

症例報告

獨協医科大学で初めての脳死からの
臓器摘出術の麻酔経験

獨協医科大学越谷病院 麻酔科

神戸 義人 島崎 睦久 榎本 善朗 神島啓一郎
久野裕一郎 新井 丈郎 奥田 泰久

要 旨 獨協医科大学で初めての脳死下臓器摘出術の麻酔を経験した。ドナーは50歳代の女性で、くも膜下出血による脳死であり、麻酔および摘出術は特に問題なく終了した。臓器摘出術の麻酔管理の主な要点は、各摘出臓器の機能を最大限に維持するための適切な循環および呼吸管理である。本症例におけるわれわれの経験は近い将来、獨協医科大学で行われるであろう臓器摘出術及び移植術の麻酔管理に有益な情報になると考えられた。

Key Words : 脳死, 臓器摘出, 麻酔

緒 言

臓器移植法が1997年に成立以来、本邦においても、世界と比較して厳しい制約の中で、着実に脳死下臓器摘出術および移植術の数が増加している^{1,2)}。今回、獨協医科大学で初めて、本邦で臓器移植術を前提に行われた71例目の脳死判定で、70例目の脳死下臓器摘出術の麻酔を、平成20年5月8日に経験したので報告する。

症 例

50歳代の女性、身長155 cm、体重50 kg。

既往歴：特記すべき事なし。

現病歴：突然の意識低下で救急車搬送中に心肺停止状態となり、心肺蘇生術を施行されながら当院到着し、エピネフリン2 mg投与後に心拍が再開した。CTにて頭蓋内出血が確認され、非手術適応のくも膜下出血と診断された。患者は臓器提供意思表示カードを所持していたことから、主治医が臓器移植ネットワークに連絡し、家族から臓器移植術を前提とした脳死判定施行の同意を得た。入院4日目に2回の法的脳死判定を施行し、脳死による死亡宣告とともに家族から臓器提供の同意を得て、そ

の翌日に臓器摘出術が予定された。意思提供臓器は心臓、肺、肝臓、腎臓、脾臓、小腸、眼球であったが、眼球は家族が同意せず、小腸はレシピエント候補がいなかったために心臓、肺、肝臓、腎臓、脾臓の臓器摘出が決定された。

<麻酔経過> (表1)

臓器移植ネットワークによりレシピエントの選定がなされ、移植術を受け持つ各医療施設から臓器摘出チームが到着した。コーディネーターから摘出術チームおよび当病院関係者に対して臓器摘出に関する説明と手順を確認がなされた後、ドナー患者が集中治療室から手術室に搬送された。患者は気管挿管された状態で、右内頸静脈より中心静脈、上肢に末梢静脈、橈骨動脈より動脈圧測定用の各ライン（橈骨動脈）が確保されており、胃管、尿道カテーテルも留置されていた。術前に濃厚赤血球10単位、ヘパリン2万単位、メチルプレドニゾン1 gがコーディネーターより準備された。

最初に気管チューブを麻酔器回路に接続し、人工呼吸を開始した。次に心電図、非観血的血圧計、酸素飽和度モニター、呼気二酸化炭素分圧モニター、深部体温計らの各モニターを装着し、心臓周囲の操作により心室細動が生じる可能性があるため、除細動施行目的に、あらかじめ電極パッドも装着した。術前からドパミン5 μ /kg/minの持続投与で収縮期血圧は120-130 mmHgに保たれていたため継続投与し、尿崩症に対してバソプレッシ

