

体部肿瘤立体定向放疗 (SBRT 或 SABR) 的临床应用现状

肖光莉

999078 澳门镜湖医院肿瘤科

DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.09.026

【摘要】 体部肿瘤的立体定向放疗 (SBRT) 因其疗效好,副作用低,在临床上的应用越来越广泛。根据肿瘤特征、位置和大小,采用不同的放疗分割模式,但最佳分隔模式和 OAR 的剂量限制仍不清楚,需要进一步研究和观察长期的不良反应。

【关键词】 体部肿瘤/放射疗法; 放射疗法,立体定向; 临床现状

Current status of clinical application of stereotactic body radiation therapy Xiao Guangli

Department of Oncology, Kiang Wu Hospital in Macao, Macau 999078, China

【Abstract】 Stereotactic body radiation therapy has become more and more popular in clinical practice due to its satisfactory efficacy and relatively low incidence of side effects. Different fractionation schemes are adopted based on the characteristics, location, and size of tumor. However, the optimal fractionation scheme and dose limits for organs at risk are still not clear. Therefore, further studies and observation of long-term adverse reactions are required.

【Key words】 Body neoplasms/radioterapy; Radiotherapy, stereotactic; Clinical status

SBRT 或称 SABR 是利用现代放疗的高精准放疗技术,采用立体定向的靶区定位方法,用较小照射野、少照射次数,给予每次大剂量放疗。

一、SBRT 或 SABR 的生物基础与临床保证

它是一个新的生物学概念,其放疗增大效应可能是多因素所致,作用机制主要是电离辐射对肿瘤微环境影响:(1)诱导产生肿瘤坏死因子(TNF- α)、肿瘤坏死因子相关凋亡诱导配体(TRAIL)、前列腺凋亡反应基因-4(PAR-4)和神经酰胺,引起瘤旁效应和远隔抗肿瘤效应;(2)活化酸性鞘磷脂酶(ASMase)和产生神经酰胺,诱导血管内皮细胞凋亡,将肿瘤细胞和肿瘤干细胞潜在致死性损伤转化成致死性损伤,增强异质克隆细胞群体的放疗反应;(3)射线诱导物理和免疫屏障破坏,刺激增强肿瘤抗原递呈的宿主免疫识别,逆转宿主 T 细胞介导的抗肿瘤免疫反应,从而消灭局部和远处肿瘤。另外,高剂量大分割放疗克服乏氧细胞的放射抗拒或诱导削弱乏氧的特殊机制^[1]。由于治疗总时间缩短,减少放疗期间肿瘤的再增值,提高肿瘤放疗生物学效应。

实施 SBRT 必须有高精度的放疗技术和有经验的技术团队,包括利用 CT、IMR 和 PET-CT 图像融合,准确勾画肿瘤范围和周围 OAR,缩小照射野不确定区边界外放。先进的计划设计软件做精确的剂量计算,使肿瘤与相邻正常组织剂量梯度变化大,保证高剂量放疗紧贴肿瘤。采用可靠的体部固定,配合影像引导的精确定位,保证毫米的放疗摆位误差。控制体部和器官移动,呼吸运动>1 cm 时,需采用屏息、呼吸门控或腹部加压方法,减少呼吸运动的影响。

二、临床应用现状

近年来,SBRT 的临床应用迅速发展,治疗范围不断扩大,包括肺癌、肝癌、前列腺癌、胰腺癌、肾癌、转移瘤和妇科肿瘤等。

1. 肺癌及胸部肿瘤

早期 NSCLC 的标准治疗是手术,但有 1/3 的病例因医学原因而不能手术。SBRT 治疗早期肺癌具有明显优势,LC 达 90% 以上^[2-3]。SBRT 治疗关键是肿瘤控制和正常组织保护或耐受性两方面的平衡。肺癌 BED₁₀ \geq 100 Gy 能获得更好 LC。肺癌采用 54 Gy 分 3 次,对于高风险病例(如大肿瘤、中央型病变、肿瘤靠近肋骨或胸膜,或肺功能差等),需要调剂风险,做个体化剂量分割模式,放疗 50~60 Gy 分 4~5 次,甚至 60~70 Gy 分 8~10 次^[4-5]。Chang 等^[3]对肿瘤位于气管和支气管树 2 cm 之内的高剂量放疗“禁飞区”进行研究,包括 81 例 T₁₋₂N₀M₀ 期中央型肺癌和 19 例手术后肺内复发灶(肿瘤<6 cm),采用 IGRT 技术放疗 50 Gy 分 4 次,或 70 Gy 分 10 次;3 年 LC 率 96.5%,5 年 OS、PFS 率分别为 49.5% 和 63.6%;常见不良不良反应为胸壁痛 1 级 18%、2 级 13%,2-3 级臂丛神经损伤 4%(全部为 50 Gy 治疗组,臂丛神经 D_{max} 35 Gy 或 V_{30%} = 0.2 cm³);RP 2 级 11%、3 级 1%,全肺 D_{mean} > 6 Gy、V₂₀ > 12%,同侧肺 V₃₀ > 15% 是预测 RP 因素;合并 COPD 与 2、3 级 RP 相关,支气管树 D_{max} > 38 Gy 时,2、3 级 RP 发生率几乎高出 2 倍。对其他高危因素,包括严重合并疾病(如 COPD),肺手术或放疗后肺癌,SBRT 的疗效和生存不受影响^[6-8]。Ishihara 等^[9]报道年龄 > 80 岁肺癌用 SBRT 治疗,50

