·专家述评·

肺癌放射治疗的关键进展与临床实践

谢建军[1,2] 吴源钧[2,3] 薛建新[2,3]

(1. 四川大学华西临床医学院,四川 成都 610041;2. 四川大学华西医院肿瘤中心胸部肿瘤科,四川 成都 610041;
3. 四川大学华西医院临床细胞治疗研究室,四川 成都 610041)

【摘要】 肺癌是全球疾病负担较重的恶性肿瘤之一,放射治疗既可用于根治和局部巩固,也可用于进展灶控制或症状缓解,是肺癌综合治疗的重要组成部分。随着精准放疗技术的发展和临床分层的细化,准确识别可能从放疗中获益的患者更为重要,放疗的介入时机、治疗目的及与系统治疗的衔接也需根据疾病阶段加以区分。免疫、靶向等系统治疗的发展进一步改变了放疗在不同临床场景中的定位。近年来,多项随机研究进一步明确了早期非小细胞肺癌、不可切除Ⅲ期非小细胞肺癌等场景的治疗路径,也表明在部分临床场景中,剂量强化、治疗时机前移或常规追加局部治疗并不必然转化为生存获益。本文结合重要临床证据,重点评述早期非小细胞肺癌、不可切除Ⅲ期非小细胞肺癌、术后和转移性非小细胞肺癌以及小细胞肺癌中放疗的适用人群、介入时机、治疗目的及与系统治疗的整合,并讨论现有证据的适用边界和仍待解决的临床问题。

【关键词】 肺癌;放射治疗;立体定向体部放疗;放疗联合免疫治疗;局部治疗;临床决策

【中图分类号】 R734.2 **【文献标志码】** A **DOI**:10.3969/j.issn.1672-3511.2026.09.001

Key advances and clinical practice in lung cancer radiotherapy

XIE Jianjun[1,2], WU Yuanjun[2,3], XUE Jianxin[2,3]

(1. *West China School of Medicine, Sichuan University, Chengdu* 610041, *China*;
2. *Department of Thoracic Tumor Multimodality Treatment Cancer Center, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu* 610041, *China*;
3. *Laboratory of Clinical Cell Therapy, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu* 610041, *China*)

【Abstract】 Lung cancer is one of the malignancies with a substantial global disease burden. Radiotherapy is an important component of comprehensive lung cancer treatment and can be used for curative treatment and local consolidation, as well as for control of progressive lesions or symptom palliation. With advances in precision radiotherapy and refinement of clinical stratification, accurately identifying patients who may benefit from radiotherapy has become increasingly important, and the timing, therapeutic intent, and integration of radiotherapy with systemic therapy should be tailored to disease stage. The development of systemic therapies, including immunotherapy and targeted therapy, has further changed the role of radiotherapy across different clinical settings. In recent years, randomized studies have further clarified treatment pathways in settings such as early-stage non-small cell lung cancer and unresectable stage III non-small cell lung cancer, while also showing that, in some clinical settings, dose intensification, earlier intervention, or routine addition of

执行编委简介:薛建新,教授,研究员,临床医学博士,博士研究生导师。"国家重大人才计划"青年学者,四川省杰出青年基金获得者。四川大学华西医院肿瘤中心副主任,胸部肿瘤病房主任。曾先后在美国密西根大学及美国托马斯杰弗逊大学医院留学。获得中国肿瘤防治联盟(UCOM)青年才俊奖,人民网第三届人民好医生(肺癌领域)优秀典范专家,首届川渝科技学术大会优秀论文奖,四川省"天府青城计划"天府科技菁英等奖励。任中国老年保健协会胸部肿瘤精准治疗分会副主委;中国健科会立体定向放射外科专委会副主委;中国抗癌协会整合肿瘤学分会青委会(青年专家创新联盟)主委;中国抗癌协会免疫治疗专委会、中西整合肺癌专委会常委;四川省肿瘤学会候任理事长;四川省医师协会肿瘤医师分会副会长;四川省肿瘤学会基因与免疫细胞治疗专委会主委。发表 SCI 论文 74 篇。以第一/通信(含共同)作者发表 SCI 论文 32 篇,IF>10 分 11 篇,包括 *Nature Medicine*(IF 87.2,ESI 高被引),*Lancet Oncology* (IF 54.4), *Signal Transduct Target Ther*(IF 38.12,封面文章),*Science Advances*(IF 15.0),*Clinical Cancer Research*(IF 13.8),*QJM*(IF 14.0,ESI 高被引),*Molecular Therapy* 2 篇(IF 12.9),*Int J Radiat Oncol Biol Phys* 3 篇(IF 8.0)和 *Radiother Oncol* 2 篇(IF 6.9)等。主持国家自然科学基金 4 项,国家重点研发计划课题 1 项,省部级课题 5 项。授权发明专利 4 项。任《西部医学》编委。

引用本文:谢建军,吴源钧,薛建新.肺癌放射治疗的关键进展与临床实践[J].西部医学,2026,38(9):1249-1255.DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2026.09.001

local therapy does not necessarily translate into survival benefit. Based on key clinical evidence, this article reviews the role of radiotherapy in early-stage non-small cell lung cancer, unresectable stage III non-small cell lung cancer, postoperative and metastatic non-small cell lung cancer, and small cell lung cancer, with a focus on patient selection, treatment timing and intent, and integration with systemic therapy, and discusses the applicability of current evidence and remaining clinical questions.

