

—特集〔千葉北総病院におけるロボット支援手術の過去・現在・未来 (3)〕—



非腹腔鏡技術認定医でも安全に施行できる ロボット手術の導入と運用 ～副腎・腎（尿管）領域～

程塚 直人¹ 猪俣 碧仁¹ 土屋 卓士¹ 鈴木 喬大¹ 本田悠一郎¹
遠藤 州馬¹ 栗林 英吾¹ 鈴木 康友¹ 近藤 幸尋²

¹ 日本医科大学千葉北総病院泌尿器科

² 日本医科大学付属病院泌尿器科

背景

腎（尿管）悪性腫瘍，副腎腫瘍に対するロボット支援腹腔鏡下腎・副腎腫瘍手術は，2022年4月に本邦で保険収載された。

当院では2021年よりDAVINCI X，2022年よりXiを納入し，2021年から前立腺癌に対するロボット支援腹腔鏡下前立腺全摘除術（Robot-assisted radical prostatectomy；RARP），2022年8月からロボット支援腹腔鏡下腎尿管全摘除術（Robot-assisted nephroureterectomy；RANU）を導入した。2022年12月にロボット支援腹腔鏡下腎摘除術（Robot-assisted radical nephrectomy；RARN），22年9月ロボット支援腹腔鏡下腎部分切除術（Robot-assisted partial nephrectomy；RAPN），2023年4月ロボット支援腹腔鏡下副腎摘除術（Robot-assisted adrenalectomy；RA），2024年8月には腎盂尿管移行部狭窄に対するロボット支援腹腔鏡下腎盂形成術（Robot-assisted Pyelo-Plasty；RAPP）を導入した。

泌尿器科では2002年の慈恵医大青戸病院での腹腔鏡下前立腺全摘除術後の事故以来，腹腔鏡手術の技術を全国的に担保する目的で2004年に腹腔鏡技術認定医試験が創設された。試験内容には腎摘除術（腎癌），単純腎摘出術（腎移植），腎尿管全摘除術，副腎摘除術，腎盂形成術の術式をビデオで3人の試験官により評価される。

2022年に保険収載されたRARN，RAPN等により，腹腔鏡手術よりもロボット手術が主流となった流れに沿い，技術認定試験も2024年よりロボット手術での提出が可能となった。

筆者は2021年に腹腔鏡技術認定試験に提出するも，落ちた経緯がありいまだ非認定医である。

泌尿器ロボット支援手術プロクター認定制度では，各領域ごとにプロクター（手術指導医）の資格が設定

されている。前立腺・膀胱領域では腹腔鏡技術認定医であることは必須ではないが，腎（尿管）・副腎領域のプロクターとなる条件として腹腔鏡技術認定医であることが挙げられている。

2022年ロボット腎導入早期より技術認定医の指導の下ロボット手術を操作しており，その導入と経過を報告する。

ロボット支援腹腔鏡下腎摘除術；RARN（Robot-assisted radical nephrectomy）

腎悪性腫瘍手術に対するRARNは，従来の腹腔鏡下手術と比べ同等であることが示され，保険収載が決まった^{1,2}。

当院では2022年導入までは腹腔鏡下手術をすべて後腹膜アプローチで行ってきた。

2022年12月導入以降，経腹膜アプローチでのRARNをこれまでに38件施行してきた（2023年16件，2024年20件）。ポートの位置は図のように行っている（Fig. 1）。

導入されている施設で手術を見学，当院にプロクターを招聘し実践，術式の導入を行った。

左RARNでは，腎静脈の長さを確保し安全にクリップをかけるために，精腺静脈を先に処理している。腎門部は，腎背側からのアプローチだけでなく，腎静脈に沿って周囲組織を剥離することで，頭側のpsoas windowも開けることを定型とし，腎動脈・腎静脈をクリップする際の安全性に配慮している。

右RARNでは，結腸・十二指腸を脱転後，下大静脈をしっかりと露出する。その後，精腺静脈を確認，尿管を確保しpsoas windowを展開。性腺静脈を頭側に追うことで腎門部を確認する。右でも，腎静脈に沿って頭側を剥離することで副腎との間にpsoas windowを展開することができるようになり，腎動脈・腎静脈を