Gy 分 5 次 5~8 d 完成, 2 年 OS、CSS 和 LC 率分别为 66.6%、79.6%、90.0%, 1 例 3 级 RP, 3 例肋骨骨折, 无其他严重不良反应。

SBRT 是否能替代手术治疗? Onishi 等^[2] 回顾性分析 87 例可手术切除的 I 期 NSCLC, 因拒绝手术而采用 SBRT, 放疗 75 Gy 分 10 次或 48 Gy 分 4 次, 5 年 PFS 和 OS 率为 86.7% 和 69.5%, I_A、I_B 期 5 年 PFS 和 OS 率分别为 92%、73% 和 72%、62%, 3 级不良反应 9.2%。Crabtree 等^[10] 的研究显示, 手术与 SBRT 的 3 年 LR、PFS 和 OS 均无差别, SBRT 无治疗相关死亡, 手术死亡率 3.2%。Zhang 等^[11] 对 864 例早期肺癌的倾向配对分析, 虽然手术 3 年 OS 较好, 但手术与放疗的肿瘤相关死亡无差别。Grills 等^[12] 报道与楔形切除术比较, SBRT 减少 LR (4% : 20%, $P=0.07$)。最近, Chang 等^[13] 汇总分析 2 个 III 期随机研究, SBRT 和手术的 3 年 OS 和 LRFS 分别为 95% : 79% ($P=0.037$) 和 86% : 80% ($P=0.540$); SBRT 组 3 级不良反应 10%, 包括胸壁痛 10%, 呼吸困难或咳嗽 6%, 乏力和肋骨骨折 3%, 无 4、5 级不良反应; 手术组 1 例 (4%) 并发症死亡, 3—4 级治疗不良反应为 44% (其中 3、4 级呼吸困难分别为 15%、4%, 3 级胸痛 15%, 3 级肺部感染 7%), 结论是 SABR 耐受性好, 可减少因手术造成肺功能下降风险。

对于肺寡转移瘤, SBRT 同样有好疗效。Baschnagel 等^[14] 报道 32 例转移瘤, 1~3 个病灶, 肿瘤 ≤ 5 cm, 中位数 60 Gy 分 4 次, 中位生存时间 40 个月, 2、3 年 LC 率为 92%、85%; 3 级不良反应 5 例, 无 4—5 级不良反应。Rochester 大学治疗肺转移瘤, 包括转移性肉瘤, 3 年 LC 83%, 3 级不良反应 0~2%, 无 4-5 级不良反应^[15-16]。

2. 肝肿瘤

早期肝癌采用手术、肝移植和射频治疗可治愈, 5 年 OS 为 50%~70%^[17]。但只有 1/3 患者适合做根治性治疗。SBRT 治疗肝肿瘤安全、有效, 不良反应低。Yoon 等^[18] 报道 93 例小肝癌 (肿瘤 ≤ 6 cm), 放疗 30~60 Gy 分 3~4 次, 3 年 LRFS 为 92.1%, OS 为 53.8%。Kwon 等^[19] 报道 42 例不能手术或射频治疗的小肝癌, 肿瘤完全消退 59.6%, 部分反应 26.2%, 1、3 年 OS 和照射野内 PFS 分别为 92.9%、58.6% 和 72.0%、67.5%。SBRT 是否比射频消融治疗更有效、不良反应更低? 目前无对照研究。