【Key words】 Lung cancer; Radiotherapy; Stereotactic body radiotherapy; Radiotherapy-immunotherapy combination; Local therapy; Clinical decision-making

肺癌仍是全球肿瘤负担最重的恶性肿瘤之一，2024 年全球新发病例约 260 万例、死亡约 190 万例，新发病例数和死亡病例数均居恶性肿瘤首位[1]。放射治疗是肺癌综合治疗的重要组成部分。过去 20 年间，PET/CT 和脑 MRI 的广泛应用，使肺癌分期、患者选择和靶区界定更加准确；呼吸运动管理、调强放疗、图像引导放疗和立体定向体部放疗等技术的发展，提高了治疗实施的精确性与安全性；系统治疗的持续进步则不断改变放疗的适应证和介入时机[2]。但技术进步并不等同于临床获益。RTOG 0617 显示，在不可切除Ⅲ期非小细胞肺癌（Non-small cell lung cancer，NSCLC）中，将常规分割放疗剂量由 60 Gy 提高至 74 Gy 并未改善患者结局[3]。这项阴性研究提示，评价肺癌放疗的进步不能只看技术复杂度或处方剂量，还应关注其能否改善患者结局并改变临床决策。本文围绕影响肺癌放疗临床决策的几个关键问题展开，包括早期 NSCLC 的立体定向体部放疗（Stereotactic body radiotherapy，SBRT）选择、不可切除Ⅲ期 NSCLC 的放疗质量与系统治疗衔接、术后放疗（Postoperative radiotherapy，PORT）的适用边界、转移性 NSCLC 的局部治疗，以及小细胞肺癌（Small cell lung cancer，SCLC）胸部和脑部放疗在现代系统治疗背景下的定位，重点讨论重要研究所支持的临床决策及其适用边界。

1 肺癌放疗的关键临床证据与实践边界

1.1 早期 NSCLC 的 SBRT

SBRT 依托精确靶区定位、影像引导和呼吸运动管理，在少数分次内给予高剂量照射，可在获得较高局部控制率的同时，尽量减少周围正常组织受照。对于医学上不可手术的外周型早期 NSCLC 患者，SBRT 已成为标准的根治性局部治疗手段，并获得国内外指南推荐[4-6]。RTOG 0236 研究中，3 年原发肿瘤控制率达 97.6%，3 年总生存率为 55.8%，5 年随访仍显示持久的原发灶控制[7-8]；CHISEL 随机Ⅲ期研究进一步显示，与常规分割放疗相比，SBRT 提高了 2 年局部控制率（89% *vs* 65%，HR=0.32），并延长中位总生存期（约 5 年 *vs* 3 年，HR=0.53，P=0.027）[9]。

中央型尤其是超中央型病灶实施 SBRT 时，中央关键结构保护和治疗安全性是分割方案选择的重要依据。中央型病灶通常指肿瘤位于或接触近端支气管树周围 2 cm 区域，或紧邻纵隔、心包胸膜；超中央型病灶目前尚无完全统一的定义，不同研究多依据靶区是否直接接触或重叠气管、近端支气管树、食管或大血管等中央关键结构进行界定。外周型病灶接受 SBRT 后可出现肺部毒性，以及胸壁疼痛、肋骨骨折等迟发毒性[6-7]；中央型尤其是超中央型病灶因邻近重要气道及其他纵隔结构，发生严重甚至致死性毒性的风险更高，其中支气管肺出血和瘘是需要重点关注的严重事件[10-11]。LUSTRE 随机Ⅲ期研究根据病灶位置采用风险适配分割，外周型给予 48 Gy/4 次，中央型给予 60 Gy/8 次，为按解剖风险选择分割方案提供了前瞻性资料[12]。临床上，中央型尤其是超中央型病灶不宜机械套用外周型 SBRT 方案，具体分割方式和危及器官剂量约束应根据病灶与气道、食管及大血管的解剖关系确定。

对于标准手术风险的早期 NSCLC，当前争议并不是 SBRT 能否获得较高局部控制，而是现有证据是否足以支持其替代手术。手术仍是这类患者的标准治疗，现有随机证据有限，尚不能证明 SBRT 与手术等效[13-14]。手术风险高、拒绝手术，或经多学科讨论认为不宜手术者，可选择 SBRT 作为根治性治疗；对标准手术风险患者，则不宜仅根据 SBRT 的良好局控结果常规替代手术。

1.2 不可切除Ⅲ期 NSCLC 的放疗与系统治疗

RTOG 0617 之后，不可切除Ⅲ期 NSCLC 放疗优化的重点已不再是单纯提高处方剂量。该研究显示，常规分割剂量由 60 Gy 提高至 74 Gy 并未改善患者结局[3]；二次分析进一步提示，与三维适形放疗相比，调强放疗（Intensity-modulated radiotherapy，IMRT）与较低的≥3 级放射性肺炎发生率（3.5% *vs* 7.9%）及较低的部分心脏受照剂量相关[15-16]。60 Gy 仍是常规分割同步放化疗（Concurrent chemoradiotherapy，cCRT）的重要参照，临床实践中更应优先保证靶区覆盖、心肺等危及器官保护以及治疗按计划完成。对Ⅲ期 NSCLC 而言，放疗质量比单纯加量更值得强调。

PACIFIC 确立了 cCRT 后未进展患者接受度伐

利尤单抗巩固的路径，后续研究进一步聚焦免疫治疗介入时机及分子分层。长期随访显示，度伐利尤单抗组和安慰剂组的 5 年总生存（Overall survival，OS）率分别为 42.9% 和 33.4%，5 年无进展生存（Progression-free survival，PFS）率分别为 33.1% 和 19.0%[17-18]。PACIFIC-2 则未能证明从 cCRT 开始同步加入度伐利尤单抗可改善 PFS（HR＝0.85，P＝0.247）或 OS（HR＝1.03，P＝0.823）[19]；但该研究并不是同步启动与 cCRT 后启动度伐利尤单抗的直接比较，因而不能据此认为序贯免疫治疗优于同步免疫治疗。对于 EGFR Ex19del 或 L858R 突变且根治性放化疗后未进展的患者，LAURA 中奥希替尼将中位 PFS 从 5.6 个月延长至 39.1 个月（HR＝0.16，P＜0.001）[20-21]。这些结果表明，放化疗后的治疗已进入分层选择阶段，不能以单一的 PACIFIC 路径概括所有患者。

