

201229043A

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)

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

平成24年度

総括・分担研究報告書

研究代表者 古川 博之

平成25年 4月

目 次

I. 総括研究年度終了報告		
旭川医科大学 外科学講座消化器病態外科学分野 教授 古川 博之	-----	1
II. 分担研究年度終了報告		
1. 早稲田大学 基幹理工学部表現工学科 教授 河合 隆史	-----	7
2. 大阪大学寄付講座 教授 福嶋 教偉		
東京大学 教授 小野 稔		
東京大学 講師 齊藤 綾	-----	13
3. 東北大学 加齢医学研究所 教授 近藤 丘		
東北大学 加齢医学研究所 助教 星川 康	-----	17
4. 福島県立医科大学 臓器再生外科学 教授 後藤満一		
藤田保健衛生大学臓器移植科 教授 剣持 敬		
大阪大学生体機能補完医学 教授 伊藤壽記	-----	21
5. 東北大学大学院 小児外科 教授 仁尾 正記		
東北大学大学院 小児外科 准教授 和田 基		
大阪大学大学院 医学系研究科 小児成育外科 助教 上野 豪久	-----	23
6. 長崎大学大学院 移植・消化器外科 教授 江口 晋		
長崎大学大学院 移植・消化器外科 講師 高槻光寿		
長崎大学大学院 移植・消化器外科 助教 曾山明彦	-----	29
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	33
IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	37

I. 総括研究年度終了報告

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））
総括研究年度終了報告書

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に関する研究

研究代表者 古川博之

旭川医科大学 外科学講座 消化器病態外科学分野 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傾向があり、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ことが多い。この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にしか手術の遂行が難しい現状がある。これに対して、安全かつ的確な多臓器摘出を行うために、1) マージナルドナー使用が多い我が国独自の新しいドナー適応基準の確立、2) 初心者でも術式が理解できるドナー多臓器摘出手術の手術手技に関する3DCGアニメーションの作成、3) 臓器摘出に関する教育を容易にする知識、手技を盛り込んだeラーニングシステムの立ち上げ、4) これらアニメーション・eラーニングを理解した上で、ドナー手術手技を実体験する全国チームによる臓器摘出シミュレーションの施行、以上4つの骨子よりなる教育プログラムを確立するための研究である。

<研究分担者>

河合隆史 早稲田大学 教授	後藤満一 福島県立医科大学 教授
近藤 丘 東北大学 教授	相川 厚 東邦大学 教授
高原史郎 大阪大学 教授	仁尾正記 東北大学 教授
國土典宏 東京大学 教授	福嶋教偉 大阪大学 教授
上本伸二 京都大学 教授	剣持 敬 藤田保健衛生大学 教授
伊達洋至 京都大学 教授	小野 稔 東京大学 教授
江口 晋 長崎大学 教授	嶋村剛 北海道大学 准教授
水田耕一 自治医科大学 准教授	谷口雅彦 旭川医科大学 准教授
吉住朋晴 九州大学 准教授	上野豪久 大阪大学 助教

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傾向があり、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ことが多い。この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にしか手術の遂行が難しい現状がある。これに対して、本研究では安全か

つ的確な多臓器摘出に向けての教育プログラムを確立する。

B. 方法

1) 新しいドナーの適応基準の確立

臓器移植ネットワークより脳死ドナーについての情報を収集し、各臓器の担当者がグラフト機能に影響するドナーの危険因子を分析し、これより各臓器毎に新しいドナーの基準を確立する。

2) 多臓器摘出手術手技の3DCGアニメーション作成

3DCGアニメーションは、各臓器担当の分担者がブタを用いた臓器摘出のデモンストレーションを行い、2眼式の立体ビデオカメラで収録したものを参考にして、河合隆史研究分担者がクオリティ エクスペリエンス デザイン株式会社(QXD)と連携して制作を進める。

3) 多臓器摘出理解のためのeラーニング作成

インターネット上にeラーニング用のwebサイトに、新しく作成したドナー基準ならびに臓器摘出の3DCGアニメーションをコンテンツとして組み込む。これにより、参加者はいつでも当該サイトにアクセスでき、コンテンツの閲覧が可能になる。当該サイトの閲覧を通じた学習により、臓器摘出手術の理解が容易となり、大動物によるシミュレーション、ならびに実際の脳死下臓器摘出が円滑に実施できることが期待される。

4) 臓器摘出シミュレーション

臓器摘出シミュレーションを、西日本は11月17日に九州大学で、東日本は11月24日に自治医科大学で、各施設のスタッフの協力を得て行った。まず、指導者がブタを用いた肝摘出のデモンストレーションを行い、その後、全国の脳死肝移植認定施設22施設からの参加者が5-6

人毎のグループとなり、それぞれ3-4頭のブタを用いて肝摘出シミュレーションを行った。手術前に、手術に関する知識についてのテストを行い、手術終了後には、アンケートを行った。これらの資料は、現在、構築中であるeラーニング作成においても役立てる予定である。

