

令和4年度厚生労働行政推進調査事業費補助金(地域医療基盤開発推進研究事業)  
「大規模災害時における地域連携を踏まえた更なる災害医療提供体制強化に関する研究」

分担研究報告書「クラッシュ症候群に関する研究」

研究分担者 大場次郎 / 順天堂大学医学部附属練馬病院救急集中治療科 / 准教授 (所属/役職)

**研究要旨**

首都圏での地震・南海トラフ地震災害時、より多くのクラッシュ症候群(CS)を救命するための組織体制を作る目的で研究を行う。CSに関する新たな知見をまとめ、教育システムの構築と広報を行う。血液浄化療法を視野に入れた分散搬送の確立を行う。CS に対する災害現場からの一貫した治療の標準化を目指す。また、早期医療介入の有用性を示し、災害現場における多機関協働の必要性を広める。災害診療記録を活用し、CS のデータ集積に努める。さらに、病院前のみならず、搬送先病院内でも活用する手段としたい。R5年度は、CSデータの整理、基礎実験や最新論文、各ガイドラインの知見を整理し、CS の課題に対する一定の見解を提示する。最終年度は、重症度分類、治療、搬送に関する新たな基準を提示する。CS データ集積の為の仕組みを提示し、DMAT テキストの更新案を提示する。

**(研究協力者)**

1. 中山 伸一(兵庫県災害医療センター名誉院長/顧問)
2. 井上 潤一(日本医科大学武蔵小杉病院 救命センター 教授)
3. 島崎 淳也(大阪大学高度救命救急センター 助教)
4. 松田 宏樹(大阪急性期・総合医療センター DMAT 事務局)
5. 阪本 太吾(日本医科大学多摩永山病院 救命救急科 助教)
6. 薄田 大輔(順天堂大学医学部練馬病院 救急集中治療科 講師)
7. 高見 浩樹(順天堂大学医学部附属練馬病院 救急集中治療科 助教)
8. 下澤 新太郎(順天堂大学医学部附属練馬病院 救急集中治療科 助手)
9. 加古 嘉信(上武大学ビジネス情報学部 スポーツ健康マネジメント学科 教授)
10. 内海 清乃(国際医療福祉大学大学院 東京赤坂キャンパス 災害医療分野 講師)
11. 合田 克彰(公財日本消防協会 国際部次長(兼)審議役)
12. 矢田 哲康(川崎市立多摩病院 指定管理者 臨床工学技士)
13. 樋口 知之(公立陶生病院 臨床工学部臨床工学室 救急部救急救命センターER 室長 臨床工学技士)
14. 平山 隆浩(岡山大学学術研究院 医歯薬学域 二次救急・災害医療推進講座 臨床工学技士)
15. 三木 隆弘(日本大学病院 臨床工学室 臨床工学技士)
16. 廣田 恵典(順天堂大学医学部附属練馬病院 救急集中治療科 救命救急士)
17. 大塚 和利(横浜市消防局 警防部 警防課長 消防監)
18. 藤澤 将太郎(横浜市消防局 特別高度救助部隊 小隊長 救急救命士)

**(オブザーバー)**

1. 大黒真司(海上保安庁警備救難部救難課(海上保安庁メディカルコントロール協議会事務局)医療支援係長)
2. 大山慶介(厚生労働省医政局地域医療計画課 災害等緊急時医療・周産期医療等対策室)

## A. 研究目的と研究背景

1995年の阪神淡路大震災で防ぎえる災害死として500人、その半数(372名)はクラッシュ症候群(以後、CS)であったと報告されている。このCSに対して、Confined Space Medicine (CSM)を含む現場医療、広域搬送、病院内治療に至るまでこの26年で着実な進歩があったと感じた反面、さらに検討しより発展していく事項があることもわかった。近い将来、首都圏での地震、南海トラフ地震災害によるクラッシュ症候群は約3000人との予想がある。その際、より多くのCSを救命するための体制作りが必要である。また、CSを生じうる要救助者に対応するのは、市民、医療者(DMATを含む)、消防、警察、自衛隊、海上保安庁、NGO団体、外部支援機関(国際)と多岐にわたる。多機関が共通の認識をもち、一貫し同じ方向を向いて対応することも重要である。首都圏での地震、南海トラフ地震災害時、より多くのクラッシュ症候群の患者を救命するための組織体制を作る目的で研究を行う。

## B. 研究方法 (分担者:敬称略)

### I. 現状の把握

#### I-1) 議論がある事項の抽出(全員)

CSに関する現在の検討項目を分担研究者会議にて行った。

#### I-2) 既存のデータベースからの抽出(下澤、薄田、島崎)

日本外傷データベース(Japan Trauma Data Bank:JTDB)は、日本外傷学会と日本救急医学会が2003年10月に設立し、2004年1月から正式な運用を開始した本邦における外傷患者登録制度(トラウマレジストリー)である。現在では、日本外傷診療研究機構(JTCR)がJTDBの管理・運営を行っているが、日本外傷学会トラウマレジストリー検討委員会が実質的な企画・活動を担当している。その、JTDBを活用して、CSの診断や治療に関する現状を把握する。

