

- transplantation J Gastroenterol Hepatol.28(7)1217-22,2013 doi 10.1111/jgh.12182
- 111) Minami S, Sakimura C, Hayashida N, Yamanouchi K, Kuroki T, Eguchi S Timing of drainage tube removal after thyroid surgery: a retrospective study Surg Today.44(1)137-41,2013
- 112) Muraoka I, Takatsuki M, Sakai Y, Tomonaga T, Soyama A, Hidaka M, Hishikawa Y, Koji T, Utoh R, Ohashi K, Okano T, Kanematsu T, Eguchi S Transplanted fibroblast cell sheets promote migration of hepatic progenitor cells in the incised host liver in allogeneic rat model J Tissue Eng Regen.2013 Mar 12doi: 10.1002/term.1718 Epub ahead of print
- 113) Morooka Y, Umeshita K, Taketomi A, Shirabe K, Maehara Y, Yamamoto M, Shimamura T, Oshita A, Kanno K, Ohdan H, Kawagishi N, Satomi S, Ogawa K, Hagiwara K, Nagano H. Reliability and validity of a new living donor quality of life scale. Surg Today 43:732-740, 2013
- 114) Surgical management of hepatocellular carcinoma with tumor thrombi in the inferior vena cava. World J Surg .11;259,2013
- 115) Shiho Kosaka, Makoto Tanaka, Tomoko Sakai Development of Self-Management Scale for Kidney Transplant Recipients, Including Management of Post-Transplantation Chronic Kidney Disease., ISRN Transplantation vol.2013: 1-7, (2013)
- 116) Y. Oshiro, K. Nakagawa, K. Hoshinaga, A Japanese Multicenter Study of High-Dose Mizoribine Combined With Cyclosporine, Basiliximab, and Corticosteroid in Renal Transplantation (The Fourth Report), TRANSPLANTATION PROCEEDINGS 45(4): 1476-1480, (2013)
- 117) .Kato K, Taniguchi M, Iwasaki Y, Sasahara K, Nagase A, Onodera K, Matsuda M, Higuchi M, Nakano M, Kobashi Y, Furukawa H Central Venous Access via External Jugular Vein with CT-Venography Using a Multidetector Helical 16-Section CT J Invest Surg. 27(3)176-82,2013
- 118) Kato K, Taniguchi M, Iwasaki Y, Sasahara K, Nagase A, Onodera K, Matsuda M, Higuchi M, Kobashi Y, Furukawa H Computed Tomography (CT) Venography Using a Multidetector CT Prior to the Percutaneous External Jugular Vein Approach for an Implantable Venous-Access Port. . Ann Surg Oncol. 21(4)1391-7,2013
- 119) Wakiya T, Sanada Y, Mizuta K, et al: A comparison of open surgery and endovascular intervention for hepatic artery complications after pediatric liver transplantation. Transplant Proc. 2013 Jan-Feb;45(1):323-9.
- 120) Urahashi T, Ihara Y, Mizuta K, et al: Effect of repeat kasai hepatic portoenterostomy on pediatric live-donor liver graft for biliary atresia. Exp Clin Transplant. 2013 Jun;11(3):259-63.
- 121) Wakiya T, Urahashi T, Mizuta K, et al: Decreased portal vein flow during Kawasaki disease in a liver transplant

- patient. *Pediatr Int.* 2013 Oct;55(5):e119-22
- 122) Sanada Y, Wakiya T, Mizuta K, et al: Risk factors and treatments for hepatic arterial complications in pediatric living donor liver transplantation. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2013 Oct 20. Epub ahead of print
- 123) Urahashi T, Mizuta K, Ihara Y, et al: Impact of Post-transplant Flow Cytometric Panel Reactive Antibodies on Late Onset Hepatic Venous Outflow Obstruction following Pediatric Living Donor Liver Transplantation. *Transpl Int.* 2013 Dec 2. doi: 10.1111/tri.12255. [Epub ahead of print]
- 124) Mizuta K, Urahashi T, Ihara Y, et al: Varicella zoster virus disease after pediatric living donor liver transplantation: is it serious? *Transplant Proc* 2012; 44(3):780-3
- 125) Mizuta K, Urahashi T, Ihara Y, et al: Living donor liver transplantation in children with cholestatic liver disease: a single-center experience. *Transplant Proc* 2012; 44(2):469-72.
- 126) Sanada Y, Mizuta K, Urahashi T, et al: The efficacy of measurement of the serum beta-D glucan in the patients with biliary atresia. *Pediatr Surg Int* 2012; 28(10):993-6.
- 127) Sanada Y, Mizuta K, Urahashi T, et al: Impact of endotoxin measured by an endotoxin activity assay during liver transplantation. *J Surg Res.*180(2)349-55,2012
- 128) Sanada Y, Mizuta K, Urahashi T, et al: Role of apheresis and dialysis in pediatric living donor liver transplantation: a single center retrospective study. *Ther Apher Dial*2012 Aug;16(4):368-75
- 129) Sanada Y, Mizuta K, Urahashi T, et al: Co-occurrence of nonanastomotic biliary stricture and acute cellular rejection in liver transplant. *Exp Clin Transplant*2012 Apr;10(2):176-9.
- 130) Sanada Y, Ushijima K, et al: Prediction of acute cellular rejection by peripheral blood eosinophilia in pediatric living donor liver transplantation. *Transplant Proc.*44(5)1341-5,2012
- 131) Yoshizumi T, Ikegami T, Bekki Y, Ninomiya M, Uchiyama H, Iguchi T, Yamashita Y, Kawanaka H, Shirabe K, Maehara Y. Re-evaluation of predictive score for 6-month graft survival in living donor liver transplantation in modern era. *Liver Transpl.*20(3)323-32,2014
- 132) Yoshizumi T, Shirabe K, Ikegami T, Yamashita N, Mano Y, Yoshiya S, Matono R, Harimoto N, Uchiyama H, Toshima T, Maehara Y. Decreased immunoglobulin G levels after living donor liver transplantation is a risk factor for bacterial infection and sepsis. *Transpl Infect Dis.*16(2)225-31,2014
- 133) Yoshizumi T, Ikegami T, Toshima T, Harimoto N, Uchiyama H, Soejima Y, Yamashita Y, Shirabe K, Maehara Y. Two-step selection criteria for living donor liver transplantation in patients with hepatocellular carcinoma. *Transplant Proc*, 2013; 45: 3310-3.
- 134) Yoshizumi T, Shirabe K, Nakagawara H, Ikegami T, Harimoto N, Toshima T, Yamashita Y, Ikeda T, Soejima Y, Maehara Y. Skeletal muscle area correlates with body surface area in

healthy adults. *Hepatol Res.* 44(3)313-8,2013 . doi: 10.1111/hepr.12119.

135) Yoshizumi T, Ikegami T, Yoshiya S, Motomura T, Mano Y, Muto J, Ikeda T, Soejima Y, Shirabe K, Maehara Y. Impact of tumor size, number of tumors and neutrophil-to-lymphocyte ratio in liver transplantation for recurrent hepatocellular carcinoma. *Hepatol Res.* 2013 Jul; 43(7): 709-16.

