

Resuscitation; CPR) と救急心血管治療 (Emergency Cardiovascular Care; ECC) のための国際ガイドラインを報告した。この国際ガイドライン 2000 の報告により、わが国でも院外心停止傷病者に対する関心が高まり、それぞれの地域で救急医療とその体制を審査する取り組みが始まった。そして、その弱点を明らかにし院外心停止傷病者の生存率を最大限に引き上げる対策 (2003 年: 特定行為に対する包括指示が救急救命士に許可、2004 年: AED 使用が市民に許可・アドレナリン静脈内投与と気管挿管が救急救命士 (追加実習必要) に許可など) が開始された。その後、ILCOR は国際ガイドライン 2000 を改変し、5 年毎(2005 年・2010 年)に新たな EBM を検証・追加し、Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations (CoSTR) として報告した。CoSTR とは CPR と ECC のための国際的な統一聖書であり、ILCOR は CoSTR を基に、それぞれの地域の救急医療体制にあったガイドラインの作成を推奨した。2010 年には ILCOR 加盟 6 団体がその地域のガイドラインを作成し報告した。

・世界に類を見ない All Japan Utsein レジストリの取り組み

院外心停止傷病者に対する Utsein 様式 (CPR 関連の用語と定義を統一した国際標準) を用いた大規模集計が大阪府から開始され、関東地方に、そして 2005 年から世界に類を見ない全国集計に発展した。これら Utsein 様式を用いたわが国の解析報告は CoSTR 2005 と 2010 の改変に寄与した。

そして、分担研究から考察した院外心停止傷病者の社会復帰率を最大限に引き上げる主要対策は、以下の 3 つと考える。

1. 自己心拍再開を一刻も早く達成させること
2. 心拍再開直後から救急集中治療を展開す

ること

3. 心拍再開前から再灌流傷害の対策を講じること

D. 結論

SAVE-J 研究は、2015 年に改変される CoSTR (新たな EBM を検証・追加) において、ECPR の検証に大きく寄与すると考える。

E. 論文報告

1. 論文発表

- 1) Nagao K, Hayashi N, Arima K, Ooiwa K, Kikushima K, Anazawa T, et al. Effects of combined emergency percutaneous cardiopulmonary support and reperfusion treatment in patients with refractory ventricular fibrillation complicating acute myocardial infarction. Intern Med 1999;38: 710-716.
- 2) Nagao K, Hayashi N, Kanmatsuse K, Arima K, Ohtsuki J, Kikushima K, et al. Cardiopulmonary cerebral resuscitation using emergency cardiopulmonary bypass, coronary reperfusion therapy and mild hypothermia in patients with cardiac arrest outside the hospital. J Am Coll Cardiol 2000;36:776-783.
- 3) Nagao K, Kikushima K, Watanabe K, Tachibana E, Tominaga, Y, Tada K, et al. Early induction of hypothermia during cardiac arrest improves neurological outcomes in patients with out-of-hospital cardiac arrest who undergo emergency cardiopulmonary bypass and percutaneous coronary intervention. Circ J, 2010;74: 77-85.
- 4) Morimura N, Sakamoto T, Nagao K, Asai Y, Yokota H, Tahara Y, et al. Extra-

- corporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: A review of the Japanese literature. *Resuscitation* 2011;82:10-14.
- 5) Nagao K. Therapeutic hypothermia following resuscitation. *Curr Opin Crit Care* 2012;18:239-245.
 - 6) Iwami T, Kitamura T, Kawamura T, Mitamura H, Nagao K, Takayama M, Seino Y, Tanaka H, Nonogi H, Yonemoto N, Kimura T: Chest compression-only cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest with public-access defibrillation: A nationwide cohort study. *Circulation* 2012;126(24):2844-2851.
 - 7) Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, Nitta M, Nagao K, Nonogi H, Yonemoto N, Kimura T: Nationwide improvements in survival from out-of-hospital cardiac arrest in Japan. *Circulation* 2012;126(24):2834-2843.
 - 8) Yagi T, Nagao K, Sakatani K, Kawamorita T, Soga T, Kikushima K, Watanabe K, Tachibana E, Tominaga Y, Tada K, Ishii M, Chiba N, Nishikawa K, Matsuzaki M, Hirose H, Yoshino A, Hirayama A: Changes of cerebral oxygen metabolism and hemodynamics during ECPR with hypothermia measured by near-infrared spectroscopy: A pilot study. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2013;789:121-128.
 - 9) Japanese Circulation Society Resuscitation Science Study Group (Corresponding author; Nagao K) : Chest-compression-only bystander cardiopulmonary resuscitation in the 30:2 compression-to-ventilation ratio era. Nationwide observational study. *Circ J* 2013;77(11):2742-2750.
 - 10) Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, Asai Y, Yokota H, Nara S, Hase M, Tahara Y, Atsumi T, SAVE-J Study Group: Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: A prospective observational study. *Resuscitation*.2014; <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.01.031>.
 - 11) Ito N, Nishiyama K, Callaway CW, Orita T, Hayashida K, Arimoto H, Abe M, Endo T, Murai A, Ishikura K, Yamada N, Mizobuchi M, Anan H, Okuchi K, Yasuda H, Mochizuki T, Tsujimura Y, Nakayama T, Hatanaka T, Nagao K, for the J-POP Registry Investigators: Noninvasive regional cerebral oxygen saturation for neurological prognostication of patients with out-of-hospital cardiac arrest: A prospective multicenter observational study. *Resuscitation*. 2014; <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.02.012>.
 - 12) Aibiki M, Iwata O, Nonogi H, Kinoshita K, Nagao K; Board of Directors of the Japanese Association of Brain Hypothermia : Target temperature management for postcardiac arrest patients. *Ther Hypothermia Temp Manag* 4(3):104,2014.
 - 13) Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, Asai Y, Yokota H, Nara S, Hase M, Tahara Y, Atsumi T; SAVE-J Study Group : Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with

out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. Resuscitation 85(6):762-768, 2014.

2. 学会発表

- 1) Nagao K. Cooling is not enough: We need extracorporeal cooling! (Lecture: Brain Freeze! How to Cool Cardiac Arrest Patients During or After Arrest). AHA 2010, Nov15, 2010, Chicago, USA.
- 2) Nagao K. Seminar: Generating artificial circulation during cardiac arrest. Extracorporeal circulatory support during arrest. Scientific Session AHA, Nov14, 2011, Orlando, USA.
- 3) Sakamoto T, Asai Y, Nagao K, Yokota H, Morimura N, Tahara Y, et al for the Save-J study group. Multicenter non-randomized prospective cohort study of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: Study of advanced life support for ventricular fibrillation with extracorporeal circulation in Japan (SAVE-J). Circulation 2011; 124: A-18132. AHA2011, Nov15, 2011, Orlando, USA.
- 4) Nagao K, Tachibana E, Nishikawa K, Yagi T, Yonemoto N, Takayama M, The JCS-Resc Group, Tokyo: 30:2 vs 15:2 compression-ventilation ratio by emergency medical services responders in patients with out-of-hospital nonshockable cardiac arrest. AHA Scientific Sessions 2011 Resc, Orlando, Florida, USA, 2011.11
- 5) Soga T, Nagao K, Yokoyama H, Yonemoto N, Nonogi H, J-PULSE-Hypo Study Group: Influence of early return of spontaneous circulation and early induction of cooling on neurological outcome in patients treated with therapeutic hypothermia after out-of-hospital shockable cardiac arrest. AHA Scientific Sessions 2011 Resc, Orlando, Florida, USA, 2011.11
- 6) Matsuzaki M, Nagao K, Soga T, Nonogi H, Yokoyama H, Yonemoto N, J-PULSE-Hypo Study Group: Effects of rapid intravenous ice-cold fluids for patients treated with therapeutic hypothermia. AHA Scientific Sessions 2011 Resc, Orlando, Florida, USA, 2011.11
- 7) Nagao K, Tachibana E, Nishikawa K, Yagi T, Yonemoto N, Takayama M, Nonogi H, Shirai S, Kimura T, Kasai A, The Japanese Circulation Society with Resuscitation Science Study (JCS-ReSS) Group: The change and effect of dispatcher telephone instructions for cardiopulmonary resuscitation with chest compressions only. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.11
- 8) Sakamoto T, Asai Y, Nagao K, Yokota H, Morimura N, Tahara Y, Atsumi T, Hase M, Nara S, SAVE-J Study Group: Does extracorporeal cardiopulmonary resuscitation improve the short- and long-term outcome of out-of-hospital cardiac arrest? Study of advanced life support for ventricular fibrillation with extracorporeal circulation in Japan (SAVE-J). American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.11
- 9) Kawamorita T, Yagi T, Soga T, Hirose H, Watanabe K, Kikushima K, Yoshino A, Sakatani K, Nagao K: Changes in cerebral

