究中心/天津市“肿瘤防治”

重点实验室/天津市恶性肿瘤临床医学研究中心 300060)

〔摘要〕 **目的** 比较三维床与六维床对中心型肺癌图像引导放疗摆位误差的校正能力,为肿瘤图像引导放疗选择合理的治疗床提供参考。**方法** 选取 2020 年 1—12 月利用锥形束 CT 进行图像引导放疗的中心型肺癌患者 40 例,分为两组,其中对照组 20 例,利用三维床进行 x、y、z 三维平移误差的校正;试验组 20 例,利用六维床进行 x、y、z、Rx、Ry、Rz 六维平移和旋转摆位误差的校正;比较两组患者经两种治疗床校正前后的摆位误差。**结果** 两组患者分别进行锥形束 CT 扫描 103 次和 105 次,三维床校正前后对照组患者的摆位误差分别为 $(0.66\pm2.43)/(-0.11\pm0.62)$ 、 $(-1.11\pm2.73)/(0.39\pm0.85)$ 、 $(1.06\pm2.52)/(0.14\pm0.78)$ mm 和 $(0.87\pm1.29)/(0.81\pm1.13)$ 、 $(-0.45\pm1.39)/(-0.35\pm1.41)$ 、 $(0.20\pm1.07)/(0.14\pm1.03)$ mm ($P=0.001,0.013,0.000,0.064,0.209,0.140$);六维床校正前后试验组患者的摆位误差分别为 $(0.82\pm2.05)/(0.07\pm0.41)$ 、 $(-0.91\pm2.40)/(-0.13\pm0.49)$ 、 $(0.92\pm2.49)/(-0.13\pm0.92)$ mm 和 $(0.76\pm1.09)/(-0.02\pm0.53)$ 、 $(-0.27\pm1.31)/(0.02\pm0.43)$ 、 $(0.18\pm0.94)/(-0.14\pm0.45)$ mm ($P=0.000,0.002,0.000,0.000,0.020,0.001$);两组患者的六维摆位误差,校正前差异均无统计学意义 ($P=0.599,0.576,0.688,0.498,0.348,0.841$),校正后差异均有统计学意义 ($P=0.014,0.007,0.023,0.000,0.011,0.012$)。**结论** 六维床对摆位误差的校正精度明显高于三维床。

〔关键词〕 肺癌;图像引导放疗;摆位误差;六维床;三维床

〔中图法分类号〕 R734.2 **〔文献标识码〕** A **〔文章编号〕** 1671-8348(2022)10-1710-04

Comparison of setup error correction ability between three-dimensional bed and six dimensional bed in image-guided radiotherapy for lung cancer

ZHANG Bingxin,SHI Xiangli,LIANG Guangli

(Tianjin Medical University Tumor Hospital /National Clinical Research Center for Cancer/Tianjin Key Laboratory of Tumor Prevention and Therapy/
Tianjin's Clinical Research Center for Tumor,Tianjin 300060,China)

〔Abstract〕 **Objective** To compare the setup error correction ability of three-dimensional bed and six dimensional bed in image-guided radiotherapy for central lung cancer so as to provide reference for selecting a reasonable treatment bed for image-guided radiotherapy. **Methods** Forty patients with central type lung cancer undergoing the image-guided radiotherapy with cone beam CT from January to December 2020 were selected and divided into the two groups. Twenty cases in the control group used the three-dimensional bed to correct the x,y,z three-dimensional translation errors;twenty cases in the experimental group used the six dimensional bed to correct the x,y,z,Rx,Ry,RZ six dimensional translation and rotation positioning errors;the setup errors before and after the correction in the two groups were compared between two kinds of treatment beds. **Results** The patients in the two groups underwent 103 and 105 times of cone beam CT scans. The setup errors before and after three-dimensional translation errors correction in the control group were $(0.66\pm2.43)/(-0.11\pm0.62)$ 、 $(-1.11\pm2.73)/(0.39\pm0.85)$ 、 $(1.06\pm2.52)/(0.14\pm0.78)$ mm and $(0.87\pm1.29)/(0.81\pm1.13)$ 、 $(-0.45\pm1.39)/(-0.35\pm1.41)$ 、 $(0.20\pm1.07)/(0.14\pm1.03)$ mm ($P=0.001,0.013,0.000,0.064,0.209,0.140$) respectively. The setup errors before and after six-dimensional bed translation errors correction in the control group were $(0.82\pm2.05)/(0.07\pm0.41)$ 、 $(-0.91\pm2.40)/(-0.13\pm0.49)$ 、 $(0.92\pm2.49)/(-0.13\pm0.92)$ mm and $(0.76\pm1.09)/(-0.02\pm0.53)$ 、 $(-0.27\pm1.31)/(0.02\pm0.43)$ 、 $(0.18\pm0.94)/(-0.14\pm0.45)$ mm ($P=0.000,0.002,0.000,0.000,0.020,0.001$), respectively. The six dimensional

