

• 临床研究 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.04.023
网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20241108.1025.004\(2024-11-11\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20241108.1025.004(2024-11-11))

乳腺癌放射治疗两种体位方式摆位误差比较^{*}

邰福奎,赵宇,刘超,朱耿强,赵瑞教,郑永泰,葛彦东,万宝,梁斌[△]

(国家癌症中心/国家肿瘤临床医学研究中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院放疗科,北京 100021)

[摘要] **目的** 比较探讨乳腺癌患者使用颈胸一体热塑膜固定和乳腺托架固定的摆位误差及其肩锁关节动度,为解决锁骨上下区精准照射提供参考依据。**方法** 选取 2021 年 11 月 1 日至 2023 年 8 月 9 日在该院放疗中心治疗的 63 例患者乳腺癌患者为研究对象,根据体位固定方式的不同分为颈胸一体膜组($n=32$)和乳腺托架组($n=31$)。分析两组左右方向(X)、头脚方向(Y)、腹背方向(Z)的平移误差和矢状面(Rx)、横断面(Ry)、冠状面(Rz)的旋转误差,并分别测量肩锁关节的移动幅度和三维空间位移。**结果** 与乳腺托架组比较,颈胸一体膜组 X $[(0.18\pm0.14)\text{cm vs. } (0.15\pm0.12)\text{cm}]$ 、Z $[(0.19\pm0.14)\text{cm vs. } (0.16\pm0.14)\text{cm}]$ 平移误差更大,颈椎和胸锁关节 Z 平移误差 $[(0.21\pm0.17)\text{cm vs. } (0.22\pm0.21)\text{cm}]$ 和 Rx 旋转误差 $[(0.93\pm0.87)^\circ \text{ vs. } (1.08\pm0.92)^\circ]$ 更小,Rz 旋转误差 $[(1.00\pm0.94)^\circ \text{ vs. } (0.95\pm0.86)^\circ]$ 更大,肩锁关节动度 ΔX 更小 $[(0.18\pm0.15)\text{cm vs. } (0.25\pm0.21)\text{cm}]$,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 颈胸一体热塑膜固定可作为乳腺癌锁骨上下区预防性照射和有转移情况下的漏照解决方案。

[关键词] 乳腺癌;放射治疗;摆位误差;乳腺托架;颈胸一体热塑膜
[中图分类号] R730.55 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)04-0921-05

Comparison of setup errors between two postural fixation methods in radiotherapy for breast cancer^{*}

HUAN Fukui,ZHAO Yu,LIU Chao,ZHU Gengqiang,ZHAO Ruiao,
ZHENG Yongtai,GE Yandong,WAN Bao,LIANG Bin[△]

(Department of Radiation Oncology,National Cancer Center/National Clinical Research
Center for Cancer/Cancer Hospital,Chinese Academy of Medical Sciences and
Peking Union Medical College,Beijing 100021,China)

[Abstract] **Objective** To compare the positioning errors and the motion of acromioclavicular joint in breast cancer patients with integrated cervicothoracic thermoplastic membrane and breast bracket fixation,and to provide reference for accurate irradiation of upper and lower clavicular region. **Methods** Sixty-three patients with breast cancer who were treated in the radiotherapy center of the hospital from November 1,2021 to August 9,2023 were selected as the study objects,and were divided into the integrated cervicothoracic thermoplastic membrane group ($n=32$) and breast bracket group ($n=31$) according to different positioning methods. The translation errors of left and right direction (X),head and foot direction (Y) and ventral and dorsal direction (Z) and the rotation errors of sagittal plane (Rx),cross section (Ry) and coronal plane (Rz) of the two groups were analyzed,and the movement amplitude and three-dimensional displacement of acromioclavicular joint were measured respectively. **Results** Compared with the breast bracket group,X translation errors $[(0.18\pm0.14)\text{cm vs. } (0.15\pm0.12)\text{cm}]$ and Z translation errors $[(0.19\pm0.14)\text{cm vs. } (0.16\pm0.14)\text{cm}]$ of the cervicothoracic thermoplastic memberane group were greater,Z translation error $[(0.21\pm0.17)\text{cm vs. } (0.22\pm0.21)\text{cm}]$ and Rx rotation error of cervical and sternoclavicular joints $[(0.93\pm0.87)^\circ \text{ vs. } (1.08\pm0.92)^\circ]$ were smaller,Rz rotation error $[(1.00\pm0.94)^\circ \text{ vs. } (0.95\pm0.86)^\circ]$ was greater,and the motion ΔX of acromioclavicular joint $[(0.18\pm0.15)\text{cm vs. } (0.25\pm0.21)\text{cm}]$ was smaller,the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Integrated cervicothoracic thermoplastic membrane can be used as a solution for prophylactic irradiation of breast cancer in the upper and lower clavicular region and for radiation leakage in the presence of metastasis.