- oxygen metabolism and hemodynamics during ECPR with therapeutic hypothermia measured by near infrared spectroscopy. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.11
- 10) Nagao K, Tachibana E, Nishikawa K, Yagi T, Yonemoto N, Takayama M, Nonogi H, Shirai S, Kimura T, JCS-ReSS Group: The effect of cardiopulmonary resuscitation using a 30:2 compression-ventilation ratio, inclusive of 1-shock protocol, by emergency medical services responders. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.11
 - 11) Soga T, Nagao K, Nonogi H, Yokoyama H, Yonemoto N, Nishikawa K, Hirose H, Yagi T, Kasai A, J-PULSE-Hypo Study Group: Therapeutic hypothermia for comatose survivors after out-of-hospital nonshockable cardiac arrest. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.11
 - 12) Nagao K, Tachibana E, Nishikawa K, Yagi T, Yonemoto N, Takayama M, Shirai S, Nonogi H, Kimura T, JCS-ReSS Group: Bystander cardiopulmonary resuscitation with chest compressions only according to dispatcher telephone instruction status. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.11
 - 13) Nagao K, Tachibana E, Nishikawa K, Yonemoto N, Takayama M, Nonogi H, Shirai S, Kimura T, JCS-ReSS Group: Relationship between neurologically intact survival after return of spontaneous circulation (ROSC) from out-of-hospital cardiac arrest and time interval from collapse to ROSC. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.11
 - 14) Hirose H, Nagao K, Kikushima K, Watanabe K, Nishikawa K, Soga T, Matsuzaki M, Yagi T: Prognostic value of venous blood pH levels in patients treated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation after cardiac arrest due to cardiac etiology. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2012 ReSS. Los Angeles, Calif., USA, 2012.10
 - 15) Nagao K : Post-resuscitation care with therapeutic hypothermia and percutaneous coronary intervention (A-ReSS 4 : Advanced Life Support and Post-resuscitation Care) . The 7th Asian Conference on Emergency Medicine (ACEM 2013), 東京, 2013.10
 - 16) Nagao K, Tachibana E, Yonemoto N, Takayama M, Furuya S, Nonogi H, Shirai S, Kimura T, JCS-ReSS Group: Neurologically intact survival and time interval from collapse to return of spontaneous circulation for patients with out-of-hospital cardiac arrest; A comparison of shockable cardiac arrest and non-shockable cardiac arrest. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
 - 17) Nagao K, Tachibana E, Yagi T, Yonemoto N, Takayama M, Tani S, Nonogi H, Shirai S, Kimura T, JCS-ReSS Group: Time interval from collapse to return of spontaneous circulation and

- neurologically intact survival for out-of-hospital shock-able (ventricular fibrillation or pulseless ventricular tachycardia) cardiac arrest. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 18) Nagao K, Kasai A, Tachibana E, Yonemoto N, Takayama M, Nonogi H, Shirai S, Kimura T, JCS-ReSS Group: Neurologically intact survival and time interval from collapse to return of spontaneous circulation for out-of-hospital non-shock-able cardiac arrest; A comparison of pulseless electrical activity and asystole. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 19) Soga T, Nagao K, Yokoyama H, Yonemoto N, Nonogi H, J-PULSE-Hypo Study Group: Therapeutic hypothermia for patients with post-resuscitation shock after out-of-hospital cardiac arrest. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 20) Nagao K, Tachibana E, Yagi T, Yonemoto N, Takayama M, Nonogi H, Shirai S, Kimura T, JCS-ReSS Group: Relation between time interval from collapse to return of spontaneous circulation and neurologically intact survival for out-of-hospital cardiac arrest. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 21) Kuroda Y, Kawakita K, Nagao K, Yonemoto N, Yokoyama H, Nonogi H: Relation between Glasgow Come Scale motor score immediately after ROSC and neurologic outcomes in patients treated with hypothermia after out-of-hospital cardiac arrest: J-PULSE-Hypo registry. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 22) Atsumi T, Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, Asai Y, Yokota H, Tahara Y, Hase M, Nara S, Ariyoshi K, Asaka Y, Aoki N, SAVE-J Study Group: ECPR indication criteria-from the cost effective analysis in SAVE-J study-. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 23) Shimotakahara J, Shirai S, Nagao K, Nonogi H, Yokoyama H, Yonemoto N, J-PULSE-Hypo Study Group: Impact of high glucose level at admission on thirty days clinical outcomes for the out-of-hospital cardiac arrest patient with acute coronary event undergoing coronary intervention with hypothermia therapy. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 24) Tahara Y, Kimura K, Morimura N, Nagao K, Yonemoto N, Yokoyama H, Nonogi H, J-PULSE-Hypo Study Group: Relation between electrocardiographic changes and neurologic outcomes in patients treated with hypothermia after out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest: J-PULSE-Hypo Registry. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2013 ReSS. Dallas, Texas, USA, 2013.11
- 25) 長尾 建：心停止後症候群に対する治療戦略（教育講演 12（ランチョンセミナー））。第

