

ロボット支援腎部分切除術における 術前画像スコアリングシステムの意義

阿部 紀之, 和田 直樹, 玉木 岳, 永渕 将哉
石川万友美, 牧野 将吾, 宮内 琴葉, 小林 進
堀 淳一, 柿崎 秀宏
旭川医科大学腎泌尿器外科学講座

CLINICAL SIGNIFICANCE OF PREOPERATIVE IMAGE CLASSIFICATION SYSTEMS IN ROBOT-ASSISTED LAPAROSCOPIC PARTIAL NEPHRECTOMY

Noriyuki ABE, Naoki WADA, Gaku TAMAKI, Masaya NAGABUCHI,
Mayumi ISHIKAWA, Shogo MAKINO, Kotona MIYAUCHI, Shin KOBAYASHI,
Junichi HORI and Hidehiro KAKIZAKI
The Department of Renal and Urologic Surgery, Asahikawa Medical University

Robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy (RAPN) is being used in Japan as a less invasive procedure. RENAL nephrometry (RN) score, Preoperative Aspects and Dimensions Used for an Anatomical (PADUA) Classification and Simplified PADUA Renal (SPARE) nephrometry system are tumor-specific morphometry scoring systems used for predicting the difficulty of partial nephrectomy. Adherent perinephric fat (APF) is one of the patient-specific factors related to the difficulty of partial nephrectomy. Mayo Adhesive Probability (MAP) score measures the difficulty of partial nephrectomy due to APF. Whether these scoring systems were associated with perioperative outcome of RAPN was retrospectively analyzed in 57 patients who underwent RAPN by two experienced surgeons at our hospital from December 2016 to March 2020. Forty-five patients were male and 12 were female. The right side was resected in 25 and the left side in 32 patients. The approach was transperitoneal in 42 and retroperitoneal in 15 patients. There were significant correlations among RN, PADUA and SPARE scores, while MAP score was independent from the other scores. Warm ischemic time was significantly correlated with RN ($r = 0.46, p < 0.001$), PADUA ($r = 0.45, p < 0.001$) and SPARE scores ($r = 0.44, p < 0.001$). Time for console was significantly correlated with MAP score ($r = 0.28, p = 0.035$). In conclusion, RN and MAP scores might be useful parameters to predict warm ischemic time and time for console during RAPN, respectively.

(Hinyokika Kiyo 68 : 133-138, 2022 DOI: 10.14989/ActaUrolJap_68_5_133)

Key words : RAPN, Preoperative image classification system

緒 言

近年、画像診断技術の向上により、偶発的な小径腎腫瘍が診断されることが多く、腎部分切除術が施行される機会も増えている。本邦の腎癌診療ガイドラインにおいても、腎部分切除術は根治的腎摘除術と同等の制癌性と腎機能温存の観点から、推奨グレードAに分類されている¹⁾。2016年4月にはロボット支援腎部分切除術 (Robot-assisted partial nephrectomy, 以下RAPN) が保険収載された。RAPNは従来の腹腔鏡下腎部分切除術と比較し、開放手術および根治的腎摘除術への移行率や温阻血時間、術後の腎機能、入院期間のいずれにおいても良好な成績が示唆されている²⁾。

腎部分切除術の難易度の指標の1つとして、腎腫瘍の解剖学的特徴を定量化した RENAL nephrometry (RN) score が提唱されている^{3,4)}。また Ficarra らが

提唱した Preoperative Aspects and Dimensions Used for an Anatomical (PADUA) Classification⁵⁾ や PADUA classification を簡素化した Simplified PADUA Renal (SPARE) nephrometry system⁶⁾ も報告されている。

一方、腎周囲の adherent perinephric fat (APF) も腎部分切除術の難易度に影響を与える患者因子として報告されており⁷⁾、この定量化として Mayo Adhesive Probability (MAP) score が開発された⁸⁾。

各スコアと周術期成績に関する報告は多くあるが、それぞれのスコアの関連性を検討した報告は限られている。当科における RAPN の周術期成績と各術前画像評価スコアリングシステムの関連を後方視的に検討した。