平成20年5月28日受付、平成20年7月16日受理
別刷請求先：神戸義人

〒343-8555 埼玉県越谷市南越谷2-1-50
獨協医科大学越谷病院 麻酔科

表1 麻酔の手順

- ① 手術室入室
- ② 人工呼吸器（空気—酸素または純酸素：PEEP）への接続
- ③ モニター（観血的動脈血圧，心電図，中心静脈圧，呼気二酸化炭素分圧，酸素飽和度，尿量，体温ら）開始
- ④ 末梢，中心静脈ラインの接続（輸血確認：通常は輸血の投与は必要ない）
- ⑤ 筋弛緩薬・麻酔薬（吸入あるいは静脈麻酔薬）投与開始
- ⑥ 循環作動薬（ドパミンら）接続
- ⑦ 執刀（ステロイドおよび抗生物質投与）
- ⑧ 血圧上昇に対しては深麻酔・降圧薬で対応
- ⑨ 摘出臓器周囲の剥離終了後，中心静脈よりヘパリン投与（ヘパリン投与前後のACTの測定は不必要）
- ⑩ ヘパリン投与後に中心静脈は手前に引き戻すか抜去して上大静脈切断に備える
- ⑪ 大動脈遮断（麻酔薬を含むすべてのラインを中断）
- ⑫ 各臓器摘出開始（肺摘出まで調節換気は継続する）
- ⑬ 閉胸閉腹・手術室退出

ンが持続投与されていたが中止した。さらに有害な不随意運動を防ぎ，十分な術野確保のためにベクロニウム5mgを初回ボーラス投与し，その後は1mg/hrで持続投与した。麻酔維持は，純酸素とレミフェンタニル0.2μ/kg/minの持続静注投与で行った。呼吸管理は重量式調節換気で，FI_{O2} 1.0，1回換気量500mL，呼吸回数10回/min，PEEP 5cm H₂Oの設定とした。そして呼気二酸化炭素分圧が40mmHg前後を保つように適時調節した。

手術準備が整い，摘出臓器搬送の手順が整った後，在室者全員で黙祷を行い，その後手術が開始された。執刀時に抗生物質とメチルプレドニゾロン1gが投与された。各臓器が視診および触診で評価され，肝臓のみが病理診断にて評価された。肺の場合は気管支鏡を用いた評価もあるが，今回は実施されなかった。各臓器摘出前処理後に血管内血栓を防止する目的で全身ヘパリン化（ヘパリン2万単位：300単位/kg静注）を行い，各臓器の灌流用カテーテルが上行大動脈，肺動脈幹，上・下腸間膜静脈，門脈，下大静脈に挿入された。

今回は肺摘出も予定されたので，灌流前に肺動脈から肺虚血再灌流障害の予防目的で術野からプロスタグランジンE 1500μgがボーラス注入され，直後から血圧低下した²⁾。直ちに大動脈が遮断されて臓器灌流および脱血が開始され，同時に碎水によって胸腹腔内が冷却された。大動脈遮断後，麻酔薬を含む全ての薬剤の投与を中止し，心臓摘出の妨げになるため中心静脈カテーテルを抜去した。心臓摘出中は肺の過膨張が手術操作の妨げにならな

いように換気量を調節した。肺は大動脈遮断後も換気を継続して施行し，肺摘出に併せて過膨張に注意しながら，十分な気管内吸引後に肺を膨らませた状態で気管を遮断して切離された。その時点で換気を終了し，気管チューブを抜管し，全てのモニタリングを終了した。最初に心臓，次に肺，肝臓，脾臓，腎臓の順に摘出された。摘出の過程で胃管を十二指腸乳頭周囲まで送り込み，イソジン20mlで洗浄後に抜去した。予定臓器をすべて摘出後に閉胸腹術が施行され，手術を終了した。手術時間は2時間30分，麻酔時間は3時間であった。その後，各摘出臓器の移植術が搬送された各施設で施行され，すべて成功したことが報告された。

考 察

平成9年10月16日に臓器移植法が施行されて以来，脳死下での臓器提供が本邦でも開始された。麻酔科医はその脳死判定およびその後の臓器摘出術や臓器移植術の麻酔に関わる機会が増加すると考えられるが，原則として脳死判定に関わった麻酔科医は臓器摘出術の麻酔管理には関わることはできない^{3,4)}。脳死下ドナーからの臓器摘出術の術中管理を“麻酔”と呼ぶか否かの議論もあるが，手術中の全身管理はすべて麻酔と称するのが妥当と考えられる⁵⁾。

