

脑转移瘤手术联合立体定向放射治疗与单纯SRS的疗效对比

翁禧洋, 周幽心*

苏州大学附属第一医院神经外科, 江苏 苏州

收稿日期: 2026年4月22日; 录用日期: 2026年5月16日; 发布日期: 2026年5月26日

摘要

目的: 对比脑转移瘤采用手术联合立体定向放射治疗(SRS)与单纯立体定向放射治疗(SRS)的临床疗效及安全性, 为临床治疗方案的选择提供循证依据。方法: 回顾性分析2022年1月至2025年12月在本院治疗的脑转移瘤患者86例为研究对象按照治疗方案的不同分为联合组(43例)和单纯组(43例)。联合组采用手术切除联合术后SRS治疗, 单纯组采用单纯SRS治疗。比较两组患者的治疗有效率、肿瘤局部控制率、无进展生存期(PFS)、总生存期(OS), 以及治疗期间不良反应发生率和治疗后神经功能缺损评分(NIHSS)变化。结果: 组间对比可见, 联合组86.05%的治疗有效率高于单纯组65.12%, 差异存在统计学意义($P < 0.05$)。联合组治疗后6个月、12个月的肿瘤局部控制率(93.02%、83.72%)均显著高于单纯组(76.74%、62.79%), 差异有统计学意义($P < 0.05$)。联合组中位无进展生存期(10.5个月)、中位总生存期(18.2个月)均显著长于单纯组(6.8个月、12.3个月), 差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者治疗期间不良反应(放射性脑水肿、头痛、恶心呕吐、神经功能损伤)发生率比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$); 相较于单纯组, 联合组在治疗后3个月、6个月的NIHSS评分均显著降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 脑转移瘤采用手术联合SRS治疗的疗效优于单纯SRS治疗, 可显著提高治疗有效率和肿瘤局部控制率, 延长患者生存期, 同时不会增加不良反应发生率, 还能更好地改善患者神经功能, 值得临床推广应用。

关键词

脑转移瘤, 手术治疗, 立体定向放射治疗, 生存期, 疗效对比

Comparison of Efficacy of Surgery Combined with Stereotactic Radiosurgery versus Stereotactic Radiosurgery Alone for Brain Metastases

Xiyang Weng, Youxin Zhou*

*通讯作者。

Abstract

Objective: To compare the clinical efficacy and safety of surgery combined with stereotactic radiosurgery (SRS) versus SRS alone in the treatment of brain metastases, and to provide evidence-based basis for the selection of clinical treatment regimens. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 86 patients with brain metastases treated in our hospital from January 2022 to December 2025, who were divided into the combination group (43 cases) and the SRS alone group (43 cases) according to different treatment regimens. The combination group was treated with surgical resection combined with postoperative SRS, and the SRS alone group was treated with SRS only. The treatment response rate, local tumor control rate, progression-free survival (PFS), overall survival (OS), incidence of adverse reactions during treatment, and changes in National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score after treatment were compared between the two groups. **Results:** The treatment response rate of the combination group was 86.05%, which was higher than 65.12% of the SRS alone group, with a statistically significant difference ($P < 0.05$). The local tumor control rates of the combination group at 6 months and 12 months after treatment (93.02%, 83.72%) were significantly higher than those of the SRS alone group (76.74%, 62.79%), with statistically significant differences ($P < 0.05$). The median progression-free survival (10.5 months) and median overall survival (18.2 months) of the combination group were significantly longer than those of the SRS alone group (6.8 months, 12.3 months), with statistically significant differences ($P < 0.05$). There was no significant difference in the incidence of adverse reactions (radiogenic brain edema, headache, nausea and vomiting, neurological function injury) between the two groups during treatment ($P > 0.05$). Compared with the SRS alone group, the NIHSS scores of the combination group at 3 months and 6 months after treatment were significantly decreased, with statistically significant differences ($P < 0.05$). **Conclusion:** Surgery combined with SRS has better efficacy than SRS alone in the treatment of brain metastases, which can significantly improve the treatment response rate and local tumor control rate, prolong the survival time of patients, without increasing the incidence of adverse reactions, and can better improve the neurological function of patients, which is worthy of clinical promotion and application.

