

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24659794

研究課題名(和文) インフラ途絶下において利用可能な体温管理システムの開発

研究課題名(英文) Development of body temperature control device available under stoppage of infrastructure

研究代表者

古川 宗 (Furukawa, Hajime)

東北大学・大学病院・助教

研究者番号：30624853

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、災害時における低体温症患者の特徴を調査し、インフラが途絶した状況下で使用可能な体温管理デバイスを開発するための基礎知見を得ることを目的とした。【結果】東日本大震災後に発生した低体温症による入院患者の多くは32度以上で、毛布被覆によって復温を行ったが、良好な転帰をたどった。新たな体温調節デバイス開発は病院外診療を可能とし、災害急性期の病院負担軽減につながることを示唆された。この知見をもとに体温維持系と冷却系の実験モデルを構築し、今後のデバイス開発に向けた模擬モデル実験を開始した。

研究成果の概要(英文)：This study was aimed to gain basic knowledge to develop body temperature control device available under the stoppage of infrastructure (i.e., device that need no energy or minimum energy). Results; Most hypothermic inpatients in Miyagi Prefecture after the Great East Japan Earthquake had a temperature of 32 degree Celsius or higher, and were rewarmed primarily by using blankets. Their outcomes were favorable. These indicated that the new device can treat them outside hospitals and may reduce the number of inpatients in the early stage of disaster medical care. Based on this knowledge, we build two experimental systems, thermo-keeping system and cooling system, and we have started experiment with these models for development of the new device.

研究分野：医師薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・救急医学・災害医学

キーワード：体温異常 災害 インフラ 東日本大震災

1. 研究開始当初の背景

(1) 東日本大震災発生後、津波に巻き込まれたことにより、多くの低体温症患者が発生して問題となった。多くの医療機関ではライフライン途絶により病院機能低下をきたしたが、東北大学病院における地震発生直後からの時系列記録(クロノロジー)の解析結果や、地震発生後 72 時間以内の宮城県下における低体温症の発生状況に関する全県調査をオペレーションリサーチの観点から検討した結果、平時のように数度の範囲で温度管理ができなくとも、1 度程度の体温上昇で大きなインパクトを出すことのできる可能性が示唆された。

(2) 従来の体温管理を行う医療機器は、体温を数度単位で調節する発想に基づいて開発されており、電力を主とするエネルギーを要するものが基本である。体温調節範囲を絞り、災害時でも使用できるようにするために無あるいは最小限のエネルギー消費で体温管理するという発想は今までなかった。

(3) 東日本大震災のような大規模災害では、多数傷病者が発生するため、体温異常患者(低体温症や熱中症などの高体温)が多数発生した場合には従来の体温調節機器で対応するのは難しく、限られた患者に対してのみしか使用できない。体温調節範囲を最小限に絞り、多数患者の二次的悪化を防ぐことで、災害時の限られた医療資源の消費を防ぐことができる。さらに、早期から体温管理により医療機関受診を未然に防ぐことができれば、災害時に医療機関への患者殺到を抑制することができ、負担を軽減することが可能となる。

以上より、多数傷病者に対して使用可能な体温管理デバイスの開発が必要との発想に至った。

2. 研究の目的

最終的な目標は、災害時など、インフラが途絶した状況下で多数傷病者に対して無・あるいは最小限のエネルギーで、36 度±1 度程度の必要最小限の体温管理デバイスの開発することである。この目的に到達するため、本研究では以下を目標とした。

(1) 体温調節機器開発につなげるため、東日本大震災での対応を通じた基礎知見(ニーズ・有すべき機能)を得ること。

(2) 上記機器は、災害時のみならず、平時においても救命救急・集中治療医学分野で使用可能な体温管理デバイスであることが望ましい。平時と災害時の使用を両立させるためのバランスポイントを探索する。