- 64 回日本救急医学会関東地方会，横浜，2014.2
- 26) Nagao K, Nonogi H, Yonemoto N, Takayama M, Shirai S, Iwami T, Kitamura T, Kimura T, JCS-ReSS Group: Resuscitation science in Asia. The 78th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society, 東京, 2014.3
- 27) 長尾建: 心停止蘇生後の循環・体温管理 (教育セッション: 日常診療における他科との連携 円滑な循環器内科コンサルテーションを考える) . The 78th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society, 東京, 2014.3
- 28) 長尾 建: PCAS の重要性 教育講演. 第 17 回日本脳低温療法学会, 静岡, 2014.8
- 29) 二藤部 英治, 三木 隆弘, 岡本 一彦, 長尾 建: 心拍再開後ケアにおける臨床工学技士の役割 (多職種シンポジウム 1: 救急・集中治療におけるチーム医療. 第 17 回日本脳低温療法学会, 静岡, 2014.8
- 30) 長谷 守, 上村 修二, 國分 宣明, 成松 英智, 渥美 生弘, 田原 良雄, 森村 尚登, 横田 裕行, 長尾 建, 坂本 哲也, SAVE-J study group : ECPR カニュレーション方法アンケート調査 透視下カニュレーションは社会復帰率改善に寄与するか? (シンポジウム 1: 我が国の多施設共同研究からの国際発信). 第 17 回日本脳低温療法学会, 静岡, 2014.8
- 31) Ken Nagao : Emergency Cardiopulmonary Bypass, Therapeutic Hypothermia And Primary Coronary Intervention For Patients With Refractory Cardiac Arrest Due To Acute Coronary Syndrome. The 5th International Hypothermia and Temperature Management Symposium (IHTMS), Edinburgh, UK, 2014.9
- 32) 長谷 守, 上村 修二, 國分 宣明, 成松 英智, 渥美 生弘, 田原 良雄, 森村 尚登, 横田 裕行, 長尾 建, 坂本 哲也, SAVE-J study group : ECPR カニュレーション方法アンケート調査 透視下カニュレーションは社会復帰率改善に寄与するか?. 第 42 回日本救急医学会総会・学術集会, 福岡, 2014.10
- 33) Ken Nagao, Tetsuya Sakamoto, Naoto Morimura, Yasufumi Asai, Hiroyuki Yokota, Satoshi Nara, Mamoru Hase, Yoshio Tahara, Takahiro Atsumi, SAVE-J Study Group : Extracorporeal CPR with Therapeutic Hypothermia Plus Percutaneous Coronary Intervention for Patients with Out-of-Hospital Shockable Cardiac Arrest Due to Acute Coronary Syndrome. American Heart Association (AHA) Scientific Sessions 2014 ReSS. Chicago, Illinois, USA, 2014.11

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
特になし
2. 実用新案登録
特になし
3. その他
特になし

経皮的心肺補助装置（PCPS）に関する研究；
体外循環式心肺蘇生（ECPR）に関わる救急医療体制に関する検討 第一報

研究分担者 坂本 哲也 帝京大学医学部救急医学講座 主任教授

研究要旨

【背景・目的】国内の前向き観察研究において、心原性心肺停止例に、ECPR を実施した群は、非実施群に比べ、入院1か月、6か月共にCPC1または2の割合が有意に高いことが報告されたが、現状、全ての救命救急センターでECPRを行える体制にはなく、さらに導入には高額な費用を要する。しなしながら、地域で発生した院外心肺停止症例に対応するための救急医療体制、つまり、ECPRが可能な施設の適正配置というパブリックヘルスの視点からの費用対効果の定量化はほとんど行われていない。本研究は、救命救急センターでECPRを行う体制を整えた場合にECPRが行える院外心肺停止発生数と、発生に対するカバーの割合を定量化し、GISを利用して地図上にその状況を視覚化する事を目的とした。さらにSAVE-J研究の結果に基づいた社会復帰可能患者推定数に基づき、ECPR導入の臨床的効果を定量化した。

【方法】北海道を対象地域とし、1) 20歳～74歳の心肺停止数、2) 内ECPRを要する患者数、3) 内北海道内の11カ所の救命救急センター（以下センター）でECPR施行可能と仮定した体制においてカバー可能な患者数、4) 内CPC1または2の患者数（センターへのECPR導入の効果）を推定した。さらに、平成17年度CPAOAに対するPCPS使用概況に関するアンケートによる各施設の院外心肺停止数、ECPR施行実績と本研究の推定値を比較し、推定値の妥当性を考察した。

【結果】北海道内の20歳～74歳までの心肺停止発生予測数は年間3,918例、心原性心肺停止例は年間2,173例、ECPRを要する心肺停止例は年間161例と推定された。センターに30分以内に搬送可能な心肺停止例、心原性心肺停止例は、それぞれ3,918例中2,222例、2,173例中1,233名であった。北海道の全センターでECPR施行可能と仮定した場合、ECPRを要する心肺停止例、年間161例のうち、直近のセンターに救急車で30分以内に搬送可能（すなわちECPRによるカバー可能）な患者数は91例（56.7%）と推定された。91例のうち、入院1か月後のCPC1または2の患者数は12.4例と推定された。平成17年度CPAOAに対するECPR使用概況に関するアンケートによる各施設の院外心肺停止数、ECPR施行実績と本研究の推定値を比較した結果、本研究の推定値が実績値を上回る傾向にあった。

【結論】今回の推定手法は、患者数の推定、センターでカバー可能な患者の定義、いずれにも様々な限界を内含しているが、GISを活用し患者発生地からセンターへのアクセシビリティを考慮した上で、導入の効果を検証するアプローチのプレリミナリーな例を示すことができたと考えられる。今後、本分析の限界をふまえ、推定手法を再検討し、全県について推定を行い、費用対効果の定量化につなげていく。

A. 背景・目的

A-1. 背景

SAVE-J 研究 (study of advanced life support for ventricular fibrillation with extracorporeal circulation in Japan) (以下 SAVE-J 研究) ¹⁾ において、心原性心肺停止例に対し、体外循環式心肺蘇生 (ECPR : Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation) を実施した群と、非実施群では、CPC1 または 2 の割合が入院 1 か月で、6 か月共に有意に高いことが報告された。しかしながら、平成 17 年度の CPAOA に対する PCPS 使用概況に関するアンケート (以下平成 17 年度アンケート) ²⁾ によれば、現状、すべての救命救急センターで ECPR を行う体制にはない。また ECPR を導入すると、1 患者あたり手技料、材料費だけでも約 50 万円のコスト要する。さらに、救命救急入院料もかかり、低体温療法、大動脈内バルーンパンピング (IABP)、持続的血液透析濾過 (CHDF)、冠動脈ステント留置などの高額医療を同時に行うため、高額な医療費を要するため (3)、適切な医療経済的評価が必要である。

医療経済的評価は、個別の患者の治療に対する費用対効果に加え、地域で発生した院外心肺停止症例に対応するための救急医療体制、つまり、ECPR が可能な施設の適正配置というパブリックヘルスの視点からの費用対効果を検証する必要がある。具体的には、SAVE-J 研究が ECPR の適格基準を、覚知から病着 45 分以内としていることに鑑み、患者発生地から ECPR が施行可能な医療機関へのアクセシビリティを考慮した上で、導入の効果を検証し、さらには導入施設の適正配置についても検討していく視点も必要となる。

地理情報システム (以下 GIS : Geographic Information System) では、緯度・経度に基づいて、全県の地域を最大 80km から最小 125m 四方の網の目 (メッシュ) に分けた区画 (地域メッ

シュ) のデータを利用して、各地域メッシュ (患者発生地) から医療機関への搬送時間の計算を行い、発生状況や医療機関からの時間距離を地図上に視覚化するためのツールとして近年、疫学的研究に活用されている。

しかし、GIS を活用し、院外心肺停止に対する救急医療体制の費用対効果を定量化・視覚化を行った報告は本邦では殆ど行われていない。

A-2. 目的

本研究では、全国の救命救急センターで ECPR を行う体制を整えた場合に ECPR が行える院外心肺停止症例の発生数と、発生に対するカバーの割合を定量化し、GIS を利用して地図上にその状況を視覚化する事を目的とした。

さらに SAVE-J 研究の結果に基づいた推定社会復帰可能患者数に基づく臨床的効果を定量化した。

B. 研究方法

B-1. 対象地域の選定

(1) 県境を越えた救急搬送を考慮しなくてよい地域、(2) 平成 17 年度 CPAOA に対する ECPR 使用概況に関するアンケートの回答割合が 70%以上の都道府県、(3) 回答施設において ECPR 施行数が 1 件以上ある施設が 80%以上、の条件に合致する北海道を対象地域とした検討を行った。