实际上，并非所有患者都能完成标准 cCRT。不能耐受 cCRT 的患者，序贯放化疗（sequential chemoradiotherapy，sCRT）是重要替代方案。PACIFIC-6 首先提供了 sCRT 后应用度伐利尤单抗的前瞻性Ⅱ期证据；PACIFIC-5 随后在 cCRT 或 sCRT 后未进展人群中显示，度伐利尤单抗可将中位 PFS 由 6.5 个月延长至 14.0 个月（HR＝0.75，P＝0.038）[22-23]，为包括 sCRT 患者在内的放化疗后度伐利尤单抗巩固提供了随机Ⅲ期证据。对于不能接受化疗或 cCRT 的患者，放疗后度伐利尤单抗治疗（Durvalumab after radiotherapy，DUART）研究探索了单纯根治性放疗后序贯应用度伐利尤单抗；度伐利尤单抗同期治疗（Durvalumab and radiotherapy，DART）则将度伐利尤单抗前移至放疗同期，并于放疗结束后继续巩固，其 2 年 PFS 率为 39%、2 年 OS 率为 54%，但该研究为单臂Ⅱ期研究，并报告了 4 例（7%）5 级不良事件[24-25]。目前，sCRT 后度伐利尤单抗已有随机Ⅲ期证据支持，而现有 DUART 和 DART 等研究主要针对不能接受标准 cCRT 的特定患者，相关路径尚缺乏随机对照证据支持其常规应用，不能与标准 PACIFIC 路径等同[26]。

1.3 术后 NSCLC 的 PORT Lung ART 与 PORT-C 均未支持 R0-pN2 完全切除患者常规接受 PORT[27-28]。由于两项研究均未纳入 R1/R2 患者，其结论不能直接外推至切缘阳性或存在肉眼残留的患者。PORT-C 虽未改善无病生存期（Disease-free survival，DFS）或 OS，但降低了局部区域复发风险[28]。这说明局部控制改善并不必然转化为生存获益，远处失败仍可能限制 PORT 的总体获益。

PORT-C 后续二次分析显示，无论是否接受 PORT，发生远处转移的患者 OS 均较差；在未接受 PORT 的患者中，局部复发同样与较差的 OS 相关[29]。因此，R0-pN2 患者今后 PORT 研究的一个重要方向，是识别局部复发风险较高且远处失败风险相对可控的潜在获益人群。2025 年一项回顾性倾向评分研究发现，在完全切除的 pN2 非鳞 NSCLC 中，EGFR 野生型患者接受 PORT 与较长 DFS 相关，而 EGFR 突变患者主要表现为局部控制改善，未观察到 DFS 获益[30]。这些结果提示分子特征可能有助于进一步筛选 PORT 潜在获益人群，但现有证据仍属回顾性和假设生成性，尚不足以改变 Lung ART 和 PORT-C 所确定的常规实践边界。

现代围手术期系统治疗的发展也改变了 PORT 的证据背景。CheckMate 77T 的 N2 亚组探索性分析显示，围手术期纳武利尤单抗联合新辅助化疗可改善事件无生存期（Event-free survival，EFS）[31]，但该研究并未评价 PORT。现阶段 R0-pN2 患者仍不宜常规追加 PORT；对于 R1/R2 患者，不能直接套用上述 R0 人群的随机研究结论，应结合残留范围、再次手术可行性及后续系统治疗等因素判断。至于接受现代围手术期治疗后仍具有较高局部复发风险的 R0 患者，PORT 能否带来额外获益，目前仍缺乏前瞻性证据。

1.4 转移性 NSCLC 的局部治疗 寡转移并不是一个单纯由病灶数量决定的放疗适应证。对于系统治疗后未进展的寡转移患者，ASTRO/ESTRO 指南及 Gomez 等[32-34]早期随机Ⅱ期研究支持在严格筛选后实施局部巩固治疗；但在现代系统治疗背景下，NRG-LU002 目前公布的会议摘要并未显示，在维持系统治疗基础上常规追加局部巩固治疗可改善 PFS 或 OS[35]。由于 Gomez 等早期研究与 NRG-LU002 在患者构成、系统治疗背景及研究设计上存在差异，两类结果不宜直接视为相互否定。病灶数量有限只是局部治疗决策的条件之一，还应结合系统治疗反应、病灶分布及全部活动病灶能否安全处理等因素。

另一条研究路径并不以消融全部病灶为主要目的，而是尝试将不同剂量放疗作为免疫调节手段嵌入一线治疗。一项Ⅰ期研究纳入初治Ⅳ期 PD-L1 阳性 NSCLC 患者，对较小病灶实施 SBRT（30 Gy/3 次），对较大病灶给予低剂量放疗（Low-dose radiotherapy，LDRT），随后应用信迪利单抗。研究未观察到剂量限制性毒性，4 Gy/2 次被确定为推荐 LDRT 剂量，经确认的客观缓解率（Objective response rate，ORR）为 57.1%，中位 PFS 为 8.6 个月[36]。作为Ⅰ期研究，其主要价值在于验证 SBRT、LDRT 与免疫治疗联合的安全性和可行性，而非确立疗效。现阶段尚不能据此

