

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：32653

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K09084

研究課題名（和文）人工知能のルール抽出技術による心臓外科術後肺合併症リスク予測のアルゴリズム開発

研究課題名（英文）Development of algorithm for predicting risk of pulmonary complications after cardiac surgery using artificial intelligence rule extraction technology

研究代表者

市場 晋吾 (Ichiba.shingo, Shingo)

東京女子医科大学・医学部・教授

研究者番号：30284102

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：心臓血管外科はICU入室に伴い最も侵襲性の高い外科的手術であることから合併症如何では長期的なICU管理を余儀なくされる診療科の1つである。特に長期化するリスク因子としては肺関連の合併症を併発するモデルである。これらの長期化を余儀なくされる合併症のリスクを事前に推定することができれば、ICUからの早期離床が可能ではないかと考えた。本研究では人工知能を用いた心臓血管外科術後合併症アルゴリズム作成の作成可能性について検討した

研究成果の学術的意義や社会的意義

心臓血管外科のICU長期化リスクを事前に予知することで、真のハイリスク症例を自動で検出するだけでにとどまらず、本研究を実施することでICU入室患者総数を大きく減らすことが可能となり、医師のタスクシフトが可能になると考えた。その結果、1泊10万円を超えるICU入室にかかる社会的負担を減らすことが可能となる。

研究成果の概要（英文）：Cardiovascular surgery is one of the most invasive surgical procedures requiring ICU admission and, depending on complications, long-term ICU management. A particular risk factor for prolonged ICU stay is the model of pulmonary complications. We hypothesized that early discharge from the ICU would be possible if the risk of these prolonged complications could be estimated in advance. In this study, we investigated the feasibility of creating an algorithm for postoperative complications of cardiovascular surgery using artificial intelligence.

研究分野：生体工学

キーワード：人工知能 集中治療 心臓外科 アルゴリズム

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

心臓外科手術は東京女子医科大学において最もアクティブな研究が遂行されている診療科であるとともに国内屈指の症例が関連病院以外からも集まる日本の砦ともいべき診療科である。そのため ICU でもその大半が心臓外科症例であり、成人であれば大動脈解離や補助人工心臓、心臓移植、また小児の先天性疾患についても多種多様な症例が ICU に入室を余儀なくされる。

また他の症例と比較しても、心臓外科に関する症例は ICU の滞在期間が長期化することが多く、常に心臓外科の専門医が ICU で術後管理を集中治療科医師と連携している。その一方で、心臓外科の症例として長期化する患者には年齢や補助人工心臓や ECMO、IABP や臓器移植などの報告の多い症例以外にも突如、長期化する患者が年 1 - 2 例程度存在していた。これらの患者はハイリスク症例としてもフォーカスされない患者であることが多く、本学のみならず日本の ICU が適切に患者管理・運用するうえで非常に医師の勤務時間やオンコールといった QOL を阻害する因子の 1 つであると考えていた。

うち、このような長期化される症例の多くは人工呼吸器を装着されることが多いことからその予兆となる因子を近年話題の生成 AI を用いてルール抽出し、ICU 入室前にリスクを予測するためのアルゴリズム作成につかえないかと考え、研究を開始した。

2. 研究の目的

心臓血管外科手術は最も侵襲度の高い外科手術の一つであり、合併症のために長期間 ICU に入室する患者も少なくありません。特に長期滞在のリスク因子として頻度が高く重要なものは肺合併症です。術前、周術期、および術後の要因がこれらに関与していると考えられます。本研究では、これらの要因を詳細に調査し、肺合併症を予測するアルゴリズムを人工知能 (AI) を用いて作成します。このアルゴリズムにより、術後の肺合併症リスクを予測し、早期に治療介入を行うことで、ICU からの早期退室を促し、治療成績の向上や医療費の抑制を目指します。具体的には、提供された診療データを活用して AI モデルを構築し、その予測正診率を評価するシステムについて検討を行った。