setup error before correction no statistically significant difference between the two groups ($P=0.599, 0.576, 0.688, 0.498, 0.348, 0.841$); the difference after correction had statistical significance ($P=0.014, 0.007, 0.023, 0.000, 0.011, 0.012$). **Conclusion** The accuracy of setup error correction in six dimensional bed is significantly higher than that in three-dimensional bed.

[Key words] lung cancer; image guided radiotherapy; setup error; six dimensional bed; three dimensional bed

21 世纪以来,图像引导放疗(image guided radiotherapy, IGRT)开启了肿瘤精准放疗的新时代,IGRT 可进一步提高患者的放疗精度,减小其 CTV 基础上的 PTV 外放值,以达到降低患者放疗副反应的目的^[1-3]。IGRT 放疗精度的提高主要通过两步实现:(1)摆位误差的计算,图像引导设备采集患者治疗前的三维或二维图像,与患者定位 CT 或 DRR 图像进行配准,计算患者的六维摆位误差,即三维平移误差[左右(x)、头颈(y)、腹背(z)]和三维旋转误差[绕 x(Rx)、绕 y(Ry)、绕 z(Rz)];(2)摆位误差的校正,IGRT 对患者摆位误差的校正需通过加速器治疗床的位移来实现,治疗床的误差校正能力直接影响着摆位误差的校正精度,进而影响患者 PTV 外放值的大小。

目前,肿瘤 IGRT 中的图像引导设备均可以检测患者的六维摆位误差,而实际临床应用中的治疗床则主要为三维床和六维床两种,三维床主要用于 x、y、z 三维平移误差的校正,六维床则可进行 x、y、z 和 Rx、Ry、Rz 六维平移和旋转误差的校正。尽管肿瘤 IGRT 在临床中的应用日益广泛,三维床以其实用、价格低等优势仍是临床应用最广泛的治疗床^[4-5],而六维床则主要装备于较为先进的放疗系统中,如 Cyber Knife^[6]、质子重离子放疗系统^[7]、瓦里安和医科达较先进的 IGRT 系统等^[8]。为比较三维床和六维床对患者摆位误差的校正能力,以及对患者 PTV 外放值的影响,本研究利用同一治疗床的三维和六维模式对中心型肺癌患者的摆位误差进行了校正比较,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2020 年 1—12 月在天津医科大学肿瘤医院进行锥形束 CT(CBCT)图像引导下调强放疗的中心型肺癌患者 40 例,随机分为试验组和对照组各 20 例,试验组:男 15 例,女 5 例,平均年龄(46.8 ± 8.3)岁;对照组:男 14 例,女 6 例,平均年龄(47.2 ± 5.5)岁,两组患者一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。所有患者均行 1 次/周的 CBCT 图像引导,放射剂量 42~56 Gy,单次剂量 2 Gy,每周 5 次;所有患者均了解并签署了图像引导放疗相关知情同意书。

1.2 设备

恒温水浴箱,胸部翼型定位板,胸部热塑体膜,CT 模拟机,Pinnacl v9.8 计划系统,瓦里安 Vital Beam 直线加速器。

1.3 定位与计划

患者均采用仰卧位,胸部热塑体膜联合翼型定位板固定,CT 模拟机进行扫描,层厚 3 mm, 512×512 像素重建,扫描完成后,将患者的 CT 扫描图像传送至治疗计划系统。临床医生根据 ICRU 50 号及 62 号建议进行肿瘤靶区和危及器官的勾画,物理师根据医生的靶区剂量和危及器官限量要求设计和优化治疗计划。治疗计划经临床医生和物理师确认后,患者于模拟机下进行复位,确认或重新标记肿瘤靶区。治疗计划传送至加速器治疗系统,患者开始治疗程序。

