

前立腺癌に対する恥骨前立腺靱帯温存 ロボット支援前立腺全摘除術の治療成績

船橋市立医療センター¹⁾ 松戸市立総合医療センター²⁾

さとう泌尿器科クリニック³⁾ 千葉大学医学部附属病院⁴⁾

武井亮憲^{*1)}・坂本信一⁴⁾・小林和樹²⁾・宮本周²⁾・三浦稜太郎²⁾

趙雪⁴⁾・山田康隆⁴⁾・深沢賢¹⁾・小林洋二郎²⁾・北川憲一²⁾

佐藤信夫¹⁾³⁾・市川智彦⁴⁾

(受付日: 2025 年 3 月 17 日, 受理日: 2025 年 11 月 25 日)

抄録:

恥骨前立腺靱帯 (Puboprostatic ligament; PPL) は、尿道を前方に支持する重要な靱帯で、骨盤底筋群と連携して尿禁制に寄与すると報告されている。当施設ではロボット支援前立腺全摘除術 (robot-assisted radical prostatectomy; RARP) において、近年 PPL の温存術式を行っている。当施設で施行した RARP 344 例 (PPL 温存: 39 例, 非温存: 305 例) を後方視的に比較検討した。PPL 温存群と非温存群を比較すると、年齢の中央値はそれぞれ 69 歳と 72 歳であり有意差を認めた ($P = 0.0013$)。出血量の中央値 (150 ml vs. 200 ml, $P = 0.07$)、pT3 以上の割合 (46% vs. 41%, $P = 0.51$)、および切除断端陽性率 (18% vs. 14%, $P = 0.56$) には有意差は見られなかった。

年齢, PSA 値, Gleason Score (GS), 臨床病期 (cT Stage) でプロペンシティスコアマッチを行い (PPL 温存群 38 例, 非温存群 70 例) 解析した。尿失禁が Pad1 枚以下まで回復するまでの期間は、PPL 温存群で中央値 0.97 カ月、非温存群で 2.8 カ月であり、PPL 温存群において有意に短縮された ($P < 0.001$)。2 群間で PSA 再発率に有意差は認めなかった ($P = 0.97$)。多変量解析において尿失禁の回復に関わる因子として、PPL 温存が独立した予測因子であった ($HR 3.25$, $P = 0.0002$)。PPL 温存 RARP は制癌性を維持しつつ、尿失禁の早期回復に有用であると考えられた。

(西日泌尿. 88 : 121-127, 2026)

キーワード: 恥骨前立腺靱帯 (PPL), ロボット支援前立腺全摘除術 (RARP), 尿禁制, 前立腺癌

1. 緒 言

前立腺癌は本邦のみならず世界的にも主要な悪性疾患の一つであり、その標準治療として RARP が確立している。RARP 後の主な合併症である尿失禁が患者の QOL (quality of life) に大きな影響を与えることが報告されている¹⁾。術後の尿禁制の回復は依然として課題であり、多くの研究が様々な手術手技の有用性を検討している^{2,3,4)}。

PPL は尿道を前方に支持する重要な靱帯であり、骨

盤底筋群と連携して尿禁制に寄与している。PPL の損傷や離断は前立腺摘出術後の尿失禁のリスクを高める可能性があると考えられており⁵⁾、PPL の温存が尿禁制の早期回復に寄与することが示唆されている⁶⁾。近年では尿禁制の維持に、ARVUS 法^{7,8)} や Retzius 温存法⁹⁾、HOOD 法¹⁰⁾ などの術式の有用性が報告されているが、手術手技の煩雑さや難易度の高さから本邦での実績は限られている。本邦においては若手医師が執刀する RARP 症例も増えており、尿禁制を維持し制癌性も保たれる再現性の高い術式が求められる。

当施設ではそのようなニーズの中、PPL 温存 RARP を標準術式として採用している。本研究では当施設で施行した RARP において、PPL 温存の有無による尿禁制および制癌性の治療成績について後方視的解析を行った。

* 〒273-8588 千葉県船橋市金杉1丁目21番地1号
TEL 047-438-3321, FAX 047-438-7323
E-mail akinori.takei3611@gmail.com

