



本邦ドクターヘリ基地病院における気道管理資源の実態調査最終報告書

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: Japanese 出版者: 福島県立医科大学救急医療学講座 公開日: 2016-05-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大野, 雄康, 矢野, 徹宏, 佐藤, ルブナ, 宮崎, 博之, 島田, 二郎, 篠原, 一彰, 後藤, あや, 田勢, 長一郎 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://fmu.repo.nii.ac.jp/records/2000070 |

本邦ドクターヘリ基地病院における
気道管理資源の実態調査
最終報告書

2016年1月

福島県立医科大学救急医療学講座

すべてのドクターヘリ救急医療従事者に



はじめに

本邦ドクターヘリは、震災とともに発展してきたと言っても過言ではありません。ヘリコプター救急の重要性は1995年1月におきた阪神淡路大震災を契機に認識され、全国配備が展開されました。この結果2011年3月の東日本大震災では、災害時のヘリの有用性が証明され、平時のみならず災害時の救急医療にとっても必要不可欠のシステムになっております。また、新たな問題点も明らかとなり、災害時のドクターヘリの運用についての指針が作成中であります。

このようなヘリコプター救急の進歩に伴い、我々救急医療従事者が病院前で気道管理する機会も増加しています。しかしながら、ドクターヘリが要請されるような傷病者は軒並み重症度が高く、このような患者の気道管理は非常な緊張を強いられます。このような挑戦的な状況において、適切な気道管理デバイスを適切かつ迅速に使用できることは非常に重要であります。

しかしながら、日本の病院前において、具体的にどのような気管挿管器具が使用可能か、どのような薬剤が使用できるかは十分に知られていませんでした。

私どもは、日本における病院前の気道確保の現状を明らかにするために、2015年5月から7月にかけて本調査を実施し、最終的には各ドクターヘリ基地病院から93%を超える非常に高い回答をいただきました。本報告書は、その調査結果をまとめたもので、全体の集計結果にデータ解析も加えてあります。本報告書の内容を共有することで自施設のみならず他のドクターヘリ基地病院の現状を把握し、自施設の気道確保用具、薬剤などの再検討に役立てて頂ければ幸甚でございます。

末筆にはなりましたが、皆様方には本調査へのご協力とご理解、そして貴重なお時間をいただきましたことに対し、厚く御礼申し上げます。

2016年1月吉日

福島県立医科大学救急医療学講座 教授 田勢長一郎
助手 大野 雄康

ドクターヘリコプターにおける気道確保デバイス、薬剤等の実態調査 最終報告書

目次

はじめに

1. 調査概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.5

1-1 調査の目的

1-2 調査方法

(1)調査対象

(2)調査方法

(4)調査項目

(5)アウトカム指標

(6)統計解析

2.調査結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.9

2-1 アンケート回答率

2-2 回答施設の基本情報

2-3 気管挿管用器具

2-4 代替換気器具

2-5 外科的気道確保器具

2-6 挿管確認器具

2-7 気道管理器具の一包化

2-8 薬剤

(1)鎮痛薬

(2)鎮静薬

(3)筋弛緩薬

(4)拮抗剤

2-9 人的資源

(1)ドクターヘリ搭乗員の人数と構成

(2)フライトドクターの専門医資格

(3)フライトナースの認定資格

2-10 フライトスタッフの必修講習会

(1)フライトドクターの必修講習会

(2)フライトナースの必修講習会

2-11 その他(自由記載項目)