^{*} 基金项目:中国医学科学院医学与健康科技创新工程项目(2022-I2M-C&T-B-079);中国癌症基金会北京希望马拉松专项基金项目(LC2021B15)。 [△] 通信作者,E-mail:liangbin@cicams.ac.cn。

[Key words] breast cancer; radiotherapy; setup errors; breast carrier fixation; integrated cervicothoracic thermoplastic membrane

乳腺癌在全世界范围内约占女性癌症患者的 30%^[1],中国 2000—2016 年癌症统计报告显示其死亡和发病呈逐年上升趋势^[2-3]。2020 年,全世界乳腺癌新增病例数约 226 万,乳腺癌已超越肺癌成为全球第一大癌^[4-7]。乳腺癌复发部位多为胸壁、锁骨上下区、腋窝和内乳,因此锁骨上下区是预防性照射的常规照射部位。胸壁、锁骨上下区涉及照射野的布野及射野衔接问题^[8]。准确合理的体位设计和固定可以确保照射野内射线的分布,缩小摆位误差,提高治疗的精准度。因此,本研究旨在聚焦于锁骨上下区的摆位误差及肩锁关节的移动度,从而评估并比较颈胸一体热塑膜固定和乳腺托架固定在实际应用中的效果优劣,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 11 月 1 日至 2023 年 8 月 9 日在本院放疗中心治疗的 63 例患者乳腺癌患者为研究对象。纳入标准:(1)病理确诊乳腺癌;(2)参考指南要求,治疗前锥形束计算机断层扫描(cone beam computed tomography,CBCT)位置验证采用第一周连续 3~5 次,随后每周 1 次的扫描方式;(3)改良根治术后行辅助放疗;(4)放疗靶区包括锁骨上下区^[9];(5)CBCT 包括患者肩锁关节;(6)所有患者行 VMAT 动态放疗方式治疗^[10]。排除标准:临床资料不完整。根据体位固定方式的不同分为颈胸一体膜组($n=32$)和乳腺托架组($n=31$)。两组一般资料比较,差异无统

计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。本研究经本院医学伦理委员会批准(审批号:22/505-3707),患者均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 体位固定及 CT 模拟定位

乳腺托架组采用乳腺托架体位(广州科莱瑞迪)固定,患者需要遵循以下体位准备步骤:将患侧上臂外展约 120°,前臂稍内收,手握立柱,肩膀应保持自然放松状态,同时健侧手臂也需自然置于对侧,确保肩部同样放松。此外,根据患者的颈长,为其选择一个舒适的头枕,以确保头部稳定。