B-2. 分析の単位

ECPR を導入した場合に期待される救命数の推定は、第三次メッシュ (1km 四方) 単位ごとに推定した。(図 1) 第三次メッシュは全国 47 都道府県に 387,210 メッシュ存在し、北海道内のメッシュは 91,742 メッシュである。各メッシュは独自の ID をもち、各メッシュ内の国勢調査人口 (性・年齢別) が入手可能である。

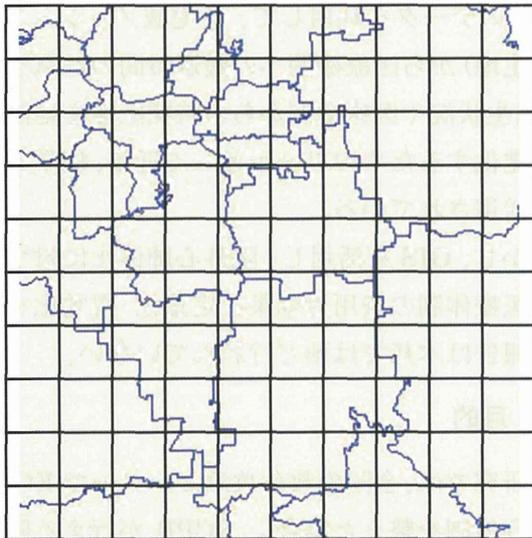


図 1. 第三次メッシュ（1km 四方の区画）

B-3. ECPR を要する心肺停止患者数の推定

下記の手順で、心肺停止例の年間発生数、そのうち ECPR 適応患者数（施行予測数）を推定した。

① 心肺停止の年間発生数

平成 23 年版 救急・救助の現況 (4) (第 62 表, p52) によると、平成 22 年の心肺停止例数は 123,095 人 (第 59 表, p49)、心原性で目撃者ありの心肺停止数は、68,293 例 (第 62 表, p52) であった。同年の国勢調査人口である 127,080,929 人で除して、心肺停止例の年間発生率を人口あたり 0.1%、心原性心肺停止の年間発生率を人口あたり 0.05%とした。

② ECPR を要する院外心肺停止例の予測数

SAVE-J 研究の参加施設のうち、5 施設における平成 18 年の院外心肺停止例 1,220 例において、ECPR 施行例は 50 例 (4%) であり (5)、院外心肺停止例のうち 4%を ECPR が必要となる患者の割合とした。各メッシュにおける院外心肺停止数に ECPR 施行割合を乗じて、ECPR を要する患者数を推定した。なお ECPR の適応となる患者の年齢は、SAVE-J 研究にならって 20 歳～74 歳とした。

B-4. 救命救急センターで ECPR によるカバーが可能な患者数の推定

ECPR が必要となる患者のうち、北海道内の救命救急センター（以下センター）11 施設が、常時 ECPR を施行可能と仮定した体制において、カバー可能な患者数 (ECPR 施行可能な院外心肺停止例数) を、第三次メッシュ (1km 四方) 単位ごとに推定した。

SAVE-J 研究では、ECPR の適応となる患者は、覚知から病着 45 分以内としており、今回は、覚知から現場出発までの時間を約 15 分と仮定し、現場 (各メッシュ) から各センターまで救急車で 30 分以内に搬送可能 (以下 30 分圏内) な患者を、各センターでカバー可能な患者と仮定した。GIS では、各メッシュから各センターへ、救急車で搬送した場合の所要時間 (時間距離) の計算が可能である。時間距離とは、発生現場のメッシュの中心点に直近の道路点 (交差点や道路の属性内容が変化する場所に設定される点) から、直近のセンターに直近の道路点までの区間距離 (km) を、救急車の時速で除した数である。救急車の時速は、南部らの報告 (6) に基づき、時速 50km とした。30 分圏内のメッシュで発生が予測される患者 (すなわち各施設の ECPR カバー患者数) は、最小時間で搬送可能なセンターに割り当てた。

B-5. ECPR 施行の臨床的効果の推定

SAVE-J 研究によれば、ECPR 群で実際に ECPR が施行された 234 例のうち、入院 1 か月の CPC1 または 2 の患者数は 32 例 (13.7%) であり、これを ECPR 施行の効果と見積もった。

B-6. 推定値の妥当性検証

各施設の 30 分圏内の心肺停止数、ECPR 施行可能数の推定値を、平成 17 年度 CPAOA に対する ECPR 使用概況に関するアンケートに回答した施設の ECPR 施行数と比較し、妥当性を検証した。

表 1. 心肺停止、ECPR を要する患者の年間発生予測数

	全国	北海道
全人口	127,767,992	5,627,735
年齢 20~74 歳	91,594,141	4,066,278
心肺停止数 (人口*0.1%)	88,244	3,918
心原性心肺停止数 (人口*0.05%)	48,958	2,173
ECPR を要する患者数 (心肺停止数*4.0%)	3,617	161

C. 研究結果

C-1. 心肺停止例、ECPR を要する患者の年間発生予測数

表 1 に、全国と北海道における、心肺停止例、ならびに ECPR を要する患者の予測数を示した。全国で発生が予測される心肺停止数は年間 88,244 例、心原性的心肺停止例は年間 48,958 例、ECPR を要する心肺停止例は年間 3,617 例と推定された。北海道で発生が予測される心肺停止数は年間 3,918 例、心原性的心肺停止例は年間 2,173 例、ECPR を要する心肺停止例は年間 161 例と推定された。(表 1)

C-2. センターで ECPR によるカバーが可能な患者数

北海道内のセンター11 施設から、30 分圏内のメッシュ内の心肺停止、心原性心肺停止、ECPR を要する患者数を表 2 に示した。いずれかのセンターに 30 分以内に搬送可能な心肺停止例は 3,918 例中 2,222 例、いずれのセンターへも搬

送に 30 分以上要する心肺停止数は 1,696 例であった。心原性心肺停止の患者数では、2,173 例中 1,233 名、いずれのセンターへも搬送に 30 分以上要する患者数は 941 例であった。

北海道内の各第三次メッシュ内で発生する心原性心肺停止例 2,173 例と、そのうち 30 分以内で直近のセンターに搬送可能な患者 1,233 例を地図上に視覚化した。(図 2) さらに、道内のすべてのセンターで ECPR 施行可能と仮定した場合、ECPR を要する心肺停止例、年間 161 例のうち、カバー可能(すなわち 30 分圏内)な ECPR 適応患者数は 91 例 (56.7%) と推定された。(表 2)

C-3. ECPR による予後向上が期待される患者数

91 例のうち、入院 1 か月後の CPC1 または 2 の患者数は SAVE-J 研究の ECPR 群の入院 1 か月の CPC1 または 2 の患者割合 (13.7%) を乗じて、12.4 例と推定された。(表 2)