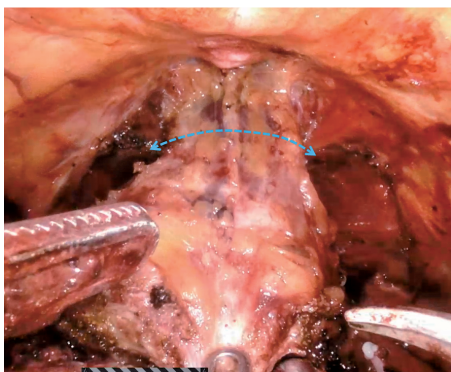
2. 対象と方法

本研究では、船橋市立医療センターで2018年から2023年までにRARPを施行した344例を対象とした。当院では2023年からPPL温存RARPの術式を導入した。従来は内骨盤筋膜（Endopelvic fascia；EPF）の切開時に、恥骨尾骨筋を前立腺尖部より剥離し、PPLをその中心付近で切開した後にDVCを無結紮法で切開していた（Fig. 1a）。PPL温存術式では、EPFの切開時に恥骨尾骨筋は前立腺尖部より剥離せず、PPLも切開しない状態で無結紮法のDVC切開に入る。DVCの切開ラインはPPLの付着部より前立腺基部寄りから入り、尖部の被膜に沿ってDVCを削ぐようなイメージで切開し尿道起始部に至る。尖部脇は恥骨尾骨筋を筋膜ごと温存するラインで切開する（Fig. 1b）。尿道離断はどちらの

術式も前立腺尖部ぎりぎりまで切開しているが、図示の通りPPL温存術式では尿道離断後もPPLおよび恥骨尾骨筋によって尿道が恥骨に支持され、機能的尿道長が維持されている（Fig. 2）。

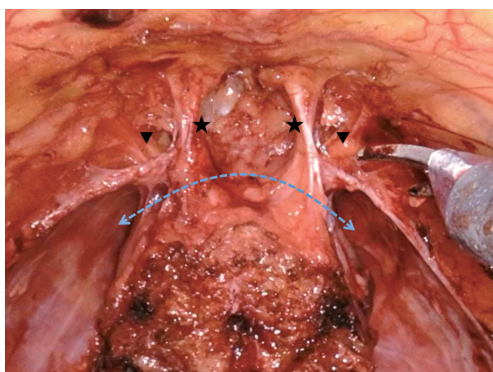
PPL温存群39例、非温存群305例に分類し、患者背景、術中・術後成績、尿禁制の回復期間、制癌性について比較検討した。連続変数の分布の特徴づけは中央値と範囲で行った。2群間の比較には、連続変数についてはMann-Whitney U検定を使用し、カテゴリ変数はカイ二乗検定を使用した。プロペンシティスコアはロジスティック回帰モデルを用いて推定し、年齢、PSA値、GS、cT Stageを共変量とし、PPL温存群と非温存群のマッチングには、1:2の最近傍マッチングをキャリパー幅0.2で実施した。尿禁制の回復期間およびPSA再発率をカプランマイヤー曲線、ログランク検定で分析した。