C. 結果

1) 新しいドナーの適応基準の確立

日本の脳死臓器摘出185例の以下のドナー・データの収集を終了している。

1	提供日	16	血清 HbA1c
2	提供病院	17	血清 Na
3	入院日	18	血清 BUN
4	年齢	19	血清 Cr
5	性別	20	血糖
6	身長	21	血清 Tbil
7	体重	22	血清 AST
8	BMI	23	血清 ALT
9	原疾患	24	血清アミラーゼ
10	入院日数	25	血清 CRP
11	心肺蘇生の有無 (10分以上)		
12	喫煙歴		
13	飲酒歴		
14	術前 dopamine の投与量 >15 γ /kg/min		
15	昇圧剤 2 剤以上の使用		

これを各臓器の分担者に分配してドナーの適応基準について検討しているところである。肝移植成人85例についての分析結果では、脳死肝移植レシピエントの3ヶ月生存を低下させるリスクとして冷阻血時間10時間以上、MELDスコア25以上、ドナー年齢55歳以上の3つが判明した。

2) 多臓器摘出手術手技の3DCGアニメーション作成

9月2日と10月1日の2回にわたって、各臓器の

臓器摘出デモンストレーションを実施し、その内容を立体ビデオカメラにて収録した。その後、3度の打ち合わせ会(9月19日、10月6日、11月6日)を開いて、肝臓単独摘出ならびに肝臓・膵臓同時摘出のアニメーションの作成に沿ったシナリオと同時に、3DCGによる臓器のモデリングを進めている。

3) 多臓器摘出理解のためのe-ラーニング作成

各臓器とも次の7項目について、webサイトを通して閲覧・学習が可能とする。①解剖、②術前準備、③開胸・開腹の実際、④各臓器の評価、⑤血管・臓器の剥離・授動、⑥カニューレション・灌流、⑦臓器摘出。将来的には、テスト機能を付加することで、移植認定医の資格試験の一部として運用することを目指す。

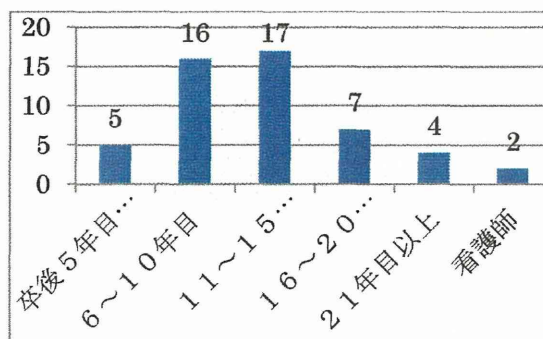
4) 臓器摘出シミュレーション

2013年は、脳死肝移植実施施設22施設から参加者を募り臓器摘出シミュレーションを行った。この際にアンケート調査、ならびに自己評価を行い来年度実施予定のe-ラーニングによる教育の効果を判定する基礎データとする。

<シミュレーション前のセルフ・テスト>
ドナー適応・管理について(2問)、解剖学的異常に遭遇した時の対処法(3問)、術中の合併症が起きた時の対処法(2問)についてテスト。正解率は35%と低迷していた。

<参加者に対するよるアンケート結果>

問1. 卒業年次

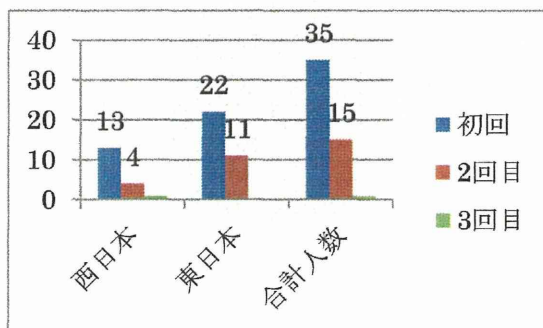


卒業年次は、6年目から15年目が多く、外科医としてほぼ独立して手術ができる年代、手術室看護師の参加があった。

問2. 性別

男性が90%と圧倒的に男性が多いが、最近では、女性外科医の参加も目立つ。

問3. 参加回数

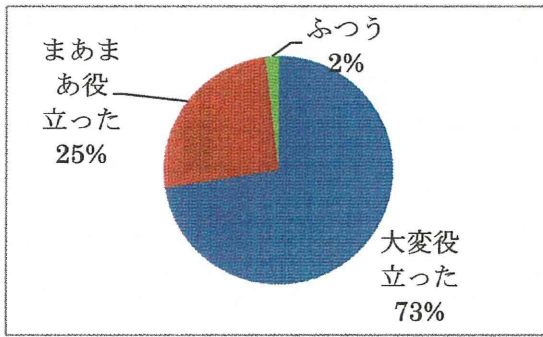


参加者の3分の1がリピーターであることがわかる。

問4. 本日あなたは術者として手術をされましたか?

