

—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 (2)]—



ロボット支援腹腔鏡下前立腺全摘術 (Robot-assisted radical prostatectomy ; RARP) の過去・現在・未来

鈴木 康友¹ 程塚 直人¹ 猪俣 碧仁¹ 土屋 卓人¹ 本田悠一朗¹
鈴木 喬大¹ 遠藤 州馬¹ 栗林 英吾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

1. はじめに

根治的前立腺全摘術は、期待余命10年以上の限局性前立腺癌に対する標準治療である。前立腺全摘術の術式は、1982年にWalshらにより確立された開腹手術 (Retropubic radical prostatectomy ; RRP) に始まり¹、その後1997年にSchuesslerらにより初の腹腔鏡下前立腺全摘術 (Laparoscopic radical prostatectomy ; LRP) の報告がされ²、Guillonneauらによりその術式が確立された³。そして1999年に手術支援ロボットであるdaVinci surgical systemが開発され、LRPをさらに改善した術式であるロボット支援腹腔鏡下前立腺全摘術 (Robot-assisted radical prostatectomy ; RARP) へと進化して現在に至る。

2. RARPの歴史的背景

前立腺癌に対するRARPは、2001年にBinderらにより最初の報告がなされ⁴、その後Menonらにより手技が完成されると⁵、それ以降欧米においてRARPは普及した⁶。本邦では2012年に保険収載され、RARP件数は急増している。

3. 前立腺全摘術は手技的に困難な術式

前立腺全摘術は、経験豊富な泌尿器科医にとっても手技的に非常に困難な術式である。その理由として、前立腺の解剖学的特徴が挙げられる。前立腺は骨盤内の非常に狭い空間に存在するため視野確保が困難でありまた操作性が非常に限定される。さらに深陰茎背静脈叢やサントリーニ静脈叢と言われているDorsal vein complex ; DVCからの出血コントロールに難渋する。前立腺背側には直腸が近接しており適切な剝離を行わないと直腸損傷のリスクとなる。これらの合併症を適切に処理できないと癌制御が困難となる。また外尿道括約筋は前立腺尖部を取り囲むように存在するため、術中に外尿道括約筋を損傷することにより術後尿失禁のリスクになる。前立腺背外側には、勃起機能

に關与する神経血管束 (Neurovascular bundle ; NVB) が走行しておりその温存ができないと術後勃起不全に繋がる。前立腺を摘出した後、膀胱と尿道を新吻合するが吻合不全をきたすと長期に尿道カテーテル留置を要する事態となる。このように前立腺全摘術は、出血コントロール・機能温存・再建など複雑なステップを乗り越えないといけな術式であるためわれわれ泌尿器科医にとって難易度の高い術式である。

4. RARPが前立腺全摘術のハードルを下げた

このように前立腺全摘術は非常にハードルが高い術式であるが、視野確保と操作性の改善によりRARPは今まで困難と言われていたステップをすべて解決した術式である。

まず腹腔鏡の利点である狭い骨盤内でも視野確保が可能となり、また通常のLRPと比べカメラの手ぶれがなく高精細な拡大3D画像であるためよりクリアな視野での手術が可能となっている。さらにRARPではLRPと異なり鉗子の動きがより細かく手ぶれがない多関節な動きが可能であり視野の良さも相まって、直腸損傷回避・神経血管束や外尿道括約筋温存・適切な膀胱尿道新吻合が可能である。出血に関しては、静脈性出血がメインであるため体位を頭低位にすることと出血のリスクが高いステップにおいて気腹圧を上げることによりほとんどの出血はコントロール可能である。

前立腺全摘術の目標として2003年にSalomonが“Trifecta”いわゆる癌制御、尿禁制、性機能改善の3要素を提唱した⁷。2011年にはPatelらによりTrifectaに合併症なし、切除断端陰性の因子を加えた“Pentafecta”が指標として掲げられた⁸。RARPは前立腺全摘術の目標であるTrifectaやPentafectaを可能とする術式であるため、全世界において前立腺全摘術ではRARPが標準術式となっている。