2-12 アウトカム指標

2-13 アウトカム指標におよぼす関連要因

3. 調査研究の総括と提言・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.23

3-1 病院前で応援の要請は非常に困難である

3-2 声門上器具の病院前レスキューデバイスとしての有用性は軽視されている

3-3 カプノメトリは 1/3 の基地病院で携行されていない

3-4 諸外国のヘリコプター救急システムとの搭乗医師の専門性の相違

3-5 外科的気道確保に対する良好な準備

3-6 非脱分極型筋弛緩拮抗剤を携行する基地病院は少ない

3-7 本邦では病院前に携行する DAM 資器材は標準化されていない

3-8 本調査の結果を踏まえた提言まとめ

4.引用文献リスト・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.29

5.資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ p.35

5-1 調査票

5-2 論文別刷り **Ono Y, et al. J Anesth. 2015 Dec 29. DOI 10.1007/s00540-015-2124-7**

調査実施者

公立大学法人福島県立医科大学 救急医療学講座

研究責任者 田勢 長一郎

主任研究員 大野 雄康

研究員 矢野 徹宏 佐藤 ルブナ 宮崎 博之 島田二郎

太田西ノ内病院 麻酔科・救命救急センター

救命救急センター長 篠原 一彰

公立大学法人福島県立医科大学 公衆衛生学講座

准教授 後藤 あや

調査概要

1. 調査概要

1-1 調査の目的

2001年に日本に導入されたドクターヘリは急速に配備が進み[1]、2013年度の出動件数は20,000件を超えた。2011年3月におきた東日本大震災において、ドクターヘリはトリアージ(Triage)、現場治療(Treatment)、そして迅速な搬送(Transportation)(災害医療の3T)において非常に大きな役割を果たした[2]。このようなヘリコプター救急の急速な進歩に伴い、本邦でも病院前気管挿管を行う機会が年々増加している。しかし、病院前での気管挿管は熟練者にとっても困難な場合がある。過去の報告によれば病院前で気管挿管を試みた際に困難気道に遭遇する可能性は6.0–17.7%に達するとされ、これは手術室に比べずっと高い[3–6]。さらに、病院前では食道挿管や重篤な低酸素血症を含む重篤な合併症も増加することが知られている[7–9]。気道管理資源の不足がこのような状況の一因になるにもかかわらず[10]、本邦の病院前医療においてどの程度気道管理資源が得られるか情報が不足している。

日本麻酔科学会気道管理アルゴリズム[11]、米国麻酔科学会困難気道アルゴリズム[12]、および Difficult airway society ガイドライン[13]は、手術室で遭遇する困難気道のみでなく、救急外来、集中治療室、そして病院前での困難気道マネジメント(Difficult airway management 以下 DAM と略す)にも広く応用可能な概念であり、現在 DAM の標準とされている。これらのアルゴリズムの重要な4つの側面は、何か問題が生じたら 1)助けをよぶ事、マスク換気が十分でなければ、2)声門上器具を挿入する事、気管挿管施行後に 3)カプノメトリを使用して確実にチューブの気管内留置を確認すること、そして換気も挿管も困難であれば 4)外科的気道確保を行う事である[11–13]。従ってバックアップ要員、声門上器具、カプノメトリ、外科的気道確保デバイスを含む適切な DAM 対策資源に迅速にアクセスできることは、困難な状況下において特に重要である。場所に関わらず DAM 対策資源を手術室のそれと一致させておく事、および病院前気管挿管を手術室でのそれに準じて行う事の重要性は、すでに複数の報告で強調されている[14–17]。しかし、本邦ドクターヘリで得られる気道管理資源が、現行の標準気道ガイドラインの観点[11–13]から整合性が取れたものであるか、これまで十分な検討がなされていなかった。それゆえ我々は、(1)本邦の病院前診療で得ることができる気道管理器具、気管挿管確認器具、薬剤、そして人員の詳細について明らかにすること、および(2)それらの気道管理資源が DAM アルゴリズム[11–13]の視点から適切かどうか検証することを目的として、本調査を施行した。

1-2 調査方法

(1)調査対象

認定 NPO 法人救急ヘリ病院ネットワーク (HEM-Net) に登録されている 37 都道府県 45 か所のドクターヘリ基地病院 (<http://www.hemnet.jp/where/> 接続日 2015 年 7 月)

(2)調査方法

福島県立医科大学倫理委員会の承認の後(承認番号 2276)、2015 年 5 月に自己記入式の調査票(資料参照)を郵送した。初回の郵送で回答が得られなかった基地病院には、同年 7 月に調査票の再送を行った。

(4)調査項目

海外で施行された先行研究(病院前 [18-20]、救急部 [21-23]、産科ユニット [24-26])を参照し、さらに調査チーム内で協議・検討し以下 A)-J)に示す項目を調査票に盛り込んだ(資料参照)。

- A) ドクターヘリ基地病院の基礎情報(病床数、2014 年度の救急車受け入れ台数、およびドクターヘリ出動回数)
- B) 病院前で得られる直接喉頭鏡と周辺器具(マッキントッシュ型喉頭鏡、ミラー型喉頭鏡、マッコイ型喉頭鏡、スタイレット、ガムエラスティックブジー、および局所麻酔噴霧器)
- C) 代替挿管器具(ビデオ喉頭鏡とその商品名、軟性気管支鏡、逆行性気管挿管器具、外科的気道確保器具)
- D) 代替換気器具(声門上器具、経口および経鼻エアウェイ)
- E) 気管挿管確認器具(カプノメトリ、および食道挿管検知器)
- F) B)-E)に記載したような DAM 対策器具の一包化の有無
- G) 気管挿管時に使用できる薬剤(鎮痛剤、鎮静剤、筋弛緩剤、そしてスガマデクス、ナロキソン、フルマゼニルなどの拮抗剤)
- H) 通常ドクターヘリに搭乗するスタッフの数(医師数、看護師数、そして研修人員数)
- I) ドクターヘリに搭乗する医師および看護師の専門医資格、認定資格
- J) ドクターヘリに搭乗する医師や看護師の受講が推奨される off the job training の内容
直接喉頭鏡の各種ブレードや代替換気器具については小児用サイズが得られるかどうかについても質問した。上記 B)-E)に示すような DAM 対策器具の一包化については、

