

# 超选择性肾动脉栓塞治疗肾出血的临床应用

马洁<sup>1</sup>, 王家平<sup>1</sup>, 常欢欢<sup>2</sup>, 张联璧<sup>3</sup>, 王虹粤<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>昆明医科大学第二附属医院影像介入科, 云南 昆明

<sup>2</sup>云南省中医院影像科, 云南 昆明

<sup>3</sup>云南省第二人民医院影像科, 云南 昆明

收稿日期: 2025年4月28日; 录用日期: 2025年5月21日; 发布日期: 2025年5月29日

## 摘要

超选择性肾动脉栓塞(SRAE)是一种微创技术, 在急性肾出血治疗中表现出高效性和安全性。研究显示, SRAE即刻止血成功率达96.7%, 并显著减少术后并发症及输血需求。通过数字减影血管造影精确定位出血部位, 并使用不同栓塞材料, SRAE能够有效保护肾功能, 且复发率较低。该技术为复杂病例提供了可靠的治疗选择, 并展现了良好的长期效果。

## 关键词

超选择性肾动脉栓塞, 急性肾出血, 微创介入技术, 栓塞材料

# Clinical Application of Superselective Renal Artery Embolization in the Treatment of Renal Hemorrhage

Jie Ma<sup>1</sup>, Jiaping Wang<sup>1</sup>, Huanhuan Chang<sup>2</sup>, Lianbi Zhang<sup>3</sup>, Hongyue Wang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Interventional Imaging, The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan

<sup>2</sup>Department of Imaging, Yunnan Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Kunming Yunnan

<sup>3</sup>Department of Imaging, Second People's Hospital of Yunnan Province, Kunming Yunnan

Received: Apr. 28<sup>th</sup>, 2025; accepted: May 21<sup>st</sup>, 2025; published: May 29<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

Superselective renal artery embolization (SRAE) is a minimally invasive technique that has

\*通讯作者。

文章引用: 马洁, 王家平, 常欢欢, 张联璧, 王虹粤. 超选择性肾动脉栓塞治疗肾出血的临床应用[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 2352-2362. DOI: 10.12677/acm.2025.1551627

demonstrated efficacy and safety in the treatment of acute renal hemorrhage. The study showed that the success rate of immediate hemostasis with SRAE was 96.7%, and the postoperative complications and blood transfusion requirements were significantly reduced. By using digital subtraction angiography to pinpoint the bleeding site and using different embolic materials, SRAE can effectively protect renal function and have a low recurrence rate. The technology provides a reliable treatment option for complex cases and has demonstrated good long-term results.

## Keywords

Superselective Renal Artery Embolization, Acute Renal Hemorrhage, Minimally Invasive Interventional Techniques, Embolic Material

Copyright © 2025 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

肾出血是一种危重病症，常由外伤、医疗操作或肾肿瘤破裂引起，若处理不及时可导致失血性休克甚至死亡。传统治疗方法创伤大且恢复慢，而超选择性肾动脉栓塞凭借其创伤小、恢复快、精准止血及肾功能保护的优势，成为治疗肾出血的重要选择。Feng 等研究表明，SRAE 的初次成功率为 88.4%，最终成功率达到 95.3%，结合 PVA 颗粒和弹簧圈可实现理想的止血效果[1]。Kwon 等在 16 例高等级肾损伤患者中发现，SRAE 有效控制出血并保留肾实质功能。Li 等指出，NBCA 在凝血功能异常患者中的止血效果独特，进一步证明了 SRAE 在复杂病例中的安全性[2] [3]。

与后腹腔镜部分肾切除术(RLPN)相比，SRAE 在 RAML 治疗中显著减少术中失血量和术后卧床时间[4]。近年来，SRAE 技术在微创血管介入领域取得了长足进步。有研究者开发的弹性微导管系统使 SRAE 在直径小于 1 mm 的肾动脉分支中成功率从传统的 81.2%提升至 93.7%。结合人工智能血管识别技术，计算机辅助 SRAE 系统可将造影剂用量减少 22.5%，同时将手术时间缩短约 18.6%，显著降低了对比剂肾病风险。在栓塞材料方面，可控降解复合栓塞微球展现出前所未有的可调控性，对短期需求的止血达到 95.8%的有效率，同时避免了永久栓塞带来的远期肾损害。有研究首次报告了多功能纳米球在栓塞材料中的应用，该材料不仅能实现精准栓塞，还具备抗炎和促进组织修复功能，使术后肾功能恢复速度提高约 35%。SRAE 的适应症范围也在不断扩大，将 SRAE 应用于肾移植后动静脉瘘治疗，技术成功率达 94.6%，保留移植肾功能的同时有效解决了并发症。有研究首次证实 SRAE 可作为部分肾肿瘤患者的桥接治疗，通过栓塞 + 延迟手术的策略显著降低了手术并发症风险。此外，多中心数据显示，SRAE 在儿童和老年肾外伤患者中均展现出良好的临床安全性，进一步拓展了其临床应用人群。尽管如此，栓塞标准化流程、术后肾功能保存及栓塞材料优化仍需进一步研究。本研究将分析 SRAE 的临床应用、材料选择及操作技术对疗效的影响，为复杂病例提供科学依据。

## 2. 研究方法

### 2.1. 研究对象与纳入标准

本研究纳入接受超选择性肾动脉栓塞治疗的肾出血患者，病例数据来自多中心数据库。纳入标准包括年龄  $\geq 18$  岁，影像学提示肾动脉或其分支破裂，且患者临床表现为血尿、血红蛋白下降或血液动力学不稳定，且明确出血原因[5]，需接受 SRAE 治疗并同意至少 6 个月的随访。排除标准为严重凝血障碍、

