

シンポジウム 2: 小児泌尿器科; Next 10 Years

小児におけるロボット支援腹腔鏡下腎盂形成術の安全性と有用性の検討

福岡大学医学部腎泌尿器外科学講座

宮崎 健*・麻生信太郎・立花昌寛・中川千鶴・藤川愛子
郡家直敬・岡部 雄・坪内和女・松崎洋吏・中村信之
松岡弘文・羽賀宣博

(受付日: 2023 年 1 月 22 日)

抄録:

腎盂尿管移行部通過障害 (UPJO) に対するロボット支援腎盂形成術 (RAPP) が, 2020 年 4 月から, 保険収載となった。ロボット支援手術により, 3D での立体視と繊細な手術操作が可能となったため, 腹腔鏡手術で困難であった spatulation や dependent portion への運針が容易となった。当院でも 2020 年 9 月から本術式を開始し, これまでに 13 例 (小児 3 例, 成人 10 例) に施行している。周術期成績において, 術中合併症に関しては, 小児例, 成人例共に認めなかった。術後合併症に関しては, 小児で 1 例に腎盂腎炎を認めたのみであった。また, 手術の成否に関わる術後の疼痛の再燃や, 腎機能増悪症例は両群で認めず, 良好な成績を収めている。

小児に対するロボット支援手術の問題点として, 乳幼児が治療対象に含まれる UPJO に対して, 現行の手術支援機器のプラットフォームでは, やや大きい事である。手術の実施に際しては, 体重 10 kg 以上が推奨されている。また, ポート間隔が 4 cm 以上ないと手術の施行が困難となり, 様々な工夫が必要になる。UPJO に対する RAPP は手術操作が比較的容易となり, 良好な手術成績を収めているため, 今後ますます症例数の増加が予想される。一方で, 乳幼児に対する手術の安全性の確保や, 小児泌尿器科疾患を中心に実施している施設における本術式の普及などが問題点として挙げられる。

(西日泌尿. 85: 237-242, 2023)

キーワード: 腎盂尿管移行部通過障害, 小児ロボット支援腹腔鏡下腎盂形成術, 腹腔鏡下腎盂形成術, 周術期成績, 合併症

緒 言

腎盂尿管移行部通過障害 (UPJO) に対する治療は, 「小児先天性水腎症 (腎盂尿管移行部通過障害) 診療手引き 2016」に記載されているように, 腎盂形成術がメインとされている¹⁾。腎盂形成術は, 開創, 腹腔鏡下 (LPP), ロボット支援下 (RAPP) と時代と共に変遷している。

米国の Premier database では, 出生率の低下に伴い小児 UPJO に対する腎盂形成術の手術件数自体が減少

傾向にある中で, 2015 年時点で, 小児における腎盂形成術の 4 割は, RAPP で施行されており, 年々 RAPP 症例数が増加傾向にあることが報告されている²⁾。一方で, 体格の問題があり, 依然として, 乳幼児には開創術での腎盂形成術が半数以上を占めている²⁾。

UPJO に対するロボット支援腹腔鏡下腎盂形成術は, 2002 年に Gettman ら³⁾ により報告された。本邦においても, 2005 年に Miyake ら⁴⁾ が Zeus[®] system を用いた RAPP 2 症例を報告した。次いで, Mizuno ら⁵⁾ が da Vinci[®] S Surgical system を用いた RAPP 22 例を報告し, 成人 RAPP 症例と比較し, 小児 RAPP 症例における手術時間の有意な短縮と, 成功率は同等であることを報告した。2020 年 4 月は, 本邦でも保険収載となった。

* 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 7-45-1
TEL 092-801-1011, FAX 092-873-1109
E-mail orangelego75@gmail.com

しかし、小児における RAPP の適応に関して、現行の手術支援機器のプラットフォームでは、ロボットアーム同士の干渉が問題となり、適応症例の体格に関して制限がある事が問題点として挙げられる。

今回成人 RAPP 症例と比較し、小児 RAPP 症例の安全性と有用性を検討した。さらに小児 RAPP 群と小児 LPP 群も比較したので報告する。

対 象 と 方 法

対象は、当院にて 2009 年 11 月から 2022 年 8 月に、RAPP を施行した 13 例（小児 3 例、成人 10 例）と、LPP を施行した小児 10 例とした。対象症例は、全例術前に、血液検査、尿一般検査、腎エコー（SFU 分類にて評価⁶⁾）、造影 CT、DTPA 腎シンチグラフィーを施行した。疼痛等の症状、有熱性尿路感染症の発症、及び DTPA 腎シンチグラフィーにて患側 eGFR の低下（正

