

(4) 膵臓移植（腎移植後膵臓移植、膵単独移植）と膵腎同時移植

- ① 臓器提供者（ドナー）から膵臓及び腎（1腎の場合を含む）の提供があった場合には、膵腎同時移植、腎移植後膵臓移植、膵単独移植の順に優先される。ただし、膵腎同時移植希望者（レシピエント）が優先されるのは、DR座の1マッチ以上のHLA型の適合がある場合に限る。
- ② ①以外の場合には、膵腎同時移植以外の希望者については、腎移植後膵臓移植、膵単独移植の順に優先される。

(5) 待機時間

待機期間の長い者を優先する。

(6) 搬送時間

臓器搬送に要する時間がより短く見込まれる者を優先する。

(7) 膵腎同時移植と腎臓移植

(1)～(6)で選ばれた移植希望者（レシピエント）が膵腎同時移植の待機者である場合であって、かつ、臓器提供者（ドナー）から膵臓及び腎臓（1腎の場合を含む）の提供があった場合には、当該待機者が腎臓移植待機リストで下位であっても、当該待機者に優先的に膵臓及び腎臓を同時に配分する。

ただし、膵腎同時移植の待機者が優先されるのは、DR座1マッチ以上のHLA型の適合がある場合に限るが、当該待機者が優先すべき親族である場合は、DR座2ミスマッチであっても優先される。

なお、選ばれた膵腎同時移植の待機者が優先すべき親族でない場合であって、腎臓移植待機リストで選択された移植希望者（レシピエント）が優先すべき親族である場合は、当該腎臓移植希望者（レシピエント）が優先される。

(8) 臓器摘出術の開始以降に移植に適さないことが判明した場合の取扱い

- ① (1)～(7)により膵腎同時移植希望者（レシピエント）が選定されたものの、臓器摘出手術の開始以降に膵臓が移植に適さないことが判明した場合には、腎臓移植希望者（レシピエント）の選択をやり直すことなく、既に選ばれた当該膵腎同時移植希望者（レシピエント）に腎臓のみを配分する。
- ② (1)～(7)により膵腎同時移植希望者（レシピエント）が選定されたものの、臓器摘出手術の開始以降に腎臓が移植に適さないことが判明した場合には、膵臓移植希望者（レシピエント）の選択をやり直すことなく、既に選ばれた当該膵腎同時移植希望者（レシピエント）に膵臓のみを配分する。

3. その他

基準全般については、今後の移植医療の定着及び移植実績の評価等を踏まえ、適宜見直すこととする。

小腸移植希望者（レシピエント）選択基準

1. 適合条件

(1) ABO式血液型

ABO式血液型の一致 (identical) 及び適合 (compatible) の待機者を候補者とする。

(2) 体重 (サイズ)

体重差は-50%~200%であることが望ましい。

(3) 虚血許容時間

臓器提供者 (ドナー) の小腸を摘出してから12時間以内に血流再開することが望ましい。

(4) 移植希望者 (レシピエント) について

基礎疾患が良性疾患であること。

(5) CMV抗体

CMV抗体陰性の移植希望者 (レシピエント) に対しては、CMV抗体陰性の臓器提供者 (ドナー) が望ましい。

(6) 前感作抗体及びHLA型

当面、選択基準にしないが、必ず検査し、登録する。

2. 優先順位

適合条件に合致する移植希望者 (レシピエント) が複数存在する場合には、優先順位は、以下の順に勘案して決定する。

(1) 親族

臓器の移植に関する法律第6条の2の規定に基づき、親族に対し臓器を優先的に提供する意思が表示されていた場合には、当該親族を優先する。

ただし、HLAの適合度を必ず確認し、臓器提供者 (ドナー) のHLA-A、HLA-B、HLA-DRのすべてにホモ接合体が存在し、移植希望者 (レシピエント) が臓器提供者 (ドナー) のハプロタイプを共有するヘテロ接合体である場合には、移植片対宿主病 (GVHD) の危険性が高いため、除く。

(2) 医学的緊急度 (Status 1 を最優先とし、次に Status 2、Status 3 の順に優先する。)

Status 1 : 中心静脈栄養法の維持が不可能になった状態

Status 2 : 血清ビリルビン値の高値持続と、肝臓障害が進行しつつある状態

Status 3 : 中心静脈栄養法の維持が不可能となりつつある状態

(3) ABO式血液型

ABO式血液型の一致 (identical) する者を適合 (compatible) する者より優先する。

(4) 待機期間

待機期間の長い者を優先する。

3. その他

基準全般については、今後の移植医療の定着及び移植実績の評価等を踏まえ、適宜見直すこととする。

第3章 臨床医学

臓器摘出術と移植術の実際

多臓器摘出術の呼吸循環管理

西山謹吾 高知赤十字病院救命救急センター センター長

臓器摘出手術の管理は、当該病院の麻酔科医が行う場合が最も多いと考えられる。麻酔科医の人数などで当該病院の医師が手術に携われない場合は、日本臓器移植ネットワークで術中管理医を準備することになっている。しかし病院のシステム、手術場の構造などを熟知した者が術中管理するのが適切と考えられ、当該病院の麻酔科医の協力が重要となる。臓器摘出術の呼吸循環管理の目的は臓器の生着率が上がるように管理することである。

