

**厚生労働科学研究費補助金（免疫アレルギー疾患等予防・治療研究事業）
分担研究報告書**

「心臓摘出のアニメーション・e-ラーニング作成およびシミュレーション指導」

研究分担者 氏名 福嶋教偉 所属・役職 大阪大学医学部附属病院・特任教授
研究分担者 氏名 小野 稔 所属・役職 東京大学・教授

研究要旨

臓器移植法改正後、臓器提供数が急速に増加しており、提供側・移植側での医療体制確立が求められる。我が国では1ドナーから多くの臓器が摘出される特徴がある。従って、心臓、肺、肝臓、膵臓、腎臓が同時に摘出される多臓器摘出となるため手術の難易度が高く、現場での教育が困難であり、一部の経験ある術者でなければ手術の遂行が難しい現状がある。

本研究では安全かつ確な多臓器摘出に向けての教育プログラムを確立する中で、心臓摘出の手技を確立し、教育のための心臓摘出のアニメーション・e-ラーニング作成およびシミュレーション指導を行うことである。

研究方法

1. 2日に分け、12頭の豚を用いて、計23人の心臓血管外科医に対して、心臓摘出手技の講義、シミュレーションを行った
2. まず、心臓移植施設の摘出担当者、日本移植学会の臓器採取マニュアル作成委員会などと心臓摘出手技について検討し、作成した心臓移植摘出マニュアルの手技に従いながら、心臓摘出手技、術中管理、摘出医の心得について講義を行い、確認テストを行った
3. 各シミュレーション実施当日は、まず1頭の豚を用いて心・肺の摘出手技を紹介したのち、5グループに分かれて、肺摘出医と連携して、心臓摘出のシミュレーションを行った

C.研究結果

1. 確認テストはほぼ満足のいく点数であった
2. 今年度は胸部と腹部と別れて摘出のシミュレーションを行ったので、研修がスムーズであった

E. 結論

今年度行った講義、実技を行うことにより、心臓摘出・術中管理の基礎的知識を研修できると考えられる

A.研究の目的

臓器移植法改正後、臓器提供数が急速に増加しており、提供側・移植側での医療体制確立が求められる。我が国では1ドナーから多くの臓器が摘出される特徴がある。従って、心臓、肺、肝臓、膵臓、腎臓が同時に摘出される多臓器摘出となるため手術の難易度が高く、現場での教育が困難であり、一部の経験ある術者でなければ手術の遂行が難しい現状がある。

本研究では安全かつ確な多臓器摘出に向けての教育プログラムを確立する中で、心臓摘出の手技を確立し、教育のための心臓摘出のアニメーション・e-ラーニング作成およびシミュレーション指導を行うことである。

研究方法

1. 2日に分け、12頭の豚を用いて、計23人の心臓血管外科医に対して、心臓摘出手技の講義、シミュレーションを行った
2. まず、心臓移植施設の摘出担当者、日本移植学会の臓器採取マニュアル作成委員会などと心臓摘出手技について検討し、作成した心臓移植摘出マニュアルの手技に従いながら、心臓摘出手技、術中管理、摘出医の心得について講義を行い、確認テストを行った

講義内容の概要

摘出前ミーティングについて

わが国特有のシステムであるが、摘出術前に摘出医・呼吸循環管理医が集合して、以下のことを確認している

麻酔医に呼吸循環管理法を確認し、薬剤投

与（ヘパリン、抗生剤、ステロイド）のタイミグ、人工呼吸器停止の時間の確認を行う
続いて、摘出臓器・搬送方法を確認してから、各臓器の摘出手技・切離線の確認を行う
術中管理について

a) 脳死者の病態

脳死者の自律神経系の途絶状態の血行動態（除神経心）の説明後、抗利尿ホルモンの意義、術中徐脈への対応（一時的ペースメーカー）、術中輸液・輸血管理、術中低血圧の対応について説明した

b) ドナー入室時の対応

病室退室 1-2 時間前からの抗生剤静脈内投与、手術室への搬送中は用手換気（O₂ 濃度 100%）、循環動態確認後、人工呼吸器を装着し、モニターをポータブルから手術室用に切り替えること、中枢ルート、末梢ライン、急速輸血・加温装置・輸血用血液 確認、メチルプレドニゾロン 1g・筋弛緩剤を静脈内投与
中枢ラインの固定糸を切って、テープで固定、除細動用パッドの貼付、ペースングの準備：体外式ペースメーカー、開心術用ペースングリード（鰐口）など、体温を 36 以上に維持（大動脈遮断まで）について説明した

c) 術中の注意点と呼吸循環管理について

皮切・胸骨骨膜刺激により一時的に血圧の上昇・頻脈を認めるが、開胸後血圧が低下しやすいので、末梢血管拡張薬、吸入麻酔薬は使用しない（当然のことながら鎮痛剤は無効であり、脳死者では脳を保護する必要はない）