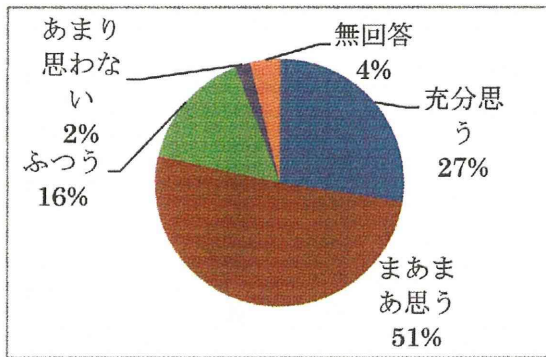
術者となれたのは、23%であり、4回参加しないと、術者経験ができない計算になる。

問5. 今回のシミュレーションは、あなたの医療技術習得・向上に関し、どの程度役立ちましたか?



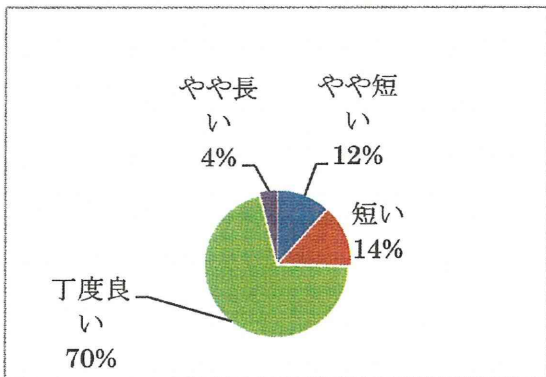
役にたったと答えた人がほとんど。役にたたなかったと答えた人はゼロであった。

問6. 今回、シミュレーションを行ったことで、臨床で同様の手技を行う準備はできたと思いますか？



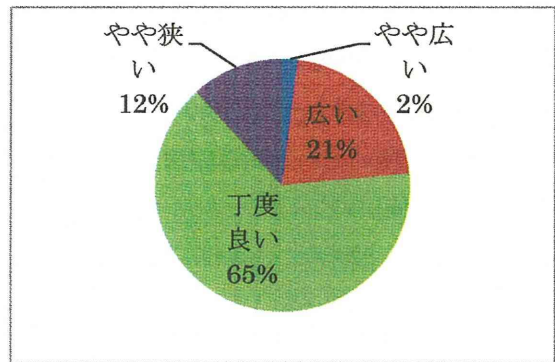
78%が思うと答え、全く思わないは、0であった。

問7. 今回のシミュレーション時間の長さはいかがでしたか？



シミュレーションの時間は、75がちょうどいいと答え、26%が短いと答えている。

問8. 今回のシミュレーションの会場の広さはいかがでしたか？



これも、ちょうどいいが65%と多くさらに23%が広いと答えている。

問9. 今後もシミュレーションを続けて行くべきでしょうか？

全員が続けることが必要と回答した。

D. 考察

1) 新しいドナーの適応基準の確立

脳死肝移植レシピエントの早期予後に影響を与える3因子の中でMELDスコア高値のレシピエントや高齢者ドナーを除外するのは現実的でない。冷阻血時間を最小にすることがレシピエントの成績を上げるもっとも確実な方法であり、ドナーとレシピエントの手術時間を冷阻血時間が最短になるように設定すべく、ドナー術者とレシピエント術者の密な連携が重要であることを示唆している。

2) 多臓器摘出手術手技の3DCGアニメーション作成

多臓器摘出手術手技を現場で教育用にビデオ撮影することは、多いときには5-6チーム10数人の医師が摘出手術に参加するため十分な撮影視野を得ることが難しく、また、手術の重要部分が胸腔・腹腔の深部で行われるため、手術手技を理解するためほとんど不可能である。このため、3Dアニメーションの作成が手術手技理解のために最適な手段と考えられる。

3) 多臓器摘出理解のためのe-ラーニング作成

アニメーションを組み込んだeラーニングを作成することにより、外科医が臓器摘出に関する高度かつ十分な知識を日本中どこでも得ることができるようになり、理想的な教育システムといえる。

4) 臓器摘出シミュレーション

これまでも2010年から3年間にわたって、脳死肝移植施設に関しては、臓器摘出シミュレーションを行って来た。これまでシミュレーションが成功している理由は、自治医科大学と九州大学が動物実験施設を提供してくれている上に、それぞれの外科スタッフが総出で支援しているからである。いつまでも彼らに依存していくわけにもいかず、今後は民間の施設を用いるなど新しい方向性を模索していく必要がある。

これまでほぼ全員の外科医が、臓器摘出手技を学ぶ上で臓器摘出シミュレーションが役だったと答えており、年に1～2回のシミュレーションを希望している。今後は、eラーニング施行の後に、シミュレーションを行い学んだ技術が確実に実行できるかを検証していることが重要である。