全てなのか部分的なのかについても尋ねた。外科的気道確保器具は、輪状甲状靭帯穿刺切開キットなのか、メスとペアンのみかを区別した。

(5) アウトカム指標

日本麻酔科学会気道管理アルゴリズム[11]、米国麻酔科学会困難気道アルゴリズム[12]、および Difficult airway society ガイドライン[13]は気道管理において、以下の4つのステップを共通して推奨している：あらゆる問題を認知した時点で1)応援を要請する、マスク換気が十分でなければ2)声門上器具を挿入する、3)カプノメトリを使用して確実に気管挿管を確認する、そして換気も挿管も困難であれば4)外科的気道確保を行う。我々は本邦ドクターヘリで得られる気道管理資源が、これらの観点から適切かどうかをアウトカム指標とした。「応援を要請する」は医師が2名以上ドクターヘリに搭乗する場合達成可能であると判断した。理由は本邦では現在のところ、非心停止例に対しては医師のみが気管挿管や声門上器具の挿入を許されているからである。研修人員はスタッフレベルの医師、研修医、看護師、そして救急隊員である可能性があるため医師の人数にカウントしなかった。「声門上器具を挿入する」および「カプノメトリを使用して気管挿管を確認する」は、それぞれ声門上器具、カプノメトリを携行資器材に含めている場合達成可能と判断した。「外科的気道確保を行う」、輪状甲状靭帯穿刺切開キットか、メスとペアンのセットのどちらかが病院前でも得られるときに達成可能であると見なした。

(6)統計解析

まず、調査項目のそれぞれについて記述統計で解析した。つぎに、上記の4つのステップに、各基地病院のドクターヘリ年間出動回数、地域(東日本/西日本)、ドクターヘリ事業開始時期が影響を及ぼしているかどうか Fisher 検定を使用して解析した。ドクターヘリ年間出動回数は中央値を使って2群に分けた。地域は気象庁(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 閲覧日 2015年11月30日)の定義に従い東日本(北海道、東北、関東甲信、北陸、東海)および西日本(近畿、中国、四国、北九州、南九州、沖縄)に分けた。ドクターヘリ事業開始時期は、早期設立群(2001-2008年)と晚期設立群(2008-2015年)に群分けした。統計学的解析には IBM SPSS Statistics for Windows, version 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)を使用し、 $p < 0.05$ で統計学的有意差ありと判断した。

調査結果

2.調査結果

2-1 アンケート回答率 93.3%(42/45 基地病院)

2-2 回答施設の基本情報

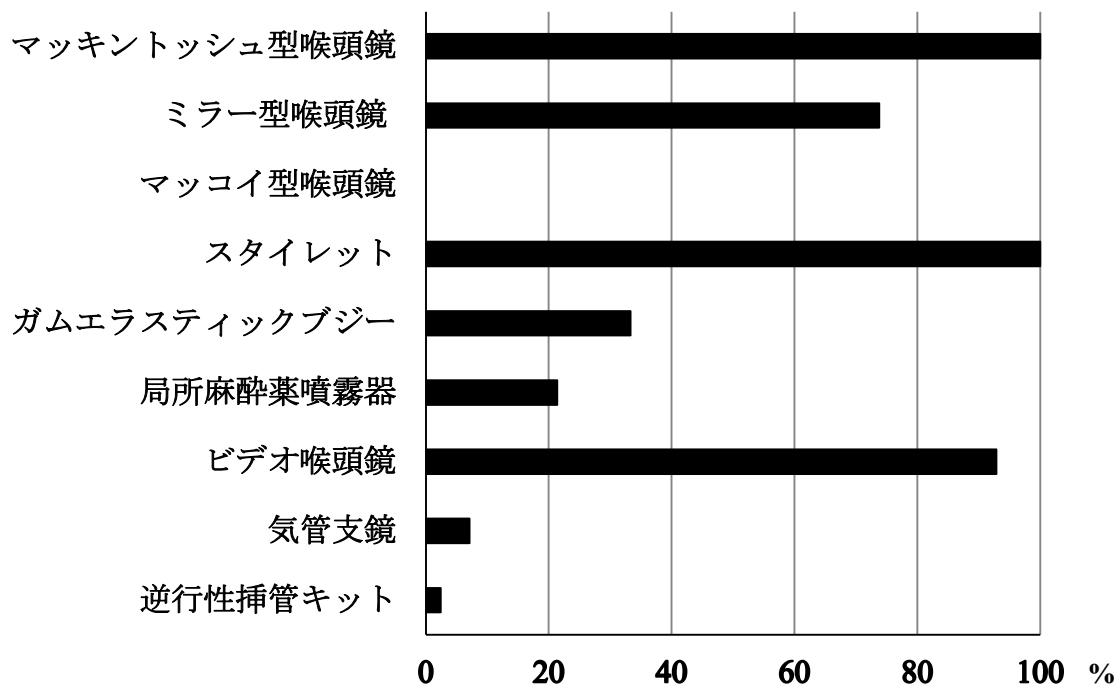
ドクターヘリ基地病院の総病床数、2014年度の年間救急車受け入れ台数、および年間ドクターヘリ出動回数についての質問し、以下の回答を得た。

