

無阻血・無縫合ロボット支援腎部分切除術の初期経験

土肥洋一郎, 牧田 哲幸, 鈴木 一生, 鈴木 良輔
久保田聖史, 杉野 善雄, 井上 幸治, 川喜田睦司
神戸市立医療センター中央市民病院泌尿器科

OFF-CLAMP, NON-RENORRHAPHY ROBOT-ASSISTED PARTIAL NEPHRECTOMY: AN INITIAL EXPERIENCE IN A SINGLE INSTITUTION

Yoichiro TOHI, Noriyuki MAKITA, Issei SUZUKI, Ryosuke SUZUKI,
Masashi KUBOTA, Yoshio SUGINO, Koji INOUE and Mutsushi KAWAKITA
The Department Of Urology, Kobe City Medical Center General Hospital

We report the surgical procedures and perioperative outcomes of off-clamp, non-renorrhaphy robot-assisted partial nephrectomy (RAPN) in 7 out of 76 patients who underwent RAPN with off-clamp and non-renorrhaphy between February 2015 and August 2017. The approach was chosen depending on the location of the tumor. Tumor enucleation was performed by using sharp incision and blunt dissection. For hemostasis, the soft-coagulation system was used and TachoSil[®] was placed on the resection bed. As a rule, renorrhaphy was not performed. Median (range) patient age was 67 years (40-79), tumor size ; 14 mm (12-18), operative time ; 139 minutes (102-166), console time ; 51 minutes (41-75), estimate blood loss ; 10 ml (0-100). No patients required a perioperative blood transfusion. Median (range) tumor intra-parenchymal depth was 10.4 mm (4.3-15.5) and distance from urinary collecting system was 9.3 mm (4.1-13.0). Pseudoaneurysm and urine leakage were not observed. No complications classified as Clavien-Dindo grade higher than grade 1 appeared. No cases had a positive surgical margin. Median (range) estimated glomerular filtration rate (eGFR) change rate at 3 months after surgery was 0% (-12.7-14.5). Off-clamp, non-renorrhaphy RAPN with the soft-coagulation system and TachoSil[®] is a feasible and safe procedure for patients carefully selected among those with superficial tumors.

(Hinyokika Kyo 64 : 323-327, 2018 DOI : 10.14989/ActaUrolJap_64_8_323)

Key words : Robot-assisted partial nephrectomy, Off-clamp, Non-renorrhaphy

緒 言

腎腫瘍に対する阻血、腎実質縫合による腎部分切除術 (PN) は、無血野での切除による断端陰性の確保や正確な縫合、また出血のコントロールや尿漏に代表される術中術後合併症の予防の理由で標準的な術式として行われている。この術式は、温阻血時間 (WIT) の延長¹⁾や腎実質縫合^{2,3)}で腎機能低下を来すという報告がある。したがって、PN 術後の腎機能温存の観点から、無阻血で腎実質縫合をしない術式が理想といえるが、出血量の増加やそれによる視野不良のため難しい術式とされる。しかしながら、ロボット支援腎部分切除術 (RAPN) の経験が蓄積されると、無阻血および無縫合による手術方法は、適切に症例を選択すれば安全に施行できる術式となると思われる。今回、当院で施行した無阻血、無縫合の RAPN の手術方法とその周術期治療成績について報告する。

対 象 と 方 法

2015年2月から2017年8月までに当院で腎腫瘍に対

して RAPN を施行した76症例のうち、無阻血、無縫合で RAPN を施行した7症例を対象とした。周術期治療成績、周術期合併症、術後3カ月の腎機能を後方視的に検討した。本術式の適応は、腫瘍の腎実質内への深さが10 mm程度、尿路と大きく接していないものとした。例として、右腎下極18 mmの腎腫瘍症例の術前の造影CTの画像を示す (Fig. 1)。腎腫瘍は、UICC 第7版資料 (2009) を用い深達度の評価を行った⁴⁾。RENAL nephrometry score は過去に報告された論文を参考に計算した⁵⁾。周術期の合併症のグレード評価 Clavien-Dindo 分類を用いた⁶⁾。