136) Yoshizumi T, Shirabe K, Ikegami T, Kayashima H, Yamahita N, Morita K, Masuda T, Hashimoto N, Taketomi A, Soejima Y, Maehara Y Impact of human T-cell leukemia virus type 1 in living donor liver transplantation *Am J Transplant.* 2012 Jun;12(6):1479-85.

137) Yoshizumi T, Shirabe K, Ikegami T, Soejima Y, Maehara Y. Female-to-Male Match Predicted Poor Survival Following Living Donor Liver Transplantation-Some Issues Needed to be Clarified. *Transplantation.* 2012 Sep 27;94(6):e36.

138) Yoshizumi T, Shirabe K, Taketomi A, Uchiyama H, Harada N, Ijichi H, Yoshimatsu M, Ikegami T, Soejima Y, Maehara Y. Risk factors that increase Mortality after living donor liver transplantation. *Transplantation,* 2012; 93: 93-8.

139) Yoshizumi T, Shirabe K, Soejima Y, Taketomi A, Ikegami T, Uchiyama H, Harada N, Ijichi H, Maehara Y. Living Donor Liver Transplantation in Patients who have received pre-transplant treatment for hepatocellular carcinoma. *Transplantation* 2011; 91: e61-2.

140) Miyagawa S, Maeda A, Kawamura T, Ueno T, Usui N, Kondo S, Matsumoto S, Okitsu T, Goto M, Nagashima H A comparison of the main

structures of N-glycans of porcine islets with those from humans. *Glycobiology.*24(2)125-38,2013

141) Maeda A, Kawamura T, Ueno T, Usui N, Eguchi H, Miyagawa S. The suppression of inflammatory macrophage-mediated cytotoxicity and proinflammatory cytokine production by transgenic expression of HLA-E. *Transpl Immunol.* 29(1-4) 76-81,2013

142) Ueno T, Wada M, Hoshino K, Uemoto S, Taguchi T, Furukawa H, Fukuzawa M. Impact of pediatric intestinal transplantation on intestinal failure in Japan: findings based on the Japanese intestinal transplant registry. *Pediatr Surg Int.*29(10)1065-70,2013

143) Maeda A, Ueno T, Nakatsu S, Wang D, Usui N, Takeishi S, Okitsu T, Goto M, Nagashima H, Miyagawa S. A lectin microarray study of glycoantigens in neonatal porcine islet-like cell clusters. *J Surg Res*183(1) 412-8,2013

144) Miyagawa S, Maeda A, Takeishi S, Ueno T, Usui N, Matsumoto S, Okitsu T, Goto M, Nagashima H. A lectin array analysis for wild-type and  $\alpha$ -Gal-knockout pig islets versus healthy human islets. *Surg Today.* 43(12) 1439-47,2013

145) Hiroyuki Morikawa, Shusuke Kitamura, Takayuki Kiriki, Shinpei Oyama, Takashi Shibata, Hiroyuki Baba, Takashi Kawai :

146) Effects of see-through head mounted display for viewing 3D contents on visual function", The 4th International Conference on 3D Systems and Applications, DVD-ROM Proceedings, pp. 204-208, 2012

## 2. 学会発表

- 1) Furukawa H, Taniguchi M, Kawai H, et. Establishment of educational program for multi-organ procurement from deceased donors. The Congress of Asian Transplant Society 2013.9.5 Kyoto
- 2) Furukawa H Current status of deceased donor liver transplantation in Japan. The 66<sup>th</sup> Congress of Polish Society of Surgeons 2013.9.19, Warsaw, Poland
- 3) 古川博之、シンポジウム「わが国の脳死肝移植のさらなる定着にむけて」.第31回日本肝移植研究会.熊本.2013.7.4
- 4) 古川博之、「肝移植」第112回日本外科学会定期学術集会 2012.4.14 卒後教育セミナー
- 5) 古川博之、「欧米・アジアの肝移植の現状」第30回日本肝移植研究会 2012.6.15 福岡
- 6) 古川博之、「日本での移植の現状」第57回日本透析医学会学術集会・総会 2012.6.23
- 7) 古川博之、「移植医療の現場から」第60回日本病理学会近畿支部学術集会 2012.2.16
- 8) 古川博之、「脳死臓器移植の現状と北海道での取り組み」.第16回東北移植研究会 2013.11.2 仙台
- 9) 伊藤壽記、第46回日本臨床腎移植学会 シンポジウム ;『腎不全治療における膵・膵島移植の役割』 脳死膵臓移植－わが国の現状 2013.1.31 東京
- 10) 伊藤壽記、第40回膵・膵島移植研究会、シンポジウム ;『膵・膵島移植－課題の克服に向けて』日本膵・膵島移植研究会膵臓移植症例登録委員会、2013.3.2 高松
- 11) 伊藤壽記、第25回肝胆膵外科学会、肝膵移植外科関連委員会 企画シンポジウ

ム ;『膵・膵島移植の現状と展望』膵臓移植－日本の歴史と現状 2013.6.12 宇都宮

- 12) Fukushima N. Current Status of Deceased Organ Transplantation in Japan 13th Japan Russia International Symposium (Osaka)
- 13) Fukushima N. Surgical strategies for severe heart failure patients Saint-Petersberg Medical University 4th UGLOV Conference (Saint-Petersberg)
- 14) Fukushima N Ono M, Saito S, Saiki Y, Kubota S, Tanoue Y, Konaka S, Ashikari Heart donation in Japan before and after revision of Japanese Transplantation Act. 12th Congress of the International Society for Organ Donation and Procurement 12 (Sydney)
- 15) Fukushima N Kato O, Shimizu S, Konaka S rial of Education Program of In-Hospital Coordinators in Japan. 12th Congress of the International Society for Organ Donation and Procurement (Sydney)
- 16) T.Ito. The Japan Registry of Pancreas Transplantation, The Japan Society for Pancreas & Islet Transplantation.
- 17) Outcomes of pancreas transplantation from Marginal donors in Japan. The 14<sup>th</sup> IPITA 2013 at Monterey on Sept. 25, CA, USA

## G. 知的所有権の取得状況

- 1 特許取得 なし
- 2 実用新案登録 なし
- 3 その他



## II. 分担研究報告

## 脳死ドナーからの多臓器同時摘出手術教育用アニメーションの作成

研究分担者 河合 隆史 早稲田大学 基幹理工学部 表現工学科・教授

盛川 浩志 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科・助教

### 研究要旨

多臓器摘出手術にかかる教育コンテンツとして、3次元コンピュータグラフィクス(3DCG)アニメーションが、手術手技理解のために最適な手段の一つと捉え、胸腔・腹腔の空間的な情報と同時に、医師の動作や臓器の変形といった時間的な情報の表現に取り組んだ。本年度の研究においては、制作した3DCGアニメーションを用いてeラーニングコンテンツを構築し、インターネット上での試験的な公開によるシステムの検証を行った。

### A. 研究目的

脳死下における臓器提供の件数が増加傾向にあることを背景として、医師に対する臓器摘出手術手技の教育への要求が高まっている。本研究では、安全かつ的確な多臓器摘出手術の教育プログラムを確立することを目的としている。