(3) 上記 2 つの目的を達成するデバイスの仕様決定するための基礎的実験を行う

3. 研究の方法

(1) 東日本大震災を通じた急性期災害時において医療機関が医療提供を行うために必要な機能・ニーズ調査

宮城県内二次・三次救急医療機関全 72 施設を対象とした全県調査

前述の全県調査の一環として、引き続き東日本大震災発生後に来院した低体温症患者症例について来院時体温、復温方法、転帰等について調査した。これら調査の結果から、災害時に求められる体温調節機器の機能(温度調節能)について洗い出した。

(2) 体温調節に関する基礎的実験・体温調節デバイスの試作

上記調査から得られたデータをもとに、工学・流体力学的見地から素材の選定と模擬モデル実験を行った。

4. 研究成果

(1) 東日本大震災において宮城県内で発生した低体温症患者についての全県調査

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、宮城県内の多くの災害拠点病院に患者が殺到し、職員は忙殺された。しかし忙殺された業務内容は従来想定されていた災害急性期の多数発生した外傷患者に対する診療ではなく、環境異常による低体温や溺水、津波によって全てを失った患者が服薬を継続できなくなったことによる持病悪化、脳卒中や心筋梗塞に対する診療が主であった。低体温症患者の転帰について明らかにすることを目的とした我々の調査では(詳細は Disaster Medicine and Public Health Preparedness 誌に投稿中)、暖房設備が使用できない中、多くの入院患者は毛布被覆によって復温を行ったが、転帰は良好であった。また、32 度～35.9 度までの軽度低体温症患者と低体温症予備群が圧倒的多数を占めており、災害急性期の病院にかかる負荷の一つと考えられた。これらの入院患者診療を新しいデバイス開発により病院外診療を可能にすることで、災害急性期の病院負担軽減可能であることをより明確に示すことができた。

これが実現すれば急性期災害医療の負担軽減に貢献することができる。また、今後の災害医療のあり方について意見交換するため、危機管理の先進国であり、さらにしばしば災害に遭遇する米国西海岸の識者との意見交換を行った(2012 年 6 月カリフォルニア州サンフランシスコ・サクラメント他)。この中で東日本大震災における我が国の対応は、個人の活動は非常に献身的で素晴らしいものであったが、組織的な対応としては課題が残るというのが海外の評価であった。低体温症患者に限らず、東日本大震災で問題となった点について明らかにし、情報発信していき、新たな災害対応方法の確立やデバイスの開発を我が国が行っていくことが海外からのニーズであることが明確となった。

平成 25 年度は引き続き、災害診療の質の向上を目指して横断的に調査を行った。当年度はさらに災害時における病院機能維持(Business Continuity Plan)に着目し、病院、特に災害拠点病院におけるライフライン

(電気・ガス・水道)についての準備状況や災害対策について、調査や識者と意見交換した。この中で、災害対策は災害発生時に特別なことをやるのではなく、安全点検や機器点検、患者診療といった日常業務がそのまま災害時に活かすことができるように業務内容を工夫していくことが重要であることが明らかになった。診療機器の観点からは、平常時や災害時であろうと関係なく使い慣れた機器が使用できることが重要であるということが明確となった。

(2) 体温調節に関する基礎的実験・体温調節デバイスの試作

(1) で得られた知見から、体温調節機器の開発方針は以下の通りとなった。

毛布被覆程度の復温方法で良好な転帰が得られたことから、軽量で大量備蓄可能な保温デバイスとする

日常診療で使用しているデバイスが、災害時の特殊な状況下でもそのまま使用可能なデバイスとする

高体温に対する介入ヒントは、東日本大震災後の調査からは得ることはできなかった。体温維持系と冷却系を一つのモデルに両立させることは现阶段では困難であったため、我々はまず、体温調節デバイスを体温維持系(低下の防止)と冷却系に分け、それぞれにおいて実験をおこなった。体温維持系については電気等のエネルギーを極力使用しない体温保持デバイスの試作をおこなった。材質選定・加工については材料工学の見地から素材を選定した。形状は完全に身体を被覆するのがもっとも保温効率が良いが、一方で処置などの患者への治療介入時に邪魔にならないような形状を両立させる必要があった。この点については、東北大学病院に所属する救急科専門医に日常診療での使用上の問題点といった意見を聞きながら細かい仕様について決定した。冷却系は災害時を勘案し、乗用車のバッテリー(12V)程度の電源で駆動する冷却装置を試作した。現在、これらのデバイスの保温機能や冷却機能の基礎データを収集中である。