确定常规放疗剂量或最佳联合时序。

系统治疗期间出现寡进展时，局部治疗的目的主要是控制少数进展病灶，尽可能延长原系统治疗方案的有效时间。CURB 随机Ⅱ期研究显示，在 NSCLC 亚组中，对寡进展病灶实施 SBRT，可将中位 PFS 由 2.2 个月延长至 10.0 个月（HR=0.41，P=0.0039）[37]。这类患者是否适合局部治疗，关键在于其余病灶是否仍受原系统治疗控制、进展病灶能否安全处理，以及继续原系统治疗是否仍有临床价值。

1.5　局限期 SCLC 的胸部放疗与免疫治疗　局限期小细胞肺癌（Limited-stage small cell lung cancer，LS-SCLC）的根治性治疗仍以含铂-依托泊苷联合胸部放疗为基础。45 Gy/30 次、每日 2 次（Twice daily，BID）的超分割方案仍是标准选择，2026 年 ESTRO-EORTC 指南同时将 66 Gy/33 次、每日 1 次列为标准分割方案之一[38-41]。

ADRIATIC 与 NRG-LU005 分别评价了 LS-SCLC 中 cCRT 后免疫巩固和 cCRT 期间同步启动免疫治疗两种策略。ADRIATIC 显示，cCRT 后未进展患者接受度伐利尤单抗巩固后，中位 OS 由 33.4 个月延长至 55.9 个月（HR=0.73），中位 PFS 由 9.2 个月延长至 16.6 个月（HR=0.76）[42]，并已获得指南推荐[43]；NRG-LU005 则在 cCRT 期间同步加入阿替利珠单抗并于放化疗后继续治疗，但未改善 OS[44]。由于两项试验所用免疫药物、治疗起始时间和研究设计不同，也并非针对免疫治疗启动时机的直接比较，因此不能据此推断 cCRT 后启动免疫治疗优于 cCRT 期间同步启动。现有高级别证据支持的临床路径仍为 cCRT 后度伐利尤单抗巩固，尚无高级别证据支持将免疫治疗常规前移至 cCRT 期间。

在现有标准分割之外，胸部放疗剂量强化仍处于探索阶段。THORA 随机Ⅱ期长期随访显示，60 Gy/40 次 BID 组中位 OS 为 43.5 个月，45 Gy/30 次 BID 组为 22.5 个月[45]。但这一证据来自Ⅱ期研究，且强化治疗带来的长期食管和吞咽相关毒性需要权衡，目前尚不足以取代现有标准分割方案。中国 16 中心随机Ⅲ期研究采用大体肿瘤体积（Gross tumor volume，GTV）54 Gy/30 次同步集成加量（Simultaneous integrated boost，SIB）、计划靶体积（Planning target volume，PTV）45 Gy/30 次 BID，中位 OS 由 39.5 个月延长至 60.7 个月（HR=0.55，P=0.003），3～4 级食管炎发生率分别为 13.0%和 12.0%，3～4 级肺炎发生率分别为 5.0%和 6.0%[46]。该研究为 54 Gy/30 次 SIB 方案提供了随机Ⅲ期依据，但入组患者年龄为 18～70 岁、ECOG 体能状态为 0～1 分，且研究完成于度伐利尤单抗巩固成为标准治疗之前。当前需要明确的是，这类强化方案在 cCRT 后度伐利尤单抗巩固已成为标准的背景下是否仍具有额外获益，以及其长期毒性和适用人群边界；目前尚无直接证据。

1.6　广泛期 SCLC 的胸部放疗　对于广泛期小细胞肺癌（Extensive-stage small cell lung cancer，ES-SCLC），免疫治疗前的 CREST 研究为化疗应答患者选择性胸部巩固放疗提供了临床依据，但其结论不能直接外推至免疫治疗时代。CREST 未显著改善预设的 1 年 OS 主要终点，但 2 年 OS 由 3.0%提高至 13.0%（P=0.004），并降低了胸部疾病进展风险[47]。在免疫治疗时代，TREASURE 随机Ⅱ期研究评估了阿替利珠单抗维持期间加入巩固性胸部放疗，未改善生存且明显增加严重毒性；2026 年 LBA8005 随机Ⅲ期会议摘要则评估一线铂类/依托泊苷联合度伐利尤单抗基础上同步加入胸部放疗，同样未显示生存获益，并提示额外毒性[48-49]。两项研究的放疗介入时机不同，但均未支持在未经进一步筛选的现代一线化疗免疫治疗人群中常规整合胸部放疗。上述判断针对以改善疾病控制或生存为目的的整合性胸部放疗，并不影响对咯血、气道阻塞、疼痛等症状性胸内病灶实施姑息放疗。

MATCH 探索的是与传统胸部巩固放疗不同的治疗思路，即利用低剂量放疗的免疫调节作用。该研究在一线化疗联合阿替利珠单抗基础上同步给予 15 Gy/5 次胸部 LDRT，Ⅱ期初步结果中 56 例患者确认 ORR 为 87.5%，中位 PFS 为 6.9 个月[50]；3 年随访时，中位 OS 为 16.9 个月，3 年 OS 率为 35.1%[51]。这些结果使 LDRT 成为值得继续验证的研究方向，但 MATCH 仍为多中心单臂Ⅱ期研究，在随机对照证据出现之前，不宜将其视为 ES-SCLC 常规胸部放疗方案。