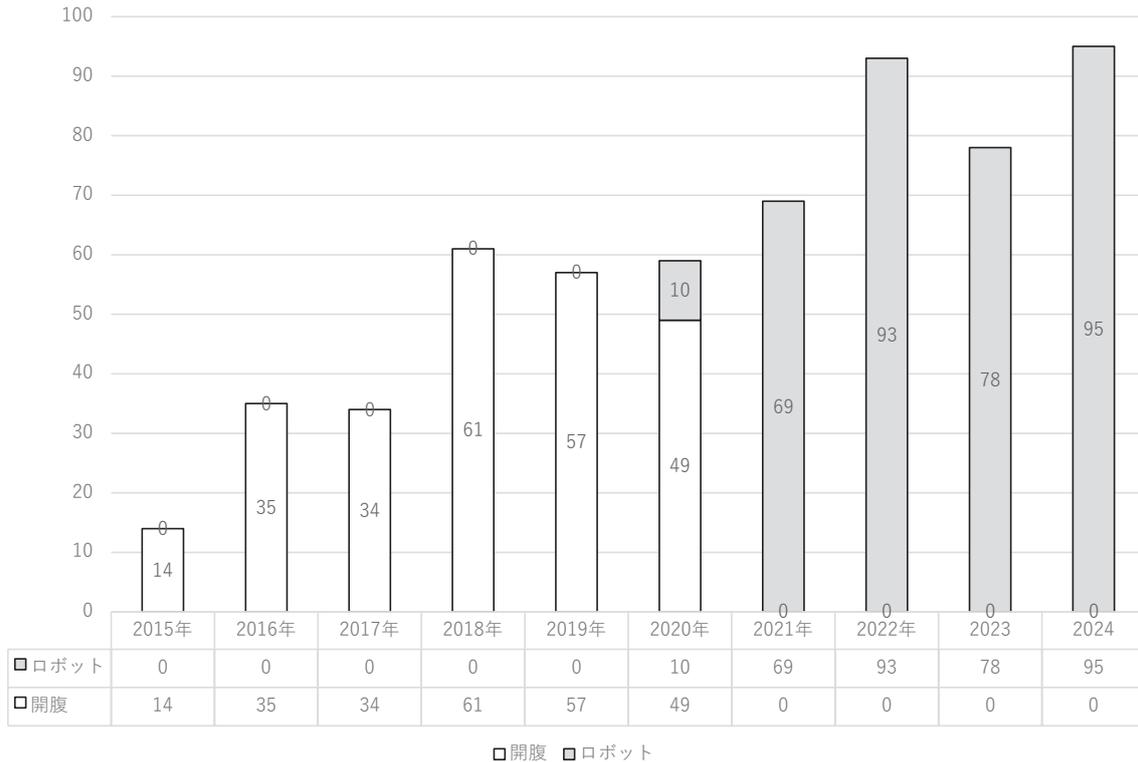


図1 千葉北総病院における前立腺全摘術症例推移 2015年～2024年

5. 当院におけるロボット支援

腹腔鏡下前立腺全摘術導入（過去）

当院におけるロボット支援手術は2020年秋よりRARPから導入が始まった。当院ではdaVinci Xが導入されたがそれに伴い2020年夏頃より診療科医師・看護部・Medical engineer (ME) 部・事務部など多職種によるダビンチチームを発足し、他院への手術見学や各部門におけるマニュアル作成、シミュレーションなどを行った。そして週一回程度定期的にミーティングを行いチーム内の情報共有やディスカッションを行いRARP初症例に向け準備をした。われわれ泌尿器科医は、日本泌尿器内視鏡・ロボティクス学会のロボット支援手術ガイドラインに準じて準備を行い⁹⁾、院内では高難度新規医療技術及び未承認新規医薬品等評価委員会にて実施許可を得た。初症例から5症例目までは上記学会認定の指導者（プロクター）を招聘しRARPを行った。その結果特に大きな合併症なく安全にRARP導入できた。RARP初期10例とそれまで当院で行っていたRRPを比較すると手術時間は同等であったが、出血量に関してはRRPが平均1,000 mLに対しRARPは30 mLと圧倒的出血量の少なさが実感できる結果であった。なおロボット支援手術の弱点として触覚がないことがあげられているが、導入時においても視野の良さと正確な操作性により触覚がないことは全く問

