

# 四川省放射治疗技术应用基本情况调查分析

李 勇, 黄成剑, 杨金鑫, 祁国海, 廖雄飞\*

四川省肿瘤医院·研究所, 四川省癌症防治中心, 电子科技大学医学院放疗中心, 四川 成都  
Email: \*fybre@163.com

收稿日期: 2021年6月2日; 录用日期: 2021年6月28日; 发布日期: 2021年7月5日

## 摘 要

目的: 掌握2019年度四川省放射治疗应用基本情况。方法: 采用统一设计的调查表, 通过普查的方式搜集全省放射治疗单位的放射治疗设备、放射治疗工作人员数量及配置、不同放疗技术开展情况以及患者数量情况等数据。结果: 截止2019年12月28日, 四川省内从事放射治疗的单位共77家; 共有直线加速器97台(含国产和进口)、钴60远距离治疗机16台、后装治疗机20台、常规模拟定位机52台、大孔径CT模拟定位机23台; 开展床位6773张, 从事放疗的医师680人、放疗物理师226人、放疗技师446人、设备维修工程师72人; 能开展二维放疗的单位52个、三维适形放疗67个、IMRT 55个、VMAT 9个、IGRT 19个、Tomotherapy 3个、术中放疗1个; 年放射治疗人数63,451人。结论: 2019年四川省的放射治疗设备人均保有量为1.16台/百万人, 低于全国平均水平, 在各种放疗技术开展方面3DCRT、IMRT和IGRT正逐步取代常规二维放疗成为四川省放射治疗的主流技术, 放射治疗技术的标准化质量控制与治疗保证需要进一步推进。

## 关键词

四川省, 放射治疗技术, 直线加速器, 调查

# Investigation and Analysis of Radiotherapy Technology in Sichuan Province

Yong Li, Chengjian Huang, Jinxin Yang, Guohai Qi, Xiongfei Liao\*

School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China, Sichuan Cancer Center, Sichuan Cancer Hospital & Institute, Chengdu Sichuan  
Email: \*fybre@163.com

Received: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2021; accepted: Jun. 28<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 5<sup>th</sup>, 2021

\*通讯作者。

文章引用: 李勇, 黄成剑, 杨金鑫, 祁国海, 廖雄飞. 四川省放射治疗技术应用基本情况调查分析[J]. 世界肿瘤研究, 2021, 11(3): 76-82. DOI: 10.12677/wjcr.2021.113010

## Abstract

**Objective:** To understand the basic situation of radiotherapy technology development in Sichuan Province. **Methods:** According to the current status of radiotherapy technology in Sichuan province, the survey items include radiotherapy units, radiotherapy equipment, radiotherapy practitioners, radiotherapy technology development, and patient treatment, etc. The survey objects cover medical units in the province that carry out radiotherapy and the survey method of online questionnaire and telephone communication are adopted. **Results:** By the end of 2019, there are 77 units engaged in radiotherapy in Sichuan Province. There are 97 linear accelerators (including domestic and imported ones), 16 cobalt-60 remote treatment machines, 20 post-installation treatment machines, 52 conventional analog positioning machines and 23 large-aperture CT analog positioning machines. The number of beds is 6,773. There were 680 Radiation oncologist engaged in radiotherapy, 226 physicist, 446 radiotherapists and 72 equipment maintenance engineers, 52 units can carry out two-dimensional radiotherapy, three-dimensional conformal radiotherapy 67, IMRT 55, VMAT 9, IGRT19 1, Tomotherapy 3, intraoperative radiotherapy 1. The annual number of radiotherapy patients was 63,451. **Conclusions:** The per capita amount of radiotherapy equipment is not high in Sichuan province. In terms of radiotherapy technology development, 3DCRT, IMRT and IGRT are gradually replacing conventional two-dimensional radiotherapy as the mainstream radiotherapy technology in Sichuan province, and the quality control of radiotherapy technology needs further standardization.