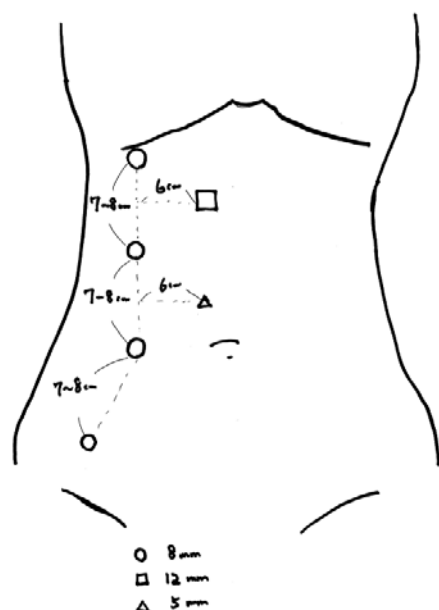


Fig. 1 右 RARN/RAPN/RA/RAPP ポート配置図

安全にクリップできるようになる。

38 件の RARN のうち、中央値で手術時間 267 分、コンソール時間は 147 分、出血量は 12.7 cc であった。入院期間中央値は 8 日であった。入院期間の延長には血糖コントロール、透析患者の透析管理、ADL 低下に伴うリハビリが関連していた。

一方、これまでの腹腔鏡下手術（2022 年 1 月～2024 年 12 月）はすべて後腹膜アプローチで行っており、中央値で手術時間 252 分、腹腔鏡時間 192 分、出血量 60 cc であった。入院期間中央値は 8 日であった。

全体の手術時間、入院期間には差は見られなかったが、腹腔鏡時間の短縮を認めた。何より、術者と助手の身体的負担は自覚症状として軽減している。

なお、腎悪性腫瘍における腹腔鏡下腎悪性腫瘍手術（内視鏡手術用支援機器を用いる）の DPC は、I 期間で 5 日（2,991 点）、II 期間で 10 日（1,853 点）、III 期間で 30 日（1,709 点）である（Table 1）³。これらのことを考慮し、当院のクリニカルパスでは DPC II 期間を考慮した 10 日を期限として作成している。

当術式は腹腔鏡技術認定医試験に 2024 年から採用された。上記の操作、試験内容の操作を考慮し、ポート挿入、ドッキング、腎遊離、止血確認まで 3 時間 30 分以内が認定要件となっている。

保険収載には年間 10 件（半年で 5 件）が必要とされている。

ロボット支援腹腔鏡下腎部分切除術；RAPN (Robot-assisted partial nephrectomy)

RAPN は 2004 年に報告された術式であり、その低侵襲性と根治性、機能温存を同時に達成しうる術式として施行頻度は増加し続け、2016 年に保険収載された術式である⁴。導入まで当院では後腹膜アプローチでの開腹腎部分切除術を主に行っていた。

ポートは RARN と同様の配置とした（Fig. 1）。血管のクランプ方法、無阻血等施設によって異なるが、当院では動脈のみクランプする方法を採用した。

腎動脈を血管鞘をつけたまま剥離。ブルドック鉗子でクランプし、腫瘍への血流が消失したことを確認して切除開始している。腎被膜を鋭的に切開、腎錐体に沿って鈍的に剥離。淡明細胞型腎細胞癌などの被膜を有する場合は、そこから核出術のように被膜にそって剥離し検体を摘出する。2-0Vlock で inner suture を行い、クランプを解除。ソフト凝固で止血、切離面にタコシルを敷き詰め、周囲脂肪で被覆し終了とする。

中央値で手術時間は 287 分、コンソール時間は 208 分、出血量 20 cc。

術後は翌日から離床としている。これまで 23 件施行してきたが、術後再出血や尿瘻は認めていない。入院期間中央値は 9 日であった（6～29）。入院が長くなった要因は、糖尿病の血糖コントロールもしくは透析に向けてのシャント造設、抗凝固薬の調整によるものであった。

RAPN においても、DPC 期間は RARN と同様のため、RARN に準じて 10 日でのクリニカルパスを作成し、運用している（Table 1）。

ロボット支援腹腔鏡下腎尿管全摘除術；RANU (Robot-assisted nephroureterectomy)