対象と方法

対象は2016年12月から2020年3月までに旭川医科大

学病院で特定術者2名により RAPN を施行した患者とした。ロボットは2016年12月から2019年6月までは da Vinci Si を、以降は da Vinci Xi を使用した。麻酔導入後に尿管カテーテルを留置し、腫瘍切除開始直前よりインジゴカルミン含有生理食塩水を尿管カテーテルから滴下することによって尿路開放の有無を確認することを原則とした。血管のクランプは腎動脈のみとし、複数の腎動脈のある場合、または本幹での確保が困難である場合には、それぞれの動脈を確保してすべてクランプを施行した。クランプ開始前に20% マンニトール 150 ml を点滴静注し、クランプ解除後にさらに150 ml を投与した。腫瘍切除後、inner suture (3-0 V-Loc[®]) で切除面の止血をはかり、腎実質縫合として2-0 V-Loc[®] を1針かけた段階でクランプを解除する early unclamping を行った。腎実質の欠損部には腎実質縫合が可能な場合はサージセル[®] を使用し、腎実質縫合が困難な場合はタコシール[®] を貼付し、圧迫止血を行った。アプローチは腫瘍が腎前面および上極または下極に位置する場合は経腹アプローチとし、腫瘍が腎後面に位置する場合や開腹手術歴がある場合は後腹膜アプローチとした。各スコアの評価は全例術前の

造影 CT で行い、スライス厚は 2.5 mm であった。

RN score は、(R) 腫瘍最大径、(E) 外方/内方増殖性、(N) 腫瘍の collecting system または腎洞への近接、(A) 腎前面/後面、(L) 腫瘍と polar line との相対位置の5項目から構成されるが³⁾、その合計点数を算出し、6点以下を low complexity 群、7点以上を moderate/high complexity 群と定義した。PADUA classification は腫瘍最大径、外方/内方増殖性、腫瘍の collecting system への近接、腎洞への近接、polar line との相対位置、腎臓長軸に対する腫瘍の相対位置の6項目から構成されるが、その合計点を算出し、7点以下を low risk 群、8点以上を intermediate/high risk 群と定義した。SPARE score は PADUA classification のうち腫瘍の collecting system への近接、腎洞への近接および polar line との相対位置に関する項目を除いた4項目から構成される。同様に合計点を算出し、3点以下を low risk 群、4点以上を intermediate/high risk 群と定義した。

MAP score は、いわゆる腎周囲の毛羽立ちである stranding と、CT 体軸断面像における患側の腎静脈の高さでの腎後面の脂肪の厚さの2項目から構成され