## Keywords

Sichuan Province, Radiotherapy Technique, Linear Accelerators, Survey

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

恶性肿瘤是严重威胁我国居民生命和健康的重大疾病,并产生严重的社会负担[1]。WHO 公布恶性肿瘤三大治疗手段总体治愈率约为 45%,其中手术占 22%、放疗占 18%、化疗占 5%。统计显示约 70%的恶性肿瘤患者在治疗的某一阶段需要进行放射治疗[2],放射治疗是恶性肿瘤治疗的重要手段之一。放射治疗是一门多学科、综合性较强的专业,从事这一专业的主要人员包括:放射治疗医师、放射治疗物理师和放射治疗技术员,放疗医师主要负责患者的诊疗方案和肿瘤靶区的勾画、放疗物理师和医师共同制订患者的放疗计划、放疗技术员是放疗计划的具体执行者,他们既有分工同时又紧密合作才能安全准确地为患者完成放射治疗工作。特别是在精准放疗新时代,放疗技师需要承担的任务越来越多、责任越来越大,所起到的作用也更加重要,放疗技师对放疗技术的实施直接关系到治疗的精准性和疗效[3]。因此该研究针对十三五期间四川省放射治疗技术工作开展的基本情况进行了调查,此次调查主要针对放疗设备配置情况、放疗从业人员情况、放疗技术开展以及患者治疗情况等方面。数据截止 2019 年 12 月,调查结果于 2020 年初汇总完毕。

## 2. 材料与方法

1) **调查对象:** 本次调查涵盖四川省所有市州,针对开展放疗的 77 家医疗单位。调查单位包括公立医院、民营医院、股份制医院、军队医院等多种所有制;医院级别从二级乙等到三级甲等;医院主管单

位级别从县级到部级。

**2) 调查方法:** 设计统一的调差问卷, 该调查问卷由放疗单位放疗科(或肿瘤科)主要负责人填写, 保证调查数据的可靠性。最终完成 77 份调查问卷。

**3) 调查项目:** a) 放射治疗设备配置情况: 放射治疗机数量, 如医用直线加速器、钴 60 治疗机、后装治疗机; 放疗辅助设备, 如 CT 定位机、常规模拟定位机数量; b) 放射治疗人力资源情况: 放疗医师、物理师、放疗技师、维修工程师数量及人才结构。c) 放射治疗技术开展情况: 各单位放射治疗技术开展情况, 二维放疗、三维适形放疗(3DCRT)、调强放疗(IMRT)、图像引导放射治疗(IGRT)、螺旋断层放疗等技术; d) 肿瘤患者放疗概况: 放疗床位总量、年患者治疗量、各类患者采用各种治疗技术所占比例。

### 3. 结果

#### 3.1. 放射治疗设备配置情况

1) 全省共有从事放射治疗的单位 77 家, 放疗单位以公立医院为主, 部队、民营、多种所有制医院并存。共配备有进口加速器 78 台、国产加速器 19 台、钴 60 治疗远距治疗机 16 台, 后装治疗机 20 台。全省各地市州放疗机配置详情见表 1。

**Table 1.** The number of radiotherapy units and equipment in Sichuan province in 2019

**表 1.** 2019 年省内各地市州放疗单位数量及设备数量

地区	人口 单位: 万人 <sup>[14]</sup>	放疗单位数	加速器数量	钴 60 治疗机 数量	LA 每百万 人口拥有量	LA 和钴 60 每百万 人口拥有量
成都	1633	21	37	7	2.27	2.69
南充	644	5	6	1	0.93	1.09
达州	572	5	5	0	0.87	0.87
绵阳	485.7	9	10	1	2.06	2.26
宜宾	455.6	2	3	0	0.66	0.66
资阳	251.2	2	2	0	0.8	0.8
乐山	326.7	5	3	2	0.92	1.53
泸州	432.4	2	4	0	0.93	0.93
广安	324.1	1	1	0	0.31	0.31
遂宁	320.2	2	1	1	0.31	0.62
内江	369.9	3	2	1	0.54	0.81
德阳	354.5	3	3	1	0.85	1.13
自贡	292	2	3	0	1.03	1.03
眉山	298.4	3	5	1	1.68	2.01
凉山	490.8	2	3	0	0.61	0.61
雅安	154	1	1	0	0.65	0.65
广元	266.7	4	4	0	1.5	1.5
甘孜	119.6	1	1	0	0.84	0.84
攀枝花	123.6	4	3	1	2.43	3.24
全省	8341	77	97	16	1.16	1.35
全国 <sup>[11]</sup>	139,000	1463	2021	66	1.45	1.5