RANU は 2004 年に最初に報告されて以降、従来の腹腔鏡手術と比較しても周術期成績は同等以上と報告されている⁵⁻⁷。

個人的に RANU はロボット支援手術により大きなメリットが生じたと考えている。

従来は腹腔鏡手術では、ジャックナイフでの側臥位である腎体位で腎を遊離した後、一度閉腹。その後仰臥位に体位変換し、下腹部正中切開で下部尿管剥離、膀胱部分切除を行っていた。一度閉腹、体位変換、消毒をし直すことがあり、手術時間は全体で中央値 325 分かかっていた（2022 年 1 月～2024 年 12 月）。入院期間中央値は 11 日であった。

RANU のポート配置は RARN、RAPN と似ているが、膀胱処置を考慮し第 4 ポートを若干腹側に配置す

Table 1 病名, 術式による手術点数, DPC 期間

医療資源を最も投入した傷病名	術式	手術点数	DPC コード	包括入院日数+点数		
				I	II	III
腎癌	腹腔鏡下腎悪性腫瘍手術（内視鏡手術支援機器・7センチ以下）	70,703	11001xxx01x0xx	5	10	30
	腹腔鏡下腎悪性腫瘍手術（内視鏡手術用支援機器を用いる）（その他）	64,720				
	腎（尿管）悪性腫瘍手術	42,770		2,991	1,853	1,709
	腹腔鏡下腎（尿管）悪性腫瘍手術	64,720				
	（上記以外の手術）			5	10	30
	腎部分切除術	35,880	11001xxx97x00x	2,955	2,096	1,782
	腹腔鏡下腎部分切除術	49,200				
尿管癌・腎盂癌	腎（尿管）悪性腫瘍手術	42,770	110060xx01x0xx	6	11	30
	腹腔鏡下腎（尿管）悪性腫瘍手術	64,720				
	腹腔鏡下腎悪性腫瘍手術（内視鏡手術用支援機器を用いる）（その他）	64,720		2,954	1,846	1,693
	腹腔鏡下尿管悪性腫瘍手術（内視鏡手術用支援機器を用いるもの）	64,720				
	（上記以外の手術）			3	7	30
	経尿道的腎盂尿管腫瘍摘出術	21,420	110060xx97x0xx			
	経尿道的尿管狭窄拡張術	20,930		2,875	2,040	1,734
	腹腔鏡下小切開尿管腫瘍摘出術	31,040				
水腎水尿管症 水尿管症	腹腔鏡下腎摘出術	54,250	110420xx01xxxx	4	9	30
				2,857	2,027	1,723
	残存尿管摘出術	18,810	110420xx97xxxx	5	10	30
副腎癌 副腎腫瘍	腹腔鏡下副腎悪性腫瘍手術	51,120	100180xx01xxxx	5	10	30
				2,905	2,061	1,752
	腹腔鏡下副腎摘出術	40,100	100180xx02xxxx	4	9	30
	腹腔鏡下副腎摘出術（内視鏡手術用支援機器）	40,100		3,086	1,854	1,743
水腎症を伴わない 後天性腎盂尿管移行部狭窄・後天性 腎盂尿管移行部狭窄を伴う水腎症	腹腔鏡下腎盂形成手術	51,600	110420xx01xxxx	4	9	30
	腹腔鏡下腎盂形成手術（内視鏡手術用支援機器使用）	51,600		2,857	2,027	1,723
先天性腎盂尿管 移行部狭窄	腹腔鏡下腎盂形成手術	51,600	14056xxx97xxxx	4	8	30
	腹腔鏡下腎盂形成手術（内視鏡手術用支援機器使用）	51,600		2,438	1,995	1,795

る（Fig. 2）. 腎遊離まではカメラポートを2番ポートから挿入して処理. 下部尿路処理, 膀胱部分切除の際は一度ダビンチをアンドockingし, 体位変換せずターゲティングを膀胱側に変更し, 第3ポートからカメラを挿入することで処理が可能となった.

これにより導入初期頃は手術時間は440分と長くかかることはあったが, 直近では260分程度と著明な改善が見られるようになった.