1.4 放疗实施

由两名治疗师对患者进行精确摆位,摆位完成后,进行 CBCT 扫描以观察患者的实际摆位误差大小。CBCT 选择低剂量胸部模式(low dose thorax),扫描范围 $178^\circ \sim 182^\circ$,层厚 3 mm, 512×512 像素重建,CBCT 重建三维图像与 CT 定位图像进行灰度配准,采用自动配准加人工检验的方式,得到 x、y、z 三维平移和 Rx、Ry、Rz 三维旋转摆位误差。对照组采用三维床模式进行三维平移误差的校正,试验组采用六维床模式进行六维平移和旋转误差的校正,摆位误差校正完成后,再次进行 CBCT 扫描,以观察患者六维摆位误差校正前后的变化情况,之后开始实施治疗。

1.5 统计学处理

利用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

两组患者分别进行摆位误差校正前后的 CBCT 扫描各 103 次和 105 次。三维床校正前后对照组 x、y、z 三维平移误差和 Rx、Ry、Rz 三维旋转误差的分布范围分别为 $(-3.9 \sim 5.1)/(-1.7 \sim 1.7)$ 、 $(-5.1 \sim 4.7)/(-2.1 \sim 1.7)$ 、 $(-4.3 \sim 5.1)/(-1.9 \sim 2.0)$ mm 和 $(-3.0 \sim 3.3)/(-3.0 \sim 3.4)$ 、 $(-3.2 \sim 3.0)/(-3.6 \sim 2.8)$ 、 $(-1.8 \sim 2.9)/(-1.6 \sim 2.9)$ mm;三维床校正前后 x、y、z 平移误差差异均有统计学意义($P=0.001, 0.013, 0.000$),而校正前后 Rx、Ry、Rz 旋转误差差异均无统计学意义($P=0.064, 0.209, 0.140$),见表 1。试验组 x、y、z 三维平移误差和 Rx、Ry、Rz 三维旋转误差经六维床校正前后的分布范围分别为 $(-3.6 \sim 5.0)/(-1.0 \sim 1.1)$ 、 $(-5.2 \sim 5.1)/(-1.3 \sim 0.9)$ 、 $(-4.6 \sim 4.9)/(-1.1 \sim 0.9)$ mm 和

$(-3.0 \sim 3.4)/(-0.9 \sim 1.5)(-3.2 \sim 3.1)/(-0.9 \sim 0.8), (-1.6 \sim 2.9)/(-1.3 \sim 0.9)$ mm; 六维床校正前后 x 、 y 、 z 、 R_x 、 R_y 、 R_z 六维方向摆位误差差异均有统计学意义 ($P = 0.000$ 、 0.002 、 0.000 、 0.000 、 0.020 、 0.001), 见表 2。

校正前, 对照组和试验组患者的 x 、 y 、 z 三维平移

和 R_x 、 R_y 、 R_z 三维旋转误差之间差异均无统计学意义 ($P = 0.599$ 、 0.576 、 0.688 、 0.498 、 0.348 、 0.841); 经三维和六维两种治疗床的校正以后, 两组患者六维方向的摆位误差差异均有统计学意义 ($P = 0.014$ 、 0.007 、 0.023 、 0.000 、 0.011 、 0.012), 见表 3、4。

表 1 三维床对摆位误差的校正精度分析 ($\bar{x} \pm s$)

项目	x	y	z	Rx	Ry	Rz
校正前	0.66±2.43	-1.11±2.73	1.06±2.52	0.87±1.29	-0.45±1.39	0.20±1.07
校正后	-0.11±0.62	-0.39±0.85	0.14±0.78	0.81±1.13	-0.35±1.41	0.14±1.03
t	3.308	-2.538	3.603	1.869	-1.265	1.487
P	0.001	0.013	0.000	0.064	0.209	0.140

表 2 六维床对摆位误差的校正精度分析 ($\bar{x} \pm s$)

项目	X	y	z	Rx	Ry	Rz
校正前	0.82±2.05	-0.91±2.40	0.92±2.49	0.76±1.09	-0.27±1.31	0.18±0.94
校正后	0.07±0.41	-0.13±0.49	-0.13±0.92	-0.02±0.53	0.02±0.43	-0.14±0.45
t	3.655	-3.324	3.932	7.687	-2.354	3.446
P	0.000	0.002	0.000	0.000	0.020	0.001

表 3 两组患者校正前的摆位误差比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	x	y	z	Rx	Ry	Rz
试验组	0.82±2.05	-0.91±2.40	0.92±2.49	0.76±1.09	-0.27±1.31	0.18±0.94
对照组	0.66±2.43	-1.11±2.73	1.06±2.52	0.87±1.29	-0.45±1.39	0.20±1.07
t	-0.526	-0.561	0.402	0.679	-0.940	0.201
P	0.599	0.576	0.688	0.498	0.348	0.841