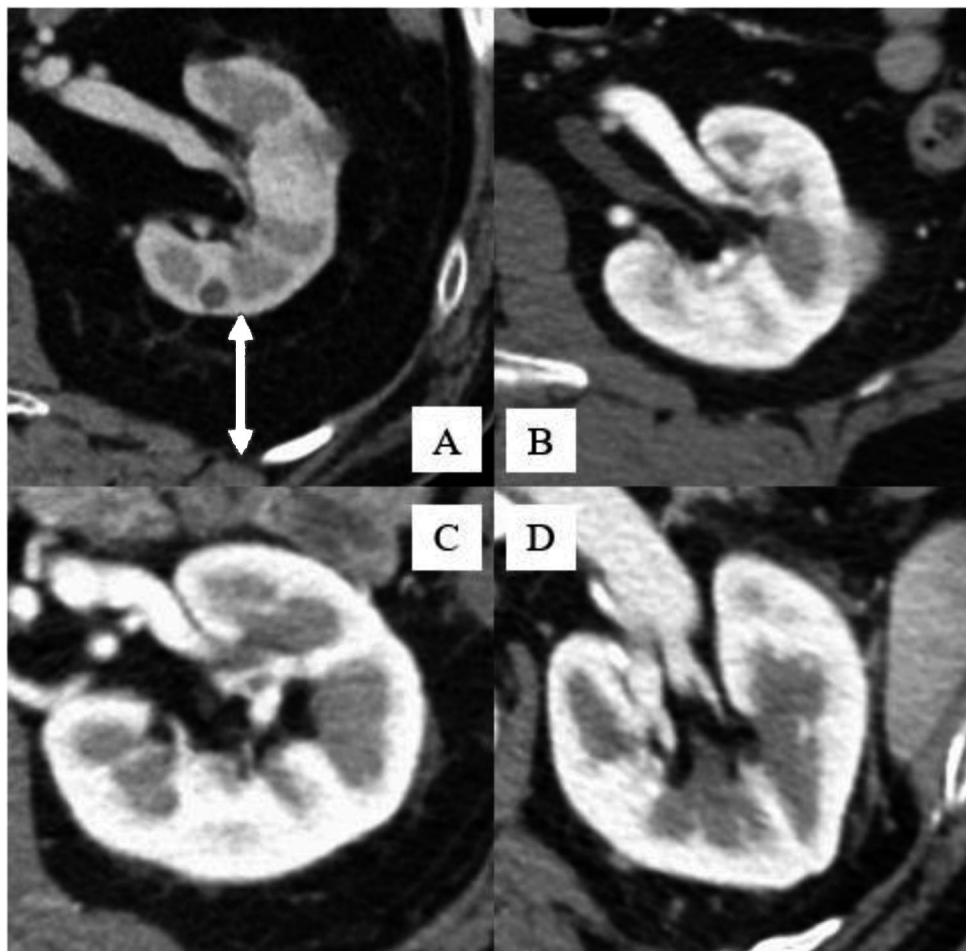


Fig. Measurement of MAP score. A. Fat measurement. B-D. Perinephric stranding. (B) None : 0 points. (C) Moderate : 2 points. (D) Severe : 3 points.

る。Stranding は none (0点), moderate (2点) および severe (3点) に分類され, 脂肪の厚さは <1.0 cm (0点), 1.0~1.9 cm (1点), および ≥ 2 cm (2点) と評価され (Fig.), その合計点数を算出した。なお, Ishiyama らの報告⁹⁾に基づき, 2点以下を low score 群, 3点以上を high score 群と定義した。

主たる検討項目は温阻血時間とコンソール時間との相関とし, 副次的な検討項目として出血量や術後入院期間, 術翌日の Hb の変化量, 術後1週間の腎機能, 周術期合併症【JCOG 術後合併症規準 (Clavien-Dindo 分類) v2.0 を用いて分類】, Trifecta 達成率 (阻血時間25分以内, 断端陰性, 術後合併症なしの3項目を満たす場合) とした。

今までの報告^{9,10)}から, これらの術前画像スコアリングシステムは温阻血時間やコンソール時間に影響を与えるとする報告が多い。過去の報告を参考にスコアリングシステムによるコンソール時間差が30分, 標準偏差を30分, 温阻血時間差が5分, 標準偏差を5分としたとき, その Effect size は1となり, α エラーを0.05, β エラーを0.1として検出力を0.9とすると, 各群のサンプルサイズは最低23必要と算出された。統計学的検討は Mann-Whitney U-test と Chi square test (Fisher exact probability test) を用いた。相関に関する検討ではスピアマンの順位相関行列を, 多変量解析は二項ロジスティック回帰分析を使用した。いずれも $p < 0.05$ をもって有意差ありと判定した。

結 果

対象患者は合計57例で, 年齢は中央値66歳, 男性45名 (78.9%), 女性12名 (21.1%) であった。患側は右側が25名 (43.9%), 左側が32名 (56.1%) で, 経腹アプローチが42名 (73.7%), 後腹膜アプローチが15名 (26.3%) であった。RN score は low complexity 群が24名 (42.1%), moderate/high complexity 群が33名 (57.9%) であり, PADUA classification では low risk 群が17名 (29.8%), intermediate/high risk 群が40名 (70.2%), SPARE nephrometry system では low risk 群が26名 (45.6%), intermediate/high risk 群が31名 (54.4%) であった。また, MAP score は low score 群が28名 (49.1%), high score 群が29名 (50.9%) であった (Table 1)。

手術結果を Table 2 に示す。各中央値は阻血時間16分 (7.9~36.4), コンソール時間142分 (80~245), 出血量 58 ml (0~700), 入院期間 8 日間 (7~37), 術翌日の Hb 低下量は 2.2 g/dl (-1.7~5.1), 術後1週間の腎機能 (eGFR) 低下量は 3.9 ml/min/1.73 m² (-16.3~21.6) であった。Grade 2 以上の周術期合併症を 3名 (5.3%) で認めた。Trifecta を達成できたのは44名 (77.2%) であった。周術期合併症の内

Table 1. Patients' characteristics

Age (years), median	66.0 (32-87)
Sex, n (%)	
Male	45 (78.9)
Female	12 (21.1)
Tumor side (%)	
Right	25 (43.9)
Left	32 (56.1)
Surgical approach (%)	
Transperitoneal	42 (73.7)
Retroperitoneal	15 (26.3)
RENAL nephrometry score	
Low complexity (%)	24 (42.1)
4	5
5	11
6	8
Moderate and High complexity (%)	33 (57.9)
7	15
8	5
9	10
10	3
PADUA score	
Low risk (%)	17 (29.8)
6	7
7	10
Intermediate and High risk (%)	40 (70.2)
8	9
9	10
10	10
11	11
SPARE score	
Low risk (%)	26 (45.6)
0	9
1	4
2	5
3	8
Intermediate and High risk (%)	31 (54.4)
4	8
5	7
6	11
7	3
8	2
MAP score	
Low score (%)	28 (49.1)
0	16
1	4
2	8
High score (%)	29 (50.9)
3	14
4	12
5	3