本年度の分担研究では、昨年度に引き続き、肝臓膵臓同時摘出手術手技の3DCGアニメーション作成に取り組んだ。さらに作成した3DCGアニメーションを用いて、ネットワーク上で教育を行うためのeラーニングコンテンツの構築を行った。

3DCGアニメーションによって手術手技の教材を作成する利点として、ビデオ撮影のように実際の患者を映すことがないため倫理面で問題が少なく、また重要な手技を適切に表現することができることが挙げられる。さらに動画による表現によって、術者の実際の動作について理解が容易になることも期待できる。特に本年度対象とした肝臓膵臓同時摘出手術では、術者と助手が同時に器具を使用する場面が多く含まれることから、器具の配置や動作方向について、表現の高度化に取り組んだ。

また、制作した3DCGアニメーションを応用したeラー

ニングコンテンツを構築し、より具体的な教育プログラムの提案に取り組んだ。eラーニングによる教育機会を設けることで、多忙である医師が時間や距離の制約なく手技の知識を学ぶことが可能になり、効果的に臓器摘出の基本手技を身に付けることができると期待される。eラーニング構築に関しては、肝臓単独摘出手術を対象とし、ネットワーク上での効率的な教育を実現するため、教材としてのシナリオ構成や時間配分を考慮したコンテンツを制作し、ネットワーク上での試験的な公開によるシステムの検証を行った。

### B. 研究方法

#### (1)3DCGアニメーション作成

3DCGアニメーションの制作方法としては、昨年度の手順を踏襲し、大動物を用いたシミュレーションを撮影した動画や医学書、医師からの情報を参考とした。術式の過程を、医師の作業を基準として「シーケンス」単位に分類し、さらに動作を基準とする「ステップ」単位に分割した。本年度は、肝臓膵臓同時摘出手術を対象として3DCGアニメーション制作を行ったが、肝臓単独摘出手術と共通するシーケンスについては、昨年度作成したも



のを採用した。シーケンスの分類を表 1 に示す。肝臓単  
独摘出、肝臓脾臓同時摘出両方の術式に含まれるシー  
ケンスをA、単独のみをB、同時のみをCとして番号をふ  
つている。両術式において動画としての表現を省略した  
ものについても、番号のみ記述している。

表 1 術式別シーケンスの分類

シーケンス 分類番号	単 独	同 時	各シーケンスの内容
A01	○	○	開腹
A02	○	○	円靭帯の確認・切離
A03	○	○	開創器の装着
A04	○	○	腹部・肝視診、腹部大動脈下 端、総腸骨動脈分岐部直上の 剥離、テーピング
A05	○	○	左三角間膜・小網切離
C01		○	十二指腸を授動する動作から 上腸間膜動脈の確認
C02		○	胃幽門周囲の剥離と空腸のテ ーピング
A06	○	○	肝門部剥離
A07			胆嚢の切開と洗浄
A08	○	○	横隔膜下大静脈剥離(クロスク ランプ用)
A09	○	○	大動脈のカニューレション
A10	○		下大静脈のカニューレション
A11	○	○	横隔膜下大静脈クロスクランプ・ 灌流開始
A12・A13			クラッシュアイス
B01	○		総胆管を膈上縁で切離
B02・B03	○		胃十二指腸動脈および総肝動 脈切離
B04	○		門脈切離
B05	○		下大静脈切離と授動
B06・B07	○		肝臓摘出
C03		○	胃の術野よりの除外
C04		○	小腸大腸の術野よりの除外
C05		○	脾臓脾体部の授動と脱転から 腹部大動脈まで剥離
C06		○	大動脈切離
C07		○	下大静脈切離と授動
C08		○	肝臓摘出
C09		○	腹腔動脈と脾動脈の切離 マーキング
C10		○	肝臓分離

さらに、前年度においては、臓器の形状や手の動作  
について、研究代表者と綿密な確認作業を行い、解剖  
学的な正確さと教育的なわかりやすさの両立を目指した。  
それに加え本年度では、使用する器具についても、実

物を参考にして CG モデルのブラッシュアップを行うこと  
で、リアリティの向上を図った。

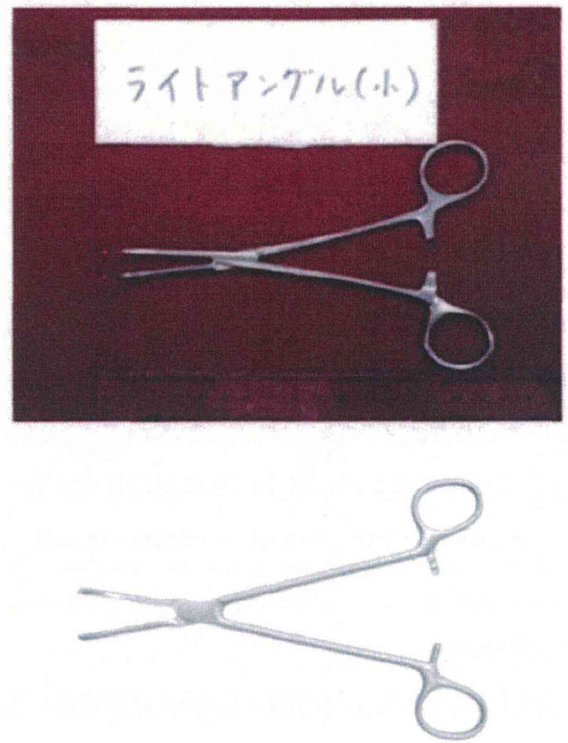


図 1 実物(上)を参考にしてモデリングされた器具(下)

## (2)e ラーニングコンテンツ構築

e ラーニングのコンテンツを構築するにあたり、アニメー  
ションのシナリオをベースとして、研究代表者ら専門医が  
e ラーニング向けの構成の再検討を行った。その結果、  
16 パートからなるコンテンツを構築することとした。以下  
に、各パートの文字情報を表示するスライドを示す。

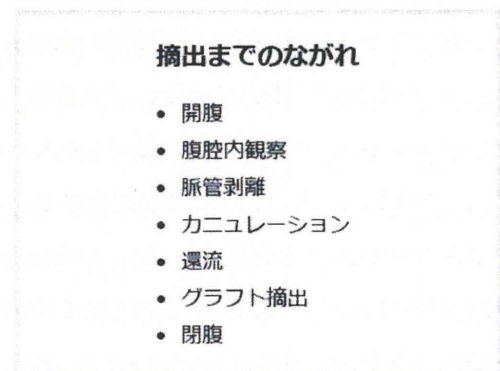


図 2 第 1 パートで表示したスライド

### 開腹

- ・開腹時、肝臓損傷を防ぐため、ガーゼで覆う。
- ・胸部チームとともに、胸骨上縁から恥骨上まで皮切を行う。
- ・胸部チームがいないときでも必ず胸骨切開する。