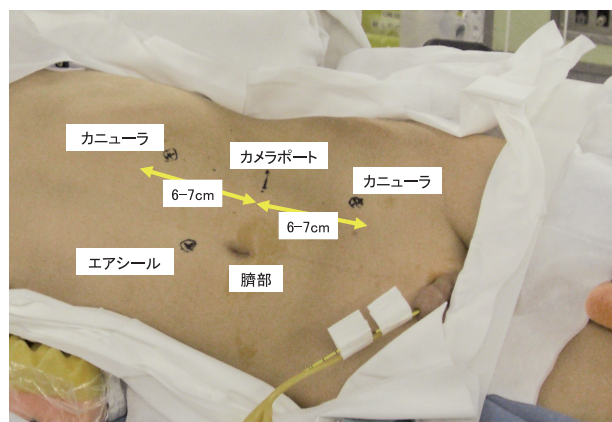


図 1 小児 RAPP 施行時のポート位置：腹直筋外縁に 8 mm da Vinci 用カニユーラ 3 本、助手用 5 mm エアシール[®] 1 本を標準的には使用

常側 eGFR と比較して、患側 eGFR の対側比が 80 % 以下)、レノグラムにて閉塞パターンを示した症例を手術適応とした。

また、当院における小児の RAPP の手術適応は、ポート間隔が 6 cm 以上確保できる学童期以降の小児とした。RAPP は成人と小児とにおいて同様の手術方法で行った。手術支援機器は、da Vinci[®] Xi Surgical system (Intuitive Surgical 社・米国) を使用し、dependent portion の切開、腎盂切離に関しては、Potts scissors を使用した。針の把持は Black diamond micro forceps を使用した。ポート造設は図 1 の様に行い、全例 dismembered 法を施行した。糸に関しては、dependent portion の運針は 5-0VICRYL RB-1[®] の結節縫合で行い、その後、腎盂後面、前面の運指の縫合は 5-0PDS RB-1[®] の連続運針縫合で行なった。また、全例順行性に尿管ステントを留置した。

LPP は dismembered 法を 5 例に、non-dismembered 法を 5 例に施行した。

今回の検討項目は、周術期パラメータとして、手術時間、気腹時間、腎盂尿管縫合時間、膀胱留置カテーテル留置期間、ドレーン留置期間、尿管ステント留置期間、入院期間に加えて術中・術後合併症を、小児 RAPP 群と成人 RAPP 群で比較検討した。また、小児 RAPP 群と小児 LPP 群の周術期パラメータ、術中・術後合併症も比較した。

本研究は、当施設の倫理審査を経て、承認された (U20: 599)。

結 果

RAPP の患者背景を表 1 に示す。10 例で後結腸外側アプローチ、3 例で経腸間膜アプローチを施行した。小

表 1 小児 RAPP 群と成人 RAPP 群の患者背景

	小児	成人
n	3	10
年齢 (歳)	13 ± 2.8	38 ± 4.9
性別 (男性 : 女性)	2 : 1	6 : 4
身長 (cm)	150.9 ± 19.3	166.2 ± 4.4
体重 (kg)	43.2 ± 15.6	58.4 ± 10.9
患側 (右 : 左) (n)	0 : 3	6 : 4
患側水腎 (SFU 分類) (n) Grade3 : Grade4	2 : 1	5 : 5
患側 eGFR (mL/min/1.73 m ²)	34.3 ± 7.2	41.5 ± 3.9
Approach 後結腸外側 : 経腸間膜	2 : 1	8 : 2

P, p-value ; LPP, laparoscopic pyeloplasty ; RAPP, robot-assisted laparoscopic pyeloplasty

児 RAPP 群と成人 RAPP 群の周術期成績，術中・術後合併症は表 2 に示す。術中所見である手術時間，コンソール時間，縫合時間は 2 群間で概ね同等であった。また，周術期経過である，ドレーン留置期間，膀胱留置カテーテル留置期間，尿管ステント留置期間に関しても，概ね同等であった。一方で，入院期間は，小児群で短縮傾向が確認された。全症例で術中合併症はなく，術後合併症は小児群の 1 例で，術後ステント留置期間中に腎盂腎炎を発症したのみであった。また，術後経過に関しては，follow up 期間が短い症例も含まれており，正確な評価は困難であるが，全例で症状の再燃はなく，術前と比較して水腎の増悪を来した症例も認めなかった。また，今回の成人 RAPP 群の内 2 例は再手術症例であり，前治療として，それぞれ経尿道的バルーン拡張術，LPP (Fenger 法) を施行していた。2 例共に，RAPP 施行時に，腎盂尿管移行部の周囲に癒着を認めたが，剥離・吻合は可能であった。

