

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：32645

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18127

研究課題名(和文) 生体腎移植の複数腎動脈グラフトにおける再建不要限界の模索

研究課題名(英文) Effectiveness of three-dimensional image analysis for surgical simulation of living donor kidney transplantation with multiple renal artery graft

研究代表者

富田 晃一 (Tomita, Koichi)

東京医科大学・医学部・助教

研究者番号：10647267

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：生体腎移植において、移植腎(グラフト)の腎動脈が複数ある場合、各副動脈の再建の要否が問題となる。再建の要否を判断するには、主動脈・副動脈の動脈径や走行さらに各動脈の灌流領域の大きさが重要な指標となるが、これらの指標を術前に客観的に評価する方法はこれまで存在しなかった。本研究で申請者らは、3D画像解析システムによるシミュレーションを用いて複数腎動脈を有するグラフトの各動脈灌流領域を術前に計算する方法を新規に開発した。複数腎動脈を有する症例について術前に3Dシミュレーションを行い、副動脈の灌流領域や術後経過の比較を行う事ができた。本法によって、生体腎移植の安全性や効率性が向上する事が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複数腎動脈を有する移植腎の評価において、客観性を持った術前評価方法は未だに報告がない。我々の3D画像解析システムを用いた新たな術前シミュレーションは、複数腎動脈の走行・分岐・灌流領域の大きさを術前に詳細に把握でき、再建の要否や再建方法を決定することによってこれまでよりも安全な生体腎移植手術が可能になる。

研究成果の概要(英文)： There are a number of strategies about surgical management of kidney transplantation with multiple renal artery graft between each institution. The calculation of perfusion area of each renal artery is based on the subjective observations during perfusion in bench surgery. It has less objectivity and reliability, though the method to evaluate perfusion area of each renal artery in detail has not been existed before. In this study, we developed the new 3-D image analysis system, which can display the construction of renal artery, vein, ureter, and their relations visually before surgery. Also, it can calculate the perfusion area of each artery by unique algorithm, and necessity of arterial reconstruction can be predicted preoperatively. These features will assist the kidney transplantation surgery to be performed more safely.

研究分野：移植外科

キーワード：生体腎移植 腎動脈 グラフト 再建 シミュレーション

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

生体腎移植において、移植腎(グラフト)の腎動脈が複数ある場合、各副動脈の再建の要否が問題となる。再建の要否を判断するには、主動脈・副動脈の動脈径や走行さらに各動脈の灌流領域の大きさが重要な指標となるが、これらの指標を術前に客観的に評価する方法はこれまで存在しなかった。このため、動脈再建の基準や方法については各施設や術者によって異なり、特に副動脈を再建あるいは犠牲にする基準については主観的な判断に基づいていた。このため、副動脈の灌流領域についてより客観的で信頼性のある算定方法が求められていた。

### 2. 研究の目的

本研究では、3D 画像解析システムを用いて複数腎動脈を有するグラフトの各動脈灌流領域の算定や血流シンチグラムから各灌流領域の機能を客観的に評価する方法を新規に開発し、これまで不明であった副動脈の再建不要限界を科学的に決定することを目的とした。

### 3. 研究の方法

3D 画像解析システムについては、Synapse Vincent(富士メディカルシステム)を使用した。3D 画像解析システムは、ダイナミック造影 CT 画像を基に専用のワークステーションで 3D 立体構築像を作製し、脈管の走行や臓器との位置関係・支配領域等を Region growing により算出することができる。これを用いて下記の検討を行った。

#### ・過去の腎移植症例の retrospective な解析

当施設ではこれまで 500 例を超える腎移植術を行ってきた。過去の症例を 3D 画像解析システムを用いて retrospective に解析し、同システムが移植腎にも使用可能である事を検証した。まず腎動脈径や各動脈の灌流領域の大きさに着目し、副動脈を再建した症例と結紮処理した症例を比較して 3D 画像解析システムの正確性を検証した。

#### ・これまで行ってきた手法との比較・検討

当施設では、これまで複数腎動脈の灌流領域を評価する際に、採取した移植腎の灌流所見に基づいて目測で大まかな領域の大きさを求めてきた。この目測での灌流領域の大きさと 3D 画像解析システムで算出した灌流領域の差異がどの程度認められるのかを検証した。差異を生じる症例について検索し、3D 画像解析システムと実臨床の解離の有無を検討した。