題にはならなかった。

6. 当院におけるロボット支援

腹腔鏡下前立腺全摘術現状（現在）

2020年にRARP導入後は、年々実施件数は増加しており現在約350症例実施している（図1）。当科で実践しているRARP手技は最も標準的な手技を導入している¹⁰⁾。

当院におけるRARP手技をステップごとに記載する。

- ・ポートは6ポートで行っている。また操作性を優先し全腹腔内アプローチとしている。

- ・体位は25°の頭低位で行い、当初は碎石位で患者の正中からドッキングしていたが、コンパートメント症候群の症例を経験したためそれ以降はサイドドッキングへ変更し仰臥位としている。気腹圧は通常12 mmHgで設定している。

- ・手術手技としては後方アプローチを行い、まずは精嚢腺と精管膨大部を露出し精管を切断する。その後後腹膜腔を展開し浅中心静脈を凝固切断。Endopelvic fasciaを切開し直腸前脂肪が見えるまで側方を展開する。膀胱頸部離断は正中アプローチを基本としているが、中葉肥大症例では側方アプローチを併用している。その際気をつける点として左手の鉗子を膀胱内に入れ

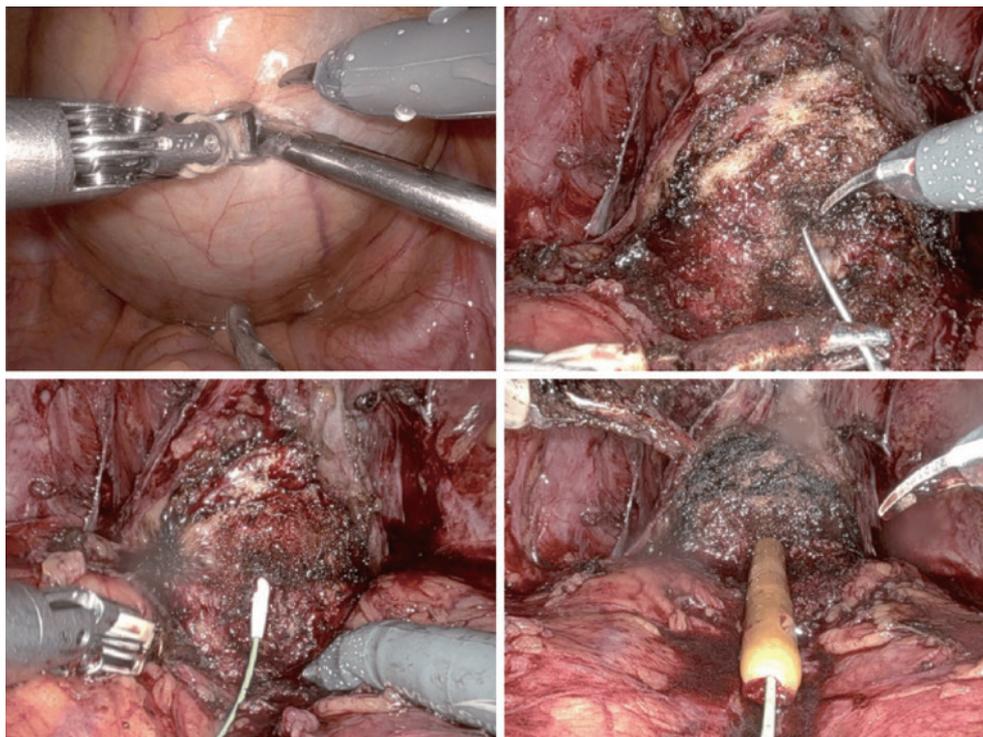


図2 尿道カテーテル留置不可症例に対する順行性アプローチ

膀胱の厚さを常に意識し膀胱や前立腺に切り込むことを避けるようにしている。膀胱頸部離断後は最初に剝離した精嚢腺や精管を腹側に持ち上げデノビエ筋膜を切開しデノビエ腔を展開する。デノビエ腔展開では決して直腸側に行かないように前立腺側に剝離するよう注意する。またデノビエ腔はサイドまで十分に剝離することが直腸損傷回避のポイントである。次に側方処理であるが、尿禁制向上目的に限局性前立腺癌でNVB近くに癌がない場合は積極的に神経温存している。神経温存する場合は凝固を用いずヘモロッククリップを用い切断している。神経温存を行わない場合はバイポーラで十分に凝固し切断する。DVC切断の際には静脈性出血コントロール目的に気腹圧を15 mmHgへ上げ凝固は用いずコールド切開している。DVC切断後は2-0 V-Locで止血縫合する。尿禁制目的に尿道は可能な限り長く温存してから切断し前立腺は遊離される。遊離された前立腺は袋に入れコンソール操作中は腹腔内に留置する。なおNVB部の出血はタコシールなどの局所止血用製剤を用いて止血する。

・膀胱尿道新吻合に関しては、後壁補強は2-0 V-Loc 1層のみで、その後2-0 V-Locを2つ連結しておき5時→11時を時計回り、4時から11時を反時計回りで連続縫合する。生理食塩水を膀胱内に注入しリークがないことを確認しドレーンを膀胱側腔に留置しコンソール操作は終了となる。アンドッキングし臍部上の創部

より前立腺を摘出し創部を縫合し手術は終了となる。

・侵襲性や安全性を考慮し限局性前立腺癌においてあまりエビデンスのないリンパ節郭清は行っていない。また局所進行性前立腺癌に関しては術前ホルモン療法を行い、合併症を引き起こすリスクのある拡大手術も極力行わないようにしている。