颈胸一体膜组采用颈胸一体热塑体膜(广州科莱瑞迪)固定^[11-13],两臂上举分别置于臂托和腕托之上,使患侧上臂外展约 120°,双手分别握对应立柱;根据患者的身高颈长,调节头枕的位置和型号,颈胸一体膜组使用专用的患侧乳腺区域开窗体膜。所有患者在自由呼吸状态下 CT 定位扫描(Philips Brilliance Big Bore 或 Siemens SOMATOM Definition AS 40)^[14],利用小范围扫描精确定位锁骨上下区的中心,并在体表皮肤上明确标记这一治疗中心线,以确保治疗时的摆位准确无误。同时,为了界定胸壁电子线照射的范围,在患者体表使用铅丝进行标记。扫描时,设定层厚和层距均为 5 mm,以确保图像的清晰度和准确性。扫描范围上至颅底,下至肺部下方 5 cm,以全面覆盖治疗区域。在患者体表画上摆位线,并将体中线延长至脐部,为治疗师提供明确的定位参考。

表 1 两组一般资料比较

项目	颈胸一体膜组($n=32$)	乳腺托架组($n=31$)	U/χ^2	P
年龄 $[M(Q_1, Q_3), \text{岁}]$	50.00(43.75, 55.5)	49.00(43.00, 57.00)	0.437	0.662
身高 $[M(Q_1, Q_3), \text{m}]$	1.60(1.59, 1.64)	1.61(1.60, 1.64)	-0.753	0.452
体重 $[M(Q_1, Q_3), \text{kg}]$	63.00(59.50, 67.50)	57.00(54.00, 65.00)	1.407	0.159
BMI(n)			1.879	0.060
<24 kg/m ²	13(40.62)	20(64.52)		
≥24 kg/m ²	19(59.38)	11(35.48)		
KPS 评分(n)			0.362	0.718
80 分	9(28.12)	9(29.03)		
90 分	23(71.88)	22(70.97)		
分期(n)			1.355	0.175
I 期	5(15.62)	16(51.61)		
II 期	8(25.00)	13(41.94)		
III 期	19(59.38)	2(6.45)		

KPS:卡氏功能状态。

1.2.2 计划设计及配准

通过 MOSAIQ 网络系统(瑞典医科达公司)将 CT 模拟定位图像传输至 Pinnacle9.10 计划系统(荷兰飞利浦公司)。胸壁内乳野行电子线照射时需取下固定网罩或体膜,其上界与锁骨上下区半野的下界在体表皮肤上共线。合成 X 射线和电子线计划,限制和

评估危及器官的剂量。锁骨上下区调强放疗前 CBCT 位置验证,扫描范围的上界在环状软骨上 2 cm 处,下界至健侧腺体下缘水平,前外界为腺体或胸壁皮肤以外,后内界包全整个椎体。基于灰度值进行 CBCT 图像配准,记录左右方向(X)、头脚方向(Y)、腹背方向(Z)的平移误差和矢状面(Rx)、横断面(Ry)、

冠状面(Rz)的旋转误差。在配准过程中,首先将颈椎和胸锁关节作为配准标志,先通过自动配准系统进行初步配准,随后进行手动微调,以达到最佳配准效果。一旦发现平移误差>1 mm 的阈值,将在线调整治疗床的位置,确保治疗的准确性和精度。

1.2.3 肩锁关节位置移动幅度及三维空间位移计算

回顾性分析肩锁关节位置移动幅度时,以颈椎和胸锁关节为配准标志得到平移误差 X-sc、Y-sc、Z-sc,以肩锁关节为配准标志得到平移误差 X-ac、Y-ac、Z-ac,二者之差取绝对值得到 $\Delta X = |X-sc - X-ac|$ 、 $\Delta Y = |Y-sc - Y-ac|$ 、 $\Delta Z = |Z-sc - Z-ac|$,用来表示肩锁关节的位置移动幅度。用位移 d 来表示肩锁关节在三维空间的位移。

$$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \tag{①}$$

1.2.4 位移误差定义及计算

对于系统误差和随机误差的计算^[15],系统误差 Σ (个体病例误差平均值的标准差)和随机误差 σ (个体病例误差标准差的均方根)公式见下。

$$\Sigma(m_k) = \sqrt{\frac{\sum n_k [m_k - M(m_k)]^2}{N - 1}} \tag{②}$$

$$\sigma(S_K) = \sqrt{\frac{\sum (S_k)^2}{N - 1}} \tag{③}$$

M 即 M(m_k),算术平均值; Σ 即 $\Sigma(m_k)$,系统误差; σ 即 RMS(S_k),随机误差。

1.3 统计学处理

使用 SPSS22.0 软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 M(Q₁, Q₃)表示,比较采用秩和检验;计数资料以例数或百分比表示,比较采用 χ^2 检验,以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组摆位误差区间分布情况