1. 摘出手技の実際

手術室の準備

多臓器摘出術の手術手順は以下の通りである。

- ① 臓器摘出手術におけるドナーの体位は仰臥位とし、両側上肢は挙上、もしくは体幹につける。
- ② 剃毛、皮膚消毒（消毒用イソジン液）。
- ③ 家族の臓器提供の意思が変わりないことを確認した後、黙祷を行う。
- ④ 皮膚切開（胸腹部正中切開）。
- ⑤ 胸骨縦切開、開胸、開腹。
- ⑥ 提供予定臓器に外傷や腫瘍、高度の動脈硬化性病変のないことを視診、および触診により確認する（最終臓器評価）。
- ⑦ 心臓・肺・肝周囲・後腹膜・腎周囲剥離の剥離。灌流用カニューラ、脱血用カニューラを挿入できるよう、血管周囲の剥離、テーピングを行う。
- ⑧ 膵臓の摘出が行われる場合は、十二指腸の剥離時に、胃管の先端を十二指腸まで挿入し、イソジン 1L を注入する（最近はあまり行わない）。
- ⑨ 全身ヘパリン化（400~500 単位/kg）。
- ⑩ 灌流用カニューラ、脱血用カニューラの挿入。
- ⑪ 上大静脈の結紮・切離。
- ⑫ 下大静脈を切離し、心臓・腹部臓器の血液を右胸腔内にドレナージする。肺を摘出する場合は、腹部下大静脈に脱血用カニューラを挿入し、下大静脈からの脱血開始直後に、下大静脈を遮断・切開し、心嚢内へドレナージする。
- ⑬ 大動脈遮断。心筋保護液の注入、心停止。肺灌流液の投与。
- ⑭ 心臓摘出。
- ⑮ 肺摘出。
- ⑯ 小腸を摘出後、肝臓、膵臓、腎臓の順に摘出。
- ⑰ バックテーブルにおける各臓器の切離・灌流・形成。

- ⑱ 胸腺、脾臓、腹腔内リンパ節の摘出（必要な場合）。
- ⑲ 血液・灌流液の吸引、異物の確認を行う。
- ⑳ 器材カウントと、レントゲン撮影により手術器具・ガーゼの遺残がないことを確認した後、閉胸・閉腹を行う。

2. 摘出手術中の呼吸循環管理

①ICUにて

出棟1～2時間前に抗菌薬（術前から投与されていた薬剤）を静脈内投与する。

中心静脈ラインが大腿静脈に確保されている場合は、頸静脈に確保し直す。可能であれば術前に集中治療室内で入れ換えをする。

術中、急速輸液・輸血をすることが多いため、最低2か所以上の太い末梢静脈路を確保されていることを確認する。できれば3ルートは確保したい。確保されていない場合は新たに確保する。

②手術室入室時

- ・集中治療室から手術室への搬送中は、100%酸素による用手換気（もしくは搬送用の人工呼吸器による換気）を行う。

- ・脳死ドナーは除神経状態にあるため、体位変換や腹部圧迫により血圧が変動しやすい。ベッド移動は慎重に行う。

- ・循環動態が安定していることを確認したのち、モニターをポータブルから手術室用に切り替える。

- ・加温が可能な急速輸血装置があれば用意する。術中は、太い末梢静脈路、もしくは中心静脈ラインのルーメンのうち、カテコラミンや抗利尿ホルモン(ADH)が投与されていないルーメンに接続して使用する。

- ・脳死ドナーは視床下部の体温調節中枢が障害されているため、低体温になりやすい。冷却・加温両用のマットを用意し、大動脈遮断までは体温（中枢温）を35℃以上に維持するよう、加温する。

- ・術中、大動脈が遮断され臓器の灌流が開始されるまでは、血圧（観血的動脈圧）、心拍数、心電図、経皮的動脈血酸素飽和度、中心静脈圧、尿量、動脈血ガス分析等のモニタリングを行う。

- ・上大静脈の結紮・切断前に中心静脈ラインを抜去するため、抜去しやすいように中心静脈ラインの固定糸を予め切り、テープ固定としておく。

- ・除細動パッドを手術創にかからないように貼付し、除細動器と連結する。また、体外ペーシングがいつでも行えるように準備する。

③手術開始

- ・メチルプレドニゾン 1g と筋弛緩薬（ベクロニウム 8・10mg、ロクロニウム 50mg など）

を静脈内投与する。ドナーは脳死状態であるが、脊髄反射は残るため、筋弛緩薬の投与が必要となる。

- ・術前から投与されている循環作動役は継続して投与する。呼吸循環管理の目標は、術前管理と同様である。

- ・術中は動脈血酸素分圧が 100~150mmHg 程度に維持できるよう、吸入酸素濃度を調整する（一般的には 40~50%）。肺が摘出される予定の場合は、肺保護目的の呼吸管理が必要となるため、以下の設定を目安としながら、肺摘出チームと協議して呼吸条件を決定する。

一回換気量	10ml/kg
呼吸回数	10 回/分
I/E 比	1:2
PEEP	3~5cmH ₂ O
吸入酸素濃度	40~50%

- ・原則として、吸入麻酔薬、麻薬は使用しない。

- ・皮膚切開・胸骨骨膜刺激時に一時的な血圧の上昇を認めるが、開胸後に血圧が低下しやすいため、血管拡張薬や吸入麻酔薬は使用しない。

- ・除神経状態では、出血や静脈圧迫による血圧低下が起こりやすいため、術野を十分に観察し、血圧の変動を予測することが重要である。特に上下大静脈の剥離、肺の剥離で血圧が低下しやすく、血圧低下時には摘出医に注意喚起を行う。

- ・血圧低下時には、輸血やアルブミン製剤の急速投与で対応する。摘出臓器の血流維持のために、末梢血管収縮薬（ノルアドレナリンやアドレナリンなど）の追加投与や増量は極力行わない。