上記手技にて現在約350症例RARPを行っているが、合併症としてClavie-Dindo分類Grade IIIb以上の合併症は後方アプローチの際精管と尿管を誤認し尿管損傷した症例のみである。この症例は開腹手術に移行し尿管膀胱新吻合を行い術後経過には問題なかった。その他の直腸損傷や大量出血等で開腹手術に移行した症例もない。またマイナーなトラブルはいくつか経験したが、適切に対応し大きな合併症には至っていない。その1例として、RARPにおいて開始時に尿道カテーテル留置は必須であるが、尿道狭窄のため尿道カテーテルが留置不可だった症例を経験した¹¹。この症例では術中に膀胱を切開し順行性に尿道カテーテルを留置しトラブル回避を行った(図2)。術後尿禁制に関してRARPはRRPやLRPと比較しても有意に優れていると報告されており¹²、当科におけるRARPでもおおよそ術後3カ月程度でほぼsafety padとなっている。なお術後尿失禁が持続する場合には欧米で広く行われている尿道スリング術を当院は国内で唯一行える施設であるため患者のQOLの改善にも努めている¹³⁻¹⁵。

RARPのプロクター資格は40症例経験で取得できるが、当科では2022年に2人2023年に1人2024年に2人と今まで5人がプロクター取得している。そして現在は、泌尿器科専門医取得前の第4世代が主たる術者となっている。

7. 当院におけるロボット支援

腹腔鏡下前立腺全摘術将来（未来）

今までの前立腺全摘術は非常に侵襲の高い術式であったが、RARPがそのハードルを下げたことにより術者がより若手医師に移行している。しかしながら手術経験の少ない若手の術者に安全にRARPを遂行可能となるような教育体制の構築は必要である。まず経験数の少ない若手医師は積極的に助手として参加しRARPの流れを理解し術者の操作を把握する。そして実際術者となった場合は、ステップごとに分け比較的後方アプローチから膀胱離断までと膀胱尿道新吻合を初期の段階で行い、その手技が可能となった段階で前立腺背側の処理やNVB処理、DVCや尿道切断を行うように指導している。後期に行う処理はうまくいかないと直腸損傷や尿失禁・勃起不全などの術後長期に渡るトラブルになるステップのためある程度の技術を取得した上で行うようにしている。このような教育体制でRARPプロクター取得した術者に関しては、次の目標としてより難易度の高い上部尿路手術や膀胱全摘術さらにはリンパ節郭清などの術式に移行している。

また臨床実習で当科をまわる医学生に対し手術支援ロボットを操作する機会を積極的に提供している。当院のda Vinciにはシミュレーターが搭載されているので、それをを用い医学生にロボット手術の操作を経験してもらい最先端の術式であるロボット支援手術に興味を持ってもらうことがわれわれの責務と認識している。

