

現在はまだ医師が器械出しを行っている施設の方が多い。提供病院から麻酔医の協力が得られないときには、いずれかの摘出班が麻酔科1名を随伴する。後述するが、可能な限りドナー臓器を有効利用するためには、自分たちでドナーの評価することが重要であり、臓器に応じて、超音波検査、気管支鏡等のドナー評価のできる医師が同行している。

JOT あっせん本部は派遣される摘出チームのリストを、現地に派遣されている移植コーディネーターを通じて臓器提供者発生施設に提出する。移植予定施設から臓器ごとに摘出チームが派遣され、主治医に許可を得て、到着順に患者を診察する(第3次評価)。心臓摘出チームは心電図・超音波診断など、肺摘出チームは気管支鏡(Bronchoscopy)や胸部レントゲン写真など、肝臓・膵臓・腎臓摘出チームは超音波診断などを行い、移植可能かどうか摘出手術前の判断を行う。移植施行の最終判断は、摘出手術時に行う。

## 20) 摘出前ミーティング

全ての摘出チームが揃った時点で、摘出器具の準備と平行して、摘出チームミーティング(患者の病歴・病状、承諾までの経緯、脳死判定の経緯、手術室内での注意点、術中管理の要点、摘出臓器・摘出手技、搬送手段、患者に対する礼意の保持等を確認)を行う。

## 21) 臓器摘出手術

患者が手術室に入室し準備が終了した時点で、移植コーディネーターが家族の臓器提供意思に変わりが無いことを再確認した後に摘出手術を開始する。

大動脈が遮断され灌流が開始されるまで、呼吸循環管理を管理医が行う(肺が提供される場合は、肺の灌流終了後も換気を継続し、気管がクランプされた時点で換気を終了する)。

移植コーディネーターは臓器の摘出経過記録を取り、摘出終了後に各摘出チーム責任者が“臓器摘出記録書”を作成する。また、臓器提供者発生施設での“借用物品リスト”を作成し、移植施設から現物または実費で返却する。さらに、移植コーディネーターおよび各摘出チームからそれぞれ1名が残り、手術室の後片付けを行う。

## 22) 死後の処置とご遺体のお見送り

原則的に臓器提供者発生施設での通常の方法に従って死後の処置を行うが、死後の処置を行う場所や担当者を予め確認する。具体的には、患者が手術室から病室に一旦戻って病棟の看護師が移植コーディネーターとともに死後の処置を行い霊安室に移動する場合や、手術室から直接霊安室に移動し病棟の看護師が移植コーディネーターとともに死後の処置を行う場合などがある。また、予め死後の処置の際に患者が着る衣服を家族および看護師と相談する必要がある。

移植コーディネーターは家族および主治医の許可を得た上で、臓器提供者発生施設関係者とともにご遺体のお見送りをを行う。

## 23) 臓器移植手術

移植医は移植患者やその家族に対して、移植術前に手術についての説明を行い、移植術の実施の説明記録書を作成しなければならない。また、移植術を行った医師は臓器移植記録書を作成しなければならない。摘出した臓器を使用しないこととした場合は、不使用臓器記録書を作成し、その臓器を所定の手続きで焼却する。

## 24) 臓器提供後の移植コーディネーターの活動

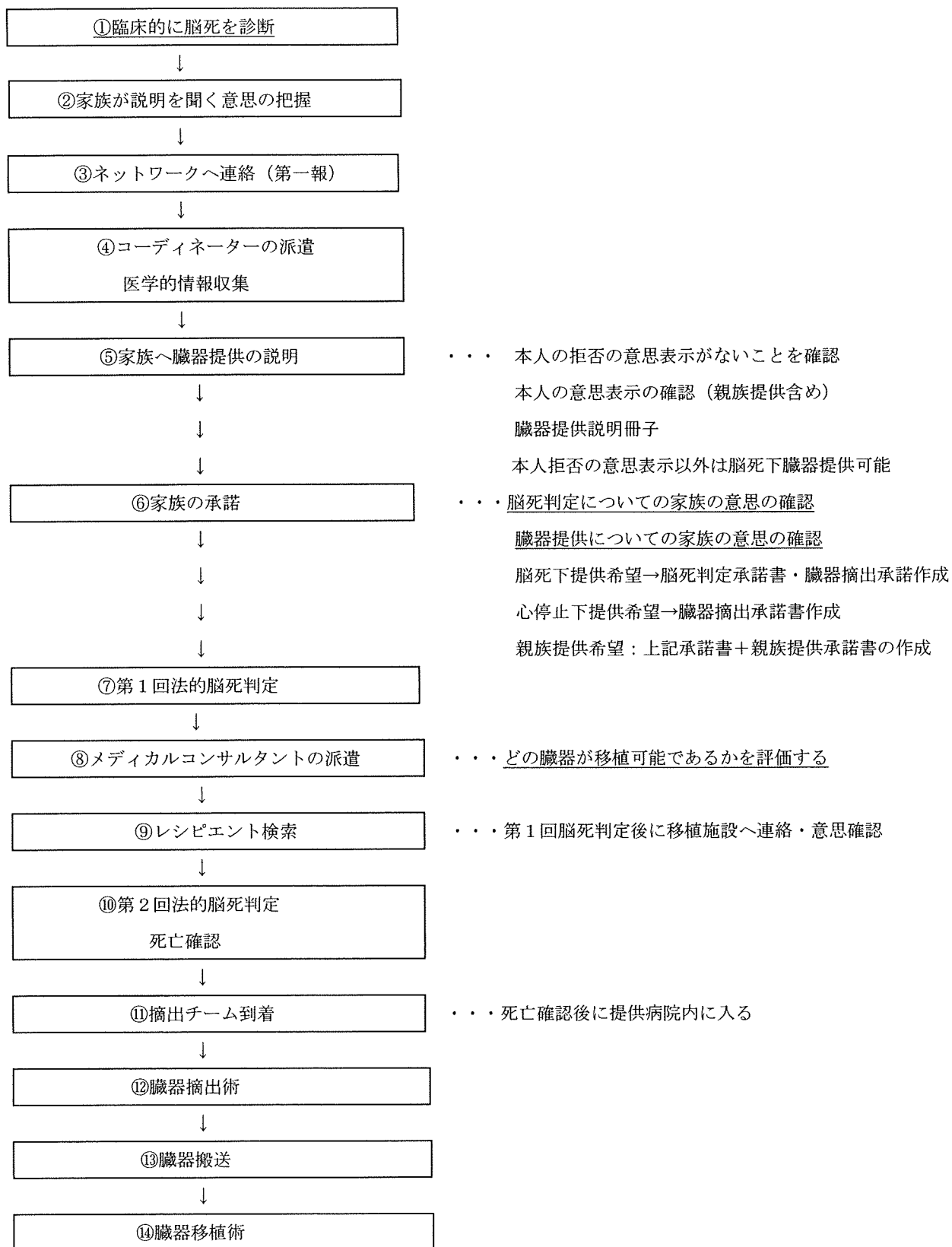
移植コーディネーターは家族の許可を得た上で、葬儀参列やその後の家族訪問を行い、家族の相談や支援に努める。また、家族の希望があれば、プライバシーの保護について厳守しつつ、移植患者や臓器の状態について報告する。

同様に、移植コーディネーターは臓器提供者発生施設の関係者へ、プライバシーの保護について厳守しつつ、移植患者や臓器の状態について報告を行う。さらに費用配分やJOTNW脳死下臓器提供関連費用交付金について説明する。

## 2. 今後の脳死臓器提供の流れ（案）

改正後予想される、脳死臓器提供の流れの概略を示す。ドナー評価・管理の基本は変わらないと考える

### 1) 改正法施行後の脳死下臓器提供のフローチャート



## 2) 移植システムの標準的手順フローチャートの説明

### ① 臨床的に脳死を診断

臓器提供候補者発生施設（主治医）は、臨床的に脳死であることを診断する。

### ② 家族が説明を聞く意思の把握

主治医又は院内コーディネーターは、家族にコーディネーターによる臓器提供の説明を聞く意思を確認する。

### ③ ネットワークへ連絡（第一報）

説明を聴く家族の希望があった場合に、主治医又は院内コーディネーターはネットワークに連絡する。

### ④ コーディネーターの派遣、医学的情報収集

連絡を受けたネットワークは、直ちにコーディネーターを派遣する。派遣されたコーディネーターは、患者の医学的情報等を収集し、ドナー適応を判断する。

### ⑤ 家族への臓器提供の説明

コーディネーターは、本人の臓器提供を拒否する意思表示がないことを確認する。

コーディネーターは、家族に臓器提供について説明する。

本人の意思がある場合に加え、本人拒否の意思表示以外は、家族の承諾で脳死下臓器提供が可能である旨を説明する。

脳死下臓器提供を希望しない場合、及び医学的理由（例：脳死判定基準を満たさず）により脳死下臓器提供ができない場合は、心停止下の腎臓・角膜提供が可能ない旨を説明する。

親族提供の希望があった場合は、本人の書面による意思表示を確認するとともに、親族提供が可能ない条件（親族提供の範囲、医学的適合、レシピエント候補者が登録されていること、親族関係を証明する書類の必要性等）を説明する。親族に提供を希望する臓器以外の臓器の提供については、通常ルールに従ってレシピエントが選択されることを伝える。親族提供が適合条件等により不可能な場合は、通常ルールに従ってレシピエントが選択されることを伝える。

