

腎がんに対するロボット支援下腎部分切除術 (RAPN) における trifecta の検討

佐賀大学医学部附属病院泌尿器科¹⁾ くまもと県北病院泌尿器科²⁾

山口優香子*¹⁾・東武昇平²⁾・瀧下弥仁雅¹⁾・前田晃宏¹⁾・草野脩平¹⁾
柿木優佳¹⁾・柿木寛明¹⁾・有働和馬²⁾・川崎麻己¹⁾・野口満¹⁾

(受付日: 2026 年 5 月 15 日, 受理日: 2026 年 6 月 8 日)

抄録:

【目的】

腎部分切除術における包括的手術成績の指標として, がん制御, 腎機能温存, 合併症回避の 3 要素から構成される trifecta の達成が提唱されている。本研究では, 当院におけるロボット支援下腎部分切除術 (robot-assisted partial nephrectomy: RAPN) 症例の trifecta 達成率を検討した。

【対象と方法】

2019 年 12 月から 2025 年 10 月までに当院で RAPN を施行した 83 例を対象に後方視的検討を行った。trifecta は, ①切除断端陰性, ②温阻血時間 25 分未満または術後 3 カ月時点の eGFR 低下率 10% 未満, ③ Clavien-Dindo 分類 Grade III 以上の合併症なし, の 3 項目をすべて満たすものと定義した。

【結果】

切除断端陰性率は 94% であった。温阻血時間 25 分未満は 58%, 術後 3 カ月時点の eGFR 低下率 10% 未満は 71% であった。Grade III 以上の合併症は 6% に認めた。trifecta 達成率は温阻血時間基準で 53%, eGFR 基準で 66% であった。

【結語】

当院における trifecta 達成率は 53-66% であり, 既報と比較して同程度からやや低値であった。術者経験の影響がその一因として示唆された。

(西日泌尿. 88 : 455-459, 2026)

キーワード: 腎がん, ロボット支援下腎部分切除術 (RAPN), trifecta, 腎機能温存

緒 言

RAPN は, 2016 年に本邦で保険収載されて以降, 急速に普及し, 現在では標準的治療の一つとなっている。近年では, 高難度腫瘍に対しても適応が拡大され, その有用性が報告されている¹⁾。

一方で, 各施設における手術成績の客観的かつ包括的な評価はいまだ十分とはいえない。腎部分切除術の包括的評価指標として, がん制御, 腎機能温存, 合併症回避の 3 要素から構成される trifecta の達成が提唱されている²⁾。本指標は, 腫瘍学および機能的アウトカムを同

時に評価可能な有用な指標とされている。

本研究では, 当院における RAPN 症例を対象に trifecta 達成率を後方視的に評価するとともに, その成績に影響を及ぼす因子について検討し, 本術式の有効性および安全性を明らかにすることを目的とした。

対 象 と 方 法

2019 年 12 月から 2025 年 10 月までに, 佐賀大学医学部附属病院において RAPN を施行した 83 例を対象とした。男性 52 例 (63%), 女性 31 例 (37%) で, 年齢中央値は 69 歳 (59-76 歳) であった。臨床病期は cT1a が 78 例 (94%) と大部分を占め, cT1b が 4 例 (5%), cT3a が 1 例 (1%) であった。R.E.N.A.L. score は low 群 (6 点以下) が 61 例 (73%), moderate 群 (7-9 点) が 22 例 (27%) であり, high 群 (10 点以上) は認めな

* 〒 849-8501 佐賀市鍋島 5 丁目 1 番 1 号
TEL 0952-31-6511

かった。患者背景を Table 1 に示す。

評価項目として、手術所見（アプローチ方法、術前尿管カテーテル留置の有無、手術時間、コンソール時間、気腹時間、温阻血時間、出血量）、病理所見（病理病期、組織型、切除断端）、および trifecta 達成率を検討した。