#### I-3) 関連機関へのアンケート調査(阪本、高見、合田、廣田、大塚、藤澤)

日本災害学会クラッシュ特別委員会からのアンケート、阪神CSの生カルテの再評価を行う。関連機関(消防、海上保安庁、警察、自衛隊)の現状把握のためアンケートを計画している。【目的】救助活動に関するデータの標準化と救助活動への応用である。【方法】①自衛隊、消防、海上保安庁、NGOなどに対して救助活動に関する調査を行う。②災害現場での初期輸液方法に関する研究や基礎実験からCSの臨床治療への応用を考察する。【最終目標】要救助者の救出に関わる多機関の救助現場活動における状況把握の方法を確認する。さらにそれを標準化し、解析を行い、更新できるデータとする。

#### I-4) 血液浄化療法の対応能力調査(矢田、内海、樋口、平山、三木)

広域災害時の血液浄化療法の対応能力の研究を行う。課題研究名としては、「災害拠点病院における集

中治療室での腎代替療法に関する実態調査～圧挫症候群に対する対応能力の評価～」である。

【研究目的】阪神・淡路大震災では、圧挫症候群は「防ぎえた災害死」として報告されている。集中治療を要した症例は372例中70.4%、そのうち血液浄化療法を受けた症例は33.1%であった。この教訓に基づき、災害派遣医療チームや、広域医療搬送、災害拠点病院などの整備が行われた。また、今後30年以内に70%の発生確率が予想されている、都心南部直下地震では、死者約6,000人および、重傷者約10,000人の想定から、圧挫症候群約2,000人が推測できる。このような中で、2012年に発表された「大規模災害における圧挫症候群の管理に関する推奨事項」には、血液浄化療法を早期に開始できる環境などの重要性が示されている。しかし、本邦の災害拠点病院において、前述の「圧挫症候群の管理に関する推奨事項」に準拠した準備がなされているという報告はいまだになされていない。本研究では、圧挫症候群に対する主たる治療法である血液浄化療法、主に持続的腎代替療法(CRRT)に関して、災害拠点病院における集中治療室(ICU)での対応能力(環境、人員・教育体制や医療資機材など)の現状把握を主たる目的とし、課題抽出を従たる目的とする。

【研究方法の概要】圧挫症候群に対する重要な治療法であるRRTの対応能力(環境、人員・教育体制や医療資機材など)について、全国の災害拠点病院を対象として、独自に開発した質問紙を用い、Webシステム(Googleフォーム)を利用した調査を行う。

【研究デザイン】質問紙を用いた横断研究

【対象施設】全国の災害拠点病院(約800施設)

【対象施設数の設定の根拠】圧挫症候群の早期治療を目的としてDMAT体制・災害拠点病院の整備、広域医療搬送による対応計画が立てられている実情を踏まえて、本邦の災害拠点病院における圧挫症候群の対応能力を把握する必要があるため。

【研究対象者の選定方針】災害拠点病院の施設長に一任し、適任と判断される医師、臨床工学技士、またはその他の医療従事者を研究対象者とする。

【質問紙の配布】災害拠点病院の施設長宛に研究参加依頼書、Webシステム(Googleフォーム)アクセス方法に関する説明書類を送付する。

【データ収集方法】Webシステム(Googleフォーム)による単純集計

【統計解析方法】すべてのデータは、平均値(mean)、標準偏差(SD)、中央値(median)、四分位範囲(IQR)、頻度、パーセンテージなどの記述統計を使って要約する。連続変数については、複数のカテゴリー間の特性の違いの有意性を評価するために、Kruskal-Wallis検定を使用する。離散変数については、複数のグループ間のデータ比較にカイ二乗検定を使用する。

【評価の項目及び方法】1) 主要評価項目; 全国の災害拠点病院において、圧挫症候群に対するICUでの血液浄化療法(主にCRRTを中心とした)対応能力

(Space:環境/Staff:人員・教育体制/Stuff:医療資機材)に関して、現状を把握する。2) 副次的評価項目;上記の主要評価項目の結果を踏まえ、課題の抽出を行い、問題や原因の解決方法を検討する(例:三次救急医療施設と二次救急医療施設における相違、都道府県別の災害拠点病院における相違など)。

【研究計画】・令和5年度;質問紙の内容の修正を行い、質問紙調査を実施する。・令和6年度;収集された調査結果を用い、統計解析等を実施する。

【研究を遂行するための研究体制等】研究代表者はデータ収集・解析、ならびに研究の統括を行う。研究分担者は解析結果の解釈に関して、専門的立場から学術的な助言を行う。

【研究の変更、中断・中止、終了】1) 研究の変更本研究の研究計画書や同意説明文書等の変更または改訂を行う場合は、倫理審査委員会(以下、委員会)の承認を必要とする。2) 研究の中断・中止;研究責任者は、委員会により、研究実施計画等の変更指示があり、これを受入れることが困難と判断された場合、研究の可否を検討する。

