

6. 腎採取術マニュアル

はじめに

心停止あるいは脳死ドナーからの腎単独摘出の方法について述べる。他臓器の摘出が同時に行われる場合の腎摘出については他稿を参照して頂きたい。

あらゆる状況を想定しておく必要があり、それに対応するには基本的な解剖学的知識と確かな技術が不可欠である。

腎提供におけるカニュレーションの代表的な流れ

心停止後腎提供における温阻血時間（Warm Ischemic Time: WIT）は、本邦では死亡宣告から体内灌流開始までであり、30 分を超えないことが望ましい。

心停止後腎提供の場合、図 1 のようないくつかの状況が想定され、それによって WIT が異なってくるが、病状や提供施設の事情に応じて選択する。

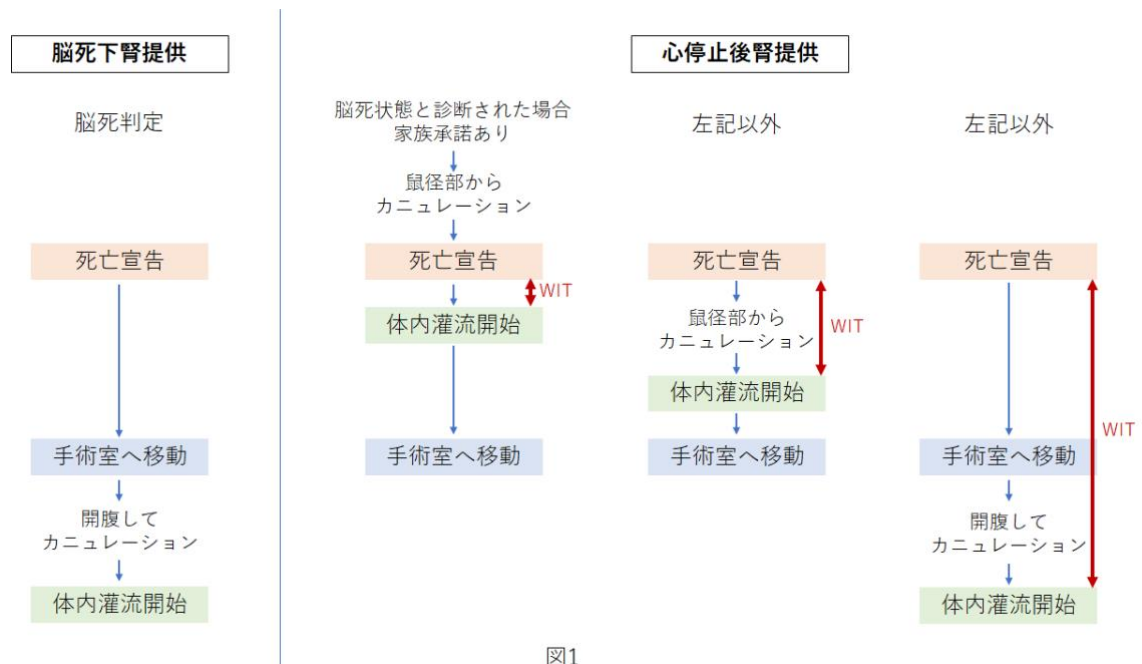


図1

心停止後腎提供の際に脳死状態と診断された後に家族同意が得られれば、死亡宣告前に鼠径部からカニュレーションする場合がある。脳死状態とは必ずしも臓器移植法に規定する法的脳死判定または脳死とされうる状態である必要はない。大腿動静脈が比較的浅い鼠径靭帯付近でのカニュレーションが推奨される。股関節の回旋により大腿動静脈の位置関係が変わることがあるので、心拍動下に触診または超音波下に大腿動静脈の位置を確認し、皮膚切開ラインをマーキングしておくことも有用である。鼠径部からのカニュレーション後は下肢への血流が遮断あるいは低下するので、カニュレーションから死亡宣告までの時間は長時間にならないように注意が必要である。収縮期血圧が 40-50mmHg 以下を目安にカニュレーションされることが多いが、死戦期のバイタルサイン