E. 結論

このプログラムにより教育を受けたドナー術者による的確な臓器の評価と正確な臓器摘出術の施行は、手術の安全性をたかめ、グラフト不全を減少させ、移植成績の向上につながる。転じて、再移植を減少させ、より多くの患者が移植の恩恵にあずかることができる。このような系統的なドナー手術の教育システムの構築は、世界には例がなく今後、モデル・ケースとなる可能性がある。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表
1. Furukawa H, Taniguchi M, Fujiyoshi M, Oota M; Japanese Study Group of Liver Transplantation. Experience using extended criteria donors in first 100 cases of deceased donor liver transplantation in Japan. *Transplant Proc.* 2012;44:373-5
2. Kono T, Asama T, Chisato N, Ebisawa Y, Okayama T, Imai K, Karasaki H, Furukawa H, Yoneda M. Polaprezinc prevents ongoing thioacetamide-induced liver fibrosis in rats. *Life Sci.* 2012;90:122-30.
3. Sakurai T, Ichikawa A, Furukawa H, Wada N, Nagasaka A, Takahashi Y, Fujikawa M, Ikuta A, Furumaki H, Shiga M, Shimizu C, Hui SP, Jin S, Takeda S, Fuda H, Nagasaka H, Kobayashi S, Chiba H. Novel monoclonal antibody recognizing triglyceride-rich oxidized LDLs associated with severe liver disease and small oxidized LDLs in normal subjects. *Ann Clin Biochem.* 2012;49:456-62.
4. Oura T, Yamashita K, Suzuki T, Fukumori D, Watanabe M, Hirokata G, Wakayama K, Taniguchi M, Shimamura T, Miura T, Okimura K,

- Maeta K, Haga H, Kubota K, Shimizu A, Sakai F, Furukawa H, Todo S. Long-term hepatic allograft acceptance based on CD40 blockade by ASKP1240 in nonhuman primates. Am J Transplant. 2012;12:1740-54.
5. Wakayama K, Fukai M, Yamashita K, Kimura T, Hirokata G, Shibasaki S, Fukumori D, Haga S, Sugawara M, Suzuki T, Taniguchi M, Shimamura T, Furukawa H, Ozaki M, Kamiyama T, Todo S. Successful transplantation of rat hearts subjected to extended cold preservation with a novel preservation solution. Transpl Int. 2012;25:696-706
 6. 古川博之：移植総論。標準外科学 第13版 225～227 加藤治文監修 畠山勝義・北野正剛・若林剛編集 医学書院 2013.2.1
 7. 古川博之：肝臓移植・膵臓移植・腎臓移植。標準外科学 第13版 225～227 加藤治文監修 畠山勝義・北野正剛・若林剛編集 医学書院 2013.2.1
2. 学会発表
1. 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
 2. 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.福岡.2012.6.15
記念イベント
 3. 古川博之。「日本での移植の状況」.第 57 回日本透析医学会学術集会・総会.2012.6.23
 4. 古川博之。「アルコール性肝硬変の肝移植適応とその成績」.平成 24 年度アルコール・薬物依存関連学会合同学術総会.2012.9.7 シンポジウム
 5. 古川博之。「脳死小腸移植の現状と将来の展望」.第 48 回日本移植学会総会.名古屋.2012.9.22 ワークショップ
 6. 古川博之。「これからの移植医療と移植コーディネーターへの期待」.第 11 回JATCO 総合研修会.2012.11.16
 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
移植病理シンポジウム
- H.知的財産権の登録・出願状況（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
なし

II. 分担研究年度終了報告

平成 24 年度 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))
(分担) 研究年度終了報告書

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

研究分担者 河合 隆史 早稲田大学 基幹理工学部 表現工学科・教授

研究要旨

多臓器摘出の手術手技の理解に最適な手段の一つとして、3DCG アニメーションに着目し、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。初年度は、肝臓単独摘出ならびに肝臓脾臓同時摘出における、腹部・肝視診、左三角間膜・小網切離、肝門部剥離の 3DCG アニメーションを中心に作成した。

A. 研究目的

1 ドナーからの多臓器摘出は、わが国において特徴的であるが、手術の難易度が高く、現場での教育が困難である。こうした状況に対して本研究では、安全かつ確な多臓器摘出のための、教育プログラムの確立を目的としている。筆者らは、当該目的の達成に必要な方法のうち、摘出手術手技に関する 3 次元コンピュータグラフィクス (3DCG) アニメーションの作成を分担した。

多臓器摘出の手術手技を、教育目的に撮影・公開することは、個人情報保護やドナ一家族からの許可の取得という観点から、現実的に難しい。また、仮にビデオ撮影が許可されたとしても、多いときには 5~6 チーム 10 名以上の医師が摘出手術に参加するため十分な撮影視野を得ることが難しい。さらに、手術の重要部分が胸腔・腹腔の深部で行われるため、手術手技を理解するための撮影は、きわめて困難といえる。その