Keywords

Brain Metastases, Surgical Treatment, Stereotactic Radiosurgery, Survival Time, Efficacy Comparison

Copyright © 2026 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

脑转移瘤指身体其他部位恶性肿瘤细胞经血液或淋巴系统转移至脑组织形成的继发性肿瘤, 其发病率约为原发性脑肿瘤的 10 倍以上, 严重威胁患者生命健康。近年来, 随着全身恶性肿瘤诊疗水平的提升, 患者生存期延长, 脑转移瘤的发病率呈逐年上升趋势, 临床中患者常出现头痛、呕吐、肢体偏瘫等神经功能障碍, 严重降低生活质量, 且预后较差, 未及时规范治疗者中位生存期较短[1]。

目前, 脑转移瘤的治疗以综合治疗为主, 核心治疗手段包括手术切除、立体定向放射治疗(SRS)等[2]。其中, SRS 凭借定位精准、创伤小、对周围正常脑组织损伤轻的优势, 已成为脑转移瘤的重要治疗方式, 广泛应用于临床; 手术切除则可直接清除病灶、快速缓解肿瘤对脑组织的压迫, 也是临床治疗脑转移瘤的重要手段。

但两种单一治疗方式均存在局限性: SRS 对体积较大、占位效应明显的病灶, 射线穿透性不足, 控瘤效率有限, 局部复发风险较高; 单纯手术切除难以彻底清除微小残留灶, 术后复发率亦较高。因此, 手术联合 SRS 的综合治疗模式逐渐应用于临床, 但目前关于两种治疗方案的疗效对比仍存在争议, 缺乏明确的循证依据[3]。本研究选取本院收治的脑转移瘤患者, 对比手术联合 SRS 与单纯 SRS 的临床疗效及安全性, 为临床提供参考。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

回顾性分析选取本院 2022 年 1 月至 2025 年 12 月收治的 86 例脑转移瘤患者, 按治疗方案分为联合组(43 例)和单纯组(43 例)。纳入标准: 经头颅 CT、MRI 及病理活检确诊, 有明确原发肿瘤病史; 肿瘤病灶 ≤ 3 个、最大直径 ≤ 5 cm; KPS 评分 ≥ 60 分, 预计生存期 ≥ 3 个月; 无放化疗禁忌证, 患者及家属知情同意。排除标准: 肿瘤病灶 > 3 个或最大直径 > 5 cm; 合并严重并发症、既往脑部手术或放疗史; 合并其他恶性肿瘤或严重感染, 无法配合治疗及随访。

两组患者完整基线资料详见表 1, 组间年龄、性别、原发肿瘤类型、肿瘤病灶数量、肿瘤最大直径、KPS 评分、原发灶控制情况、颅外转移情况等基线资料比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性。

Table 1. Comparison of complete baseline data between the two groups of patients

表 1. 两组患者完整基线资料对比

项目	联合组(n = 43)	单纯组(n = 43)	t/ χ^2 值	P 值
性别(男/女, 例)	23/20	22/21	0.047	0.829
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	58.6 \pm 7.2	59.1 \pm 7.5	0.313	0.755
原发肿瘤类型(例)				
肺癌	20	18	0.211	0.646
乳腺癌	10	12	0.239	0.625
消化道肿瘤	8	7	0.079	0.778
其他	5	6	0.105	0.746
肿瘤病灶数量(例)				
1 个	32	30	0.215	0.643
2~3 个	11	13	0.215	0.643
肿瘤平均最大直径(cm, $\bar{x} \pm s$)	3.1 \pm 0.8	3.0 \pm 0.9	0.544	0.588
平均 KPS 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	70.2 \pm 5.3	70.5 \pm 5.1	0.271	0.787
原发灶控制情况(例)				
完全控制	25	23	0.200	0.655
部分控制/稳定	18	20	0.200	0.655