表 4 两组患者校正后的摆位误差比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	x	y	z	Rx	Ry	Rz
试验组	0.07±0.41	-0.13±0.49	-0.13±0.92	-0.02±0.53	0.02±0.43	-0.14±0.45
对照组	-0.11±0.62	-0.39±0.85	0.14±0.78	0.81±1.13	-0.35±1.41	0.14±1.03
t	-2.475	-2.726	2.294	6.805	-2.582	2.542
P	0.014	0.007	0.023	0.000	0.011	0.012

3 讨 论

肺癌是发病率和病死率最高的肿瘤之一, 放射治疗在肺癌的根治性、姑息性、辅助性治疗中发挥着重要作用。特别是随着 IGRT 技术的广泛应用, 调强放疗、立体定向放疗、质子重离子等精确放疗技术的高剂量梯度分布优势得以充分发挥, 在保证肿瘤治愈率的前提下, 可有效减小肿瘤周边组织的照射剂量, 降低患者的放疗副反应。IGRT 可利用三维或二维图像引导系统获取和计算患者的摆位误差, 用三维或六维治疗床来校正和减小摆位误差; 相关研究^[9-12]表明, 不同图像引导系统对患者摆位误差的计算具有较好的一致性, 而不同治疗床对摆位误差的校正精度则直接

影响着患者 PTV 外放值的大小和肿瘤周边组织的照射剂量; 受人体非刚性组织特点和治疗床校正精度的影响, 肿瘤患者的摆位误差即使经治疗床在线校正后, 仍无法消除, 而是以剩余误差的形式存在。

张大伟等^[13]研究显示, 经三维床校正后, 头颈部肿瘤患者腹背、头脚、左右方向上的剩余误差分别为 (-0.14 ± 0.51) 、 (0.19 ± 0.75) 、 (0.20 ± 0.58) mm; 腹盆部肿瘤患者的剩余误差分别为 (0.34 ± 1.61) 、 (-0.32 ± 1.52) 、 (-0.28 ± 1.75) mm。本研究显示, 三维床可以有效校正患者 x 、 y 、 z 方向的三维平移误差 ($P = 0.001$ 、 0.013 、 0.000), 剩余误差分别为 (-0.11 ± 0.62) 、 (0.39 ± 0.85) 、 (0.14 ± 0.78) mm;

同时,平移误差的校正对旋转误差的影响较小,患者的旋转摆位误差在三维床校正前后差异无统计学意义($P=0.064,0.209,0.140$)。

六维床伴随着 IGRT 的发展开始应用于临床放疗,六维床虽然可以同时校正患者的平移误差和旋转误差,但也有一定的剩余误差存在。钟伟伟等^[14]利用六维床对颅内肿瘤立体定向放疗患者的摆位误差进行校正后,3 个平移方向 x、y、z 的剩余误差分别为(0.020 ± 0.016)、(0.012 ± 0.012)、(0.014 ± 0.011) cm,3 个旋转方向 Rx、Ry、Rz 的剩余误差分别为(0.080 ± 0.080)°、(0.076 ± 0.075)°、(0.076 ± 0.075)°;姜树坤等^[15]利用六维床对直肠癌术前放疗患者的摆位误差进行校正后,x、y、z 方向的剩余误差分别为(0.01 ± 0.09)、(-0.01 ± 0.05)和(-0.03 ± 0.08) cm,Rx、Ry、Rz 方向的剩余误差分别为(-0.16 ± 0.40)°、(0.36 ± 0.31)°和(-0.01 ± 0.25)°。与三维床对患者摆位误差的校正能力相比较,六维床对旋转误差的校正则可能有助于线性误差校正精度的进一步提高。本研究显示,两组患者校正前的摆位误差差异无统计学意义($P=0.599,0.576,0.688,0.498,0.348,0.841$),经三维床和六维床校正后,两组患者 x、y、z、Rx、Ry、Rz 六维方向的摆位误差差异有统计学意义($P=0.000,0.002,0.000,0.000,0.020,0.001$)。试验组患者不仅旋转误差的剩余误差明显小于对照组,而且平移误差的剩余误差也小于对照组。此现象产生的原因在于:CBCT 图像与 CT 图像间的配准是对配准区域内的肿瘤及周边组织进行的相似性配准。申红峰等^[16]、黄家文等^[17]研究指出肿瘤放疗患者的三维旋转误差与三维平移误差存在不同程度的相关性,三维床虽然可以校正患者的线性误差,但无法有效校正旋转误差,旋转误差的存在,影响线性误差的进一步校正;而六维床则可以同时校正患者的线性误差和旋转误差,旋转误差的校正则有助于线性误差的进一步减小。因此,在对 IGRT 患者的摆位误差进行校正时,六维床的校正精度要高于三维床。