3) 研究の終了;研究の終了時には、研究責任は遅延なく研究終了報告書を学会へ提出する。

## II. 熊本地震のCS患者の調査(加古、阪本、薄田、大場)

当研究班の加古先生の2016年の熊本地震の研究より、警察による全救助者は160名、そのうち、警察主導で救助した要救助者は60名と報告されている。その要救助者に対する活動を行った隊に対し、調査票と模型を用いて、現場状況の詳細に聞き取り調査を行っている。一定以上の圧迫を受けていた要救助者は60名中16名であった。そのうち、現場にて医療的介入が行われていたのは、本震の10症例のうち4症例。その結果をもとに、要救助者の搬送事案に関して、総務省消防庁や搬送先医療機関と協力し、検証を継続している。CSは、初期は軽症に見えるが、刻々と変化する。オーバートリアージを許容し、CSを疑う診断の3大ポイント(長時間、四肢臀部を重量物で挟圧されたエピソード、患肢の運動知覚麻痺、黒褐色尿(ポートワイン尿)で広域搬送を決定する必要があるが、この検証は、この基準による結果がどうであったかを知り得るものとなる。

## III. 最新知見の文献的まとめ(薄田、大場)

各ガイドライン(WHOガイドライン、国際赤十字ガイドライン、国境なき医師団ガイドラインなど)をまとめ、最新論文のpaper reviewを行った。CSに関する最新の知見をPubMedで検索した。検索期間は2012年1月1日~2022年9月30日までの10年間に発表された文献であった。文献検索で得られた内容・情報を、「導入、疫学、病因・機序、症状、診断、治療、合併症、予後、まとめ」の各カテゴリー別に分類の上、英語記載した。

## IV. ラットモデルを用いた基礎研究(島崎)

ラットモデルを用いたCSの病態解明と新規治療法の研究を継続している。

## V. CSM 訓練環境の構築に関する研究/建物倒壊・閉じ込め現場における加圧輸液の実効性に関する検証(加古)

2006年以降、CSM訓練を推進するための安全かつ効果的・効率的な現場設定方策に関する研究を推進している。2006年-2011年まで、「兵庫県瓦礫救助医療訓練施設」の整備・運用に関する検討を行った。2011年-2016年、「可変式訓練ユニット」の整備・運用に関する検討を行った。2016年-2021年、2016年熊本地震における倒壊建物からの救助活動に関する調査・分析を行った。2022年以降も、CSM訓練環境の構築に関する研究を継続している。CSに輸液を行う場所は狭隘空間であり、安全かつ早急な救出のために救助隊と連携し、早期に積極的な輸液を行うことが求められる。加古先生を中心として、救出前の輸液療法に関しての研究を行っている。

## VI. トルコ・シリア地震におけるCSの調査(大場、高見、阪本、廣田)

当研究班の班員4名がトルコ共和国における地震被害に対する国際緊急援助隊・救助チーム/医療チームとして派遣された。今回の地震に伴う被害は、死者数は約5万人であり、1999年マルマラ地震の17000人を大幅に上回っている。支援活動以外に、ガジアンテップ大学 Sahinbey Research and Application Hospital 病院にて今回の地震に伴うCSに関する情報の聴取を行った。さらに、ガジアンテップ大学 Sahinbey Research and Application Hospital 病院の Professor Ayse Balat, MD に第28回日本災害学会にて情報共有の依頼を行った。

## VII. 学会におけるCSに対する認識の向上(大場、松田、井上、中山)

2022年度日本災害学会クラッシュ症候群特別委員会としての活動も行った。本研究班にて研究を実施し、クラッシュ症候群特別委員会ではそれを報告した上で学会としてご理解を頂き、学会員に広報、啓蒙をさせて頂くという立ち位置である。したがって、委員会には厚労科研の研究進行の具合をしっかりと報告し、委員会は学会への窓口として機能する。第28回日本災害学会総会・学術集会の救急医学会領域講習にて、『クラッシュ症候群について~日本災害学会クラッシュ症候群特別委員会の設置も含めて~』の発表を行った。

## C. 研究成果(分担者:敬称略)

### I 課題の抽出

#### I-1) 議論がある事項の抽出(全員)

重症度分類の必要性、広域搬送基準の見直し、Crush Injury Cocktailの是非、CATの適応、減張切開/切断の有用性、早期血液浄化療法導入の有用性の項目を抽出した。災害時に透析実施可能施設が限られるため、患肢を切断することで重症化を防げるのであれば、災害時のCSに対する切断の閾値は下がる可能性がある。ただし、災害時の倫理観も考慮する必要がある。災害時のCSに対する切断の閾値が下がれば、