### ⑥ 家族の承諾

家族に、脳死判定の意思、臓器提供の意思があるかどうかを確認する。

家族が脳死下臓器提供を希望する場合は、脳死判定承諾書、臓器摘出承諾書を作成する。

家族が心停止下臓器提供を希望する場合は、臓器摘出承諾書を作成する。

家族が親族提供を希望する場合は、上記の承諾書に加え、親族提供承諾書を作成する。

いずれの場合でも家族の総意で承諾することを確認する。

親族関係が確認できる公的書類の確認（後追いでも可能とする）。

### ⑦ 第1回法的脳死判定

臓器提供候補者発生施設の医師が、第1回法的脳死判定を実施する。

### ⑧ メディカルコンサルタントの派遣

第1回脳死判定が終了後直ちにメディカルコンサルタントを派遣し、どの臓器が移植可能かを評価する。

### ⑨ レシピエント検索、移植施設への連絡・意思確認

第1回脳死判定が終了し、検査項目を満たすことを確認した後、ドナーの医学的情報（血液型、感染症、身長、体重、性別、組織適合性など）に基づき、レシピエント検索を行う。

ネットワーク本部より移植施設に連絡を入れ、意思確認を行う。ただし、第2回法的脳死判定が終了していないこと、及び万が一、第2回法的脳死判定によって脳死と判定されなかった場合は、直ちにキャンセルする可能性があることを伝える。

### ⑩ 第2回法的脳死判定、死亡確認

臓器提供候補者発生施設の医師が、第2回法的脳死判定を実施する。その結果、脳死と判定された場合は2回目の脳死判定検査終了時刻が死亡時刻となる。この後、提供病院のスタッフとMCが連携してドナー管理を行う。

### ⑪ 摘出チーム到着

移植を受諾した移植施設は、摘出チームを臓器提供者発生施設に派遣する。ただし、摘出チームは死亡確認後に提供病院内に入る。万が一、第2回法的脳死判定によって脳死と判定されなかった場合は、摘出チームは直ちに引き返す。

⑫ 臓器摘出術

臓器摘出の手術を行う。

⑬ 臓器搬送

摘出された臓器は、順次、臓器提供者発生施設を出発し搬送する。

⑭ 臓器移植術

移植施設に到着した臓器は、移植する。

#### IV. 脳死臓器提供におけるドナー評価

##### 1. はじめに

我が国でも1999年2月に脳死臓器移植が再開されたが<sup>1)</sup>、12年余たった現在でも、脳死下臓器提供は極めて少ない。そのため、ドナー並びにそのご家族の意思を反映するためにも、可能な限り多くのドナー臓器が利用できるように考慮し、欧米に比較して多くのマージナルドナーからの臓器移植を行わなければならない。

そこで我が国ではより多くのドナーから臓器提供が可能となるような、独自のドナー評価・管理並びに摘出システムを、脳死臓器移植再開当初から行ってきた。具体的には、移植実施施設から評価チームを提供病院に派遣してドナーを評価し、必要に応じてドナー管理を行うことにより、可能な限り多くのドナー臓器が利用できるように努力している。特に平成14年11月以降は、メディカルコンサルタント（MC）が導入され<sup>2)</sup>、第一回目脳死判定以降に提供病院に派遣され、ドナーの評価を行い、第二回目脳死判定以降からドナー管理を行うようになっている。

##### 2. 脳死ドナーの臓器評価の流れ

表1：脳死下臓器提供におけるドナー評価の流れ

• ドナー情報
↓ 1次評価：ドナー適応基準 ドナーとして妥当か？
• 家族の意思確認
• 第一回脳死判定
↓ 2次評価：各臓器機能評価 どの臓器が移植可能？
• 第二回脳死判定
• レシピエント意思確認 初期情報シート（1・2次評価まとめ）
• 摘出チーム到着
↓ 3次評価：各移植施設が評価
• 摘出前ミーティング
↓ 最終評価
• 臓器摘出

###### 1) 第一次評価

まず、提供病院などからドナー情報があつた時点で、日本臓器移植ネットワーク（JOT）コーディネーター（Co）は提供病院に赴き、本人及び家族の臓器提供の意思の確認を行うとともに、ドナーの絶対的禁忌事項がないかどうかを確認する（表1）。

ドナーの絶対的禁忌事項とは、①悪性腫瘍（原発性脳腫瘍などで完治したものは除く）、②活動性の重症感染症（敗血症）、③HIV抗体陽性、HB抗原陽性である。

また、厚生労働省は、Creutzfeldt-Jacob病、West Nile病を除外するために海外渡航歴を考慮した基準を独自に作っているため、たとえ医学的その可能性が低いと考えられても、その基準に従わなくてはならない。

尚、心臓、肺、肝臓では、菌血症だけでは絶対禁忌ではないので、②の基準をJOT Coだけで判断するのは困難である。腎・脾移植のように、待機患者の生命予後の良い臓器移植では、菌血症だけで絶対禁忌となるが、これらの臓器では有効な抗菌剤があるグラム陽性菌であればドナー適応とすることが多い。これは最終的に移植実施施設ごとに基準が違うので、菌血症だけで第一次評価でドナー禁忌と判定してはいけない。

ドナーの適応条件としては、表2に示すような基準があるが、これに従うと大半のドナー臓器は不適となるのが現状である。従って、この条件に合わないドナーの中から移植可能な境界領域のドナー、すなわちマージナルドナーを評価し、移植に結びつけることが重要である。

###### 2) 第二次評価

第一回目の法的脳死判定が終了した時点で、感染症検査、各臓器の機能検査、HLA検査を行い、MCの協力・指導を得ながらドナーとして適当であるか否かを確認する。

MC は、各種検査データを確認した上、不足な検査をオーダーしたり、自身で心臓・腹部超音波検査を行ったり、移植施設への意思確認までに十分な評価を行うように努めている（表 3）。評価法の詳細を三次評価のところに示すが、MC は臓器毎にドナーとして適当かどうかを各種検査結果から総合して評価する。

臓器機能の評価する場合、評価直前の 1 時点だけのデータで評価するのではなく、脳死に至る前から、その時点までの変化を見て、回復傾向になるかどうかを検討することも重要である。後述する、ドナー管理を行い、血行動態が安定し、動脈酸素分圧が増加することで、移植可能となる臓器も少なくない。

喀痰や血液の培養検査、感受性検査が前もって分かっている方が良いが、摘出までに結果が分からなくても、摘出時に採取して移植施設に戻ってから検査にサンプルを提出よりも早く結果がでるので、移植後管理に極めて有用である。感染が疑われた時には、塗抹標本のグラム染色も有用である。

結核や好酸菌感染症が疑われた時には、迅速な PCR 法を行う。2 日間要するが、クオンティフェロン (QFT) 検査も有用である（明らかに胸部レントゲン写真、胸部 CT で感染巣が認められたり、臨床上結核が疑われたりする場合には、ドナーとして不適である）。腫瘍が疑われる場合には、各種腫瘍抗原検査を行う。

### 3) 第三次評価

移植施設のスタッフが、摘出直前の臓器の状態を把握することは、移植後の臓器機能や問題点を予測したり、ドナー臓器に応じて保存・摘出手技に工夫を加えたりすることができるので、移植後の成績を向上させていると考える。また、移植施設自らの責任で、移植するか否かを決定するので、提供施設に評価（移植の可否の決定）の責任を転嫁することがないことも、臓器提供病院の負担を減らすという意味で、重要である。

#### (1) 心ドナーの第三次評価

まずは、病歴から、心停止の有無（あれば時間と心肺蘇生方法）、カテコラミン・抗利尿ホルモンの使用の有無（使用していれば投与量とその変化）、輸液・輸血の有無について検討する。5 分程度心停止の既往があっても、心拍再開後 24 時間以上経過し、心機能が改善してくるもの（特に心電図で虚血性所見が改善する例）では、ドナー心として問題ないことが多い。

胸部レントゲン写真では、心拡大の有無、胸腔内感染症の有無、胸水、胸部臓器損傷の有無を確認する。

脳死患者の心電図（12 誘導）がまったく正常であることは稀である。非特異的な ST 変化や T 波変化は問題としないが、あきらかな病的 Q 波又は不整脈を認めるものは望ましくない。脳死完成時には、急激な血圧上昇や不整脈をきたしたり、心停止に陥る場合も多いので、心電図に虚血性の変化を認めることが多いが、回復傾向があったり、梗塞の所見とならなければ、ドナー心として問題ない。クレアチニンフォスフォキナーゼ (CPK-MB) の変化も心筋障害の評価の参考にする。

心エコー図が最も重要で、軽度の房室弁逆流、壁運動の異常（例えば中隔の hypokinesis）、わずかな心嚢液は一般的に問題とならない。房室弁逆流、心室壁運動（中隔、後壁）、左室駆出率 (EF)、fraction shortening (FS)、心室容積、心室重量を測定して、心機能がドナー心として適当であるか否かを検討する。血流測定が可能なエコーの場合には、冠動脈の血流を測定し、狭窄がないか推測する。一般的に EF50%以上、房室弁逆流 2 度未満であることが望ましい。低心機能の場合でも、ドナーがレシピエントに比較して体格が大きい場合には、移植可能であることも多い。