から総合的に判断される。肥満症例など短時間でのカニュレーションが困難と想定される場合には、大腿動静脈を確保後にすぐにカニュレーションせず血管テープをかけておくにとどめてドレーピングして清潔を保ち、死亡宣告後にカニュレーションするという選択肢もある。手術室へ移動後に開腹してカニュレーションする流れは、病室から手術室まで短時間で移動できる場合に適している。小柄な提供者のケースでダブルバルーンカテーテルが大腿動脈へ留置できないときなどもこの流れとなる。

摘出にあたり

摘出手術をするにあたり重要なことの 1 つとして、腹部を 3 つの層にわけて理解することが挙げられる。これは解剖学的にではなく、あくまでも摘出に際し手技を理解しやすくするためのひとつの考え方である（図 2）。背側から“骨格筋の層”、“大血管・腎の層”、“腸管・脾の層”の 3 つの層を想定する。摘出すべきは当然“大血管・腎の層”であるが、各層に何が存在するか、その境界には何があるのかを理解することが重要である。“骨格筋の層”と“大血管・腎の層”の 2 層間には基本的に何もなく、この間の剥離に特に問題はない。一方で“大血管・腎の層”と“腸管・脾の層”の 2 つの層は腹腔・上腸間膜動脈という重要血管でつながっている。

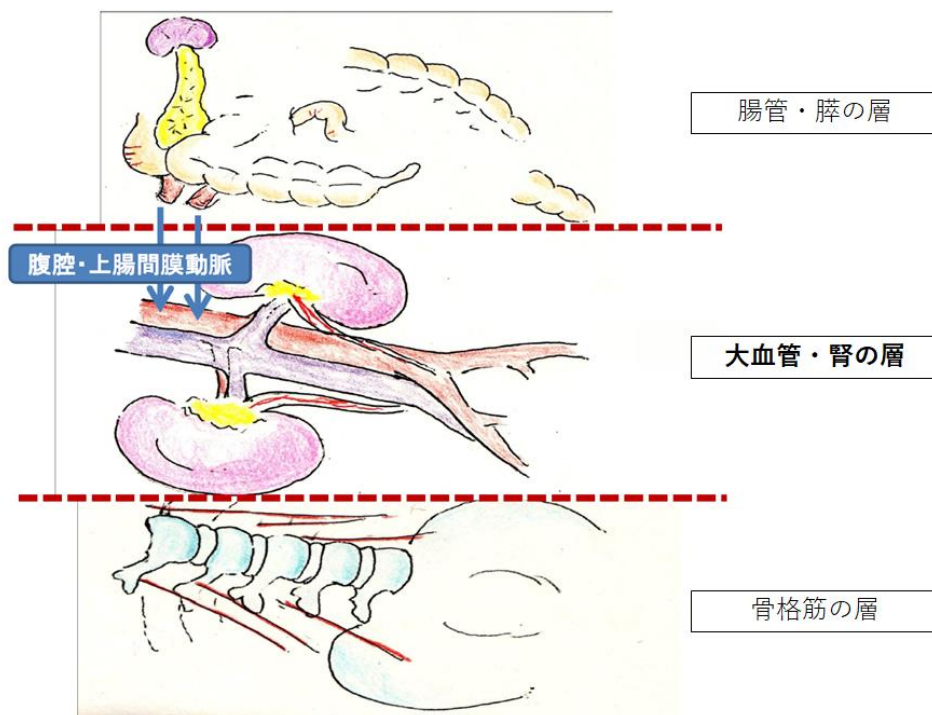


図2

摘出の実際

摘出操作は大きく 2 段階に分けて考える。“Cooling まで”とそれ以後の“腎の摘出”である。心停止あるいは脳死ドナーからの腎単独摘出においては Cooling (core + surface) までの操作が異なるが、以後の腎摘出についての操作は共通している。以下で「I.Cooling まで」→「II.両腎摘出」→「III.Bench Surgery」の流れで解説するが、I.は「A.心停止ドナー」と「B.脳死ドナー」からの摘出に分けられ、A.はさらにカニュレーションありとなしに分けられる。

すべての操作で言えることであるが、摘出に用いる道具は各施設で使い慣れたものを使用することが推奨される。

I. Cooling まで

A. 心停止ドナーからの摘出

i) 鼠径部からのカニュレーションのない場合

① 開腹

メスにて剣状突起から恥骨上縁までの腹部正中切開で開腹する。止血操作（電気メス・結紮 など）は不要である。

② 大動脈（尾側）テーピング・カニュレーション

腸管全体を頭側へよけると後腹膜に覆われた下大動静脈が確認できる。左右分岐部近傍の下大動脈（癒着などで認識しにくい場合腸骨動脈でも可）のテーピングを行い、カットダウンの要領で大動脈からのカニュレーションを行う。