救助側に関しても認識が変化する。災害時における、CS に対する治療に関して発信したい。

### I-2) 既存のデータバンクからの抽出(下澤、薄田、島崎)

2004 年-2018 年までの 15 年間のデータを解析している。CS データを抽出するための key word の選択が重要となる。受傷機転においては、鈍的・挟圧\_重量物による挟圧では N=4717、鈍的・挟圧\_家屋倒壊、土砂崩れ等では、N=242 である。そのほかの key word としては、手術内容であれば、整形外科\_筋膜切開術、皮膚\_減張切開。手術適応であれば、四肢\_切断肢・断端形成を目的とした手術。合併症であれば、循環器系\_急性腎不全、骨格系\_コンパートメント症候群。高 K 血症などの電解質異常、横紋筋融解症や CK 上昇、Field amputation などの変数については解析困難と思われる。

### I-3) 関連機関へのアンケート調査(阪本、高見、合田、廣田、大塚、藤澤)

研究協力者会議にて、詳細項目の検討を行った。救助現場で可能な医療行為とは具体的にどれだけの量をどのような方法で投与するのか。使用する薬剤や緊縛、水分摂取や酸素投与の判断、メディカルコントロールにも言及があった。アンケート対象として、消防の中のどの部署とするのか。消防においては、JICA 国際緊急援助隊(以後:JDR)の登録団体は必ず、CSR の訓練をしている。JDR に登録している救助隊員の中には、救急救命士の資格を持っている隊員もいるが、少数である。実際の処置(輸液)については、救急救命士が行い、現場での実例もある(全国救急隊員シンポジウム等での発表)。さらに調査対象について、背景や経験によっても異なることが推測される。救助担当の救助隊と実際の処置を行う救急救命士どちらを対象とするか。CS の想定現場として大規模災害時の対応なのか、個別事案での対応なのか。何を目的にするかによって、対象は変化する。今後も継続した協議を行い、アンケートに繋げたい。現在、研究主幹となる大学の倫理委員会の許可は得ている。

各活動機関における CS に関する現状の認識を調査した結果を提示する。消防機関としては、救出後に CS の発生が危惧される時、その時点でショックの徴候が出現していない場合でも、救出前に静脈路を確保したうえで 1,000~1,500mL/時間の速度で乳酸リンゲル液の投与を開始することが望ましい。救出後の心室細動発生を念頭に置いて、あらかじめ除細動パッドを貼付して心電図をモニターしておく。理想的には輸液製剤は生理食塩液とし、炭酸水素ナトリウムやマンニトールの同時投与も必要なため、救出作業に長時間を要する場合には、輸液を開始しつつ、可能なかぎりドクターカーなどを要請して医師の出場を要請する。救出を待つ間も可能なかぎり保温に努める。(救急救命士標準テキスト P752)。警察機関は、全国的に定まった教本はない。「長時間…」「大きな筋肉が…」「CSM が必要かも…」といった構図が頭に入っている程度で

ある。日本国際緊急援助隊で使用している「Field Operations Guide」に従っており、各現場で、(あまり医学的知識のない)隊員らが判断して、適宜現場臨場した(もしくは、平素から連携訓練などを一緒にしている)医師や、消防機関の救急救命士に相談している。海上保安庁は、当庁で教育用として使用しているのは、日本国際緊急援助隊 関係から入手した資料(10 年以上前:井上先生、5 年前:阪本先生、各々は当研究班の協力者)を参考に救急訓練を行っている。海上保安庁メディカルコントロール協議会作成の「救急活動マニュアル」において記載しているが、CS はショック輸液の対象となる程度の記載のみで、診断の基準は定めていない。CS を疑った場合は、オンラインにて、指導・助言を受けつつ、指示要請を行い、ショック輸液を行う運びとなるが、実績はない。