図3 第2パートで表示したスライド

### 右異型肝動脈確認 - 手技のポイント

- ・右異型肝動脈は、肝十二指腸間膜の右側端背面を通るので、小網を切離して、両手で肝十二指腸間膜をつかむようにして確認すると、確認しやすい。

図7 第6パートで表示したスライド

### 術野の展開 -腹部大動脈下端の剥離

- ・助手が横行結腸を把持して頭側に引き上げる。
- ・術者は、両手を用いて小腸全体を把持し、小腸を右側に集めるようにして腹部大動脈のやや右側まで小腸を圧排する。
- ・下腸間膜動脈が大動脈の左側に来るよう、助手は、S状結腸を左側に展開する。

図4 第3パートで表示したスライド

### 左三角間膜切離

- ・左三角間膜を切離するため術者は左手で、外側区域を押し下げて間膜を展開する。
- ・中央より切離を開始し、左へと進めて間膜の左端まで完全に切離する。
- ・右側に戻って、左肝静脈左縁まで剥離を進める。
- ・切離時に間膜の背面にガーゼを入れておくと安全に手技を行える。

図8 第7パートで表示したスライド

### 腹部大動脈下端剥離 - 手技のポイント

- ・ライトアングルを用いて、大動脈右壁を露出させ、徐々に左側へと剥離を進め、下腸間膜動脈の根部を露出させ、下腸間膜動脈を結紮切離して、さらに剥離を左側へと進め大動脈全体を露出させ、umbilical (臍帯) テープにてテーピングする。
- ・術者の親指と示指で大動脈挟み込むようにして腹側に持ち上げることで、腰動脈の存在を確かめることができる。腰動脈の損傷を防ぐためにも大事。

図5 第4パートで表示したスライド

### 左異型肝動脈確認 - 手技のポイント

- ・左異型肝動脈は、肝胃間膜を挟むようにして確認できる。
- ・左異型肝動脈が存在する場合、肝胃間膜の切離は行わない。

図9 第8パートで表示したスライド

### 摘出までのながれ

- ・開腹
- ・腹腔内観察
- ・脈管剥離
- ・カニューレション
- ・還流
- ・グラフト摘出
- ・閉腹

図6 第5パートで表示したスライド

### 胃十二指腸動脈確認 - 手技のポイント

- ・肝十二指腸間膜の解剖が分かりづらい場合、肝動脈を胃十二指腸動脈に誤って同定・剥離している可能性があるため、胃十二指腸動脈にかけたテープを腹側に引っ張り上げ、肝門部に動脈性の拍動があるかを確認する習慣をつける。

図10 第9パートで表示したスライド



### 横隔膜下大動脈テーピング - 手技のポイント

- ・食道を損傷しないよう、食道の位置を確認して、助手に食道を指で左側に圧排してもらう。
- ・大動脈を結合組織から十分剥離するのがコツ。
- ・万が一動脈損傷などのトラブルがあればすぐに血流遮断を行う。
- ・アリス鉗子などで、横隔膜脚を左右に把持挙上すると切開しやすい。

図 11 第 10 パートで表示したスライド

### 肝十二指腸間膜 脈管処理 - 総胆管, 胃十二指腸動脈切離

- ・総胆管は臍上縁で切離
- ・胃十二指腸動脈脾臓側は切離端にマーキング

図 15 第 14 パートで表示したスライド

### カニューレーション

胸部チーム、看護師、コーディネーターとの合意のもとで開始

全身ヘパリン化 (400 U/kg, 3分)



腹部大動脈に灌流用チューブの挿入



下大静脈に脱血用チューブの挿入 (肺採取がある場合)



横隔膜下大動脈クランプ、灌流開始

胸部チームは上行大動脈を同時にクランプ

26または28Frイリゲーションチューブ  
約5cm挿入し固定

34または36Frイリゲーションチューブ  
約5cm挿入し固定

図 12 第 11 パートで表示したスライド

### 肝十二指腸間膜 脈管処理 - 総肝動脈、門脈切離

- ・臍臓上縁から 5mm 程度肝側で処理する。
- ・切離までに臍臓チームと十分に話しあっておく。

図 16 第 15 パートで表示したスライド

### 大動脈・下大静脈カニューレーション - 手技のポイント

- ・カニューレの挿入が深すぎると、腎動脈を超えてしまうので挿入は 5 cm 程度に留める。
- ・近位側のumbilical (臍帯) テープは、5mm 程度遊びを作ってカニューレにも固定する。
- ・臍帯テープ一重で緩ければ、1-0 絹糸で結紮を加える。
- ・しっかり固定できるまでチューブを離さない。

図 13 第 12 パートで表示したスライド

### 肝臓採取 - 手技のポイント

- ・副腎を切離し、肝腎間膜を切離後、肝下部 IVC を剥離し、左腎静脈直上で切離。
- ・下大静脈を背面の筋肉をつけながら頭側へと切り上げる
- ・左横隔膜を縦に切離し、次に右横隔膜を切離、肝臓を左前腕の中にかかえ込むようにしながら背面へと回り込み肝臓を採取する。
- ・引っ張りすぎによる右三角間膜からの肝の損傷に注意。
- ・右腎を傷つけないように助手が足側に牽引する。

図 17 第 16 パートで表示したスライド

### 横隔膜下大動脈クロスクランプ・灌流開始 - 手技のポイント

- ・全身ヘパリン化 (400U/kg, 3分): 胸腔チームとの合意のもと、ヘパリンを全身投与し、3分間待つ。
- ・灌流は高低差 1m で行い、UW 滴下スピードは、1 本目は全開で開始し、2 本目は緩徐に行う。
- ・肝臓は灌流終了後、腫大なく、肝臓の色調が均一に淡褐色であれば問題ない。

図 14 第 13 パートで表示したスライド

## C. 研究結果

### (1) 3DCG アニメーション

本年度制作した 3DCG アニメーションは、肝臓脾臓同時摘出手技を対象としたが、この手技では肝臓単独摘出手技と比べ、小腸や大腸といった臓器を大きく動かす操作や、狭い術野で複数の助手が操作を行う場面が多く含まれた。そこで、臓器を把持する手の方向や助手の位置の再現に重点を置いた。一方で、器具の操作によって複数の手が交錯するような場面においては、わかり

やすい表現となるように、器具のみを表示し手の表示を省略するといった工夫を行った。

以下に、複数の助手の手が含まれるシーケンスの例を挙げる。図 18 は C03 シーケンスにおける、胃小弯付近の小網切離の場面である。助手が胃を引きつつ術者が小網を切り上げる操作を行っているが、切り上げる箇所をわかりやすくするよう、切り上げに使用するメツェンバウムを把持する手を省略して表現している。

さらに図 19 に示した C08 シーケンスの肝臓摘出においては、横隔膜を大きく切離する動作が含まれる。この時、手の動きのみで切離する箇所を表現することが困難であった。そこで、横隔膜の前面にある肝臓を半透明で表現し、切離すべき箇所をラインアニメーションにて示すことで、よりわかりやすい表現とした。

