

シンポジウム7: 腎不全・透析・腎移植の新しい治療法

腎移植の維新 ロボット腎移植

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 腎泌尿器科学

西村 慎 吾*・坪井 一 朗・吉 永 香 澄・山野井友昭・河 田 達 志
 定平卓也・富永悠介・岩田健宏・片山 聡・別宮謙介
 荒木元朗

抄録:

ロボット腎移植 (Robot-assisted kidney transplantation: RAKT) について海外からの報告は散見されるが、本邦では開腹手術しか行われていないのが現状である。当科では難治性尿管狭窄に対してロボット自家腎移植を施行し、経過は良好である。近年、メタアナリシスでもロボット腎移植の有用性が示されてきており、優れた整容性は小児や女性にとって特記すべきである。また、遺伝子改変ブタからヒトへの異種腎移植も報告されており、RAKT について今後の展望も踏まえ概説する。

(西日泌尿. 88 : 307-308, 2026)

キーワード: 腎移植, ロボット, 小児, 異種移植

RAKT は、2002 年にフランスから初めて報告された術式であり、その後 2010 年前後から肥満患者を対象とした臨床応用が本格化した。2015 年には EAU において RAKT のワーキンググループが結成され、前向き多施設研究が進められている。米国やインドをはじめ諸外国では症例報告や検討が蓄積されつつあるが、本邦ではいまだ臨床導入例はないのが現状である。

RAKT が注目される背景には、肥満が腎移植後の手術部位感染 (SSI) の重要なリスク因子であることがある。免疫抑制状態にある移植患者では SSI の発症率が高く、さらに SSI は移植片喪失の独立したリスク因子であることが示されており、創部合併症の低減は移植成績の向上に直結する。RAKT は低侵襲で創部が小さく、特に肥満症例において創感染リスクを低減できる可能性が高い。また小児や女性症例において、創が小さいことは心理社会的側面からも重要と考えられる。

手術手技は Menon ら¹⁾ により標準化されている。ポート配置は以下に示す (Fig. 1)。20 ~ 30 度の Trendelenburg 体位で経腹膜的にアプローチし、外腸骨血管を確保する。腹膜パウチを作成し、尿管膀胱吻合に備えて膀胱壁を粘膜まで剥離する。グラフトはバックテーブルで血管形成と尿管ステント留置を行い、アイススラッシュを充填したガーゼジャケットで包み体内へ挿入する。臍周囲 6 cm に切開、カメラトロッカーと別の 12 mm 助手トロッカーを挿入した GelPOINT® を装着し、同部

位からグラフトを体腔内へ納める。Pfannenstiel 切開から、また、女性レシピエントの場合は経膈的にグラフトを納めることも可能である。Put in したグラフトは 15 分ごとに GelPOINT® を通してアイススラッシュを注入することで低温状態を維持する。吻合には Gore-Tex® 糸を用い、静脈は外腸骨静脈へ、動脈は外腸骨動脈へそれぞれ端側連続吻合を行う。尿管膀胱吻合は 5/0 のモノフィラメント糸を用いて Lich-Gregoir 法で施行する。再灌流を確認後、腹膜閉鎖により後腹膜化を行い、リンパ嚢腫予防や術後生検のアクセス確保に配慮する。

成績については、Nguyen ら²⁾ のメタアナリシス【RAKT 517 例、開腹腎移植 (Open kidney transplantation: OKT) 919 例】により、RAKT は術後合併症が少ない (リスク比 RR = 0.52, P = 0.024), Clavien-Dindo III - IV が少ない (RR = 0.58, P = 0.013), 阻血

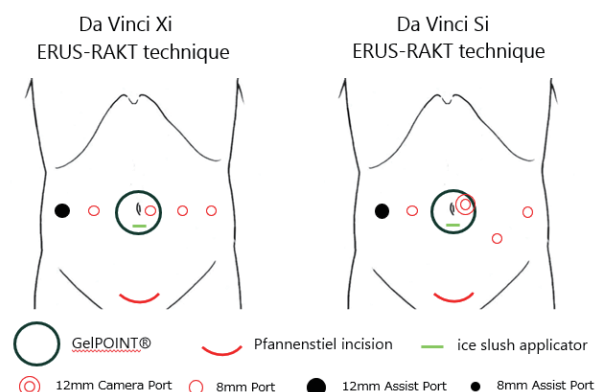


Fig. 1 Trocar positioning

* 〒700-8558 岡山県岡山市北区鹿田町 2-5-1
 TEL 086-235-7287, FAX 086-231-3986
 E-mail pm5n8mce@s.okayama-u.ac.jp