a) PPL非温存



←→DVC切開ライン（無結紮法）

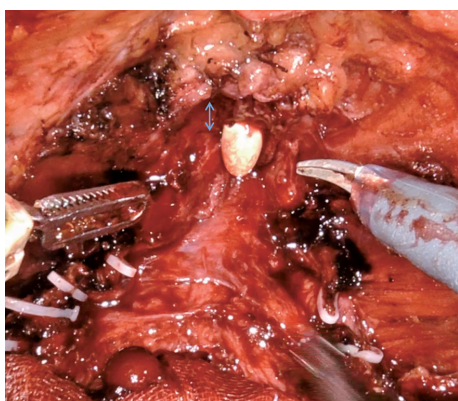
b) PPL温存



★恥骨前立腺靱帯（PPL） ▼恥骨尾骨筋
←→DVC切開ライン（無結紮法）

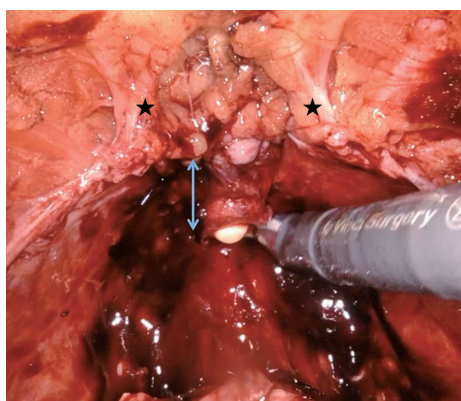
Fig. 1 DVC 切開前の前立腺尖部の術中画像

PPL非温存



↑尿道断端は恥骨に支持されず骨盤底に落ち込む

PPL温存



↑尿道断端はPPL(★)により恥骨に支持され尿道長が維持される

Fig. 2 前立腺遊離後の尿道断端

尿禁制の回復に関わると考えられる臨床因子に対して、比例ハザードモデルで多変量解析を行った。統計解析には JMP pro version 15 を使用した。

3. 結 果

PPL 温存群と非温存群で、年齢の中央値はそれぞれ 69 歳と 72 歳 ($P = 0.0013$) であり、統計学的有意差を認めた。生検時 GS, リンパ節郭清に有意差を認めた。Nerve sparing は PPL 温存群で有意に多く、手術時間、コンソール時間、膀胱尿道吻合時間はいずれも PPL 温存群で有意に短い結果であった。(Table 1)。

年齢, PSA, GS, cT Stage でプロベンシテスコアマッチングを行い、PPL 温存群 38 例と非温存群 70 例で解析した (Table 2)。

尿失禁が Pad1 枚以下まで回復するまでの期間は、全

症例において PPL 温存群で中央値 0.97 カ月、非温存群で 2.4 カ月であった ($P < 0.001$) (Fig. 3a)。プロベンシテスコアマッチ後の症例において、PPL 温存群で中央値 0.97 カ月、非温存群で 2.8 カ月であり、PPL 温存群において有意に短縮された ($P < 0.001$) (Fig. 3b)。一方、2 群間で PSA 再発率に有意差は認めなかった ($P=0.97$) (Fig. 4)。多変量解析において Pad1 枚以下まで回復する期間に関わる因子として、PPL 温存 (HR3.25, $P=0.0002$)、Nerve sparing (HR3.48, $P=0.0091$)、DM の既往 (HR0.53, $P=0.0293$) が独立した予測因子であった (Table 3)。

4. 考 察

RARP は限局性前立腺癌の根治治療として確立しているが、術後の尿禁制の維持は依然として重要な課題で

Table 1 Characteristics of patients (PPL vs. non-PPL)

Characteristics	PPL	non-PPL	<i>p</i> -value
Number of patients	39	305	
Median age at operation (range), years	69 (48-78)	72 (51-80)	0.0013**
Median BMI (range), kg/m ²	23.24 (18.23-31.53)	23.73 (15.24-33.30)	0.85
Median initial PSA (range), ng/ml	7.1 (3.6-36)	7.5 (0.8-61.2)	0.551
Median Gleason score sum (range)	7 (6-10)	7 (6-9)	0.0192*
Gleason score sum, n (%)			
≥ 8	13 (33.3)	55 (18)	0.0330*
T stage, n (%)			
$\geq 3a$	7 (17.9)	32 (10.5)	0.1931
TPV (range), ml	30 (10-76)	30 (11-115.8)	0.3533
Median duration of operation (range), min	267 (178-347)	283 (194-515)	0.0010**
Median duration of console (range), min	201 (122-278)	219 (147-440)	0.0002**
Lymph node dissection, n (%)			
Yes (localization)	1 (2.6)	52 (17.0)	<0.0001**
Yes (expansion)	4 (10.3)	0	
Median p-Gleason score sum (range)	7 (6-9)	7 (0-9)	0.4049
p-Gleason score sum, n (%)			
≥ 8	6 (15.38)	27 (8.85)	0.2213
Extracapsular extension, n (%)			
positive	19 (48.72)	125 (40.98)	0.3591
Resection margins, n (%)			
positive	7 (17.95)	44 (14.43)	0.569
Perinerve fiber infiltration, n (%)			
positive	23 (58.97)	197 (64.80)	0.4785
Seminal vesicle invasion, n (%)			
positive	5 (12.82)	18 (5.9)	0.1381
N stage, n (%)			
positive	2 (5.1)	3 (1)	0.0966
pT stage, n (%)			
$\geq 3a$	18 (46.15)	124 (40.66)	0.5132
Nerve sparing, n (%)	8 (20.5)	2 (0.66)	<0.0001**
Median duration of urethral anastomosis (range), min	19 (7-48)	27 (5-82)	<0.0001**
Median blood loss (range), ml	150 (0-700)	200 (0-1350)	0.0709
PSA recurrence, n (%)	3 (7.69)	34 (11.15)	0.0539