肝臓単独摘出の 3DCG アニメーションについては、昨年度の研究活動において、一連のシーケンスを制作していたが、eラーニングコンテンツとして利用する際に、より細かい手技の表現が必要となる箇所があった。特に、膜状の組織内に存在する血管の確認作業については、細かい指の動きまで表現することが要求された。例えば図 20 に示す A05 シーケンスでの右異型肝動脈の確認では、両手の親指と人差し指で肝十二指腸間膜をつまむという動作を行っている。こうした細かい動作についても表現するよう、アニメーションの修正や追加を行った。

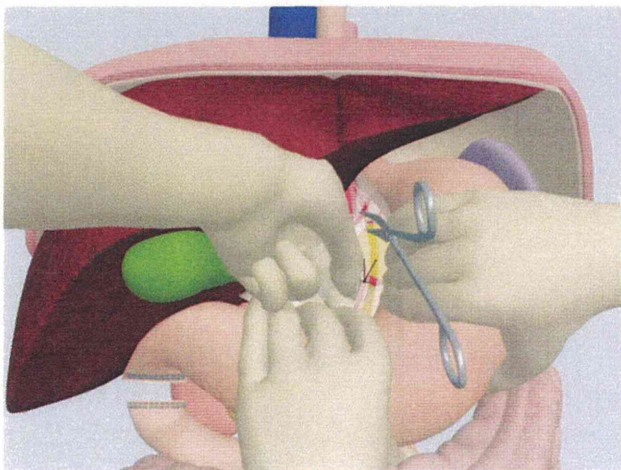


図 18 C03 シーケンス 胃小弯側の小網切離

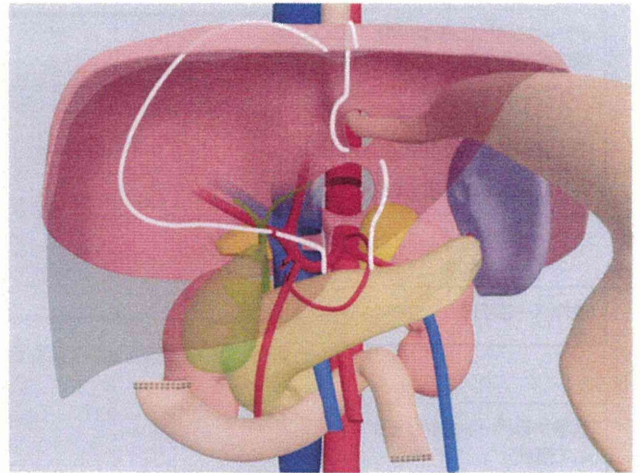


図 19 C08 シーケンス 肝臓摘出

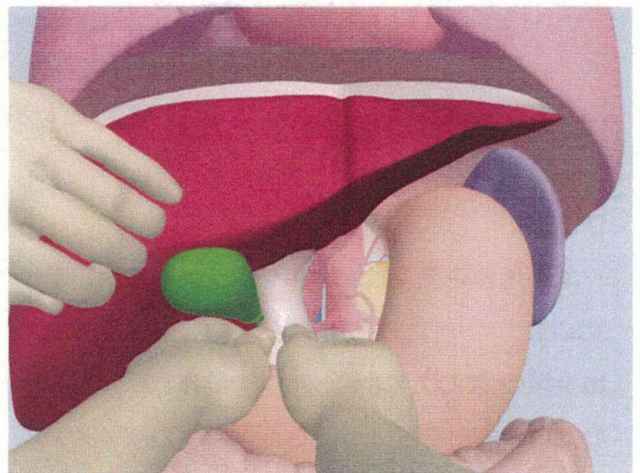


図 20 A05 シーケンス 右異型肝動脈の確認

## (2) eラーニング

eラーニングの構築においては、上記の 16 パートについて、スライドと同時に表示されるよう、アニメーションの再編集を行った。また、各パートの説明については、アナウンスの専門家を起用し、ナレーションを付加した。

構築した eラーニングコンテンツは、インターネット上で試験的に公開し、研究代表者ら専門医による動作ならびに内容について検証を行った。

さらに、当該コンテンツについては、2014 年 4 月現在、日本移植学会のウェブページ上で、会員向けに限定公開すべく、準備を進めている。

図 21 に、本年度構築した eラーニングコンテンツの画面構成を示した。





厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患等克服研究事業  
（免疫アレルギー疾患等予防・治療研究事業 移植医療研究分野））  
分担研究報告書

脳死ドナーにおける多臓器摘出に関する教育プログラムの確立

【研究分担課題名】

各臓器摘出に関するe-ラーニングの統合

研究分担者名：江口 晋（長崎大学大学院 移植・消化器外科 教授）

研究協力者名：高槻光寿、曾山明彦（長崎大学大学院 移植・消化器外科）

研究要旨

脳死臓器移植発展の為には、臓器提供数が増加するためのドナーアクションや医療従事者、市民への啓蒙・教育が必要であるが、同時に現時点で限られているドナーからの提供臓器を可能な限り有効活用した、質の高い臓器移植を施行する事が重要である。ドナー手術における臓器摘出に習熟した外科医の拡充は今後の脳死臓器移植の発展に大きく寄与すると思われるが、いまだ脳死下臓器提供数が他移植医療先進国と比して著明に少ない本邦では、ドナー手術を実地での経験から習熟する機会は限られているのが現状である。その解決策としてe-ラーニングの導入を行うべく、研究・開発を行った。人間工学に基づいた3Dアニメーションを作成し、手術の手順やコツなどについてナレーション、テキストを加えて、わかりやすい講義形式でのe-ラーニングの作成を行った。肝臓摘出に関するコンテンツは完成し、今後、他臓器に関するコンテンツを加えて、統合していく予定である。

A. 研究目的

脳死下臓器移植における、ドナーからの臓器摘出手術の標準化を目指した、e-ラーニングを用いた教育システムを確立する。

B. 研究方法

研究代表者らが、現在までに施行した大動物を用いたシミュレーションの際に指導した手技、講義内容をベースにして、よりわかりやすいe-ラーニングとなるように人間工学に基づいたアニメーションを加えたコン

テンツを作成した。

倫理的に特に問題となる点はない。

C. 研究結果

e-ラーニングは人間工学に基づいたアニメーションとテキスト、ナレーションによる講義形式とし、共通の手技と摘出臓器各々の手技をカテゴリーにわけて作成することとした。e-ラーニング受講者が、実際の手術をイメージしやすいプログラムとなるよう、手術の流れに沿ったテキスト、スライド作成を行った。より内容を把握しやすいよ



うに、プログラム用のナレーションを作成した。アニメーションは早稲田大学河合教授らと共に作成し、実際の手技の細かい点まで再現されたクオリティにて完成している。現段階では、共通の手技と肝単独摘出の分野が、ナレーション、テキストが加わり、完成している。

#### D. 考察

e-ラーニングは、24時間いつでもアクセス可能な教育システムであり、自分のペースで何度でも学ぶことができる。最新の情報をupdateでき、更に双方向のプログラムを組み込む事が可能であり、ドナー手術標準化に向けた教育システムの中心となりうる有用なツールであると思われ、今後、全臓器のe-ラーニングの完成を目指している。e-ラーニングにより、本邦における脳死ドナー手術の標準化が期待される。

#### E. 結論

脳死下臓器移植における、ドナーからの臓器摘出手術の標準化を目指した教育システム確立に向けて、その大きな柱となるe-ラーニングの準備が整ってきている。

#### F. 健康危険情報

なし

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

1: Hamasaki K, Eguchi S, Soyama A, et al. Chronological changes in the liver after temporary partial portal venous occlusion. World J Gastroenterol. 2013;19:5700-5.