次いで，小児 LPP 群と小児 RAPP 群の周術期成績，術中・術後合併症を表 3 に示す。術中所見は，手術時間，気腹時間共に両群間で概ね同等であったが，RAPP 群で短縮傾向であった。また，ドレーン留置期間，膀胱留置カテーテル留置期間，入院期間，尿管ステント留置期間は，概ね同等であったが，RAPP 群で短縮傾向が認められた。全例で術中合併症はなく，術後合併症の発症率は，両群間で同等であった。再手術件数は RAPP 群では認めず，LPP にて 3 例認めた。LPP 群では 1 例で，術後にドレーンより尿の流出があり，吻合不全と診断された。この症例は，尿管ステントを交換後も，尿のリークが持続したため，開創で腎盂形成術（後腹膜アプローチ）を施行した，しかし，吻合部からの尿のリークが消失せず，最終的には腎瘻を造設し，保存的に経過観察したところ，リークが消失した。他 2 例は再手術として経尿道的尿管バルーン拡張術を施行し，術後症状の再燃，腎機能の増悪なく経過している。

表 2 小児 RAPP 群と成人 RAPP 群の周術期経過と合併症の比較

		小児 (n=3)	成人 (n=10)
術中所見	手術時間 (分)	268 ± 23	242 ± 45
	コンソール時間 (分)	169 ± 26	182 ± 40
	縫合時間 (分)	69 ± 11	70 ± 18
周術期経過	ドレーン留置期間 (日)	3.0 ± 1.7	3.4 ± 1.6
	膀胱留置カテーテル留置期間 (日)	4.0 ± 1.0	3.5 ± 1.2
	入院期間 (日)	8.0 ± 0	10.1 ± 1.4
	尿管ステント留置期間 (週)	6.6 ± 1.1	7.1 ± 1.4
	術中・術後合併症	1 例 (33 %)	0 例 (0 %)

P, p-value ; RAPP, robot-assisted laparoscopic pyeloplasty

表 3 小児 LPP 群と小児 RAPP 群の周術期経過と合併症の比較

		LPP (n=10)	RAPP (n=3)
	年齢 (歳)	12 ± 2	13 ± 2
	身長 (cm)	147 ± 13	150 ± 19
	体重 (kg)	38 ± 10	43 ± 15
術中所見	手術時間 (分)	340 ± 96	268 ± 23
	気腹時間 (分)	261 ± 92	169 ± 26
周術期経過	ドレーン留置期間 (日)	8 ± 17	3 ± 1
	膀胱留置カテーテル留置期間 (日)	8 ± 14	3 ± 1
	入院期間 (日)	17 ± 6	8 ± 0
	尿管ステント留置期間 (週)	11 ± 16	6 ± 1
	術中・術後合併症 (%)	1 例 (10 %)	1 例 (33 %)
再手術症例 (%)		3 例 (30 %)	0 例 (0 %)

P, p-value ; LPP, laparoscopic pyeloplasty ; RAPP, robot-assisted laparoscopic pyeloplasty

考 察

小児 UPJO における腎盂形成術における RAPP の割合は年齢と共に増加傾向にあり、青年期においては 8 割程度を占めている²⁾。今回の我々の検討においても、小児 RAPP 群は 10 ～ 15 歳と少年期後半から青年期がメインであった。また、成人 UPJO に対する RAPP と小児 UPJO に対する RAPP の周術期成績を比較した報告では、成人 RAPP 群と比較して小児 RAPP 群にて手術時間の有意な短縮と、同等な成功率を報告している⁵⁾。今回の我々の検討においては、周術期成績、合併症、術後経過は小児 RAPP 群、成人 RAPP 群にて同等であった。

現行の手術支援機器のプラットフォームでは、ロボットアーム同士の干渉が問題となり、乳幼児への適応は依然確立されていない。当科においても 10 kg 未満の乳幼児や、ポート間隔が 6 cm を確保できない小児に対しては、現在のところ、開創による腎盂形成術を選択している。一方で乳幼児の UPJO に対し、RAPP は、安全に施行可能であったとの報告も散見されるが⁷⁾⁸⁾、米国の Premier database においては、1 歳未満の乳幼児に対しては、RAPP の実施は 20 % に満たない²⁾。Avery ら⁹⁾ は、多施設共同研究にて 60 例の乳幼児の UPJO (平均年齢：生後 7 カ月) に対する RAPP 治療成績に関して報告している。成功率は 91 %、合併症率は 10 % とされ、合併症の内訳としては、ポートサイトヘルニア、尿瘻、尿路感染症、尿路結石、腸管麻痺遷延等が報告されている。乳幼児にとっては、重篤となり得る疾患である。特にポートサイトヘルニアにおいては、現行のロボット支援機器による RAPP ではポートサイズが大きくなり、LPP と比較し、発生頻度が増加する懸念もある。その点からも、乳幼児における RAPP の適応は慎重にすべきと考えられる。