あり患者のQOLに大きく関与している¹⁾。術後の尿禁制に関して、患者因子として高齢、前立腺サイズ、糖尿病、喫煙歴などが、術中因子として術者の経験、膀胱頸部温存、神経温存、尿道長の温存などが尿禁制の回復に影響していると報告されている³⁾。標準術式で4カ月後の禁制率が27%であるのに対して、膀胱頸部温存で4カ月後の禁制率が65%、神経温存で12カ月後の禁制率が85%、Retzius温存では術後即時禁制率が90%以上、HOOD法では4週後の禁制率が80%以上、単孔式経膀胱RARPは即時禁制率が56%、3カ月後は97%と報告されている²⁾。

PPLは尿道を前方に支持する重要な靱帯であり、骨

盤底筋群と連動して尿禁制に寄与している⁵⁾。恥骨会陰筋(Puboperinealis muscle; PPM)および直腸尿道筋(Rectourethralis muscle; RUM)は尿道を支持し尿禁制の維持に重要な役割を果たしているが、手術操作でPPMが損傷、萎縮するとそのスリング機能が低下して術後の尿失禁のリスクが増加することが報告されている¹¹⁾。Retzius温存やHOOD法は神経血管束のみならず、尿禁制に重要な尿道や前立腺尖部の支持組織であるPPLやPPMが温存されるため、術後尿禁制の良好な成績が得られる。一方で、Retzius温存やHOOD法はエキスパートレベルの手技が求められるため、経験の浅い若手の術者は再現性が難しく合併症のリスクも伴う。ま

Table 2 Characteristics of patients (PPL vs. non-PPL) 1 : 2 PSM

Characteristics	PPL	non-PPL	p-value
Number of patients	38	70	
Median initial PSA (range), ng/ml	7.1 (3.6-36)	7.28 (2.9-24)	0.5948
Median Gleason score sum (range)	7 (6-10)	7 (6-9)	0.8229
T stage, n (%)			
≥ 3a	7 (18.42)	9 (12.86)	0.4428
Median age at operation (range), years	69 (48-78)	70 (51-79)	0.5731

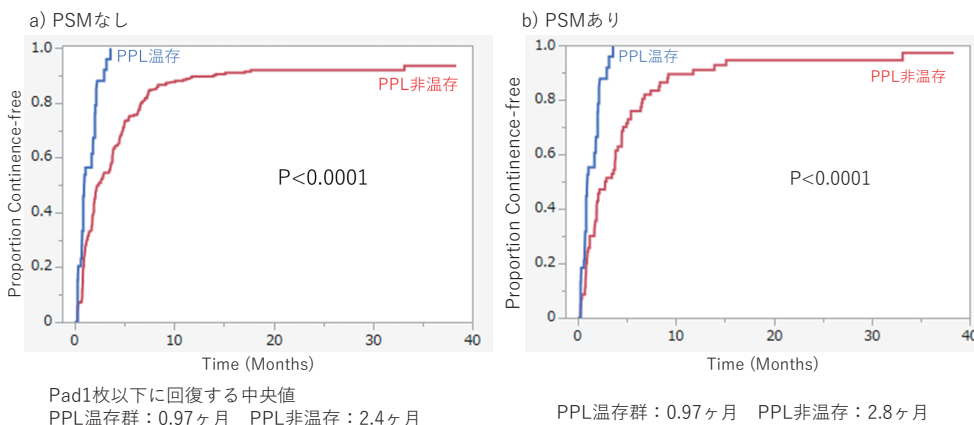


Fig. 3 Pad1 枚以下まで回復する期間

Table 3 Multivariable Cox proportional hazards regression models (1_pad-PSM)