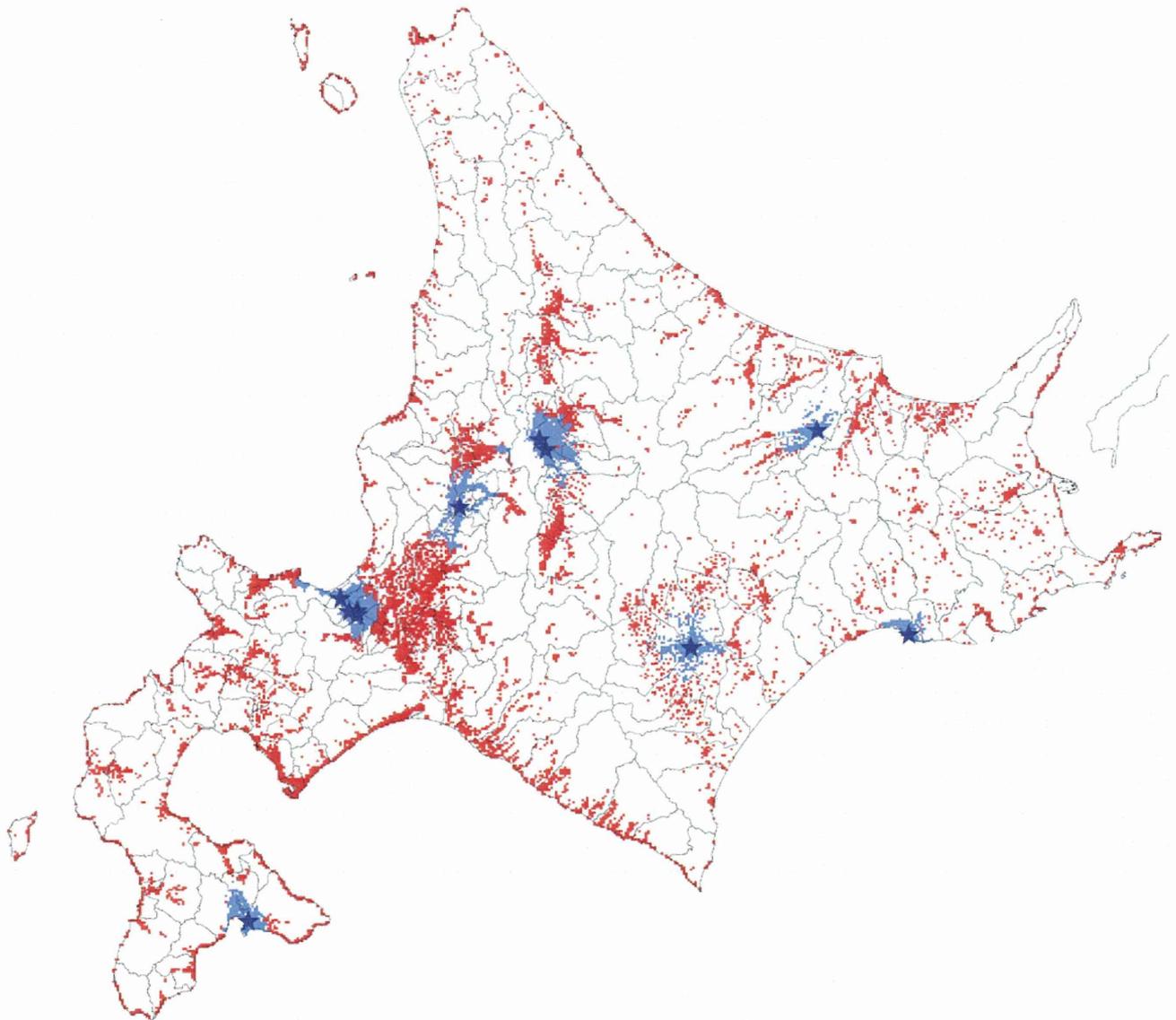
表 2. 北海道内の救命救急センターでカバー可能な患者予測数

救命救急センター		30分圏内人口	30分圏内の心肺停止予測数	内) 心原性心肺停止予測数	内) ECPRを要す患者予測数	内) 入院1か月予後良好例
1	市立札幌病院	394,487	380	211	16	2.1
2	札幌医科大学付属病院	508,269	490	272	20	2.7
3	北海道医療センター	168,566	162	90	7	0.9
4	手稲溪仁会病院	198,504	191	106	8	1.1
5	旭川赤十字病院	166,362	160	89	7	0.9
6	旭川医科大学病院	115,975	112	62	5	0.6
7	市立函館病院	248,612	240	133	10	1.3
8	帯広厚生病院	179,727	173	96	7	1.0
9	市立釧路総合病院	147,155	142	79	6	0.8
10	砂川市立病院	90,662	87	48	4	0.5
11	北見赤十字病院	87,870	85	47	3	0.5
救命センターから30分圏内		2,306,189	2,222	1,233	91	12.5
全救命センターから30分圏外		1,760,089	1,696	941	69	9.5
北海道内の合計		4,066,278	3,918	2,173	161	22.0
カバー可能(30分圏内)割合						56.7%

C-4. 推定値の妥当性検証

本研究で推定した、各施設から30分圏内の心肺停止数、ECPR施行数と、平成17年のアンケートによる各施設の院外心肺停止の症例数、ECPR施行実績を表3に併記した。(表3)11施設数中、平成17年度実績値が入手可能な8施設のうち、院外心肺停止の症例数は最小3.2%(推定値191例、実績値185例)～最大115%(推定値112例、実績値52例)、ECPRECPRを要する心肺停止数では、最小9.3%(推定値10例、実績

値9例)～最大556%(推定値7例、実績値1例)、本研究の推定値が実績値を上回っていた。また、本研究のECPRカバー可能数の平均値は8.3例、平成17年度アンケートでは、北海道の施設でECPR施行実績数が1件以上の施設7施設の平均値は7.1例、全国平均値は3例と、実績数よりも推定数の方が大きかった。



★救命救急センター

■救命救急センターから救急車で30分以内の心肺停止患者が発生するメッシュ (合計患者数2,222例)

■いずれの救命救急センターからも、救急車搬送時間が30分を超える心肺停止患者が発生するメッシュ (合計患者数1,696例)

図2. 救命救急センターから30分圏内、圏外の心肺停止患者発生地図

表 3. 平成 17 年度実績値との比較

救命救急センター		本研究の推定値		平成 17 年度実績値	
		30 分圏内心肺停止数	内) ECPR を要す数	院外心肺停止数	ECPR 施行数
1	市立札幌病院	380	16	348	25
2	札幌医科大学付属病院	490	20	296	14
3	北海道医療センター	162	7	無回答	無回答
4	手稲溪仁会病院	191	8	185	6
5	旭川赤十字病院	160	7	180	1
6	旭川医科大学病院	112	5	52	1
7	市立函館病院	240	10	320	9
8	帯広厚生病院	173	7	無回答	無回答
9	市立釧路総合病院	142	6	91	1
10	砂川市立病院	87	4	無回答	無回答
11	北見赤十字病院	85	3	96	2
合計		2, 222	91	1, 568	59

D. 考察

D-1. 本研究の結果に対する考察

本研究では、北海道を対象として、院外心肺停止の発生予測数、うち ECPR を必要とする患者数を推定した。さらに、GIS を利用し、そのうち北海道内のセンター 11 施設から 30 分以内で搬送可能で ECPR の施行が可能な患者数を推定した。さらに、北海道内の全センター 11 施設で ECPR を導入した場合に予後向上（入院 1 か月の CPC1 または 2）の患者数を推定した。

本研究で推定した、各施設から 30 分圏内の心肺停止数、ECPR を要する患者数と、平成 17 年

のアンケートによる各施設の院外心肺停止数、ECPR 施行実績を比較すると、心肺停止数は最小 3.2%（推定値 191 例、実績値 185 例）～最大 115%（推定値 112 例、実績値 52 例）、ECPR を要する数は、最小 9.3%（推定値 10 例、実績値 9 例）～最大 556%（推定値 7 例、実績値 1 例）と、今回の対象地域である北海道では、いずれも本研究の推定が過大評価の傾向にあった。

D-2. 本研究の限界点

① 発生数の推定方法

本研究では、心肺停止例の年間発生率（人口あたり 0.1%）、心原性心肺停止の年間発生率（人口

あた 0.05%) とともに、全人口あたりで算出し、性・年齢別の発生数を考慮していない。今後、全県レベルの救急搬送記録が存在する奈良県のデータ、第三次メッシュあたりの性・年齢別の国勢調査人口を利用して、性・年齢差を含めた推定が必要と考えられる。