手術支援ロボットは da Vinci Si[®] を導入し、2025 年 12 月以降は da Vinci Xi[®] へ全て移行した。術者は da Vinci 認定資格を有する泌尿器科専門医 9 名であり、そのうち 4 名がプロクター資格を有していた。術前尿管カテーテル留置は R.E.N.A.L. score を考慮して症例ごとに判断し、留置例では腫瘍切除直前にインジゴカルミンを逆行性に投与し尿路開放の指標とした。腎動脈は分枝を含めて遮断し、腎静脈は遮断しなかった。腫瘍切除前に体内エコーで腫瘍境界を確認しマーキングを行った。切除面はソフト凝固により止血し、必要に応じて knotless sutures による連続縫合を行った。さらに術者の判断で腎実質縫合やタコシール[®] の貼付を行い、可能な場合は腎周囲脂肪で被覆した。アプローチは腫瘍が腎後面に位置する場合や腹腔内手術歴がある場合には後腹膜アプローチを選択し、それ以外では経腹アプローチとした。

合併症は Clavien-Dindo 分類に基づき評価した³⁾。

trifecta は Hung ら²⁾ の報告に準じ、①切除断端陰性、②温阻血時間 25 分未満または術後 3 カ月時点の eGFR 低下率 10% 未満、③ Clavien-Dindo 分類 Grade III 以上の合併症なし、の 3 項目をすべて満たすものと定義した。

統計解析には JMP を用い、2 群間比較には Fisher's exact test および Mann-Whitney U 検定を用い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

結 果

手術所見および病理所見を Table 2 に示す。手術時間およびコンソール時間の中央値はそれぞれ 261 分および 156 分であった。温阻血時間の中央値は 22 分 (16–31 分) であったが、3 例では測定されていなかった。出血量の中央値は 30 mL であった。

病理病期は pT1a が 70 例 (84%) と最も多く、pT2 以上は 5 例 (6%) であった。組織型は淡明細胞型腎細胞がんが 62 例 (75%)、乳頭型腎細胞がんが 11 例 (13%)、嫌色素性腎細胞がんが 3 例 (3%) であった。良性腫瘍としてオンコサイトーマおよび腎血管筋脂肪腫を 6 例 (7%) に認めた。

切除断端陽性は 5 例 (6%) であり、切除断端陰性率は 94% であった。

腎機能温存に関しては、温阻血時間 25 分未満は 48 例 (58%) であった。術後 3 カ月時点で採血を施行していた 56 例のうち、eGFR 低下率 10% 未満は 40 例 (71%) であった。

Clavien-Dindo 分類 Grade III 以上の合併症は 5 例 (6%) に認めた。内訳は尿瘻 2 例、仮性動脈瘤 2 例、術後腎出血 1 例であった。尿瘻は CT ガイド下ドレナージまたは尿管ステント留置により改善し、仮性動脈瘤はいずれもカテーテルコイル塞栓術を施行した。術後腎出血を認めた 1 例では、術中に肺塞栓症を発症し、術後抗凝固療法開始後に腎周囲出血を認めたが、保存的治療により軽快した。合併症回避率は 94% であった。以上より、trifecta 達成率は温阻血時間基準で 53%、eGFR 基準で 66% であった (Table 3)。

Table 1 Patient characteristics

Number of patients	83
Age, median (IQR), years	69 (59–76)
Male, n (%)	52 (63%)
Female, n (%)	31 (37%)
Body mass index, median (IQR), kg/m ²	22.9 (20.9–25.7)
Tumor size, median (IQR), mm	22 (17.5–28.5)
cT1a, n (%)	78 (94%)
cT1b, n (%)	4 (5%)
cT3a, n (%)	1 (1%)
R.E.N.A.L. nephrometry score, n (%)	
≤6 (Low)	61 (73%)
7–9 (Moderate)	22 (27%)
≥10 (High)	0 (0%)

