

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 12 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350856

研究課題名(和文)3D画像解析による外科手術教育定量的評価法の開発

研究課題名(英文)Quantitative evaluation of surgical education by three-dimensional image analysis

研究代表者

中山 壽之(NAKAYAMA, Hisashi)

日本大学・医学部・講師

研究者番号：00287632

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：目的は安全な外科手術手技を行うために定量的な教育評価システムを構築することです。術前CTから肝癌の客観的形態分類システムを開発し、凸凹不整のTypeII/IIIでは根治性を重視した系統的切除が望ましいことが示唆されました。次に術前3D画像と切除標本の比較では78%の症例で計画通りの切除が施行されていました。出血量500ccおよび1000ccを境界として術式変更が検討されていました。出血量820ml以下に抑制することが合併症回避ポイントであることが示されました。

研究成果の概要(英文)：Aim is to build a objective educational-evaluation system for a safe surgery technique. Objective gross classification of hepatocellular carcinoma was established with preoperative CT. Anatomical resection is recommended for treatment of HCC with TypeII / III type tumors. With comparing with preoperative 3D image and resected specimens planned surgical procedures were performed in 78 % patients. Operative procedures were modified considered on 500 cc or 1000cc of volume of blood losses. It was shown that 820 ml of volume of blood losses are a complication avoidance point.

研究分野：消化器外科

キーワード：安全教育 外科手術 画像評価

## 1. 研究開始当初の背景

1996年の初期臨床研修制度導入以後、わが国の外科医師不足は深刻な状況にあります。厚生労働省による診療報酬制度の改定、日本外科学会による外科医養成プログラムの充実など外科医減少に対する取り組みが実施されていますが未だ満足な状況ではありません。その背景には外科医養成には「見て盗む」式の手技研鑽が主流であり修練に長時間を要すること、教育・学習効果の定量的評価が困難で手術手技の達成度が把握できないことなどが挙げられます。また、近年の医療訴訟増加は患者様が外科医に対して安全で合併症のない医療の供給を求めていることの表れであります。以上より、外科医が技術を研鑽する上で、安全性に重点をおき合目的に手術手技を習得できる教育システムと客観的評価システムの確立が必要であります。日本外科学会では国民の健康と福祉に寄与することを目的に外科専門医制度を発足させ、日本消化器外科学会、日本肝胆膵外科学会ではそれぞれの専門分野による高度専門医制度を設立しています。特に日本肝胆膵外科学会では手術ビデオを提出させ第三者による評価が行われています。われわれは手術手技を学ぶ上で術者、第一助手、術野をマルチビデオ撮影し教育するシステムを構築し、合併症のない手術手技の教育法を報告してきました。しかし、手技そのものは主観的に評価されがちで、手術時間、出血量、術後合併症などの術後因子により客観的判定されてきました。すなわち、客観的で定量化された手術手技の教育評価システムは未だ開発が行われていないのが現状です。

## 2. 研究の目的

術前予定術式と実際に施行された術式との一致率を従来から用いているカルテベース法により評価します。術前デジタルデータから臓器 3D 画像を構築し切除予定モデルを作成します。切除標本と 3D 画像との一致率を評価します。各臓器や術式ごとに測定方法やデジタルデータの解析法を統一し安全に手術が施行される評価システムを検討します。

## 3. 研究の方法

術野と切除標本の 3D データを集積し教育達成度データベースを構築します。手術時間、出血量、在院日数、術後合併症などを関連評価項目として測定します。

(1) 3D データを構築する基本データとして 2D データを用いて肝癌の形態分類を施行します。切除予定の肝細胞癌について術前 CT を用いて腫瘍辺縁像をトレースし、その画像を独自に開発したコンピュータソフトで解析を行います。造影 CT で染まり抜けを認める古典的肝細胞癌 232 例を対象としました。術前 CT から腫瘍輪郭の凹凸を 1 ピクセル単位で画像抽出します。腫瘍周囲長、面積、腫瘍辺縁のくぼみ面積、くぼみ深度、くぼみ底辺長をコンピュータ解析します。データを階