多量のカテコラミンが使用されているときには漸減して心機能が維持されていることを確認する。抗利尿ホルモン (ADH) はアドレナリン受容体の親和性を高める作用があるので、ADH を補充するとカテコラミン量を減量できることが多い。第 6 例目の提供者の場合には、脳死判定後 ADH を開始して、アドレナリンを漸減し、最終的にアドレナリンを中止してから心機能の評価して移植を決定した。このような細やかなドナー心評価を行えるような評価システムが重要である。脳死状態でも使用されているカテコラミンが多いと心臓のアドレナリン受容体密度が減少する

ので、可能な限りカテコラミン使用量を減少させてからドナー心を摘出した方がよい。

男 45 歳、女 50 歳以上の場合、冠動脈疾患がないことを冠動脈造影等にて確認することが望ましいが、冠動脈造影検査が施行できる提供病院は極めて少ない。腎機能低下を懸念して造影はできないことが多いが、高速度 CT で冠動脈硬化の程度を評価することは重要である。これらの評価が、できない場合には開胸後に行う最終評価の視診・触診に判断を委ねる。明らかな冠動脈硬化がある場合には、触診で硬い冠動脈を触れることができるので、触診は重要である。これまで 1 例、触診で 3 枝に長い領域に及ぶ冠動脈硬化を認めたために、移植を断念している。

第 3 次評価、開胸後の最終評価により、ドナー心として適当でないと判断され、心臓移植のドナーにならないこともある。極端な場合には、心摘出後、心内を検索して心ドナーとして適当でない場合もありうるが、一般的には開胸直後の触診・視診で心ドナーとして適当と判断されれば、レシピエントの麻酔導入・執刀が開始される。

### (2) 肺ドナーの第三次評価

年齢は原則として 55 才未満とするが、それ以上高齢であっても、条件が他の適していればドナーとなり得る。まずは、病歴から、気管挿管時の誤嚥がなかったか、経過中に肺炎・無気肺などはなかったか、どのような抗生剤が使用されたかを検討する。

次に、外表からの評価を行い、胸部に外傷・感染巣がないかを検索し、次に経時的に胸部レントゲン写真を見て、無気肺はないか、肺感染症がないか、または肺炎像があっても増強しているのかどうかを検索する。脳死患者で長期の人工呼吸管理を行うと、咳嗽反射がないので肺炎や無気肺が増強してくることが多い。体の後ろ側に喀痰がたまりやすいので、その部位の所見を見落とさないように注意する。可能であれば、胸部 CT を見る。こまかい肺炎像、無気肺、胸水、腫瘍病変を観察するには CT が有用である。人工呼吸器の条件を FI02 1.0、PEEP 5cmH2O として、5 分後に PaO2 が 300mmHg 以上であることを確認する。多少、それより低値な場合には、すこし条件を変えて再度検索を行う。体格の大きい人（特に肥満）などでは、体位を変えたり、吸痰したりしてから再度検索する。

さらに、気管支鏡を行い、気道内に膿性あるいは血性分泌物や誤嚥の所見、気道内面に炎症所見（発赤、腫脹、浮腫、velaq など）がないか検索する。膿性痰があっても、1-2 回の吸痰できれいになれば、ドナーとして使用している場合が多い。なお、これらの所見が明らかに一側に限られている場合は、摘出手術時に吸入酸素濃度を 100% とし、その側の肺静脈血の酸素分圧が 300mmHg あれば、片肺移植のドナーとしている。

### (3) 肝ドナーの第三次評価

肝臓の評価は、他の臓器同様に第三次評価も重要であるが、心や肺に比較して保存許容時間が長く、開腹時や摘出後保存までの間にも、触診・視診を行うことができる。第三次評価までに、ドナーの年齢、死因、心肺蘇生の有無、肥満の有無、肝疾患の既往の有無、経時的な血圧、脈拍、循環血液量、カテコラミン量、動脈血液ガス、尿量、電解質、感染・外傷の有無、血液データ（電解質、特に Na (155mEq/L 未満が望ましい)、BUN/Cr、血糖、アミラーゼ、リパーゼ) をチェックする。心停止ドナー、長時間の心肺蘇生、高濃度のカテコラミン使用、高 Na 血症は、marginal donor であり、慎重にドナーの可否を決定する。特にドーパミン 15 $\mu$ g 以上、アドレナリン、ノルアドレナリンの使用歴には注意を要する（但し、尿崩症のための抗利尿ホルモンの使用は問題ない）。慎重に水分を補給し、抗利尿ホルモンを投与しても、Na 値が下がってこない場合には断念する場合が多い。脳死完成時などに一時的に肝酵素が上昇しても、改善してくる場合は、ドナーとして適応である。肝酵素の異常値の遷延、ビリルビン値が高値の場合には、ドナーとして不適である。

腹部エコーで、肝臓の形態を観察し、脂肪肝（肝腎コントラストで評価）、肝硬変、肝嚢胞、肝腫瘍、肝動静脈、門脈、胆管の拡張・壁の異常を検索する。肝腫瘍の有無、脂肪肝の程度をより正確に評価するには、腹部 CT があることが望ましい。

開腹時の所見としては、肝臓の大きさ、色調、硬度、実質及び周囲の脂肪浸潤の有無、肝動脈の変異の有無をチェックする。脂肪肝やショック肝が疑われる場合には、病理学的検査を至急で行う。

#### (4) 膵ドナーの第三次評価

膵臓の評価は、他の臓器同様に第三次評価も重要であるが、保存許容時間が長く、移植前に血管吻合などの準備をするために、開腹時、摘出後保存まで、移植直前の bench surgery の際にも、触診・視診を行うことができる（保存時間が長いと、摘出後確認してから、レシピエントの手術を開始しても、十分に間にあう）。

第三次評価までに、ドナーの年齢、死因、心肺蘇生の有無、肥満の有無、経時的な血圧、脈拍、循環血液量、カテコラミン量、動脈血液ガス、尿量、電解質、感染・外傷の有無、血液データ（電解質、BUN/Cr、血糖、アミラーゼ、リパーゼ）をチェックする。45歳以上で死因が脳血管障害のドナー、心停止ドナー、長時間の心肺蘇生、高濃度のカテコラミン使用例は、marginal donor であり、慎重にドナーの可否を決定する。特にドーパミン  $15\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  以上、アドレナリン、ノルアドレナリンの使用歴には注意を要する（但し、尿崩症のための抗利尿ホルモンの使用は問題ない）。 $155\text{mEq}/\text{L}$  以上の高 Na 血症は、肝ドナーと同様、ドナーとして不適である。

腹部エコーで、膵臓の形態を観察し、膵石、膵管の拡張・壁の異常、膵臓の density（脂肪浸潤の程度）、嚢胞の有無を検索する。膵腫瘍の有無をより正確に評価するには、腹部 CT があることが望ましい。

開腹時の所見としては、膵臓の大きさ、色調、硬度、実質及び周囲の脂肪浸潤の有無、肝動脈の変異の有無をチェックする。膵実質や膵管が硬い場合や、膵石を認める場合や、実質が萎縮している場合には、ドナーとして相応しくない。

#### (4) 腎ドナーの第三次評価

腎臓の評価は、他の臓器同様に第三次評価も重要であるが、保存許容時間が長く、移植前に血管吻合などの準備をするために、開腹時、摘出後保存まで、移植直前の bench surgery の際にも、触診・視診を行うことができる（保存時間が長いと、摘出後確認してから、レシピエントの手術を開始しても、十分に間にあう）。

第三次評価までに、ドナーの年齢、死因、心肺蘇生の有無、経時的な尿量、血圧、脈拍、循環血液量、カテコラミン量、動脈血液ガス、尿量、電解質、感染・外傷の有無、血液データ（電解質、BUN/Cr など）をチェックする。

腹部エコーで、腎臓の形態を観察し、腎結石、腎盂、尿管の拡張・壁の異常、嚢胞や腫瘍、馬蹄腎などの形態異常の有無を検索する。腎動脈の形態、腎血流の評価も有用である。

開腹時の所見としては、腎臓の大きさ、色調、硬度、実質及び周囲の脂肪浸潤の有無、腎動脈・静脈の変異の有無をチェックする。



## V. 脳死臓器提供におけるドナー管理

ドナー評価の項でも述べたが、脳死ドナーのうち、すべての医学的条件が標準的ドナー適応基準(standard criteria)に該当するドナーは20%しかない。従って、ドナー不足を解消するためには、いかに境界領域のドナー臓器を移植できるようにするかが重要である。このことは、臓器提供数の極めて限られている我が国で特に重要である。