② 救急車によるカバー範囲の推定方法

本研究では、各施設のカバー範囲を、各メッシュから時速 50km の救急車でセンターに 30 分以内で搬送可能な範囲 (30 分圏内)、すなわち、現場から到着まで 30 分以内とした。この条件を満たすためには SAVE-J プロトコルの覚知から到着 45 分以内を満たすためには、覚知から発症までの時間が 15 分以内である必要がある。覚知から現場までの時間の平均値は 8.0 分 (3) と報告されている。また、奈良県の救急搬送記録における平成 24 年 9 月 1 日から 25 年 3 月 31 日までの院外心肺停止搬送例 654 例の現場滞在時間の中央値は 18.3 分であり、これを考慮した場合、覚知から到着までの推定値が長くなり、カバーされる患者数が減少する可能性がある。

③ ドクターヘリによる搬送

一方、北海道では、11 施設数 3 施設で日中ドクターヘリが運行されており、これによる搬送数については考慮できていない。

本研究の推定手法は、以上のように患者数の推定、センターでカバー可能な患者の定義、いずれにも様々な限界を内含しているが、GIS を活用し患者発生地からセンターへのアクセシビリティを考慮した上で、導入の効果を検証するアプローチのプレリミナリーな例を示すことができたと考えられる。また、GIS により、北海道内のすべてのセンターで ECPR を常時施行する体制をとったとしてもなおカバー不可能な患者数 (70 例 / 161 例 : 43.3%) も定量化された。今後、ドクターヘリも含めた解析を行っていく予定である。

今後、本分析の限界を踏まえつつ、全県について推定を行うと共に、AED による効果、救急隊への教育による効果との比較に基づく費用対効果の検証を行う予定である。

E. 結論

本研究では、北海道を対象とし、道内のすべてのセンターで常時を施行可能な体制を仮定した場合に、カバー可能な患者数 (ECPR 施行可能数) と、そのうち入院 1 か月の予後良好例数を推定した。今回の推定値は、平成 17 年度の実績値と比べて過大評価の傾向になり、本研究の推定手法は、患者数の推定、センターでカバー可能な患者の定義、いずれにも様々な限界を内含している。しかしながら本研究により、GIS を活用し患者発生地からセンターへのアクセシビリティを考慮した上で、導入の効果を検証するアプローチのプレリミナリーな例を示すことができたと考えられる。今後、本分析の限界をふまえ、推定手法を再検討し、全国について推定を行い、費用対効果の定量化につなげていく。

F. 研究発表

1. 発表論文
特になし
2. 学会発表
特になし

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
特になし
2. 実用新案登録
特になし
3. その他
特になし

参考文献

1. 坂本哲也. 心肺停止患者に対する心肺補助装置等を用いた高度救命処置の効果と費用に関するエビデンスを構築するための多施設共同研究. 平成 24 年度 厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業) 研究報告書.2012
2. 渥美生弘, 横田裕行. 2007 年度院外心停止に対する PCPS 使用概況に関するアンケート結果. 平成 22 年度 厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業) 研究報告書.2010
3. 渥美生弘, SAVE-J 研究にみる ECMO の費用, INTENSIVIST, 2013; 5(2), 327-330
4. 総務省消防庁. 救急救助の現況. 2012.
5. 坂本哲也, 院外心停止症例に対する PCPS, 蘇生, 2008; Sep :171
6. 南部繁樹. プローブデータの分析に基づく救急車への緊急走行支援方策の検討. 国際交通安全学会誌 2009;34(3):55-62.

経皮的心肺補助装置（PCPS）に関する研究；
体外循環式心肺蘇生（ECPR）に関わる救急医療体制に関する検討 第二報

研究分担者 坂本 哲也 帝京大学医学部救急医学講座 主任教授

研究要旨

【背景・目的】本邦の前向き観察研究（以下 SAVE-J 研究：study of advanced life support for ventricular fibrillation with extracorporeal circulation in Japan）で、心原性の院外心肺停止における ECPR 施行群は非施行群に比べ有意に予後が良好と報告されたが、パブリックヘルスの視点から、各地域の心原性院外心肺停止発生数（需要）と、現状の救急医療体制によるカバー状況（供給）を定量化し、ECPR を設置する施設の適正配置を検討した研究は殆どない。昨年度は、北海道を対象地域とし、地理情報システム（以下 GIS）を用いて、ECPR の適応となる院外心肺停止発生数（需要）、北海道内の救命救急センターによるカバー数（供給）、道内全ての救命救急センターに ECPR を導入した場合の臨床的効果を定量化した。今年度は、北海道、四国、九州を対象地域を拡大し、さらに、ドクターヘリによるカバーについても考慮し、ECPR の需給バランスと導入の臨床的効果を定量化することを目的とした。

【方法】北海道、四国、九州の 12 県を対象地域とし、GIS を用いて、1) 20 歳～74 歳の心原性の院外心肺停止数、2) ECPR 適応患者数（需要）を推定した。さらに、3) 対象地域内の救命救急センターから、救急車またはドクターヘリで、覚知から到着 45 分以内の患者数（以下カバー患者数：供給）を定量化し、4) 3) のうち入院 1 ヶ月の CPC1-2 の患者数（ECPR の臨床的効果）、を推定した。推定には、A) 平成 25 年救急・救助の現況の救急蘇生統計、B) SAVE-J 研究の ECPR 適応患者割合、ECPR 群の ECPR 施行例の予後良好割合、C) 平成 22 年国勢調査人口（第三次メッシュ）データを用いた。

【結果】各地域の 20 歳～74 歳の心原性の院外心肺停止発生予測数は、北海道で年間 1,348（以下括弧内は ECPR 適応数：97 例）、四国（4 県）は 950 例（68 例）、九州（7 県）は 3,052 例（219 例）と推定された。覚知から到着まで 45 分以内の患者割合（以下カバー患者割合）は、救急車とドクターヘリ両者によるカバーを考慮した場合、北海道で 71.1%（958 例／1,348 例）、四国（4 県）は 79.3%（753 例／950 例）、九州（7 県）は 82.7%（2,524 例／3,052 例）と推定された。カバー患者のうち、入院 1 ヶ月後の CPC1 または 2 の患者数は、北海道で 9 例、四国（4 県）で 7 例、九州で 25 例と推定された。

【結論】本研究では、GIS を用いて、ECPR 適応患者数（需要）、救急車・ドクターヘリの両者を加味した上での需給バランス、ECPR による臨床的効果の地域差を定量化するための、パブリックヘルス的なアプローチの一例を示した。今後、本研究の限界をふまえ、本邦における ECPR の医療経済効果、ECPR 導入施設の最適配置の検討に繋げていく。

A. 背景・目的

A-1. 背景

本邦の前向き観察研究である SAVE-J (study of advanced life support for ventricular fibrillation with extracorporeal circulation in Japan) (以下 SAVE-J 研究)¹⁾では、心原性の院外心肺停止例に対し、体外循環式心肺蘇生(以下 ECPR: Extracorporeal Cardio-pulmonary Resuscitation)を施行することで、有意に予後が向上すると報告されているが、現状、すべての救命救急センターで、ECPR を行う体制にはない²⁾。また ECPR では、1 患者当たり手技料、材料費だけでも約 50 万円以上の高額な医療費を要するため³⁾、医療経済的評価を加味した上で、ECPR を行う施設の適正配置を検討する必要がある。