手 術 術 式

手術は2名の術者により施行された (MK, YT)。アプローチは腫瘍位置が前面の場合は経腹膜、後面と外側の場合は後腹膜アプローチを選択した。da Vinci Surgical System Si[®] (Intuitive Surgical Inc, Sunnyvale, CA, USA) を使用し、全症例でエクストラアームを使用した。経腹膜のアプローチの場合はベッドを屈曲せず60度程度の側臥位とし、後腹膜アプローチの場合

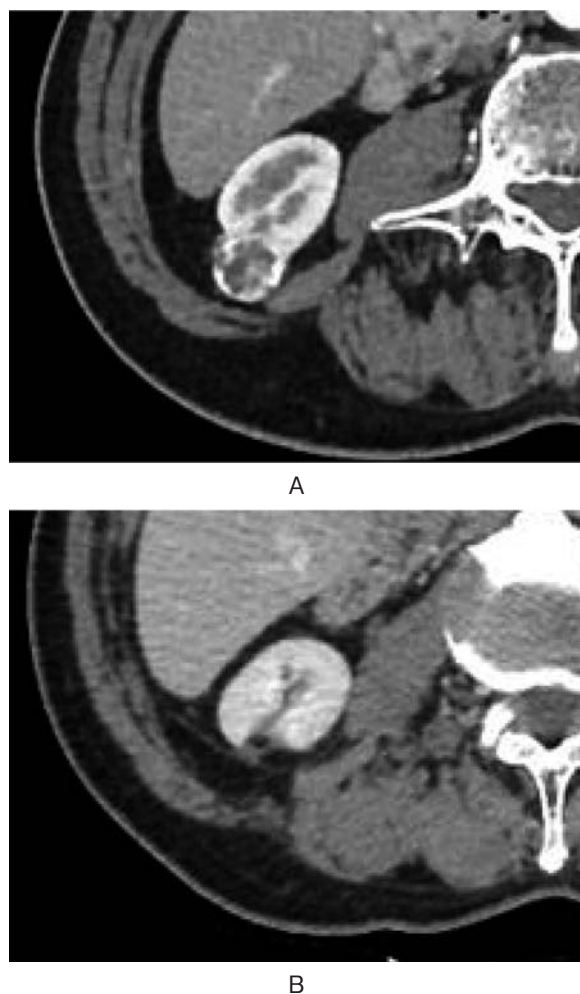


Fig. 1. Enhanced CT scans. A: a preoperative study shows a 18 mm tumor at the lower pole of the right kidney. B: a postoperative study at 3 months shows minimal parenchymal loss of the resected area.

はベッドを少し屈曲した腎摘位とした。術中灌流用の尿管カテーテルの留置は行わなかった。ポートは助手用ポート2本を含み6本設置し、肝挙上が必要な場合は1本追加した。腎茎の剥離は原則施行しなかった。腫瘍部表面の脂肪は一層付着した状態にし、余剰な脂肪は別に標本とした。腎周囲脂肪を剥離し腎被膜を露出させた。ロボット用超音波プローブL43K® (Hitachi, Tokyo, Japan)で腫瘍の血流を確認し、腫瘍から5 mm程度の正常腎に切除ラインを全周性にマーキングした。モノポーラのカットモードで切除を開始した。腫瘍周囲の腎実質の層に入ったところで、鈍的剥離を組み合わせ腫瘍に数 mm のマージンをつけるようにして核出を行った。腫瘍の切除と同時に助手は吸引とソフト凝固VIO300D® (ERBE Elektromedizin GmbH, Tübingen, Germany)による止血を行った。ソフト凝固はボール型電極を使用し、設定を出力80 W、エフェクト7にした。腫瘍切除後、切除面をソフト凝固で止血した。深部縫合および腎実質縫合は基本的に施

行しないが、尿路開放時は深部縫合のみを行う方針とした。標本をRuschメモバック® (Teleflex, Morrisville, NC, USA)に収納後、切除面にTachoSil® (CSL Behring, Tokyo, Japan)を貼付後に3~5分間圧迫

Table 1. Patient characteristics

Number of patients	7
Age, Median (range)	67 (40-79)
BMI, Median (range)	22.7 (20.0-31.5)
Charlson Comorbidity Index, Median (range)	2 (2-3)
Side (Left/Right), n	3/4
Solitary kidney, n	1
Tumor size (mm, on CT), Median (range)	14 (12-18)
RENAL nephrometry score, n	
Low (4-6)	6
Intermediate (7-9)	1
High (10-12)	0
Oral antithrombotic drugs, n	2 (continue)
Intraparenchymal depth (mm, on CT), Median (range)	10.4 (4.3-15.5)
Distance from urinary collecting system (mm, on CT), Median (range)	9.3 (4.1-13.0)

BMI = Body Muscle Index.