具有潜在肝移植的病例, 在等待肝移植期间, SBRT 使肿瘤缩小或稳定, 是一个重要的过渡治疗手段。Katz 等^[20] 报道 18 例肝癌, 21 个病灶, 放疗后 1 例大部分肝切除, 11 例肝移植。所有手术病例全部生存, 中位时间 19.6 个月。O'Connor 等^[21] 报道 10 例肝移植之前做 SBRT, 放疗 51 Gy (33~54) 分 3 次, 术后 pCR 为 27%, 5 年 DFS 和 OS 均为 100%。对于中晚期肝癌, 单独 SBRT 或结合其他方法, 可获得好的姑息效果。TACE 治疗肝癌的肿瘤反应率约 38%, 增加 SBRT 可提高 LC。Kang 等^[22] 的 II 期临床研究显示, 47 例 TACE 后未完全消退者 5 例伴门静脉瘤栓, 放疗 57 (42~60) Gy 分 3 次, 2 年 LC 为 94.6%, OS 为 68.7%。

肝转移瘤或静脉瘤栓的 SBRT 同样效果好。日本 7 家机构研究 130 例肝肿瘤^[23], 包括肝细胞癌 79 例, 转移癌 51 例, 先做 TACE, 再做 SBRT, 肝癌 BED₁₀ = 96.3 Gy, 转移癌 BED₁₀ = 105.6 Gy, 2 年 LC 分别为 (74.8±6.3)% 和 (64.2±9.5)%。Xi 等^[24] 治疗 33 例门静脉瘤栓和 8 例下腔静脉瘤栓, CR 为 36.6%, PR+SD 为 56.1%, 1 年 OS 为 50.3%, 中位生存时间 13 个月。

预后影响因素主要是肿瘤大小和放疗剂量。肿瘤 ≤ 2.0、2.1~3.0、>3.0 cm 的 3 年 LC 分别为 100%、93.3%、76.3%^[18]。Rusthoven 等^[25] 同样发现肿瘤 > 3 cm 时 2 年 LC 差 (77% : 100%)。肿瘤体积 < 32 cm³, LC 和 OS 更好^[19]。放疗剂量与 LC 和 OS 呈正相关^[26], 肿瘤 ≤ 5 cm 时放疗 51.1 Gy 分 3 次, 2 年 LC 达 90%, 肿瘤 > 5 cm 时剂量提高至 61.2 Gy 分 3 次, 可达到同样疗效。Chang 等^[27] 指出 BED > 100 Gy, GTV 和 PTV 大小是影响 LC 的重要因素。Boda-Heggemann 等^[28] 认为 BED > 78 Gy 时可改善 LC, 尤其是当 PTV < 67 cm³ 时 LR 为 0。

肝 SBRT 最常见不良反应是胃肠道和短暂性肝功能损伤, ≥ 3 级不良反应 0~10.6%^[18,21-22,24,28], 个别肝衰竭死亡^[19]。Son 等^[29] 建议肝细胞癌放疗 36 Gy (30~39 Gy) 分 3 次时, 正常肝体积 ≥ 800 cm³ 的剂量限制 < 18 Gy。原发性肝癌比转移瘤的放射耐受性差。肝功能差、胆道内支架, 靶区邻近中央肝胆管或肿瘤与 OAR 的距离 ≤ 5 mm, 合并其他治疗, 都可增加放疗不良反应风险^[25,29], 需要适当降低单次剂量。

3. 前列腺癌

前列腺癌独特的低 α/β 值, 单次高剂量 SBRT 的治疗增益大。许多研究显示, 前列腺癌 SBRT 的 5 年 BFF > 90%。King 等^[30] 报道 1 100 例病例的汇总分析, 中位剂量 36.25 (35~40) Gy 分 4~5 次, 全组 5 年 BFFs 为 93%, 低、中、高危病例分别为 95%、84%、81%, 没有发现剂量与疗效相关。Katz 等^[31] 477 例回顾分析中低、中危病例 7 年 BFF 为 95.6%、89.6%, 低-中危病例放疗 35 Gy 分 5 次与 36.25 Gy 分 5 次疗效相同。对高危病例, 适当增加剂量可能更好^[32]。

Boike 等^[33] 采用直肠充气气球, 膀胱充盈方法, 放疗剂量从 45 Gy 分 5 次递增到 50 Gy 分 5 次, 45 Gy 的疗效与不良反应同其他报道, 未发现 DLT。前列腺肿瘤增殖慢, 隔日治疗可减少肠和尿道晚期不良反应^[34-35]。VMAT 除了因治疗时间短, 减少治疗过程中膀胱和直肠对靶区变形影响, 避免漏照以外, 其剂量分布更均匀, 可避免剂量热点落在前列腺中央的尿道, 减少不良反应^[36]。