- ・ヘマトクリットが 30%以上を維持するように輸血を行う。

- ・急速輸血に伴う血中カルシウム濃度低下に対して、カルシウム製剤の投与を行う。

- ・心臓の剥離操作中は、頻脈や徐脈などの不整脈を来たしやすい。急激な徐脈に対しては体外ペーシング、もしくは術野での直接ペーシングを行う。頻脈、心房細動、心室細動に対しては体外パッド、もしくは術野でのパドルにより除細動を行う。

- ・脾臓の摘出が行われる場合は、十二指腸の剥離時に、胃管の先端を十二指腸まで挿入し、イソジン 1L を注入する（最近はあまり行わない）。

- ・全ての臓器摘出の準備が整った時点で、中心静脈ラインからヘパリンを 400~500 単位/kg 投与する。ACT の確認は行わなくてもよい。中心静脈ラインや肺動脈カテーテルが右房に挿入されている場合は、上大静脈まで抜去する。

- ・ヘパリンが投与された時点で ADH の投与を中止する。

- ・灌流用のカニューラ挿入時に血圧が低下することがあるので注意する。

- ・肺摘出予定時には、術野で肺動脈本幹からプロスタグランジンを投与する。この際、血圧が低下するが、直ちに大動脈遮断を行うので昇圧の必要はない。

- ・全ての臓器の灌流用カニューラ挿入後、中心静脈ラインを抜去し、術野で上大静脈の結紮・切断、下大静脈の切開後、大動脈遮断を行う。
- ・大動脈遮断の時点で、全ての輸血・輸液を中止し、加温装置を冷却に切り替える。部屋の暖房も停止する。
- ・肺の摘出が行われない場合は、この時点で人工呼吸を停止する。
- ・肺の摘出が行われる場合は、大動脈遮断後も人工呼吸を継続する。その際、心臓摘出を行いやすいように、換気回数・換気量を減らす。
- ・気管を遮断後、人工呼吸を停止する。呼吸循環管理は、この時点で終了となる。

第3章 臨床医学

臓器摘出術と移植術の実際

心臓

小野 稔 東京大学医学附属病院心臓外科 教授

胸骨正中切開を行い、外表奇形や冠動脈硬化がないことを確認する。上大静脈 (SVC)、下大静脈 (IVC)、上行大動脈を剥離する。中心静脈カテーテルを浅めに引き上げる。ヘパリンを 5mg/kg 投与する。SVC を奇静脈流入部で結紮し、IVC を横隔膜上で遮断して大きく切開する。大動脈遮断はできる限り遠位部で行い、大動脈基部から心筋保護液を投与する。肺の提供がある場合には、肺動脈主幹部のカニューレから肺フラッシュ液も引き続き投与されるために、左心耳を大きく切開してドレナージを行う。心保存液は Celsior 30ml/kg を投与する。アイスフラッシュを心嚢内に入れて心筋温を下げる。投与終了後、左房切開から始める。左房肺静脈間の切離線は肺提供の有無によって決める。上行大動脈をなるべく長めになるように切離する。肺動脈切離線は肺提供がある場合には、主幹部の天井を残すように切離する。後面の結合織を切離して摘出は完了する。バックテーブルで卵円孔の有無を確認する。

心臓移植

日本で最も多い **modified bicaval technique** について述べる。左右心房、大動脈、肺動脈が多く残るようにレシピエント心摘出を行う。ドナー心の卵円孔開存があれば閉鎖し、左心耳切開部を縫合閉鎖する。レシピエント側の左心耳は切除する。左心房をトリミングして、左心耳の付け根から連続縫合で吻合する。縫合線の内膜側に心房筋や脂肪組織がなるべく露出しないように吻合する。右上肺静脈から挿入したベントチューブを左室内へ誘導しておく。右房壁は後壁の一部を残して電気メスで切除する。IVC を吻合する。スワンガンツカテーテル (SG) を使用している場合には、SVC を通して肺動脈から抜き出し、SVC を吻合する。SG を右肺動脈に送りこむ。肺動脈は長すぎると屈曲狭窄するので注意ながら吻合する。上行大動脈を吻合し、大動脈遮断を解除する。空気抜きは、ベント針または 18G 針で行う。十分な復温と再灌流を行い、移植心の電氣的活動性が活発になったところで除細動を行う。心臓を張らせた状態で各吻合部の出血を確かめる。十分な再灌流の後、経食道心エコーで左心系の空気の遺残がないことを確かめて人工心肺から離脱する。

心肺摘出手術

胸骨正中切開で行うことが多いが、両側開胸 (Clam-shell 切開) で行うこともある。心臓を評価し、上行大動脈、SVC, IVC を剥離する。左右の胸膜を大きく切開して両肺の評価

も行う。弓部大動脈および肺動脈を動脈管索まで剥離する。分岐部から 7～8cm 頭側まで気管周囲の剥離を行う。

ヘパリンを投与して、SVC を奇静脈流入部で結紮する。IVC を横隔膜上で遮断して大きく切開する。大動脈遮断はできる限り遠位部で行い、心筋保護液を投与する。肺フラッシュ液も引き続き投与し、左心耳を大きく切開してドレナージを行う。この間肺の換気が続ける。アイススラッシュを心臓および両肺周囲に満たす。SVC, IVC を切断し、上行大動脈も可及的遠位で切離する。気管チューブを抜去して、分岐部より 5 軟骨輪上で気管を切断する。右肺を愛護的に左側によけて右肺靭帯を剥離し、電気メスで後縦隔の剥離を進める。動脈管索まで到達したら、左肺を同様に剥離して摘出を終了する。