肿瘤患者的常规放疗中,患者的摆位误差直接影响其 PTV 外放值的大小,对于行 IGRT 的肿瘤患者而言,其 PTV 外放值的大小则主要受患者剩余误差的影响。本研究中,利用三维床进行对照组患者的摆位误差校正后,患者 x、y、z 方向的剩余误差分别为($-1.7\sim1.7$)、($-2.1\sim1.7$)、($-1.9\sim2.0$) mm,其 PTV 外放值可设置为 1.7、2.1、2.0 mm;利用六维床进行试验组患者的摆位误差校正后,不仅 Rx、Ry、Rz 方向的旋转误差得到有效校正,其 x、y、z 方向的剩余误差也小于对照组,分别为($-1.0\sim1.1$)、($-1.3\sim0.9$)、($-1.1\sim0.9$) mm,其 PTV 外放值设置为 1.1、1.3、1.1 mm 即可,说明六维床可提供比三维床更小的 PTV 外放值,较小的 PTV 外放值为更进一步降低患者的放疗副反应提供了可能。

综上所述,在肿瘤的 IGRT 中,图像引导设备可以精确检测患者的实际摆位误差,而患者摆位误差校正则是由治疗床来完成;与传统的三维治疗床相比,六维治疗床具有更高的摆位误差的校正精度,可更有效地减小患者的 PTV 外放值,进而更有效地降低患者的放疗副反应。因此,在肿瘤的 IGRT 中,应优先选择六维治疗床进行患者摆位误差的校正。

参考文献

- [1] ELSAYAD K, STOCKMANN D, CHANNA OUI M, et al. Using image-guided intensity-modulated radiotherapy on patients with head and neck soft-tissue sarcoma [J]. In Vivo (Athens, Greece), 2019, 33(4): 1293-1300.
- [2] MCNAIR H, BUIJS M. Image guided radiotherapy moving towards real time adaptive radiotherapy; global positioning system for radiotherapy? [J]. Tech Innov Patient Support Radiat Oncol, 2019, 12: 1-2.
- [3] MUIRHEAD R. Image-guided radiotherapy — the unsung hero of radiotherapy development [J]. Clin Oncol, 2020, 32(12): 789-791.
- [4] 张烨, 易俊林, 姜威, 等. 2019 年中国大陆地区放疗人员和设备基本情况调查研究 [J]. 中国肿瘤, 2020, 29(5): 321-326.
- [5] 黄伟, 张延可, 朱健, 等. 中国放射肿瘤学 33 年发展回顾与展望 [J]. 国际肿瘤学杂志, 2020, 47(1): 1-9.
- [6] 牛保龙, 鞠忠建, 戴相昆, 等. 六维颅骨追踪技术在头部肿瘤放射治疗过程中体位误差的研究 [J]. 中国医学装备, 2017, 14(3): 32-36.
- [7] 周丹, 傅深, 李萍, 等. 前列腺癌质子碳离子治疗设备成像系统应用研究 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2016, 25(2): 164-167.
- [8] 张宏忠. 六维放射治疗床在临床中应用效果观察 [J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(21): 160-161.
- [9] 赵成宗, 张敏君, 王永安, 等. 应用 CBCT、EPID 研究鼻咽癌体位固定方式摆位误差的比较分析 [J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(16): 141-142.
- [10] 廉艳东, 李金凯, 黄求理. 基于 3D-CBCT 与 4D-CBCT 肺癌图像引导放疗的比较研究 [J]. 现代实用医学, 2017, 29(5): 574-576.
- [11] REN X C, LIU Y E, LI J, et al. Progress in image-guided radiotherapy for the treatment of non-small cell lung cancer [J]. World J Radiol, 2019, 11(3): 46-54.