ダブルバルーンカテーテルを用いる場合には前バルーンと後バルーンの間に腎動脈分岐部が来るように留置する。抜けないように固定をしっかりと行い、なおかつ腎動脈根部を塞がないように適度な長さを挿入することが肝要である。大動脈へ留置したカテーテルには前もって冷却した UW 液を点滴スタンド につないでおき、留置と同時に灌流を開始する。

ダブルバルーンカテーテル以外のカテーテルを用いるときは、小網を切開、胃を引き下げ食道の右側を走行する大動脈を確認しクランプをかける。

③ 脱血

胸腔内脱血を行う場合は、横隔膜を切開し右房へ流入する下大静脈を切開し

脱血を行う。胸腔内に脱血された血液はしっかりと吸引し、腹腔内へ流れ込まないようにする。下大静脈から脱血を行う場合は、③と同様にカットダウンの要領で脱血用カテーテルを留置しバックなどへつないでおく。

④Surface Cooling

上行結腸および下行結腸の外側で腹膜を切開し、“骨格筋の層”と“大血管・腎の層”の間で腎の背側を、“大血管・腎の層”と“腸管・脾の層”の間で腎の腹側を十分に剥離しクラッシュアイスを充填し Surface cooling を行う。氷を敷き詰めることで十分に冷却することが肝要である（図3）。

このときに十二指腸および上行・下行結腸を十分に受動しておく。同時に上腸間膜動脈の走行を確認しておくことで以後の操作が安全・確実である。

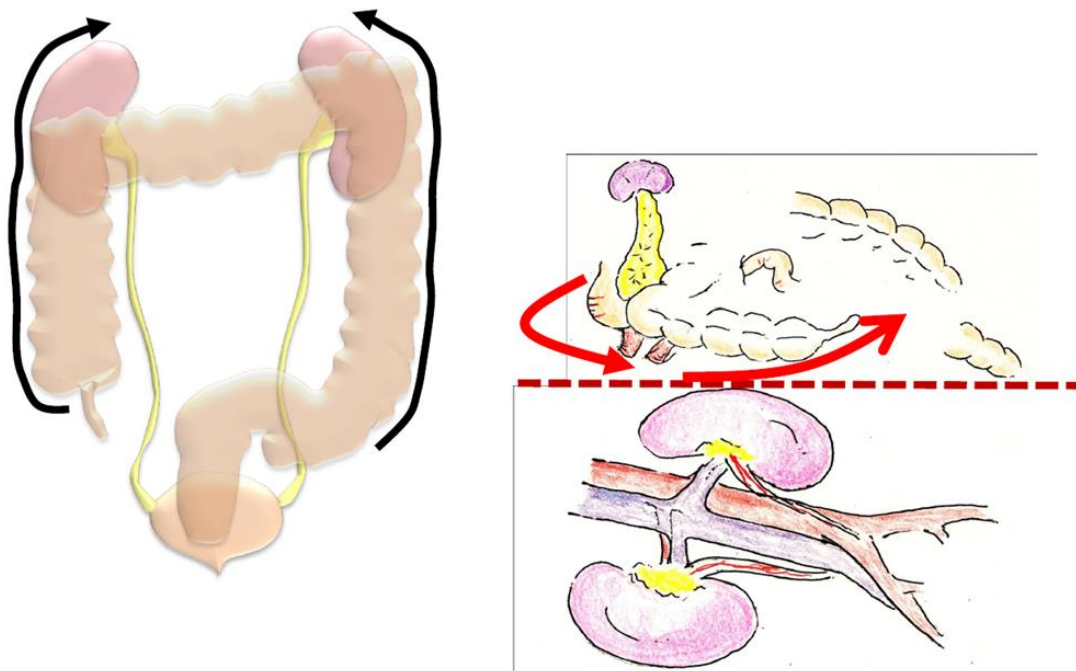


図3

ii) 鼠径部からのカニューレーションがある場合

心停止後すぐに灌流・脱血を開始する。i)-①同様に開腹し、core cooling が十分に行われていることが確認できれば、すばやく ii)-④の Surface cooling を行う。