ため本研究では、3DCG アニメーションを、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。

B. 研究方法

(1) 立体撮影と編集・解析

3DCG アニメーションの作成にあたっては、まず、各臓器担当の分担者が大動物(ブタ)を用いた臓器摘出のシミュレーションを行い、筆者らはこれを 2 眼式の立体ビデオカメラで収録した。立体撮影は 2 回に分けて行われ、1 回目(平成 24 年 9 月 2 日)は、肝臓、脾臓、小腸、腎臓等の腹部臓器を対象とした。2 回目(平成 24 年 10 月 1 日)は、心臓、肺等の胸部を対象とした手技の立体撮影を行った。

初年度は、肝臓単独摘出ならびに肝臓脾臓同時摘出の 3DCG アニメーションを作成することとした。術式の中でも、教育上、

重要と考えられる、腹部・肝視診、左三角間膜・小網切離、肝門部剥離を中心として、収録映像の編集と解析を行った。

(2) 術式過程の分類とシナリオの構築

3DCG アニメーションの作成にあたり、編集・解析した収録映像を、術式の過程を医師の作業毎に「シーケンス」という単位で分類した。全体の術式は、複数のシーケンスから構成されることになるが、ここでは3DCGアニメーション全体の構成を、「シナリオ」と呼称する。さらに、術式における一つのシーケンスは、複数の動作によって遂行される。そのため、シーケンスの下分類として、医師による一つの動作を「ステップ」と定義した。各ステップのアニメーションを作成するために、シナリオには収録映像の抜粋やスケッチなどが付加されている。図1および2に、今回作成したシナリオのうち、第4シーケンス「腹部・肝視診」のステップ5に付加された資料の例を示した。

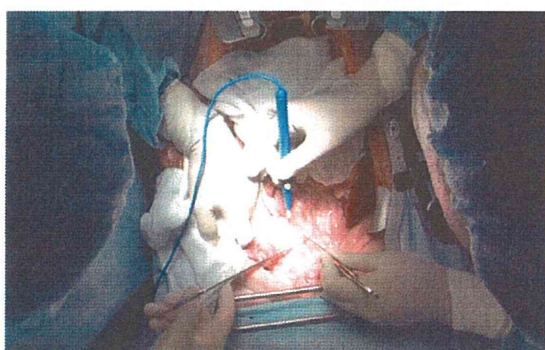


図1 収録映像の抜粋例

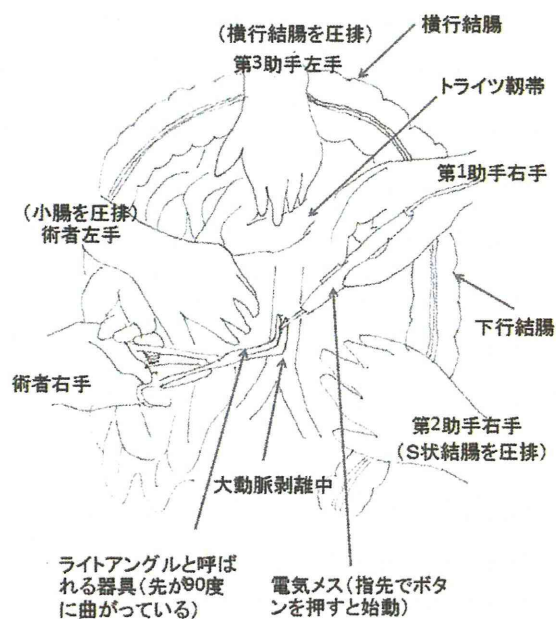


図2 スケッチの例

(3) 臓器と手の3DCGモデルの作成

3DCGアニメーションは、大きく臓器モデルと手のモデルから構成される。臓器モデルの形状や大きさ、色調、他臓器との位置関係など、逐次、研究代表者より評価を受け、その都度修正を加えていった。また、教育効果という点で、術式の見易さを向上させるために直接関係しない臓器を非表示にするなどの、表現手法についても併せて検討を行った。図3に、第8シーケンス「横隔膜下大動脈の搾取」のステップ4における、膜の表示と非表示による見え方の差異の例を示した。