層別クラスター分析により腫瘍形態分類を行います。それらに基づき安全で根治性の高い至適手術術式を検討します。

(2) 定型的手術について術前 3D 画像の構築と術野および切除標本の比較判定を行い、教育達成度評価に必要な項目をリストアップします。手術の達成度および安全性を合併症の発生率と比較して評価し、安全教育システムを構築します。さらに日本肝胆膵外科学会の高難度手術について標準的評価方法を策定します。

## 4. 研究成果

(1) くぼみ面積の腫瘍面積に対する比(s:S)、くぼみ深度のくぼみ底辺長に対する比に s:S を乗じたもの(s:S × d:t)を形態特徴量として採用しました。クラスター分析で Type I (smooth: n=158)、Type II (jagged: n=63)、Type III (rough: n=11)の 3 群に分類されました。Type I は腫瘍凹凸が少なく、Type III は凹凸の著しい形態です。切除標本肉眼形態(単純結節型)は Type I、II、III で各 82%、52%、27%(I vs. II, P=0.000; I vs. III, P=0.0001)。組織学的 vp 陽性は Type I、II、III で各 16%、35%、82% (I vs. II, P=0.005; I vs. III, P=0.000; II vs. III, P=0.001)。5 年無再発生存率は I、II、III で各 27%、23%、0% (I vs. III, P = 0.0003; II vs. III, P = 0.008)。5 年生存率は各 64%、53%、0% (I vs. II, P = 0.038; I vs. III, P = 0.001; II vs. III, P = 0.002)。本分類は vp (P=0.000)、無再発生存 (P=0.002)、累積生存 (P=0.004) の独立予測因子でありました。術前 CT から客観的に vp 因子を予測できる画像解析システムを開発し、Type II/III では根治性を重視した系統的切除が望ましいことが示唆されました。

(2) 2013~2015 年に施行された肝切除は 646 例のうち 207 例が系統的肝切除術かつ高難度手術に該当していました。これらの出血量中央値 377cc (5~3500) で、疾患別に原発性肝癌 320cc、転移性肝癌 285cc、胆道癌 547cc でありました。術前に構築された 3D 画像と切除標本との比較で 78% の症例で計画通り妥当な切除が施行されていました。一方、22% では術中の腹水出現、肝生検による肝線維化程度の悪化、肝離断面からの出血方などの理由で術式変更および縮小手術が施行されていました。すなわち、部分切除への変更や不完全な肝離断面の肝静脈露出などを認めました。術後合併症との関連性において術中出血量 500cc および 1000cc を境界として術式変更が施行されていました。また出血量 820ml を境に術後合併症は有意に増加しており、820ml 以下に抑制することが肝要であることも判明しました。3D 画像と切除標本を用いて手術手技を評価できる可能性が示唆され、出血量に基づく危険回避ポイントが設定されました。これらの結果を用いて手術教育を実施することにより外科医の肝切除技術や出血抑制意識は向上しました。

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 10 件)

Nakayama H, Takayama T, Management before hepatectomy for hepatocellular carcinoma with cirrhosis., *World Journal of Hepatology*., 査読有, 7 巻, 2015, 2292-2302.

doi: 10.4254/wjh.v7.i20.2292.

Aramaki O, Takayama T, Higaki T, Nakayama H, Okubo T, Midorikawa Y, Moriguchi M., Preoperative diagnosis with versus without MRI in resection for hepatocellular carcinoma., *Surgery*., 査読有, 158 巻, 2015, 1512-1520.

doi: 10.1016/j.surg.2015.06.019.

Maebayashi T, Abe K, Aizawa T, Sakaguchi M, Ishibashi N, Abe O, Takayama T, Nakayama H, Matsuoka S, Nirei K, Nakamura H, Ogawa M, Sugitani M., Improving recognition of hepatic perivascular epithelioid cell tumor: Case report and literature review., *World Journal of Gastroenterology*., 査読有, 21 巻, 2015, 5432-5441.

doi: 10.3748/wjg.v21.i17.5432.