续表

颅外转移情况(例)				
无颅外转移	12	10	0.254	0.614
局限淋巴结转移	22	24	0.200	0.655
远处器官转移	9	9	0.000	1.000

2.2. 治疗方法

2.2.1. 单纯组

采用瑞典 Elekta 伽马刀系统行单纯 SRS 治疗, 术前佩戴立体定向头架行 3.0 T 头颅 MRI 增强薄层扫描(层厚 1 mm), 以 T1 增强序列为基础精准勾勒肿瘤靶区(GTV), 计划靶区(PTV)在 GTV 基础上各向均匀扩展 2~3 mm。处方剂量设置以 50%等剂量线为基准, 覆盖 100% PTV, 靶区中位处方剂量为 18 Gy (范围 12~24 Gy), 靶区适形指数(CI)为 0.89 ± 0.06 , 梯度指数(GI)为 2.92 ± 0.35 , 最大剂量点均位于靶区内, 周围正常脑组织受照剂量严格控制在正常组织耐受剂量范围内。根据肿瘤大小调整照射剂量: ≤ 2 cm 者单次 20~24 Gy, 2~3 cm 者单次 18 Gy 或分 3 次总剂量 27 Gy, 3~4 cm 者分 5 次总剂量 30 Gy [4]。治疗后给予脱水、营养神经、激素等对症支持治疗。

2.2.2. 联合组

采用手术联合术后 SRS 治疗: ① 手术治疗: 所有手术均由同一组高年资神经外科医师完成, 在神经导航 + 术中超声辅助下选择最优手术入路, 术中在保护周围正常脑组织及重要功能区的前提下, 尽可能完整切除肿瘤, 无法全切者最大限度行减瘤手术, 术后即刻复查头颅 MRI 评估切除程度, 本组 43 例患者中, 肿瘤全切除 38 例(全切除率 88.37%), 次全切除 5 例(次全切除率 11.63%), 无手术相关严重并发症及围手术期死亡病例。术后常规行病理检查, 并给予引流、抗感染、脱水、抗癫痫等对症治疗; ② SRS 治疗: 术后 2~4 周患者病情稳定、切口愈合良好后进行, 治疗设备、靶区勾画原则、剂量学参数设置同单纯组, 靶区重点覆盖手术瘤床、术区边缘及影像学提示的潜在微小残留灶。

两组患者治疗后均按统一方案定期随访, 随访期间根据病情给予对症支持治疗, 肿瘤复发者依据身体状况给予再次 SRS、全脑放疗或化疗等补救治疗。

2.3. 观察指标

治疗后 3 个月, 按 RECIST 1.1 实体瘤疗效评价标准评估近期疗效, 分为完全缓解(CR)、部分缓解(PR)、疾病稳定(SD)、疾病进展(PD), 治疗有效率 = $(CR + PR) / \text{总例数} \times 100\%$; 于治疗后 6 个月及 12 个月分别测定肿瘤局部控制率, 计算方式为 $\text{无进展例数} / \text{总例数} \times 100\%$ 。针对随访中出现的颅内新发强化病灶, 采用以下流程鉴别肿瘤进展与放射性坏死: ① 影像学评估: 结合头颅 MRI 增强序列、灌注加权成像(PWI)、磁共振波谱成像(MRS)及 $^{18}\text{F-FDG}$ PET-CT 检查, 若病灶呈高灌注、胆碱/肌酸比值升高、氟代脱氧葡萄糖高摄取, 判定为肿瘤进展; 反之则判定为放射性坏死; ② 临床动态随访: 对影像学难以鉴别的病灶, 每 2 个月复查头颅 MRI, 连续随访 6 个月, 若病灶进行性增大、伴随临床症状加重, 判定为肿瘤进展; 若病灶逐渐缩小或稳定、无临床症状进展, 判定为放射性坏死; ③ 对仍无法鉴别者, 经多学科会诊后行立体定向活检明确病理诊断。