RARPは前立腺全摘術における真の低侵襲手術となり日本のみならず海外においても標準的な術式となりリサーチの面では新規性には乏しいことが新たな悩みと感じている。しかしながら大学病院におけるRARPという立ち位置を考慮すると教育面、特に医学生をターゲットとしたロボット支援手術の魅力をどのように伝え評価していくかということに新規性があるのではないかと考える。

8. 結語

当院における前立腺癌に対するRARPは、多職種によるチーム医療により安全に導入された（過去）。症例数も蓄積され、術者に関してもプロクター資格者も増

えより若手が術者となっている（現在）。今後のRARPは教育面での新規性が重要と考えている（未来）。

Conflict of Interest：開示すべき利益相反はなし。

文 献

- Walsh PC, Donker PJ: Impotence following radical prostatectomy: insight into etiology and prevention. *J Urol* 1982; 128: 492-497.
- Schuessler WW, Schulam PG, Clayman RV, Kavoussi LR: Laparoscopic radical prostatectomy: initial short-term experience. *Urology* 1997; 50: 854-857.
- Guillonneau B, Vallancien G: Laparoscopic radical prostatectomy: the Montsouris experience. *J Urol* 2000; 163: 418-422.
- Binder J, Kramer W: Robotically-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int* 2001; 87: 408-410.
- Menon M, Shrivastava A, Tewari, et al.: Laparoscopic and robot assisted radical prostatectomy: establishment of a structured program and preliminary analysis of outcomes. *J Urol* 2002; 168: 945-949.
- Su LM: Expansion of robotics in urology: the pioneer and the ostrich. *Curr Opin Urol* 2010; 20: 55.
- Salomon L, Saint F, Anastasiadis AG, Sebe P, Chopin D, Abbou CC: Combined reporting of cancer control and functional results of radical prostatectomy. *Eur Urol* 2003; 44: 656-660.
- Patel VR, Sivaraman A, Coelho RF: Pentafecta: a new concept for reporting outcomes of robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy. *Eur Urol* 2011; 59: 702-707.
- 日本泌尿器内視鏡・ロボティクス学会：ロボット支援手術ガイドライン2024：泌尿器科領域におけるロボット支援手術を行うに当たってのガイドライン。 <https://www.jsee.jp/davinci/guideline/>
- 土谷順彦：ロボット支援手術。 *Urologic Surgery* 2. 2018; メジカルビュー社 東京。
- Suzuki Y, Hodotsuka N, Kuribayashi E, Endo S, Kondo Y: A Case in Which a Urethral Catheter Could Be Indwelled by an Anterograde Approach After It Was Difficult to Indwell at the Start of Robot-Assisted Laparoscopic Radical Prostatectomy. *Cureus* 2024; 16: e62956. <https://doi.org/10.7759/cureus.62956>.
- Ficarra V, Novara G, Rosen RC, et al.: Systematic review and meta-analysis of studies reporting urinary continence recovery after robot-assisted radical prostatectomy. *Eur Urol* 2012; 62: 405-417.
- Suzuki Y, Saito Y, Kondo Y: Bone-anchored sling created with the InVance™ system for the treatment of incontinence after radical prostatectomy: initial experience in Japan. *J Nippon Med Sch* 2012; 79: 143-146.
- Suzuki Y, Saito Y, Ogushi S, Kimura G, Kondo Y: Bone-anchored sling using the Mini Quick Anchor Plus and polypropylene mesh to treat post-radical prostatectomy incontinence: early experience. *Int J Urol* 2012; 19: 957-960.
- Suzuki Y, Hodotsuka N, Kuribayashi E, et al.: Usefulness of Mesh Reinforcement in Pubic Fixation Urethral Sling Surgery for Urinary Incontinence

After Radical Prostatectomy. Low Urin Tract
Symptoms 2025; 17: e70003. [https://doi.org/10.1111/
luts.70003](https://doi.org/10.1111/luts.70003)

(受付：2025年2月7日)

(受理：2025年2月7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、頒布を行うことができる。