B. 脳死ドナーからの摘出

① 開腹

剣状突起から恥骨上縁までの腹部正中切開で開腹する。このとき脳死ドナーでは当然ながら電気メスによる丁寧な止血操作が必要である。

② 大動脈（尾側）テーピング（下大静脈テーピング）

腸管を頭側へよけると後腹膜に覆われた下大動静脈が確認できる。動静脈間の後腹膜を電気メスで切開し、動静脈それぞれのテーピングを行う。このとき特に腰動静脈の存在に注意し、むやみに出血させないように必要に応じて結紮する。動静脈ともに約2～3cm程度の全周性剥離で十分である。

クロスクランプを行う場合（ダブルバルーンカテーテルを使用しない場合）は横隔膜ライン大動脈のテーピングを行う。小網を切開、胃を引き下げ食道の右側を走行する大動脈をテーピングする。この操作においても腰動脈を損傷しないよう注意が必要であるが、カテーテルを留置する必要があるわけではなくクランプをかけることが目的であるため、テーピングの容易な部位で行えばよい。

③Surface Cooling の準備

上行結腸および下行結腸の外側で腹膜を切開し、“骨格筋の層”と“大血管・腎の層”の間で腎の背側を、“大血管・腎の層”と“腸管・脾の層”の間で腎の腹側を十分に剥離し、十二指腸および上行・下行結腸を十分に受動しておく。同時に上腸間膜動脈の走行を確認しておくことで以後の操作が安全・確実である。

④ 全身のヘパリン化

ここまでの操作が終了した時点で、麻酔科医に全身ヘパリン化を依頼する

(通常成人ではヘパリン 10000 単位を静脈内投与)。

⑤ 大動脈カテーテル（下大静脈脱血用カテーテル）挿入・留置

全身ヘパリン化後3分待って、先にテーピングした末梢側大動脈からのカニキュレーションを開始する。カットダウンの要領で行えばよいが、心停止ドナーと異なり血流があるため中枢側をしっかりと指ではさみ、血流を遮断しながらカテーテルを挿入する。心停止ドナーと同様、抜けないよう固定をしっかりと行い、なおかつ腎動脈根部を塞がないように適度な長さを挿入することが肝要である。大動脈へ留置したカテーテルには冷却した UW 液を点滴 スタンドからつないでおく。下大静脈への脱血用カテーテル留置が必要な場合も同様にカットダウンの要領で挿入・留置後ウロバッグへつないでおく。

⑥ クロスクランプ→灌流開始 + surface cooling

ダブルバルーンカテーテルを用いる場合は、ここまでの準備が整ったら灌流開始する。それ以外のカテーテルを用いる場合は、先にテーピングを行った横隔膜レベルの大動脈を大動脈紺子でクランプし灌流を開始する。胸腔内への脱血が可能な場合は、横隔膜を切開、右房へ流入する下大静脈を切開し脱血を行う。下大静脈からの脱血となる場合は、⑤で留置したカテーテルを開放する。すぐにクラッシュアイスを充填し、surface cooling も行う。このとき十分に剥離した腎背側へも氷を敷き詰めることで十分に冷却することが肝要である。

II.両腎摘出

Cooling の操作までで、“大血管・腎の層”の背側は椎体と、腹側は腸管と腹腔・上腸間膜動脈を介してつながっている。

①尿管・大動脈（尾側）下大静脈切離

左右の尿管の走行を確認、できるだけ長く摘出できるように膀胱側で切離する。下大動脈・下大静脈は腸骨分岐部直上で切離する。

②上腸間膜・腹腔動脈根部の切離

Cooling の剥離段階で確認できる上腸間膜動脈、続いてすぐ頭側にある腹腔動脈の根部をクーパーにて切離する。この操作で“大血管・腎の層”と“腸管・脾の層”が完全に分かれる。

③大血管系の椎体よりの剥離

この時点で両腎・下大動・静脈と左右尿管が確認できている。これらを持ちあげると背側は椎体とのみ付着している。“骨格筋の層”と“大血管・腎の層”の最後の付着部位である。椎体との付着は強固であり、鋭的にクーパーで切離していく。このとき大血管を損傷することのないよう椎体側で切離することが重要である。