麻酔管理として問題になるのはまず麻酔科医の確保である。今回の症例は最終の脳死判定から約15時間後の午前2時20分に手術室入室であった。これは摘出臓器搬送時間が可能な限り短くなるように手術開始時間が決定されることによる。特に心臓移植の場合は，摘出心臓の許容保存時間は4時間前後と最も短く²⁾，基本的に，脳死下臓器摘出術は心臓移植術開始時間に合わせたタイムスケジュールとなる。それらの詳細な打ち合わせのために，通常は院内での使用が禁止されている携帯電話の使用が各チームに特別に許可された。その同深夜時間帯に多くの麻酔科医を待機させることは困難な場合があり，同じ手術室内で他の麻酔管理が必要な手術が複数施行されている可能性もある。もし臓器摘出術に対する十分な麻酔科医を院内で確保できない場合は，コーディネーターを介して院外からの麻酔科医の応援を得ることが可能であるが，当院麻酔科ではその必要性は全く無かった。

脳死ドナーの麻酔における重要な点は摘出臓器の保護である。脳死後はその90%の患者が8日以内に心停止に至るとされ⁶⁾，徐々に循環動態は悪化し低血圧となる。よって集中治療室から手術室そして臓器摘出に至る患者の循環動態を含めた生体の維持管理が極めて重要となる。基本的には周術期の“100の法則”（表2）³⁾が推奨されており今回もそれに従い周術期管理を行った。収縮期血圧

表2 ドナーの周術期管理の“100の法則”

収縮期血圧	> 100 mmHg
尿量	> 100 ml/hr
PaO ₂	> 100 mmHg
ヘモグロビン濃度	> 100 g/L

を100 mmHg以上に維持するためにいくつかの工夫が必要になる。中心静脈ラインは、中心静脈圧のモニターとして、また循環作動薬投与ルートとして必須であり、その他のラインは輸血が可能な末梢1本で十分とされる。中心静脈ラインは心臓摘出に際する上大静脈結紮時に麻酔科医による抜去が容易な内頸静脈が推奨され、肺動脈カテーテルは基本的に必要とされない。循環作動薬を使用する場合は、摘出臓器に様々な影響を与えるので減量または中止することが基本である。本症例は尿崩症があり、術前からバゾプレシンが使用されていた。バゾプレシンには血管収縮作用もあり、血圧を維持には有用だが、冠血管と腎血管を収縮するために、灌流液注入前1時間前に中止することが望ましいとされ³⁾、本症例でも投与を中止した。症例によっては腎臓摘出前にマンニトール、フロセミドを投与が必要とされる場合もあり、尿量に関する注意も必要である。ドパミンが昇圧薬として最も推奨されるが、投与量はβ作用よりα作用が強くとれる10 μg/kg/min以上にしないう方が望ましいとされる²⁾。ドブタミンは臓器血流維持作用でドパミンに劣るので通常推奨されない。ドパミンでも十分な血圧維持が不可能な場合はノルエピネフリンおよびエピネフリンを使用する。循環作動薬のみならず、血圧維持のためには輸血、アルブミン、輸液（晶質液）などでも対応すべきだが、中心静脈圧が10-12 cm H₂O以上となる容量負荷を行うと心臓に対する過負荷になり肺水腫や肝臓鬱血が懸念される。そのため心臓摘出のみの場合は中心静脈圧を5-10 cm H₂O保つことが望ましい²⁾。さらに本症例では認められなかったが、治療を要する不整脈が出現することもある。特にアトロピンで反応しない徐脈である頻度が高く、ドパミンやイソプロテレノールで対処する。心臓摘出の場合にはβ-作動薬の使用は心筋負荷となるため推奨されず、心臓摘出を実地しない場合は他臓器の血圧維持のためにβ-作動薬の使用制限は緩和されている。また低体温になると循環動態が不安定になるため保温マットなどを使用して、中枢体温を37度前後に保つことが推奨される⁵⁾。

ドナーは脳死患者であり、理論的には術中の麻酔薬は必要ではないが、実際には脳死状態でも脊髄反射や脊髄自動反射は残るために術中に血圧が上昇することがあ

り、その反応抑制に麻酔薬は必要とされる。通常は調節性に富む吸入麻酔薬が使用されるが、最近本邦において使用可能となったレミフェンタニルが過度の循環抑制を呈することがある吸入麻酔薬より有用であるとの報告⁷⁾があり、今回、われわれも使用して良好な血圧管理が可能であった。臓器摘出術中の血圧上昇に対して“脳死”そのものに対する疑問が議論されているが、現在の脳死の定義に“呼吸中枢の機能廃絶”はあるが“疼痛刺激に対する循環動態の消失”が含まれていないために現段階では容認されている⁵⁾。