2) 放疗辅助设备方面: X线模拟定位机 52 台, 大孔径 CT 模拟定位机 23 台, 模拟定位 4D-CT 设备 5 台, MRI 模拟定位 1 台。

### 3.2. 放射治疗人力资源情况

从事放射治疗的医生 680 人、物理师 226 人、放疗技师 446 人、维修工程师 72 人。详见表 2。

**Table 2.** Human resources allocation of Radiotherapy in Sichuan province in 2019

**表 2.** 2019 年四川省放疗人力资源配置情况(人)

	放疗医师	物理师	放疗技师	维修工程师	总计
高级职称	275	28	8	28	339
中级职称	238	81	74	30	423
初级职称	167	117	364	14	662
总计	680	226	446	72	1424

### 3.3. 放射治疗技术开展情况

开展二维放疗技术的单位 52 个、开展 3DC-RT 技术单位 67 个、开展 IMRT 技术单位 55 个、开展 IGRT 技术单位 19 个(主要是基于锥形束 CT 的图像引导)、开展 VMAT 技术单位 9 个、开展 SBRT 技术单位 8 个、开展 Rapid Arc3 个、超声引导 3 个、开展螺旋断层放射治疗技术的单位 3 个、开展全身电子线照射技术单位 2 个、开展全身 X 线照射技术单位 1 个、开展近距离放射治疗技术单位 10 个、开展术中放疗技术单位 1 个。建设肿瘤放疗信息化系统的单位 39 家。以上各项汇总结果见表 3。

**Table 3.** Summary of current investigation items of radiotherapy in Sichuan Province from 2010 to 2019

**表 3.** 2010~2019 年四川省放射治疗现状调查项目汇总

年度	人员配置(个/百万人口)				放疗机(台)						床位数	加速器台数/ 百万人口	LA+Co60/ 百万人口
	放疗医师	物理师	技师	工程师	进口加速器	国产加速器	Co60 治疗机	IR 源后装机	Co 源后装机				
2010	5.26	0.8	2.82	0.5	26	17	37	-	-	3341	0.5	0.91	
2014	7.5	1.25	3.96	0.67	76	15	16	4	12	4497	0.88	1.24	
2019	8.15	2.71	5.35	0.9	78	19	16	5	15	6773	1.16	1.35	

年度	辅助设备(台)			计划和验证设备(个或台)							
	CT 定位机	模拟定位机	MRI-Sim	治疗计划系统	电子剂量计	胶片计量仪	电离室	二维矩阵	三维水箱		
2010	52	41	-	66	68	-	-	-	-		
2014	74	59	-	110	88	8	85	25	9		
2019	23 (大孔径)	52	1	153	99	8	101	43	25		

年度	放疗相关技术种类(个)										
	二维放疗	三维适形放疗	调强放疗	图像引导放疗	体部立体定向放疗	电子射野影像装置	超声引导	TOMO	体表光学体位验证	术中放疗	
2010	51	33	6	1	10	-	-	-	-	0	
2014	66	56	29	9	8	23	1	0	-	0	
2019	52	67	55	19	8	36	3	3	2	1	