Table 2. Perioperative and pathological outcomes

Approach, n	
Transperitoneal	3
Retroperitoneal	4
Operative time, min, Median (range)	139 (102-166)
Console time, min, Median (range)	51 (41-75)
Estimate blood loss, ml, Median (range)	10 (0-100)
Conversion to open, nephrectomy or clamp, n	0
Transfusion, n	0
Postoperative hospital stay, day, Median (range)	5 (4-7)
Drainage tube placement, n	0
Perioperative complication (Clavien-Dindo classification), n	
Grade 1-2	0
Grade 3-5	0
Pseudoaneurysm, n	0
Urine leakage, n	0
Renal function	
Preoperative eGFR, ml/min/1.73 m ² , Median (range)	63 (47-96)
3-Months eGFR, ml/min/1.73 m ² , Median (range)	59 (41-101)
eGFR change rate (%), Median (range)	0 (-12.7-14.5)
Pathological stage, n	
T1a	7
Histopathological results, n	
Clear cell RCC	6
Papillary RCC	1
Positive surgical margins, n	0

eGFR = estimated glomerular filtration rate.

し、手術を終了した。

結 果

患者背景, 周術期成績, 病理学的結果, 周術期合併症の結果を Table 1, 2 に示す. 中央値で年齢は67歳 (40~79), 腫瘍径 14 mm (12~18), RENAL nephrometry score は low が 6 例, intermediate が 1 例だった. 抗血栓薬内服症例は 2 症例だったが, 継続のまま施行した (ダビガトランエテキシラート 1 例, リバーロキサパン 1 例). 単腎は 1 症例だった.

アプローチ方法は経腹膜 3 例, 後腹膜 4 例, 中央値で手術時間 139 分 (102~166), コンソール時間 51 分 (41~75), 出血量 10 ml (0~100) で輸血の施行症例はなかった. 開腹, 腎摘除, 阻血への術式移行症例はなかった. 尿路開放症例はなく, 深部縫合施行症例はなかった. 術後入院期間は中央値で 5 日 (4~7) だった. 全例ドレン留置をしなかった.

病理学的結果において, すべて腎細胞癌で pT1a, 淡明細胞型 6 例, 乳頭状 1 例だった. 全症例で切除断端陰性だった.

術後合併症として仮性動脈瘤や尿漏の出現はなかった. その他, Clavien-Dindo 分類 grade 1 以上の合併症は認めなかった.

腫瘍の腎実質内への深さは CT で測定し, 中央値で 10.4 mm (4.3~15.5) で, 尿路からの距離は 9.3 mm (4.1~13.0) だった. 術後 3 カ月目の eGFR による腎機能変化率は中央値で 0 % (-12.7~14.5) であった (Fig. 2).

考 察

腎腫瘍に対する阻血, 腎実質縫合による PN は標準的な術式として行われているが, 阻血をすることは術後腎機能に悪影響を与え, 特に術前の腎機能が低下しているような症例については WIT を最小限に抑えることは有益とされる⁷⁾. また腫瘍の切除や腎実質縫合

は長期的な腎機能に悪影響を与えるという報告^{2,3)}がある. 今回われわれが報告する無阻血・無縫合 PN は, これら阻血や縫合で起こりうる腎障害を避けることが可能である.