X、Y、Z 平移误差和 Rx、Ry、Rz 旋转误差见表 2、3。

表 2 两组平移误差百分比 (%)

项目	颈胸一体膜组(n=32)			乳腺托架组(n=31)		
	>4 mm	>2~4 mm	≤2 mm	>4 mm	>2~4 mm	≤2 mm
X	9.17	27.92	62.91	10.97	24.12	64.91
Y	10.00	30.42	59.58	24.12	31.14	44.74
Z	11.67	29.17	59.17	18.42	42.11	39.47

表 3 两组旋转误差百分比 (%)

项目	颈胸一体膜组(n=32)			乳腺托架组(n=31)		
	>2°	>1°~2°	≤1°	>2°	>1°~2°	≤1°
Rx	15.42	33.33	51.25	17.98	33.77	48.25
Ry	8.33	22.50	69.17	7.89	29.39	62.72
Rz	7.08	23.33	69.58	3.07	22.81	74.12

2.2 两组摆位误差大小比较

与乳腺托架组比较,颈胸一体膜组 X、Z 平移误差更大,颈椎和胸锁关节 Z 平移误差和 Rx 旋转误差更小,Rz 旋转误差更大,差异有统计学意义(P<0.05),见表 4、5。

表 4 两组摆位误差大小比较 ($\bar{x} \pm s$)

项目	颈胸一体膜组 (n=32)	乳腺托架组 (n=31)	t	P
X(cm)	0.18±0.14	0.15±0.12	2.691	0.007
Y(cm)	0.18±0.16	0.24±0.22	-0.645	0.519
Z(cm)	0.19±0.14	0.16±0.12	4.191	<0.001
Rx(°)	0.76±0.49	0.81±0.67	-0.385	0.700
Ry(°)	0.83±0.66	0.89±0.75	-1.183	0.238
Rz(°)	0.78±0.70	0.79±0.52	0.371	0.711

表 5 两组颈椎和胸锁关节摆位误差 ($\bar{x} \pm s$)

项目	颈胸一体膜组 (n=32)	乳腺托架组 (n=31)	t	P
X(cm)	0.19±0.17	0.21±0.19	-1.806	0.072
Y(cm)	0.22±0.20	0.22±0.21	-0.680	0.497
Z(cm)	0.22±0.17	0.22±0.21	-5.614	<0.001
Rx(°)	0.93±0.87	1.08±0.92	-3.094	0.002
Ry(°)	1.10±0.82	0.81±0.75	0.790	0.430
Rz(°)	1.00±0.94	0.95±0.86	4.823	<0.001

2.3 肩锁关节位置移动幅度及三维空间位移

颈胸一体膜组和乳腺托架组 X、Y、Z 最大位置移动幅度分别为 3.3、3.3、3.9 cm 和 4.7、3.4、3.7 cm,最大三维空间位移分别为 5.8、6.5 cm。两组 ΔX 比较,差异有统计学意义(P<0.05),见表 6。

表 6 肩锁关节位置移动幅度及三维空间位移

项目	颈胸一体膜组 (n=32)	乳腺托架组 (n=31)	t	P
ΔX (cm)	0.18±0.15	0.25±0.21	-3.859	<0.001
ΔY (cm)	0.19±0.14	0.19±0.15	-0.184	0.854
ΔZ (cm)	0.21±0.18	0.20±0.17	0.610	0.542
d(cm)	0.38±0.20	0.42±0.23	-1.743	0.081