### 3.4. 肿瘤患者治疗情况

2019 年全省放射治疗 63,451 人次，其中主要治疗手段为常规 IMRT、3D-CRT，其次为 VMAT，分别治疗人次为 27,627 人次、13,509 人次和 7741 人次，主要放疗技术的年患者治疗比例见图 1。放疗常见病种前 12 位排名：肺癌、食管癌、鼻咽癌、乳腺癌、宫颈癌、直肠癌、肺转移瘤、骨转移瘤、脑转移瘤、口腔癌、胃癌、喉癌。

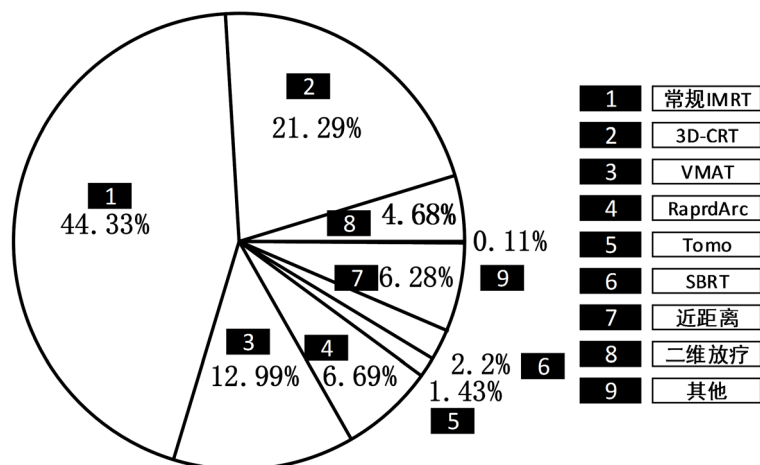


Figure 1. Percentage of patients treated with different radiotherapy techniques in 2019 (%)  
图 1. 2019 年不同放疗技术患者治疗比例(%)

## 4. 讨论

自 1986 年中华医学会放射治疗学分会成立以来，对中国大陆地区的放疗发展情况进行了 8 次全面的调研，为了解我国各时期放疗发展水平，国家制定政策优化放疗资源配置提供了有效参考[4]-[11]。对四川省放疗行业发展情况进行系统全面的调研分别是：2009 年钟海洛等进行的四川省放射治疗基本情况调查研究[12]和 2014 年祁国海等进行的四川省放疗工作状况调查分析[13]，为掌握当时全省放疗资源配置提供了详实的数据。本次调查侧重于分析、了解当前四川放射治疗技术工作开展的基本情况。

本次调查涵盖全川开展放疗的医疗单位，调查结果显示：当前四川省开展放射治疗的单位共有 77 家，开展床位 6773 张，放射治疗直线加速器 97 台(其中国产 19 台、进口 78 台)、钴 60 治疗机 16 台、后装治疗机 20 台、常规模拟定位机 52 台、大孔径 CT 模拟定位机 23 台。与 2014 年四川省放疗工作状况调查分析相比，放疗单位增加 6.9%，放疗加速器增加 6.6%，增长速度缓慢，分析其原因可能是由于部分单位逐步换装或新装了一批治疗精度更好、治疗效率更快的新型治疗机，同时淘汰了一部分老旧治疗机，导致放疗设备总体规模增速放缓。

2018 年末，四川省常住人口为 8341 万[14]，据此推算四川省每百万人口拥有加速器量为 1.17 台；每百万人口拥有加速器加钴 60 为 1.36 台，比照 WHO 推荐的医用电子直线加速器保有量 2~4 台/百万人口[15]，差距明显；相比同期中国大陆地区放疗人员和设备基本情况调研的全国水平，加速器 1.45 台/百万人，加速器加钴 60 拥有量 1.50 台/百万人口[11]，也存在较大差距。据四川肿瘤登记区恶性肿瘤发病率 277.38/百万人口[16]，推算当年新发肿瘤患者约 23 万人，按照 50%肿瘤患者需要接受放疗计算[17]，当年需接受放疗的肿瘤患者约为 11.5 万。本次调查显示 2018 年接受放疗的患者约为 6.35 万，较 2014 年调查时略微提高，但仍有约一半的肿瘤患者未接受放疗。说明四川省在放射治疗机，特别是医用电子直线加速器配置方面仍有较大缺口。同时通过表 1 可以看出在放疗设备配置方面存在较突出的地区间发展不