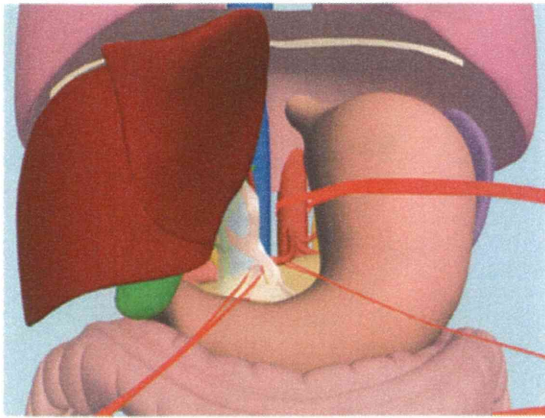


図 3a 膜の表示の例

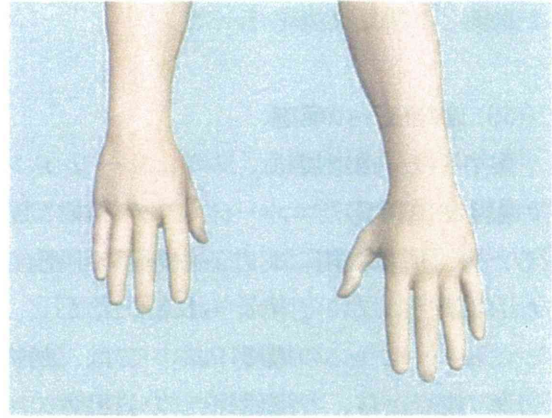


図 4 圧迫・保持のポーズ

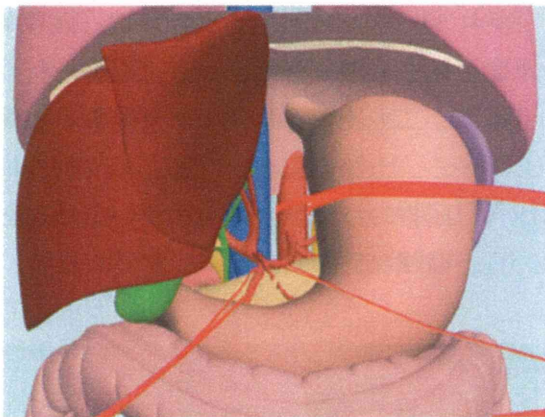


図 3a 膜の非表示の例

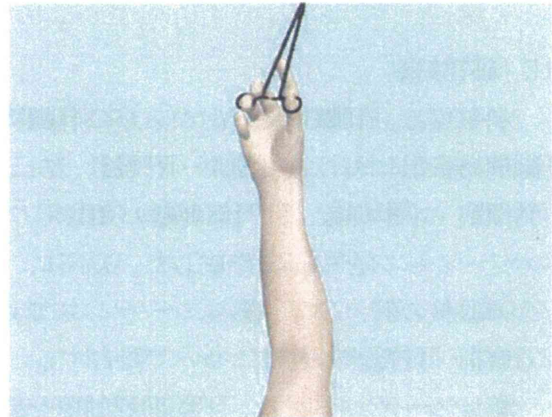


図 5 ハサミを持つポーズ

手のモデルは、編集・解析した収録映像から、以下の四つの基本形に分類した。図 4 および 5 に、手のモデルの基本形の例を示した。

- 1) 圧迫・保持のポーズ
- 2) 結ぶ・つまむポーズ（電気メス等）
- 3) ハサミを持つポーズ（ライトアングル等）
- 4) パルプシリンジを持つポーズ

各ステップにおける手の動作や臓器の変形の表現については、適宜、研究代表者に実演を求めるなどして、モデルデータへ反映した。その後、作成した臓器と手のモデルを合成することで、最終的なアニメーションを構成した。

こうした臓器の形状や手の動作などの表現は、解剖学的な正確さと教育的な分かりやすさを両立させる必要があり、それが重要な課題の一つである。そのため 3DCG アニメーションの制作過程においては、研究代表者との 4 回にわたる打ち合わせ会（平成 24 年 9 月 19 日、10 月 6 日、11 月 6 日、12 月 18 日）の開催に加え、メールを介し

た数多くの意見交換を行った。

(4) 倫理面への配慮

筆者らの分担内容は、シミュレーションの撮影と3DCGアニメーションの作成であるため、所属機関における倫理面の手続きなどは該当しないと考えられる。ただし、シミュレーションの撮影においては、動物愛護の観点から、各臓器担当の分担者の手技の妨害とならないよう、関係者一同が細心の注意を払って行った。

C. 研究結果

初年度は、肝臓単独摘出ならびに肝臓膵臓同時摘出における、腹部・肝視診、左三角間膜・小網切離、肝門部剥離の3DCGアニメーションを中心に作成した。以下に、その結果の例として、第4シーケンスである腹部・肝視診の表現について報告する。

第4シーケンスでは、下腸間膜動脈を結紮・切離するが、当該ステップに至るまでに、多くの場の展開の必要があり、それらの再現に重点をおいた。

第4シーケンスのステップ2では、ドナーに対して頭部方向に立つ第3助手が、両手で横行結腸を引き上げ、術野を確保する(図6)。ここでは、執刀医や助手の位置を分析し、手のモデルの位置や動作に反映させた。