今回の報告では, 術後 3 カ月目と短期成績であるが腎機能変化率は中央値で 0 % であった. 切除断端陽性症例はなく, 出血量は中央値 10 ml で輸血を要した症例はなく, 周術期に合併症の出現もなかった. つまり, 本術式は癌関連成績が悪くならず, 出血など合併症が増加せず, 腎機能保持も良好で有益といえる. 本術式の利点について以下の 3 点が考えられる. 1 つ目はロボット手術のため, 高解像度, 高倍率の 3-D イメージングかつ, カメラは術者が操作でき, 従来の鏡視下手術よりも視野確保が向上していることがあげられる. 2 つ目は関節が曲がる EndoWrist インストルメントによって, 術者による止血の精度が向上している. 当院の場合, 鏡視下 PN 手術では, 助手ポートが 1 本のため, 助手は腫瘍切除中, 吸引のみ行っていたが, RAPN では助手ポートを 2 本設置し, 腫瘍切除中, 助手が吸引とソフト凝固を同時に行うことが可能になり, 止血による視野確保が向上している. 3 つ目は術中阻血時間を気にせず, 確実に止血しながら切離をすすめることができ, 術者の精神的負担も少ないと思われる.

無阻血鏡視下 PN の有効性についての報告は散見される (Table 3). Simone ら⁸⁾は無阻血無縫合鏡視下 PN の 101 例を報告し, 患者背景において中央値で腫瘍径が 24 mm, RENAL nephrometry score が 4 で, 手術時間が 60 分, 出血量が 100 ml, 合併症は 0 %, 切除断端陽性率は 0 %, 術後 3 カ月目の腎機能変化率 -3.1 % と良好な結果を報告している. 同様に Kim ら⁹⁾も無阻血無縫合鏡視下 PN の良好な成績を報告している. 腎実質縫合あり無阻血 RAPN についても報告は散見される^{10~14)}. 患者背景として腫瘍径が 17~31 mm, RENAL nephrometry score が 5.3~7.1 で, 手術

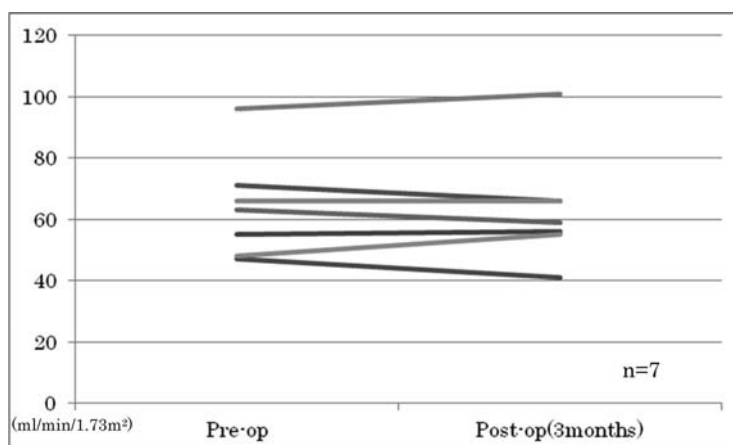


Fig. 2. eGFR values before and after surgery.

Table 3. Perioperative and renal function outcomes in the studies reviewed

Variable	<i>Simone, et al.⁸⁾</i>	<i>Kim, et al.⁹⁾</i>	<i>Sandhu, et al.¹⁰⁾</i>	<i>Komninos, et al.¹¹⁾</i>	<i>Anderson, et al.¹²⁾</i>	<i>Tanagho, et al.¹³⁾</i>	<i>Kaczmarek, et al.¹⁴⁾</i>	<i>Present study</i>
Number of cases	101	24	39	23	143	29	66	7
Surgical technique	Laparo	Laparo	Robot	Robot	Robot	Robot	Robot	Robot
Suture (Inner + Renorrhaphy)/ Sutureless	Sutureless	Sutureless	Suture	Suture	Suture	Suture	Suture	Sutureless
Tumor size (mm), Median	24	29	28	17	31 (mean)	23 (mean)	25 (mean)	14
Tumor complexity RENAL score, Median	4	NR	6.2 (mean)	6	7.1 (mean)	5.7 (mean)	5.3 (mean)	5
Intraparenchymal depth (mm), Median	7	NR	NR	NR	NR	NR	NR	10.4
Distance from urinary collecting system (mm)	10	NR	NR	NR	NR	NR	NR	9.3
Operative time (min), Median	60	80	147 (mean)	120	176.4 (mean)	127 (mean)	155	139
EBL (ml), Median	100	243	150	100	236.9 (mean)	146.4 (mean)	210	10
Transfusion rate (%)	0	12.5	0	4.3	NR	0	4.6	0
Conversion to clamp or open (%)	0	0	0	4	0	0	1.5	0
Complication rate grade ≥ 3 (%)	0	8.3	2.6	0	3.4	0	0	0
Positive surgical margin (%)	0	0	0	0	8.6	0	3	0
Change in eGFR (%)	-3.1 (3 months)	+0.9 (1 month)	NR	-4 (1 year)	-7.1 (9.2 months)	-5.7 (9 months)	+3 (6 months)	0 (3 months)

EBL = estimated blood loss, eGFR = estimated glomerular filtration rate. * NR: not reported.