| 基本情報 (N=42) | 中央値 (最小値, 最大値) |
|-------------|-------------------|
| 総病床数 | 653 (311, 1182) |
| 救急車受け入れ台数 | 3859 (1023, 8815) |
| ドクターヘリ出動回数 | 447 (78, 1570) |

2-3 気管挿管用器具

病院前診療で得られる気管挿管用器具について質問し、以下の表および図に示す回答を得た。マッキントッシュ型喉頭鏡はすべての基地病院で得られ、92.9%の基地病院で少なくとも一種類のビデオ喉頭鏡が得られることが明らかになった。

| 気管挿管用器具 (N=42) | n, (%) |
|-----------------------|-----------|
| マッキントッシュ型喉頭鏡 (ブレード曲型) | 42 (100) |
| 複数サイズの成人用ブレード | 40 (95.2) |
| 小児用ブレード | 39 (92.9) |
| ミラー型喉頭鏡 (ブレード直型) | 31 (73.8) |
| 複数の成人用ブレード | 3 (7.1) |
| 小児用ブレード | 31 (73.8) |
| マッコイ型喉頭鏡 | 0 (0) |
| スタイレット | 41 (97.6) |
| ガムエラスティックブジー (GEB) | 13 (33.3) |
| 局所麻酔薬噴霧器 | 9 (21.4) |
| ビデオ喉頭鏡※ | 39 (92.9) |
| 気管支鏡 | 3 (7.1) |
| 逆行性挿管キット | 1 (2.4) |



※なお、ビデオ喉頭鏡の内訳は以下に示す通りである。

| ビデオ喉頭鏡の内訳 (複数回答) | N=39 | n, (%) |
|---------------------------|------|-----------|
| エアウェイスコープ® | | 33 (78.6) |
| マックグラス® | | 12 (28.6) |
| オリンパスエアウェイマネジメントモバイルスコープ® | | 2 (5.1) |
| キングビジョン® | | 1 (2.4) |
| エアトラック® | | 1 (2.4) |

9 基地病院が 2 つ、1 基地病院が 3 つビデオ喉頭鏡を所持していた。

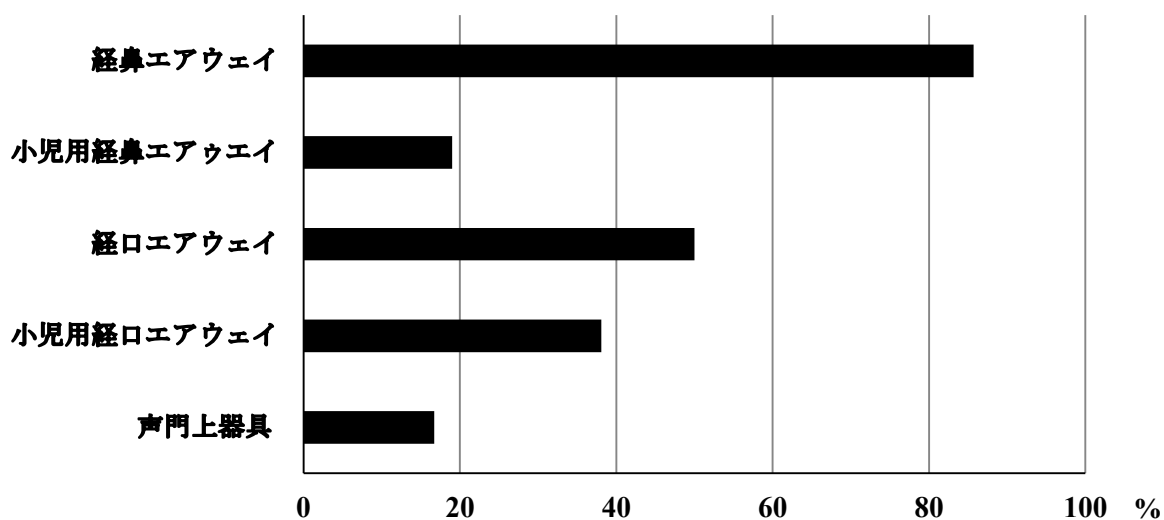
エアウェイスコープ®が 8 割に迫るシェア、次に使われているビデオ喉頭鏡はマックグラス®であった。