1.7　SCLC 的预防性脑照射与脑保护　预防性脑照射（Prophylactic cranial irradiation，PCI）的决策越来越依赖疾病分期、治疗应答以及高质量脑 MRI 监测能否落实。对于Ⅰ期 SCLC，ASTRO 指南条件性不推荐常规 PCI，可采用脑 MRI 监测；对于治疗应答且适合接受 PCI 的Ⅱ～Ⅲ期 LS-SCLC 患者，PCI 仍是标准治疗选择[52]。在 ES-SCLC 中，日本随机Ⅲ期研究显示，对化疗应答并接受规范脑 MRI 监测的患者，PCI 未改善 OS[53]。在此基础上，还应综合考虑神经认知风险和规范 MRI 随访的可及性。

对于已有 PCI 适应证的患者，海马保护预防性脑照射（Hippocampal avoidance PCI，HA-PCI）的目的在于降低治疗相关神经认知损伤，而不是扩大 PCI 的适用人群。NRG-CC003 显示，HA-PCI 在 12 个月颅

内复发率方面达到非劣效(14.7% *vs* 14.8%),并降低任一神经认知测试失败的风险(调整后 HR=0.78);但预设的 6 个月延迟回忆保护主要终点并未达到[54]。因此,HA-PCI 可作为已有 PCI 适应证患者降低总体神经认知失败风险的一种技术选择。本述评内容梳理见表 1。

表 1 肺癌放疗关键临床证据、当前定位及未解决问题

Table 1 Key clinical evidence, current positioning and unresolved issues in lung cancer radiotherapy

临床场景	关键证据	当前定位	未解决问题
医学不可手术外周型早期 NSCLC	RTOG 0236、CHISEL 及可手术人群研究[7-9,13-14]	SBRT 为标准根治性局部治疗	标准手术风险患者中 SBRT 与手术的等效性证据仍有限
中央/超中央早期 NSCLC	RTOG 0813、HILUS、LUSTRE[10-12]	按解剖风险适配分割,选择性采用 SBRT	超中央定义、最优分割及气道/食管/大血管等关键结构约束尚未统一
不可切除Ⅲ期 NSCLC 放疗剂量与质量	RTOG 0617 及 IMRT 二次分析[3,15-16]	60 Gy 为常规分割重要参照;优先保证高质量实施	如何在保证靶区覆盖的同时进一步优化心肺保护和治疗实施质量
不可切除Ⅲ期 NSCLC 放化疗后系统治疗	PACIFIC、PACIFIC-2、LAURA[17-21]	放化疗后系统治疗需结合分子特征进行分层选择	免疫治疗最佳启动时机及不同分子亚型放化疗后的最优系统治疗策略仍需研究
Ⅲ期 NSCLC 非标准 cCRT 治疗路径	PACIFIC-6、PACIFIC-5、DUART、DART[22-25]	sCRT 后度伐利尤单抗已有Ⅲ期证据;不能接受标准 cCRT 患者的其他放疗-免疫治疗路径仍属探索性	相关路径的疗效、安全性及适用人群仍缺乏随机对照证据
R0-pN2 术后 NSCLC	Lung ART、PORT-C 及后续分层分析[27-30]	R0-pN2 完全切除后不常规采用 PORT	R1/R2 及现代围手术期治疗后高局部复发风险 R0 人群的 PORT 价值仍缺乏前瞻性证据
系统治疗后未进展的寡转移 NSCLC	ASTRO/ESTRO 指南、Gomez 随机Ⅱ期、NRG-LU002 会议摘要[32-35]	严格筛选后选择性采用局部巩固治疗	现代系统治疗背景下的获益人群、病灶分布及全病灶局部治疗范围仍需界定
寡进展 NSCLC	CURB[37]	选择性/条件性局部治疗,以延长原系统治疗策略有效时间	最佳患者与病灶选择、获益持续时间及不同系统治疗背景下的适用性仍待验证
LS-SCLC 胸部放疗分割	INT0096、CONVERT、CALGB 30610、THORA、中国Ⅲ期[38-41,45-46]	45 Gy/30 次 BID 或 66 Gy/33 次 QD 为标准选择;强化方案需筛选	GTV 54 Gy/30 次 SIB、PTV 45 Gy/30 次 BID 在度伐利尤单抗时代的额外获益与长期毒性尚无直接证据
LS-SCLC 放疗与免疫整合	ADRIATIC、NRG-LU005[42-44]	cCRT 后度伐利尤单抗巩固为标准路径	最优免疫启动时机尚无直接比较证据,现有跨试验结果不能确定 cCRT 期间与 cCRT 后启动免疫治疗的相对优劣
ES-SCLC 整合性胸部放疗	CREST、TREASURE 随机Ⅱ期、LBA8005 随机Ⅲ期会议摘要[47-49]	现代一线化疗免疫背景下,不支持未经筛选患者常规整合胸部放疗	是否存在可获益亚群及其筛选标准仍待前瞻性验证
ES-SCLC 低剂量免疫调节放疗	MATCH[50-51]	研究性策略	需随机对照研究验证疗效,并进一步明确适用人群和联合策略
SCLC 脑管理	ASTRO 指南、日本随机Ⅲ期、NRG-CC003[52-54]	按分期、治疗应答和 MRI 条件选择 PCI;HA-PCI 可作为技术选择	现代系统治疗时代 PCI 与 MRI 监测的最优选择及长期神经认知结局仍需明确

注:表中第三、四列内容为作者基于现有指南、随机研究及其适用人群的述评性归纳,不等同于正式推荐分级。NSCLC,非小细胞肺癌;SCLC,小细胞肺癌;LS-SCLC,局限期小细胞肺癌;ES-SCLC,广泛期小细胞肺癌;SBRT,立体定向体部放疗;IMRT,调强放疗;cCRT,同步放化疗;sCRT,序贯放化疗;PORT,术后放疗;BID,每日 2 次;QD,每日 1 次;SIB,同步集成加量;GTV,大体肿瘤体积;PTV,计划靶体积;PCI,预防性脑照射;HA-PCI,海马保护预防性脑照射。