つまり、ドナー管理の目的は、単に摘出手術までドナーの循環動態を安定させることではなく、少しでも多くの臓器を提供可能にし、しかも境界領域にある臓器の機能を改善させ、移植後の臓器機能を向上させることである。このことにより、多くの移植希望者が臓器移植の恩恵に浴せることができる。同時に、できるだけ多くの臓器を提供したいと思われている、ドナーとそのご家族の願いも叶えることになるのである。しかし、無理に移植を敢行して、レシピエントが移植後早期に死亡すると、ドナー家族はもう一度家族を失った思いになる(時には、臓器を提供したことでレシピエントに迷惑をかけたのではないかという自責の念を抱くことになる)ことを忘れてはならない。つまり、primary graft failure (PGF) をなくすことは、レシピエントにとってだけでなく、ドナー、そのご家族にとっても重要なのである。

さて、本格的なドナー管理(移植臓器の機能温存・回復のための管理)は、脳死判定2回目終了し、かつ家族承諾のあと開始する。基本的には、呼吸循環動態を安定させ、すべての臓器の機能の維持並びに回復を目指す。血行動態的な指標は、①収縮期血圧 90 mmHg 以上、②中心静脈圧 (CVP) を 6-10 mmHg、③時間尿量を 100 ml/hr (又は 0.5-3 ml/kg/hr) 以上、④心拍数 80-120 回/分に保つことである。

一般の集中治療と異なるのは、管理開始後数時間から半日以内に臓器摘出手術が始まるので、その間に如何に多くの臓器をバランスよく機能維持・改善させるかが課題となる。血圧が低下している場合には、腹部臓器の血流を維持するために、末梢動脈を収縮させるようなアドレナリン (AD) やノルアドレナリン (NAD) の使用は避ける(すでに使用しているときには、可能な限り減量) ことも重要である。

また、ドナー管理を適切に行うには、脳死の病態(脳死完成前から成立後)を熟知しておくことが重要である。

### 1. 脳死の病態

#### 1) 脳死完成時の血行動態

脳死に陥る際には、脳圧が亢進するなどの影響で、急激に血中カテコラミンが上昇し(交感神経ストーム;sympathetic/autonomic storm)、心拍数、血圧、心拍出量及び末梢血管抵抗が上昇する。そのために、心筋の酸素の需要と供給に極端な不均衡が生じ、心筋の代謝障害や、心筋細胞の障害(細胞融解、微小壊死など)を来す<sup>1,2)</sup>。この時期には、心電図上、心筋虚血、伝導障害や不整脈がよく認められる。動物実験において、組織学的に検索すると、この時期の心筋には広範な心筋虚血障害や壊死、末梢血管の収縮などが認められる。この時期に 10-20%の患者で心停止を来す。この急激なカテコラミンの上昇は非常に短期間であるが、この時期に短時間作用型のβ遮断剤やニトロプルシドを使用すると心筋障害が軽減することが、動物実験や心臓移植の臨床で知られている。

脳死となる患者の多くは、脳浮腫の治療のためにグルセオールや利尿剤が使用され、また徐々に尿崩症に移行していくので、循環血液量が乏しい状態となる。また脳死が成立すると、延髄にある血管運動中枢(vasomotor center)の機能喪失が起こり、血圧の自動制御が消失する。同時に交感神経の支配もなくなるため、末梢血管の tone が低下(末梢血管抵抗の著明な低下)し、容易に血圧が低下しやすい状態となる。このような循環動態を的確に評価するためには、CVPのモニターが重要である。Swan-Gantz (SG)カテーテルが挿入されている方がより血行動態を把握しやすいが、SGカテーテルが入っていることは稀である。

CVPのモニターに加えて、カテコラミンが均等に中心静脈血内に入ることも循環管理に重要なので、中枢ルートは頸静脈か、鎖骨下静脈から挿入され、先端が右心房内まで到達していることが望ましい<sup>1)</sup>。

脳死完成時に生じる心筋障害の部位・程度を評価するのに、心エコー検査は有用である。心停止の有無にかかわらず、心筋障害の多くは、壊死によるものではなく一時的で回復することが多

い (neurological myocardial stunning という)。その場合、多くは 24 時間以上で回復してくるので、心エコーで経過を観察することは有用である。

中心静脈血酸素飽和度 ( $S_{cv}O_2$ ) も全身臓器灌流の状況を把握するために有用であるが、脳死のために脳での酸素消費が減少したり、敗血症や感染症のために酸素需要が亢進したりすることがあるため、通常より高い目 80% 以上に保つ方が良いとされている<sup>1)</sup>。

## 2) バゾプレッシン (抗利尿ホルモン: ADH) 分泌低下: 尿崩症

脳死に至り、下垂体後葉の機能が消失すると、下垂体後葉から ADH の分泌が低下し、多くは消失する (ADH は末梢の組織でも幾分合成されているので、全例が感知できなくなるほど低下するわけではない)。

ADH は、そのほとんどが視床下部にある神経細胞体で前駆物質が合成され、軸索輸送により下垂体後葉にあるシナプスに送られ、血管内に分泌される。主な作用は、①腎集合管の細胞の管腔側の細胞膜の透過性を亢進させて、水の再吸収を促進する作用、②血管を直接収縮させる作用である。そのため、①が喪失すると尿崩症となり、尿量が著明に増加 (時間 300-400ml) するので、水分出納を保つのは困難となり、血圧は不安定となる。また、②が喪失すると、末梢血管の tone が低下し、これも血圧低下の原因となる。

前述の 2 つの作用以外に、ADH には  $\beta$  アドレナリン (AD) 受容体への AD の親和性を増加させる作用<sup>3)</sup> がある。つまり、ADH の分泌が減少すると、心筋細胞や血管の  $\beta$  アドレナリン受容体の親和性が低下し、 $\beta$  アゴニストの需要が増加する。その結果、血中の AD 濃度が増加したり、AD の使用量が増加したりすると、 $\beta$  AD 受容体の down regulation が起こり、心筋の  $\beta$  AD 受容体密度が減少することになる。

実際、ADH を使用することで、脳死完成後のショックの時間を短縮することが、脳死患者の心機能・他の臓器機能を改善すると報告されている<sup>4,5)</sup>。また、阪越ら<sup>6)</sup> は、雑種成犬の脳死モデルにおいて、AD を投与すると、心筋組織の  $\beta$  AD 受容体の密度と親和性が低下することを証明している。著者<sup>7)</sup> は、脳死患者のカテコラミン血中濃度とアドレナリン受容体の密度と親和性を検討し、ヒトにおいても  $\beta$  AD の投与又は血中 AD 濃度がリンパ球の  $\beta$  AD 受容体の密度と負の相関があることを報告した (図 1a, 1b.)。尚、血中ドパミン (DOA) 濃度や DOA 投与量と  $\beta$  AD 受容体密度にはこのような相関は見られなかった。このように、ADH を補充し、血中の AD 濃度を上げないように管理することは、心筋の AD に対する反応性を維持又は改善する意味で重要である。

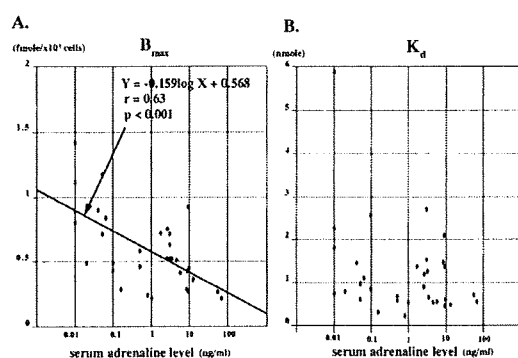


図 1 a

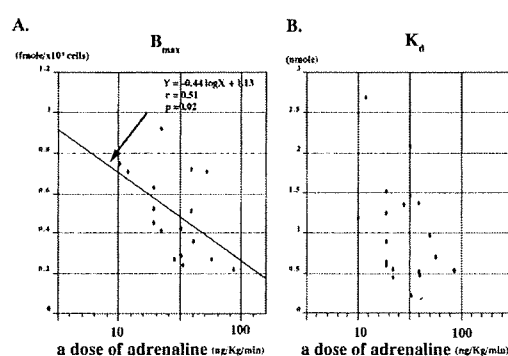


図 1 b

図 1. 脳死者のリンパ球の  $\beta$  アドレナリン受容体: 1a: 血清アドレナリン濃度とリンパ球の  $\beta$  アドレナリン受容体の密度 ( $B_{max}$ )・親和性 ( $K_d$ ): 血清アドレナリンが増加すると  $B_{max}$  は減少する。資料 7 から引用。 1b: 脳死者のアドレナリン投与量とリンパ球の  $\beta$  アドレナリン受容体の密度 ( $B_{max}$ )・親和性 ( $K_d$ ): アドレナリン投与量が増加すると  $B_{max}$  は減少する。資料 7 から引用

臨床的に尿崩症は脳死患者の 60-75% にしか見られないが、血管の tone や  $\beta$  AD 受容体のことを考慮すると、尿崩症のない場合でも少量の ADH を持続静脈内投与することは有用であると考え

られる<sup>2)</sup>。

また尿崩症になると、多尿を来すとともに、高Na血症、低K、Mg血症、高血清浸透圧、循環血液量低下、細胞内水分の低下を来し、その結果、肝・腎機能障害、不整脈などを引き起こすので、その点でもADHを投与することは重要である<sup>1)</sup>。