訳は, 腎周囲血腫とそれに伴った胸水による呼吸苦が1名, 疼痛コントロール不良の皮下気腫が1名, 術後

Table 2. Surgical outcomes

	Overall outcomes	RENAL nephrometry score			MAP score		
		Low (n = 24)	Moderate/High (n = 33)	P value	Low (n = 28)	High (n = 29)	P value
Warm ischemic time (min), median	16.0 (7.9-36.4)	13.3 (8.0-25.0)	18.3 (7.9-36.4)	<0.001	15.3 (7.9-36.4)	16.0 (8.0-27.0)	0.64
Time for console (min), median	142 (80-245)	125 (81-237)	229 (80-245)	0.06	126 (80-177)	229 (86-245)	0.04
Estimated blood loss (ml), median	58.0 (0-700)	53 (0-353)	108 (0-700)	0.11	55 (0-500)	100 (0-700)	0.18
Postoperative hospital stay (days)	8.0 (7-37)	8.0 (7-37)	8.0 (7-15)	0.97	8.0 (7-37)	8.0 (7-11)	0.29
Decreasing hemoglobin value (one day after the operation) (g/dl), median	2.2 (-1.7-5.1)	2.3 (0.1-4.1)	1.9 (-1.7-5.1)	0.30	2.1 (0.2-4.1)	2.3 (-1.7-5.1)	0.43
Decreasing eGFR value (one week after the operation) (ml/min/1.73m ²), median	3.9 (-16.3-21.6)	5.7 (-16.3-21.6)	3.6 (-7.4-16.4)	0.43	4.4 (-16.3-14.3)	2.3 (-7.4-21.6)	0.99
Complications (Clavien grade ≥ 2) (%)*	3 (5.3)	2 (8.3)	1 (3.0)	0.57	3 (10.7)	0 (0.0)	0.11
Trifecta achievement (%)*	44 (77.2)	20 (83.3)	24 (72.7)	0.55	21 (75.0)	23 (79.3)	0.94

Table 3. Correlation among RENAL nephrometry score, PADUA score, SPARE score and MAP score

	RENAL nephrometry score	PADUA score	SPARE score	MAP score
RENAL nephrometry score	—	r=0.89*	r=0.78*	r = -0.20
PADUA score		—	r=0.95*	r = -0.22
SPARE score			—	r = -0.18
MAP score				—

* p<0.05.

尿瘻が1名であった。

画像評価スコアリングシステムに関して、RN score, PADUA score および SPARE score においては互いに有意な相関を認めたが、MAP score と他のスコアリングシステムとの間には有意な相関を認めなかった (Table 3)。

周術期パラメーターに関して、温阻血時間は RN score, PADUA score および SPARE score と有意な相関を認めたが、最も強い相関を示したのは RN score (r=0.46, p<0.001) であった。コンソール時間に関しては、MAP score のみ相関関係を認めた (r=0.28, p=0.035)。その他の周術期パラメーターに関しては有意な相関を認めなかった。また、合併症頻度および Trifecta 達成率についても有意差を認めなかった (Table 4)。

RN score の low complexity 群と moderate/high

complexity 群を比較すると、温阻血時間に関して有意差を認めた (p<0.001) が、その他の項目は両群で有意差を認めなかった。MAP score に関しては、コンソール時間について low score 群と high score 群で有意差を認めた (p=0.04) が、その他の項目は両群で有意差を認めなかった (Table 2)。

温阻血時間およびコンソール時間に対して性別、患側、アプローチおよび各スコアに関する多変量解析を施行したが、いずれの項目においても有意差は認められなかった。

考 察

少数例での後方視的検討ではあるが、RAPN において RN score, PADUA classification および SPARE nephrometry system は温阻血時間と相関があり、RN score で最も強い相関を認めた。また、MAP score はコンソール時間と有意な相関を認めた。