大きく開胸・開腹するので、水分の蒸散多く、臓器のチェックの際（特に肺の脱転）に血圧が下がり易いので、注意を要する

術中の臓器血流が維持され、臓器保存液が一様に灌注されるためには、なるべく末梢血管を収縮させるような薬剤（特に AD、NAD）は使用しない。

血圧低下時には、なるべく血液が、アルブミン製剤の急速投与で対応する。ヘマトクリットは 30%以上になるように輸血する

心臓、特に心房に触れる操作中には、頻脈発作などの不整脈を来しやすい。急激な徐脈には、体外又は直接ペースングで対応する。また、頻脈発作、心房細動、心室細動などを起こすことがあるので、その際は体外パッド又は手術用パドルでカウンターショックを行う

摘出手技について

脳死患者は除神経状態にあるために、丁寧

にゆっくりと手術台に移動し、できる限り血圧の低下を起こさないようにする。両上肢はシートなどで包んでベッドに固定する。体毛がある場合には、体幹前面・陰部・鼠径部を剃毛する。消毒は、前頸部から体幹・両鼠径部まで行う。皮膚切開を胸骨切痕から恥骨レベルまで行うことができるようにドレーピングをする。中心静脈カテーテルは内頸静脈から留置されていることが多いが、浅く引き抜けるように固定をはずしておく。

JOTN コーディネーターがご家族の意志の最終確認を行い、摘出前に手術室内の全チームへ承諾が得られていることを伝えることになっている。摘出手術に関わる全員が黙祷を行い、摘出手術が開始される。胸部では、心臓チームと肺チームが交互に剥離操作ならびに臓器評価を進め、同時並行で腹部では、肝臓チームを中心に剥離操作・臓器評価が行われる。限られた術野に胸部 2 名、腹部 2~3 人が立ち、胸部と腹部の操作が同時並行で進むため、胸部と腹部のチームは声を掛け合い、お互いに譲り合いながら操作を進めることを心がける。メディカルコンサルタントが摘出手術まで立ち会っていない場合には、心臓チームの責任者が中心者となって血行動態を含めた管理に注意を払い、呼吸循環管理を行っている麻酔科医等とよくコミュニケーションをとり、安全に摘出手術が進行するように配慮する。

胸骨正中切開を行うが、腹部正中切開とつながることが普通である。心膜を縦切開して、ペアンなどで吊り上げる（皮膚に縫合しない）。心臓表面、特に冠状動脈を視診および触診で確認し、外表奇形や冠動脈硬化がないことを確認する。SVC は奇静脈が見える程度まで剥離して、テープまたは 2 号の絹糸を回しておく。損傷に注意しながら IVC を心嚢内でできる限り剥離して、テープまたは 2 号の絹糸を回しておく。上行大動脈から弓部近位部まで剥離しておくとの後の摘出が容易となる。

腹部を含めた摘出予定臓器の剥離が完了してからヘパリン（4~5mg/kg）を投与する。ACT は通常測定していない。大動脈基部に心筋保護液灌流用針を立てる。肺の提供がある場合には、肺チームがフラッシュ液灌流用カニューレを肺動脈主幹部の遠位にタバコ縫合をかけてから挿入する（図 1）。

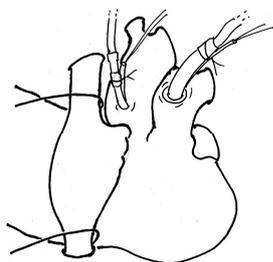


図 1

中心静脈カテーテルを呼吸循環管理医に浅めに引き抜いてもらう。ここで、各臓器チームが必要とするドナー血液を心筋保護液灌流用針などから採血する。肺提供がある場合には、大動脈遮断に先立ちプロスタグランジンが PA 内へ投与されるが、血圧は必ず著しく低下するが特に処置は行わない。

SVC を奇静脈流入部で結紮する。IVC を横隔膜上ギリギリで長い鉗子で遮断して IVC・RA 接合部を大きく切開する。大動脈遮断はできる限り上行遠位部で行い、心筋保護液を投与する。肺フラッシュ液も引き続き投与されるために、左心耳を大きく切開してフラッシュ液のドレナージを行う(図 2)。