### 3) 下垂体前葉機能の低下

下垂体の前葉は、下垂体硬膜外動脈の血管支配を受けているため、脳死になってもある程度血流が保たれているので、前葉のホルモンは完全に枯渇しないことが多い。動物実験では、脳死に陥ると急速に甲状腺刺激ホルモン(TSH)、副腎刺激ホルモン(ACTH)が減少し、甲状腺ホルモンや副腎皮質ステロイドが減少すると報告されているが、ヒトでは必ずしも一定しない。脳死ドナーの甲状腺ホルモン値と移植腎・心の機能に相関はなかったと報告している<sup>1,8-10)</sup>。

しかし、種々の実験・臨床データから、甲状腺ホルモン他のホルモンを補充すると、脳死患者での臓器機能が回復するというデータが報告され、後述するような複数ホルモン補充療法をアメリカ、カナダ、オーストラリアでは推奨している<sup>11-13)</sup>。

### 4) 除神経

脳死状態になると、心臓・血管への自律神経反射がなくなり、すこしの循環血液量の減少でも血圧が低下する<sup>1,2)</sup>。著者ら<sup>14)</sup>は除神経された心臓(心臓移植モデル)では、下大静脈を遮断して血液還流量が減少させたとき起こる心収縮力・心拍数の増加(心臓神経の反射による)が起こらないことを報告している。つまり、出血や上腹部圧迫や体位変換により心臓へ環流する血液が減少すると、容易に血圧が低下し、すぐには血圧が上がらない。やがて副腎からADが分泌されて、血圧が上昇するが、その時には、血圧が上昇しすぎたり、頻脈になったりする。また、血中のAD濃度が上昇するので、心筋のβAD受容体のdown regulationがおこり、心機能の低下を来すという悪循環となる。このような現象は、尿崩症となり循環血液量が乏しいときに顕著となるので、ADHの投与によりこの現象を軽減することが重要である。

心臓・血管神経反射と同様、脳死になると気管・気管支の反射(咳嗽反射)が消失する。そのため、気管内吸引を行っても、深部痰(特に体の後方)の吸引が不十分となるので、無気肺や肺炎の原因となりやすい。

## 2. 脳死ドナー管理の実際

### 1) 循環動態の管理

心機能の保全是、前負荷および後負荷の調節によって行い、ADHを投与(詳細は後述)して、カテコラミンの投与量を最低維持量(可能な限りDOA 10 μg/Kg/min以下)にとどめる。血行動態の目標値は前述のとおり、①収縮期血 90 mmHg以上、②中心静脈圧(CVP)を 6-10 mmHg、③時間尿量を 100 ml/hr(又は 0.5-3 ml/kg/hr)以上、④心拍数 80-120 回/分、である。

### 2) ADH 補充療法

ADHの血中濃度が低下すると、前述のとおり、①尿崩症、②血管のtoneの低下、③心筋のβAD受容体の親和性の低下を来すため、血行動態が不安定となる。尿崩症のある場合だけ、ADHを補充するという報告もあるが、②③を改善させる目的で、尿量が少ない場合もADHを投与すべきである。開心術後や敗血症の際のショック時にADHを投与した場合と同様<sup>16)</sup>、ADHを投与すると循環動態が改善する結果、腎機能が改善するので、尿量は逆に増加することが多い。

ADHの投与方法は、鼻腔内投与や筋肉注射でbolusに投与するという報告もあるが、最初にbolusで0.02 U/Kg(又は1U)静脈投与し、持続的に静脈投与(0.01-0.2 U/Kg/hr又は0.5-1 U/hr)する方が血行動態は安定する<sup>10-14)</sup>。ADH投与後血行動態が安定すれば、血圧(収縮期圧90mmHg以上)と尿量(1-2 ml/Kg.hr程度)をモニターしながら、NAD、ADの順にカテコラミンのtaperingを図る<sup>1,15)</sup>。内因性、外因性のアドレナリンが減少してくると心拍数90-120回/分程度に安定する。ADH開始後、急激に尿量が低下した際には、ADHを減量する。

摘出手術前にADHを中止する報告も多いが、ADHの中止により急に尿量が増えたり、心筋・血管のアドレナリン感受性が低下したりすると、術中の血行動態が不安定となるので、中止しないほうが良い<sup>15)</sup>。

3) 複数ホルモン補充療法

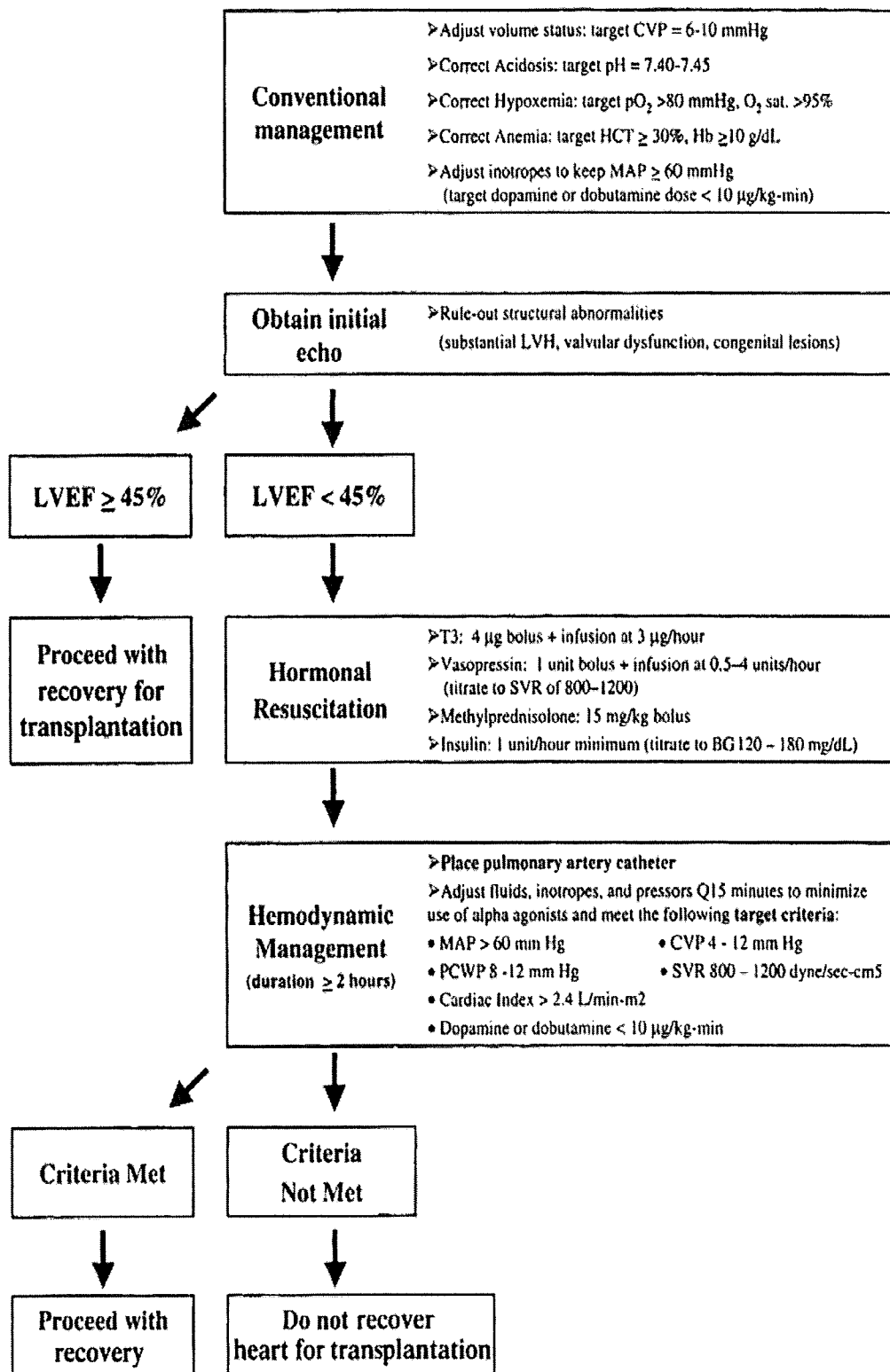


図 2. Canadian Council (臓器提供・移植フォーラム) で推奨するホルモン補充療法のプロトコール： 資料 12 から引用

米国、カナダのガイドラインでは、4つのホルモン補充療法 {メチルプレドニゾン 15mg/kg bolus) 又は少量の hydrocortisone(50 mg 6時間毎)、トリヨードチロキシ (4 $\mu$ g bolus 後、4 $\mu$ g/h 持続投与)、及び ADH (1U bolus 後、0.5-4U/h 持続投与)、インスリン (1U bolus 後、血糖を 120-180mg/dl に維持)} のプロトコールが推奨されている<sup>11)</sup>。カナダのプロトコールでは、左室駆出率 (LVEF) 45%未満にこれを行なう (図 2)<sup>12)</sup> となっている。

この方法で、Rosendale ら<sup>12)</sup> はカテコラミン使用量が有意に減少し、全ての臓器の提供率が増加した結果 (図 3)、1人のドナーからの提供臓器数が増加 (40歳未満で 3.8 から 4.2 臓器、40歳以上で 2.5 から 3.1 臓器) し、腎・心臓移植において移植後の 1年生存率が有意に増加したと報告している。