RN score は術前画像での腎腫瘍の解剖学的な特徴から腎部分切除術の難易度や合併症リスクを層別化する試みとして提唱されたが³⁾、本邦では Yanagida らが腹腔鏡下腎部分切除術における周術期成績との関連を報告している⁴⁾。最近の RAPN に関する報告では、Altunrende らは温阻血時間との関連を¹¹⁾、Khene らは手術時間や出血量、開放手術への移行との関連を¹²⁾、Tanagho らは周術期合併症との関連を報告している¹³⁾が、経験の多い術者においては、RN score と上述のような手術に関連した因子や術後 outcome との間に有意差を認めないという報告もある¹⁴⁻¹⁶⁾。

PADUA classification も RN score と同様の目的で作

Table 4. Statistical analysis regarding relationship between each preoperative image classification system score and surgical outcome

	RENAL nephrometry score	PADUA score	SPARE score	MAP score
	Coefficient	Coefficient	Coefficient	Coefficient
Warm ischemic time	0.46*	0.45*	0.44*	-0.15
Time for console	0.14	0.21	0.26	0.28*
Estimated blood loss	0.05	0.06	0.11	0.15
Postoperative hospital stay	-0.01	0.05	0.12	-0.09
Decreasing hemoglobin value (one day after the operation)	-0.16	-0.16	-0.10	0.06
Decreasing eGFR value (one week after the operation)	-0.10	-0.80	-0.10	-0.02
	Median (range)	Median (range)	Median (range)	Median (range)
Complications (Clavien grade \geq 2)				
Yes	6.0 (4-8)	9.0 (6-10)	5.0 (0-6)	0.0 (0-1)
No	7.0 (4-10)	9.0 (6-11)	4.0 (0-8)	3.0 (0-5)
Trifecta achievement				
Yes	7.0 (4-10)	9.0 (6-11)	4.0 (0-8)	3.0 (0-5)
No	7.0 (4-9)	9.0 (6-11)	4.0 (0-8)	2.0 (0-5)

Continuous variable surgical outcome was investigated by Spearman rank correlation coefficients. Categorical variable surgical outcome was investigated by Mann-Whitney U test. * $p < 0.05$.

成され、開放腎部分切除術における合併症頻度を予測することが示されたが⁵⁾、RAPNにおいても阻血時間や出血量、術後腎機能や周術期合併症との関連が報告されている¹⁷⁾。SPARE nephrometry system は再現性や汎用性、使用頻度の向上を目的とし、PADUA classification を簡素化し作成されたが、周術期合併症頻度に対する予測精度は PADUA classification に劣らないことや、評価者の臨床経験や専門分野に関わらずリスク評価の一致率が高いことが示されている¹⁰⁾。

一方、MAP score は APF を定量化したスコアリングシステムとして提唱された。APF は腎被膜の露出が困難な固着した腎周囲脂肪を意味している。男性や肥満、高血圧などが関連因子と言われている。MAP score は Davidiuk らによって術者 1 名による RAPN 100 症例のデータを基にして、Multivariable logistic regression model を用いて APF の予測因子の作成を試み、背面の脂肪の厚さと stranding を組み合わせることで APF の発生率を層別化して作成された⁸⁾。

MAP score に関しては手術時間および出血量との関連や、開放手術への移行、または trifecta 達成が困難となる独立因子であるといった報告がある¹¹⁾。本邦では Ishiyama らが 311 例の RAPN 症例を対象に MAP score とコンソール時間との関連性を報告しており⁹⁾、Motoyama らも有意差はなかったものの同様の結果を報告している¹⁸⁾。

本検討の結果から、過去の研究と同様に RN score、PADUA classification および SPARE nephrometry system と温阻血時間、MAP score とコンソール時間の関連が示唆された。RN score、PADUA classification および

SPARE nephrometry system は腫瘍の位置や大きさに注目したスコアリングであるため、腫瘍切除の難易度を予測しており、温阻血時間との有意な相関が認められたと考えられる。

一方、MAP score は腎周囲脂肪に注目しており、腫瘍の同定や切除ラインの腎被膜の露出における難易度を予測していると考えられる。そのためコンソール時間との相関が強く、温阻血時間との相関は認められなかったと思われる。

本検討の問題点として、後方視的検討であり、解析対象患者数が少ないことが挙げられる。さらにアプローチ方法別に関する解析ができなかったことも本検討の問題点と思われる。画像評価に関しても、RN score、PADUA classification および SPARE nephrometry system は複数人が評価したものであった一方、MAP score は 1 人で評価しており、いずれもスコアの一致率について今後の検討が必要である。また、APF の危険因子と言われている喫煙歴や基礎疾患⁸⁾などの影響も加味した検討も必要であり、今後も症例を蓄積し、さらなる解析を行う予定である。