Nakayama H, Takayama T, Higaki T, Okubo T, Moriguchi M, Yoshida N, Kuronuma A., Verification of inferior right hepatic vein-conserving segments 7 to 8 resection of the liver., *International Surgery*., 査読有, 100 巻, 2015, 683-688.

doi: 10.9738/INTSURG-D-14-00183.1.

Nakayama H, Takayama T., Role of surgical resection for hepatocellular carcinoma based on Japanese clinical guidelines for hepatocellular carcinoma., *World Journal of Hepatology*., 査読有, 7 巻, 2015, 261-269.

doi: 10.4254/wjh.v7.i2.261.

Yoshida N, Takayama T, Midorikawa Y, Higaki T, Nakayama H, Moriguchi M, Tsuji S., Surgical outcomes in patients with hepatocellular carcinoma associated with metabolic syndrome., *World Journal of Surgery*., 査読有, 39 巻, 2015, 471-477.

doi: 10.1007/s00268-014-2828-0.

Aramaki O, Takayama T, Higaki T, Nakayama H, Ohkubo T, Midorikawa Y, Moriguchi M, Matsuyama Y., Decreased blood loss reduces postoperative complications in resection for hepatocellular carcinoma., *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic*

*Sciences*., 査読有, 21 巻, 2014, 585-591.  
doi: 10.1002/jhbp.101.

Nakayama H, Takayama T, Okubo T, Higaki T, Midorikawa Y, Moriguchi M, Aramaki O, Yamazaki S., Subcutaneous drainage to prevent wound infection in liver resection: a randomized controlled trial., *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*., 査読有, 21 巻, 2014, 509-517.

doi: 10.1002/jhbp.93.

Nakayama H, Takayama T, Okubo T, Higaki T, Midorikawa Y, Moriguchi M, Itoh A., Proposal of objective morphological classification system for hepatocellular carcinoma using preoperative multiphase computed tomography., *Journal of Gastroenterology*., 査読有, 49 巻, 2014, 1430-1437.

doi: 10.1007/s00535-013-0908-9.

Mochizuki S, Nakayama H, Higaki T, Okubo T, Midorikawa Y, Moriguchi M, Aramaki O, Yamazaki S, Sugitani M, Takayama T., Repeat liver resection for hepatocellular carcinoma complicating primary biliary cirrhosis., *International Surgery*., 査読有, 98 巻, 2013, 424-427.

doi: 10.9738/INTSURG-D-13-00082.1.

〔学会発表〕(計 12 件)

中山壽之, 高山忠利, 青木優, 檜垣時夫, 吉田直, 渡邊愛, 東風貢, 食道癌と肝細胞癌の重複に対する治癒切除の検討, 第 12 回日本消化管学会総会学術集会, 2016 年 2 月 26 日, 京王プラザホテル(東京都・新宿区)

中山壽之, 高山忠利, 大久保貴生, 緑川泰, 肝癌 CT 形態分類システムを用いた vp 診断と治療の近未来, シンポジウム, 第 77 回日本臨床外科学会総会, 2015 年 11 月 25 日, 福岡国際会議場(福岡県・福岡市)

Hisashi Nakayama, Tadatoshi Takayama, Tokio Higaki, Masamichi Moriguchi, Treatment strategy for hepatocellular carcinoma accompanied by severe portal invasion., *International Liver Cancer Association's 9th Annual Conference*, 2015 年 9 月 4-6 日, パリ(フランス)

中山壽之, 高山忠利, 肝内胆管癌の予後に関するリンパ節郭清の意義, ミニワークショップ, 第 27 回日本肝胆膵外科学会・学術集会, 2015 年 6 月 11 日, ホテルグランパシフィック LE DAIBA(東京都・港区)

中山壽之, 高山忠利, 肝内胆管癌の予後因子とリンパ節郭清の必要性, ワークショップ, 第 51 回日本肝臓学会総会, 2015

年 5 月 22 日、熊本ホテルキャッスル(熊本県・熊本市)