2-4 代替換気器具

病院前診療で得られる代替換気器具について質問し、以下の表および図に示す回答を得た。

| あり (N=42) | n, (%) |
|----------------------------|------------------|
| 声門上器具 | 7 (16.7) |
| 複数サイズの声門上器具 | 5 (11.9) |
| 小児用声門上器具 | 5 (11.9) |
| intubating laryngeal mask* | 2 (4.8) |
| 経鼻(ネーザル)エアウェイ | 36 (85.7) |
| 複数サイズ | 28 (66.7) |
| 小児用サイズ | 8 (19.0) |
| 経口(オーラル)エアウェイ | 21 (50.0) |
| 複数サイズ | 13 (30.9) |
| 小児用サイズ | 16 (38.1) |

* 器具を通して気管挿管できるタイプの声門上器具



声門上器具は 16.7%の基地病院でしか得られないことが分かった。

2-5 外科的気道確保器具

病院前診療で得られる外科的気道確保器具について質問し、以下の表および図に示す回答を得た。

| 外科的気道確保デバイス (N=42) | n, (%) |
|--|-----------|
| 輪状甲状靭帯穿刺・切開キット | 26 (61.9) |
| 輪状甲状靭帯穿刺切開キットはないが、 メスとペアンで外科的気道確保可能 | 16 (38.1) |
| 上記のいずれかひとつ | 42 (100) |

全ての基地病院が輪状甲状靭帯穿刺・切開キットもしくはメス/ペアンを所持しており、外科的気道確保可能な準備を整えていた。

2-6 挿管確認器具

病院前診療で得られる挿管確認用器具について質問し、以下の表に示す回答を得た。

| あり (N=42) | n, (%) |
|-------------|-----------|
| (携帯型)カプノメトリ | 28 (66.7) |
| 食道挿管検知器 | 7 (16.7) |

その他、2 基地病院が比色式の炭酸ガスモニターを使用し、2 基地病院が人工呼吸器のカプノメトリが使用できるとのことであった。

2-7 気道管理器具の一包化

これまで示してきた気道管理器具が一包化されているかどうか質問し、表に示す回答を得た。

| あり (N=42) | n, (%) |
|-----------|-----------|
| はい | 16 (38.1) |
| 一部のみ | 15 (35.7) |
| いいえ | 11 (26.2) |

緊急の場合遅滞なく DAM 対策器材が出るようにするには一包化しておく必要があるが、完全に一包化すると答えた施設は 38.1%であった。

2-8 薬剤

病院前診療で得られる、気管挿管を容易にするための薬剤について質問し、以下の表に示す回答を得た。

(1) 鎮痛薬

| あり (N=42) | n, (%) |
|-----------------------|-----------|
| フェンタニル | 13 (31.0) |
| ケタミン (ケタラールなど) | 12 (28.6) |
| 塩酸モルヒネ | 16 (38.1) |
| ペンタゾシン(ソセゴン, ペンタジンなど) | 25 (59.5) |
| ブプレノルフィン(レペタンなど) | 15 (35.7) |
| 噴霧用リドカイン | 6 (14.3) |
| リドカイン静注用(リドクイックなど) | 29 (69.0) |
| トラマドール(トラマールなど) | 0 (0) |
| その他の鎮痛剤 | 0 (0) |

全基地病院の約3-4割がフェンタニル、ケタミン、塩酸モルヒネなどの麻薬扱いの薬剤を病院前にも持っていくと回答した。

(2) 鎮静薬

| あり (N=42) | n, (%) |
|--------------------|-----------|
| ミダゾラム (ドルミカムなど) | 39 (92.9) |
| ジアゼパム (セルシンなど) | 38 (90.5) |
| プロポフォール (ディプリバンなど) | 10 (23.8) |
| チオペンタール (ラボナールなど) | 4 (9.5) |
| ドロペリドール (ドロレプタンなど) | 0 (0) |
| ハロペリドール (セレネースなど) | 2 (4.9) |
| その他の鎮静剤 | 0 (0) |

大多数の基地病院が病院前の鎮静剤としてベンゾジアゼピン系薬剤(ミダゾラム、ジアゼパム)を携行薬剤に含めていた。

(3) 筋弛緩薬

| あり (N=42) | n, (%) |
|---------------------|-----------|
| ロクロニウム (エスラックスなど) | 19 (45.2) |
| ベクロニウム (マスキュラックスなど) | 18 (42.9) |
| パンクロニウム (ミオブロックなど) | 0 (0) |
| サクシニルコリン (サクシンなど) | 0 (0) |
| 上記のいずれかひとつ | 34 (81.0) |
| その他の筋弛緩剤 | 0 (0) |