結 語

RAPN において、RENAL nephrometry score は温阻血時間と、MAP score はコンソール時間と有意に相関しており、それぞれの時間を予測する指標として有用である可能性が示唆された。また、RENAL nephrometry score と PADUA classification および SPARE nephrometry system の間には互いに有意な相関を認め

文 献

- 1) 日本泌尿器科学会編：腎癌診療ガイドライン2017年版. pp 45-47, メディカルレビュー社, 東京, 2017
- 2) Choi JE, You JH, Kim DK, et al.: Comparison of perioperative outcomes between robotic and laparoscopic partial nephrectomy: a systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* **67**: 891-901, 2015
- 3) Kutikov A and Uzzo RG: The RENAL nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. *J Urol* **182**: 844-853, 2009
- 4) 柳田知彦, 秦 淳也, 矢部通弘, ほか: 腹腔鏡下腎部分切除術における周術期成績の臨床的検討—RENAL nephrometry score との関連性について—. *Jpn J Endourol* **27**: 344-350, 2014
- 5) Ficarra V, Novara G, Secco S, et al.: Preoperative aspects and dimensions used for an anatomical (PADUA) classification of renal tumours in patients who are candidates for nephron-sparing surgery. *Eur Urol* **56**: 786-793, 2009
- 6) Ficarra V, Porpiglia F, Crestani A, et al.: The Simplified PADUA REal (SPARE) nephrometry system: a novel classification of parenchymal renal tumours suitable for partial nephrectomy. *BJU Int* **124**: 621-628, 2019
- 7) Kocher JN, Kunchala S, Reynolds C, et al.: Adherent perinephric fat at minimally invasive partial nephrectomy is associated with adverse perioperative outcomes and malignant renal histology. *BJU Int* **117**: 636-641, 2016
- 8) Davidiuk AJ, Parker AS, Thomas CS, et al.: Mayo adhesive probability score: an accurate image-based scoring system to predict adherent perinephric fat in partial nephrectomy. *Eur Urol* **66**: 1165-1171, 2014
- 9) Ishiyama R, Kondo T, Takagi T, et al.: Impact of the Mayo Adhesive Probability Score on the complexity of robot-assisted partial nephrectomy. *J Endourol* **32**: 928-933, 2018
- 10) Weprin S, Falagarino U, Veccia A, et al.: Simplified PADUA Renal (SPARE) nephrometry scoring system: external validation, interobserver variability, and comparison with RENAL and PADUA in a single-center robotic partial nephrectomy series. *Eur Urol Focus* **7**: 591-597, 2021
- 11) Altunrende F, Laydner H, Hernandez AV, et al.: Correlation of the RENAL nephrometry score with warm ischemia time after robotic partial nephrectomy. *World J Urol* **31**: 1165-1169, 2013
- 12) Khene ZE, Peyronnet B, Kocher NJ, et al.: Predicting morbidity after robotic partial nephrectomy: the effect of tumor, environment, and patient-related factors. *Urol Oncol* **36**: 338.e19-338.e26, 2018
- 13) Tanagho YS, Kaouk JH, Allaf ME, et al.: Perioperative complications of robot-assisted partial nephrectomy: analysis of 886 patients at 5 United States centers. *Urology* **81**: 573-579, 2013
- 14) Mufarrrij PW, Krane LS, Rajamahanty S, et al.: Does nephrometry scoring of renal tumors predict outcomes in patients selected for robot-assisted partial nephrectomy? *J Endourol* **25**: 1649-1653, 2011
- 15) Castle SM, Gorbatiy V and Leveillee RJ: Robotic partial nephrectomy outcomes at a single institution and experience with RENAL nephrometry score. *J Robot Surg* **5**: 209-214, 2011
- 16) Sea JC, Bahler CD, Mendonsa E, et al.: Comparison of measured renal tumor size versus RENAL nephrometry score in predicting patient outcomes after robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy. *J Endourol* **27**: 1471-1476, 2013
- 17) Crockett MG, Giona S, Whiting D, et al.: Nephrometry scores: a validation of three systems for perioperative outcomes in retroperitoneal robot-assisted partial nephrectomy. *BJU Int* **128**: 36-45, 2021
- 18) Motoyama D, Matsushita Y, Watanabe H, et al.: Significant impact of three-dimensional volumetry of perinephric fat on the console time during robot-assisted partial nephrectomy. *BMC Urology* **19**: 132, 2019

(Received on August 20, 2021)

(Accepted on January 17, 2022)