前列腺癌患者生存期长, 放疗后遗症及生存质量对患者至关重要。SBRT 的急、慢性不良反应少, 晚期 2 级泌尿生殖系统和胃肠道不良反应分别为 5%~31% 和 1%~8%, 无 ≥ 3 级胃肠道不良反应, 严重泌尿生殖系统不良反应 < 4%^[37]。EPIC 生存质量评估显示, 放疗后 3 个月患者出现不同程度肠和尿道症状困扰, 几乎均在 6~12 个月内恢复正常, 性功能保留率 67%~83%^[32,38-40]。疗前基础评分低者影响疗后

评估分数^[39]。

SBRT 与其他治疗方法比较,具有无创、治疗时间短和不良反应少的优势。对比外照射+近距离治疗的生存质量评分,SBRT 的各项评估获得明显高分,性功能保留率为 86%:63%,出现严重性功能障碍为 11%:42%,原因可能是组织间插植造成暂时性创伤有关^[1]。同样,SBRT 比常规分割放疗的不良反应低^[33,37]。比较 IMRT 和近距离治疗,SBRT 的 2 年肠道和性功能影响最小,近距离治疗的尿道梗阻更明显^[2]。手术后长期尿道和性功能的生存质量评分也低于 SBRT^[38]。

4. 脊椎转移瘤

椎体转移是常见的转移部位之一,与常规放疗相比,SBRT 获得更高的症状缓解率和长期 LC。

Anand 等^[43]采用 VMAT+影像引导放疗技术,受累椎体放疗 24~27 Gy 分 1~3 次(中位数 24 Gy 分 3 次),未受累部分剂量 21 Gy 分 3 次,脊髓外受压的脊髓剂量 17.36 Gy,脊髓外未受累的脊髓剂量为 15.71 Gy,1 年 LC、OS 分别为 94%、68%,脊髓外受压者疼痛 CR 率 90%,无脊髓外受压者为 94%,神经症状改善 60%,患者耐受好,无晚期不良反应。Garg 等^[44]的 I、II 期临床研究对 61 例 63 个非颈段脊椎转移瘤单次放疗 16~24 Gy,18 个月 LC 率为 88%,中位生存 30 个月,疗效与病理类型和放疗剂量无关,2 例(3.3%)出现 ≥3 级放射性脊髓病。Gerszten 等^[45]的 500 例临床研究显示,长期疼痛缓解 86%,首程治疗的 LC 为 90%,复发肿瘤的 LC 为 88%,神经症状改善 84%;乳腺癌、肺癌的 LC 为 100%,肾癌的 LC 为 87%,黑色素瘤的 LC 为 75%。Hall 等^[46]报道了 1 388 例 1 775 个病灶的汇总分析,其中 64%为二程放疗,中位随访时间 15 个月,疼痛缓解为 79%,LC 为 90%,放射性脊髓病为 0.4%。

比较单次照射和多次照射,前者 1 年疼痛控制率高(100%:88%),但后者 1 年 OS,2 年 LC 更好(63%:46%,96%:70%),二程放疗少(1%:13%);两者神经症状改善和不良反应相似(71%:79%和 4.6%:5.9%),前者 1 例 3 级不良反应(0.5%),后者为 0^[47]。

SBRT 最佳分割模式不清楚,通常为 15~24 Gy1 次或 20~35 Gy 分 3~5 次。虽然 SBRT 不良反应低,但症状严重,需特别注意脊髓限制剂量。Lee 等^[48]认为当脊髓单次剂量 <6 Gy 时,用 BED 计算脊髓限制量是合适的。Ryu 等^[49]建议单次放疗的限量,靶区上下 6 mm 区脊髓 $D_{10}<10$ Gy。Garg 等^[44]提议脊髓限制剂量 $D_{\max}<12$ Gy。Sahgal 等^[50]推荐二程 SBRT 间隔时间至少 >5 个月,脊髓限量按 $\alpha/\beta=2$ Gy,以单次 2 Gy 的标准化 BED 计算,硬膜囊最大点剂量 ($P_{\max}nBED_{2/2}$) 为 20~25 Gy;两次放疗脊髓限量总的 $P_{\max}nBED_{2/2}<70$ Gy,第 2 次 SBRT 的 $P_{\max}nBED_{2/2}$ 不超过总 $P_{\max}nBED$ 的 50% 是安全的,但颈段脊髓治疗要特别慎重。