心肺移植手術

レシピエントの心肺摘出では上行大動脈は長く残し、肺動脈はすべて切除する。右房はなるべく残し、左房は大きく切除する。心摘出を行い、残った左房後壁を迷走神経に注意しながら切除する。左横隔神経の背側と腹側の胸膜を大きく切開して、主気管支をステイプラーで切除して左肺を全摘する。右肺も同様に全摘する。肺動静脈の残りを剥離し切除する。動脈管索周囲は反回神経麻痺予防のために円形 2cm の肺動脈壁を残す。左右主気管支から気管分岐部上まで剥離して分岐部直上で切離する。

グラフトを心嚢内に入れ、横隔神経後方の心膜・胸膜切開部から左右それぞれの肺を胸腔に納める。右肺は右房の後方から通す必要がある。アイススラッシュで心臓および両肺の温度上昇を抑える。ドナー気管のトリミングを行い、3-0 または 4-0 糸の連続縫合で吻合する。右房吻合は心臓移植と同様である。最後に上行大動脈を吻合する。ベントチューブを右上肺静脈から挿入して大動脈遮断を解除する。

第3章 臨床医学

臓器摘出術と移植術の実際

肺

佐渡 哲 東北大学病院呼吸器外科 助手

摘出手術

胸骨正中切開で開胸後（おもに心臓摘出チームが行う）、胸骨後面近くで縦隔胸膜を切開し肺に到達する。視診、触診にて肺を観察し、無気肺がある場合は気道内圧を一時的に高めて無気肺の解除を図る。広範に無気肺があり解除できない場合や、肺と胸壁との広範な癒着があり癒着剥離に時間を要する場合は移植に不適當な肺と判断される。無気肺が解除された状態で100%酸素吸入下に血液ガス分析を行いPaO₂が300mmHg以下の場合も移植には不適當な肺と判断される。移植に適していると判断されれば摘出手術が行われる。全身のヘパリン化の後、肺動脈主幹に灌流用カテーテルを挿入・留置し肺保存灌流液の回路を接続する。心臓、肝臓など全体臓器の灌流の準備ができたところで、肺血管を拡張させる目的に肺動脈主幹よりプロスタグランジン E1 を500 μ g注入する。注入後、大動脈をクロスクランプし全体臓器の灌流が開始される。心停止後も肺の換気は継続される。肺血管の灌流は左心耳切除後開始する。灌流中は肺の低温化を維持するため胸腔内にアイススラッシュを加える。肉眼的に白色調になるまで灌流して終了となる。灌流終了後、まず心臓が摘出される。心臓の摘出後に肺を摘出するが、食道を損傷しないように注意して行う。気管を閉鎖・切断する直前に気道内の痰を十分吸引し、酸素にて肺を適度に膨張させた状態で閉鎖・切断する。摘出後、バックテーブルで再度肺血管の灌流を行う。このとき、肺動脈からだけでなく肺静脈からも灌流液を注入し、肺動脈・肺静脈内に残った血栓、血液を十分に洗い出す。摘出肺は滅菌された3重のビニール袋に入れ、クーラーボックス内で保冷され臓器提供病院から移植施設まで搬送される。

移植手術

脳死肺移植には両肺移植と片肺移植とがある。術式の選択はレシピエントの肺疾患の状況によって各移植施設にて決定される。一般にレシピエントの原疾患が肺炎を伴う場合や重度の肺高血圧を伴うときは両肺移植が選択される。

脳死肺移植手術は臓器提供病院での摘出手術にあわせて手術室入室や手術開始時間が決められる。ドナー肺の機能が低めで移植に提供可能かどうかの判断が摘手術中に行われるときは、移植手術はその評価を待つて開始される。移植肺の虚血時間は、摘手術時のクロスクランプから移植手術中の血流再開までが8時間以内と設定されている。

片肺移植は側臥位に体位を固定し手術を行う。後側方切開第5肋間開胸にて胸腔に到達、レシピエントの肺を摘出する。このとき、反対側の自己肺だけでは呼吸・循環が維持できない場合、肺摘出前に経皮的心肺補助（PCPS）の装着を行う。片肺摘出後、提供された肺を胸腔内に置き、肺静脈、気管支、肺動脈（あるいは気管支、肺静脈、肺動脈）の順に吻

合を行う。肺静脈はドナー肺の上・下肺静脈が一つに合流した左心房カフをレシピエントの左心房に吻合する。気管支と肺動脈はレシピエントとドナーの断端を端々吻合する。吻合する気管支、血管は長くならないように、また気管支はドナー側が短くなるように注意する。血管吻合終了後に血流再開、同時に換気も再開させ移植肺の機能を確認する。移植肺の機能に問題がなければ術中に必要となった PCPS は離脱できる。縦隔、胸壁の止血を行い閉胸し手術は終了する。

両肺移植は仰臥位に体位を固定して手術する。クラムシエル切開にて両側第4肋間開胸を行い両肺に至る。両肺の肺門部の剥離を可及的に行い摘出の準備ができたところで人工心肺ポンプを装着する。人工心肺装着後、両肺を摘出する。肺門部剥離部、後縦隔の止血を十分に行い移植肺の吻合を始める。移植は左または右から行い、吻合は気管支、肺静脈、肺動脈の順番で行う。片方の移植手術が終了すると反対側の移植を同様に行い両肺移植の吻合は終了する。換気、血流を再開し、移植肺の機能が安定したところで人工心肺から離脱させ閉胸し手術は終了する。

第3章 臨床医学

臓器摘出術と移植術の実際

肝臓

古川博之 旭川医科大学 消化器病態外科 教授

1) 脳死肝移植ドナー手術

我が国の腹部臓器摘出においては、肝臓と膵臓は同時に摘出される可能性が高く、肝臓単独摘出と肝臓膵臓同時摘出両方の技術が必要である。

肝臓が使用可能かどうかの判断では、ドナー術者の初見が最も大切といわれているが、再移植が不可能な我が国では慎重をきし肝生検が行われている。以下に肝摘出の手順を示す。