### I-4) 血液浄化療法の対応能力調査(矢田、内海、樋口、平山、三木)

日本災害医学会における学会主導研究に計画書を提出済みである。前回の同様の調査結果において、CS 受け入れ可能な人数の推計 1,848 人から、東京湾北部地震において、想定されている圧挫症候群 3,000 人を受け入れができないことが明らかになった。人の観点では、災害拠点病院において臨床工学技士の 24 時間勤務体制が構築されていないことが明らかとなり、CRRT を早期に開始するには困難な状況である。また、圧挫症候群は日常診療では経験の頻度が少ないため、教育プログラムが必要である。医療資機材の観点では、東京湾北部地震で想定される圧挫症候群の患者 3,000 人のうち、集中治療を必要とする患者数を換算すると 2,112 人となり、全国の災害拠点病院での CRRT 装置所有台数は推定 2,110 台となることから、CRRT 装置としては概ね足りている。しかし、CRRT 装置の転倒防止対策がなされていないため、装置が転倒により損壊することで操業不能となり、治療に必要な台数が不足する恐れがある。そのため、耐震化が行われていても建物の構造に応じた転倒対策防止が必要である。場所の観点では、本調査結果の推計では、災害拠点病院における ICU・HCU 等の病床数は 14,927 床となるが、東京湾北部地震で想定されている重傷者 21,900 人を収容できない。東京湾北部地震などの多数傷病者が発生する災害においても、新型コロナウイルス感染症対応と同様に、ICU の病床数や医療機器の台数などの問題ではなく、マンパワーのリソースが大きな問題となることが推測される。今回の継続調査では、「停電時の訓練を行っているか?」、「ブラッドアクセスカテーテルの在庫」、「登院できなくなる可能性があるため対策を検討しているか?」、「実施する血液浄化は CRRT なのか? RRT なのか?」、「救急医、集中治療医、腎臓内科、などの専門で考えが異なってくるのではないか?」などの調査項目の追加も当研究班で議論していく。今回の継続調査で得られた結果から、災害拠点病院 ICU における RRT の対応能力を明らかにすることで、現状での広域医療搬送

計画の基礎資料(マッピング化)となり、またさらに課題抽出を行うことにより、事前対策の強化に寄与しうる。

## II. 熊本地震の CS 患者の調査(加古、阪本、薄田、大場)

総務省消防庁救急企画室長に対し、厚生労働行政推進調査事業費補助金(地域医療基盤開発推進研究事業)「大規模災害時における地域連携を踏まえた更なる災害医療提供体制強化に関する研究」の分担研究として、CS に関する研究において 2016 年熊本地震における「閉じ込め・被挟圧者」の搬送事例に関する調査についてのお願いに伺った。過去の災害における閉じ込め・被挟圧事例に関するデータ収集・分析作業等を進めており、2016 年熊本地震における消防機関による搬送事例について下記のとおり調査することの許可を頂いた。

【調査目的】災害時における CS への対策強化を図るため、実災害における閉じ込め・被挟圧事例に関するデータ収集・分析等を行うため。

【調査対象機関】2016 年熊本地震において「閉じ込め・被挟圧者」の搬送活動に従事した全国の消防機関。なお、本調査において「閉じ込め・被挟圧者」とは、倒壊建物内で何らかの圧迫物(崩落した梁、横転した家具等)によって挟圧された後、いずれかの救助者によって倒壊建物外へ救出された被災者(生存/心肺停止の別は不問)を指します。また本調査における「搬送活動」は、救急搬送記録において記録されている事例を指します。

【調査内容】2016 年熊本地震において「閉じ込め・被挟圧者」の救急搬送を実施した日時・場所。調査内容の詳細は、「調査票」を作成した。

【調査方法等】「調査票」を上記調査対象機関に回付・回収の上、回答入力済の調査票(word ファイル)をパスワード付のフォルダに蔵置し、電子メールで送付を依頼した。

結果として、熊本市消防局を直接訪問して、約 40 名の CS 症例が 10 病院へ搬送されたことが判明した。今後も熊本における下記のように継続調査を実施する方針となった。

【調査目的】災害時における CS への対処能力強化を図るため、実災害における閉じ込め・被挟圧事例に関するデータ収集・分析等を行うこと。

【調査対象事例】2016 年 4 月 14 日 午後 9 時 26 分から 同年 4 月 17 日 午後 11 時 59 分までの間における全救急出動事案。※ただし、明らかに「地震災害」と関連のない出動事案は除く。

【調査項目】時間経過(指令(覚知)時間 → 現着時間 → 現発時間 → 到着時間)、通報内容 ※個人情報(年齢、性別、観察結果、バイタルサイン、傷病程度、傷病名、収容機関)、現場到着時、傷病者接触時の状況

【回答方法】各調査項目を満たす回答データ(パスワード付きの電子データ)を、担当者宛てに電子メールで送付すること。5 月中旬頃まで。

当研究班の研究協力者間で、調査項目に関して倫理面を考慮し、検討を継続している。

## III. 最新知見の文献的まとめ(薄田、大場)

Journal of Translational Medicine に提出し、査読中である。Abstract を示す。Crush syndrome (CS) is a severe systemic manifestation of trauma and ischemia involving soft tissue, principally skeletal muscle, due to prolonged crushing of tissues. It is caused by a crush injury (CI) caused by skeletal muscle being pressed underneath a heavy object. Among earthquake survivors, the reported incidence of CS is 2-15%, and mortality is reported to be up to 48%. Patients with CS can develop cardiac failure, kidney dysfunction, shock, systemic inflammation, and sepsis. In addition, late presentations include life-threatening systemic effects such as hypovolemic shock, hyperkalemia, metabolic acidosis, and disseminated intravascular coagulation. The most important measure that can be taken to reduce the mortality of CS in disaster situations is to immediately start treatment, and early, aggressive resuscitation in the prehospital setting (before extrication if possible) is recommended to reduce CS complications. However, in large-scale natural disasters, it is difficult to diagnose CS, and to reach and start treatments such as continuous administration of massive amounts of fluid, diuresis, and hemodialysis, on time. This may lead to delayed diagnosis of, and high on-site mortality from, CS. In fact, most of the current knowledge is based on historical data, and has gone unchanged for more than a decade. In addition, evidence-based treatment has yet to be established. To overcome these challenges, new diagnostic and therapeutic modalities in the CS animal model have recently been advanced. With recent developments, this field is likely to advance greatly over the coming years, further emphasizing the importance of and need for continued research.