中山壽之、高山忠利、大久保貴生、CT 画像解析に基づく肝細胞癌形態分類システムの開発、第 22 回日本消化器関連学会週間、2014 年 10 月 24 日、ポートピアホテル(兵庫県・神戸市)

中山壽之、高山忠利、大久保貴生、檜垣時夫、緑川泰、金本彰、山崎慎太郎、森口正倫、青木優、門脈圧亢進症合併肝癌に対する治療アルゴリズム選択因子の検証、第 69 回日本消化器外科学会総会、2014 年 7 月 16 日、郡山市民文化センター(福島県・郡山市)

Hisashi Nakayama, Tadatoshi Takayama, Proposal of objective morphological classification system for hepatocellular carcinoma using preoperative multiphase computed tomography, CARS 2014 Computer assisted radiology and surgery 28<sup>th</sup> international congress and exhibition, 2014 年 6 月 25 日、福岡国際会議場(福岡県・福岡市)

中山壽之、高山忠利、檜垣時夫、大久保貴生、緑川泰、山崎慎太郎、金本彰、森口正倫、10 個以上大腸癌肝転移に対する肝切除の検討、第 39 回日本外科系連合学会学術集会、2014 年 6 月 20 日、日本教育会館(東京都・千代田区)

中山壽之、高山忠利、檜垣時夫、大久保貴生、緑川泰、山崎慎太郎、金本彰、青木優、宮崎晃行、吉田直、下右肝静脈温存 S78 切除術の検証、第 26 回日本肝胆膵外科学会・学術集会、2014 年 6 月 13 日、和歌山県民文化会館(和歌山県・和歌山市)

中山壽之、高山忠利、大久保貴生、檜垣時夫、緑川泰、金本彰、山崎慎太郎、森口正倫、青木優、単発肝癌と 2・3 個肝癌の治療境界に関する検討、パネルディスカッション、第 114 回日本外科学会定期学術集会、2014 年 4 月 4 日、京都国際会議場(京都府・京都市)

Hisashi Nakayama, Tadatoshi Takayama, Osamu Aramaki, Liver resection for local recurrence of hepatocellular carcinoma following radiofrequency ablation, International surgical week ISW 2013, 2013 年 8 月 25-29 日、ヘルシンキ・フィンランド

〔図書〕(計 10 件)

中山壽之、開胸(開腹); 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p57-59

中山壽之、肝門処理; 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p60-62

中山壽之、肝授動; 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p63-65

中山壽之、肝静脈処理; 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p66-69

中山壽之、左葉切除(S2+S3 切除); 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p140-149

中山壽之、S4 切除; 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p150-157

中山壽之、S7 切除; 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p182-189

中山壽之、S5 切除; 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p190-199

中山壽之、S6 切除; 幕内雅敏編、幕内肝臓外科学、文光堂(東京)、2014、p200-205

中山壽之、高山忠利; 日本肝臓学会編、科学的根拠に基づく肝癌診療ガイドライン 2013 年版、金原出版株式会社(東京)、2013、p14-16、p74-75、p87-92

〔産業財産権〕

出願状況(計 2 件)

名称: 形状特徴抽出方法、形状特徴抽出処理装置、形状記述方法及び形状分類方法

発明者: 伊藤 彰義、中山 壽之、高山 忠利

権利者: 日本大学

種類: 特許

番号: 特願 2015-023608

出願年月日: 2015 年 2 月 9 日

国内外の別: 国内

名称: 医用画像処理装置、その医用目的領域抽出方法及び医用目的領域抽出処理プログラム

発明者: 伊藤 彰義、中山 壽之、高山 忠利

権利者: 日本大学

種類: 特許

番号: 特願 2014-032066

出願年月日: 2014 年 2 月 21 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.med.nihon-u.ac.jp/department/surgery3/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 壽之(NAKAYAMA, Hisashi)

日本大学・医学部・講師

研究者番号: 00287632

(2) 研究分担者

高山 忠利(TAKAYAMA, Tadatoshi)

日本大学・医学部・教授

研究者番号: 30280944