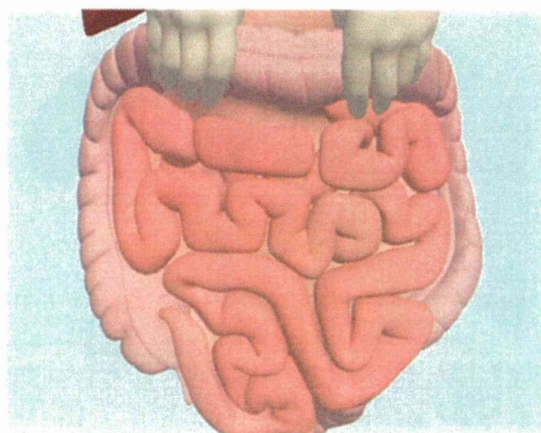


図6 第4シーケンス・ステップ2

第4シーケンスのステップ3は、術者が小腸全体を右側に移動させる、圧排を行う(図7)。これも場の展開であり術野を確保している。上述の引き上げるといった動作に比べ、圧排では小腸全体をすくい上げるといった、複雑な動作の表現が必要であった。

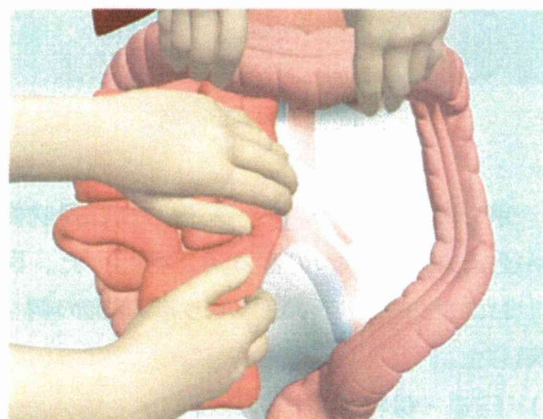


図7 第4シーケンス・ステップ3

第4シーケンスのステップ4は、第2助手がS状結腸を左側で引っ張る動作となる(図8)。これも同じく場の展開である。このような場の展開の後に、ライトアングルを用いた剥離や切離を表現した(図9)。実際のとしての利活用においては、3DCGアニメーションの手が誰のものなのかといっ

た、付加情報を表示などの工夫が有効である。

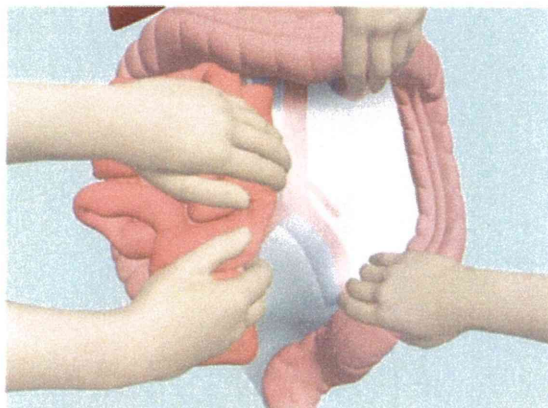


図8 第4シーケンス・ステップ4

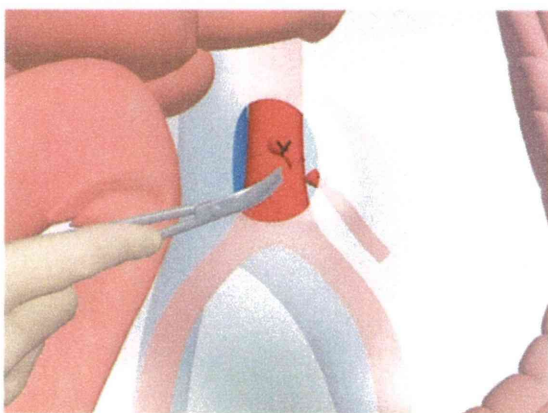


図9 第4シーケンス・ステップ5以降の例

本年度の3DCGアニメーションの作成を通して、場の展開をはじめ、普段は意識せずに行っている手術の動作が、実際には非常に複雑なパターンの組み合わせで構成されていることが明らかになった。このような一種の暗黙知としての医師のスキルを、3DCGアニメーションにより分かりやすく可視化することは、手技の習得を越えて、動作の最適化といった、より高度なノウハウの習得が期待されると考察された。

D. 研究発表

初年度は、研究期間のほぼ全てを上述の3DCGアニメーションの制作に費やしたため、学会などでの研究発表には至っていない。しかし、本報告書執筆時点においては、本報告書の記載内容に関して、以下の学会発表を予定している。

- ・ 渡辺和史, 弓削綾香, 盛川浩志, 河合隆史, 古川博之: “脳死ドナー多臓器摘出手術の教育アニメーション制作”, 日本人間工学会第54回大会(平成25年6月1日~2日, 日本大学生産工学部において), 演題受理済み.