3: Imamura H, Soyama A, Takatsuki M, et

al. Self-assessment of postoperative scars in living liver donors. Clin Transplant. 2013 ;27:E605-10.

3: Tanaka T, Takatsuki M, Soyama A, et al. Evaluation of immune function under conversion from Prograf to Advagraf in living donor liver transplantation. Ann Transplant. 2013;18:293-8.

4: Eguchi S. Is low central venous pressure effective for postoperative care after liver transplantation? Surg Today. 2013 ;43:828-9.

5: Eguchi S, Takatsuki M, Soyama A, et al. False positivity for the human immunodeficiency virus antibody after influenza vaccination in a living donor for liver transplantation. Liver Transpl. 2013;19:666.

6: Matsushima H, Soyama A, Takatsuki M, et al. The outcomes of patients with severe hyperbilirubinemia following living donor liver transplantation. Dig Dis Sci. 2013;58:1410-4.

7: Egawa H, Nakanuma Y, Maehara Y, Uemoto S, Eguchi S, Sato Y, et al. Disease recurrence plays a minor role as a cause for retransplantation after living-donor liver transplantation for primary biliary cirrhosis: A multicenter study in Japan. Hepatol Res. 2013;43:502-7.

##### 2. 学会発表

曾山明彦 高槻光寿 日高匡章ら、  
脳死ドナー手術の標準化によるregional organ procurement導入の可能性  
第49回 日本移植学会 臓器横断的シンポジウム

曾山明彦、高槻光寿、日高匡章ら、  
脳死下臓器提供増加を目指したシステム

改革の提案・諸外国のシステムに学ぶ・  
第31回 日本肝移植研究会 熊本 シンポ  
ジウム

曾山明彦、高槻光寿、虎島泰洋ら  
脳死下臓器提供数増加を目指した  
システムづくり  
- 諸外国の制度を参考にして -  
第49回日本肝臓学会 東京 ワークショップ

H. 知的財産権の出願・登録状況  
(予定を含む。)

1. 特許取得  
なし
2. 実用新案登録  
なし
3. その他

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患等克服研究事業  
（免疫アレルギー疾患等予防・治療研究事業 移植医療研究分野））  
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・寄付講座教授  
研究分担者 氏名 小野 稔 所属・役職 東京大学・教授  
研究協力者 氏名 齊藤 綾 所属・役職 東京大学・講師

A. 研究目的

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か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。

B. 方法、

1. 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を研修用に改変し、2の実践の前に若手移植医に対して講義を行った
2. 1の手技に従いながら、他の臓器の分担研究者とともに、若手心臓血管外科医の前で、豚を用いて心臓摘出を行い、引きついて10組の若手移植医がブタを用いて多臓器提供における心臓摘出の実践をおこなった。
3. ドナーの情報を得て、心臓移植後の心機能（グラフト不全）に影響する因子を検討した

C. 結果

1. 基本的な手技をまとめ、心臓移植摘出マニュアルを改変した
2. 講義・デモ後に、若手移植医が心臓摘出の実践を行ったが、摘出術中に心停止をきたしたチーム、肺動静脈に切り込んだチーム、逆に十分な心房・上下大静脈の吻合ラインを確保できなかったチームなどがあつた。また、心停止から摘出終了までに10分以上要していたチームが多かつた
3. ドナーの情報を得て、ドナー年齢、摘出時のアドレナリン・ノルアドレナリンの使用、虚血時間などが心臓移植後の心機能と相関する傾向があつた

D. 考察

心臓摘出の手技は机上では普段の心臓血管外科手術と比較して難しくないと思われる術式であるが、多臓器提供になった場合、普段組まないチームと手術をすること、肺や肝臓との間で切離線の競合があること、豚は人に比べて小さいことなどから、半分近いチームで心臓摘出に課題が残つた。

大人数のところでデモを行っても、研修者が手技を細部まで観察することはできないため、本研究の目的であるアニメーションなどを用いた、わかりやすい採取手技のDVDが必要であると考えられた。また、今回のような研修会をもっと頻回に行う必要があると考えられた。

E. 結論

心臓移植摘出マニュアルを改変し、講義、デモと実践の研修を行った。知識は高まつたが、実践では、半分近いチームで心臓摘出に課題が残つた。アニメーションを用いた摘出手技を示したDVDと研修会の必要性が明らかとなつた。

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

の教育プログラムを確立する中で、心臓摘出の手法を確立し、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. 心臓採取マニュアルの作成

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、以下の心臓移植摘出マニュアルを作成した

### 2. 教育用アニメーション DVD の作成

初年度は1の手技に従いながら、他の臓器の分担研究者とともに、教育用アニメーション作成のために、豚を用いて心臓摘出を行った

### 3. 心臓採取術の講義と確認テスト

次年度は、4の実践の前に若手移植医に対して講義を行い、その後、以下の内容の確認テストを施行した

#### 第1回心臓摘出シミュレーション 確認テスト

氏名 出身大学 卒業年次

心臓の臓器摘出に際して

- 1) 開胸時、心嚢液が血性であった。対処法は？
- 2) 奇静脈を剥離時に出血を来した。対処法は？
- 3) 臓器剥離中に徐脈となり、血圧が低下した。対処法は？
- 4) 臓器剥離中に頻脈となり、血圧が低下した。対処法は？
- 5) 剥離中に、左上大静脈の遺残を発見した。対処法は？
- 6) 肺の摘出もある場合、肺静脈を傷つけないようにするため、どのように工夫するか？
- 7) 心停止後左心耳を切開し、ドレナージをしたが、還流が悪く、左心室が拡張してきた時の対処法は？

### 4. 若手心臓血管外科医の实地研修

1の手技に従いながら、他の臓器の分担研究者とともに、若手心臓血管外科医の前で、豚を用いて心臓摘出を行い、引きついて10組の若手移植医がブタを用いて多臓器提供における心臓摘出の実践をおこなった。

### 5. 心臓移植後の心機能(グラフト不全)に影響する因子の検討

ドナーの情報を得て、心臓移植後の心機能(グ

ラフト不全)に影響する因子を検討した

## C.研究結果

### 1. 心臓採取マニュアルの作成

#### 心臓採取マニュアル

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。両上肢はシーツ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)。



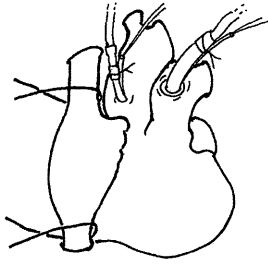


図 1

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。

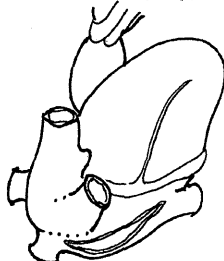


図 3

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。十分な長さを確保するために、遮断鉗子を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)。