## IV. ラットモデルを用いた基礎研究(島崎)

早期死亡のみならず、晩期死亡をどう防ぐためにも、CS の病態生理を知ることは非常に重要である。文献的にも、CS では、救出中からの輸液による十分な尿量確保、さらに早期の電解質補正と血液浄化を施行したにも拘わらず、制御不能な全身性炎症反応症候群(SIRS)から、多臓器不全(MOF)に発展し、死亡する症例も散見されたとの報告がある。当研究班の大阪大学島崎先生の研究で、再現性の高い CS ラットモデルを作成し、病態解明と治療法開発をすすめられている。全身性炎症を惹起すると考えられるバイオマーカーを特定し、CS の病因や病態生理のメカニズムから新たな抗酸化剤や抗炎症剤の治療法が効果を示して

いる。結果としては、損傷組織由来の血中 HMGB1 が炎症性サイトカインを誘導し、遠隔臓器障害を引き起こしたと考える。肺ではパターン認識受容体である RAGE の発現が増強しており、肺障害への関与が示唆される。HMGB1-RAGE をブロックすると炎症が抑えられ、死亡率の改善が認められた。HMGB1-RAGE シグナルが炎症惹起と臓器障害発生に大きく関与すると考えられる。今後の治療の流れは、現在の支持・対症療法から予防・病因に対する治療に変化している。今後の CS 治療法開発を目指している。ただし、ラットの研究モデル作成は、長時間(約 9 時間)を要し、労力を伴う。虚血再灌流モデルだけでなく、四肢緊縛、下肢切断、減張切開の有効性をラットモデルで検証したいが、難しい現状がある。今後は、CS モデル作成も考慮するが、臨床データ整理も同時に行っていきたい。治療方法の有効性に関しては、基礎研究も行いながら、データ整理も同時に行う。

#### V. CSM 訓練環境の構築に関する研究/建物倒壊・閉じ込め現場における加圧輸液の実効性に関する検証(加古)

2022年より、脚立を用いて簡易的に閉じ込め空間を設定する手法に関する検討、「吊り下げ式訓練ユニット」および「挟圧解除訓練ユニット」の開発に向けた検討を行っている。現在は、「日本地震工学会・木造倒壊家屋からの救助訓練プログラムに関する検討委員会」の委員などとして、熊本地震における倒壊建物からの救助活動に関する調査・分析結果等を踏まえ、CSR/CSM に関連する訓練環境の構築に関する研究を推進している。建物倒壊・閉じ込め現場における加圧輸液の実効性に関する検証は、狭隘空間における迅速かつ適切な輸液方法を検証している。高さ的制約:75cm、50cm、25cm において、輸液方法として自然滴下、マンシエットによる加圧、輸液実施者の体重による加圧を比較している。加圧方法としては、1. 体育座り姿勢(加重部位:臀部)、2. 片膝座り姿勢(加重部位:足底部)、3. 四つん這い姿勢(加重部位:両手掌部)、4. 側臥位(加重部位:大転子部)※太腿の付け根あたり、5. 腹ばい姿勢(加重部位:両肘部)で比較した。使用資機材としては、いずれも救急隊の標準的資器材を使用している。検証方法としては、クレンメ全開にて、滴下開始から滴下終了までの平均的加速度を比較した。検証時間は最長 1 時間として、加圧輸液では、あらかじめ輸液パック内、チェンバー内、輸液ライン内の空気を除去した。結果としては、輸液実施者の体重による加圧方法は、マンシエット加圧以上の滴下速度を得られる可能性がある。2016年熊本地震では、層崩壊を伴う倒壊建物内で閉じ込められていた被災者 60 人のうち、42 人(7割)が高さ 25~75cm の空間に存在した。体重加圧方法は特別な資機材は不要である。そのため、資機材不足が懸念される災害時には有益な方法である。今後は次に示す限界を考慮し、更なる研究継続を行いたい。この検証では粘性のない水道水

を使用しており、また、生体の静脈圧、血管抵抗などを考慮していないため、実際の挙動との関係性は不明である。本検証は試行的段階に過ぎず、一般化を求めるためには、今後、医学・工学分野などの専門家や、災害救助活動に従事する実務者らと共に、検証モデルそのものを精査し、その上で、様々な体格・属性にある実施者のデータを収集する必要がある。