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 福寫教偉 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

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. 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、心臓移植摘出マニュアルを作成した
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、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. 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. 基本的な手技をまとめ、下記に示すような心臓移植摘出マニュアルを作成した
2. 2頭の豚を用いて、心臓摘出を行い、ピットフォール、多臓器摘出との関係が分かるようなDVDの作成を行った
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った

E. 結論

基本となる心臓摘出手技を確立し、マニュアルを作成し、このを元に教育用のアニメーション作成のためのDVDを作成した。

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. 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、心臓移植摘出マニュアルを作成した
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、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. 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. 基本的な手技をまとめ、下記に示すような心臓移植摘出マニュアルを作成した

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)。

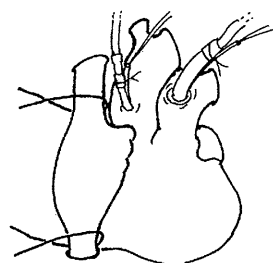


図1

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)。

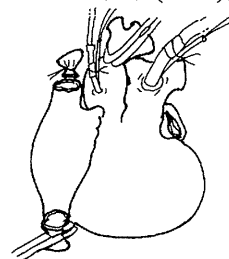


図2

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。

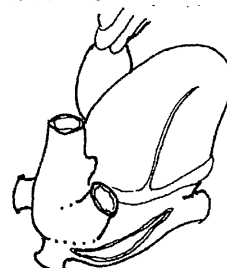


図3

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)。

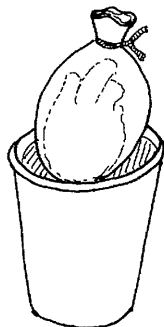


図4

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。

2. 2頭の豚を用いて、心臓摘出を行い、以下のようなピットフォール、多臓器摘出との関係が分かるようなDVDの作成を行った

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。

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った(現在、詳細を分析中であり、次年度報告する予定)

E. 結論

基本となる心臓摘出手技を確立し、マニュアルを作成し、これを元に教育用のアニメーション作成のためのDVDを作成した。

F. 研究発表

1. 論文発表
 - 1) Fukushima N. Professional education and hospital development for organ donation. *Transplant Proc.* 2012; 44(4): 848-50.
 - 2) Ohkawara H, Fukushima N, 他。A newly developed container for safe, easy and cost-effective over-night transportation of tissues and organs by electrically keeping tissue or organ temperature at 3 to 6 °C. *Transplant Proc.* 2012; 44(4): 855-8.
 - 3) Konaka S, Fukushima N 他。Modification of education system for organ procurement coordinators in Japan after the revision of the Japanese Organ Transplantation Act. *Transplant Proc.* 2012; 44(4): 851-4.
 - 4) Ueno T, Fukushima N, 他。First pediatric heart transplantation from a pediatric donor heart in Japan. *Circ J.* 2012; 76(3), 752-4.
2. 学会発表
 - 1) Fukushima N, et al. Japanese strategies for maximizing organ availabilities: Experience from 159 consecutive brain dead donors. *TTS 2012 (Berlin)*
 - 2) Fukushima N, et al. Current status and future aspect of pediatric organ transplantation in Japan after renewal of Organ Transplantation Law: Great appreciation to foreign donors and heart transplant centers. *TTS 2012 (Berlin)*
 - 3) Fukushima N, et al. Japanese strategies for maximizing lung availabilities: Experience from 100 consecutive brain dead donor. *Japan*

Korea Transplant Forum 2012 (Incheon)	なし
他	2. 実用新案特許
	なし
G. 知的財産権の出願・登録取得状況(予定を含む)	3. その他
1. 特許取得	特になし

平成24研究年度終了報告書

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）研究事業）

（分担）研究年度終了報告書

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

研究分担者 近藤 丘 東北大学加齢医学研究所教授

研究協力者 星川 康 東北大学加齢医学研究所助教

研究要旨：

安全かつ的確な多臓器摘出に向けての教育プログラムを確立することを目的に、eラーニング用3Dアニメーション化に向けた動物による胸部臓器摘出のシミュレーションを行い、さらに、ドナー適応決定に向けたドナーファクターの抽出作業を行った。複数の心臓摘出医、肺摘出医がアニマルラボに集合し、心肺摘出手技連携に関して詳細な討議を行った。ひきつづいて行われたミニブタを用いた摘出シミュレーションにより、安全、的確、迅速な手技、手順のコンセンサスが得られ、それぞれの手技の詳細が3Dアニメーション作成に向けてビデオ収録された。併行して移植肺生着率、術後 primary graft dysfunction (PGD) 発症に寄与するドナー危険因子を抽出しデータベース化する作業が進行中である。

研究分担者 近藤 丘 東北大学加齢医学研究所 呼吸器外科学分野 教授

研究分担者 伊達洋至 京都大学病院 呼吸器外科

研究協力者 山田 徹 京都大学病院 呼吸器外科

研究協力者 星川 康 東北大学加齢医学研究所 呼吸器外科学分野 助教

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（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にしか手術の