考 察

本研究における trifecta 達成率は 53-66%であり、既報の 58-81%と比較して同程度からやや低値であった⁴⁻⁸⁾。この要因として、術者経験の影響が考えられる。これまでに、RAPN においては術者の習熟度が温阻血時間や周術期成績に影響することが報告されている⁹⁻¹⁰⁾。本研究においても温阻血時間 25 分未満の割合は 58%とやや低値であり、若手医師が指導医のもとで執刀する症例が多いことが影響した可能性がある。実際にプロクターの有無で比較すると、温阻血時間の中央値はプロクター群で 21 分 (16-25 分)、非プロクター群で 30 分

(25-38 分) と有意差を認めた ($p<0.001$)。一方で、切除断端陰性率、eGFR 低下率、合併症発生率には有意差を認めなかった (Table 4)。

従来、腎機能温存の指標として温阻血時間 25 分未満が広く用いられてきたが、これは腎機能を直接反映する指標ではない。一方、eGFR 低下率は腎実質切除量を含めたより包括的な腎機能評価指標とされる¹¹⁾。本研究では、温阻血時間 25 分未満の達成率が 58%であったのに対し、術後 3 カ月時点の eGFR 低下率 10%未満は 71%と良好な成績であった。この背景として、小径腫瘍が大部分を占めていたことから、腎実質の切除量が比較的少なかったことが寄与した可能性がある。

Table 2 Perioperative and pathological outcomes

Surgical findings	
Surgical approach, n (%)	
Transperitoneal	66 (80%)
Retroperitoneal	17 (20%)
Ureteral catheter placement, n (%)	
Yes	40 (48%)
No	43 (52%)
Operative time, median (IQR), min	261 (219-314)
Console time, median (IQR), min	156 (129-195)
Pneumoperitoneum time, median (IQR), min	199 (167-242)
Warm ischemia time, median (IQR), min	22 (16-31)
Estimated blood loss, median (IQR), mL	30 (10-50)
Pathological findings	
Pathological T stage, n (%)	
pT1a	70 (84%)
pT1b	3 (4%)
pT2>	5 (6%)
Histology, n (%)	
Clear cell	62 (75%)
Papillary	11 (13%)
Chromophobe	3 (3%)
Benign tumor	6 (7%)
Positive surgical margin, n (%)	5 (6%)

Table 3 Trifecta outcomes

Negative surgical margin, n (%)	78 (94%)
Warm ischemia time <25 min, n (%)	48 (58%)
eGFR decline $\leq 10\%$ at 3 months, n (%)	40 (71%)
Major complications (Clavien-Dindo $\geq III$), n (%)	5 (6%)
Trifecta achievement (WIT criteria), n (%)	44 (53%)
Trifecta achievement (eGFR criteria), n (%)	55 (66%)

Table 4 Perioperative outcomes by proctor status

	Proctor (+) (n=4)	Proctor (-) (n=5)	p-value
Positive surgical margin, n (%)	2 (4)	3 (8)	0.507
Warm ischemia time, median (IQR), min	21 (16–25)	30 (25–38)	0.005
eGFR decline $\leq 10\%$ at 3 months, n (%)	25 (54)	15 (41)	0.209
Major complications (Clavien–Dindo $\geq III$), n(%)	2 (4)	3 (8)	0.474

教育機関においては、若手医師の育成と手術成績の維持を両立させる必要がある。本研究の結果から、術者経験は主として温阻血時間に影響を及ぼす一方で、切除断端や合併症といった主要なアウトカムには大きな影響を与えない可能性が示唆された。すなわち、適切な症例選択および指導体制のもとでは、安全性を担保しつつ教育的手術を実施可能であると考えられる。

本研究は単施設における後方視的検討であり、症例数や選択バイアスの影響を受ける可能性がある。

結 語

当院における RAPN の trifecta 達成率は 53–66% であり、既報と比較して同程度からやや低値であった。その要因として術者経験の影響が示唆され、適切な症例選択および教育体制の構築が今後の成績向上に重要と考えられた。