#### VI. トルコ・シリア地震におけるクラッシュ症候群の調査(大場、高見、阪本、廣田)

University of Gaziantep, Sahinbey research and application hospital は、病床数は 1150 床で、同時に成人 24 例、小児 7 例に透析を実施できる。訪問時の CS 症例数は、成人 168 例の CS のうち、43 例に透析を実施、小児は 52 例のうち 7 例に透析が実施されていた。44 例に筋膜切開、15 例に患肢切断が実施されていた。国際提言に基づいた標準的治療がなされているなかでの結果であった。1999 年のマルマラ地震を経験していない多くの若い医療従事者たちが今回の治療の最前線に立ったわけだが、このように医療の質が保たれた背景には、トルコ腎臓病学会が管理する SNS により、早期に CS に対する治療方針を含めた情報が共有された背景があった。さらに、トルコ腎臓病学会の小児 CS 症例の治療フローチャートの共有を頂いた。たった一つの病院からの報告であるが、今後は、今回の地震に伴う CS データが、トルコ全域の多くの病院から報告され、纏められると考える。ガジアンテップ大学 Sahinbey Research and Application Hospital 病院の Professor Ayse Balat, MD と他 2 名の演者が、第 28 回日本災害学会総会・学術集会の緊急企画トルコ・シリア地震「トルコ・シリア地震におけるクラッシュ症候群」で発表頂いた。今後、University of Gaziantep, Sahinbey research and application hospital と関係を維持し、双方向性に情報共有を継続する。

#### VII. 学会におけるクラッシュ症候群に対する認識の向上(大場、松田、井上、中山)

調査研究活動としては、集中治療や透析に加え、外科的介入(減張切開/患肢切断)を考慮した広域搬送基準を提示する。広域災害時に透析実施可能施設は限られる為、患肢切断することで重症化を防げるのであれば、災害時の CS に対する患肢切断基準を、十分に倫理的配慮の下で見直すことで多くの命を救える可能性がある。基礎実験データや論文をもとに、災害時の CS に対する患肢切断基準を見直す。なお、これらの立案にあたっては、まず重症度分類とその診断基準提示が第一段階として重要であると認識している。JTDB の活用、当委員会からのアンケート、阪神淡路大震災 CS 生データの再評価を行う予定である。関連機関(消防、海上保安庁、警察、自衛隊)の現状把握のためアンケートも行う。現在の方向性は3つ、①論文・既存のデータベース(JTDB、集団災害医療マニュアル)からの知見(議論のある事項の検証)の共有、②熊本地震からの情報整理と解析、③関連機関への現状の調査である。結果として、DMATガイドラインの刷新と重症度の

提言を行いたい。熊本地震でのCSRM施行症例に関する報告より、治療予後を検証する。警察のみならず消防もCSと疑った症例を全例調査する。搬送先病院の同定、その後個人情報を同定する必要があり、その場合は各医療機関に直接連絡し、調査協力をお願いする。厚労科研究班もしくは日本災害学会特別委員会として倫理委員会を通した調査票を作成する必要がある。この研究班から国際に向けてCSの新たな知見共有の為、WHOテクニカルワーキンググループへの提言も行う。2023年度もクラッシュ症候群特別委員会の設置が承認された。第28回日本災害学会総会・学術集会の救急医学会領域講習にて、『クラッシュ症候群について～日本災害学会クラッシュ症候群特別委員会の設置も含めて～』の発表を行った。今後はさらなるCSに対する認識向上のために、学会発表を継続する。想定する学会としては、日本救急医学会、日本臨床救急医学会、日本災害学会、救助隊シンポジウム、救急隊シンポジウム、総務省消防庁救助シンポジウム、日本地震工学会である。

#### D. 考察

CSにおける課題(重症度分類の必要性、広域搬送基準の見直し、Crush Injury Cocktailの是非、CATの適応、減張切開/切断の有用性、早期血液浄化療法導入の有用性)を抽出した。論文、基礎実験データ、熊本地震からのデータ、海外のデータ、既存のデータバンクから、CSの診断・治療に関する知識を見直す。集中治療や透析に加え、外科的介入(減張切開/患肢切断)を考慮した広域搬送基準を提示する。様々な学会や論文発表、海外のWG参加を通じて、より多くの人にCSに関係する知識の共有を行いたい。

#### E. 結論

CSに関する新たな知見をまとめ(DMATテキストの更新)、教育システムの構築と広報を行う。血液浄化療法を視野に入れた分散搬送の確立を行う。CSに対する災害現場からの一貫した治療の標準化を目指す。また、早期医療介入の有用性を示し、災害現場における多機関協働の必要性を広める。災害診療記録を活用し、その項目としてCSを含め、今後のデータ集積に努める。さらに、医療チームのみならず、搬送先院内でも活用する手段としたい。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