3 讨 论

乳腺癌已成为全世界重大公共卫生难题^[16]。放疗是乳腺癌患者重要治疗手段,其中以锁骨上下区为代表的区域淋巴结照射在合并转移淋巴结的患者中应用广泛^[17]。为了将放射剂量投放有效地控制肿瘤,国际辐射单位和测量委员会(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)指出,放射治疗的误差控制在 5% 以内^[18],与胸壁、乳腺不同,锁骨上下区由于存在锁骨的动度,其出现较明显分次间误差的可能性相对较大,潜在影响着靶区

和剂量的覆盖及正常组织受量评估。摆位误差对体积较大头颈部肿瘤、胸腹部肿瘤 IMRT 或 VMAT 计划的剂量学影响比较明显^[19]。尽可能减少分次间的误差,确保体位固定良好至关重要^[20]。传统的固定方式为乳腺托架,近年来,颈胸一体膜亦逐渐引入临床。由于乳腺质软、易动,颈胸一体膜紧贴身体固定胸部减少乳腺活动度,同时限制患者呼吸幅度,理论上颈胸一体膜联合体膜能达到更好的锁骨上下区的固定效果,为提高放射治疗技术与其他治疗方法提供完整的数据支持^[21]。

本研究中,颈胸一体膜组 X 位置移动幅度较乳腺托架组小,差异有统计学意义($P < 0.05$),这佐证了颈胸一体膜的固定效果更优,三维空间位移小于乳腺托架组,进而可以保证位置准确度,保证靶区受到足够的致死量。手臂固定的一致性对锁骨上野的剂量有很大影响,乳腺托架只是单纯将手臂支撑住,没有起到固定的效果,而颈胸一体膜将上臂固定在体膜内,起到了一定的限制作用,最大限度保证手臂的重复性,进而保证锁骨上区靶区的剂量。

在常规放疗时期,当执行锁骨上野的照射时,常见的体位调整方法如下:利用楔板和软枕来稳固患者的体位,让患者将患侧的手轻轻托住耳朵,同时将手臂上举并外展,使头部自然地偏向健康的一侧。这样的设置有助于更精确地定位治疗区域,提高放疗效果。患者的手臂上举和外展角度及头部偏转角度等没有限定,体位重复性无法保证,影响治疗精度和剂量分布。随着调强时代的到来,精准放疗面临着剂量梯度大、剂量分布易受摆位误差影响等挑战。本中心使用大多数治疗中心使用的乳腺托架,将整个乳腺充分暴露,可以使患侧外展 $\geq 45^\circ$,能够满足其他治疗的临床要求(电子线布野),但乳腺托架治疗中患者体位带来了位置的不确定性。而颈胸一体膜固定时能够最大程度保障整体靶区的一致性和重复性,乳腺托架由于缺乏体膜固定,定位和治疗期间患者容易出现不自主运动,导致乳腺区域和锁骨上下区域整体重复不佳,影响治疗精度。

本研究对科室使用的乳腺癌放疗治疗的两种主要固定装置的摆位误差进行分组分析,数据分析使用卷积手段对系统误差和随机误差进行有效性修正。在分次治疗结束后,为了对等中心平均偏移做补偿,给出有效系统误差;为了说明平均等中心位置和单次治疗之间的耦合,给出有效随机误差。乳腺癌体位固定中存在极大误差,会使射野边缘衔接不良、局部照射剂量增高、照射区域漏照和重叠照射等情况出现^[22-24],对体位摆放准确性的要求较高。

锁骨上下区靶区与胸壁等采用电子线照射,二者的射野衔接尤为重要,而射野衔接处位于锁骨附近,肩关节的位置会对治疗中心造成影响。本研究分别测量了两组肩锁关节的位置移动幅度 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ ,并进一步计算了肩锁关节的三维空间位移 d 。为对比两