三、小结

大量临床数据证明,SBRT 的疗效肯定,治疗时间短,方便患者,节约成本,是一个很有希望的治疗选择。今后,需进

一步探讨 SBRT 的详细生物学机制,做大样本的临床对照研究,明确治疗选择标准?最佳放疗分割模式?正常组织限量?并观察长期的放疗不良反应。

参 考 文 献

- [1] Chang JY, De Ruyscher D. Individualized hypo/hyperfractionated radiotherapy for non-small cell lung cancer [J]. J Thorac Dis, 2014, 6(4): 285-286. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2013.12.47.
- [2] Onishi H, Shirato H, Nagata Y, et al. Stereotactic body radiotherapy (SBRT) for operable stage I non-small-cell lung cancer; can SBRT be comparable to surgery [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 81(5): 1352-1358. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2009.07.1751.
- [3] Chang JY, Li QQ, Xu QY, et al. Stereotactic ablative radiation therapy for centrally located early stage or isolated parenchymal recurrences of non-small cell lung cancer; how to fly in a "no fly zone" [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2014, 88(5): 1120-1128. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2014.01.022.
- [4] Taremi M, Hope A, Dahele M, et al. Stereotactic body radiotherapy for medically inoperable lung cancer: prospective, single-center study of 108 consecutive patients [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 82(2): 967-973. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2010.12.039.
- [5] Nuytens JJ, van der Voort van Zyp NC, Praag J, et al. Outcome of four-dimensional stereotactic radiotherapy for centrally located lung tumors [J]. Radiother Oncol, 2012, 102(3): 383-387. DOI: 10.1016/j.radonc.2011.12.023.
- [6] Stanic S, Paulus R, Timmerman RD, et al. No clinically significant changes in pulmonary function following stereotactic body radiation therapy for early-stage peripheral non-small cell lung cancer: an analysis of RTOG 0236 [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2014, 88(5): 1092-1099. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2013.12.050.
- [7] Henderson M, McGarry R, Yiannoutsos C, et al. Baseline pulmonary function as a predictor for survival and decline in pulmonary function over time in patients undergoing stereotactic body radiotherapy for the treatment of stage I non-small-cell lung cancer [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 72(2): 404-409. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2007.12.051.
- [8] Haasbeek CJA, Lagerwaard FJ, de Jaeger K, et al. Outcomes of stereotactic radiotherapy for a new clinical stage I lung cancer arising postpneumonectomy [J]. Cancer, 2009, 115(3): 587-594. DOI: 10.1002/encr.24068.
- [9] Ishihara T, Yamada K, Tanahashi H, et al. Stereotactic body radiation therapy for lung cancer in octogenarians [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 84(3S): S550-S551. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2012.07.1468.
- [10] Crabtree TD, Denlinger CE, Meyers BF, et al. Stereotactic body radiation therapy versus surgical resection for stage I non-small cell lung cancer [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2010, 140(2): 377-386. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.12.054.
- [11] Zhang BL, Zhu FP, Ma XL, et al. Matched-pair comparisons of stereotactic body radiotherapy (SBRT) versus surgery for the treatment of early stage non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. Radiother Oncol, 2014, 112(2): 250-255. DOI: 10.1016/j.radonc.2014.08.031.
- [12] Grills IS, Mangona VS, Welsh R, et al. Outcomes after stereotactic lung radiotherapy or wedge resection for stage I non-small-cell lung cancer [J]. J Clin Oncol, 2010, 28(6): 928-935. DOI: 10.1200/JCO.2009.25.0928.
- [13] Chang JY, Senan S, Paul MA, 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. DOI: 10.1016/S1470-2045(15)70168-3.
- [14] Baschnagel AM, Mangona VS, Robertson JM, et al. Lung