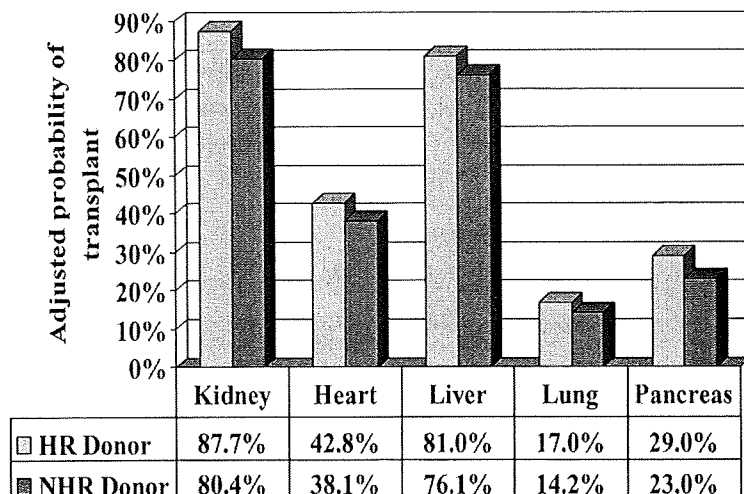


図 3. 複数ホルモン補充療法の有無による各臓器の提供率:HR:ホルモン補充療法施行群、NHR:ホルモン補充療法非施行群、参考論文 11 より引用

しかし、実験・臨床の両面で、1つのホルモンの補充だけの結果を見た報告は少ない。Salim ら<sup>13)</sup>によると、DOA 10 $\mu$ g/kg/min 以上を要するドナーに T4 を投与し (T4 使用群: N=96)、DOA の必要性の少ないドナーに T4 を使用しなかった (T4 非使用群: N=27) 際に、提供臓器数が T4 使用群の方が非使用群よりも有意に増加 (3.2 から 3.9 臓器) したと報告している。但し、ADH の使用の有無が記載されていないので、単独の効果かどうかは不明である。

我が国では、甲状腺ホルモンの静脈内投与薬が保険収載されていないこともあり、これまでの脳死臓器提供では ADH の補充のみ (メチルプレドニゾンは摘出手術直前に 1g bolus 投与のみ、インスリン・甲状腺ホルモンは使用せず) が行われてきた。しかし、2008 年の一人ドナーあたりの提供臓器数は 6 臓器であり、欧米に比して高く、ADH の補正だけでも十分であると考えられるが、さらに効果的なドナー管理を目指して、甲状腺ホルモンの是非を今後検討したいと考えている。

#### 4) 呼吸管理

脳死に至る前後で様々な全身性炎症反応が発生し、また交感神経系が過剰に興奮する (sympathetic/autonomic storm) ために、急性肺障害 (ALI) や成人呼吸促拍症候群 (ARDS) が 15-20%に発症する。また、前述の交感神経の影響で、容易に無気肺となり、丹念に気管内吸引を行わないと肺炎を来し易い。また、尿崩症のために、過剰な水分補給を行って血清膠質浸透圧の低下を招くと、肺水腫にもなりやすい<sup>1,2)</sup>。

呼吸条件としては、低 FiO<sub>2</sub> かつ PEEP 5 c mH<sub>2</sub>O で PaO<sub>2</sub> 100mmHg 以上、一回換気量 10-12 ml/Kg かつ最大気道圧 30mmHg 以下で、PaO<sub>2</sub> を 70-100 mmHg 以上 (SaO<sub>2</sub> で 95%以上)、PaCO<sub>2</sub> を 30-35 mmHg (pH=7.35-7.45) に保つようにする。酸素投与濃度、一回換気量、PEEP を可能な限り低めに保つことは、肺の炎症性反応を軽減するので、移植後の肺機能を改善させるものと考えられている。

る。

気道の神経反射（咳嗽反射など）が消失するので、定期的な体位変換と気道内吸引は肺感染症・無気肺の予防で重要である。特に身体の後方に無気肺ができやすい。しかし、脳死になると、心臓・血管反射が消失するので、体位変換・気管内吸引（気道内圧の変動で、肺の血液還流が変動）などで血圧が変動しやすく、気道の管理がしにくい。血行動態が不安定であると、さらに管理が難しくなるので、ADHを補充し、血行動態を安定させることは呼吸管理の面でも重要である。

咳嗽反射が無くなると、深部痰の吸引が不十分になるため、気管支鏡下に気管・気管支内吸引することは重要である。定期的に胸部レントゲンを撮り（一般的に6-8時間毎）、無気肺、肺炎の経過を観察しながら、気管内吸引を繰り返すと、移植肺の状態が改善するだけでなく、肺の提供の可能性が増加する。

#### 5) 電解質・ヘマトクリット・血糖の補正

高Na血症が肝・膵機能に悪影響を及ぼすことは良く知られている。心臓においても、Hoeflerらは<sup>17)</sup>、Na 130mEq/l未満、170 mEq/l以上のドナーからの心移植した患者の1年生存率は、正常範囲のドナーからの移植患者より有意に低かったと報告しており、Naを正常化することは重要である。高Na血症の補正のためにNa無添加（又は低Na）の輸液を行なうことが多いが、これだけでは不十分であり、ADHを補正することにより、Na利尿を図ることが重要である。血清Na値を135-150 mEq/lを目標に補正する。

尿崩症となり、循環血液量が低下すると、多量の輸液がされ、血液が希釈され、低K血症、貧血になりやすい。まずは、ADHで尿崩症を治療しながら、定期的に血清K値を測定し、中枢ルートからKを補充することが重要である。血清K値を3.8-4.5 mEq/l程度に補正する。短期間の補正を余儀なくされる場合は、シリンジで倍希釈程度のKClを投与（0.2 mEq/kg/hr）しなければならないこともあるが、その際は慎重に監視しながら投与する。一般に尿崩症が改善するとともに、血清K値も正常化してくることが多い。

貧血は臓器機能を低下させるので、ヘマトクリットは30%以上になるように輸血する。

脳死になると血中AD濃度が増加したり、様々な炎症反応が起きたりするために、高血糖になりやすい。ADHを補正しても尿量が適正化しない場合には、高血糖を疑う。治療は、まずはブドウ糖無添加の輸液にし、それでも適正化されない時にはインスリンを持続的に静脈内投与（レギュラーインスリン0.5~1.0IU/hr）する。血糖は、120-180 mg/dlを目標に補正する。

#### 6) 体温管理

脳死になると体温調節もできなくなるので、低体温に陥り易い。特に脳の低体温療法後や、尿崩症で多量に輸液された時には、顕著となる。35.5-36.5℃を目標に補正する。

#### 7) 感染症の管理

脳死なり長期になると、無気肺からの肺炎、褥創・各種カテーテルからの感染症を起し易い。従って、気管内吸引に加えて、褥創予防の体位変換や、各種カテーテル、創部、褥創のケアも大切である。感染が疑われるときには、適宜、細菌検査（できれば培養も）を依頼し、感受性のある抗生剤を投与する。培養には時間がかかるので、塗抹標本の検鏡（グラム染色で十分）が有用である。摘出手術の皮膚切開直前に抗生剤の血中濃度を高くするために、出棟の1時間前に抗生剤の投与を開始する。

#### 8) 我が国における脳死臓器提供におけるドナー管理の実際

図4に、典型的な脳死ドナーの管理例を示す。概略を示すと、尿崩症となり、尿量、輸液が著しく多量で、ADに依存した状態でも、ADHを補充することで、心機能さえ保たれているドナーであれば、ADやNADは中止可能である（逆にADは中止できない場合は、心ドナーに適さないと考えてよい）。血行動態が安定すれば、ADのtaperingが可能となり、体位変換や気管内吸引が安全に行なえるようになる。

## 脳死ドナー管理の例

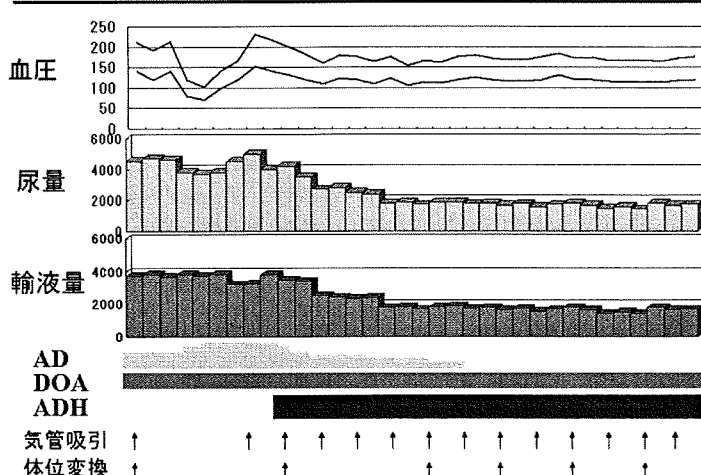


図4. 典型的な脳死ドナー管理の一例 (AD : アドレナリン、DOA : ドパミン、ADH : 抗利尿ホルモン)

メディカルコンサルタント (MC) が提供病院に赴きドナー管理をするようになった後、脳死臓器提供のほとんどの例でADHが使用されている。多くの例で血行動態は安定し、一人のドナーからの提供臓器数は増加し、MC導入前の4.6臓器から6臓器に増加した(図5a)。欧米は4臓器に満たない(図6b)。