サクシニルコリン、パンクロニウムを持っていく基地病院はなかった。筋弛緩剤が病院前で全く得られない基地病院も 19%あった。

(4) 拮抗剤

| あり (N=42) | n, (%) |
|--------------------|----------|
| ナロキソン | 1 (2.4) |
| スガマデクス (ブリディオオンなど) | 5 (11.9) |
| フルマゼニル (アネキサートなど) | 1 (2.4) |

ナロキソン、フルマゼニルはそれぞれ一基地病院のみが持参するのみであった。非脱分極型筋弛緩剤の特異的拮抗薬であるスガマデクスが病院外でも得られる、と回答した基地病院は 11.9%であった。

2-9 人的資源

(1) ドクターヘリ搭乗員の人数と構成

ドクターヘリに通常乗る人員の数と内訳について質問し、以下の表に示す回答を得た。

| フライト人員の数と内訳 (N=42) | n, (%) |
|-------------------------|-----------|
| 医師 1 名、看護師 1 名 | 20 (47.6) |
| 医師 1 名、看護師 1 名、研修人員 1 名 | 16 (38.1) |
| 医師 2 名、看護師 1 名 | 6 (14.3) |

研修人員(OJT 要員)は、トレーニング中のスタッフ (医師、看護師)であったり、研修医であったり、救命士であったりするとの回答が見られた。

困難気道(Difficult airway)に対処するには 2 名以上の気道管理に熟達した医師を確保することが望ましいとされている。しかし実際には 14.3%の基地病院のみが医師 2 人体制であった。

(2) フライトドクターの専門医資格

フライトドクターの専門医資格について質問し、以下の表に示す回答を得た(複数回答)。

| 医師総数 (N=347) | n, (%) |
|--------------|------------|
| 救急科専門医 | 263 (75.8) |
| 外科専門医 | 54 (15.6) |
| 集中治療専門医 | 52 (15.0) |
| 麻酔科専門医 | 35 (10.1) |
| 脳外科専門医 | 16 (4.6) |
| 整形外科専門医 | 14 (4.0) |
| 循環器内科専門医 | 14 (4.0) |
| 呼吸器内科専門医 | 4 (1.2) |
| その他の専門医 | 55 (15.9) |

圧倒的多数が救急専門医、次に外科専門医であった。麻酔科専門医は 10.1%であった。その他の専門医は小児科専門医などであった。

(3) フライトナースの認定資格

フライトナースの認定資格について質問し、以下の表に示す回答を得た(複数回答)。

| 看護師総数 (N=326) | n, (%) |
|---------------|-----------|
| 救急看護 | 58 (17.8) |
| 集中ケア | 3 (0.9) |
| 手術看護 | 0 (0) |
| 小児救急看護 | 1 (0.3) |
| その他の認定資格 | 5 (1.6) |

救急看護認定を取得しているナースは全体の 17.8%であった。その他の認定資格を持っているナースは非常に少ないことが分かった。

2-10 フライトスタッフの必修講習会

(1) フライトドクターの必修講習会

フライトドクターの受講を必修としている講習会について質問し、以下の表に示す回答を得た(複数回答)。

| 回答数 (N=41) | n, (%) |
|-----------------|-----------|
| JATEC | 31 (75.6) |
| ACLS | 26 (63.4) |
| JPTEC | 25 (61.0) |
| BLS | 20 (48.8) |
| ICLS | 12 (29.3) |
| ドクターヘリ講習会 | 8 (19.5) |
| ATLS | 7 (17.1) |
| Emergo | 6 (14.6) |
| DMAT | 6 (14.6) |
| 院内の独自のトレーニングコース | 6 (14.6) |
| MIMMS | 5 (12.2) |
| MCLS | 5 (12.2) |
| 救急専門医 | 4 (9.8) |
| その他 # | 11(26.8) |

#その他の内訳は、ISLS(n=3),陸上特殊無線(n=3),DAM(2),PTLS(n=2),運行会社によるフライトスタッフ安全講習会(n=1)であった。

(2) フライトナースの必修講習会

フライトナースの受講を必修としている講習会講習会について質問し、以下の表に示す回答を得た(複数回答)。

| 回答数 (N=41) | n, (%) |
|------------|-----------|
| JPTEC | 35 (85.4) |
| BLS | 25 (61.0) |
| ACLS | 25 (61.0) |
| JNTEC | 13 (31.7) |
| ICLS | 11 (26.8) |
| ドクターヘリ講習会 | 7 (17.1) |
| DMAT | 6 (14.6) |
| MCLS | 4 (9.8) |
| JATEC | 2 (4.9) |
| ISLS | 2 (4.9) |
| その他† | 8 (20) |