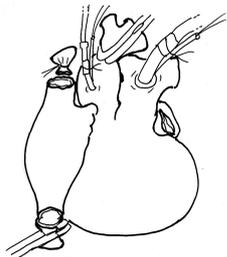


図 2

日本では心保存液として Celsior を使用することが多く、20~30ml/kg を投与している。60~80mmHg の灌流圧で投与する。投与中はアイスフラッシュを心嚢内に入れて心筋温を下げるようにする。この間、RA および左心耳からのドレナージ液を 2 系統の吸引を利用してしっかりと吸引する。

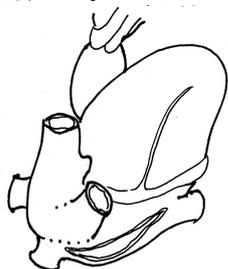


図 3

投与終了後、SVC を長めに切断する。IVC・RA 切開線から背側に向かい LA に到達する。LA/PV 間の切離線は肺提供がある場合には、PV のカフをある程度残すように気をつける。

左回りに左心耳の付け根まで進み、次に右回りに LA を切離する(図 3)。

LA 頭側では、右 PA を損傷しないように気をつける。上行大動脈を長めになるように遮断鉗子の手前で切離する。十分な長さ为确保するために、遮断鉗子はずして弓部で切離してもよい。PA 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する。ここでは左 PA へ切り込みすぎないように注意する。最後に大血管後面の結合織を切離して摘出は完了する(図 4)。

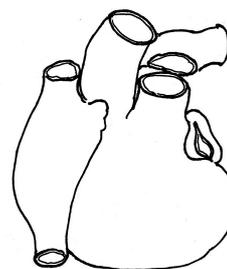


図 4

バックテーブルで冷生食または冷保存液を用いて血液を洗い落とし、卵円孔の有無を確認する。搬送用ビニール袋へ入れて、心臓が浸る程度に冷保存液の残りを入れて空気を十分に抜いてから二重に縛る。ビニール袋詰めをさらに 2 回行ってよいし、2 重にビニール袋詰めを行って、これを密閉式滅菌金属容器に入れてもよい(図 5)。

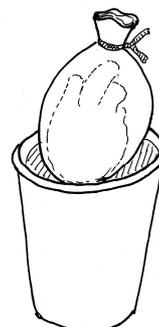


図 4

3 重袋または密閉式金属容器を大型のアイスボックスに入れて周囲に氷または保冷剤を詰めて位置を安定させてしっかりフタを閉じる。安全のためにベルトをさらに回してもよい。

心臓摘出医として心構えについて

術中は摘出医の責任者として呼吸循環管理医と連携して、呼吸循環管理にあたる

摘出術中に問題(切離線など)の有無の報告用紙を提出後、挨拶して心臓を持ち帰る

3. 各シミュレーション実施当日は、まず 1 頭

の豚を用いて心・肺の摘出手技を紹介したのち、5 グループに分かれて、肺摘出医と連携して、心臓摘出のシミュレーションを行った

C. 研究結果

1. 確認テストはほぼ満足のいく点数であった
2. 今年度は胸部と腹部と別れて摘出のシミュレーションを行ったので、研修がスムーズであった

E. 結論

今年度行った講義、実技を行うことにより、心臓摘出・術中管理の基礎的知識を研修できると考えられる

F. 研究発表

1. 論文発表
 - 1) Hoshikawa Y, Fukushima N, et al. Medical consultant system for improving lung transplantation opportunities and outcomes in Japan. Transplant Proc. 2015, 47(3):746-50.
 - 2) Nakatani T, Fukushima N, et al. The registry report of heart transplantation in Japan (1999-2013). Circ J. 2014; 78(11):2604-9.
 - 3) Fukushima N, et al. Heart donation in Japan before and after the revision of the Japanese Transplantation Act. Transplant Proc. 2014 ;46(6):2050-3.
 - 4) Taniguchi M, Furukawa H, Fukushima N, Ono M, et al. Establishment of educational program

for multiorgan procurement from deceased donors. Transplant Proc. 2014;46(4):1071-3.

- 5) Fukushima N, Ono M, et al. Japanese strategies to maximize heart and lung availabilities: experience from 100 consecutive brain-dead donors. Transplant Proc. 2013;45(8):2871-4.

2. 学会発表

- 1) Fukushima N, et al. Current strategies for children referred to heart transplantation in Japan: A single center experience. 2014.7 WTC (San Francisco)
- 2) Fukushima N, et al. Educational and mortal supports of pediatric heart transplant recipients in Osaka University Hospital. 2014.7 WTC (San Francisco)
- 3) Fukushima N, et al. Post-transplant lymphoproliferative disorder in Japanese pediatric heart transplant recipients: A single center experience. 2014.7 WTC (San Francisco)

他

G. 知的財産権の出願・登録取得状況(予定を含む)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案特許
なし
3. その他
特になし