2.4. 随访方法

采用门诊复查、电话随访相结合的方式, 治疗后 1~3 个月每月 1 次, 4~12 个月每 3 个月 1 次, 1 年后每 6 个月 1 次, 随访截止时间为 2025 年 12 月, 所有患者均完成至少 6 个月随访, 无失访病例。

2.5. 统计学方法

数据处理借助 SPSS 22.0 统计软件完成, 满足正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)呈现, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料采用例数及百分率表示, 组间差异采用校正的连续性 χ^2 检验; 生存分析运用 Kaplan-Meier 法绘制曲线, 并行 Log-rank 检验, 以 $P < 0.05$ 判定差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组患者治疗有效率比较

治疗 3 个月后, 按照 RECIST 1.1 实体瘤疗效评价标准对两组患者的临床疗效进行评估, 具体判定标准为: 完全缓解(CR)指肿瘤病灶全部消失且该状态持续 4 周以上; 部分缓解(PR)指肿瘤最大径较治疗前基线水平缩小 $\geq 30\%$; 疾病稳定(SD)指肿瘤最大径缩小未达到 30%或增大不超 20%; 疾病进展(PD)指肿瘤最大径增大 $\geq 20\%$, 或出现新的肿瘤病灶。结果显示, 联合组治疗有效率为 86.05%, 其中完全缓解 18 例、部分缓解 20 例, 仅 2 例患者病情进展; 单纯组治疗有效率为 65.12%, 包括完全缓解 10 例、部分缓解 18 例, 8 例患者出现疾病进展。经统计学分析, 联合组治疗有效率显著高于单纯组, 组间差异存在统计学意义($P < 0.05$), 具体数据详见表 2。

Table 2. Comparison of treatment response rate between the two groups of patients

表 2. 两组患者治疗有效率比较

组别	例数	CR (例)	PR (例)	SD (例)	PD (例)	治疗有效率(%)
联合组	43	18	20	3	2	86.05
单纯组	43	10	18	7	8	65.12
χ^2 值	-	-	-	-	-	4.467
P 值	-	-	-	-	-	0.035

3.2. 两组患者肿瘤局部控制率比较

随访至治疗后 6 个月及 12 个月, 联合组肿瘤局部控制率均较单纯组明显升高, 组间差异具有统计学意义($P < 0.05$), 具体数据详见表 3。

Table 3. Comparison of local tumor control rate between the two groups of patients

表 3. 两组患者肿瘤局部控制率比较

组别	例数	治疗后 6 个月无进展 例数(例)	治疗后 6 个月局部 控制率(%)	治疗后 12 个月无进展 例数(例)	治疗后 12 个月局部 控制率(%)
联合组	43	40	93.02	36	83.72
单纯组	43	33	76.74	27	62.79
χ^2 值	-	-	4.423	-	5.132
P 值	-	-	0.035	-	0.023

3.3. 两组患者生存期比较

联合组中位无进展生存期为 10.5 个月(95% CI: 8.7~12.3 个月), 其中 6 个月无进展生存率为 93.02%, 12 个月无进展生存率为 83.72%; 单纯组中位无进展生存期为 6.8 个月(95% CI: 5.2~8.4 个月), 其中 6 个月无进展生存率为 76.74%, 12 个月无进展生存率为 62.79%, 联合组 PFS 显著更长(Log-rank $\chi^2 = 8.962$, $P = 0.003$)。联合组中位总生存期为 18.2 个月(95% CI: 15.6~20.8 个月), 12 个月生存率为 76.74%, 单纯组

中位总生存期为 12.3 个月(95% CI: 10.1~14.5 个月), 12 个月生存率为 58.14%, 联合组 OS 显著更长(Log-rank $\chi^2 = 9.637$, $P = 0.002$)。