- metastases treated with image-guided stereotactic body radiation therapy [J]. *Clin Oncol*, 2013, 25 (4) : 236-241. DOI: 10.1016/j.clon.2012.12.005.
- [15] Okunieff P, Petersen AL, Philip A, et al. Stereotactic body radiation therapy (SBRT) for lung metastases [J]. *Acta Oncol*, 2006, 45(7) : 808-817. DOI: 10.1080/02841860600908954.
- [16] Dhakal S, Corbin KS, Milano MT, et al. Stereotactic body radiotherapy for pulmonary metastases from soft-tissue sarcomas; excellent local lesion control and improved patient survival [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 82(2) : 940-945. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2010.11.052.
- [17] Tremosini S, Reig M, de Lope CR, et al. Treatment of early hepatocellular carcinoma; towards personalized therapy [J]. *Dig Liver Dis*, 2010, 42 (S3) : S242-S248. DOI: 10.1016/S1590-8658(10)60512-9.
- [18] Yoon SM, Lim YS, Park MJ, et al. Stereotactic body radiation therapy as an alternative treatment for small hepatocellular carcinoma [J]. *PLoS One*, 2013, 8 (11) : e79854. DOI: 10.1371/journal.pone.0079854.
- [19] Kwon JH, Bae SH, Kim JY, et al. Long-term effect of stereotactic body radiation therapy for primary hepatocellular carcinoma ineligible for local ablation therapy or surgical resection. Stereotactic radiotherapy for liver cancer [J]. *BMC Cancer*, 2010, 10(1) : 475. DOI: 10.1186/1471-2407-10-475.
- [20] Katz AW, Chawla S, Qu ZH, et al. Stereotactic hypofractionated radiation therapy as a bridge to transplantation for hepatocellular carcinoma; clinical outcome and pathologic correlation [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 83 (3) : 895-900. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2011.08.032.
- [21] O'Connor JK, Trotter J, Davis GL, et al. Long-term outcomes of stereotactic body radiation therapy in the treatment of hepatocellular cancer as a bridge to transplantation [J]. *Liver Transpl*, 2012, 18(8) : 949-954. DOI: 10.1002/lt.23439.
- [22] Kang JK, Kim MS, Cho CK, et al. Stereotactic body radiation therapy for inoperable hepatocellular carcinoma as a local salvage treatment after incomplete transarterial chemoembolization [J]. *Cancer*, 2012, 118(21) : 5424-5431. DOI: 10.1002/encr.27533.
- [23] Yamashita H, Onishi H, Matsumoto Y, et al. Local effect of stereotactic body radiotherapy for primary and metastatic liver tumors in 130 Japanese patients [J]. *Radiat Oncol*, 2014, 9(1) : 112. DOI: 10.1186/1748-717X-9-112.
- [24] Xi M, Zhang L, Zhao L, et al. Effectiveness of stereotactic body radiotherapy for hepatocellular carcinoma with portal vein and/or inferior vena cava tumor thrombosis [J]. *PLoS One*, 2013, 8(5) : e63864. DOI: 10.1371/journal.pone.0063864.
- [25] Rusthoven KE, Kavanagh BD, Cardenes H, et al. Multi-institutional phase I/II trial of stereotactic body radiation therapy for liver metastases [J]. *J Clin Oncol*, 2009, 27(10) : 1572-1578. DOI: 10.1200/JCO.2008.19.6329.
- [26] Jang WI, Kim MS, Bae SH, et al. High-dose stereotactic body radiotherapy correlates increased local control and overall survival in patients with inoperable hepatocellular carcinoma [J]. *Radiat Oncol*, 2013, 8(1) : 250. DOI: 10.1186/1748-717X-8-250.
- [27] Chang DT, Shaffer J, Pollom E, et al. Pooled analysis of liver stereotactic body radiation therapy for hepatocellular carcinoma; results from a multi-institution study [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2014, 90(1S) : S376. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2014.05.1211.
- [28] Boda-Heggemann J, Dinter D, Weiss C, et al. Hypofractionated image-guided breath-hold SABR (Stereotactic Ablative Body Radiotherapy) of liver metastases-clinical results [J]. *Radiat Oncol*, 2012, 7(1) : 92. DOI: 10.1186/1748-717X-7-92.
- [29] Son SH, Choi BO, Ryu MR, et al. Stereotactic body radiotherapy for patients with unresectable primary hepatocellular carcinoma; dose-volumetric parameters predicting the hepatic complication [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 78(4) : 1073-1080. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2009.09.009.
- [30] King CR, Freeman D, Kaplan I, et al. Stereotactic body radiotherapy for localized prostate cancer; pooled analysis from a multi-institutional consortium of prospective phase II trials [J]. *Radiat Oncol*, 2013, 109(2) : 217-221. DOI: 10.1016/j.radonc.2013.08.030.
- [31] Katz AJ, Kang J. Stereotactic body radiotherapy as treatment for organ confined low-and intermediate-risk prostate carcinoma, a 7-year study [J]. *Front Oncol*, 2014, 4: 240. DOI: 10.3389/fonc.2014.00240.
- [32] Oliari C, Lanciano R, Sprandio B, et al. Stereotactic body radiation therapy for the primary treatment of localized prostate cancer [J]. *J Radiat Oncol*, 2013, 2(1) : 63-70. DOI: 10.1007/s13566-012-0067-2.
- [33] Boike TP, Lotan Y, Cho LC, et al. Phase I dose-escalation study of stereotactic body radiation therapy for low-and intermediate-risk prostate cancer [J]. *J Clin Oncol*, 2011, 29(15) : 2020-2026. DOI: 10.1200/JCO.2010.31.4377.
- [34] King CR, Brooks JD, Gill H, et al. Long-term outcomes from a prospective trial of stereotactic body radiotherapy for low-risk prostate cancer [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 82(2) : 877-882. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2010.11.054.
- [35] Arcangeli S, Scorsetti M, Alongi F. Will SBRT replace conventional radiotherapy in patients with low-intermediate risk prostate cancer? A review [J]. *Crit Rev Oncol Hematol*, 2012, 84(1) : 101-108. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2011.11.009.
- [36] MacDougall ND, Dean C, Muirhead R. Stereotactic body radiotherapy in prostate cancer; is rapidarc a better solution than Cyberknife? [J]. *Clin Oncol*, 2014, 26(1) : 4-9. DOI: 10.1016/j.clon.2013.08.008.
- [37] Henderson DR, Tree AC, van As NJ. Stereotactic body radiotherapy for prostate cancer [J]. *Clin Oncol*, 2015, 27(5) : 270-279. DOI: 10.1016/j.clon.2015.01.011.
- [38] Katz A, Ferrer M, Suárez JF, et al. Comparison of quality of life after stereotactic body radiotherapy and surgery for early-stage prostate cancer [J]. *Radiat Oncol*, 2012, 7(1) : 194. DOI: 10.1186/1748-717X-7-194.
- [39] King CR, Collins S, Fuller D, et al. Health-related quality of life after stereotactic body radiation therapy for localized prostate cancer; results from a multi-institutional consortium of prospective trials [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2013, 87(5) : 939-945. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2013.08.019.
- [40] Katz AJ, Kang J. Quality of life and toxicity after SBRT for organ-confined prostate cancer, a 7-year study [J]. *Front Oncol*, 2014, 4: 301. DOI: 10.3389/fonc.2014.00301.
- [41] Helou J, Morton G, Zhang L, et al. Stereotactic radiation therapy versus external beam+ high-dose-rate brachytherapy boost in the treatment of localized prostate cancer; a quality of life analysis [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2014, 90(1 Suppl) : S415-S416. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2014.05.1319.
- [42] Evans JR, Zhao S, Daignault-Newton S, et al. Comparative effectiveness analysis of patient-reported quality of life (QOL) after stereotactic body radiation therapy as compared to intensity modulated radiation therapy or low-dose-rate brachytherapy up to 2 years after treatment [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2014, 90(1S) : S409. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2014.05.1300.
- [43] Anand AK, Venkadamani G, Punnakal AU, et al. Hypofractionated stereotactic body radiotherapy in spinal metastasis-with or without epidural extension [J]. *Clin Oncol*, 2015, 27(6) : 345-352. DOI: 10.1016/j.clon.2015.01.035.
- [44] Garg AK, Shiu AS, Yang J, et al. Phase 1/2 trial of single-session stereotactic body radiotherapy for previously unirradiated spinal metastases [J]. *Cancer*, 2012, 118(20) : 5069-5077. DOI: 10.1002/encr.27530.
- [45] Gerszten PC, Burton SA, Ozhasoglu C, et al. Radiosurgery for