3. 研究の方法

実験データの抽出方法について

対象者は 2019 年 4 月から 2021 年 12 月までの間に心臓血管外科手術を受け、2F-ICU に入室し治療を受けた患者様を対象とした。本研究に至り、東京女子医科大学の臨床研究に関する委員会の許可の下、行った。提供された診療情報は以下のとおりである。

- (1). **患者プロフィール**
 - 年齢、性別、体重、嗜好歴 (飲酒、喫煙) など
- (2). **主病名**
- (3). **合併症や内服薬**
- (4). **EuroSCORE II**
- (5). **手術前検査**
 - 胸部レントゲン、心臓エコー検査、血液検査、尿検査、呼吸機能検査など
- (6). **手術の種類**
 - 緊急手術または定時手術
- (7). **手術前日**
 - バイタルサイン
- (8). **術前の機械的補助**
 - Intra-aortic balloon pumping (IABP)、Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO)、Impella の有無
- (9). **手術内容**
 - 術式、手術時間、麻酔時間、人工心肺時間、大動脈遮断時間、出血量、輸血量など
- (10). **手術後 ICU 入室時**
 - バイタルサイン、肺動脈圧、心係数、中心静脈圧、中心静脈酸素飽和度、採血検査、動脈血液ガス検査、Sequential Organ Failure Assessment (SOFA)、APACHE (Acute physiology and chronic health evaluation) II、機械的補助の有無、カテコラミン投与量、一酸化窒素 (NO) の有無など
- (11). **ICU 入室 2 日目**
 - バイタルサイン、血液検査、動脈血液ガス検査、SOFA、APACHE II スコアなど
- (12). **肺合併症**
 - 気管挿管による人工呼吸器期間、手術後の循環および呼吸 ECMO の有無、術後に再挿管になった場合にはその理由、術後肺炎や膿胸などの感染症の有無

4. 研究成果

本研究でこれらのデータを収集したところ、以下の3点について本研究を遂行するには多くの基礎データなどが欠如していることが分かった。

(1) 本病院内で関連データが不足していたこと

大学病院であることから症例については該当期間で300例近くの該当症例があり、プレ解析を実施したものの、その多くが本解析に不適なデータであることが判明した。患者プロフィールについてはほぼ全症例でそろっている一方で、院内の検査記録が適切なタイミングかつ共通項目が少なく、またそのデータのandを作成しても欠損データがあまりにも多く適切な解析を行うことができなかった。

(2) 予後について該当患者のデータ欠如

大学病院としての立ち位置もあり、多くの症例があったものの術後は紹介元の病院へ戻り術後のデータを得るすべがないことがわかった。状態の悪い急性期のデータばかりであり、合併症例でデータ2例程度のデータしかなく、そもそも前段階の統計処理を行うこともままならないことが分かった。そのため生成AIを利用したとしても既存のデータとの比較や対象結果についても統計学的な有意差を取れるだけの該当症例に共有されるデータがほとんどなく、これまでの研究成果と大きく差が得られるようなデータを示すこともできないということを確認した。またこれらのデータは症例数の少なさから、個人情報としての観点からも公開することが難しいことから本報告書への記載を断念する。

(3) 当院をめぐる事態

また当院における集中治療管理体制が、一部の報道機関でも報告されたように2022年9月より大幅に変更になり、本研究を実施・協力いただいていた集中治療科の関連医師の多くが東京女子医科大学を去ることとなった。またその後の本学の混乱を終息すべく、患者ファーストでたった一人、本学に残った集中治療科専門医師として、他部門から異動し、まだ癒えぬCovid-19の重症症例を管理しつつ、医療に尽力したことから本研究を継続するだけの時間的余裕はなくなり、本研究を継続遂行することが完全に不可能となった。そのため一部のデータを作成するのに必要な最低限の支出を除き、最終年度の研究予算はすべて返金することとした。それと別途で、本研究を中心に行っていた若い医師1名が闘病の末に夭逝した。彼が収集していた多くのプレ解析データについても、解析データがロストしてしまったことからこれ以上、私1人の力では本学で研究を続けることができなくなってしまった。本研究を中心に行ってくれたA医師への感謝と共に本研究において、代表者として成果を出せなかったことについては非常に無念である。