种装置对锁骨上区的固定效果,以胸锁关节(颈椎)为配准标志得到一组数据,然后以肩锁关节为配准标志得到另外一组数据,两者之差定义为锁骨上区的活动度^[25-27]。结果表明,颈胸一体膜组肩锁关节的 X 位置移动幅度及三维空间位移均明显小于乳腺托架组,具有更好的亚区域固定效果。乳腺托架为传统体位摆放方式,优势为乳腺及腋窝病灶暴露完整^[28],但没有上肢充分固定。高瀚等^[29]、周常锋等^[30]研究显示,发泡胶在乳腺癌患者整个放疗过程中能保持患者的自适应体位。颈胸一体热塑膜的固定能尽可能地缩小胸部呼吸幅度,限制胸部自主呼吸动度,避免组织变形,使实际靶区和实际治疗一致性^[31]。

综上所述,推荐乳腺癌锁骨上下区放疗时应采用颈胸一体热塑膜固定体位。但本研究也有一定的局限性:(1)这是一项单中心的研究,样本量不大;(2)亚区域固定效果的差异对剂量分布、疗效和不良反应的影响不明,需要进一步进行剂量学和临床研究;(3)颈胸一体热塑膜并没有广泛使用,装置的可及性和泛用性仍有待进一步验证。

致谢 感谢中国医学科学院肿瘤医院胡尚英老师在统计学方面给予的指导和帮助。

参考文献

- [1] SIEGEL R L, MILLER K D, JEMAL A. Cancer statistics, 2020 [J]. CA Cancer J Clin, 2020, 70 (1): 7-30.
- [2] ZHENG R, ZHANG S, ZENG H, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2016 [J]. J Natl Cancer Cent, 2022, 2(1): 1-9.
- [3] QIU H, CAO S, XU R H. Cancer incidence, mortality, and burden in China: a time trend analysis and comparison with the United States and United Kingdom based on the global epidemiological data released in 2020 [J]. Cancer Commun, 2021, 41(10): 1037-1048.
- [4] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.
- [5] 王鑫, 徐枫, 姜阳, 等. 乳腺癌改良根治术后放疗所致的放射性肺炎危险因素分析 [J]. 中国医学创新, 2023, 20(10): 144-147.
- [6] 宁建功. 保乳术后放疗及全乳切除后放疗对 T1~2 N1M0 三阴性乳腺癌预后影响对比 [J]. 临床研究, 2023, 31(3): 18-22.
- [7] 段懿珊, 郝凯峰. 保乳术治疗乳腺癌的中远期效果及术后复发的危险因素分析 [J]. 实用癌症杂志, 2023, 38(7): 1117-1119.