④大動脈（頭側）・下大静脈の切離

ここまでの操作で両腎・尿管・下大動静脈を含む“大血管・腎の層”は頭側で大動・静脈とつながっているだけである。十分に尾側へ牽引をかけ、大動脈をできるだけ頭側で、下大静脈は肝下面ぎりぎり切離すると両腎が一塊に摘出される。

⑤腸骨動脈採取

先に摘出した大動静脈の断端から末梢側の腸骨動脈を左右内・外腸骨動静脈の末梢まで摘出する。Bench surgery での血行再建に使用するため、できるだけ末梢側まで長めに採取することが望ましい。予期せぬ血行再建を要することがあるため、種々の口径の血管が使用可能となるように可及的末梢側まで摘出しておく方がよい。

III. Bench Surgery

以下の操作は、氷を敷き詰めた医療用ステンレスボールや膿盆上のアイソレーションバッグに UW 液を誘導・満たした中で行う。まず摘出された臓器をよく観察し、両腎・尿管、そして大動静脈を確認する。これらの上下・左右を確認しながら以下の操作に移る。

①大動脈の分離

安易に大動脈を切離すると aberrant artery（特に腎上極枝）を損傷してしま

うリスクがあるため、慎重な操作が必要である。安全にこの操作を行うためには、まず大動脈を背側で縦切開し内腔から血管の分岐を確認するのが有用である。これによって腹腔・上腸間膜・左右腎動脈（しばしば遭遇する複数腎動脈）が確認できる（図4）。この後腹側でも縦切開し大動脈を左右に2分割する。