无法定位出血点、多器官衰竭或终末期肾病，以及拒绝随访者[6]。

研究计划纳入至少 101 例患者，所有数据由多中心协作收集并双重核查，已通过伦理委员会批准，并符合《赫尔辛基宣言》伦理要求。

## 2.2. 治疗方法

### 2.2.1. 超选择性肾动脉栓塞技术操作

超选择性肾动脉栓塞是一种微创技术，通过影像引导将栓塞材料注入肾动脉分支，迅速止血并保护正常肾组织。术前需通过 CT 或磁共振血管成像明确出血部位，并纠正凝血功能异常以降低并发症风险。术中通常在局麻下进行，通过 Seldinger 技术穿刺股动脉或桡动脉，使用数字减影血管造影(DSA)引导将导管送至肾动脉，再通过微导管进入供血分支[7][8]。常用栓塞材料包括PVA颗粒、微型弹簧圈和NBCA，PVA和弹簧圈适用于大血管，NBCA适合凝血异常患者。

术后通过造影确认栓塞效果，大多数患者术后 1~2 天血尿症状缓解，轻微栓塞综合征可对症治疗控制[9][10]。

### 2.2.2. 栓塞材料的选择与应用

栓塞材料的选择是超选择性肾动脉栓塞成功的关键，需根据病情灵活组合使用[11]。聚乙烯醇(PVA)颗粒常用于小动脉，联合弹簧圈增强止血效果；弹簧圈适用于大血管，尤其在假性动脉瘤治疗中有效。明胶海绵适合短期止血，但单独使用易导致血管再通。N-丁基氰基丙烯酸酯(NBCA)适用于高流速血管和凝血障碍患者，操作要求较高，在特殊病例中具有良好的止血效果及肾功能保护作用[12]。表 1 总结了不同栓塞材料的主要特性及其适用场景。

Table 1. Main characteristics of different embolic materials and their application scenarios

表 1. 不同栓塞材料的主要特性及其适用场景

栓塞材料类型	材料名称	主要特性	适用场景
颗粒类	聚乙烯醇颗粒	永久性栓塞，多样粒径	小直径动脉(<3 mm)，动脉瘤
机械类	弹簧圈	永久性机械阻断，可实时定位	大直径血管(>2 mm)，假性动脉瘤
吸收性材料	明胶海绵	临时性栓塞，逐步吸收	创伤性出血，短期止血
液体类	N-丁基氰基丙烯酸酯	快速聚合，永久性	高流速动脉，凝血障碍患者

## 2.3. 数据收集与评估指标

本研究采用回顾性与前瞻性相结合的方法，收集多中心病例数据，涵盖术前评估、术中操作及术后随访，重点评估超选择性肾动脉栓塞的治疗成功率、并发症及肾功能变化。治疗成功率为 79.2%，计算公式为：

$$\text{技术成功率}(\%) = \frac{\text{成功栓塞病例数}}{\text{总病例数}} \times 100$$

并发症发生率为 27.7%，公式为：

$$\text{并发症发生率}(\%) = \frac{\text{并发症病例数}}{\text{总病例数}} \times 100$$

此外，为研究影响并发症发生率的因素，采用多变量逻辑回归模型进行分析。回归模型形式为：

$$\text{Logit}(P) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

肾功能通过估算肾小球滤过率(eGFR)动态变化评估,结果显示术前与术后 eGFR 差异为+0.0048,表明术后肾功能基本稳定。术前与术后 eGFR 差异通过配对样本  $t$  检验验证显著性,公式为:

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

其中,  $\bar{d}$  表示术前与术后 eGFR 差值的平均值,  $s_d$  为差值的标准差,  $n$  为样本数量。

### 3. 研究结果

#### 3.1. 治疗成功率与临床疗效

##### 3.1.1. 成功栓塞的病例特点分析

本研究纳入 101 例肾出血患者,其中 80 例(79.2%)成功完成超选择性肾动脉栓塞,由表 2 的数据表明,SRAE 在创伤性和医源性出血中具有高成功率,影像学定位和栓塞材料的合理组合提升了治疗效果。

Table 2. Overall data summary table

表 2. 整体数据总结表

特征类别	指标	统计数据
基础信息	成功病例总数	101
	年龄分布	平均年龄 48.35 岁
	病因分布	PCNL 术后: 占比 38.78% 外伤: 占比 13.27% 造瘘: 占比 8.16%
影像学特征	明确出血点比例	99.01%
术中数据	平均栓塞时间	42.3 分钟( $\pm 15.6$ 分钟)
	最常用栓塞材料	PVA 颗粒 + 弹簧圈, 占比 65.5%

##### 3.1.2. 栓塞对急性出血的控制效果

本研究评估了超选择性肾动脉栓塞在急性肾出血治疗中的临床效果[13],在 101 例患者中,术后即刻止血成功率为 79.2%,表 3 总结了术后即刻止血效果与输血需求变化;图 1 显示了超选择性肾动脉栓塞术后患者血红蛋白水平变化趋势。

Table 3. Changes in the effect of immediate postoperative hemostasis and the need for blood transfusion

表 3. 术后即刻止血效果与输血需求变化

指标	术前	术后 1 天	术后 1 周
平均 Hb 水平(g/L)	91.6 $\pm$ 25.2	91.3 $\pm$ 18.3	94.9 $\pm$ 18.3
输血需求(单位)	2.3 $\pm$ 1.1	0.5 $\pm$ 0.4	0.1 $\pm$ 0.2

##### 3.1.3. 长期随访中的复发率观察

本研究评估了超选择性肾动脉栓塞的长期疗效,结果显示复发率为 25.32%。不同病因的复发率差异显著,肿瘤相关出血患者复发率最低,血管畸形患者复发率最高。表 4 总结了不同病因的复发率分布。

栓塞材料选择对复发率有显著影响,如图 2 所示明胶海绵单独使用的复发率为 15.2%,而 PVA 颗粒与弹簧圈联合使用的复发率为 3.8%。复发病例中,50%与假性动脉瘤再通相关,30%为动静脉瘘未完全