文 献

- 1) 三浦徳宣・他：高難度腎腫瘍に対するロボット支援腎部分切除術（RAPN）の成績。西日泌尿。82: 72–78, 2020.
- 2) Hung, A. J. et al.: “Trifecta” in Partial Nephrectomy. J. Urol. 189: 36–42, 2013.
- 3) Dindo, D. et al.: Classification of surgical complications: A new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. Ann Surg. 240 (2): 205–213, 2004.
- 4) Khalifeh, A. et al.: Comparative outcomes and assessment of Trifecta in 500 robotic and laparoscopic partial nephrectomy cases: a single surgeon experience. J. Urol. 189: 1236–1242, 2013.
- 5) Zargar, H. et al.: Trifecta and optimal perioperative outcomes of robotic and laparoscopic partial nephrectomy in surgical treatment of small renal masses: a multi-institutional study. BJU Int. 116: 407–414, 2015.
- 6) Carneiro, A. et al.: Evolution from laparoscopic to robotic nephron sparing surgery: a high-volume laparoscopic center experience on achieving “Trifecta” outcomes. World J. Urol. 33: 2039–2044, 2015.
- 7) Lista, G. et al.: Margin, ischemia, and complications system to report perioperative outcomes of robotic partial nephrectomy: A European Multi-center Observational Study (EMOS project). Urology. 85: 589–595, 2015.
- 8) 青木貴寛・他：ロボット支援腎部分切除術の初期経験における Trifecta 達成に影響する術前因子の検討。泌尿紀要。69: 73–77, 2023.
- 9) Larcher, A. et al.: The learning curve for robot-assisted partial nephrectomy: impact of surgical experience on perioperative outcomes. Eur. Urol. 75: 253–256, 2019.
- 10) Ficarra, V. et al.: Predictors of Warm Ischemia Time and Perioperative Complications in a Multi-center, International Series of Robot-Assisted Partial Nephrectomy. Eur. Urol. 61: 395–402, 2012.
- 11) Lane, BR. et al.: Comparison of cold and warm ischemia during partial nephrectomy in 660 solitary kidneys reveals predominant role of nonmodifiable factors in determining ultimate renal function. J. Urol. 185: 421–427, 2011.

TRIFECTA ACHIEVEMENT FOLLOWING ROBOT-ASSISTED
PARTIAL NEPHRECTOMY FOR RENAL CELL CARCINOMAYUKAKO YAMAGUCHI, MINIKA TAKISHITA, AKIHIRO MAEDA, SHUHEI KUSANO,
YUKA KAKINOKI, HIROAKI KAKINOKI, MAKI KAWASAKI AND MITSURU NOGUCHI

Department of Urology, Saga University Hospital, Saga, Japan

SHOHEI TOBU AND KAZUMA UDO

Department of Urology, Kumamoto Kenhoku Hospital, Kumamoto, Japan

Abstract :

Objective : Trifecta, defined as oncological control, preservation of renal function, and avoidance of complications, has been proposed as a comprehensive outcome measure in partial nephrectomy. We aimed to evaluate the rate of trifecta achievement in patients undergoing robot-assisted partial nephrectomy (RAPN) at our institution.

Methods : We retrospectively analyzed 83 consecutive patients who underwent RAPN between December 2019 and October 2025. Trifecta was defined as the simultaneous achievement of the following three criteria: negative surgical margins, warm ischemia time <25 minutes or $\leq 10\%$ decline in estimated glomerular filtration rate (eGFR) at 3 months postoperatively, and absence of Clavien-Dindo grade III or higher complications.

Results : Negative surgical margins were achieved in 94% of patients. Warm ischemia time <25 minutes was observed in 58%, while $\leq 10\%$ decline in eGFR at 3 months was achieved in 71%. Major complications occurred in 6% of cases. The trifecta achievement rate was 53% based on ischemia time criteria and 66% based on eGFR criteria.

Conclusions : The trifecta achievement rate at our institution ranged from 53% to 66%, which was comparable to, but slightly lower than, previously reported outcomes. Surgeon experience may have contributed to these findings. (Nishinohon J. Urol. **88**: 455-459, 2026)

key words : Kidney cancer, Robot-assisted partial nephrectomy, trifecta, Renal function preservation