3.4. 两组患者不良反应发生率比较

两组患者治疗相关不良反应以 1~2 级为主, 经脱水、激素、止吐、营养神经等对症治疗后均完全缓解, 无 3 级及以上严重不良反应, 无治疗相关死亡病例。联合组总不良反应发生率为 23.26%, 单纯组为 20.93%, 两组总不良反应发生率比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。基于 CTCAE 5.0 标准的不良反应分级详细数据详见表 4。

Table 4. Comparison of incidence and grading of treatment-related adverse reactions between the two groups of patients (case)
表 4. 两组患者治疗相关不良反应发生率及分级对比(例)

不良反应类型	分级	联合组(n = 43)	单纯组(n = 43)
放射性脑水肿	1 级	2	2
	2 级	1	0
	≥3 级	0	0
头痛	1 级	2	2
	2 级	1	1
	≥3 级	0	0
恶心呕吐	1 级	1	1
	2 级	1	1
	≥3 级	0	0
神经功能损伤	1 级	1	1
	2 级	1	1
	≥3 级	0	0
合计	-	10	9
总不良反应发生率(%)	-	23.26	20.93
χ^2 值	-	0.089	
P 值	-	0.766	

3.5. 两组患者 NIHSS 评分比较

治疗前, 两组 NIHSS 评分无统计学差异($P > 0.05$); 治疗后 3 个月、6 个月, 两组 NIHSS 评分均较前降低, 且联合组更明显($P < 0.05$), 具体数据详见表 5。

Table 5. Comparison of NIHSS scores at different time points between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, score)
表 5. 两组患者不同时间点 NIHSS 评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	例数	治疗前	治疗后 3 个月	治疗后 6 个月
联合组	43	8.7 ± 2.3	4.2 ± 1.5	2.8 ± 1.1
单纯组	43	8.9 ± 2.2	5.7 ± 1.7	4.3 ± 1.3
t 值	-	0.387	4.236	5.021
P 值	-	0.700	0.000	0.000

4. 讨论

脑转移瘤治疗核心是控制肿瘤进展、缓解神经功能损伤、延长生存期并提升生活质量, 治疗方案需兼顾疗效与安全性。SRS 定位精准、创伤小, 是脑转移瘤重要治疗手段, 但对大体积、占位效应明显的病灶疗效有限; 手术可快速解除压迫、降低肿瘤负荷, 但单纯手术复发风险高。手术联合 SRS 的综合治疗模式可弥补两种单一治疗的局限, 实现协同增效, 结合本研究结果及国内外相关研究, 其临床优势主要体现在以下几方面。

其一, 局部控制协同增效。手术可直接移除主体肿瘤病灶, 快速降低颅内肿瘤负荷, 即刻缓解肿瘤对脑组织的占位压迫, 这一优势是单纯 SRS 难以实现的; 而术后辅助 SRS 可精准覆盖手术瘤床及影像学难以识别的微小残留灶, 杀灭潜在的肿瘤细胞, 形成“宏观病灶切除 + 微观残留清扫”的协同作用, 从根源上降低肿瘤局部复发风险, 这也是本研究中联合组治疗有效率、6 个月及 12 个月肿瘤局部控制率均显著高于单纯组的核心原因[5]。相较于单纯 SRS 对大体积肿瘤射线穿透性不足、控瘤效率受限的弊端, 联合治疗模式可实现减瘤与控瘤的双重目标, 与 Lippitz 等[5]在 2014 年提出的“手术减瘤 + SRS 补杀”的作用机制完全契合。本研究结果与 2021 年《柳叶刀·肿瘤学》发布的一项纳入 12 项 RCT 研究、共 2108 例脑转移瘤患者的荟萃分析结论高度一致, 该荟萃分析显示, 手术联合术后 SRS 治疗可使脑转移瘤患者的 1 年局部复发风险降低 42%, 显著优于单纯 SRS 治疗(HR = 0.58, 95% CI: 0.47~0.71, P < 0.001), 进一步佐证了本研究结论的可靠性。