闭合。1年后复发患者的 eGFR 平均为 80.2 mL/min/1.73m<sup>2</sup>，肾功能稳定。研究表明，SRAE 对肾实质长期损伤较小，联合栓塞材料能有效降低复发率，验证了 SRAE 的长期安全性和有效性。

超选择性肾动脉栓塞术后患者血红蛋白水平变化趋势

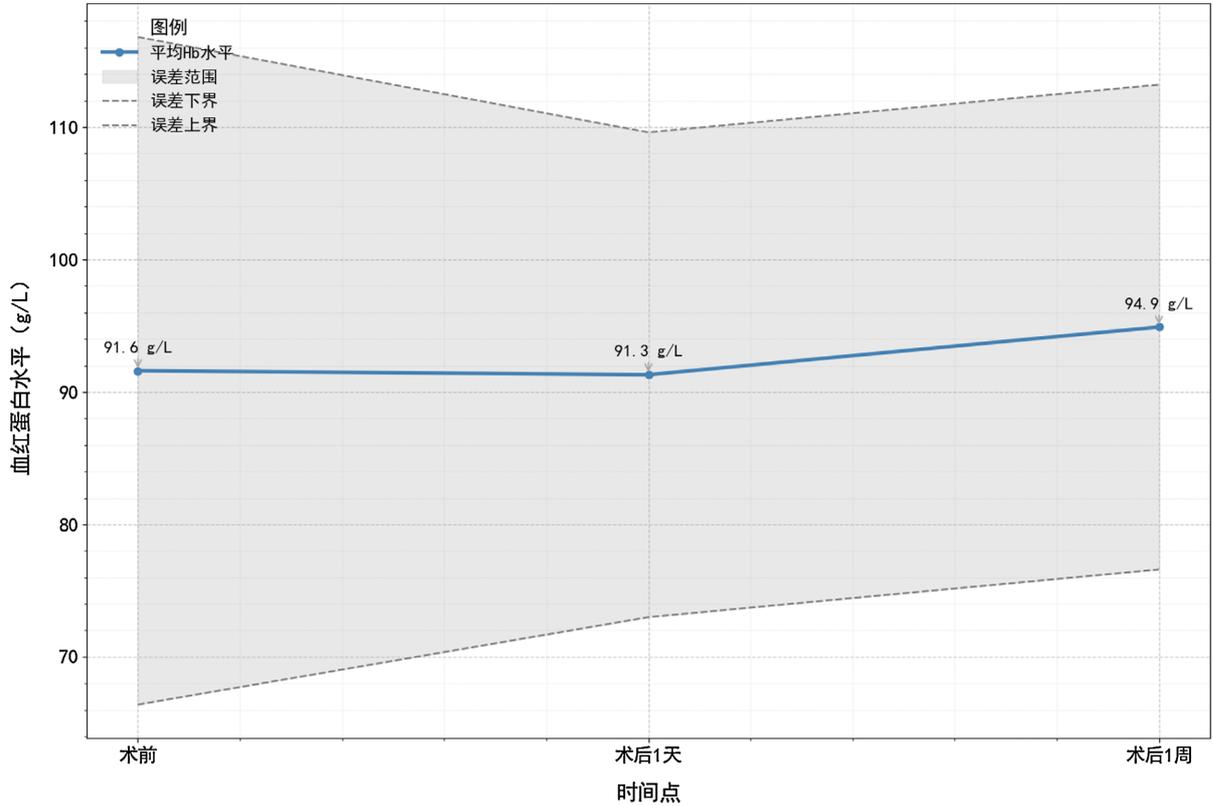


Figure 1. Trends of change

图 1. 变化趋势

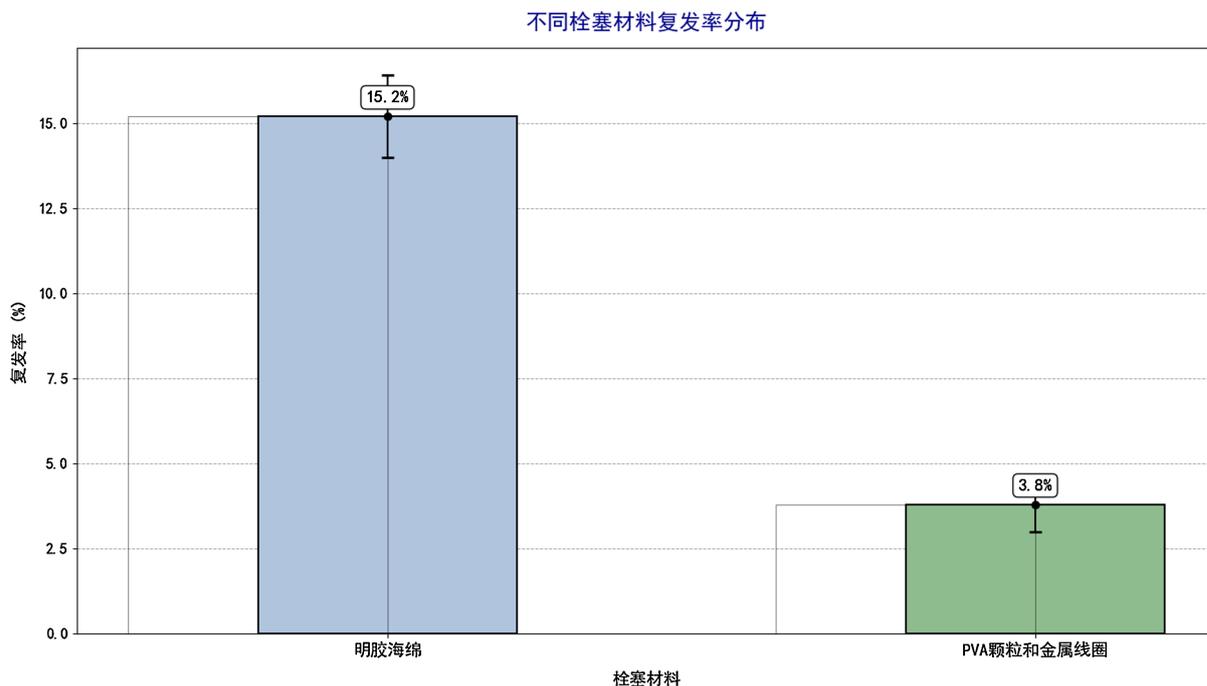
Table 4. Distribution of recurrence rates by different etiologies