†その他の内訳は、PTLS (n=1),陸上特殊無線(n=1),Emergo(n=1),シミュレーション教育 (n=1),スキルチェック(n=1),クリニカルラダーレベル3以上(n=1),MIMMS (n=1),そして PALS(n=1)であった。

2-11 その他(自由記載項目)

- 医師については何等かのインストラクターを推奨しています。無線資格を推奨しています。ドクターバック、ナースバックはどのように分けており、それぞれの重さは何キログラムなのか知りたいです。**
- 携行資器材はできるだけ少なくなるように心がけています。薬剤もしかりです。

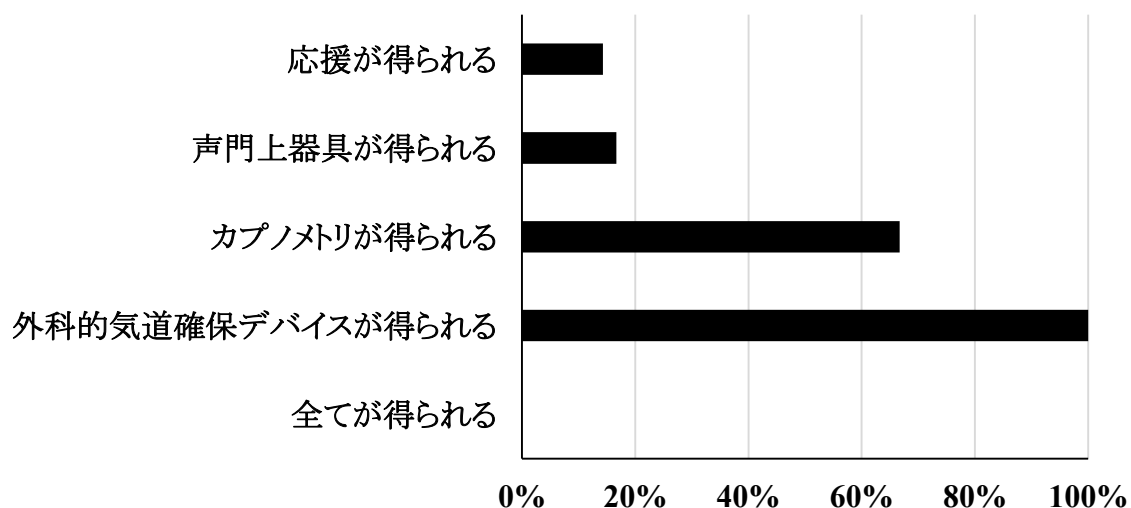
**参考

福島県立医科大学では、ドクターバッグ(成人バッグ、小児バッグ)、ナースバッグに分けており、成人バッグ 7.65kg 小児バッグ 4.55kg ナースバッグ 5.5kg である。挿管用具、代替挿管用具、挿管確認用具、および外科的気道確保デバイスはドクターバッグに入っており、薬剤はナースバッグに入っている。

2-12 アウトカム指標

日本麻酔科学会、および米国麻酔科学会気道管理アルゴリズムが共通して推奨する、4つのDAM対策資源が本邦ドクターヘリで得られるかどうか検証し、以下の表および図に示す結果を得た。

| 回答数 (N=42) | n, (%) |
|------------------|-----------|
| 応援が得られる | 6 (14.3) |
| 声門上器具が得られる | 7 (16.7) |
| カプノメトリが得られる | 28 (66.7) |
| 外科的気道確保デバイスが得られる | 42 (100) |
| 上記の全てが得られる | 0 (0) |



外科的気道確保デバイスは本調査に回答したすべてのドクターヘリ基地病院で得られ、助けは14.3%、声門上器具は16.7%、カプノメトリは66.7%で得られることが明らかになった。4つ全てのステップが達成可能である基地病院はなかった。

2-13 アウトカム指標におよぼす関連要因

次に、これらの DAM ステップの実現可能性に各基地病院の年間ドクターヘリ出動件数、地域、ドクターヘリ事業開始時期が及ぼす影響について Fisher 検定で解析を行った。結果を以下の表に示す。

| | 年間ドクターヘリ出動件数 | | | 地域 | | |
|-----------------|--------------|-----------|------|-----------|-----------|------|
| | ≥447 | <447 | p | 東日本 | 西日本 | p |
| | N=21 | N=21 | | N=22 | N=20 | |
| 助けが得られる | 3 (14.3) | 3 (14.3) | 1.00 | 4 (18.2) | 2 (10.0) | 0.67 |
| 声門上器具が 得られる | 2 (9.5) | 5 (23.8) | 0.41 | 5 (22.7) | 2 (10.0) | 0.41 |
| カプノメトリが 得られる | 14 (66.7) | 14 (66.7) | 1.00 | 17 (77.3) | 11 (55.0) | 0.19 |

| | ドクターヘリ事業開始時期 | | |
|-----------------|--------------|-----------|------|
| | 2001–2009 | 2010–2015 | p |
| | N=19 | N=23 | |
| 助けが得られる | 2 (10.5) | 4 (17.4) | 0.67 |
| 声門上器具が 得られる | 3 (15.8) | 4 (17.4) | 1.00 |
| カプノメトリが 得られる | 13 (68.4) | 15 (65.2) | 1.00 |