- [8] WAN B, LIU Y, GE Y, et al. Enhancing positioning accuracy in adjuvant radiotherapy for left breast cancer using cervical-thoracic integrated bracket combined with deep inspiration breath holding[J]. *Thorac Cancer*, 2024, 15(36): 2540-2550.
- [9] 中国医师协会放射肿瘤治疗医师分会. 乳腺癌放射治疗指南(中国医师协会 2020 版)[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2021, 30(4): 321-342.
- [10] XIAO H H, LIU L L, LI W Y, et al. TLD calibration and absorbed dose measurement in a radiation-induced liver injury model under a linear accelerator[J]. *Nucl Sci Tech*, 2023, 34(4): 71-80.
- [11] 王钦, 邓敏敏, 倪文婕, 等. 应用热释光剂量计研究放疗中热塑膜对体表吸收剂量的影响[J]. *重庆医学*, 2023, 52(8): 1155-1160.
- [12] 传礼, 臧首育, 王增才, 等. 热塑膜体位固定在不同体重指数胸部肿瘤放疗患者中的应用效果[J]. *中国临床医生杂志*, 2022, 50(8): 919-922.
- [13] 平平, 李敏杰, 田玉龙, 等. 热塑体膜双重标记联合开窗技术定位在乳腺癌保乳术后放疗中的应用价值[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2023, 47(7): 419-424.
- [14] 张坤, 李芳, 陈力, 等. 大孔径 CT 模拟定位机扫描条件对 CT 值影响分析[J]. *现代肿瘤医学*, 2021, 29(9): 1575-1579.
- [15] 葛彦东, 刘帆, 赵瑞敖, 等. BMI 对乳腺癌放疗计划靶区外放边界的预判研究[J]. *现代肿瘤医学*, 2024, 32(11): 2046-2050.
- [16] SIEGEL R L, MILLER K D, FUCHS H E, et al. Cancer statistics, 2022 [J]. *CA Cancer J Clin*, 2022, 72(1): 7-33.
- [17] Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group, MCGALE P, TAYLOR C, et al. Effect of radiotherapy after mastectomy and axillary surgery on 10-year recurrence and 20-year breast cancer mortality: meta-analysis of individual patient data for 8 135 women in 22 randomised trials [J]. *Lancet*, 2014, 383(9935): 2127-2135.
- [18] PENEV D, STAVREV P, STAVREVA N, et al. Influence of dose uncertainty on TCP estimates: a model study[J]. *Eur Phys J Spec Top*, 2023, 232(10): 1543-1547.
- [19] SHINDE P, JADHAV A, SHANKAR V, et al. Assessment of dosimetric impact of interfractional 6D setup error in tongue cancer treated with IMRT and VMAT using daily kV-CBCT [J]. *Rep Pract Oncol Radiother*, 2023, 28(2): 224-240.
- [20] 林布雷, 柯瑞全. 乳腺癌患者调强放疗摆位误差与生理特征参数的相关性研究[J]. *西藏医药*, 2022, 43(3): 38-40.
- [21] 王佳妮, 欧开萍, 刘嘉琦, 等. 乳腺癌多学科综合诊疗模式的能力建设及发展趋势[J]. *中国普通外科杂志*, 2023, 32(5): 656-664.
- [22] 付敏, 崔延华, 陈进琥, 等. 旋转摆位误差对乳腺癌保留乳房术后放疗剂量分布的影响[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2023, 30(7): 412-418.
- [23] ZHANG Y X, HUAN F K, GENG S S, et al. Comparison of the setup errors of two mask systems for immobilizing supra/infraclavicular nodal region of breast cancer patients received postmastectomy radiotherapy [J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2021, 45(6): 348-356.
- [24] 贾慧展, 李晓, 雷琳, 等. 锥形束 CT 图像引导下对乳腺癌放疗不同体位固定方式的摆位误差分析[J]. *重庆医学*, 2024, 53(11): 1626-1629.
- [25] 陈嘉一, 白彦灵. 乳腺癌患者体重指数及体位固定方式对保乳术后调强放射治疗摆位误差的影响[J]. *实用肿瘤学杂志*, 2022, 36(4): 327-331.
- [26] WAN B, LIANG B, HUAN F, et al. Comparison of setup errors of immobilization devices for thoracic radiotherapy [J]. *Med Dosim*, 2022, 47(4): 325-328.
- [27] 万宝, 黄键兵, 覃仕瑞, 等. 胸段食管癌放疗四种体位固定方式对锁骨上区域动度的比较研究[J]. *肿瘤预防与治疗*, 2022, 35(6): 538-543.
- [28] 牛娜, 孙丽, 明学中, 等. 临床常规体位固定方式联合应用在乳腺癌精确放疗中位置偏差的研究[J]. *肿瘤学杂志*, 2021, 27(12): 1006-1010.
- [29] 高瀚, 钱普东, 明学中, 等. 不同体位固定方式在乳腺癌放疗中的应用[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2022, 42(1): 12-17.
- [30] 周常锋, 房建南, 黄晓波, 等. 聚氨酯发泡胶与负压真空垫在乳腺癌保乳根治术后 IMRT 体位固定精度初步研究[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2019, 28(10): 776-779.
- [31] 唐婷婷, 钟勇, 汤平, 等. 乳腺癌摆位误差及不良反应分析[J]. *重庆医学*, 2024, 53(22): 3469-3472.