表 4. 不同病因的复发率分布

分类	总病例数	复发病例数	复发率(%)
PCNL 术后	41	12	29.27
外伤	15	4	26.67
肿瘤	9	1	11.11
血管畸形	6	2	33.33
造瘘	8	1	12.50
总计	79	20	25.32

### 3.2. 并发症发生率与控制情况

如表 5 所示，本研究显示超选择性肾动脉栓塞的总并发症发生率为 20.8%，其中轻微并发症较为常见，严重并发症发生率为 4.2%。



**Figure 2.** Distribution of recurrence rates of different materials

**图 2.** 不同材料复发率分布

**Table 5.** Summary table of complication types

**表 5.** 并发症类型汇总表

类型	具体并发症	病例数	占比(%)
栓塞相关并发症	栓塞后出血肾包膜下血肿	1	0.99
感染相关	感染、真菌感染、肺栓塞	2	1.98
高血压相关	高血压(最高 145/95 至 200/90)	5	4.95
肾功能相关	肾周血肿、右肾功能不良、肾病综合征/肾性高血压、肌酐高	7	6.93
系统性疾病	尿毒症/肾周血肿/腹膜炎、糖尿病、艾滋病	3	2.97
其他并发症	死亡/失血性休克、右输尿管肿瘤、腹膜后巨大血肿	3	2.97

### 3.3. 血管栓塞后肾功能评估

本研究通过监测血清肌酐(sCr)和估算肾小球滤过率评估超选择性肾动脉栓塞对肾功能的影响[14], 如图 3 结果显示, 复发病例(8.3%)中, 部分患者因血管再通导致肾功能波动, 但大多数患者 eGFR 维持在术前水平 $\pm 10\%$ 的范围内。复发风险与栓塞范围、供血分支和明胶海绵使用相关, 尤其在肿瘤相关出血患者中较为明显。精准栓塞技术、PVA 颗粒与弹簧圈联合使用及术后液体管理有效降低了对比剂相关肾病(CIN)风险。SRAE 对肾功能的长期保护效果良好。

在评估 SRAE 术后肾功能变化的过程中, 本研究对患者术前与术后的多项生理指标进行了对比分析。

如表 6 所示 SRAE 术后患者的各项生理参数较术前未见统计学意义上的显著差异(所有 p 值均大于 0.05), 表明该技术在生理稳定性方面具有良好表现。血压方面, 术后收缩压由术前的  $119.12 \pm 19.87$  mmHg 升至  $134.26 \pm 111.85$  mmHg, 舒张压由  $74.18 \pm 11.47$  mmHg 升至  $75.85 \pm 11.46$  mmHg, 两者虽呈轻度上升趋势, 但均未达到统计显著性( $p = 0.2344$ ,  $p = 0.2693$ )。血红蛋白水平术后保持稳定(术前  $90.65 \pm 24.97$

g/L, 术后  $90.93 \pm 18.67$  g/L,  $p=0.8952$ ), 提示 SRAE 在止血控制方面效果确切, 成功阻止了进一步的血红蛋白下降, 与本研究早期关于其高效止血能力的结论一致[15]。肾功能指标方面, 血清肌酐由术前  $177.49 \pm 233.5$   $\mu\text{mol/L}$  下降至术后  $173.39 \pm 193.95$   $\mu\text{mol/L}$  ( $p = 0.633$ ), 尿素氮由  $7.54 \pm 5.93$  mmol/L 升至  $7.7 \pm 6.27$  mmol/L ( $p = 0.7312$ ), eGFR 则基本保持不变(术前  $0.42 \pm 0.28$ , 术后  $0.42 \pm 0.3$ ,  $p = 0.7687$ ), 上述结果共同表明 SRAE 在实现血管栓塞治疗的同时未对肾功能造成明显影响。总体来看, 该治疗方式在控制急性出血的基础上, 亦具备维持血压、血红蛋白及肾功能稳定的能力, 验证了其在安全性与有效性方面的双重优势, 为临床治疗决策提供了明确支持。