spinal metastases; clinical experience in 500 cases from a single institution [J]. Spine, 2007, 32 (2): 193-199. DOI: 10.1097/01.brs.0000251863.76595.a2.

- [46] Hall WA, Stapleford LJ, Hadjipanayis CG, et al. Stereotactic body radiosurgery for spinal metastatic disease; an evidence-based review [J]. Int J Surg Oncol, 2011, 2011; 979214. DOI: 10.1155/2011/979214.
- [47] Heron DE, Rajagopalan MS, Stone B, et al. Single-session and multisession cyberknife radiosurgery for spine metastases—university of pittsburgh and georgetown university experience [J]. J Neurosurg Spine, 2012, 17(1): 11-18. DOI: 10.3171/2012.4.SPINE11902.
- [48] Lee SH, Lee KC, Choi J, et al. Clinical applicability of biologically

effective dose calculation for spinal cord in fractionated spine stereotactic body radiation therapy [J]. Radiol Oncol, 2015, 49 (2): 185-191. DOI: 10.1515/raon-2015-0008.

- [49] Ryu S, Jin JY, Jin R, et al. Partial volume tolerance of the spinal cord and complications of single-dose radiosurgery [J]. Cancer, 2007, 109(3): 628-636. DOI: 10.1002/encr.22442.
- [50] Sahgal A, Ma LJ, Weinberg V, et al. Reirradiation human spinal cord tolerance for stereotactic body radiotherapy [J]. Int J Rad Oncol Biol Phys, 2012, 82(1): 107-116. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2010.08.021.