	Cut off	HR	95% CI	p value
Age	≥72	1.22	0.73-2.04	0.4464
BMI	≥23.7	0.97	0.59-1.60	0.9156
PV	≥30	0.93	0.56-1.56	0.7956
cT stage	≥3a	1.31	0.70-2.48	0.402
PPL vs. non-PPL	PPL	3.25	1.73-6.09	0.0002*
DM	Yes	0.53	0.29-0.94	0.0293*
Console time	≥218	0.94	0.56-1.57	0.8065
Nerve sparing	Yes	3.48	1.36-8.89	0.0091*

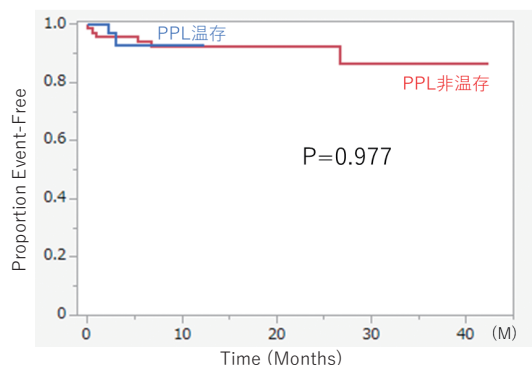


Fig. 4 PSA 再発

た、被膜外浸潤が疑われる症例や腫瘍が腹側にある場合は断端陽性のリスクも伴うため、症例を選ぶ必要がある。我々の採用する PPL 温存 RARP は Retzius 温存や HOOD 法と同等の尿禁制を維持しつつ、標準的な術式としてエキスパートから若手まで幅広い適応があると考ええる。PPL 温存 RARP の手技のポイントとして、PPL のみならず恥骨尾骨筋、PPM も温存することが重要で、実質的に尖部の尿道周囲の支持組織は HOOD 法と同等に温存されることが、良好な尿禁制の早期回復に寄与している。切除断端陽性率を比較すると、本研究の PPL 温存法は 18% であるのに対し、Retzius 温存法は 28%、標準的な RARP は 20% と報告されており、PPL 温存法は制癌性において Retzius 温存法より優れていることが示唆される²⁾。

ARVUS 法も尿禁制の維持に有用と報告されているが、引田ら⁸⁾の報告では禁制率が術後 1 カ月で 6.8%、3 カ月で 15.9% であり、本研究と比較して禁制率は低いことが示唆される。ARVUS 法は後壁補強時に恥骨尾骨筋をハンモック状に尿道に寄せることで禁制の回復に寄与する術式であるが、運針による挫滅や虚血が骨盤底筋の萎縮や機能低下を及ぼす可能性も考えられる。PPL 温存 RARP では恥骨尾骨筋や PPM を温存することで、尿道周囲のハンモック構造が ARVUS 法よりも自然に維持されることが禁制の早期回復に寄与したと考えられる。

PPL 温存 RARP では従来よりも DVC 切開ラインが尖部被膜の近傍になるため、切除断端陽性や術後再発のリスクも懸念されたが、断端陽性率は従来法と同等で、PSA 再発率にも差を認めなかった。とはいえ、術後再発のリスクを低減すべく適応症例の設定は今後も議論の余地がある。前立腺全摘後の術後再発に関して、馬場ら¹²⁾の報告では腫瘍体積が 2.8 cc 以上の場合に再発のリスクが高く、黒川ら¹³⁾の報告では非典型的組織型（導管内浸潤、管状腺癌、篩状パターンなど）が予後不良因