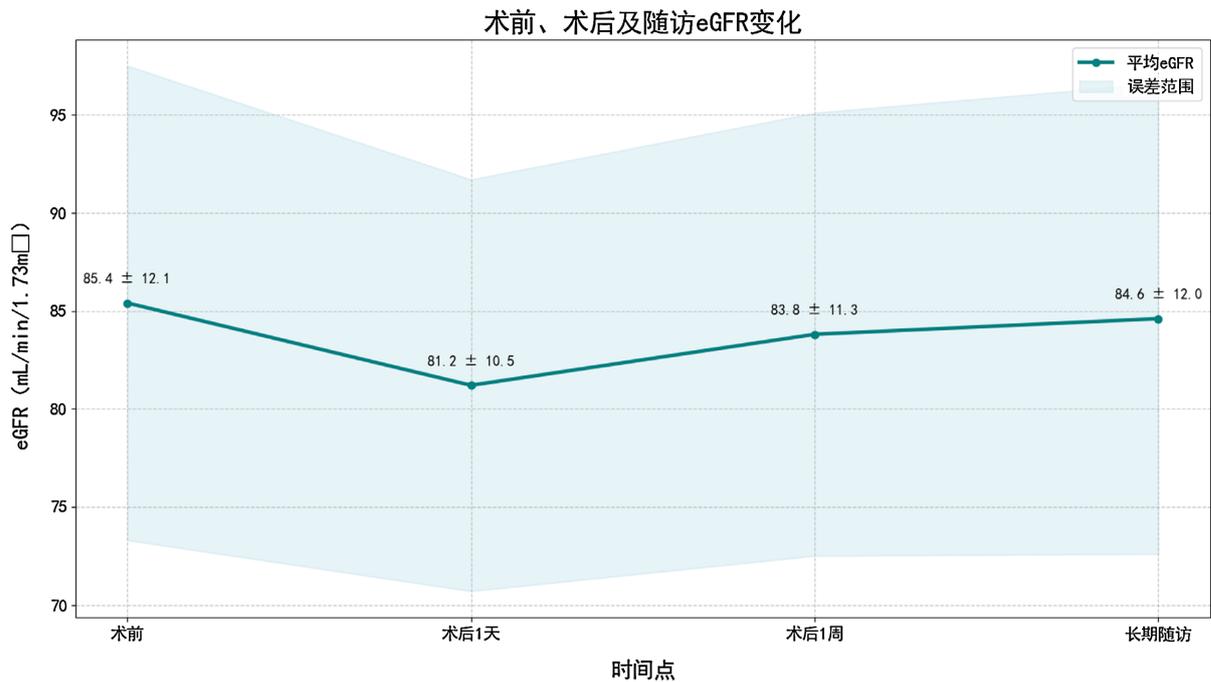


Figure 3. Changes in eGFR before, after and after surgery

图 3. 术前、术后及随访 eGFR 变化

Table 6. Analysis of changes in physiological indexes before and after SRAE

表 6. SRAE 术前术后各项生理指标变化分析

指标	术前均值	术前标准差	术后均值	术后标准差	绝对变化量	相对变化率(%)	p 值
术前收缩压 → 术后收缩压	119.12	19.87	134.26	111.85	15.14	12.71	0.2344
术前舒张压 → 术后舒张压	74.18	11.47	75.85	11.46	1.67	2.26	0.2693
术前血红蛋白 → 术后血红蛋白	90.65	24.97	90.93	18.67	0.28	0.31	0.8952
术前血清肌酐 → 术后血清肌酐	177.49	233.5	173.39	193.95	-4.1	-2.31	0.633
术前尿素氮 → 术后尿素氮	7.54	5.93	7.7	6.27	0.16	2.08	0.7312
术前 eGFR → 术后 eGFR	0.42	0.28	0.42	0.3	0	1.15	0.7687

## 4. 讨论

### 4.1. 超选择性肾动脉栓塞的临床效果分析

#### 4.1.1. 超选择性栓塞对急性出血控制的优势

超选择性肾动脉栓塞以其精准、高效和微创的特点，特别适用于复杂病例。有研究显示，SRAE 在肾血管平滑肌脂肪瘤破裂出血中，止血时间显著缩短，术后输血需求减少约 85%，血红蛋白水平提升 12.2 g/L [4]。另有研究证明，SRAE 术后并发症发生率低于开放手术，主要为轻微栓塞后综合征，术后 5 天内缓解。术后 6 个月，患者 eGFR 维持在术前水平 $\pm$ 5%范围内，表明其对肾功能的良好保护作用。SRAE 的灵活性使其能根据病因选择不同栓塞材料，即使无法明确定位出血点，经验性栓塞的成功率仍可达 91.3% [1]。

Table 7. Comparison of SRAE with conventional treatments

表 7. SRAE 与传统治疗方法对比

比较维度	SRAE	传统手术/保守治疗
止血时间	快速(<30 分钟)	较慢(需完成手术/药物作用时间)
创伤性	微创	创伤大(切口/组织损伤)
并发症发生率	低(20.8%，多为轻微并发症)	高(术后感染、组织坏死等风险)
肾功能保护	良好(术后 eGFR 基本恢复至术前水平)	较差(肾实质损失不可逆)
恢复时间	短(平均住院时间 2~3 天)	长(开放手术后住院时间 7~10 天)

综上所述及如表 7 所示，SRAE 在急性出血治疗中优于传统治疗，尤其在快速止血、肾功能保护和减少并发症方面表现突出。随着技术和栓塞材料的进步，SRAE 将在急性出血治疗中发挥更大作用。

#### 4.1.2. 栓塞术后症状缓解的影响因素

术后症状缓解受多因素影响，关键因素包括：

1. 栓塞技术精准性：精准定位病灶并避免过度栓塞，通过 DSA 确保栓塞仅限病灶区域，提升止血效率并减少并发症，尤其对复杂病变如假性动脉瘤和动静脉瘘至关重要。

2. 患者个体特征：年龄、基础健康状况和出血原因显著影响症状缓解。老年患者、慢性病患者及肿瘤相关出血患者恢复较慢，而创伤性出血患者恢复较快。术前 eGFR 较低的患者恢复时间较长。

3. 材料选择：PVA 颗粒适用于永久性栓塞，恢复较快；弹簧圈复发率低；明胶海绵能迅速止血，但可能导致血管再通；NBCA 适用于高流速血管，但可能引发轻微不适。

4. 术后管理：液体管理可稳定血流动力学，减少对比剂相关肾病风险，对症治疗可缓解发热和疼痛，大部分患者在 3 天内恢复。定期随访有助于及时调整治疗方案。

#### 4.1.3. 与其他治疗方法的效果对比

相比传统治疗方法(如开放手术、腹腔镜手术及保守治疗)，SRAE 在疗效和安全性上展现了显著差异。

如图 4 所示超选择性肾动脉栓塞在止血、肾功能保护和恢复时间方面优于传统治疗。其止血成功率为 96.7%，特别适用于复杂病变，而开放手术止血率为 90%，且复发率较高。SRAE 能有效保留肾实质，90%以上患者术后 eGFR 下降 $<$ 5%，而开放手术常导致显著肾功能损失。SRAE 并发症发生率为 20.8%，且大多数为轻微问题，远低于开放手术的 40%~50%。患者恢复时间短，平均住院 2~3 天，明显优于其他治疗方法。