(收稿日期: 2015-07-03)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本期英文缩略语的英文全名及汉语翻译

- APBI = accelerated partial breast irradiation = 加速部分乳腺照射; ART = adaptive radiotherapy = 自适应放疗。

BED = biologically effective dose = 生物等效剂量; BFF = biochemical failure-free = 无生化失败; BFFS = biochemical failure-free survival = 无生化失败生存; BTPS = brachytherapy treatment planning system = 近距离治疗计划系统。

95% CI = confidence interval = 95% 可信区间; COPD = chronic obstructive pulmonary disease = 慢性阻塞性肺疾病; CR = complete response = 完全缓解; CRN = cerebral radiation necrosis = 脑放射性坏死; CSS = cancer-specific survival = 癌症特异生存; CTV = clinical target volume = 临床靶体积。

DFS = disease-free survival = 无瘤生存; D_{max} 、 D_{mean} 、 D_{min} 、 $D_{x\text{ cm}^3}$ 分别为最大剂量、平均剂量、最小剂量、 $x\text{ cm}^3$ 剂量; DLT = dose limiting toxicity 剂量限制毒性; DM = distant metastasis = 远处转移; DMFS = distant metastasis-free survival = 无远处转移生存; DVH = dose volume histogram = 剂量体积直方图; DWMRI = diffusion-weighted MRI = 弥散加权磁共振成像。

EB-PBI = external-beam partial breast irradiation = 部分乳腺外照射; EE = end-exhalation = 呼气末; EI = end-inhalation = 吸气末; EI = external index = 靶区外体积指数; EMR = endoscopic mucosal resection = 内镜下黏膜切除术; EPID = electronic portal imaging device = 电子射野影像装置; EUS = endoscopic ultrasonography = 超声内镜。

GTV = gross tumor volume = 大体肿瘤体积; GTV_{nd} = $GTV-N$ = nodal GTV = 转移淋巴结 GTV。

HDR = high dose rate = 高剂量率; HR-CTV = high risk-clinical target volume = 高危临床靶体积。

IC-IS = intracavity-interstitial = 腔内联合组织间插植; IGBT = image guided brachytherapy; IGTV = internal gross tumor volume = 大体肿瘤体积; IR-CTV = intermediate risk-clinical target volume = 中危临床靶体积; ISOO = international society of oral oncology = 国际口腔肿瘤学会。

KPS = Karnofsky performance status = 行为状态评分; KV =

kilovolt = 千伏特。

LC = local control = 局部控制; LFFS = local failure-free survival = 局部无失败生存; LR = local recurrence = 局部复发; LRFS = local recurrence-free survival = 无局部复发生存。

MASCC = multinational association of supportive care in cancer = 癌症支持疗法多国协会; MLC = multi-leaf collimator = 多叶准直器; mPD = minimum peripheral dose = 最小边缘剂量。

NSCLC = non-small cell lung cancer = 非小细胞肺癌。

OAR = organs at risk = 危及器官或组织; OS = overall survival = 总生存。

pCR = pathology complete response = 病理完全缓解; PDI = poly dispersion index = 聚合物分散指数; PDT = photodynamic therapy = 光动力治疗; PFS = progression-free survival = 无进展生存; PGTV = planning gross tumor volume = 计划大体肿瘤体积; POI = points of interest = 感兴趣点; PR = partial response = 部分缓解; PTV = planning target volume = 计划靶体积。

RG = radiation gastroenteritis = 放射性胃肠炎; ROI = region of interest = 感兴趣区; RP = radiation pneumonitis = 放射性肺炎; ROS = reactive oxygen species = 活性氧自由基; RPM = real-time position management = 实时位置管理。

SABR = stereotactic ablative body radiotherapy = 体部立体定向消融放疗; SBRT = stereotactic body radiation therapy = 立体定向放疗; SD = stable disease = 病情稳定; SEER = surveillance epidemiology and end results database = 监测流行病学和最终结果数据库; SRT = stereotactic radiation therapy = 立体定向放疗; STS = soft tissue sarcoma = 软组织肉瘤。

TACE = transcatheter arterial chemoembolization = 肝动脉插管化疗栓塞; TPS = treatment planning system = 治疗计划系统。

VMAT = volumetric modulated arc therapy = 容积调强弧形治疗; V_x = 正常组织接受 $x\text{ Gy}$ 照射体积占总体积百分比; $V_{x\%} = x\%$ 处方剂量覆盖体积。