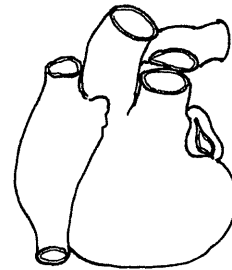


図 4

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)。

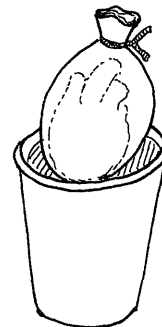


図 4

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とフタを閉じる。安全のためにベルトをさらに回してもよい。

#### Pitfall

- ① 肺の提供がある場合、肺静脈には切り込まず、数 mm 程度の左房カフを必ず残すようにする。
- ② 肺の提供がある場合には、特に左肺動脈に切り込まないように気をつける。
- ③ 下大静脈の遮断は横隔膜に鉗子をしっかりと押し当てて行い、下大静脈のカフを心臓側に残すようにすると移植が行いやすい。

## 2. 教育用アニメーションDVDの作成

初年度は1の手技に従いながら、他の臓器の分担研究者とともに、教育用アニメーション作成のために、豚を用いて心臓摘出を行い、現在DVD作成中である

## 3. 心臓採取術の講義と確認テスト

次年度は、4の実践の前に若手移植医に対して、添付のようなスライドも父いて講義を行い、その後、以下の内容の確認テストを施行した

昭和56年～平成18年卒の心臓血管外科医(計9名：平成10年以降5名)が受講し、確認テストを行った。

心臓の臓器摘出に際して

1) 開胸時、心嚢液が血性であった。対処法は？

正答は、心臓の外傷(大動脈解離を含む)の有無のチェックと癌性・結核性を疑う際には、細胞診を行う。ほぼ全員、上記いずれかを回答。

2) 奇静脈を剥離時に出血を来した。対処法は？

正答は、出血部の上下を結さつ又はtaping(場合によっては縫合止血)で、全員正答。

3) 臓器剥離中に徐脈となり、血圧が低下した。対処法は？

正答は、心臓を直接ペースング(体外ペースングは無効ことが多い)を行う。それでも血圧が上がらなければ、可能な限り、輸血・アルブミンの補液を行う。剥離操作の中止、出血のチェックという回答があったが、剥離を中止しても徐脈は治らないことが多く、出血では一般的に頻脈となる。アトロピンという回答が1名あったが、脳死者の徐脈にはアトロピンは無効である。

4) 臓器剥離中に頻脈となり、血圧が低下した。対処法は？

正答は、心肺の圧迫による心臓への還流血の減少、心臓の操作による上室性頻脈が多いので、まず剥離操作を中止する。出血も頻脈の原因となるので、胸部・腹部で出血がないかを確認する。加えて、輸血・アルブミン投与を行う。

除細動を行うという回答があったが、電氣的除細動は心筋を傷害するので、可能な限りしない方がよい。まず原因の除去に努める。ほぼ全員正答。

5) 剥離中に、左上大静脈の遺残を発見した。対処法は？

正答は、まず他に先天性奇形はないかを調べ、冠静脈洞の異常の有無を確認した上で、tapingする(左右の交流があり、右上大静脈が充分太ければ、その

際に結さつしても良い)。先天性奇形、還流部のチェックをしないで結さつと回答した人が6名あった。

6) 肺の摘出もある場合、肺静脈を傷つけないようにするため、どのように工夫するか？

正答は、鉗の先を可能な限り心臓側に向け、左右肺静脈を観察しながら切離する。全員正答。

7) 心停止後左心耳を切開し、ドレナージをしたが、還流が悪く、左心室が拡張してきた時の対処法は？

正答は左房下面を切開する。ザルドレンなどの挿入と回答した人が5名いたが、ザルドレンで心房(特に心耳)を損傷したり、ザルドレンを吸引する吸引管がなかったり(ザルドレンを採取セットに入れていない施設も多い)するので、時間的にも左房下面の切開が確実である。

## 4. 若手心臓血管外科医の実地研修

1の手技に従いながら、他の臓器の分担研究者とともに、若手心臓血管外科医の前で、豚を用いて心臓摘出を行い、引きついて10組の若手移植医がブタを用いて多臓器提供における心臓摘出の実践をおこなった。

摘出術中に心停止をきたしたチーム、肺動静脈に切り込んだチーム、逆に十分な心房・上下大静脈の吻合ラインを確保できなかったチームなどがあった。また、心停止から摘出終了までに10分以上要していたチームが多かった

## 5. 心臓移植後の心機能(グラフト不全)に影響する因子の検討

心臓移植後の10年生存率は90%であり、30日以内死亡は1例のため、グラフト不全の有意な因子を検討することはできなかった。諸家の文献的考察と、移植後早期のグラフト不全を、機械的補助の使用、アドレナリンの使用、1週間以上のカテコラミンの使用と定義すると、下記のような因子が考え、大阪大学での心臓移植症例で検討すると、以下のような因子がグラフト不全に影響すると考えられたので、概説する

### 1) 心筋障害・心病変の存在

脳死完成時の多量のカテコラミンの放出(cathecholamine storm)・心停止の影響、胸部外傷による心挫傷、心肺蘇生(特に開胸マッサージ)、あるいは脳死前にすでに存在した心病変などにより、脳死心においては程度の差はあるものの、心筋障害が存在することが予測される。

脳死前にすでに存在した心病変については、修

復可能な先天性心疾患（心室中隔欠損、心房中隔欠損、動脈管開存など）、心機能が保たれ修復可能な弁膜症（大動脈狭窄症、三尖弁閉鎖不全など）、1-2 本程度の冠動脈バイパス手術を要する冠動脈疾患などは、移植前に心機能を評価した上で、心臓ドナーとして妥当か判定する。肥大心（心室壁厚 15 mm 以上）は虚血に弱いため、慎重に適応を判断する。

心筋障害・心病変の程度を測るには、スワンガンツカテーテルによる血行動態指標や冠動脈造影ができることが望ましいが、我が国ではそのような検査を行えることはほとんどないので、カテコラミン必要投与量、心エコーによる心機能評価、心電図などを用いている。

一般に脳疾患治療中は脳浮腫予防のため、患者は脱水状態となっていることが多く、心臓は hyperdynamic になっていることが多い。従って、十分な輸液により中心静脈圧を適正範囲に維持した後に、血行動態・心機能評価を行う必要がある。また、ヘモグロビン濃度、電解質、酸塩基平衡状態が適正に維持されていることを確認することも重要である。ドナー管理のところに詳細を記載したが、脳死ドナーでは抗利尿ホルモン(ADH)を使用して、尿崩症、末梢血管の tone の低下、 $\beta$ アドレナリン受容体の親和性の低下を補正してから、心機能を評価することが望ましい。

カテコラミン投与量に関しては、施設によって許容上限が異なるが、一般にはドーパミンにして  $15 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  以下、アドレナリン、ノルアドレナリンを必要としないことが条件とされる。統計的に有意差はないが、ドーパミン勘算で  $15 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  以上、ノルアドレナリンの使用例で、グラフト不全の症例が多い傾向にある。