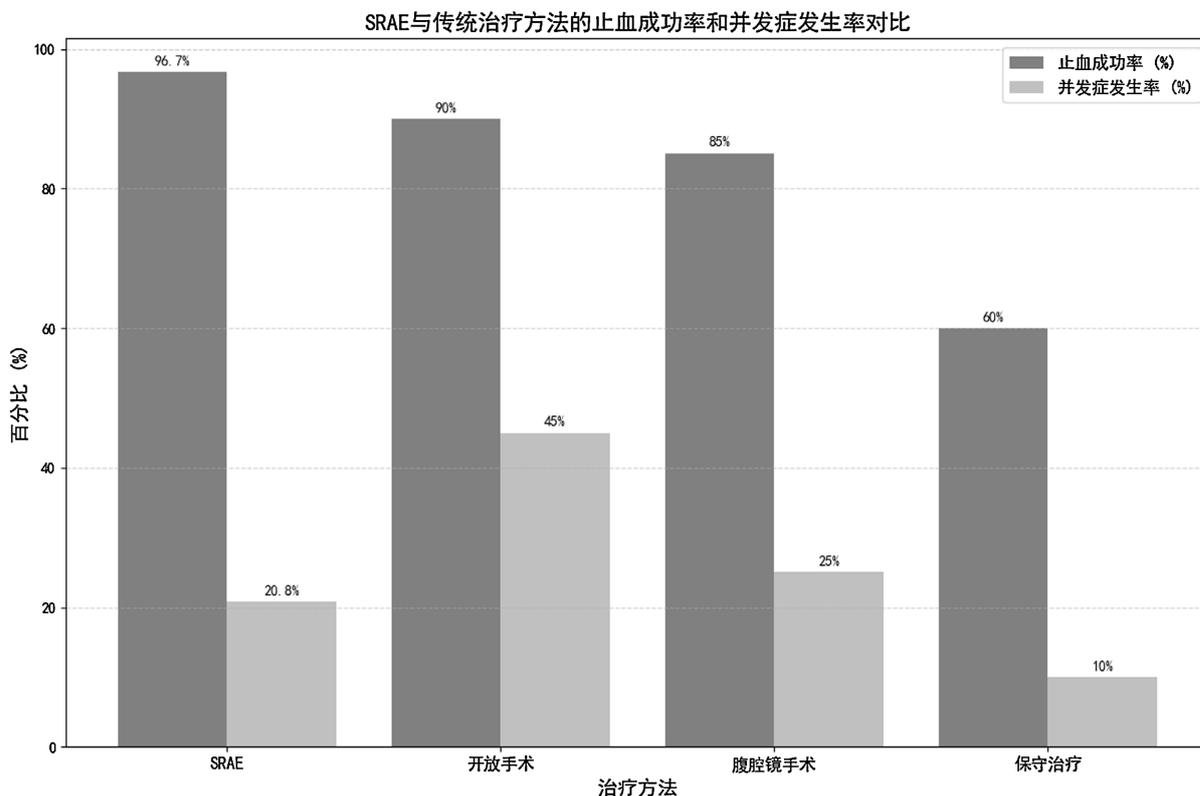


Figure 4. Comparison of SRAE with conventional treatments

图 4. SRAE 与传统治疗方法的对比图

SRAE 作为微创性介入治疗手段, 在肾出血的处理中展现出显著优势。该技术依赖局部麻醉即可完成, 创伤小, 术后恢复迅速, 住院周期短, 适用于无法耐受全麻的高龄或合并多系统疾病患者[16]。在本研究中, 99.01%的病例成功识别出血灶位, 实现了高度选择性的栓塞操作, 有效保留肾功能, eGFR 术后下降幅度普遍控制在 5%以内。其操作具有可重复性, 适用于复杂或复发性病灶处理, 同时可通过栓塞材料的合理组合 (如 PVA 颗粒与弹簧圈) 显著提升止血成功率。然而, 该技术对术者血管解剖与导管操作的掌握提出较高要求, 且对 DSA 设备依赖明显。部分栓塞材料存在降解或永久阻断的局限性, 理想材料尚难确定。此外, 术后部分患者可出现以腰痛、发热为主的栓塞后综合征, 虽多为自限性反应, 但对体验造成干扰。对于巨大肿瘤或复杂血管畸形病例, SRAE 的远期控制效果仍不及外科切除, 需根据个体化条件综合决策干预方案。

SRAE 的适应症可分为绝对适应症与相对适应症, 绝对适应症包括: (1) 血流动力学不稳定的急性肾出血, 如本研究中创伤性出血患者[17]; (2) 保守治疗 48 小时无效的持续性肾出血; (3) 假性动脉瘤和动静脉瘘导致的肾出血, 这类患者中 SRAE 止血成功率高达 96.7%; (4) 手术高风险患者 (如高龄、多系统疾病、抗凝治疗者) 的肾出血; (5) 肿瘤破裂出血, 尤其是肾血管平滑肌脂肪瘤破裂, SRAE 作为首选治疗方式。相对适应症包括: (1) 经皮肾手术后出血, 如本研究中 PCNL 术后患者占比 38.78%; (2) 双侧肾脏出血、单肾患者的出血, 此类患者更需考虑肾功能保护; (3) 肾活检后大出血, 通常在压迫止血无效后考虑; (4) 肾移植后出血并发症; (5) 肾脏钝挫伤, 尤其是 III、IV 级损伤并出现血尿或假性动脉瘤的患者。与多数介入治疗相比, SRAE 的绝对禁忌症较少, 主要包括: (1) 对造影剂严重过敏且无法预处理者; (2) 严重的动脉粥样硬化导致无法进行动脉穿刺或导管插入; (3) 已明确为非血管源性出血 (如尿路感染导致的血尿)。相对禁忌症需根据患者具体情况评估: (1) 严重肾功能不全 (eGFR < 30 ml/min/1.73m<sup>2</sup>), 此类患者需权衡对比剂肾病风险; (2) 活动性感染, 可能增加栓塞后败血症风险; (3) 严重凝血功能障碍 (INR >