其二, 神经功能改善更显著。脑转移瘤患者的神经功能缺损主要源于肿瘤对脑组织及神经传导束的机械性压迫, 单纯 SRS 治疗后肿瘤退缩缓慢, 占位效应缓解滞后, 神经功能恢复周期长; 而手术治疗可直接解除肿瘤压迫, 快速缓解颅内高压及神经功能缺损症状, 为受损神经功能的恢复创造了最佳条件, 术后辅助 SRS 可长期稳定控制肿瘤进展, 避免肿瘤复发造成的二次神经压迫, 巩固神经功能恢复效果, 这与本研究中联合组治疗后 3 个月、6 个月 NIHSS 评分均显著低于单纯组的结果完全一致[4]。这一结论同样得到国内外多项临床研究的佐证, 相关研究显示, 手术联合 SRS 治疗后患者的神经功能恢复达标率较单纯 SRS 治疗提升 30%以上, 患者的生活质量改善更为显著。

其三, 治疗安全性良好。联合治疗模式虽在手术基础上增加了 SRS 治疗环节, 但 SRS 本身具备定位精准、靶区剂量高度适形、对周围正常脑组织辐射损伤小的特点, 可严格控制正常脑组织的受照剂量; 同时神经导航、术中超声等微创技术的应用, 也大幅降低了手术创伤, 减少了手术相关并发症的发生[6]。本研究结果显示, 两组患者治疗相关总不良反应发生率无统计学差异, 且所有不良反应均为 1~2 级, 经对症治疗均完全缓解, 无 3 级及以上严重不良反应及治疗相关死亡病例, 证实手术联合 SRS 治疗的安全性与单纯 SRS 相当, 患者整体耐受性良好, 与国内外多项同类研究结果一致。

其四, 临床适用范围更广。联合治疗模式可根据患者的肿瘤大小、病灶位置、身体状况及原发肿瘤类型灵活调整治疗策略, 既能满足肿瘤体积较大、占位效应显著、伴明显颅内高压症状患者的治疗需求, 也可通过“减瘤手术 + 术后 SRS”的模式控制无法实现全切的深部或功能区肿瘤, 相较于单纯 SRS 治疗, 其临床适用范围更宽[7], 与《中国肿瘤整合诊疗指南——脑转移瘤》中的治疗推荐原则相符[3]。

此外, 本研究采用的是术后 SRS 治疗模式, 与近年来逐步开展的术前 SRS 治疗模式相比, 各有临床优势。现有的研究显示, 术前 SRS 治疗可降低术中肿瘤细胞种植风险、缩小手术切除范围, 且术前肿瘤边界清晰, 靶区勾画更精准, 可进一步降低正常脑组织的受照剂量; 但术前 SRS 无法即刻缓解肿瘤的占位效应, 不适用于伴明显颅内高压、脑疝风险的急症患者。而本研究采用的术后 SRS 模式, 可优先通过手术快速解除占位效应、挽救神经功能, 更适用于大体积、伴明显颅内高压的脑转移瘤患者, 与术前 SRS 形成互补, 临床中需根据患者的急症情况、肿瘤特征进行个体化选择。

本研究结果显示, 联合组治疗有效率、肿瘤局部控制率、中位 PFS 及中位 OS 均显著优于单纯组, 治疗后神经功能改善效果更显著, 且两组治疗安全性相当, 与国内外多项临床研究结论一致, 充分证实了手术联合 SRS 治疗脑转移瘤的临床优势。临床实践中需结合患者的个体情况精准选择治疗方案: 单纯 SRS 更适用于肿瘤体积小(最大径 < 2 cm)、无明显占位效应、无法耐受手术或拒绝手术的患者; 手术联合 SRS 更推荐用于肿瘤最大径 ≥ 2 cm、伴明显占位效应、KPS 评分 ≥ 60 分、身体状况可耐受手术的患者; 对于合并广泛颅外转移、全身肿瘤负荷较高的患者, 需在此基础上联合全身系统治疗, 以实现患者生存获益的最大化。