心肺蘇生を要したドナーの場合でも、蘇生後の経過・脳死前からの心疾患の有無な調査した上で、心機能が改善していれば、心臓ドナーとして妥当な場合が多い。

我が国では心肺蘇生を要したドナー心が多く移植されているが、必ずしもグラフト不全と相関はない。しかし、総虚血時間が長く、高齢ドナーからの移植は現在あまり行われていない

## 2) 総虚血時間 (Total Ischemic Time ; TIT)

ドナー心が血行遮断されてから、レシピエント

に移植され、血行が再開されるまでの時間、いわゆる TIT と術後死亡率には正の相関関係が認められている。したがって、TIT は短ければ短いほど成績がよいということになるが、一般的には 4 時間が一応の適応限界とされてきた。実際、国際心肺移植学会 (ISHLT) の統計報告でも 6 時間を超えると移植後の予後に影響すると報告されている。

しかしながら、施設によってはこれ以上の TIT を受け付けているところもある。特に小児の心移植においては 8 時間を超えても問題ないとの報告が多い。TIT を延長する試みとしては、数多くの実験が報告され、それぞれに良好な結果が報告されている。特に保存液の改良や白血球除去 terminal cardioplegia の使用により、より長い TIT を許容する施設が増加している。

我が国では、各交通機関の活用により、心虚血時間は 5 時間以内にできており、TIT 単独での有意差はでていない。ただ、心筋肥大、高齢のドナーでは 4 時間以上を超える場合は、辞退している施設が多い

## 3) 高齢者ドナー

一般的に高齢者ドナーにおいては、冠動脈硬化、心肥大、弁膜疾患などによる器質的病変により心筋ダメージを受けている危険性が若年者ドナーに比べて高く、Young らの報告ではドナー年齢が 50 歳以上のレシピエントは、ドナー年齢 50 歳以下のレシピエントに比し、有意に術後の生存率が低かったと報告している。また本年の ISHLT 統計では移植後 1 および 5 年後においてドナー年齢は有意の危険因子であったと報告している。さらに心臓移植後慢性期の最大の問題点である心移植後冠動脈病変の発生においてドナー年齢は有意の危険因子であったとの報告も認められる。したがって、高齢者ドナーにおいては冠動脈造影、心エコーによる注意深い心評価が重要である。欧米では、男性 50 歳以上、女性で 45 歳以上のドナーにおいては冠動脈造影をルーチーンに施行することが推奨されており、有意の冠動脈狭窄を有するドナー心の利用は禁忌とされている。Laks らは、有意の冠動脈狭窄を有する症例においても、心移植時にバイパス術を併用しこれを積極的に利用し良好な急性期成績を得たと報告しているものの、これらの遠隔期冠動脈病変の推移は不明である。判断が困

難なのは、冠動脈病変を有しているものの有意狭窄でない場合の適応判定である。これについては、各移植センターにおいて、対応するレシピエントの状態、年齢などを考慮して適応が決定されることになるが、こういった場合、移植後冠動脈病変の進展が促進されるとの危惧があることを十分に年頭におく必要がある。

#### 4) 体格差・性差

一般に、ドナー体重が、レシピエントの体重の80%以上あることが、必要条件とされている。しかし、レシピエントの肺血管抵抗、肺動脈圧が高値である場合はレシピエント体重を上回るドナーからの移植が望ましいとされている。さらに、女性のドナーから男性のレシピエントへの移植では、術後の graft failure が他の組み合わせに比し、高率であるとの報告がある。したがって、この組み合わせではさらに必要体重を高め設定する必要がある。また、身長、体重からのみでは必ずしも、心臓のサイズを規定できるものではなく、最終評価段階における心臓のサイズの評価も極めて重要である。

#### 5) 感染症

細菌感染症に関しては、明らかな敗血症状態、あるいは弁膜上に vegetation が認められる場合以外は、禁忌とはならないとされている。血液培養検査で陽性となった場合でも、グラム陽性菌であれば、transmission されることはないとの報告が多い。一方、グラム陰性菌や真菌が血液培養で陽性に検出された場合は、高率にレシピエントに transmission され敗血症や、縦隔炎をきたしたとの報告が認められる一方で、こういった場合でも、特に術後生存率に差異は認めなかったとの報告も認められる。近年の左室補助人工心臓のポケット感染では、移植を行い、装置を取り除くことが唯一の治療法であり、移植後も特に高率の感染症の発生を認めていないとの経験から、こういった細菌感染ドナーでも積極的に利用しようという施設も認められてきている。

ウイルス感染では、HIV、B型肝炎表面(HBs)抗原陽性ドナーは禁忌とされている。B型肝炎に関しては core 抗体陽性の場合、B型肝炎ウイルス抗体製剤を使用することで対応している。

C型肝炎ウイルス(HCV)抗体が陽性の場合、約80%程度の確率でウイルス感染から肝炎を発症し、有意に術後生存率に影響を与えるとの報告があり、欧米では抗体陰性のレシピエントに対しては禁忌としている施設が多い。我が国では、HCV陽性ドナーからの心臓移植は認められていない

#### D. 考察

心臓摘出の手技は机上では普段の心臓血管外科手術と比較して難しくないとされる術式であるが、多臓器提供になった場合、普段組まないチームと手術をすること、肺や肝臓との間で切離線の競合があること、豚は人に比べて小さいことなどから、半分近いチームで心臓摘出に課題が残った。

大人数のところでもデモを行っても、研修者が手技を細部まで観察することはできないため、本研究の目的であるアニメーションなどを用いた、わかりやすい採出手技のDVDが必要であると考えられた。また、今回のような研修会をもっと頻回に行う必要があると考えられた

#### E. 結論

心臓移植摘出マニュアルを改変し、講義、デモと実践の研修を行った。知識は高まったが、実践では、半分近いチームで心臓摘出に課題が残った。アニメーションを用いた摘出手技を示したDVDと研修会の必要性が明らかとなった。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Fukushima N, Extended criteria donors (ECD) in heart transplantation. Marginal Donors, Editors: Asano T, Fukushima N, Kenmochi T, Matsuno N, Schpringer Japan 2014 (in press)
- 2) Fukushima N, History of marginal donors in the world. Marginal Donors, Editors: T Asano T, Fukushima N, Kenmochi T, Matsuno N, Schpringer Japan 2014 (in press)
- 3) Fukushima N, Management of extended criteria donor. Marginal Donors, Editors: Asano T, Fukushima N, Kenmochi T, Matsuno N, Schpringer Japan 2014:
- 4) Fukushima N, Donation after cardiac death for heart transplantation. Marginal Donors, Editors: Asano T, Fukushima N, Kenmochi T, Matsuno N, Schpringer Japan 2014 (in press)
- 5) Fukushima N, Ono M, Saiki Y, Kubota S, Tanoue T, Minami M, Konaka S, Ashikari J. Japanese Strategies to Maximize Heart and Lung Availabilities: Experience from 100 Consecutive Brain-Dead Donors. Transplant Proc. 45; 2871-2874, 2013.