2 结语

近年来肺癌放疗的发展,已由单纯追求技术进步和剂量强化,逐步转向更准确的患者选择以及与系统治疗的合理整合。对于医学上不可手术的早期 NSCLC 和不可切除Ⅲ期 NSCLC,放疗的临床定位已相对明确;而 PORT、转移性 NSCLC 局部治疗及 ES-SCLC 胸部放疗的价值,更依赖疾病状态、系统治疗背景和治疗目的。现有随机研究提示,在部分临床场景中,剂量提高、局部控制改善或治疗时机前移并不必然转化为生存获益。未来肺癌放疗研究应进一步明确不同临床场景下的获益人群、介入时机、照射范围和剂量,并在现代系统治疗背景下评价放疗所能带来的增量获益。

【参考文献】

[1] Sung H, Filho A M, Laversanne M, *et al*. Global cancer statistics 2024: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 34 cancers in 186 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2026, 76(4): e70090. doi: 10.3322/caac.70090. PMID: 42417444.

[2] Salama J K, Mix M D, Faivre-Finn C, *et al*. The optimization of radiotherapy in lung cancer treatment: 20 years of progress[J]. J Thorac Oncol, 2026, 21(4): 103578. doi: 10.1016/j.jtho.2026.103578.

[3] Bradley J D, Paulus R, Komaki R, *et al*. Standard-dose versus high-dose conformal radiotherapy with concurrent and consolidation carboplatin plus paclitaxel with or without cetuximab for patients with stage IIIA or IIIB non-small-cell lung cancer (RTOG 0617): a randomised, two-by-two factorial phase 3 study[J]. Lancet Oncol, 2015, 16(2): 187-199.

[4] 中华医学会肿瘤学分会. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2025版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2025,47(9):769-810.

[5] Zer A, Ahn M J, Barlesi F, *et al*. Early and locally advanced non-small-cell lung cancer: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up[J]. Ann Oncol, 2025, 36(11): 1245-1262.

[6] Videtic G M M, Donington J, Giuliani M, *et al*. Stereotactic body radiation therapy for early-stage non-small cell lung cancer: executive Summary of an ASTRO Evidence-Based Guideline[J]. Pract Radiat Oncol, 2017, 7(5): 295-301.

[7] Timmerman R D, Hu C, Michalski J M, *et al*. Long-term results of stereotactic body radiation therapy in medically inoperable stage I non-small cell lung cancer[J]. JAMA Oncol, 2018, 4(9): 1287. doi: 10.1001/jamaoncol.2018.1258.

[8] Timmerman R. Stereotactic body radiation therapy for inoperable early stage lung cancer[J]. JAMA, 2010, 303(11): 1070. doi: 10.1001/jama.2010.261.

[9] Ball D, Mai G T, Vinod S, *et al*. Stereotactic ablative radiotherapy versus standard radiotherapy in stage 1 non-small-cell lung cancer (TROG 09.02 CHISEL): a phase 3, open-label, randomised controlled trial[J]. Lancet Oncol, 2019, 20(4): 494-503.

[10] Bezjak A, Paulus R, Gaspar L E, *et al*. Safety and efficacy of a five-fraction stereotactic body radiotherapy schedule for centrally located non-small-cell lung cancer: NRG oncology/RTOG 0813 trial[J]. J Clin Oncol, 2019, 37(15): 1316-1325.

[11] Lindberg K, Grozman V, Karlsson K, *et al*. The HILUS-trial-a prospective Nordic multicenter phase 2 study of ultracentral lung tumors treated with stereotactic body radiotherapy[J]. J Thorac Oncol, 2021, 16(7): 1200-1210.

[12] Swaminath A, Parpia S, Wierzbicki M, *et al*. Stereotactic vs hypofractionated radiotherapy for inoperable stage I non-small cell lung cancer: the LUSTRE phase 3 randomized clinical trial[J]. JAMA Oncol, 2024, 10(11): 1571-1575.

[13] Chang J Y, Senan S, Paul M A, *et al*. Stereotactic ablative radiotherapy versus lobectomy for operable stage I non-small-cell lung cancer: a pooled analysis of two randomised trials[J]. Lancet Oncol, 2015, 16(6): 630-637.

[14] Timmerman R D, Paulus R, Pass H I, *et al*. Stereotactic body radiation therapy for operable early-stage lung cancer: findings from the NRG oncology RTOG 0618 trial[J]. JAMA Oncol, 2018, 4(9): 1263-1266.

[15] Chun S G, Hu C, Choy H, *et al*. Impact of intensity-modulated radiation therapy technique for locally advanced non-small-cell lung cancer: a secondary analysis of the NRG oncology RTOG 0617 randomized clinical trial[J]. J Clin Oncol, 2017, 35(1): 56-62.

[16] Chun S G, Hu C, Komaki R U, *et al*. Long-term prospective outcomes of intensity modulated radiotherapy for locally advanced lung cancer: a secondary analysis of a randomized clinical trial[J]. JAMA Oncol, 2024, 10(8): 1111-1115.

[17] Antonia S J, Villegas A, Daniel D, *et al*. Durvalumab after chemoradiotherapy in stage III non-small-cell lung cancer[J]. N Engl J Med, 2017, 377(20): 1919-1929.

[18] Spigel D R, Faivre-Finn C, Gray J E, *et al*. Five-year survival outcomes from the PACIFIC trial: durvalumab after chemoradiotherapy in stage III non-small-cell lung cancer[J]. J Clin Oncol, 2022, 40(12): 1301-1311.