子であり、藤本¹⁴⁾、福井ら¹⁵⁾の報告では PI-RADSv2.1 スコア 5、GS8 以上、辺縁域腫瘍局在などが再発の予測因子であった。機械学習を用いた佐藤ら¹⁶⁾の報告では、GS、精嚢浸潤、PSA などが術後再発のリスク因子であった。

現状では上記のような再発リスク因子を要する、尖部の腫瘍体積の大きい腫瘍以外は積極的に PPL 温存 RARP の適応としているが、さらなる長期フォローの治療成績の蓄積が求められる。

RARP 後の尿禁制の維持は、尿道および前立腺尖部の解剖を可能な限り温存することを努めた総合的に習熟した手術技術や解剖学的認識が重要である。一方で、制癌性を損なうことなく手術を完遂するためには、適切な症例選択および手技の熟練が求められる。

本研究では、PPL 温存群で有意に Nerve sparing 症例が多い患者背景であったが、多変量解析において PPL 温存および Nerve sparing とともに失禁改善に關与する独立した予測因子との結果であり、PPL 温存の RARP 後の尿禁制回復に対する意義が示唆された。

本研究の限界として、PPL 温存症例および Nerve sparing 症例が少ないことや、単施設での後方視的研究であり無作為化比較試験（RCT）ではない点が挙げられる。今後、多施設共同研究や RCT を実施し、PPL 温存 RARP の有効性をさらに検証する必要がある。今後のさらなる研究で、より詳細な評価と適応の最適化が求められる。

5. 結 語

PPL 温存 RARP は、制癌性を維持しつつ尿禁制の早期回復が示され、標準的な RARP の術式として有用であることが示された。今後、長期的なフォローアップを含むさらなる研究が求められる。

謝 辞

本研究にご協力いただいた船橋市立医療センター、千葉大学医学部附属病院、松戸市立総合医療センター、さとう泌尿器科クリニックの皆様、そして第 96 回宮崎地方会で発表の機会を与えていただいた賀本敏行教授をはじめ宮崎大学泌尿器科の皆様に感謝申し上げます。

文 献

- 1) Trofimenko, V. et al.: Post-prostatectomy incontinence: how common and bothersome is it really? *Sex. Med. Rev.* 5: 536-543, 2017.
- 2) Katsimperi, S. et al.: Surgical techniques to

- preserve continence after robot-assisted radical prostatectomy. *Front. Surg.* **10**: 1289765, 2023.
- 3) Urkmez, A. et al.: Surgical techniques to improve continence recovery after robot-assisted radical prostatectomy. *Transl. Androl. Urol.* **9** (6): 3036–3048, 2020.
 - 4) Geraghty, K. et al.: Systematic review on urinary continence rates after robot-assisted radical prostatectomy. *Ir. J. Med. Sci.* **193** (3): 1603–1612, 2024.
 - 5) Farag, A. et al.: Pubourethral and uterosacral male analogues suggest parallel male/female pelvic anatomy and symptom pathogenesis. *Ann. Transl. Med.* **12** (2): 40, 2024.
 - 6) Takenaka, A. and Tewari, A. K.: Anatomical basis for carrying out a state-of-the-art radical prostatectomy. *Int. J. Urol.* **19**: 7–19, 2012.
 - 7) Student, V. Jr. et al.: Advanced reconstruction of vesicourethral support (ARVUS) during robot-assisted radical prostatectomy: one-year functional outcomes in a two-group randomized controlled trial. *Eur. Urol.* **71** (5): 822–830, 2017.
 - 8) Hikita, K. et al.: Advanced reconstruction of vesicourethral support may improve urinary continence and quality of life after non-nerve-sparing robot-assisted radical prostatectomy. *In Vivo.* **37**: 371–377, 2023.
 - 9) Checcucci, E. et al.: Retzius-sparing robot-assisted radical prostatectomy vs the standard approach: a systematic review and analysis of comparative outcomes. *BJU Int.* **125** (1): 8–16, 2020.
 - 10) Wagaskar, V. G. et al.: Hood technique for robotic radical prostatectomy-preserving periurethral anatomical structures in the space of Retzius and sparing the Pouch of Douglas, enabling early return of continence without compromising surgical margin rates. *Eur. Urol.* **80** (2): 213–221, 2021.
 - 11) Kataoka, M. et al.: Role of puboperinealis and rectourethralis muscles as a urethral support system to maintain urinary continence after robot-assisted radical prostatectomy. *Sci. Rep.* **13** (1): 14126, 2023.
 - 12) Baba, H. et al.: Tumor location and a tumor volume over 2.8 cc predict the prognosis for Japanese localized prostate cancer. *Cancers.* **14** (23): 5823, 2022.
 - 13) Kurokawa, K. et al.: Implications of unconventional histological subtypes on magnetic resonance imaging and oncological outcomes in patients who have undergone radical prostatectomy. *Sci. Rep.* **14** (1): 14868, 2024.
 - 14) Fujimoto, A. et al.: Tumor localization by Prostate Imaging and Reporting and Data System (PI RADS) version 2.1 predicts prognosis of prostate cancer after radical prostatectomy. *Sci. Rep.* **13** (1): 10079, 2023.
 - 15) Fukui, Y. et al.: Preoperative PI-RADS v2.1 scoring system improves risk classification in patients undergoing radical prostatectomy. *Anticancer Res.* **43** (12): 5705–5712, 2023.
 - 16) Sato, K. et al.: Time-dependent personalized prognostic analysis by machine learning in biochemical recurrence after radical prostatectomy: a retrospective cohort study. *BMC Cancer.* **24** (1): 1446, 2024.