#### ・複雑な腎動脈を有する症例を含む臨床応用の検討

前述の研究結果に基づいて予想された大まかな副動脈の再建不要限界を一定の参考とした上で、実際の手術症例について副動脈の再建または結紮を行い、移植腎機能を評価する事で前方視的に副動脈の再建不要限界を検討した。

### 4. 研究成果

過去の複数腎動脈を有する症例について後方視的に 3D シミュレーションを行い、副動脈を再建または結紮した症例の副動脈の灌流領域や術後経過の比較を行った。

**Table 1.** Preoperative and postoperative information for each reconstructive method used for kidney grafting

Characteristics	All patients (n = 50, 100%)	Conjoined method (n = 16, 32%)	Side-to-end method (n = 9, 18%)	Individual method (n = 13, 26%)	Ligation alone (n = 10, 20%)	<i>P</i>
Donor kidney						
Weight (g)	171	178	167	166	162	0.751
Volume (mL)	164	167	159	166	161	0.593
Operative time						
WIT (min)	9	12	5	7	8	0.858
CIT (min)	125	138	147	105	97	0.005
TIT (min)	134	151	152	113	106	0.013
First urine (min)	36	25	70	27	40	0.624
Ccr of 14POD	48.9	59.4	44.6	47.1	46.9	0.396
Cr of 1POM (g/dL)	1.3	1.5	1.3	1.2	1.1	0.586

Data are presented as the mean.

Ccr, creatinine clearance; CIT, cold ischemic time; Cr, creatinine; POD, postoperative date; POM, postoperative month; TIT, total ischemic time; WIT, warm ischemic time.

また、主動脈と各副動脈の径や灌流領域の大きさについて、再建方法別に検討した。

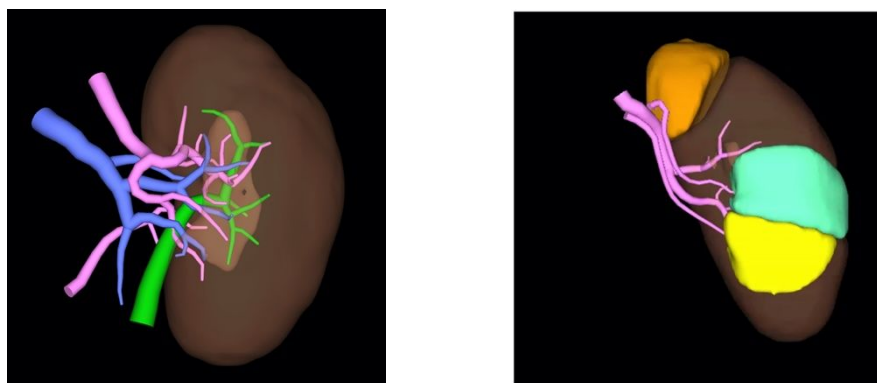
**Table 2.** Diameter and supply region of each renal artery

Characteristics	Main arteries (n = 50)	Side arteries				p Value
		Conjoined (n = 19)	Side-to-end (n = 11)	Individual (n = 13)	Ligation (n = 14)	
Diameter (mm)	4.5	2.9	2.7	2.1	1.6	0.003
Supply region (mL)	131	43	31	31	10	<0.001
Supply region (%)	79.7	25.3	18.5	18.7	6.1	<0.001

Data are presented as the mean.

次に、実際の生体腎移植症例で術前に3Dシミュレーションを行い、算定した副動脈灌流域と実際の術中所見の比較を行った。また、腎動脈が3本以上ある複雑な症例に対しても応用が可能か検証した。

**Figure 1.**



以上のように、3Dシミュレーションの実臨床における有用性を十分に確認した。

本研究結果を海外学会で発表したが、当初その有用性について十分な理解が得られなかった。これは、そもそも国内では生体腎移植が多く海外では死体腎移植が多いという背景の違いがあった。また国内では術前シミュレーションを行う事でより精緻で安全な手術が可能になるという一定の認識があるが、海外ではその認識が低かった。このため本研究内容が海外研究者にも理解されるよう工夫し、英文論文としてまとめ発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Koichi Tomita, Yuki Nakamura, Takayoshi Yokoyama, Naokazu Chiba, Yu Kihara, Osamu Konno, Hitoshi Iwamoto, Shigeyuki Kawachi	4. 巻 -
2. 論文標題 Renal Artery Perfusion Evaluation before Transplantation via a 3-Dimensional Image Analysis System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Surgery	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） -	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----