

症例報告

脳死からの臓器摘出術における呼吸循環管理

獨協医科大学越谷病院 麻酔科

山本 祐子 河津 裕美 鈴木 博明

新井 丈郎 奥田 泰久

要旨 今回われわれは、本邦で327例目、獨協医科大学越谷病院にて2例目となる脳死下臓器摘出術の呼吸循環管理を経験した。ドナーは30歳代男性で、くも膜下出血による脳死であった。獨協医科大学での最初の脳死下臓器摘出術は約7年前であり、この数年で管理方法が変化してきた。臓器摘出術における麻酔科の役割は麻酔ではなくドナーの呼吸循環管理であり、これにより摘出臓器の機能が大きく左右される。本症例での経験は、今後の本学における脳死下臓器摘出術に有用であると考えられる。

Key Words : 脳死下臓器摘出術, 呼吸循環管理

緒言

本邦で臓器移植法が施行されたのは1997年であり、2010年に改正された¹⁾。改正後、本人の臓器提供の意思が不明であっても、家族の承諾があれば臓器提供することが可能となった。これにより脳死下臓器提供者数は十分とは言えないまでも増加しており、麻酔科医が臓器摘出術に関わる機会も多くなると考えられる。獨協医科大学越谷病院で初めての脳死下臓器摘出術が行われたのは約7年前であり²⁾、平成27年5月10日に2例目を経験したので報告する。

症例

30歳代男性、身長172cm、体重70kg。

既往歴 : 特記事項なし。

現病歴 : 突然の意識消失により救急要請。救急隊到着時には心肺停止状態であったが、胸骨圧迫を施行し心拍の再開を認めた。しかしその直後再度心肺停止し、心電図上STの低下を認め、心拍が再開することのない状態で当院へ到着した。胸骨圧迫を継続し、アドレナリン1mgを投与後に心拍が再開した。頭部CTで脳溝に沿って出血を認め、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おり、主

治医が臓器移植ネットワークに連絡をし、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2日目に2回の法的脳死判定を行い、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、その翌日に心臓、肺、肝臓、腎臓、膵臓の臓器摘出が決定された。

死亡宣告後、移植コーディネーターより連絡を受けた移植施設ではレシピエント候補者にインフォームド・コンセントを行い、当該候補者がそれを承諾した場合、最上位のレシピエントが決定された。これと並行して摘出チームのドナー施設への派遣および移植手術への準備が進められた。

移植術を担当する各医療施設より臓器摘出チームがわれわれの病院に到着し、摘出器材展開と同時に並行で摘出前ミーティングが開催された。ここで臓器摘出に関する説明と手順が確認され、ドナーがICUから手術室へ搬送された。ドナーは気管挿管されており、右内頸静脈、左右上肢の末梢静脈より血管確保されており、橈骨動脈で動脈圧測定用のカテーテルが留置されていた。また胃管、尿道カテーテルも挿入済みであった。

ドナーが手術室に入室後、血圧変動に留意しながら慎重にベッド移動を行い、まず気管チューブを麻酔器回路に接続し100%酸素にて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、直腸体温計などの各モニターを装着した。電気メス用の対極板は大腿後面に貼り、術中不整脈の可能性を考慮し徐細動パットも装着した。

入室時のバイタルは血圧135/74mmHg、心拍数76bpm、経皮的動脈血酸素飽和度90%であり、ICUよ

平成28年9月16日受付、平成29年1月10日受理
別刷請求先：山本祐子

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

りドパミン5 μ g/kg/分、ノルアドレナリン0.01 μ g/kg/分で持続投与されていたため、これらは継続とした。また、尿崩症に対してバズプレッシンが1単位/時で投与されており、心摘出チームに確認を行い、血圧が保たれていたためこれも継続とした。さらに有害な不随意運動を防ぐため、ロクロニウム70mgをボラス投与した後、10 μ g/kg/分で持続投与を開始した。

輸液は血圧低下を防ぎ循環血液量を保つため加温した代用血漿剤を使用した。濃厚赤血球輸血は10単位用意され、必要に応じ迅速に使用できるよう、アルブミン製剤とともにドナー入室前には手術室に準備できている状態であった。