適正配置については、パブリックヘルスの視点から、地域における院外心肺停止発生数(需要)と、現状の救急医療体制によるカバー状況(供給)の定量化に基づく検討が必要である。国外では、GIS を用いて地域における院外心肺停止の発生リスクの地域差を検討した報告⁴⁻⁵⁾がある。また、重症外傷、脳卒中、急性心筋梗塞等では、GIS を用いて、救急車、ドクターヘリで一定の時間内に、各疾患の治療可能な医療機関への搬送可能な人口割合等も検討されている⁶⁻⁷⁾。しかし、本邦では、院外心肺停止を対象とし、地域における需給バランスの検討を踏まえ、ECPR 導入の費用対効果、導入施設の適性配置を検討した例は殆どない。

昨年度は、地理情報システム(以下 GIS: Geographic Information System)を用いて、1) 北海道を対象地域とし、北海道内で発生する心原性院外心肺停止例数、そのうち ECPR 適応患者数(需要)を推定した。さらに、SAVE-J 研究で、ECPR 施行患者の適格基準を、覚知から病着 45 分以内としていることに鑑み、2) 救命救急センターまで救急車で 45 分以内に到達可能(以下カバー可能)な患者数・カバー割合(供給)を推定した。さらに、3) 2) のうち ECPR によって予

後良好(1ヶ月後 CPC1 または 2)が期待される患者数(ECPR の臨床的效果)を推定した。しかし、北海道のみを対象としたため、地域差について検討できていなかった。また近年、ドクターヘリの導入が各地域で推進されているが、ドクターヘリによるカバーは加味していない。

A-2. 目的

- 1) 北海道、四国、九州を対象地域とし、ECPR 適応となる心原性の院外心肺停止患者数(需要)を定量化する。
- 2) 救急車に加え、ドクターヘリを活用した場合も加味し、救命救急センターでカバー可能な患者数・割合(供給)を定量化する。
- 3) 2)に基づき ECPR 導入の臨床的效果を定量化することを目的とする。

B. 研究方法

B-1. 対象地域

本州と独立した北海道、四国(4 県)、九州(7 県)、合計 12 都道府県を対象地域とした。

B-2. 分析の単位

分析単位は、第三次メッシュ(1km 四方)単位とした(図 1)。GIS では、地域を緯線と経線で正方形に分割した、地域区画(メッシュ)のデータがあり、第三次メッシュは最も住民の居住単位に近い。第三次メッシュ(以下メッシュ)は、全国 47 都道府県に 387,210 区画ある。表 1 に、本研究の対象都道府県のメッシュ数、そのうち人口のあるメッシュ数、メッシュ内人口を示した。各メッシュは、独自の ID (メッシュコード)をもち、各メッシュ内の国勢調査人口(性・年齢 5 歳階級別)が入手可能である。

B-3. ECPR 適応患者(需要)の推定

下記の手順で、心原性の院外心肺停止例の年間発生数、うち ECPR 適応患者数(需要)を推定した。SAVE-J 研究では、20~74 歳の心原性の

院外心肺停止例を対象としている。平成 22 年度国勢調査の総人口は全国 128,057,352 人、うち年齢 20～74 歳の人口は 90,141,918 人、うち北海道、四国、九州における 20～74 歳の人口は 15,570,610 人であり、今回はこの 15,570,610 人を推定対象とした。

B-3-1 院外心肺停止の年齢層別発生率（年間）

院外心肺停止の発生リスクは、年齢によって異なる⁸⁾⁹⁾。平成 25 年救急救助の現況の救急蘇生統計では、年齢別（20、30、40、50、60、70 歳台）の院外心肺停止数が掲載されており、20～79 歳の院外心肺停止数は、65,816 例である⁸⁾。この年齢層別の院外心肺停止数を、平成 22 年度国勢調査の各年齢層の人口で除して、年齢別の院外心肺停止発生率を算出した。なお、70～74 歳の発生率は、70 歳代（70～79 歳）の発生率と同等と仮定した。

B-3-2 心原性の院外心肺停止の割合

院外心肺停止例のうち心原性の割合は、平成 24 年の心原性で目撃者ありの心肺停止数、73,023 例を、同年の心肺停止搬送数 127,866 人で除して、一律、57.1%と推定した⁸⁾。

B-3-3 各メッシュ内の患者数

上記 B-3-1 の、年齢層別の院外心肺停止発生率に、各メッシュ内の年齢別の人口を乗じて推定した。メッシュデータは、現在入手可能なうち最新の、平成 22 年国勢調査データを利用した。上述の通り、第三次メッシュデータでは、各メッシュ内の、性・年齢 5 歳階級別の人口が利用可能である。今回は、上記 B-3-1 で推定した年齢 10 歳階級別の発生率に、各メッシュ内の、同年齢層の人口を乗じ、年齢別の院外心肺停止発生予測数を算出した。さらに、これに、B-3-2 の心原性の割合（一律 57.1%）を乗じ、各メッシュ内の心原性の院外心肺停止発生予測数を推定した。

B-3-4 ECPR 適応患者予測数

SAVE-J 研究の一部の参加施設（5 施設）の平成 19 年の院外心肺停止例に対する、ECPR 施行例割合、4%（50 例／1,220 例）¹⁰⁾、を ECPR 適

応患者割合とし、20～74 歳の心原性の院外心肺停止例数に乗じて、ECPR 適応患者数を推定した。

B-4. 救命救急センターでカバー可能な患者数（供給）の推定

SAVE-J 研究では、ECPR の適応患者の覚知から病着を、45 分以内と規定している。本研究では、救急車、ドクターヘリのいずれかで、覚知から 45 分以内に救命救急センターに病着可能な患者数（カバー患者数）を推定し、ECPR 適応患者割合を乗じて、ECPR 適応患者数を予測した。今回は、平成 26 年 3 月 31 日時点で、日本救急医学会のホームページ¹¹⁾に掲載されている、北海道、四国、九州の救命救急センター合計 49 施設を、検討対象の施設とした。

B-4-1 救急車によるカバー

平成 25 年救急・救助の現況では、平成 24 年の覚知から現着までの時間の平均値は 8.3 分と報告されている⁸⁾。また総務省消防庁の平成 24 年度救急搬送における受入状況実態調査¹²⁾では、重症患者における現場活動時間は都道府県により差がある。ウツタイン大阪の 2002 年の報告では、院外心肺停止例の覚知～現発までの時間の中央値は 16 分と報告されており¹³⁾、覚知から現発までの時間には、地域差があると想定される。本研究では、覚知から現発までの時間を 15 分と仮定し、現場（各メッシュ）から各救命救急センターまで（現発から病着）、30 分以内に搬送可能な患者を、各センターでカバー可能と仮定した。

現発から病着までの時間は、GIS を用いて、時速 50km の救急車で、各メッシュの中心から、各地域の救命センターへの搬送に要する最短時間を計算した。救急車の時速を 50km とした根拠は、南部らの報告¹⁴⁾に基づく。

なお今回は、救命救急センターが県外患者も県内患者と同様に受入れると仮定し、各メッシュから直近の救命センターへの現発から病着までの時間を算出した。

B-4-2 ドクターヘリによるカバー

救急車で覚知～病着まで 46 分以上の患者については、2014 年 3 月 31 日時点で日本救急医学会のホームページ上ドクターヘリ拠点病院として掲載されている 12 施設¹¹⁾の、ヘリによる搬送数も考慮した。ドクターヘリでは、覚知からヘリ出勤要請までの時間の平均値は約 15～18 分¹⁵⁻¹⁶⁾、要請から出勤までの時間は約 5 分¹⁶⁾など、地域によって、覚知から出勤までの時間が異なると想定される。本研究では、覚知からヘリ出勤までの時間を 15 分と仮定した。ドクターヘリの時速は 200km¹⁷⁾に設定し、出勤から現場まで 15 分、現場からドクターヘリ拠点救命救急センターへ 15 分、すなわち、覚知から病着まで 45 分圏内を、ドクターヘリによるカバー可能圏内とした。ドクターヘリの時速を 200km、片道の飛行時間を 15 分とすると、片道飛行距離は 50km となるため、ヘリ拠点の救命救急センターから半径 50km 内のメッシュ内の患者を、ヘリでカバー可能な患者数とした。