均衡现象。今后在政策引导加大对放疗资源规模投入的同时应注重向当向薄弱地区倾斜，以减少地区间发展差异，同步提升全省放疗行业整体实力。

2019 年全省从事放射治疗各类专业人员总计 1424 人。每百万人口放疗医师、物理师、放疗技师、维修工程师数量分别为 8.15、2.71、5.35、0.86 个，对比 2014 年每百万人口拥有量方面，医师增加 8.7%，物理师增加 116.8%，放疗技师增加 35.1%，工程师增加 28.4%。经过近 5 年的发展四川省放疗从业人员有了较大幅度的增加。在人才结构方面，高级职称所占比例，放疗医师为 40%，物理师为 12.4%，放疗技师为 1.8%；中级职称所占比例，放疗医师为 35%，物理师为 36%，放疗技师为 17%，工程师为 42%。数据显示放疗技师的高级职称比例较低，初级职称比例较多，应加强对放疗技师的继续教育和业务素质的培养，建立健全放疗技师的职业规划，特别是对低年资放疗技师业务能力、和科研素质的系统培养。

在放疗技术开展方面：当前四川省能开展 3D-CRT 技术的单位 67 家，较 2014 年增加 20%；开展 IMRT 技术 55 家，增加 89%；开展 IGRT (主要是基于锥形束 CT 的图像引导)技术 19 家，增加 111%；开展 VMAT 技术 9 家；开展 SBRT 技术 8 家；开展近距离放疗 10 家；同时新增了能开展 Tomotherapy 单位 3 个；体表光学体位验证 2 个；术中放疗开展 1 个；开展二维常规放疗技术的单位减少了 27%。在肿瘤患者放疗方面，接受 IMRT 放疗的患者约占 44.33%、接受 3DC-RT 的约占 21.29%、接受 VMAT 的约占 12.99%、接受二维放疗的患者比例约为 4.68%。在开展技术的单位方面和患者采取的治疗技术方面，代表精确放疗技术的 IMRT 和 3DC-RT 正逐步替代常规二维放疗成为四川省放疗的主流技术。放射治疗的目标是将射线最大程度集中在肿瘤靶区，同时保护周围正常组织免受或尽量少受不必要的照射，随着计算机技术、医学影像技术和设备工程技术的不断发展，为提高治疗增益的精确放疗技术也逐渐产生并发展完善，如三维适形放疗技术(3D-CRT)、调强放射治疗技术(IMRT)，在此基础上通过治疗机的集成发展又出现了质量更好、精度更高的精准放疗技术，如图像引导放疗技术(IGRT)、容积旋转调强技术(VMAT)、螺旋断层调强放疗技术(TOMO)、四维 CT 技术等。先进放疗技术的普遍开展，提高了治疗精确性，改善了临床治疗效果，同时放疗设备进一步复杂化，需要投入更多的人力与物力保障设备运行稳定、保障放疗质量的优质化、同质化。

通过此次调查，该调查结果显示十三五期间四川省在放疗技术应用方面，代表精确放疗技术的 3DC-RT、IMRT 和 IGRT 已经逐步取代二维放疗技术，成为当前四川省的主流放疗技术；但四川省人口基数大、肿瘤发病率高，放射治疗资源的总体规模距肿瘤患者放疗需求仍有较大空间，各放射治疗机的运行负荷较高。在放射治疗实践中，放射治疗医师勾画靶区可参照相关指南或专家共识以及在此基础上通过机器深度学习的人工智能靶区系统，但针对放射治疗技师在实施放射治疗计划时的技术操作目前尚缺乏标准化的质量控制流程规范，这造成四川省各放射治疗单位之间难以做到技术操作的同质化和规范化，直接影响到放射治疗的整体质量保证水平。特别是随着四川省放疗设备的不断更新、放疗技术的不断升级，放疗技术的复杂性必然增加放疗质量保证的工作强度和难度，因此不仅需要加强对放疗技术人员的资质和业务能力提升的培养；同时也需要更新和完善放疗技术实施全流程的质量控制规范化和标准化，并在此基础上建立标准化质量控制的自动化和智能化。才有利于放疗资源的科学应用；有利于减轻放疗医务工作者工作符合；才能保障新形势下放射治疗的安全性和精准度，保证放射治疗计划执行质量的优质化和同质化，使精准放疗技术在十四五期间更好地为肿瘤患者临床治疗服务。