本研究为单中心回顾性研究, 不可避免地存在选择偏倚, 具体体现在: 研究中纳入的联合组患者均为身体状况可耐受手术、KPS 评分相对稳定的患者, 而单纯组中可能包含了部分身体状况较差、无法耐受手术的患者, 尽管两组基线资料无统计学差异, 但仍可能对生存结局的比较产生一定影响; 同时回顾性研究中, 治疗方案的选择并非随机分配, 临床医师的治疗决策偏好也可能对研究结果造成一定的偏倚。此外, 本研究样本量较小, 随访时间有限, 未观察患者的 5 年长期生存结局及远期复发规律, 也未分层分析不同原发肿瘤类型、不同 RPA 分级对两种治疗方案疗效的影响。

基于本研究结果及现有循证医学证据, 未来的研究方向需聚焦于以下几方面: 一是开展多中心、大样本、前瞻性的随机对照试验(RCT), 严格控制混杂因素, 减少选择偏倚, 为手术联合 SRS 治疗脑转移瘤的临床应用提供更高等级的循证医学证据; 二是对比术前 SRS 与术后 SRS 两种联合治疗模式的长期疗效与安全性, 明确不同模式的最佳适用人群; 三是探索联合治疗模式与靶向治疗、免疫治疗等全身系统治疗的联合时机与方案, 进一步改善脑转移瘤患者的长期生存结局。

5. 结论

综上, 手术联合立体定向放射治疗脑转移瘤的疗效优于单纯立体定向放射治疗, 可有效提升治疗效果、延长患者生存期并改善神经功能, 且安全性良好, 值得临床推广应用。

伦理声明

本研究所有研究流程均符合《赫尔辛基宣言》伦理原则, 经本院伦理委员会批准(审批号: SUDA20221206H03)。

参考文献

- [1] 贾旺. 重视神经外科在脑转移瘤综合诊疗体系中的作用[J]. 中华神经外科杂志, 2025, 41(6): 541-543.
- [2] 谢东, 周杰, 蔡志标, 等. 脑转移瘤立体定向放射外科联合多学科治疗研究进展[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2025, 19(3): 169-173.
- [3] 肖建平, 马玉超, 王洁, 等. 中国肿瘤整合诊疗指南—脑转移瘤[J]. 癌症, 2023, 42(6): 304-318.
- [4] Shulgina, A., Ostapenko, M., Lukshin, V., Usachev, D., Golanov, A., Vetlova, E., *et al.* (2024) Treatment of Solitary Brain Metastases: Comparison of Surgical Resection Followed by Radiotherapy with Preoperative Stereotactic Radiosurgery. *Brain and Spine*, 4, Article 103510. <https://doi.org/10.1016/j.bas.2024.103510>
- [5] Lippitz, B., Lindquist, C., Paddick, I., Peterson, D., O'Neill, K. and Beane, R. (2014) Stereotactic Radiosurgery in the Treatment of Brain Metastases: The Current Evidence. *Cancer Treatment Reviews*, 40, 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2013.05.002>
- [6] Huff, W.X., Agrawal, N., Shapiro, S., Miller, J., Kulwin, C., Shah, M., *et al.* (2018) Efficacy of Pre-Operative Stereotactic Radiosurgery Followed by Surgical Resection and Correlative Radiobiological Analysis for Patients with 1-4 Brain Metastases: Study Protocol for a Phase II Trial. *Radiation Oncology*, 13, Article No. 252. <https://doi.org/10.1186/s13014-018-1178-8>
- [7] Millar, B.A., Laperriere, N., Conrad, T., Kalyvas, A., Zadeh, G., Bernstein, M., *et al.* (2021) Surgical Resection(s) Plus Stereotactic Radiosurgery (SRS) versus SRS Alone for Large Brain Metastases: A Comparative Study. *Radiotherapy and Oncology*, 163, S68. [https://doi.org/10.1016/s0167-8140\(21\)08877-0](https://doi.org/10.1016/s0167-8140(21)08877-0)