- a) 開胸開腹、肝臓の状態・血管系解剖の把握、使用可能かの判断
- b) 大動脈遠位端と下大静脈の剥離、テーピング、肝の必要最小限度の剥離
- c) カニューレション（ヘパリン化の後）。血流遮断、保存液開始（UW液がスタンダード）
- d) 保存液終了後、肝臓を単独で、または肝臓と膵臓同時で摘出
- e) バックテーブルで保存液にて門脈、肝動脈を十分灌流。肝膵同時摘出の場合は肝臓と膵臓を分離する。
- f) 冷却保存液にて2重パッキングし、氷の入ったクーラーボックスの中に保存

分割肝は、肝臓を左右に切離して、右葉を成人に、左葉外側区域を小児に用いる手技であり、ドナーの術野内で肝臓を分割する方法と摘出後に分割する2つの方法がある。

2) 脳死肝移植レシピエント手術

レシピエント手技は、①肝臓の摘出 ②血行再建と再灌流 ③胆道再建の大きく3つの部分に分かれる。

① 肝臓の摘出

肝硬変などの末期肝臓病では、門脈圧亢進症、体中の副血行路の発達、凝固因子の減少、血小板の低下などが顕著であり、出血が多いのが特徴である。肝臓の摘出の操作は、まず肝門部で、肝動脈・門脈・胆管を出きるだけ長く残して切断、肝臓周囲の間膜を切離し、摘出する。この際、門脈圧を下げるため、門脈下大静脈シャント、またはバイオ・ポンプを用いた静脈・静脈バイパスを用いることもある。

② 血行再建

血行再建は、肝静脈の再建から行なう。最近ではレシピエントの下大静脈を温存するピギーバック法での再建が主流で、ドナーとレシピエントの下大静脈静脈同士を吻合する。レシピエントの下大静脈を切除する場合は、肝上部および肝下部下大静脈の2ヶ所を吻合することになる。次いで、門脈を吻合した後、血流を再開し、次に肝動脈同士を吻合する肝動脈再建を行う。

③胆道再建

ドナー・レシピエントの胆管の長さが十分で、口径差が著しくなければ、直接吻合する方法をとり(胆管胆管吻合)それが不可能な場合は、小腸を用いてRoux-en-Y脚を形成し、これに胆管を吻合し胆管空腸吻合とする。

3) 生体肝移植ドナー手術

生体肝移植ドナー手術は、術前のドナー肝の肝容積測定およびレシピエント身長・体重より必要なグラフトが決定されており、グラフトの種類によって、手術法は変化してくる。最も頻用されているのは、子供では左葉外側区域、成人では、左葉または右葉が一般的であるが、特殊な例では、右後区域グラフトを用いたり、乳児に対しては、S2またはS3(モノセグメント)や左葉外側区域の外側・足側をそぎ落として用いる方法がある。

4) 生体肝移植レシピエント手術

基本的には、脳死肝移植の術式と大差はない。生体肝移植では、ドナーの安全性を第1に考えて手術を行うため、グラフトに残っている血管や胆管が短かったり、数が多かったりする場合が多く、再建が複雑になることが多い。左葉グラフトでは、中肝動脈が右肝動脈から分枝している場合は、肝動脈が2本になることがあるが、両者の交通が十分にあれば1本、なければ2本再建となる。右葉グラフトでは、中肝静脈つきでないグラフトを用いる場合、右肝静脈だけの再建では、しばしばうっ血をきたすため、後区域の枝やV5やV8の肝静脈を再建する必要が出てくる。胆管も複数本になることが多く再建本数も増えることになる。

5) その他特殊な肝移植手技

a) 補助的部分的生体肝移植 (A P O L T)

自己肝の再生を期待して劇症肝炎に対して行われてきた。通常、レシピエントの肝臓の左葉切除を行い、右葉を温存して、左葉グラフトを移植する。自己肝自己肝が再生すれば、免疫抑制剤を中止することにより、移植肝を拒絶反応によって萎縮させ、自己肝のみで肝機能を保つことができるようになる。

b) ドミノ移植

家族性アミロイド・ポリニューロパシー (FAP) の肝臓は、アミロイドの前駆物質の産生を除いては、形態・機能とも正常である。このため、肝移植に際してFAP患者から摘出した肝臓を他の重篤な肝臓病患者に植え込んで再利用することがあり、ドミノ移植と呼ばれる。

第3章 臨床医学

臓器摘出術と移植術の実際

腎臓

相川 厚 東邦大学医学部腎臓学教室 教授

1. 腎臓の体内保存灌流

a) 脳死下腎摘出の場合

保存灌流液 UW 液 1L 中デキサメサゾン 8mg、レギュラーインスリン（ヒューマリン R）100 単位、抗生薬としてペニシリン G(PCG)2g またはピペラシリン(PIPC) 2g、ヘパリン 4000 単位を入れて、総量で 4~6L の UW 液を 4℃に冷却し、準備をしておく。腹部全体をイソジンにて消毒した後、ドレープをかけ、加刃する前に、ドナーの臓器提供の崇高な意思に感謝して、黙祷を捧げる。皮膚切開は腹部正中を剣状突起から恥骨結合まで切開し、トライツの靭帯より腸管膜、後腹膜を縦切開し、回盲部から上行結腸の傍結腸溝を切開して、総腸骨動脈、腹部大動脈、外腸骨静脈、下大静脈を露出し、下腸管膜動脈を結紮、切断する。腹部大動脈へ灌流用カテーテルを挿入し、挿入後はヘパリン 1 万単位をカテーテル中に注入する（図 1）。下大静脈から吸引管を直接に挿入するかまたは脱血用カテーテルを挿入する（図 1）。挿入と同時にヘパリン 1 万単位を注入する。多臓器提供の場合は 4℃に冷却し、調整した UW 液で灌流を行う。腎臓だけの場合は腹部大動脈を腎動脈の中枢側で、血管鉗子で血流を遮断する。同時に脱血も開始する。灌流中に心停止になるが、そのまま、灌流・脱血を続ける。灌流状態が良好か両側腎臓の表面の色調、および温度を確認し、灌流が確実にされているかを確認する。腹腔内に清潔な生食を凍結させた氷を入れ、外部からも腎臓を冷却する。