## 致 谢

感谢四川省放射治疗质量控制中心和参与调查的四川省各放射治疗单位对本次调查给予的指导与帮助。

## 基金项目

四川省科技厅重点研发项目(2020YFS0393)。

## 参考文献

- [1] Chen, W., Zheng, R., Baade, P.D., Zhang, S., Zeng, H., Bray, F., *et al.* (2016) Cancer Statistics in China, 2015. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **66**, 115-132. <https://doi.org/10.3322/caac.21338>
- [2] 胡逸民, 杨定宇. 肿瘤放射治疗技术[M]. 北京: 中国协和医科大学, 北京医科大学联合出版社, 1995.
- [3] 林承光. 肿瘤放射治疗技术操作规范[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019.
- [4] 谷铎之, 冯宁远, 余耘. 关于我国放射治疗队伍的组成、设备和技术水平的调查报告[J]. 中国放射肿瘤学, 1989, 3(1): 41-43.
- [5] 殷蔚伯, 陈冰, 谷铎之. 我国放射肿瘤学概况[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 1995, 4(4): 55-59.
- [6] 殷蔚伯, 田风华, 谷铎之. 我周放射治疗人员及设备现状[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 1998, 7(2): 131.
- [7] 殷蔚伯, 田风华. 2001 年全国放射治疗人员及设备调查报告[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2002, 11(3): 145-147.
- [8] 中华放射肿瘤学会. 2006 年全国放疗人员及设备调查报告——纪念中华放射肿瘤学会成立 20 周年[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2007, 16(1): 1-5.
- [9] 中华医学会放射肿瘤学分会, 殷蔚伯, 陈波, 张春立, 张红志, 李晔雄. 2011 年中国大陆地区第六次放疗人员及设备调查[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2011, 20(6): 453-457.
- [10] 郎锦义, 王培, 吴大可, 钟海洛, 卢冰, 邓小武, 等. 2015 年中国大陆放疗基本情况调查研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2016, 25(6): 541-545.
- [11] 张焯, 易俊林, 姜威, 刘吉平, 马坤坤, 康世功, 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.
- [12] 钟海洛, 吴大可, 万斌, 祁国海, 李建, 王培, 等. 四川省放射治疗基本状况调查研究[J]. 肿瘤预防与治疗杂志, 2009, 22(4): 430-43.
- [13] 祁国海, 王培, 黎杰, 王先良, 唐斌, 吴凡, 等. 四川省放疗工作状况调查分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2016, 25(8): 791-794.
- [14] 四川省统计局、国家统计局四川调查总队. 曾俊林. 四川统计年鉴 2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [15] IAEA (International Atomic Energy Agency) (2008) Setting up a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [16] 周薇薇, 郑荣寿, 邓颖, 胥馨尹, 曾晶, 陈晓芳. 2013 年四川省肿瘤登记地区恶性肿瘤发病和死亡分析[J]. 中国肿瘤杂志, 2018, 27(7): 489-496.
- [17] Delaney, G., Jacob, S., Featherstone, C., *et al.* (2005) The Role of Radiotherapy in Cancer Treatment: Estimating Optimal Utilization from a Review of Evidence-Based Clinical Guidelines. *Cancer*, **104**, 1129-1137. <https://doi.org/10.1002/cncr.21324>