乳幼児に対する RAPP においては、操作スペース確保のためのポート間隔の確保が困難であることがあり、ポート造設時の工夫が必要となる。その対策として、体幹中央にポートを並べる方法や⁹⁾、体腔内での操作スペース確保のために Box stich 法を用いてトロカーを浅めに固定する等の工夫が必要となる¹⁰⁾。

また、近年では整容性を考慮し、ポート位置を下腹部に並べる、Hidden incision endoscopic surgery (HiDES) 法の報告もあり、泌尿器疾患領域での適応も報告されている¹¹⁾。Hong ら¹²⁾ の報告では、15 歳未満の小児に対して、従来のポート位置と HiDES 法を用いたポート位置にて施行した RAPP 症例の比較を報告している。手術時間、合併症、入院期間、成功率に関して、従来のポ-

ート配置群と比較して、有意差はなく、術後の疼痛管理に関しては、HiDES 法を採用した群で有意に良好であったと報告している。

また、今後 RAPP 症例増加に対して、LPP 症例は減少することが予想される。これまでの小児 RAPP の周術期成績は、小児 LPP と比較して、手術時間の短縮、入院期間の短縮、合併症率の低減に寄与していると報告されている¹³⁾。今回の自施設の検討においても、LPP 群と比較し、手術、気腹時間に関しては有意差を認めなかったが、LPP 群と比較し短縮傾向を認めた。RAPP において、自由度の高い鉗子を使用することにより、尿管の spatulation や腎盂尿管吻合が容易になったことにより、手術時間、気腹時間が短縮したと思われる。

合併症に関しては、術後に腎盂腎炎を発症した症例を 1 例に認めた。腎盂腎炎の発症は、尿管ステントによる膀胱尿管逆流が要因と思われ、RAPP の手技に起因するものではないと推測された。その他の症例でも、合併症は認めておらず、RAPP 導入初期としては、安定・安全の手技で施行できている。術後経過として、follow up 期間がまだ短い、全例で症状再燃、水腎増悪、腎機能の低下は認めておらず、良好な成績を収めている。

また、今回の自施設の小児・成人例の両者において、RAPP が安全に施行できた要因としては、当施設が RAPP 導入前より開創による腎盂形成術及び LPP の経験が豊富であり、また術者が泌尿器疾患に対するロボット手術の経験が豊富であった点があげられる。また、RAPP の手術手技は、LPP の手術手技と変更した点はないが、吻合時の運針、結紮操作が LPP と比較して容易となった。縫合操作の点では、LPP 時代には手技の難易度から、操作が容易である Fenger 法を選択する事もあった。しかし、当科にて LPP にて再発に至った症例は全て Fenger 法で施行しており、術後成績を考慮すると、dismembered 法が推奨される。RAPP であれば、dismembered 法は縫合操作が安全で容易にでき、術後成績も良好であるため、RAPP では全例で dismembered 法にて施行している。

今後小児 UPJO 症例に対する RAPP 症例は増加傾向が予想される。一方で小児泌尿器疾患に特化した施設においては、ロボット支援手術の経験を積むことが困難であることが、今後の問題の一つとして考えられる。

結 語

当院における小児 RAPP の周術期成績は、成人 RAPP 及び小児 LPP と比較して同等かそれ以上であり、諸家の報告と同様であった。小児に対するロボット支援

下手術の問題点として、乳幼児が治療対象に含まれる UPJO に対して、現行の手術支援機器のプラットフォームでは、やや大きい事である。今後、小児に適した手術支援機器のプラットフォームの開発、普及が期待される。