脳死を引き起こした原因が肺になればPaO₂を100 mmHg以上に保つことは容易である。基本的に亜酸化窒素は使用せず純酸素、または空気併用で換気し、PEEPも加えるが、投与酸素濃度およびPEEPはできる限り低いほうが良いとの報告もある一般的にはFiO₂は0.4、PEEPは7.5 cm以下が望ましいとされる⁴⁾。しかしながら臓器保護の観点から吸入酸素濃度の上昇に関してはあまり問題にならず、下大静脈周囲の操作中に血管内への空気流入の危険性を回避するためにPEEPは有用である⁶⁾。そして摘出臓器の血流が損なわれる可能性のある過換気は避け、血中炭酸ガス濃度を正常の上限に保つ換気が重要である⁴⁾。

獨協医科大学病院および越谷病院は脳死下臓器提供病院であり、脳死ドナーからの臓器摘出術は、今後いつでも起こりえる。さらに獨協医科大学病院は肺（胸部外科）および腎臓（第二外科）の移植実施施設であり、将来的に移植術も施行される可能性も高い。その施行に際し、病院に隣接するヘリポートの存在は臓器搬送に極めて有利と考える。

結 論

獨協医科大学で初めて施行された脳死下臓器摘出術の麻酔を経験した。近い将来、獨協医科大学では臓器摘出術及び移植術が施行される可能性があり、われわれの今回の経験が脳死下臓器摘出術及び移植術の麻酔管理に有益な情報と考えている。

最後に、「命のリレー」のために生前から臓器提供を意思表示された患者様および、そのことに同意された御家族に対して心から敬服し、患者様の御冥福をお祈り申し上げます。

文 献

- 1) (社) 日本臓器移植ネットワーク <http://www.jotnw.or.jp/>
- 2) 松田暉：心臓移植の世界の現状と本邦における展望—

- 脳死臓器移植再開を迎えて一. 日救急医学会誌, **10** : 633-645, 1999.
- 3) Gelb AW, Robertson KM. : Anaesthetic management of the brain dead for organ donation. *Can J Anaesth*, **37** : 806-812, 1990.
 - 4) 林行雄, 妙中信之 : 脳死ドナーの麻酔管理. *臨床麻酔*, **24** : 513-518, 2000.
 - 5) 田中和夫, 西信一, 義元徳祥, 他 : オーストラリアにおけるドナー管理と臓器摘出術. *ICUとCCU*, **25** : 161-165, 2001.
 - 6) Takeuchi K, Takeshita H, Takamura K, et al : Evolution of criteria for determination of brain death in Japan. *Acta Neurochir*, **87** : 93-98, 1987.
 - 7) 山本清香, 山陰道明, 佐藤順一, 他 : レミフェンタニルを使用した脳死ドナー患者の麻酔管理. *臨床麻酔*, **31** : 1353-1355, 2007.

**Anesthetic Management of a Patient with Brain Death for Organ Donation
: A First Case in Dokkyo Medical University**

Yoshito Kanbe MD, Mutsuhisa Shimazaki MD, Keiichiro Kamishima MD, Yoshiro Enomoto MD,
Yuichiro Kuno MD, Takero Arai MD, Yasuhisa Okuda MD

Department of Anesthesiology, Dokkyo Medical University, Koshigaya Hospital

We report the anesthetic management of the first case of the brain death for organ donation in Dokkyo Medical University. The donor was brain death after subarachnoid hemorrhage. Anesthesia and surgical procedure were done uneventfully. The aims of anesthetic management are to maintain optimal organ perfusion. We believe that this first

experience will be helpful for the anesthetic management of the organ transplantation patient in the future of Dokkyo Medical University.

Key Words : Brain death donor, Anesthetic management, Organ donation