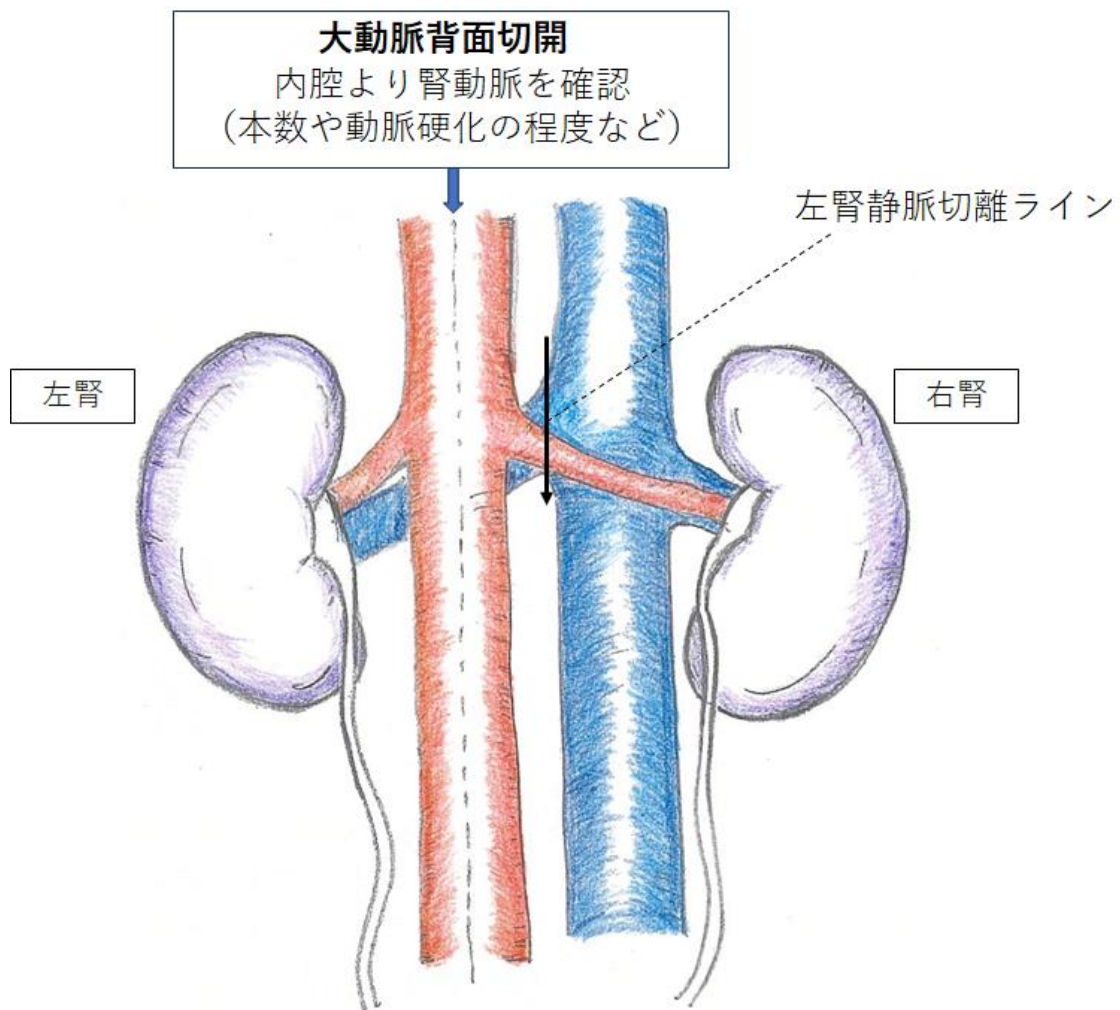


図4

②下大静脈の分離

下大静脈は左腎静脈の根部で切り離し、下大静脈本幹は右腎へ付けておく。

これは下大静脈を用いて右腎静脈の延長を行うことができるようにするためである（図 4）。右腎静脈の再建を行う場合は、下大静脈による延長を行うことが可能である（図 5）。

以上で左右腎が分離される。

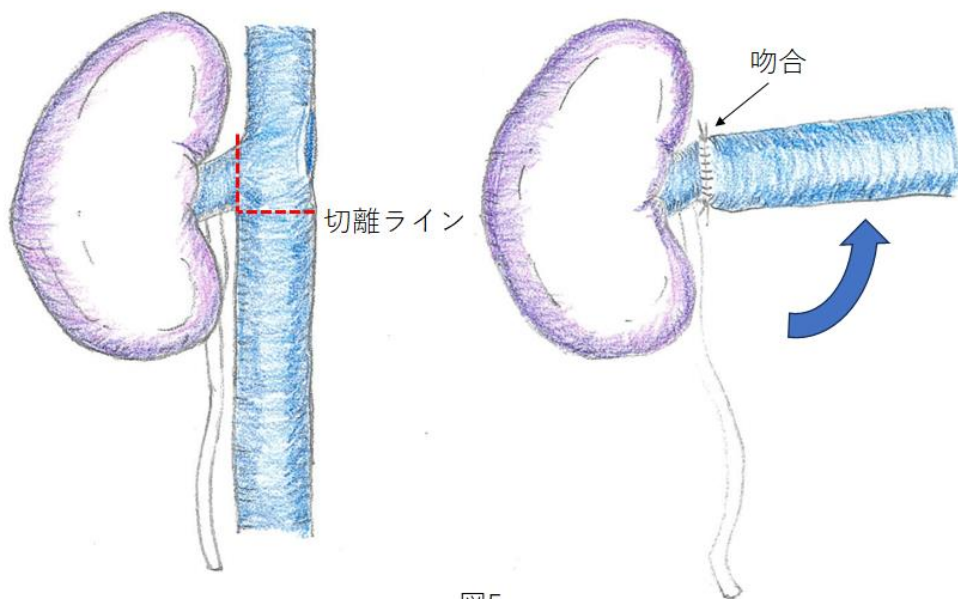


図5

IV.3 層にパッキング

それぞれの腎と腸骨動静脈を 3 層にパッキングレクーラーボックスで移植施設へ搬送する。1 枚目の再内層に氷を入れると腎臓に接するため、氷を入れないようにする。空気ができるだけ入らないように密封する。膵腎や肝腎の場合は、別々にそれぞれの臓器の方法でパッキングを行う。保存液、生食、ラクトリンゲルは冷蔵したものを用いる。スラッシュアイスとは液体中で氷が溶けだし薄片となったものであり、クラッシュアイス（砕いた氷）とは異なる

アイソレーション バック	1 枚目	2 枚目	3 枚目
保存液	UW が望ましい EC も許容する	アイソレーションバック or プラ容器 生食または ラクトリンゲル	なし
量	500mL	500mL	—
氷	なし	液体のみまたはそのスラ ッシュアイス	なし