文 献

- 1) 日本小児泌尿器科学会編：小児先天性水腎症（腎盂尿管移行部通過障害）診療手引き 2016. 日本小児泌尿器科学会雑誌 **25** : 1-46, 2016.
- 2) Varda, B. K. et al.: Has the robot caught up? National trends in utilization, peri-operative outcomes, and cost for open, laparoscopic, and robotic pediatric pyeloplasty in the United States from 2003 to 2015. *J. Pediatr. Urol.* **14** : 336.e1-336.e8, 2018.
- 3) Gettman, M.T. et al.: Anderson-Hynes dismembered pyeloplasty performed using the da Vinci robotic system. *Urology.* **60** : 509-513, 2002.
- 4) Miyake, O. et al.: Urological robotic surgery: preliminary experience with the Zeus system. *Int. J. Urol.* **12** : 928-932, 2005.
- 5) Mizuno, K. et al.: Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty for ureteropelvic junction obstruction: comparison between pediatric and adult patients- Japanese series. *J. Robot. Surg.* **11** : 151-157, 2017.
- 6) Fernbach, S. K and Maizels, M.: Ultrasound grading of hydronephrosis: introduction to the system used by the Society for Fetal Urology. *Pediatr. Radiol.* **23** : 478-480, 1993.
- 7) Bansal, D. et al.: Infant robot-assisted laparoscopic upper urinary tract reconstructive surgery. *J. Pediatr. Urol.* **10** : 869-874, 2014.
- 8) Kutikov, A. et al.: Robot assisted pyeloplasty in the infant-lessons learned. *J. Urol.* **176** : 2237-2239; discussion 2239-2240, 2006.
- 9) Avery, D. I. et al.: Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty: multi-institutional experience in infants. *J. Pediatr. Urol.* **11** : 139.e1-5, 2015.
- 10) Poppas, D. P. and Bleustein, C. B.: Box stitch modification of Hasson technique for pediatric laparoscopy. *J. Endourol.* **13** : 447-450, 1999.
- 11) Cezarino, B.N. et al.: Laparoscopic hidden incision endoscopic surgery (hides) nephrectomy vs. traditional laparoscopic nephrectomy: non-inferior surgical outcomes and better cosmetic results. *J. Pediatr. Urol.* **17** : 411.e1-411.e6, 2021.
- 12) Hong, Y. H. et al.: Hidden incision endoscopic surgery (HiDES) trocar placement for pediatric robotic pyeloplasty: comparison to traditional port placement. *J. Robot. Surg.* **12** : 43-47, 2018.
- 13) Andolfi, C. et al.: Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty in infants and children: is it superior to conventional laparoscopy? *World J. Urol.* **38** : 1827-1833, 2020.

EVALUATION OF SAFETY AND USEFULNESS OF PEDIATRIC ROBOT-ASSISTED LAPAROSCOPIC PYELOPLASTY- -COMPARISON WITH ADULT ROBOT-ASSISTED LAPAROSCOPIC PYELOPLASTY-

TAKESHI MIYAZAKI, SHINTARO ASO, MASAHIRO TACHIBANA,
CHIZURU NAKAGAWA, AIKO FUJIKAWA, NAOTAKA GUNGE,
YU OKABE, KAZUNA TSUBOUCHI, HIROSHI MATSUZAKI,
NOBUYUKI NAKAMURA, HIROFUMI MATSUOKA AND NOBUHIRO HAGA
Department of Urology, Fukuoka University, Faculty of Medicine, Fukuoka, Japan

Abstract :

Robot-assisted pyeloplasty (RAPP) for ureteropelvic junction obstruction (UPJO) has been covered by health insurance since April 2020. Robot-assisted surgery has enabled 3D stereoscopic vision and delicate surgical manipulation, making it easier to maneuver needles to spatulation and dependent portions, which were difficult in laparoscopic surgery. At our hospital, this procedure has been carried out since September 2020, and has been performed in 13 cases (3 children, 10 adults) so far. As for the perioperative results, no intraoperative complications were observed among either pediatric or adult

cases. Regarding postoperative complications, only one child had postoperative pyelonephritis. On the other hand, no cases of recurrence of postoperative pain or exacerbation of renal function, which affect the success or failure of surgery, were observed in either group. Thus, good results were obtained in both groups. One of the problems of robot-assisted surgery for children is that the current surgery-supported equipment platform is rather large for pyeloplasty for UPJO, which includes infants as treatment targets. A weight of 10 kg or more is recommended for the operation. Also, if the port interval is 4 cm or less, it becomes difficult to perform the surgery, and various devices are required. However, the surgical operation of RAPP for UPJO is relatively easy, and good surgical results have been obtained, and so the number of cases is expected to increase further in the future. On the other hand, there remain problems such as difficulties of safe surgery for infants and the restriction of the spread of RAPP with in facilities that mainly deal with pediatric urological diseases. (Nishinohon J. Urol. **85**: 237-242, 2023)

key words: urinary pelvic junction obstruction (UPJO), robot-assisted pyeloplasty (RAPP), laparoscopic pyeloplasty (LPP), perioperative results, complications
