

# 馬蹄腎の3D血管イメージングと3Dプリンターを用いた臓器造形—馬蹄腎に伴った左下極腎細胞癌手術—

山本 徳則  
Tokunori YAMAMOTO

森 健策\*  
Kensaku MORI

服部 良平\*\*  
Ryohei HATTORI

名古屋大学大学院医学系研究科泌尿器科（准教授）  
名古屋大学情報連携統括本部・情報戦略室大学院情報科学研究科（教授）\*  
名古屋第一赤十字病院腎泌尿器内視鏡外科（部長）\*\*

## 過去号におけるテーマ

- 第41回 腎血管性高血圧と腎内微小循環イメージング
- 第42回 腎梗塞のイメージングとその治療
- 第43回 画像診断支援システムを用いた臓器可視化による3D画像腎血管イメージング
- 第44回 分子標的剤と腎細胞癌腫瘍血管イメージング
- 第45回 腎3D血管イメージングと3Dプリンターを用いた立体モデル
- 第46回 腎一大動脈分岐速度ベクトルイメージング
- 第47回 移植腎血管3Dイメージングと術後合併症としての移植腎血流不全
- 第48回 腎細胞癌の上下大静脈腫瘍塞栓血管3Dイメージング
- 第49回 腎微小血管イメージングによる糖尿病性腎症に対する硫化水素の効果
- 第50回 腎血管3D血管形状からポロノイ分割による腎血管支配灌流領域イメージング
- 第51回 術前3D腎血管イメージング—腎細胞癌腹腔鏡手術血管所見との比較—

## はじめに

腎臓は後腎の発育により発生するが、左右の後腎が仙骨部の中央部から第2腰椎の高さに上昇する過程において、両側腎が腎下極（稀に腎上極）で融合する（峡部）回転異常を伴った先天性疾患を馬蹄腎と言う。発生頻度は400人に1人と言われており<sup>1)</sup>、形態上は、通常よりも低く正中側に位置し、尿管は腎の前面で正中側を下行する。支配血管は多様性であり、腎動脈の分岐異常は60～74%に認められる<sup>2) 3)</sup>。支配血管が多様な上、血管分布に対してCrawford<sup>4)</sup>は外科的立場から簡潔に、I群：一対の主幹動脈が大動脈より分岐するもの、II群：一対の主幹動脈と1ないし4本の小動脈が大動脈ないし腸骨動脈から分岐するもの、III群：多数の小動脈が大動脈ないし腸骨動脈から分岐するものの3群に分類している。複雑な腎臓血管に加え、さらに回転異常、下極融合（峡部）を伴い複雑な3D構造を有する。手術的な面から解剖学的特徴としては栄養血管が多彩なこと、峡部の存在があげられる。手術のポイントは到達経路、栄養血管の処理、峡部の処理の3点である。実際、医療の現場では、腫瘍、腹部動脈瘤、または膿腎症に馬蹄腎が合併する手術の場合、その3D血管イメージングが重要になってくる。今回は、左下極腎細胞癌に合併した馬蹄腎の手術の経験から、馬蹄腎の3D血管イメージングと3Dプリンターを用いた臓器造形の有用性について報告する。

## 方法

### 1. 3Dイメージング

ディスプレイ画面における、いわゆる陰影付けされた3次元レンダリング画像は基本的な手法となる。以前は、対話的に解剖学的構造を表示する場合にはサーフェスレンダリング（臓器形状を多角形の集合で近似し、多角形を描画することで臓器形状を表示する手法）が利用されることが多かった。しかし、その表現力には限界があり、セグメンテーション処理を要するなど取り扱いの点においても難があった。ポリウムレンダリングは実行可能でも、最終的な画像を得るまでに1分程度の時間を要していた。PC上で特別なハードウェアを必要とすることなく、ほぼリアルタイムでポリウムレンダリングが実行できるようになってからは、外科の分野における手術支援画像生成が急速に広まった。そして、CT像やMRI像といった医用画像から、仮想的な内視鏡画像を生成可能な仮想内視鏡画像システムにも高速ポリウムレンダリング方法が実装され、内視鏡下手術を支援する画像の生成方法に関する研究が盛んに行われるようになった。この10年間の手術支援画像生成普及のきっかけは、高速ポリウムレンダリング手法の開発によるものと言っても過言ではない。動脈相、静脈相、そして排泄相で撮影された3種類の造影CT情報において、その3つの画像間では臓器位置や形状が異なっていると