Update on Crush Syndrome: a review

Daisuke Usuda, Shintaro Shimozawa, Hiroki Takami, Taigo Sakamoto, Junya Shimazaki, Junichi Inoue, Shinichi Nakayama, Yuichi Koido, Jiro Oba (Under Review)

##### 2. 学会発表

1. 大場次郎:国際緊急援助隊医療チーム活動緊急報告. 第28回日本災害医学会. 緊急企画 トル

コ・シリア地震(2023年3月9日-11日、岩手)

2. 大場次郎:救急科領域講習、『クラッシュ症候群に挑むー災害医学会特別調査委員会設立にあたってー』「第28回日本災害学会総会・学術集会(2023年3月9-11日、マリオス / アイーナ(岩手県盛岡市))
3. 矢田 哲康, 石井 美恵子,内海 清乃,小井土 雄一,太田 真由,藤田 育也,金 龍児,三上 幸恵,北見 伸吾,松井 綾,佐藤 崇史,齋藤 充央,岡部 栄,富永 直人:第32回日本臨床工学会 2022年5月14日(土)-15日(日)『災害拠点病院の集中治療室における持続的腎代替療法に対応可能な臨床工学技士の体制に関する実態調査』
4. 矢田哲康, 石井 美恵子, 内海 清乃, 小井土 雄一, 土田 善之, 富永 直人『災害拠点病院ICUで持続的腎代替療法に対応可能な臨床工学技士に関する実態調査～首都圏調査からの続報～』第50回日本集中治療医学会学術集会. 2023年3月2日-4日
5. 阪本太吾:第25回日本臨床救急医学会『「病院前医療では“救助隊”と連携した活動も重要である』』
6. 阪本太吾:第28回日本災害医学会『「各機関の枠組みを超えた災害医療体制の構築」』
7. 阪本太吾: (講演)総務省消防大学校 警防科 第110期、第111期、横浜市消防局 特別高度救助科、千葉県消防学校 救助科、高度救助科、栃木県消防学校 救助科

##### 3. 学会座長

1. 大場次郎:第28回日本災害学会総会・学術集会. 緊急企画トルコ・シリア地震「トルコ・シリア地震におけるクラッシュ症候群」(2023年3月9-11日、岩手)

##### 4. 公的機関に関連する研究活動

1. Jiro Oba: EMT Technical Working Group on MDS Revision for Red Book. WHO WG Member (2021年10月-)
2. Jiro Oba: INSARAG ERE 2021 Exercise Controller(2021年11月24-26日,上海,online開催)
3. Jiro Oba: Extension of classification Report JDR (Type 1, Type 2, and Specialized Care Team), Lead, Clinical Coordination WG (31 May 2021)
4. 大場次郎:診療調整部/人材育成班 班長,総合調整部会 委員:独立行政法人国際協力機構 国際緊急援助隊医療チーム(2022年4月-2023年3月)
5. 大場次郎:国内支援委員,タイ「ASEAN 災害保健医療管理に係る地域能力強化プロジェクト」,独立行政法人国際協力機構 人間開発部 (2022.1-プロジェクト終了まで)
6. 大場次郎:調査団員,モルドバ国ウクライナ避難民発生に係る緊急人道支援・保健医療分野協力

ニーズ調査 第 2 次調査団(2022 年 4 月 5 日ー  
24 日:モルドバ)

<https://www.juntendo.ac.jp/news/20220527-01.html>

7. 大場次郎:災害援助協力, インドネシア国国際捜索救助諮問グループ(INSARAG)アジア 大洋州地震演習, 独立行政法人国際協力機構(2022 年 9 月 2 日ー9 日:インドネシア)
8. 大場次郎:診療調整部部門長. トルコ共和国における地震被害に対する国際緊急援助隊・医療チームの派遣(2 月 12 日-28 日, 2023 年)
9. 加古嘉信:副座長:総務省「救助活動を支援する携帯電話の電波捕捉に関する技術実証 調査検討会」(2022 年 6 月 2 日~2023 年 3 月 31 日)
10. 加古嘉信:研究委託:法務省矯正局「矯正における危機管理体制の強化に関する研究計画書」(2022 年 4 月 1 日~2023 年 3 月 31 日)
11. 阪本太吾:(訓練)JICA 国際緊急援助隊 救助チーム総合訓練、総務省消防庁 国際消防救助隊連携訓練、緊急消防援助隊 関東ブロック訓練、関東管区広域緊急援助隊 合同訓練、埼玉県特別機動援助隊訓練、北九州市消防局 国際消防救助隊訓練、千葉市消防局 特別高度救助隊訓練
12. 阪本太吾:トルコ共和国における地震被害に対する国際緊急援助隊・医療チームの派遣(2023 年 2 月)
13. 高見浩樹:トルコ共和国における地震被害に対する国際緊急援助隊・医療チームの派遣(2023 年 2 月)