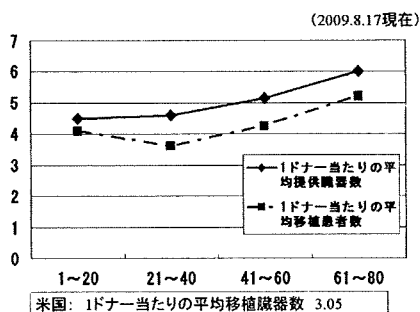


図5a

## 各国の臓器提供率

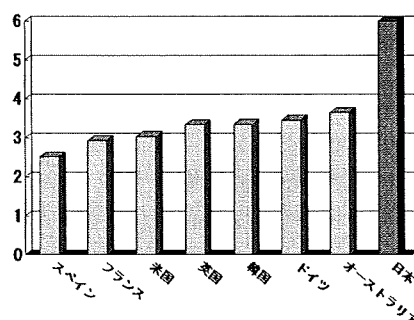


図5b

図5. 1ドナー当たりの平均提供臓器数。5a: 我が国の1ドナー当たりの平均移植臓器数・提供臓器数の推移。5b: 各国の1ドナー当たりの平均臓器提供数の比較(2008年)

脳死臓器提供50例目から無気肺・肺炎の認められるドナーに対して積極的に気管支鏡を行なうようになり(6-8時間間隔で気管支鏡を用いて観察しながら気管内吸引)、肺の提供率は有意に増加し(図7)、肺移植後のprimary graft failureの発生に差はなかった(図8)。肺の提供率が増加した上、肺移植後の2年生存率が67.9%から92.6%に有意に増加した(図9)。つまり、脳死ドナーの肺管理は、臓器提供数を増やすだけでなく、移植後の肺機能も改善することができるのである。

BFS積極導入前後の脳死下肺提供数

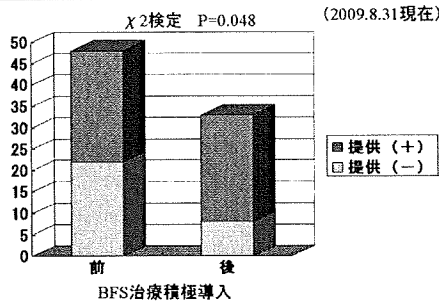


図 8a

BFS積極導入前後のprimary lung graft failure

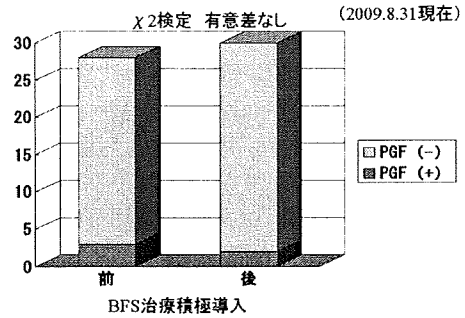


図 8b

脳死肺移植後の累積生存率

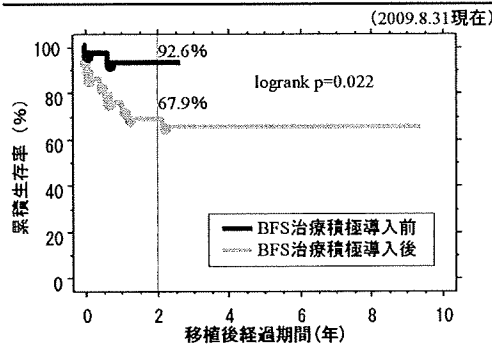


図 8c

図 8. 気管支鏡 (BFS) 積極導入前後の肺提供: 8a: 脳死肺提供率, 8b: 肺移植後の primary graft failure、8c: 肺移植後の累積生存率

以上、今後さらに様々な点で管理法が改善される可能性があるが、現時点で最適と考えられる脳死ドナー管理について述べた。移植可能臓器を増やし、しかも機能を改善するには、非常に細かな管理を要するが、ドナーとその御家族の御意思を反映するためにも行うべき努力であることを、最後に述べてこの項を終了する。

【文 献】

- 1) Mascia L, Mastromauro I, Viverti S, et al. Management of optimize organ procurement in brain dead donors. *Minerva Anesthesiol* 75: 125-33, 2009.
- 2) 福嶋教偉. 日本の脳死ドナー管理 脳死下臓器保存と Viability の観点から《心臓》. *Organ Biology* 13(1):9-23, 2006.
- 3) Altura BM, Altura BT. Vascular smooth muscle and neurohypophyseal hormones. *Fed Proc* 1977;36:1853-60.
- 4) Kinoshita Y, Okamoto K, Yahata K, et al. Clinical and pathological changes of the heart in brain death maintained with vasopressin and epinephrine. *Pathol Res Pract.* 1990 Feb;186(1):173-9
- 5) Iwai A, Sakano T, Uenishi M, et al. Effects of vasopressin and catecholamines on the maintenance of circulatory stability in brain-dead patients. *Transplantation.* 1989 Oct;48(4):613-7.
- 6) Sakagoshi N, Shirakura R, Nakano S, et al. Serial changes in myocardial beta-adrenergic receptor after experimental brain death in dogs. *J Heart Lung*



- Transplant 1992;11:1054-8.
- 7) Fukushima N, Sakagoshi N, Ohtake S, et al. Effects of exogenous adrenaline on the number of the beta-adrenergic receptors after brain death in humans. *Transplant Proc* 2002;34:2571-4.
  - 8) Gifford RR, Weaver AS, Burg JE, et al. Thyroid hormone levels in heart and kidney cadaver donors. *J Heart Transplant.* 5(3):249-53, 1986.
  - 9) Macoviak JA, McDougall IR, Bayer MF, et al. Significance of thyroid dysfunction in human cardiac allograft procurement. *Transplantation.* 43(6):824-6, 1987.
  - 10) Kutsogiannis DJ, Pagliarello G, Doig C, Ross H, Shemie SD. Medical management to optimize donor organ potential: review of the literature *Can J Anaesth.* 2006 Aug;53(8):820-30.
  - 11) Rosendale JD, Kauffman HM, McBride MA, et al. tHormonal resuscitation yields more transplanted hearts, with improved early function. *Transplantation.* 5(8):1336-41, 2003.
  - 12) Novitzky D, Cooper DK, Rosendale JD, Kauffman HM. Hormonal therapy of the brain-dead organ donor: experimental and clinical studies. *Transplantation.* 82(11):1396-401, 2006.
  - 13) Salim A, Martin M, Brown C, et al. Using thyroid hormone in brain-dead donors to maximize the number of organs available for transplantation. *Clinical Transplant* 21: 405-409, 2007.
  - 14) Fukushima N, Shirakura R, Nakata S, et al. Failure of rapid autonomic augmentation of cardiac performance in transplanted hearts. *Transplant Proc.* 1998 Nov;30(7):3344-6. No abstract available.
  - 15) Fukushima N, Ono M, Nakatani T, et al. *Transplant Proc.* Strategies for maximizing heart and lung transplantation opportunities in Japan 2009; 41(1):273-6.
  - 16) Ranger GS. Antidiuretic hormone replacement therapy to prevent or ameliorate vasodilatory shock. *Medical Hypotheses* 59(3):337-340, 2002
  - 17) Hofer D, Ruttman-Ulmer E, Smits JM, Devries E, Antretter H, Laufer G. Donor hypo- and hypernatremia are predictors for increased 1-year mortality after cardiac transplantation. *Transplant Int (E-pub)* 2009

## VI. 臓器摘出ミーティング

これは我が国独自のシステムであるが、各摘出チームが移植臓器の評価を終えた後、手術部内で、主治医（時には、手術部部長、提供病院管理責任者など）、手術室看護師、麻酔医（呼吸循環管理医）、各摘出チーム、JOT コーディネーター等が一同に集まり、摘出術に関する会合を行っている（約30分）。最近では、摘出を行う手術室で手術台を囲んで行っている。

### 1. 臓器提供に至るまでの経緯の報告

コーディネーターが、ドナー、そのご家族と臓器提供施設の医療スタッフに対して敬意と感謝の意を表明した後、ドナーの概略（年齢、性、原疾患、ドナー御家族の心情）と摘出手術に至るまでの経緯を示し、あっせん手続きが適正に行なわれたことを摘出チームに報告する。

### 2. ドナーに対する礼意と尊厳の保持の徹底

常にドナー並びにその御家族、臓器提供施設に礼意を持って臓器摘出手術にあたるように指示（指示内容の詳細は、2. 1 礼意の項を参照）する。概略を述べると、ドナーが手術室に入る時に摘出チームは整列して礼意を持って迎えること、家族への臓器提供医師の最終確認が終わるまで執刀を待つこと、執刀直前に黙祷を行なうこと、手術前後に器材カウントを徹底して行い体内に器材の遺残を防ぐこと、通常の手術と同様、丁寧な創部の処置を行なうことを徹底する。

### 3. 法的必要書類の確認

臓器摘出にあたり、意思表示カードなどのコピー、脳死判定承諾書、臓器摘出承諾書、脳死判定記録書など、法律に規定された書類が必要なため、法的必要書類が摘出チームに配布されていることを確認する。