TREATMENT OUTCOMES OF PUBOPROSTATIC LIGAMENT-PRESERVING
ROBOT-ASSISTED RADICAL PROSTATECTOMY AT FUNABASHI
MUNICIPAL MEDICAL CENTER

AKINORI TAKEI, SATOSHI FUKASAWA AND NOBUO SATO

Department of Urology, Funabashi Municipal Medical Center, Chiba, Japan

KAZUKI KOBAYASHI, SYU MIYAMOTO, RYOTARO MIURA,
YOJIRO KOBAYASHI AND KITAGAWA NORIKAZU

Department of Urology, Matsudo City General Hospital, Chiba, Japan

NOBUO SATO

Sato Urological Clinic, Chiba, Japan

SHINICHI SAKAMOTO, XUE ZHAO, YASUTAKA YAMADA AND TOMOHIKO ICHIKAWA

Department of Urology, Chiba University Hospital, Chiba, Japan

Abstract :

The puboprostatic ligament (PPL) is a crucial ligament that supports the urethra anteriorly and contributes to urinary continence in coordination with the pelvic floor muscles. In our institution, a PPL-preserving technique has been recently adopted in robot-assisted radical prostatectomy (RARP). We retrospectively compared 344 cases of RARP performed at our institution (PPL-preserved: 39 cases, non-preserved: 305 cases). The median age was significantly different between the PPL-preserved and non-preserved groups (69 vs. 72 years, $P = 0.0013$). No significant differences were observed in median blood loss (150 ml vs. 200 ml, $P = 0.07$), the proportion of pT3 or higher cases (46% vs. 41%, $P = 0.51$), or the positive surgical margin rate (18% vs. 14%, $P = 0.56$). Propensity score matching was performed based on age, PSA, GS, and cT stage (PPL-preserved: 38 cases, non-preserved: 70 cases). The median time to urinary continence recovery (defined as using ≤ 1 pads/day) was significantly shorter in the PPL-preserved group (0.97 vs. 2.8 months, $P < 0.001$). There was no significant difference in PSA recurrence rates between the groups ($P = 0.97$). Multivariate analysis identified PPL preservation as an independent predictor of urinary continence recovery (HR3.25, $P=0.0002$). PPL-preserving RARP was found to be beneficial for early urinary continence recovery while maintaining oncological control.

(Nishinohon J. Urol. **88**: 121-127, 2026)

key words: Puboprostatic ligament (PPL), Robot-assisted radical prostatectomy (RARP), Urinary continence, Prostate cancer