b) 心停止下献腎摘出

脳死とされうる状態であると診断された場合、家族の許可を得た後、鼠径部の末梢側の大腿に横切開を加え、大腿動脈から灌流用バルーンカテーテルを挿入し、大腿静脈には脱血用カテーテルを挿入して、心停止と同時にバルーンを拡張し、ポンプまたは自然滴下で灌流を開始する¹⁾。

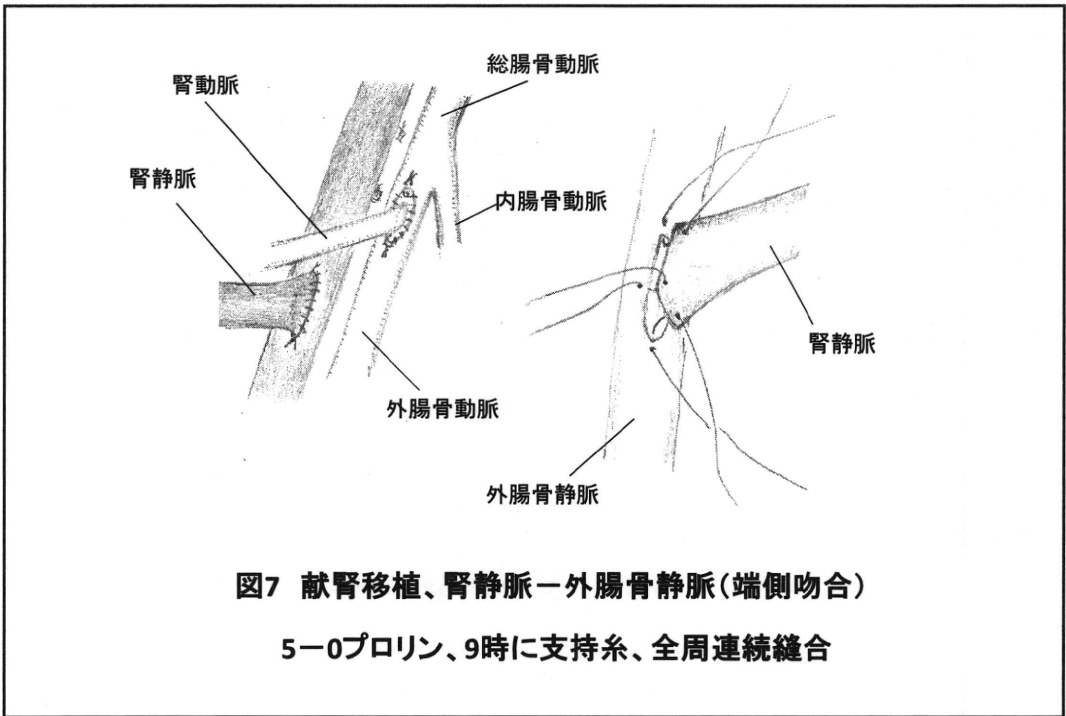
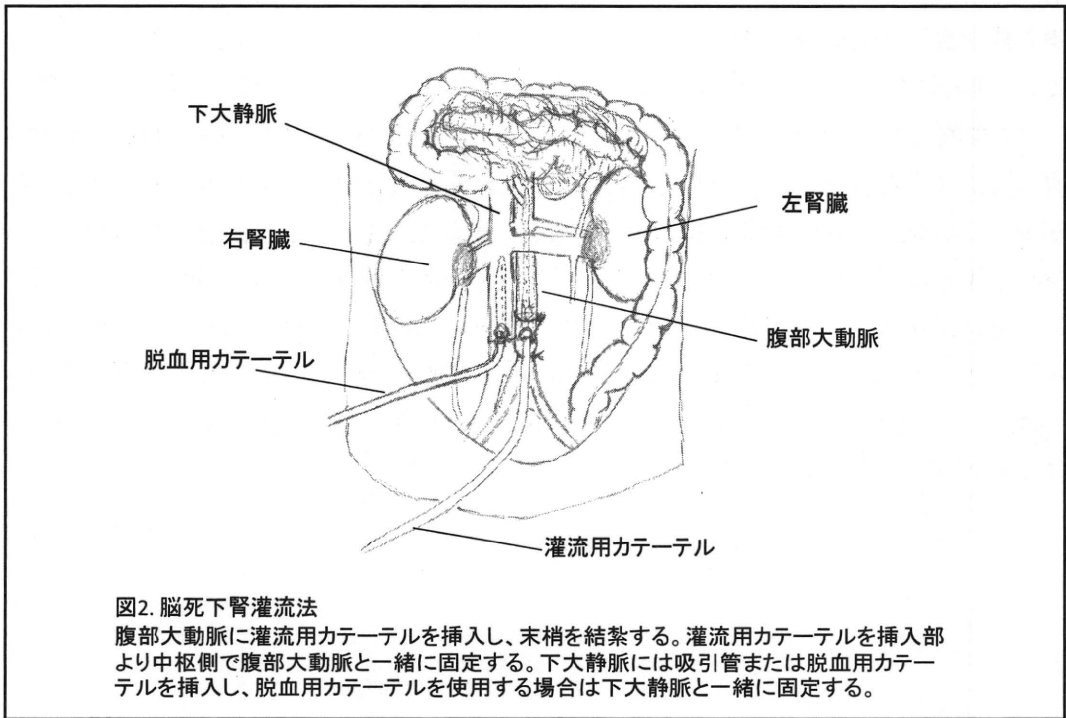
2. 腎臓の摘出