なお、ドクターヘリは、夜間は運航できないため、ヘリによるカバーは日中（8 時 30 分～16 時 59 分）のみとした¹⁸⁾。また、救急車同様に、ドクターヘリが県境を超えて患者をカバーすると仮定した。さらに、院外心肺停止の発生は日中（本研究の場合ドクターヘリ運航可能な 8 時 30 分～16 時 59 分）、夜間で同等と仮定し、ドクターヘリのカバー圏内の患者数の 50%を、ドクターヘリカバー可能数とした。

B-5. ECPR の臨床的効果の推定

北海道、四国、九州の救命救急センター合計 49 施設が、常時 ECPR を施行可能と仮定した場合の臨床的効果を推定した。SAVE-J 研究では、ECPR 群で実際に ECPR が施行された 234 例のうち、入院 1 ヶ月の CPC1 または 2 の患者数は 32 例（13.7%）であり、これを ECPR 施行による予後良好割合とした¹⁾。

ECPR 導入によって期待される臨床的効果は、救急車、ドクターヘリ何れかでカバー可能な、20

～74 歳の心原性の院外心肺停止数に、SAVE-J 研究の ECPR 適応患者割合、予後良好割合を乗じて推定した。

C. 研究結果

C-1. 心原性の院外心肺停止例、ECPR 適応患者の年間発生予測数（需要）

表 2 に、北海道、四国、九州における、20～74 歳の院外心肺停止発生予測数、心原性心肺停止発生予測数、ECPR 適応患者予測数を示した。全国は参考値として示した。心原性の院外心肺停止発生予測数（内 ECPR 適応例数）は、全国で年間 29,801 例（以下括弧内は ECPR 適応数：2,139 例）、北海道で 1,348 例（97 例）、四国（4 県）950 例（68 例）、九州（7 県）3,052 例（219 例）と推定された。

C-2. 救命救急センターで ECPR によるカバーが可能な患者数（供給）

表 3 に、北海道、四国、九州において、救急車、ドクターヘリで、覚知から病着まで 45 分以内のメッシュ内における、20～74 歳の心原性の院外心肺停止数を示した。救急車で 45 分以内の患者の割合は、北海道で 65.7%（885 例／1,348 例）、四国（4 県）で 76.0%（722 例／950 例）、九州（7 県）で 73.2%（2,235 例／3,052 例）であった。

救急車とドクターヘリ両者によるカバーを考慮した場合、北海道で 71.1%（958 例／1,348 例）、四国（4 県）は 79.3%（753 例／950 例）、九州（7 県）は 82.7%（2,524 例／3,052 例）と推定された。

都道府県別では、救急車によるカバー割合の中央値は 68.6%（最小：鹿児島県 38.5%、最大：佐賀県 97.2%）ドクターヘリによるカバー割合の中央値は 6.7%（最小：愛媛県 0.1%、最大：鹿児島県 21.5%）、合計のカバー割合の中央値は、75.3%（最小：鹿児島県 60.0%、最大：佐賀県 98.5%）であった。

図 2~4 に、各地域における、救急車によるカバー圏内の患者発生メッシュ（緑）、ドクターヘリによるカバー圏内の患者発生メッシュ（青）、いずれにもカバーされない（覚知から病着まで 46 分以上）の患者発生メッシュ（赤）、患者発生数が 0 人（白）のメッシュを視覚化した。

C-3. ECPR の臨床的効果

表 4 に、覚知から病着 45 分以内の患者のうち、ECPR 適応患者数、入院 1 ヶ月後の CPC1 または 2 の患者数を示した。北海道で 9 例、四国（4 県）で 7 例、九州で 25 例と推定された。

D. 考察

D-1. 本研究の結果に対する考察

本研究では、GIS を用いて、北海道、四国、九州を対象とし、各都道府県における、心原性の院外心肺停止の年間発生予測数、うち ECPR 適応患者数（需要）を推定した。（表 2）また、上記地域の救命救急センター 49 施設から、救急車または、ドクターヘリで、覚知から病着まで 45 分以内な患者数と割合（カバー割合：供給）の地域差を定量化、地図上に視覚化した。（表 3、図 2-4）さらに、対象地域内の全ての救命救急センター 49 施設で ECPR を施行可能と仮定した場合に、予後向上（入院 1 ヶ月の CPC1 または 2）が期待される患者数（臨床的効果）を推定した。（表 4）

今回は、院外心肺停止発生予測数、ECPR 適応患者数（需要）の妥当性検証が行えなかったが、現時点で入手可能な最新のデータである救急蘇生統計⁸⁾（悉皆調査）、国政調査人口による推定を行っており、需要推定に用いたデータの信頼性は高いと考えられる。また、今回、北海道、四国、九州に対象地域を広げたことで、需給バランスの地域差が定量化された。今後、覚知から病着まで 46 分以上要し、現状の救急医療体制のカバー範囲外と推定される患者を考慮した上で、適正配置を検討する一助となると期待される。

また今回救急車に加え、ドクターヘリによるカ

バーを加味することにより、特に九州ではカバー割合、ECPR による予後良好が期待される患者数が増加したが、ドクターヘリの運用には年間約 2 億円、一搬送あたりの費用は約 200~250 万円とされており、今後、費用対効果まで含めて、さらなる検討を要する。

D-2. 本研究の限界

D-2-1 院外心肺停止発生数の推定

本研究では、現状入手可能な最新の第三次メッシュデータ（平成 22 年国勢調査人口）、平成 24 年の院外心肺停止搬送数の実績値を用いて、年齢を考慮した院外心肺停止発生数を推定した。しかし、年齢別発生率は、男女で同等と仮定した。また、心原性の院外心肺停止の割合は年齢層別に異なると考えられるが、今回は一律 57.1%と仮定した。

さらに、ドクターヘリによるカバー患者数を推定する際は、院外心肺停止の発生が日中（本研究の場合ドクターヘリ運航可能な 8 時 30 分~16 時 59 分）、夜間で同等と仮定し、ドクターヘリのカバー圏内の患者数の 50%を、ドクターヘリカバー可能数としたが、日中と夜間で心肺停止の発生数は異なるとの報告があり¹⁹⁾、今後、全県レベルの救急搬送記録が存在する奈良県の救急搬送データ等を用いた、時間帯別の発生予測数を考慮した検討が必要である。

また、今回は、住民の居住単位に最も近い第三次メッシュ内の発生数を推定し、発生地を居住地と同等と仮定したが、院外心肺停止のうち住宅での発生は 7 割程度と報告されている¹⁹⁾。院外心肺停止の発生予測の検討に際しては、発生場所に加え、GIS を用いて、発生時間、の両者を考慮した検討も行われている^{4,19)}。しかしながら、現状、ポピュレーションベースで院外心肺停止の発生地データを保有している地域は限られており、本研究のように全国に範囲を広げた検討を想定した場合のアプローチとして、今回の検討手法は妥当と考えられる。地域ごとの検証に際しては、発生地のデータを活用したアプローチも有効であ