### 4. 手術室での注意点

臓器摘出手術中に摘出チームと移植施設との連絡のために必要な手術室内の外線電話の使用、清潔区域、準清潔区域、不潔区域の表示等、手術室使用にあたっての注意事項を説明し、遵守するように依頼する。

臓器の最終評価ができた時点、病理検査が必要になった時点、病理の検体を出す時点、ヘパリンを投与する時点、大動脈を遮断する時点で、摘出医はコーディネーターにその旨を告げ、手術に係るもの全てが手術の進行状況を把握できるようにするように依頼する。

### 5. 各臓器の搬送経路と搬送時間の確認

摘出予定臓器と移植施設、臓器摘出手術のタイムテーブル（ドナー入室、執刀、ヘパリン投与、大動脈遮断、心・肺・小腸・肝・脾・腎臓の摘出、閉胸。閉腹、見送りなど）、最終決定した臓器搬送方法（チャーター機、ヘリコプター、民間航空機、新幹線・在来線、救急搬送車、タクシー、パトカー先導の有無など）・経路を説明する。各臓器の摘出時間の短縮・遅延に伴う搬送方法の変更や最終摘出時刻の制限などを摘出チームに確認する。臓器搬送する医師の確認（特に車両、チャーター機、ヘリコプターの搭乗者）は、臓器搬送を円滑に行う上で、重要である。その上で、病理検査・採血の依頼方法を説明し、摘出手術の管理責任者（多くは心臓チーム摘出医）を決定する。提供病院のスタッフを紹介する。

### 6. 摘出手技などの確認

摘出チーム毎に、自己紹介（代表者の名前、メンバーの紹介など）の後、臓器の評価結果（マージナルかどうか、その根拠など）、臓器の摘出手技、切離線（肺動静脈、大動脈、上下大静脈、腹部動脈、門脈など）、臓器の灌流方法、還流血のドレナージ方法、術中の使用薬剤（抗生剤、ヘパリン、ステロイド）の投与量・タイミング、検査用採血の有無と採決方法、脾臓・リンパ節の採取の有無を説明する。

#### 1) 心摘出チーム

大動脈、上下大静脈、肺静脈（または心房）、肺動脈の切離線の確認を行う。右肺の摘出のある場合は、下大静脈を横隔膜上で遮断し、その上で下大静脈を切開・切断することを説明する。ステロイドの投与の時期、ヘパリンの投与量・時期について説明する。中枢ラインをいつでも抜去できるように固定糸を切っておくこと、除細動パッドの貼付について説明する。脾臓、リンパ節を採取する場合は、腹部臓器チームに依頼する。大動脈の灌流用カテーテルから、ヘパリン血を採取できることを伝える。

## 2) 肺摘出チーム

肺動静脈の切離線・灌流用カニューラの位置の確認、人工呼吸器を止める時期（気管又は気管支遮断後）、プロスタグランディンの投与の有無と投与方法・時期を説明する。右肺の摘出がある際には、腹部のチームに下大静脈のドレナージ用カニューラの挿入を依頼する。術中に気管支鏡を行う際には、その旨を伝える。その他、投与酸素濃度、換気方法（評価の際の用手換気の依頼など）などを必要に応じて説明する。

## 3) 肝臓摘出チーム

肝臓の摘出方法（特に分割肝の際には、いつ、どのように分割するのか）、病理検査の有無・時期、種々の腹部動脈の剥離方法・切断部位（特に分枝異常があるときには念入りに説明する）、灌流用カニューラの挿入部位（大動脈、門脈など）、下大静脈のドレナージカニューラの有無を伝える。

## 4) 膵臓摘出チーム

腹部動脈の剥離方法を再度確認したうえで、十二指腸への胃チューブの挿入の方法・時期、イソジンによる十二指腸の洗浄の依頼と方法の説明を行う。膵腎同時移植の場合には、左右どちらの腎臓が候補なのかを伝える。

## 5) 腎臓チーム

摘出方法を確認・補足する。

## 6) 小腸チーム

腸間膜・腸の剥離方法、摘出の時期を伝えるとともに、他の腹部臓器チームに腸間膜・腸を温存・保護するような剥離を依頼する。

## 7. 呼吸循環管理医師との打ち合わせ

呼吸循環管理を行う医師が、管理方法の確認を行う。血圧の管理、薬剤注入のタイミングなどの呼吸循環管理法について、確認する。

脳死患者の摘出時の呼吸循環管理に携わった経験のある麻酔医は我が国にはまだ少ないので、この時点で管理方法などを周知しておくことが重要である。

## 8. 手術室内でのコーディネーターの役割

最後に、手術室を担当するコーディネーターの役割を説明し、摘出チーム医師との役割分担を明確にする。摘出チームから臓器提供施設への依頼事項（輸血、輸液、借用物品、採血や脾臓・リンパ節の持ち帰りなど）を予め確認し、術中に必要になった時にはコーディネーターを介して行なうことを再確認する。

最後に後片付け、見送りを行なう医師を確認する。

これにより、非常にスムーズな摘出手術が行われている。この会合の結果、摘出手術開始時刻が決定され、さらには各移植施設でレシピエントの手術開始時刻が決定される。

## VII. 多臓器摘出手術の概要

### 1. はじめに

脳死ドナーからは、心、肺、肝臓、膵臓、腎臓、小腸などの多くの臓器が摘出されるため、他の臓器の摘出チームとの協調が非常に重要である。我が国では、事前に摘出ミーティングを開催し、①摘出臓器の種類・施設、②ドナーの状況、③術中管理の確認（ヘパリン、抗生剤などの投与時期など）、④臓器の摘出手順、⑤各臓器の切離線の確認、⑥下大静脈のカニューラの挿入の有無など、様々なことを確認しているため、非常にスムーズな摘出が行われている。心・肺は他の臓器に比して虚血に弱く、小腸は剥離操作で傷み易いので、心停止後、心、肺、小腸、肝臓、膵臓、腎臓の順に臓器を摘出している。

各臓器とも可能な限り、可能な限り虚血時間を短縮しなければならないので、①ドナー手術開始、②各臓器の最終評価確認時、③全臓器の剥離確認時（つまりヘパリン投与直前）、④大動脈遮断時、⑤各臓器の摘出時、⑥臓器搬送開始時などに連絡を行い、摘出と移植が連携して行われるように細心の注意を払いながら摘出手術を行うことが重要である。提供施設から移植施設までの予想搬送時間、レシピエントの状況（再手術例、人工心臓装着例、臓器の癒着が予想される例など）、レシピエントの手術の進行状況に応じて、摘出の段取りを調整することが望ましい。

移植後の交叉試験用に脾臓やリンパ節が必要な場合には、腹部臓器の摘出後、そのチームの摘出医に摘出してもらっている。

### 2. 連絡体制とドナー管理

#### 1) 摘出チームの構成

摘出チームごとに、摘出医（術者・助手 各1名）、器具出し（1名：提供病院の看護婦の場合やいない場合もあり）、記録・連絡係（1名）、臓器灌流液担当（1名）と麻酔科医（提供病院又は他の臓器の摘出施設の麻酔科医の協力が得られたときには不要）で構成される。内、1～2名はドナー評価のための検査（超音波検査、気管支鏡など）が施行でき、第3次評価ができるものとする。

#### 2) ドナーの移動

ドナーの手術室への搬入は、提供される臓器の全摘出チームが揃い、各チームが第3次評価を行い、全摘出チームで摘出の手順の段取りを行った後に行う。

循環動態に注意しながらドナーを手術室に移動する。脳死者は除神経の状態にあるため、急激な循環血液量の変化に対応しにくいので、搬送の際に注意する。心臓単独の摘出の場合はレシピエントの手術の進行とも合わせ、低温阻血時間が最短になるようにする。

ドナーは、両手を揃えた格好で、仰臥位とする。

管理（点滴やモニターを含む）については、後述する。

### 3. 摘出手技の実際

- ドナー家族の意思を確認した後、黙祷を行なう。
- 胸骨上端から下腹部まで正中切開を行なう。胸部は心又は肺、腹部は肝臓又は膵臓の摘出チームの執刀医が行なう。
- 臓器毎に、肉眼的に機能を確認し、外傷、腫瘍等のないことを視診・触診（最終評価）により確認する。
- 臓器を周囲組織から剥離し、灌流用カニューラ、脱血用カニューラを挿入できるように、血管を隔離し、糸又はテープを掛けておく。
- 膵臓の摘出がある場合には、臓器の剥離操作終了後、胃チューブを十二指腸まで誘導し、イソジンを注入する。
- ヘパリン（4-5 mg/Kg）を投与する。中心静脈圧（CVP）カテーテル、Swan-Gantz カテーテルが右房に入っている時は上大静脈まで抜去する（麻酔医に依頼）。
- 灌流用カニューラ、脱血用カニューラを挿入する。
- 必要に応じて、心筋保護液注入用のカテーテルから、血液を採取する。
- 全てのカニューラが挿入できたら、肺の摘出がある場合には、肺の灌流用カニューラ挿入後、プロスタグランディンを肺動脈から注入する。