尿管を剥離して外腸骨動脈交差部で切断する。血管鉗子の末梢側で腹部大動脈を切断して、カテーテルを抜去し、両側腎臓と尿管を上方に引き上げ、背部の腰動脈、腰静脈を切断しながら、椎骨から剥離し、カテーテル挿入部より中枢部で大動脈を切断して、en-bloc で摘出する。摘出した腎臓を再び UW 液で灌流し、左腎静脈を下大静脈分岐部で切断し、右腎静脈は下大静脈をつけて切断する。腎動脈はそれぞれ大動脈の壁をつけて切断する。

3. 献腎移植術式²⁾

下腹部を中心にポピドンヨード（イソジン）にて清拭し、16・20Fr フォーレイカテーテルを挿入し、5・10ml の蒸留水を入れてバルーンを膨らませ固定する。右または左下腹部に皮

膚切開を行う。成人では上前腸骨棘より2横指内側から恥骨結合1横指上まで切開を加え、外腹斜筋腱膜、外腹斜筋、内腹斜筋、腹横筋を電気メスにて切開する。腹膜は内側に剥離して、外腸骨動脈、内腸骨動脈、外腸骨静脈の周囲のリンパ管を結紮切離する。内腸骨静脈は結紮切離して外腸骨静脈に自由度を与える。外腸骨動脈または総腸骨動脈に吻合口を作成して、端側吻合を行う。動脈吻合は5-0血管縫合糸を用い、腎動脈のパッチと外腸骨動脈または総腸骨動脈とを端側吻合する(図2)。腎静脈は5-0血管縫合糸で外腸骨静脈に端側吻合する(図2)。膀胱外壁を電気メスで筋層を粘膜層が出るまで切開する。創部の先端に吻合口を作成し、尿管を6~8針、4-0吸収糸で吻合する。吻合部からダブルJカテーテルを入れ、先端を腎盂と膀胱内におき、尿漏や閉塞を予防する。その後尿管が閉塞されないように3-0吸収糸で筋層を閉じる。血流再開1時間後に移植腎生検を行い、移植腎背部に閉鎖式ドレーンを置き閉創する。



第3章 臨床医学

臓器摘出術と移植術の実際

膵臓

伊藤壽記 大阪大学大学院生体機能補完医学講座 教授

膵臓移植または膵島移植はインスリン分泌が枯渇した1型糖尿病の患者に対する根治的治療として位置付けられる。目的は、糖代謝を是正して、合併症の進行の阻止または改善させ、QOLを改善させることにある。しかし、欧米ではすでに通常医療としている膵腎同時移植（SPK）はその遠隔成績において、生命予後をも改善させ得ることが示されている（1）。一方、腎機能が保たれた患者に対する膵単独移植（PTA）では、どの時期（“a point of no return”）までにPTAを行えばよいのかについて結論は得られていない。もう一つのカテゴリーとして、腎移植後の膵臓移植（PAK）があり、先ず生体腎移植が先行されるケースである。この場合には、移植腎に1型糖尿病の再燃や合併症の進行が懸念されるため、将来的には膵臓移植が考慮されることになる。本稿では、本邦における膵臓移植の現況について述べる。

1) 膵臓移植実施までの経緯と実施の為のガイドライン

本邦では1997年10月に、「臓器の移植に関する法律」の実施を受けて、各臓器の実務作業が本格的に進められ、膵臓移植は同年12月に膵臓移植中央調整委員会が発足し、各施設の代表からなる実務者委員会も発足した。さらに、1999年の5月には地域適応検討委員会（全国7ブロック）が発足し、同年10月より心・肝・肺に続いて、膵臓についても日本臓器移植ネットワーク（JOT）にレシピエント登録が開始された。

膵臓移植の実施のガイドラインについては、「膵臓移植に関する実施要綱」（移植関係学会合同委員会ならびに膵臓移植中央調整委員会）（2）に詳細に記載されている。膵臓移植ドナー適応基準、膵臓移植の適応基準、膵臓移植レシピエント選択基準の他、膵臓移植実施施設の基準なども記載されている。

2) 膵臓移植待機患者の現況と管理

2009年末までに、日本臓器移植ネットワークに新規登録された患者数は計272名である。2001年以降は毎年25名程度の新規患者が登録されている。なお、登録後、糖尿病性合併症等の理由により27名が死亡し、18名が登録を取り消した。

ネットワーク登録後、多くの場合、患者は自宅で待機しているが、常に一般状態を良好に維持しておくことが肝要である。そのために、移植医は定期的に外来を受診させ一般状態を把握する必要がある。また、網膜症の活動性についても眼科医の定期的な診察が必要である。さらに、虫菌などの移植後感染源となる病巣については随時治療しておかねばならない。なお、年1回のネットワークへの登録更新時には、移植医が糖尿病性合併症の評価ならびに悪性腫瘍のスクリーニングを評価しておく必要がある。