[19] Bradley J D, Sugawara S, Lee K H, *et al*. Simultaneous durvalumab and platinum-based chemoradiotherapy in unresectable stage III non - small cell lung cancer: the phase III PACIFIC-2 study[J]. J Clin Oncol, 2025, 43(33): 3610-3621.

[20] Lu S, Kato T, Dong X R, *et al*. Osimertinib after chemoradiotherapy in stage III EGFR-mutated NSCLC[J]. N Engl J Med, 2024, 391(7): 585-597.

[21] Daly M E, Singh N, Ismaila N, *et al*. Management of stage III non - small cell lung cancer: ASCO guideline rapid recommendation update[J]. JCO, 2024, 42(25): 3058-3060.

[22] Garassino M C, Khalifa J, Reck M, *et al*. Durvalumab after sequential chemoradiotherapy in unresectable stage III non-small-cell lung cancer-final analysis from the phase II PACIFIC-6 trial[J]. ESMO Open, 2025, 10(6): 105071. doi: 10.1016/j.esmoop.2025.105071. PMID: 40435873.

[23] Wu Y L, Wu L, Bi N, *et al*. PACIFIC-5: a phase III clinical trial of consolidation durvalumab in patients with unresectable stage III NSCLC and no progression after concurrent or sequential chemoradiotherapy[J]. J Hematol Oncol, 2025, 18(1): 111. doi: 10.1186/s13045-025-01768-1. PMID: 41354932.

[24] Filippi A R, García Campelo M R, Paoli J B, *et al*. Durvalumab after radiotherapy in patients with unresectable stage III non-small-cell lung cancer ineligible for chemotherapy: the DUART phase II nonrandomized controlled study[J]. ESMO Open, 2025, 10(9): 105560. doi: 10.1016/j.esmoop.2025.105560.

[25] Rimner A, Lebow E S, Fitzgerald K J, *et al*. Durvalumab with radiation therapy in patients with inoperable locally advanced non-small cell lung cancer ineligible for concurrent chemoradiotherapy (DART)[J]. J Clin Oncol, 2026: JCO2502517. doi: 10.1200/JCO-25-02517. PMID: 42462186.

[26] Wang L L, Liu Y, Zhao W, *et al*. Chinese expert consensus on radiotherapy combined with immunotherapy for unresectable lung cancer (2026 Edition)[J]. Cancer Lett, 2026, 657: 218719. doi: 10.1016/j.canlet.2026.218719. PMID: 42413815.

[27] Le Pechoux C, Pourel N, Barlesi F, *et al*. Postoperative radiotherapy versus no postoperative radiotherapy in patients with completely resected non-small-cell lung cancer and proven mediastinal N2 involvement (Lung ART, IFCT 0503): an open-label, randomised, phase 3 trial[J]. Lancet Oncol, 2022, 23(1): 104-114.

[28] Hui Z G, Men Y, Hu C, *et al*. Effect of postoperative radiotherapy for patients with pIIIA-N2 non-small cell lung cancer after complete resection and adjuvant chemotherapy: the phase 3 PORT-C randomized clinical trial[J]. JAMA Oncol, 2021, 7(8): 1178-1185.

[29] Ma Z L, Liu Y S, Bao Y X, *et al*. Impact of locoregional recurrence versus distant metastasis on overall survival in patients with Non-Small cell lung cancer after Surgery: a secondary analysis of PORT-C RCT[J]. Lung Cancer, 2025, 199: 108063. doi: 10.1016/j.lungcan.2024.108063.

[30] Liu Y S, Men Y, Yang X, *et al*. Postoperative radiotherapy improves disease-free survival of EGFR wild-type pN2 non-squamous-cell non-small-cell lung cancer (Nsq-NSCLC) patients after complete resection: a propensity score matching analysis[J].

Radiat Oncol, 2025, 20(1): 38. doi: 10.1186/s13014-025-02592-0. PMID: 40082994.

[31] Provencio M, Awad M M, Spicer J D, *et al*. Clinical outcomes with perioperative nivolumab by nodal status in patients with stage III resectable NSCLC: phase 3 CheckMate 77T exploratory analysis[J]. Nat Cancer, 2026, 7(1): 169-181.

[32] Iyengar P, All S, Berry M F, *et al*. Treatment of oligometastatic non-small cell lung cancer: an ASTRO/ESTRO clinical practice guideline[J]. Pract Radiat Oncol, 2023, 13(5): 393-412.

[33] Gomez D R, Blumenschein G R Jr, Lee J J, *et al*. Local consolidative therapy versus maintenance therapy or observation for patients with oligometastatic non-small-cell lung cancer without progression after first-line systemic therapy: a multicentre, randomised, controlled, phase 2 study[J]. Lancet Oncol, 2016, 17(12): 1672-1682.

[34] Gomez D R, Tang C, Zhang J J, *et al*. Local consolidative therapy vs. maintenance therapy or observation for patients with oligometastatic non - small-cell lung cancer: long-term results of a multi-institutional, phase II, randomized study[J]. JCO, 2019, 37(18): 1558-1565.

[35] Iyengar P, Hu C, Gomez D R, *et al*. NRG-LU002: randomized phase II/III trial of maintenance systemic therapy versus local consolidative therapy (LCT) plus maintenance systemic therapy for limited metastatic non-small cell lung cancer (NSCLC)[J]. JCO, 2024, 42(16_suppl): 8506. doi: 10.1200/jco.2024.42.16_suppl.8506.