時間が120～176.4分、出血量が100～236.9 ml、grade 3以上の合併症は0～2.6%、切除断端陽性率は0～8.6%であるが、腎機能変化率は-7.1～3%といずれも良好な結果が報告されている¹⁰⁻¹⁴⁾ (Table 3)。

上記のような良好な成績の報告がある一方で、無阻血PNは阻血PNに比べて出血量が多く、腎摘除へのコンバージョンが多いという報告¹⁵⁾がある。その理由は無阻血PNの限界である術中の出血である。無阻血PNでは阻血をしないため、腫瘍切除は無血野ではなく、術者の止血や助手の手際の良い吸引が重要とされる¹⁶⁾。当院では腎茎の剥離を行っていないが、動脈性の出血でコントロール困難になった経験はなかった。もし出血コントロール困難になった場合は、出血点をエクストラアームで圧迫を行い、腎茎を剥離し腎動脈をクランプする方針としている。症例の蓄積と適切な患者選択、ロボット支援手術の技術の向上により、無阻血PNは安全に実現可能になると考える。

無阻血PNは、過去の報告によると腫瘍径が小さく、腎辺縁に存在し、外方突出型の腫瘍を対象としているが、適応についてはまだコンセンサスがないのが現状である。本報告と同様に腫瘍の腎実質への深さや尿路からの距離についてSimone⁸⁾も報告しており、それぞれ7、10 mmという結果であった (Table 2)。われわれの報告では、それぞれ10.4、9.3 mmであった。したがって、腫瘍の腎実質内への深さが10 mm、腫瘍の尿路までの距離が10 mmまでが安全に無阻血、無縫合PNが可能ではないかと思われる。特に単腎症

例や術前慢性腎臓病 (CKD) 症例など術後の急性腎障害を避けたい症例がよい適応と考える。

われわれは腫瘍切除面に対しては、ソフト凝固で止血した後にTachoSil[®]の貼付を行った。ソフト凝固についてはOtaらが無縫合PNを対象とし、その安全性と有効性について報告している¹⁷⁾。ソフト凝固は接触面積が広くなるようにボール型電極を使用し、設定は、出力80 W、エフェクト7としている。これはエフェクトを高く設定すると電圧が上がり電流は素早く組織に伝わり、浅い深度で凝固が完了するためである。また腫瘍切除をなるべく鈍的剥離を多用し核出で行っているため、血管をすばやく認識し凝固でき、また鈍的剥離により切除面は平坦になりボール型電極によるソフト凝固がより効率よく行うことが可能になる。われわれは止血目的の腎実質縫合を行わない代わりに、TachoSil[®]を用いている。TachoSil[®]を切除後に切除面がなるべくドライな状態で貼付し、3～5分間圧迫を行った。切除面に出血があるとTachoSil[®]と切除面の間に血液の層ができて貼付が困難になるため切除面はドライの方が良いと考える。また鉗子で圧迫すると、鉗子に付着してはがれたり、ずれたりすることが多いため、われわれは標本摘出用のメモバック[®]で圧迫している。

この研究にはいくつかの限界がある。単施設での報告であるため、症例数に限りがある。経験症例の蓄積が少数であるため、阻血PNとの比較した解析を行っていない。しかしながら、今回報告した術式は、適応

を選べば実現可能であり, 単腎や CKD 症例など対象症例は存在し, このわれわれの報告は実臨床においては大変有意義と考える. RAPN の経験が蓄積されると, 今までは技術的にチャレンジングだと思われる術式が増えてくると思われる. 今回の報告が無阻血・無縫合 RAPN の患者選択や術式において一助になることを期待している.