3) 膵臓移植の実際

① 術式：

A) ドナー手術：一般に、脳死下での en bloc に肝・膵・腎を摘出する（詳細は要綱を参照）。

B) レシピエント手術：

脳死下で、肝臓も摘出する場合、通常、血管系は肝臓チームに優先させる。肝臓チームが腹腔動脈まで必要とする場合、ベンチサージェリーでドナーの腸骨動脈を Y グラフトとして、脾動脈と腸間膜動脈を 1 本化する (図 1 - A)。もし、肝臓が摘出されない場合、腹腔動脈と腸間膜動脈をくり抜くようにする Carrel patch 法が用いられる (図 1 - B)。さらに、図 1 - A では胃十二指腸動脈 (GDA) を結紮しているが、マージナルドナーが多い本邦では、膵頭部への血流を増加させるべく可及的に同動脈を再建している。

膵臓移植では SPK の場合には、通常膵が右腸骨窩に、腎が左の腸骨窩に移植される。グラフトは全膵と十二指腸 (約 5cm 長) からなり、膵液の処理方法によって 2 つの方法、すなわち、膀胱ドレナージ法 (BD) と腸管ドレナージ法 (ED) とがある。最近では後者が多用される。

② 急性期管理：

移植後数日間は原則、ICU に収容し、循環呼吸管理により術直後の血行動態の安定化を図る。特に、SPK の場合には移植腎の早期機能発現のために脱水にならぬよう、ややウェットサイドに管理する。

A) インスリン療法

術後のインスリン療法については意見の分かれる所であるが、我々は移植膵の膵島に対して、高血糖による糖毒性を考慮して、血糖値 150 mg/dl を目標にして積極的にインスリンを投与している。

B) 透析療法

SPK の場合に、ATN (尿細管壊死) による移植腎機能発現の遅延にしばしば遭遇する。利尿がつくまで、透析療法を行う。

C) 抗凝固療法

移植膵の血栓症は、急性期 (移植後 1-2 週間) の代表的な合併症である。一旦、起これば、移植膵の摘出を余儀なくされる。血栓予防として、抗凝固療法が行われる。術直後より、タシパク分解阻害剤および PGE₁ を用いる。

D) 移植術式に関連した合併症

BD ではグラフト膵の外分泌機能の回復とともに尿中のアミラーゼ値は上昇する (7-10 日でピーク)。膵液の排泄により代謝性アシドーシスとなるため、重曹の投与が必要となる。

SPK レシピエントでは神経因性膀胱を認めることがあり、膀胱吻合部の減圧のために、術後 2 週間は尿道カテーテルを留置する。膀胱炎など尿路系感染があれば、膵液を活性化させて炎症が増悪し血尿となることがある。

ED では開腹ならびに糖尿病性胃腸症によって、イレウスや腸管内圧の上昇によるグラフト膵炎が起こることがある。

③ 免疫抑制療法：

膵臓は免疫原性が高いため、拒絶反応が起こりやすいと考えられ、他の臓器移植に比して、より強い免疫抑制が必要となり、一般的には以下の4剤併用療法が用いられている（図2）。

A) カルシニューリン・インヒビター (CNI)

タクロリムス (TAC) またはシクロスポリン (CsA) ga

用いられる。血中濃度（トラフ値）は最初の2週間はTACでは15-20ng/ml、CsAでは200-250mg/mlで管理し以後漸減する。腎機能発現の遅延が認められる場合には、経口への移行を遅らせる。

B) 代謝拮抗剤

摂取が可能となると、ミコフェノール酸モフェチル (MMF) を2.0g分2で開始する。消化器症状が出現すれば、漸次減量する。

C) ステロイド

周術期の高用量のステロイドは血糖管理を難しくする要因である。当院では通常3ヶ月でoffする方針である。その投与量は図2を参照。

D) 抗リンパ球抗体

上記3剤に加えて、導入療法として、抗リンパ球抗体が用いられる。以前はALGやOKT3などが用いられたが、最近では抗IL-2レセプター抗体 (Basiliximab) が用いられている。

④ 拒絶反応診断：

急性拒絶反応前は移植後3ヶ月以内に起こることが多い。SPKでは拒絶の指標として、腎機能で代用され、通常血清クレアチニンの上昇で判断される。血中のアミラーゼやリパーゼ値の上昇は移植膵の拒絶を考える指標である。急性拒絶反応の治療として、ステロイドのパルス療法が行われるが、耐糖能が低下することも注意しなければならない。

通常、移植膵の拒絶反応は、内分泌組織よりも外分泌組織障害が先行するため、血糖は拒絶のモニタリングとはならない。移植膵の外分泌（膵液）をBDの場合、尿中アミラーゼ値の急な低下は移植膵の拒絶の指標となる。また、超音波ドップラーによる移植膵での経時的にみる血流パターンの変化 (resistive index) も参考となる。また、BDの場合、膀胱鏡下でのグラフト十二指腸粘膜生検を行うか、エコーガイド下で経膀胱鏡的生検が行われることもある。また、どうしても必要な場合には、より確実な開腹下での膵生検が行われる。

⑤ 遠隔期管理：

膵臓移植ではレシピエントの基礎疾患が糖尿病であることより、易感染性の素因を有していることと、免疫抑制も他臓器に比して過剰になりがちであり、感染症対策は術後の重要な問題である。術後早期には、通常の手術と同様に細菌感染に対して、また術後1か月頃にはウイルス感染、とくにサイトメガロウイルスに対する十分な注意が必要である。

次に、膀胱ドレナージの症例では尿路感染により膵酵素が活性化されると血尿、排尿困難などの症状が出現し、こうした症状を繰り返す場合には、膵液のドレナージを腸管へ変更する、enteric conversionが考慮される。膀胱ドレナージの約20-30%の頻度で変更される。