(3) 今後の課題・目標について

体温 34~39 度程度の患者を想定し、どの程度の体温調節機能を有するかを検証する。得られたデータから、無・あるいは最小限の電力使用と保温系と冷却系を両立させたデバイス開発につなげていく。

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4件)

Kudo D, Furukawa H, Nakagawa A, Abe Y, Washio T, Arafune T, Sato D, Yamanouchi S, Ochi S, Tominaga T, Kushimoto S. Reliability of telecommunications systems following a major disaster:

survey of secondary and tertiary emergency institutions in miyagi prefecture during the acute phase of the 2011 great East Japan earthquake. Prehospital Disaster Medicine. 2014. No.2, pp204-8. 査読あり

D Kudo, H Furukawa, A Nakagawa, S Yamanouchi, Y Koido, T Matsumura, Y Abe, R Konishi, M Matoba, T Tominaga and S Kushimoto. Resources for Business Continuity in Disaster Based Hospitals in the Great East Japan Earthquake: Survey of Miyagi Prefecture Disaster Base Hospitals and the Prefectural Disaster Medicine Headquarters. Disaster Medicine and Public Health Preparedness. 2013. Vol.7, No.5 pp461-466. 査読あり

Nakagawa A, Furukawa H, Kudo D, Abe Y, Sato D, Washio T, Arafune T, Arii M, Yamanouchi S, Kushimoto S, Tominaga T. Chronological analysis in Tohoku University Hospital during the first 72 hours after the Great East Japan Earthquake. IEEE PULSE. 2013. Vol.4, No.3, pp20-27. 査読あり

[学会発表](計4件)

工藤大介 中川敦寛 古川 宗 久志本成樹. 災害医療に実践的な Mission Oriented Business Continuity Plan 作成の試み. 第 19 回日本集団災害医学会学術集会. 2014. 2. 25-26. 東京.

工藤大介 古川 宗 中川敦寛 松村隆志 山内 聡 久志本成樹. 災害医療に実践的な東北大学病院版 Mission Oriented Business Continuity Plan 作成の試み. 第 41 回日本救急医学会学術集会. 2013. 10. 21-23. 東京.

古川 宗, 工藤大介, 中川敦寛, 山内 聡, 久志本成樹. 東日本大震災における偶発性低体温症患者の発生状況(宮城県全県調査). 第 40 回日本救急医学会学術集会. 2012. 11. 13-15. 京都市

古川 宗 中川敦寛 工藤大介 松村隆志 阿部喜子 山内 聡 久志本成樹. 災害拠点病院における事業継続計画について. 第 26 回東北救急医学会. 2012. 6. 30. 仙台市

[その他]

ホームページ等

東日本大震災時の災害医療に関する研究・調査. 東北大学病院高度救命救急センターHP. http://www.emergency-medicine.med.tohoku.ac.jp/20110311earthquake/20110311earthquake_research_ver.1.2.pdf

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古川 宗 (Furukawa, Hajime)
東北大学・大学病院・助教
研究者番号：30624853

(2)研究分担者

中川 敦寛 (Nakagawa, Atsuhiko)
東北大学・大学病院・助教
研究者番号：30624853

鷺尾 利克 (Washio, Toshikatsu)
独立行政法人産業技術総合研究所・ヒュー
マンライフテクノロジー研究部門・主任研究
員
研究者番号：40358370

久志本 成樹 (Kushimoto, Shigeki)
東北大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号：50195434

荒船 龍彦 (Arafune, Tatsuhiko)
東京電機大学・理工学部・助教
研究者番号：50376597

小宮 敦樹 (Komiya, Atsuki)
東北大学・流体科学研究所・准教授
研究者番号：60371142