(下转第 1718 页)

参考文献

- [1] 谢幸,孔北华,段涛.《妇产科学》[M]. 9 版. 北京:人民卫生出版社,2018:138-140.
 - [2] ACOG Practice Bulletin No. 106: Intrapartum fetal heart rate monitoring: nomenclature, interpretation, and general management principles[J]. Obstet Gynecol, 2009, 114(1): 192-202.
 - [3] 杨慧霞,李笑天,王子莲,等. 电子胎心监护应用专家共识[J]. 中华围产医学杂志, 2015, 18(7): 486-490.
 - [4] SCHOOTS M H, GORDIJN S J, SCHERJON S A, et al. Oxidative stress in placental pathology [J]. Placenta, 2018, 69(69): 153-161.
 - [5] 吉莉琴,杨琳,杜莉华,等. 胎儿窘迫原因及分娩方式与围产儿结局的相关性[J]. 中国妇幼健康研究, 2016, 27(10): 1238-1241.
 - [6] LIU H, LIAO J, JIANG Y, et al. Maternal exposure to fine particulate matter and the risk of fetal distress[J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2019 (170): 253-258.
 - [7] SYED W, LIAQAT N, QAZI Q, et al. Relationship between immediate postpartum umbilical cord pH, fetal distress and neonatal outcome [J]. Pak J Med Sci, 2020, 36(7): 1529-1532.
 - [8] 罗培英,陈伟,张颖,等. 足月妊娠临产胎儿窘迫发生因素及两种手术方式的干预效果分析[J]. 中国现代医生, 2015, 53(19): 54-56.
 - [9] 姚涛,白景鹤,陈静思,等. 新生儿体重预测新方法的分析与应用[J]. 实用医学杂志, 2020, 36(23): 3246-3249, 3255.
 - [10] 王琳,常青,江露,等. B 超测量胎儿腹围预测新生儿体重的临床研究[J]. 实用妇产科杂志, 2018, 33(10): 630-632.
 - [11] 黎丹,张兵,何美,等. 足月单胎头位初产妇经阴试产失败相关因素的探讨[J]. 哈尔滨医药, 2017, 37(2): 134-136.
 - [12] 王晓玲. 足月阴道试产失败转急诊剖宫产的回顾性分析[J]. 检验医学与临床, 2017, 14(21): 3203-3205.
 - [13] 贾旭艳,李芬. 胎心监护下足月单纯性羊水过少孕妇妊娠结局分析[J]. 中国妇幼健康研究, 2015, 26(5): 991-993.
 - [14] 孙芳臻,吴芳芳,沈敏红,等. 足月妊娠低风险初产妇阴道试产失败中转剖宫产预测模型的建立[J]. 中华围产医学杂志, 2020, 23(7): 460-468.
 - [15] 林亚,周丹红,张小芬. 围生期胎儿窘迫的高危因素及对妊娠结局的影响[J]. 中国妇幼保健, 2021, 36(9): 2074-2076.
 - [16] WARMERDAM G J J, VULLINGS R, LAAR J, et al. Detection rate of fetal distress using contraction-dependent fetal heart rate variability analysis [J]. Physiol Meas, 2018, 39(2): 025008.
- (收稿日期:2021-09-11 修回日期:2022-02-12)
-
- (上接第 1713 页)
- [12] 屈超,梁广立,刘桂芝,等. iSCOUT 图像引导定位技术在肺癌调强放疗中的临床应用[J]. 实用医学杂志, 2019, 35(24): 3848-3852.
 - [13] 张大伟,覃文,苏世达,等. 锥形束 CT 在头颈部和腹盆腔肿瘤放疗摆位误差中的应用[J]. 广西医科大学学报, 2017, 34(12): 1731-1734.
 - [14] 钟伟伟,郑祖安,刘庆,等. 六维床在颅内肿瘤立体定向放射治疗中的临床应用[J]. 放射学实践, 2018, 33(5): 511-514.
 - [15] 姜树坤,王俊杰,王皓,等. 六自由度床在直肠癌术前放疗影像引导放射治疗中减小摆位误差的作用[J]. 中华肿瘤杂志, 2021, 43(1): 155-159.
 - [16] 申红峰,王小深,欧光明,等. 基于图像引导下头颈部肿瘤放射治疗患者摆位误差的相关性分析[J]. 中国医学装备, 2016, 13(10): 22-24.
 - [17] 黄家文,张梅芳,刘利彬,等. 鼻咽癌放疗旋转与平移误差的相关性[J]. 中国医学物理学杂志, 2018, 35(12): 1365-1370.
- (收稿日期:2021-09-18 修回日期:2022-03-05)