右内頸静脈に留置していたカテーテルはいつでも抜去できるよう固定糸を切り、テープで固定しなおした。

手術準備が整い、皮膚消毒を行った後、在室者全員で黙とうを行った後執刀となった。執刀と同時に末梢静脈からメチルプレドニゾン1gを投与した。胸腹部正中切開、胸骨切開が行われ、各臓器が視診及び触診で評価されたのち、肝臓は病理診断にて評価された。経過中、収縮期血圧70mmHg台まで低下し、ヘモグロビン9.5g/dlとなったため、濃厚赤血球輸血を開始し、最終的に8単位投与した。

灌流用カニューレ、脱血用カニューレを挿入し、肺循環の虚血際還流障害を予防する目的で肺動脈からプロスタグランジンEが60 μ g流入された。その後大動脈が遮断され、臓器還流および脱血が開始され、胸腹腔内へ碎水が撒かれ冷却開始となった。大動脈遮断とともに経静脈的に投与されていた全ての薬剤を中止し、心臓摘出前に中心静脈カテーテルを抜去した。換気は大動脈クランプ後も継続したが、術野の妨げにならないように換気量の調節を行った。心臓が摘出され、肺摘出時には手動で換気を行い、両肺を膨張させた状態で気管を遮断し肺が切離された。この時点で換気と全てのモニタリングは終了したが、気管からの出血を予想して気管チューブは抜去しなかった。

心臓、肺の後に肝臓、腎臓、膵臓が摘出され、胸腔・腹腔内に遺残がないことを確認し閉胸・閉腹をした。

摘出術は3時間49分、呼吸循環管理時間は肺摘出までの2時間19分、手術室入室から退室までの時間は4時間47分であった。

摘出した臓器の中で肝臓は病理検査の結果脂肪肝を認め、うっ血が強かったため移植中止となり、右肺は炎症所見が強かったため左肺のみの移植となったが、全ての移植手術は成功したとの報告を受けた。

考 察

本邦で1997年10月16日に臓器移植法が施行されて以来、脳死後の心臓、肺、肝臓、腎臓、膵臓、小腸などの臓器提供が可能となった。さらに2010年7月17日には改正臓器移植法が全面施行され、本人の意思表示が不明であっても家族の同意のもと臓器移植が可能となった。改正前は13年間で86例であった脳死による臓器提供は、改正後には約1年で60例近くまで激増¹⁾、麻酔科医にとっても脳死判定やその後の臓器摘出術へ関与する機会はますます増えると予想される。また、欧米に比べ日本では脳死下臓器摘出件数は未だに極めて少なく、1人のドナーから可能な限り多くの臓器を移植することが最重要課題であり、麻酔科医がその管理に担う役割は大きい³⁾。日本麻酔科学会の発表した「脳死体からの臓器移植に関する指針」においても、麻酔科医に対し脳死判定や臓器摘出時のドナー管理を依頼された場合にはこれに協力するよう提言されている⁴⁾。通常の麻酔管理であれば、手術の際の生体侵襲を抑えることが目標であるが、臓器摘出術の管理目標は移植後の臓器生着率への貢献である。摘出術の際に麻酔薬を使うか否かにはこれまでも様々な議論がなされているが、現在では患者はすでに死亡しており、脳血流は途絶しているため痛みを感じることはなく、麻酔は必要ないという見解が一般的である⁵⁾。よって術中に吸入麻酔薬や麻薬を使用することはなく、臓器摘出術の管理は麻酔管理ではなく呼吸循環管理と言うべきである。ただし、脊髄反射は残存しているため、術中の刺激に対し血圧・心拍上昇や体動は生じることがあり、これを抑制するため筋弛緩薬は使用する。

当然のことであるが、搬送直後から脳死が疑われる患者であっても、脳死判定がなされるまでは治療目標は患者の脳機能回復と救命である。脳死判定後には治療目標は変更され、脳死に伴う様々な生理学的変化に対応し全身状態を安定化させ、臓器を保護し移植可能臓器数を最大限に保ち、最善の移植結果を得るための管理となる⁶⁾。