RANUは導入から2024年12月までに17件行い, 中央値で手術時間342分, コンソール時間は232分であった. 導入当初の3例は腎～尿管下端までの遊離をロボットで行い, 体位変換し下腹部正中切開で下部尿管, 膀胱部分切除の処理を行っていた.

出血量中央値は20cc, 入院期間中央値は10日であった.

課題もある. 腎盂癌, 上部・中部尿管癌は上記アプ

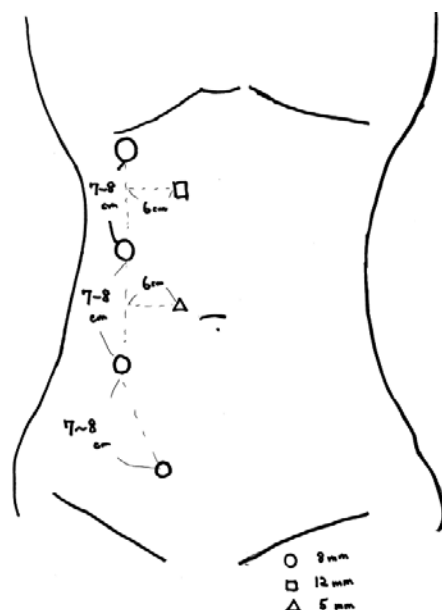


Fig. 2 右RANUポート配置図

ローチで問題ないが、下部尿管癌で膀胱内に尿管口から腫瘍が顔を出している場合、膀胱部分切除を大きくとることができるが、その後の検体を播種することなくエンドキャッチ等の袋に入れきる手技を構築する必要があると考える。この点については他の研究会や教育ビデオ講習会においても考察がなされていない。当院では可及的速やかに袋に入れることを行っており、播種と考えられる局所再発は今のところ認めていない。

DPCは腹腔鏡下尿管悪性腫瘍手術（内視鏡手術用支援機器を用いるもの）に該当し、I期で6日（2,954点）、II期で11日（1,846点）、III期で30日（1,693点）となっている（Table 1）。当院ではII期間を考慮し11日でのクリニカルパスを作成、運用している。症例により時期はPOD4～5前後で異なるが、全例膀胱造影を行い、leakがないことを確認してから尿道カテーテルを抜去している。

ロボット支援腹腔鏡下副腎摘除術；RA（Robot-assisted adrenalectomy）

副腎良性腫瘍に対し、RAは2022年4月に保険収載された。

Brandaoらのシステマティックレビューでは、腹腔鏡下副腎摘除術と比較してRAは出血量が有意に少なく、入院期間が有意に短いこと、合併症が少ない傾向にあることが報告されている⁸。手術難易度が高い褐色細胞腫に関してはXiaらのメタアナリシスで有用性が報告されている⁹。

副腎腫瘍に対してはこれまで後腹膜アプローチ/経

腹膜アプローチで腹腔鏡下手術を施行してきた。当科では2023年4月より導入し、これまで（2024年12月）に14件施行した。ポートはRARN、RAPNと同様に行い、全例経腹アプローチを行った（Fig. 1）。平均手術時間184分、コンソール時間は121分であった。非機能性腫瘍、原発性アルドステロン症、Cushing症候群が多くを占めた。

左RAは、左RARNと同様に結腸を脱転、精腺静脈を剥離し腎静脈を確認。それを中枢側に追うことで、左副腎静脈を確認する。剥離、クリップし切断し、副腎背側を剥離しpsoas windowを展開する。副腎を挙上し、両側の束となった組織を切離し摘出する。

右RAではメルクマールとなる組織が少ない。結腸を脱転、下大静脈を露出し、腎静脈を確認。下大静脈から肝外側にむけて腹膜を切開。腎上極を剥離し、少しずつ周り、背側から副腎を起こしていく。最後に下大静脈から分岐する副腎中心静脈をクリップし、検体遊離する。

RAのポート配置は各施設が最適な位置を探っている段階のようである。

副腎摘除は腎摘よりも頭側で操作を行うため、RARNのポート配置だと尾側のアーム（左副腎の場合は右手2本、右副腎の場合は左手2本）がぶつかりやすくなった。そのため、結腸脱転～中心静脈切除まで3rdアームを外し、psoas windowから副腎を挙上するところで3rdアームを挿入し操作を行った。他施設でも、3rdアームを最初から外し、ダビंचीを3本ドッキングのみで行う報告もされていた。医療安全の観点からは、術式に寄らず同じポート配置とすることで、担当者たちの混乱を防ぐことができるためRARN、RAPNと同様の配置でもよいと考えられる（Fig. 1）。