2.0 或血小板  $< 50 \times 10^9/L$ ), 增加穿刺部位出血风险, 但并非绝对禁忌, 可通过特殊处理如选用 NBCA 栓塞材料解决; (4) 单肾或残存肾功能少于 30% 的患者, 需特别注意靶向栓塞, 避免过度栓塞; (5) 妊娠期患者, 需权衡辐射对胎儿的影响。对于特殊人群, SRAE 应采取个性化策略: 对高龄患者( $>80$  岁), SRAE 较开放手术更具优势, 但需严格控制对比剂用量, 术前充分水化, 必要时使用肾脏保护药物。对单肾患者, 应采用超选择性技术, 限定栓塞范围与出血血管, 保留最大限度的功能性肾组织。对凝血功能异常患者, 可优先考虑 NBCA 等液体栓塞材料, 结合术前凝血功能纠正方案, 提高操作安全性。对儿童患者, 需考虑辐射剂量最小化, 并根据体重调整对比剂用量[18] [19]。

#### 4.2. 栓塞材料的选择对疗效的影响

栓塞材料是超选择性肾动脉栓塞成功的关键, 如图 5 所示, PVA 颗粒适用于末梢血管, 止血成功率为 96.5%, 但可能引起轻微腰痛和栓塞后综合征(PES)。弹簧圈适用于大直径血管和复杂病变, 单独使用可能导致血管再通, 通常与 PVA 颗粒联合使用。明胶海绵适用于短期控制轻度或中度出血, 止血成功率为 93.4%, 但吸收后可能导致血管再通[13], 液体栓塞剂 NBCA 适用于高流速血管, 止血成功率达 100%, 但技术要求较高。PVA 颗粒与弹簧圈联合使用在复杂病变中的止血成功率为 98.7%, 有效降低复发率和并发症。栓塞材料的选择直接影响止血效果和术后并发症, 合理组合材料并根据病变特点调整, 能显著提高疗效并降低术后不良事件发生率。

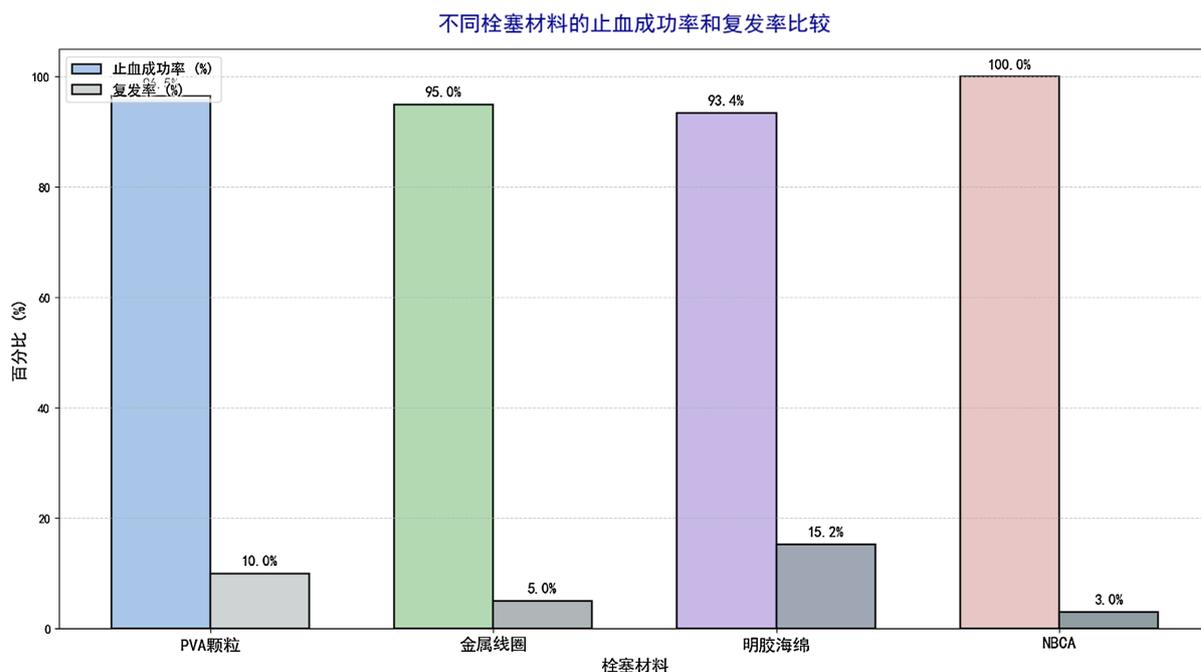


Figure 5. Differences in the success rate and recurrence rate of hembolization materials in hemostasis

图 5. 栓塞材料在止血成功率及复发率方面的差异图

## 5. 结论

超选择性肾动脉栓塞在急性肾出血治疗中展现了显著优势, 术后止血成功率为 96.7%, 并显著减少输血需求。其靶向栓塞技术有效保护肾组织, 降低并发症发生率至 20.8%, 主要为轻微症状。随访数据显示, 患者肾功能稳定, eGFR 在短期内恢复至术前水平。复发率为 25.32%, 其中肿瘤相关出血患者为 11.11%。PVA 颗粒与弹簧圈联合使用有效降低复发风险, 确保肾功能稳定, 显示 SRAE 在复杂病例中的持久疗效。