ドナーの年齢、病態、基礎疾患などにより、脳死後は複雑な生理学的変化をきたす。ドナーの周術期管理目標として有名なものに「100の法則」があり、これは収縮期血圧>100mmHg、尿量>100ml/h、動脈血酸素分圧>100mmHg、ヘモグロビン濃度>100g/L、血糖が100%正常、というものである⁶⁾。

約80%以上のドナーは自律神経反射の消失や血管拡張による低血圧に陥り、血圧コントロールを要する。一方、脳死の急性期には頭蓋内圧が上昇し、代償性に血管収縮や高血圧をきたすこともある。低血圧時の対処法

表1 循環管理の目標値⁸⁾

| | |
|--|-----------------|
| ①収縮期血圧 | |
| 1歳未満 | ≥65 mmHg |
| 1歳以上13歳未満 | ≥(年齢×2)+65 mmHg |
| 13歳以上 | ≥90 mmHg |
| ②心静脈圧 6~10 mmHg (肺摘出が予定されている場合、やや低めとする) | |
| ③時間尿量 100 ml/時間 (または 0.5~3 ml/kg/時間) | |
| ④心拍数 | |
| 1歳未満 | 120~140 回/分 |
| 1~6歳 | 110~130 回/分 |
| 7~12歳 | 90~120 回/分 |
| 13歳以上 | 80~100 回/分 |
| ⑤カテコラミンはドパミン 10 μg/kg/分以下 | |
| バソプレシン: 最初に 0.02 単位/kg を静脈内に 1 回注入し、その後 0.01~0.2 単位/kg/時間または 0.5~1.0 単位/時間持続静注 | |
| ノルアドレナリン、アドレナリン使用例では、バソプレシンを積極的に使用し摘出手術開始までにノルアドレナリン、アドレナリンの順に減量していく | |
| ⑥体血管抵抗: 正常値よりやや低い 800~1200 dyne/sec/cm ⁻⁵ を目標とする | |

は、まず血管内容量を増加させることである。アルブミン製剤や輸血の投与は有効であるが、過剰投与は肺や肝臓のうっ血をまねき、これらの臓器の移植件数を減らす可能性があるため避けるべきである。急速輸血に伴う血中カルシウム濃度低下をきたした際には、カルシウム製剤を投与する⁶⁾。本症例では血圧を保つために最終的に 8 単位の濃厚赤血球輸血を投与したが、心臓摘出チームより術中に心うっ血をきたしていると指摘があり、収縮期血圧やヘモグロビン値のみならず、中心静脈圧を 6~10 mmHg 程度で管理し、術野も見ながら、過剰輸液になっていないか確認する必要があった。

昇圧のために薬物を用いる際には、その薬物は臓器灌流量に悪影響を及ぼすものであってはならない。臓器摘出に悪影響を及ぼすノルアドレナリン、フェニレフリン、アドレナリンの使用は避けるとされており、高容量のノルアドレナリン (>0.05 μg/kg/分) をドナーに用いると心機能、特に壁運動の異常をきたしやすくなるとの報告もある⁷⁾。低用量のバソプレシンを尿崩症の治療に用いると、血管の緊張を改善し、カテコラミン投与量を減らすことができるため、脳死患者では有効とされる。本症例でも ICU 管理時よりピトレシンが持続で投与されており、術者に確認し、入室時の血圧が保たれていたため術中も 0.5~1.0 単位/h で継続とした⁸⁾。

体温管理では、術中、大動脈遮断までは深部温を 35℃以上に保つよう、輸液や輸血の加温や保温マットを使

表2 呼吸管理の目標値⁸⁾

| |
|---|
| ①動脈血酸素分圧が 70~100 mmHg |
| ②呼気終末 5 cmH ₂ O で①を満たす必要かつ最低の吸入酸素濃度とする |
| ③従量式換気の場合 |
| 1 回換気量 10 ml/kg |
| 最大気道内圧は 30 cmH ₂ O 以下 |
| 動脈血二酸化炭素分圧を 40±5 mmHg |
| ④従圧式換気の場合 |
| 吸気圧は 20~25 cmH ₂ O |
| 動脈血二酸化炭素分圧を 40±5 mmHg |