癌の転移症例（肺癌左副腎転移、右腎癌左副腎転移）は、他の副腎腫瘍とは異なり周囲との癒着が強固であったり、癒合筋膜やGerota筋膜の構造が分かりづらくなっており時間を要した。

褐色細胞腫は、側副血行路が通常より発達しており、中心静脈をクリップした後から急に出血するようになる。そのため、クリップ前にできるかぎり全周性に剥離しておき、とくに腎副腎間は左右とも確実に剥離しておいてから、クリップ後に一気に切除できる状態にしておく必要があると考えられる。

癌の可能性が考えられる場合や、褐色細胞腫の場合は、通常よりも手術予定時間を長めに設定しておく方がよいかもしれない。

術者が座ってできること、左副腎腫瘍に関しては血管処理も少なく、ロボットでの腎副腎のアプローチの

初学者に最適と考える。結腸の脱転処置、腎門部の剝離、経腹アプローチでのアーム操作、視野展開を学ぶことができる。

一方、右副腎腫瘍は下大静脈や肝臓が近く、メルクマールとなる構造物が少ないため左副腎腫瘍よりは難しいと考える。

泌尿器科腹腔鏡技術認定医試験ではポート造設から腫瘍遊離、止血確認まで2時間半以内のビデオが必要となる。腎摘除術、腎尿管全摘除術と比べ手術操作が少ないため、その分操作の詳細について厳しいジャッジになると言われている。

保険登録には年間10件（半年で5件）以上が必要とされている。

なお、腹腔鏡下副腎摘除術は40,100点（K754-2）、腹腔鏡下副腎髓質腫瘍摘除術は47,030点（K755-2）と褐色細胞腫だけ点数が上乘せされている。腹腔鏡手術でも内視鏡支援機械使用下でも保険点数はそれぞれ同じである（Table 1）。

RAは副腎良性腫瘍に対して保険適用であり、悪性副腎腫瘍は適応でないとされている。しかし実際、手術施行後に転移性腫瘍、もしくは副腎悪性腫瘍であると判明することもあるため、組織診で確定診断がつかないことを根拠に、RAを保険の申請をしても問題ないと考えている。

DPC期間は腹腔鏡下副腎摘出術（内視鏡手術用支援機器）に該当し、I期で4日（3,086点）、II期で9日（1,854点）、III期で30日（1,743点）となっている（Table 1）。

ロボット支援腹腔鏡下腎盂形成術；RAPP（Robot-assisted Pyelo-Plasty）

腎盂移行部尿管狭窄症に対する外科的治療法である。手術適応は、画像での腎盂尿管移行部狭窄、利尿レノグラムでT1/2の20分での低下、疼痛、血尿等の有症状かどうかである。

これまで腎盂尿管移行部狭窄症に対して標準術式は腹腔鏡下腎盂形成術であった。しかし、その操作の難度から同術式の成熟までは難しく、術式を導入している施設も限られていた。

Gettmanらが2002年にRAPPを最初に報告してから、ハードルは大きく下がった¹⁰。メタアナリシスの結果、RAPは手術成績に関しても開腹手術と同等の成績で、術創が小さく、術後回復も早いと報告されている¹¹。当院では2024年8月より導入を開始。2024年12月末までに6例のRAPPを施行した。ポートはRARN、RAと同様に配置（Fig. 1）。Anderson Hines法で施