結 語

ソフト凝固, TachoSil® の使用で, 無阻血・無縫合 RAPN は安全で有用な術式といえる. RENAL nephrometry score や腫瘍径だけでなく, 腫瘍の腎実質内への深さや尿路までの距離も無阻血・無縫合 RAPN の術式の適応を検討する上で参考になる.

文 献

- 1) Thompson RH, Frank I, Lohse CM, et al.: The impact of ischemia time during open nephron sparing surgery on solitary kidneys: a multi-institutional study. *J Urol* **177**: 471-476, 2007
- 2) Bahler CD and Sundaram CP: Effect of renal reconstruction on renal function after partial nephrectomy. *J Endourol* **30**: S37-41, 2016
- 3) Kotamarti S, Rothberg MB, Danzig MR, et al.: Increasing volume of non-neoplastic parenchyma in partial nephrectomy specimens is associated with chronic kidney disease upstaging. *Clin Genitourin Cancer* **13**: 239-243, 2015
- 4) Sobin LH, Gospodarowicz M and Wittekind CH: Kidney (ICD-O C64). In Sobin LH, Gospodarowicz M, Wittekind CH (eds) *TNM Classification of Malignant Tumours* 7th edition. Wiley-Liss, New York: 255-257, 2009
- 5) Kutikov A and Uzzo RG: The RENAL nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. *J Urol* **182**: 844-853, 2009
- 6) Dindo D, Demartines N and Clavien PA: Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6,336 patients and results of a survey. *Ann Surg* **240**: 205-213, 2004
- 7) Lane BR, Babineau DC, Poggio ED, et al.: Factors predicting renal functional outcome after partial nephrectomy. *J Urol* **180**: 2360-2363, 2008
- 8) Simone G, Papalia R, Guaglianone S, et al.: 'Zero ischemia', sutureless laparoscopic partial nephrectomy for renal tumours with a low nephrectomy score. *BJU Int* **110**: 124-130, 2011
- 9) Kim TS, Oh JH and Rhew HY: "Off-clamp, non-renalorrhaphy" laparoscopic partial nephrectomy with perirenal fat and Gerota's fascia reapproximation: initial experience and perioperative outcomes. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* **24**: 339-344, 2014
- 10) Sandhu GS, Kim EH, Tanagho YS, et al.: Robot-assisted partial nephrectomy: off-clamp technique. *J Endourol* **27**: 4-8, 2013
- 11) Komninos C, Shin TY, Tuliao P, et al.: Renal function is the same 6 months after robot-assisted partial nephrectomy regardless of clamp technique: analysis of outcomes for off-clamp, selective arterial clamp and main artery clamp techniques, with a minimum follow-up of 1 year. *BJU Int* **115**: 921-928, 2015
- 12) Anderson BG, Potretzke AM, Du Kefu, et al.: Off-clamp robot-assisted partial nephrectomy does not benefit short-term renal function: a matched cohort analysis. *J Robotic Surg* [Epub ahead of print]; DOI:10.1007/s11701-017-0745-6, 2017
- 13) Tanagho YS, Bhayani SB, Sandhu GS, et al.: Renal functional and perioperative outcomes of off-clamp versus clamped robot-assisted partial nephrectomy: matched cohort study. *Urology* **80**: 838-843, 2012
- 14) Kaczmarek BF, Tanagho YS, Hillyer SB, et al.: Off-clamp robot-assisted partial nephrectomy preserves renal function: a multi-institutional propensity score analysis. *Eur Urol* **58**: 988-993, 2013
- 15) Peyronnet B, Khene ZE, Pradère B, et al.: Off-clamp versus on-clamp robotic partial nephrectomy: a multi-center match-paired case-control study. *Urol Int* **99**: 272-276, 2017
- 16) Lane BR, Gill IS, Fergany AF, et al.: Limited warm ischemia during elective partial nephrectomy has only a marginal impact on renal functional outcomes. *J Urol* **185**: 1598-1603, 2011
- 17) Ota T, Komori H, Rii J, et al.: Soft coagulation in partial nephrectomy without renalorrhaphy: feasibility of a new technique and early outcomes. *Int J Urol* **21**: 244-247, 2014

(Received on March 7, 2018)

(Accepted on May 21, 2018)