用するなどの工夫が必要となる。

人工呼吸器管理においては、術中は動脈血酸素分圧 100~150 mmHg、動脈血二酸化炭素分圧 40 mmHg 程度に維持できるように換気を調整する。また、下大静脈周辺の操作時に血管内への空気混入を防ぐため、呼気終末陽圧を 5~10 cmH₂O かけておくのが望ましい⁸⁾。

先述したように、脳死下臓器摘出術における呼吸循環管理の最大の目標は、可能な限り最大数の臓器を良好な状態で摘出することにある。しかし、ある特定の臓器に対しては利点となる管理でも、他臓器にしてみれば害になり得る場合がある。本症例では、腎臓や肝臓への循環を保つために血圧およびヘモグロビン値低下時に輸血を行ったが、心うっ血を引き起こす結果となり、心臓摘出チームより輸血を控えるようにと指摘を受けた。このことから、呼吸循環管理においてはマニュアルに沿った管理を行うのみならず、各臓器摘出チームと円滑にコミュニケーションを取りつつ、摘出可能性のある臓器全てに留意する管理が必要である。

結 語

今回われわれは、獨協医科大学越谷病院で 2 例目となる脳死下臓器摘出術の呼吸循環管理を経験した。管理の最大の目的は摘出臓器の機能を保つことであり、初回との最大の相違点は麻酔管理ではなく呼吸循環管理であり、ドナーへの麻酔薬及び鎮痛薬は用いないということであった。今後脳死下臓器提供がますます一般化する中で、獨協医科大学においてもさらなる臓器摘出術が施行される可能性は高い。今回のわれわれの経験が、今後の本大学における脳死下臓器摘出術に有用となると考えている。

最後になりましたが、生前より臓器提供意思表示をされた患者様、および提供に同意されたご家族の方々に対し、心からの敬意を表するとともに、患者様のご冥福を

お祈り申し上げます。

文 献

- 1) (公社) 日本臓器移植ネットワーク <https://www.jotnw.or.jp/>
- 2) 神戸義人, 島崎陸久, 榎本善朗, 他: 獨協医科大学での初めての脳死からの臓器摘出術の麻酔経験, *Dokkyo J Med Sci* **35**: 191-195, 2008.
- 3) 福嶋教偉: 臓器移植改正法施行後の臓器提供の現状と課題. *Organ Biology* **20**: 12-18, 2013.
- 4) (公社) 日本麻酔科学会 <http://www.anesth.or.jp/>
- 5) 林行雄, 本田洵子: 脳死ドナーの管理(臓器摘出にかかわる全身管理). *麻酔* **62**(増刊): S44-S51, 2013.
- 6) McKeown DW, Bonser RS, Kellum JA: Management of the heartbeating brain-dead organ donor. *British Journal of Anesthesia* **108**(S1): i96-i107, 2012.
- 7) Stehlik J, Feldman DS, Brown RN, et al: Interactions among donor characteristics influence post-transplant survival: a multi-institutional analysis. *J Heart Lung Transplant* **29**: 291-298, 2010.
- 8) 臓器提供施設マニュアル—厚生労働省 http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou/flow_chart01

Cardiopulmonary Management of a Patient with Brain Death for Organ Donation

Yuko Yamamoto MD, Hiromi Kawatsu MD,
Takerou Arai MD, Yasuhisa Okuda MD

Department of Anesthesiology, Dokkyo Medical University, Koshigaya Hospital

We experienced the cardiopulmonary management of the patients with the brain-death for organ removal operation in Dokkyo University. The cause of brain-death was subarachnoid hemorrhage. The aim of cardiopulmonary management during the operation was to maintain the function of organs for organ donation, and it was performed without any anesthetic drug. We believe that this

experience should be useful for effective cardiopulmonary management for the organ removal from a brain-dead patient.

Key Words : Organ removal from brain-dead patients,
Cardiopulmonary management