今後、本研究を継続させるには心臓外科が主体となり、関連病院や予後の管理を含めた長期間かつ大規模研究へと移行する必要があると考えているが、それについては今後の課題として引き続き本研究チームの講師らが異動した聖マリアンナ医科大学の集中治療科チームを中心に実施してくれれば幸甚です。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Yoshioka Daisuke, Toda Koichi, Ono Minoru, Fukushima Norihide, Shiose Akira, Saiki Yoshikatsu, Usui Akihiko, Wakasa Satoru, Niinami Hiroshi, Matsumiya Goro, Arai Hirokuni, Sawa Yoshiki, Miyagawa Shigeru, on behalf of the Japanese HeartMate Investigators	4. 巻 86
2. 論文標題 Effect of Diabetes Mellitus on Outcomes in Patients With Left Ventricular Assist Device Analysis of Data From a Japanese National Database	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Circulation Journal	6. 最初と最後の頁 1950 ~ 1958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1253/circj.CJ-21-1056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yoshimura Asami, Kikuchi Noriko, Saito Satoshi, Suzuki Atsushi, Hattori Hidetoshi, Shoda Morio, Ichihara Yuki, Niinami Hiroshi, Hagiwara Nobuhisa, Yamaguchi Junichi, Nunoda Shinichi	4. 巻 4
2. 論文標題 Stratification of Destination Therapy Candidates by J-HeartMate Risk Score Among Elderly Non-Responders to Cardiac Resynchronization Therapy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Circulation Reports	6. 最初と最後の頁 405 ~ 411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1253/circrep.CR-22-0074	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Matsui Kentaro, Sato Nobuo, Idei Masafumi, Arakida Masako, Seino Yusuke, Ishikawa Jun-ya, Nakagawa Masashi, Akaho Rie, Nishimura Katsuji, Nomura Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 An Automated Algorithm for Determining Sleep Using Single-Channel Electroencephalography to Detect Delirium: A Prospective Observational Study in Intensive Care Units	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Healthcare	6. 最初と最後の頁 1776 ~ 1776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/healthcare10091776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Seino Yusuke, Sato Nobuo, Idei Masafumi, Nomura Takeshi	4. 巻 5
2. 論文標題 The Reduction in Medical Errors on Implementing an Intensive Care Information System in a Setting Where a Hospital Electronic Medical Record System is Already in Use: Retrospective Analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JMIR Perioperative Medicine	6. 最初と最後の頁 e39782 ~ e39782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2196/39782	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Idei Masafumi, Seino Yusuke, Sato Nobuo, Yoshida Takuya, Saishu Yumi, Fukui Kimiya, Iwabuchi Masahiro, Ishikawa Junya, Ota Kei, Kamei Daigo, Nakagawa Masashi, Nomura Takeshi	4. 巻 37
2. 論文標題 Validation of the patient State Index for monitoring sedation state in critically ill patients: a prospective observational study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Monitoring and Computing	6. 最初と最後の頁 147 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10877-022-00871-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Umei Nao, Ichiba Shingo, Genda Yuki, Mase Hiroshi, Sakamoto Atsuhiko	4. 巻 45
2. 論文標題 Early predictors of oxygenator exchange during veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: A retrospective analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The International Journal of Artificial Organs	6. 最初と最後の頁 927 ~ 935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/03913988221118382	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikeda Tokuji, Ichiba Shingo, Sasaki Takashi, Sato Masaaki, Konoeda Chihiro, Okamoto Tsukasa, Miyazaki Yasunari, Nakajima Jun, Sakamoto Atsuhiko	4. 巻 26