時間は有意に延長する一方、術後1年のグラフト生着率および患者生存率は僅かに OKT より優れていた (RR = 1.01, P = 0.031, RR = 1.03, P = 0.001)。加えて, RAKT では SSI および症候性リンパ漏の発生率が有意に低く (RR = 0.15, P < 0.001, RR = 0.20, p = 0.03), 術後疼痛の軽減, 創部縮小, 入院期間短縮が認められた (平均差 MD = -1.38 point, P < 0.001, MD = -8.51 cm, P < 0.001, MD = -1.69 日, P < 0.03)。

また, 小児においても腎機能やグラフト予後は OKT と同等であり³⁾, 創が小さいこともしめされている⁴⁾。

手術時間延長はラーニングカーブに起因するとされ, ロボット手術および移植の熟練者でも約 20 ~ 35 例の経験が必要とされている。

本邦では RAKT の報告はないが, 我々は難治性尿管狭窄症例に対してロボット支援下腹腔鏡下自家腎移植を実施した⁵⁾。従来自家腎移植は 20 ~ 30 cm の創を 2 カ所に要し高侵襲であったが, ロボット支援により低侵襲化が可能となった。動物実験を経て倫理委員会承認のもと実施され, 術中合併症なく安全に完遂した。術後経過も良好で, 低侵襲性と高い患者満足度が得られた。この経験から, ロボット支援下腎移植は本邦でも十分実施可能であると考えられる。

また, 2021 年に遺伝子改変ブタの腎臓を脳死状態のヒトへ移植した報告がなされ, 2024 年には末期腎不全患者に対する異種移植が施行された。拒絶や感染などの課題がクリア出来れば, ドナー不足の解消のみならず, 高度な血管石灰化や萎縮膀胱を呈する前にロボットで安全・低侵襲に腎移植が出来るようになるかもしれない。

おわりに, 本邦で RAKT が安全に実践できるチーム体制づくりや保険収載を目指した活動を進めていくことが重要と考える。

謝 辞

本稿は, 井上啓史大会長 (高知大学) より発表の機会をいただいたシンポジウム 7『維新企画 7: 腎不全・透析・腎移植の新しい治療法』での発表に基づいている。貴重な機会を与えてくださった大会長ならびに企画関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) Menon M, et al.: Robotic kidney transplantation with regional hypothermia: a step-by-step description of the Vattikuti Urology Institute-Medanta technique (IDEAL phase 2a). *Eur Urol.* 2014; **65**: 991-1000.
- 2) Tuan Thanh Nguyen, et al.: Robotic-Assisted vs Open Kidney Transplantation: A Systematic Review and Meta-Analysis of Propensity-Matched Studies. *Urology.* 2025 Dec; **206**: 216-226.
- 3) Bansal A, et al.: Comparative analysis of outcomes and long-term follow-up of robot-assisted pediatric kidney transplantation, with open counterpart. *Pediatr Transplant* 2021; **25**: e13917.
- 4) Slagter JS, et al.: Robot-assisted kidney transplantation as a minimally invasive approach for kidney transplant recipients: A systematic review and meta-analyses. *Int J Surg* 2022; **99**: 106264.
- 5) Araki M, et al.: Robotic renal autotransplantation: first case outside of North America. *Acta Med Okayama.* **71**: 351-355, 2017

ROBOT-ASSISTED KIDNEY TRANSPLANTATION

SHINGO NISHIMURA, ICHIROU TSUBOI, KASUMI YOSHINAGA, TOMOAKI YAMANOI,
TATSUSHI KAWADA, TAKUYA SADAHIRA, YUSUKE TOMINAGA,
TAKEHIRO IWATA, SATOSHI KATAYAMA, KENSUKE BEKKU AND MOTOO ARAKI

Department of Urology, Okayama University Graduate School of Medicine,
Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama, Japan

Abstract

Robot-assisted kidney transplantation (RAKT) is increasingly reported worldwide, while only open surgery is performed in Japan. We successfully conducted robot-assisted kidney auto-transplantation for refractory ureteral stricture. Recent meta-analyses support its feasibility and cosmetic advantages. This article reviews the current status and future perspectives of RAKT.

(Nishinohon J. Urol. **88**: 307-308, 2026)

key words: kidney transplantation, robot, pediatric, xenotransplantation