行。運針は4-0PDSを使用した。

手術時間中央値は197分、コンソール時間は127分、入院期間は6日であった。

腹腔鏡手術と違い、3rdアームを自由に使えることで、吊り上げ用の針を挿入する必要もなくなった。

運針操作もRAPNが施行できる術者であれば技術的には施行可能であると考ええる。

腹腔鏡技術認定医試験ではdismembered法で3時間半以内の操作が必要とされている。

なお、保険登録には年間10件（半年で5件）以上が必要とされている。今後は他施設の状況を鑑みながら、ポート数を減らしたり、配置の工夫を改善していきたい。

なお、DPCは病名によって若干異なり、「水腎症を伴わない後天性腎盂尿管移行部狭窄・後天性腎盂尿管移行部狭窄を伴う水腎症」の病名で腹腔鏡下腎盂形成術（内視鏡手術支援機器使用）だとI期で4日（2,857点）、II期で9日（2,027点）、III期で30日（1,723点）である。「先天性腎盂尿管移行部狭窄」となると、腹腔鏡下腎盂形成術（内視鏡手術支援機器使用）はI期で4日（2,438点）、II期で8日（1,995点）、III期で30日（1,795点）となっている（Table 1）。

結 論

当院でのロボット支援手術腎（尿管）、副腎領域の経験について報告する。

シミュレーションを重ね、非腹腔鏡技術認定医でも安全に施行することができた。

ポート位置を術式によらず統一していくことで、多職種での混乱を招くことなく、安全に導入していった。統一された手術のアプローチ方法をとることで、安全に手術の執行と技術の伝承ができると考えられた。

今後も件数を重ね、より安全な術式管理を考えていく。

Conflict of Interest：開示すべき利益相反はなし。

文 献

1. Li J, Peng L, Cao D, et al.: Comparison of perioperative outcomes of robot-assisted vs. laparoscopic radical nephrectomy: a systematic review and meta-analysis. *Front Oncol* 2020; 10: 551052. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.551052>
2. Gershmam B, Bukavina L, Chen Z, et al.: The association of robot-assisted versus pure laparoscopic radical nephrectomy with perioperative outcomes and hospital costs. *Eur Urol Focus* 2020; 6: 305–312.
3. 医学通信社：診療点数早見表 2024年度版。医学通信

- 社編. 2024 ; 医学通信社 東京.
4. Gettman MT, Blute ML, Chow GK, Neururer R, Bartsch G, Peschel R: Robotic-assisted laparoscopic partial nephrectomy: technique and initial clinical experience with Da Vinci robotic system. *Urology* 2004; 64: 914-918.
 5. Pedraza R, Palmer L, Moss V, Franco I: Bilateral robotic assisted laparoscopic heminephroureterectomy. *J Urol* 2004; 171: 2394-2395.
 6. Aboumohamed AA, Krane LS, Hemal AK: Oncologic outcomes following robot-assisted laparoscopic nephroureterectomy with bladder cuff excision for upper tract urothelial carcinoma. *J Urol* 2015; 194: 1561-1566.
 7. Kenigsberg AP, Smith W, Meng X, et al: Robotic nephroureterectomy vs laparoscopic nephroureterectomy: increased utilization, rates of lymphadenectomy, decreased morbidity robotically. *J Endourol* 2021; 35: 312-318.
 8. Brandao LF, Autorino R, Laydner H, et al: Robotic versus Laparoscopic Adrenalectomy: A systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 2014; 65: 1154-1161.
 9. Xia Z, Li J, Peng L, et al.: Comparison of perioperative outcomes of robotic-assisted vs laparoscopic adrenalectomy for pheochromocytoma: a meta-analysis. *Front Oncol* 2021; 11: 724287. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.724287>
 10. Gettman MT, Neururer R, Bartsch G, Peschel R: Anderson-Hynes dismembered pyeloplasty performed using the da VINCI robotic system. *Urology* 2002; 60: 509-513.
 11. Autorino R, Eden C, El-Ghoneimi A, et al. : Robot-assisted and laparoscopic repair of ureteropelvic junction obstruction: a systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 2014; 65: 430-452.

(受付 : 2025 年 2 月 4 日)

(受理 : 2025 年 2 月 20 日)

日本医科大学医学会雑誌は、本論文に対して、クリエイティブ・コモンズ表示 4.0 国際 (CC BY NC ND) ライセンス (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) を採用した。ライセンス採用後も、すべての論文の著作権については、日本医科大学医学会が保持するものとする。ライセンスが付与された論文については、非営利目的で、元の論文のクレジットを表示することを条件に、すべての者が、ダウンロード、二次使用、複製、再印刷、頒布を行うことが出来る。