[36] Zhou X J, Zhou L Y, Yao Z R, *et al*. Safety and tolerability of low-dose radiation and stereotactic body radiotherapy + sintilimab for treatment-Naïve stage IV PD-L1 + non-small cell lung cancer patients[J]. Clin Cancer Res, 2023, 29(20): 4098-4108.

[37] Tsai C J, Yang J T, Shaverdian N, *et al*. Standard-of-care systemic therapy with or without stereotactic body radiotherapy in patients with oligoprogressive breast cancer or non-small-cell lung cancer (Consolidative Use of Radiotherapy to Block [CURB] oligoprogression): an open-label, randomised, controlled, phase 2 study[J]. Lancet, 2024, 403(10422): 171-182.

[38] Turrisi A T 3rd, Kim K, Blum R, *et al*. Twice-daily compared with once-daily thoracic radiotherapy in limited small-cell lung cancer treated concurrently with cisplatin and etoposide[J]. N Engl J Med, 1999, 340(4): 265-271.

[39] Faivre-Finn C, Snee M, Ashcroft L, *et al*. Concurrent once-daily versus twice-daily chemoradiotherapy in patients with limited-stage small-cell lung cancer (CONVERT): an open-label, phase 3, randomised, superiority trial[J]. Lancet Oncol, 2017, 18(8): 1116-1125.

[40] Bogart J, Wang X F, Masters G, *et al*. High-dose once-daily thoracic radiotherapy in limited-stage small-cell lung cancer: CALGB 30610 (alliance)/RTOG 0538[J]. J Clin Oncol, 2023, 41(13): 2394-2402.

[41] Levy A, Le Péchoux C, Grønberg B, *et al*. ESTRO-EORTC expert guideline on target delineation and radiotherapy details for stage I-III small cell lung cancer[J]. Radiother Oncol, 2026, 219: 111516. doi: 10.1016/j.radonc.2026.111516. PMID: 41932500.

[42] Cheng Y, Spigel D R, Cho B C, *et al*. Durvalumab after chemoradiotherapy in limited-stage small-cell lung cancer[J]. N Engl J Med, 2024, 391(14): 1313-1327.

[43] Kalemkerian G P, Khurshid H, Ismaila N, *et al*. Systemic therapy for small cell lung cancer: ASCO guideline rapid recommendation update[J]. JCO, 2025, 43(1): 101-105.

[44] Higgins K A, Hu C, Ross H J, *et al*. Chemoradiation ± atezolizumab in limited-stage small cell lung cancer: results of NRG oncology/alliance LU005[J]. J Clin Oncol, 2026, 44(8): 630-640.

[45] Grønberg B H, Killingberg K T, Fløtten Ø, *et al*. High-dose versus standard-dose twice-daily thoracic radiotherapy in limited-stage SCLC: final survival data, long-term toxicity, and relapse patterns in a randomized, open-label, phase II trial[J]. J Thorac Oncol, 2025, 20(8): 1108-1119.

[46] Yu J Y, Jiang L L, Zhao L N, *et al*. High-dose hyperfractionated simultaneous integrated boost radiotherapy versus standard-dose radiotherapy for limited-stage small-cell lung cancer in China: a multicentre, open-label, randomised, phase 3 trial[J]. Lancet Respir Med, 2024, 12(10): 799-809.

[47] Slotman B J, van Tinteren H, Praag J O, *et al*. Use of thoracic radiotherapy for extensive stage small-cell lung cancer: a phase 3 randomised controlled trial[J]. Lancet, 2015, 385(9962): 36-42.

[48] Bozorgmehr F, Chung I, Behnisch R, *et al*. Consolidative thoracic radiotherapy with atezolizumab maintenance in extensive-stage small cell lung cancer: the phase 2 TREASURE randomized clinical trial (AIO-TRK-0320)[J]. JAMA Oncol, 2026: e262330. doi: 10.1001/jamaoncol.2026.2330. PMID: 42424047.

[49] Gronberg B H, Dumoulin D W, Oselin K, *et al*. Concurrent thoracic radiotherapy (TRT), platinum/etoposide chemotherapy, and durvalumab immunotherapy in extensive-stage (ES) small cell lung cancer (SCLC): a phase III trial[J]. J Clin Oncol, 2026, 44(17_suppl): LBA8005. doi: 10.1200/jco.2026.44.17_suppl.lba8005.

[50] Wang H, Yao Z R, Kang K, *et al*. Preclinical study and phase II trial of adapting low-dose radiotherapy to immunotherapy in small cell lung cancer[J]. Med, 2024, 5(10): 1237-1254.e9.

[51] Zhou L, Sun J G, Xie C H, *et al*. Low-dose radiation therapy concurrent with atezolizumab and chemotherapy as first-line treatment for extensive-stage small cell lung cancer: 3-year follow-up of a multicenter, single-arm, phase 2 trial (MATCH)[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2026, 124(1): 164-173.

[52] Simone C B 2nd, Bogart J A, Cabrera A R, *et al*. Radiation therapy for small cell lung cancer: an ASTRO clinical practice guideline[J]. Pract Radiat Oncol, 2020, 10(3): 158-173.

[53] Takahashi T, Yamanaka T, Seto T, *et al*. Prophylactic cranial irradiation versus observation in patients with extensive-disease small-cell lung cancer: a multicentre, randomised, open-label, phase 3 trial[J]. Lancet Oncol, 2017, 18(5): 663-671.

[54] Gondi V, Pugh S L, Mehta M P, *et al*. Hippocampal avoidance during prophylactic cranial irradiation for patients with small cell lung cancer: randomized phase II/III trial NRG-CC003[J]. J Clin Oncol, 2025, 43(32): 3516-3525.

(收稿日期:2026-06-17;编辑:张翰林)