2. 論文標題 A case of severe respiratory failure due to interstitial pneumonia successfully bridged to lung transplantation from a brain-dead donor using 109-day veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Artificial Organs	6. 最初と最後の頁 84 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10047-022-01341-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 市場 晋吾, 服部 英敏, 山田 有希子, 清野 雄介	4. 巻 14
2. 論文標題 特集 生理学2 Part 4 循環 8.経皮的循環補助の生理学 (ECMO/IMPELLA/IABP)-各装置の適応,臓器への影響,管理,合併症	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 INTENSIVIST	6. 最初と最後の頁 331 ~ 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11477/mf.3102200970	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 市場晋吾、菊池規子	4. 巻 2022-'23
2. 論文標題 補助循環(ECMO、IABP、Impella)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 集中治療医学レビュー	6. 最初と最後の頁 1023~1030
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤田 健亮、市場 晋吾	4. 巻 29
2. 論文標題 徹底分析シリーズ 一歩踏み込む搬送医療-患者搬送のサイエンスとアート ECMO装着患者の搬送-集約化のための安全な重症患者搬送を目指して	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 LiSA	6. 最初と最後の頁 676~685
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.11477/mf.3101202290	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 星野 あつみ、市場 晋吾	4. 巻 282
2. 論文標題 人工臓器の最前線(vol.6) 呼吸不全に対する膜型人工肺(VV-ECMO) withコロナの時代に向けて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 1023~1030
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本 舞、市場 晋吾、坂西 佐久子、星野 あつみ、嶋田 正子、矢口 有乃、野村 岳志	4. 巻 92
2. 論文標題 長期VV-ECMO管理中のCOVID-19関連重症呼吸不全患者の治療方針の決定に対してJonsen 4分割表を用いた倫理的アプローチを施行した1例	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 東京女子医科大学雑誌	6. 最初と最後の頁 103~109
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.24488/jtwmu.92.3_103	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 7. Idei M, Seino Y, Sato N, Saishu Y, Goto S, Namekawa M, Moriwaki S, Ishikawa J, Kamei D, Nakagawa M, Ichiba S, Nomura T	4. 巻 37
2. 論文標題 Catheter related thrombosis after cardiac surgery in patients with central venous and pulmonary artery catheters inserted into the right internal jugular vein: a single-center, prospective, observational study.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Heart vessels	6. 最初と最後の頁 691, 696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-021-01955-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件(うち招待講演 3件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 市場晋吾
2. 発表標題 Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO
3. 学会等名 日本透析医学会雑誌(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 市場晋吾
2. 発表標題 重症呼吸不全に対するECMOの最新知見
3. 学会等名 日本医工学治療学会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 市場晋吾
2. 発表標題 10年後にも役立つECMO治療の基礎
3. 学会等名 日本人工臓器学会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 工藤 弦, 堀部 達也, 加島 広太, 菊地 剛, 志真 奈緒子, 青山 要平, 野村 岳志, 市場 晋吾, 若林 秀隆
2. 発表標題 腹臥位中の集中治療 当院におけるVV-ECMO下の腹臥位管理法
3. 学会等名 日本集中治療医学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田 有希子, 市原 有起, 飯塚 慶, 齋藤 聡, 菊池 規子, 服部 英敏, 萩原 誠久, 市場 晋吾, 野村 岳志, 新浪 博士
2. 発表標題 集中治療における重症心不全に対する補助循環によるブリッジ-VA-ECMO, ECPELLA, VAD- 当院における心原性ショックに対するMCSブリッジ戦略
3. 学会等名 日本集中治療医学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本 舞, 星野 あつみ, 救仁郷 達也, 石川 淳哉, 清野 雄介, 吉田 拓生, 佐藤 暢夫, 幸野 真樹, 市場 晋吾, 野村 岳志
2. 発表標題 VV-ECMOからの離脱にINTELLiVENT-ASVを使用した一例
3. 学会等名 日本集中治療医学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	野村 岳志 (Nomura Takeshi) (10243445)	徳洲会湘南鎌倉総合病院・臨床研究センター・主任研究員 (92720)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	林 陽一 (Hyashi Yoichi) (20189666)	明治大学・理工学部・専任教授 (32682)	
研究分担者	新浪 博 (Ninami Hiroshi) (30241079)	東京女子医科大学・医学部・教授 (32653)	
研究分担者	佐藤 暢夫 (Sato nobuo) (80439869)	聖マリアンナ医科大学・医学部・准教授 (32713)	
研究分担者	清野 雄介 (Seino yusuke) (90366352)	聖マリアンナ医科大学・医学部・教授 (32713)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関