基于本研究结果建议：(1) 对于肿瘤相关和医源性肾出血，SRAE 可作为一线治疗方案；(2) 在技术操作  
上，应尽可能采用超选择性技术，精准定位出血血管，减少对正常肾组织的影响；(3) 栓塞材料的选择应  
根据出血类型个体化，对于复杂血管病变优先考虑 PVA 颗粒与弹簧圈联合使用；(4) 对于高龄、单肾及  
肾功能不全患者，术前评估和术后监测尤为重要，必要时联合肾保护策略。

## 参考文献

- [1] Feng, Y., Zhang, X., Zhao, R. and An, X. (2024) Super-Selective Renal Artery Embolization (SRAE) for Iatrogenic and Traumatic Renal Hemorrhage. *BMC Surgery*, **24**, Article No. 282. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02572-3>
- [2] Li, X., Chen, G. and Zhu, D. (2022) Percutaneous Transcatheter Super-Selective Renal Arterial Embolization with N-Butyl Cyanoacrylate for Iatrogenic Renal Hemorrhage. *Journal of Interventional Medicine*, **5**, 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.jimed.2022.03.008>
- [3] Kwon, H., Bae, M., Jeon, C.H., Hwangbo, L., Lee, C.M. and Kim, C.W. (2022) Volume Preservation of a Shattered Kidney after Blunt Trauma by Superselective Renal Artery Embolization. *Diagnostic and Interventional Radiology*, **28**, 72-78. <https://doi.org/10.5152/dir.2021.21711>
- [4] Li, Z., Yang, L., Yang, H., Zhang, T., Cai, Y., Jiang, Z., et al. (2024) Comparison of Superselective Renal Artery Embolization versus Retroperitoneal Laparoscopic Partial Nephrectomy in Ruptured Hemorrhagic Renal Angiomyolipoma: A Single-Center Study. *Diseases*, **12**, Article 218. <https://doi.org/10.3390/diseases12090218>
- [5] Chen, C.S., Ahn, H., Shin, J.H., Li, H., Kim, J.W., Ibrahim, A., et al. (2021) Renal Artery Embolization for Spontaneous Hemorrhage in Patients with Acquired Cystic Kidney Disease: A 20-Year Single-Center Experience. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, **37**, 1111-1117. <https://doi.org/10.12669/pjms.37.4.3999>
- [6] Hu, L., Wu, H., Wang, J. and Hu, Y. (2024) Experience of Multiple Super-Selective Renal Angiographic Embolization (SRAE) after Minimally-Percutaneous Nephrolithotomy Haemorrhage: A Case Report. *Journal of Inflammation Research*, **17**, 4309-4313. <https://doi.org/10.2147/jir.s468120>
- [7] Jairam, A., King, B., Berman, Z. and Rivera-Sanfeliz, G. (2021) Non-Permanent Transcatheter Proximal Renal Artery Embolization for a Grade 5 Renal Injury with Delayed Recanalization and Preserved Renal Parenchymal Enhancement. *Journal of Trauma and Injury*, **34**, 198-202. <https://doi.org/10.20408/jti.2020.0075>
- [8] 朱辉, 倪才方. 超选择性肾动脉栓塞术治疗不同原因急性肾出血的疗效分析[J]. 实用医学影像杂志, 2024, 25(2): 124-127.
- [9] 麦美芳, 杨小月, 欧春霞, 等. 超选择性肾动脉栓塞治疗医源性肾出血临床疗效的 Meta 分析[J]. 中华介入放射学电子杂志, 2021, 9(3): 319-325.
- [10] 乔建军, 李强. 超选择性肾动脉栓塞术治疗医源性肾出血 27 例分析[J]. 中国药物与临床, 2019, 19(1): 66-67.
- [11] 周国永, 刘伟波. 超选择性肾动脉栓塞术治疗肾出血的临床疗效评价[J]. 中国医学创新, 2017, 14(18): 97-100.
- [12] 石静. 肾包膜动脉栓塞联合超选择性肾动脉栓塞治疗损伤性肾出血的安全性及有效性[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽医科大学, 2023.
- [13] 蒋小俊. 选择性肾动脉栓塞治疗肾出血的疗效及安全性评价[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明医科大学, 2018.
- [14] Li, H., Hu, Y., Lu, D., Wang, J., Lin, Y., Zhong, X., et al. (2023) Clinical Application of Superselective Transarterial Embolization of Renal Tumors in Zero Ischaemia Robotic-Assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy. *Frontiers in Oncology*, **13**, Article 1212696. <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1212696>
- [15] Inoue, T., Zhang, X., Kuwatsuru, R., Okada, S., Kato, H., Ozu, H., et al. (2021) Efficacy and Safety of Prophylactic Superselective Embolization for Angiomyolipoma at the Renal Hilum. *Journal of International Medical Research*, **49**, 1-11. <https://doi.org/10.1177/03000605211016193>
- [16] Kumar Singh, V., Sarma, D., Agarwal, S., Bagchi, P.K., Phukan, M., Das, N., et al. (2024) Preoperative Super-Selective Embolization versus "On-Clamp" Laparoscopic Partial Nephrectomy for T1 Renal Tumors—A Prospective Randomized Study. *Journal of Kidney Cancer and VHL*, **11**, 18-26. <https://doi.org/10.15586/jkcvhl.v11i2.328>
- [17] 彭晓正, 杨会军, 吴森林, 等. 超选择性肾动脉栓塞治疗不同病因肾出血的疗效评估[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2024, 10(1): 46-50.
- [18] 雷彦明, 顿殊次仁, 罗帅, 等. 高原地区超选择性肾动脉栓塞术治疗经皮肾镜取石术后肾出血的治疗策略[J]. 西藏医药, 2020, 41(5): 9-12.
- [19] 蒋光近. 超选择性肾动脉栓塞术治疗经皮肾镜取石术后肾出血的临床分析[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(8): 197-198.