ドクターヘリ年間出動件数、地域、およびドクターヘリ事業開始時期と DAM ステップの実現可能性の間に有意な関連は見られなかった。

調査研究の総括と提言

3. 調査研究の総括と提言

本邦ドクターヘリ基地病院における DAM 対策資源について調査した。外科的気道確保デバイスはすべての基地病院で準備されていたが、日本麻酔科学会気道管理アルゴリズム[11]、米国麻酔科学会困難気道アルゴリズム[12]、および Difficult airway society ガイドライン[13]が共通して推奨する他 3 つの重要な DAM 対策資源(応援の要請、声門上器具、カプノメトリ)に対する準備は各基地病院で全く異なっており、全てが得られる施設はなかった。特に他の医師による助けと声門上器具が得られにくいことが明らかになった。我々は病院前気管挿管を行う際は、このような人的および資機材の制限を認識しておく必要がある。DAM において人的資源や適切な診療資器材の欠如は、絶対的に不利である[10]。我々はこのような不利な環境で気管挿管を行うリスクとベネフィットを熟考する必要がある。

3-1 病院前で応援の要請は非常に困難である

85%以上の施設で、病院前において他の医師の助けが得られないことが明らかになった。応援の要請は、DAM アルゴリズムの最初のステップであり、最も強調されている点でもある[11–13]。Jaber らは近年、二名以上の術者がいると緊急気管挿管の成功率が増し、合併症が低下すると報告した[27]。重症患者の気道管理において、応援が得られないことは絶対的に不利であり、病院内での気道管理との最大の相違点でもある。さらに院外の気管挿管においては、環境、スペースの制限、患者体位の制限など院内とは異なる多くの問題点が発生する可能性がある。それゆえ病院前診療で困難気道に遭遇する可能性は院内に比してずっと高く[3–6]、重篤な合併症も発生しやすい[28,29]。従って、気道が維持され、十分な換気と酸素化ができているのであれば、院外ではあえて気管挿管を実施しない選択をする勇気も必要である。これは困難気道が事前に予測される場合は、さらに重要になる[10]。さらに病院前気管挿管が予後を改善するという信憑性のあるエビデンスは現時点で存在せず、むしろ予後の悪化との関連を指摘する報告が多い(例：院外心停止[30, 31]、外傷性脳損傷[32–34]、多発外傷[35–38])。これら全てを考え合わせると、院外の気道確保は常に迅速な病院搬送との優劣を考慮して行う必要がある。

3-2 声門上器具の病院前レスキューデバイスとしての有用性は軽視されている

本検討において、声門上器具は16.7%の基地病院でのみ得られることが明らかとなった。欧州で行われた類似の検討では、声門上器具は病院前であっても92.0-97.6%入手可能である[19, 20]。従って本邦では声門上器具のレスキューデバイスとしての有用性は軽視されていると考えられる。複数のDAMガイドラインにおいて、声門上器具は挿管不能・換気不能の状況を換気可能な状態に変え得る重要なデバイスとして位置付けられている[11-13]。声門上器具のレスキューデバイスとしての有用性は麻酔科領域では十分なエビデンスが蓄積されており[11-13]、近年救急領域でも重要性が認識されている。Lockeyら[39]やCombesら[40]の報告によれば、病院前で気管挿管不能であった困難気道症例の全例が、声門上器具を通して換気可能であったとされる。これらのエビデンスを鑑みると、本邦においても積極的に病院前に携行する気道管理資器材に声門上器具を含めるべきである。

なお、声門上器具を正確に挿入できるようになる為には一定の経験が必要である。声門上器具の正確なフィット、十分な換気と術者の経験との正相関を指摘する報告がある[41]。とりわけ声門上器具が使用されるような緊急の状況(挿管不能・換気不能)では、患者は低酸素血症により心停止直前の状態であり、声門上器具挿入の適切なトレーニングは欠かせない。しかしながら、声門上器具を挿入する機会は予定手術以外では非常にまれである。本邦のフライトドクターは救急医が大部分を占め、麻酔科医は10%程度であるため、声門上器具を挿入する適切なトレーニングの機会が不足しているかもしれない。他国においてはこのようなギャップをカバーするために、フライトスタッフが定期的に手術室に入り、十分な気管挿管や声門上器具挿入の経験を積むことができるシステムが構築されている[42, 43]。日本でも類似のプログラムの構築が望ましい。

3-3 カプノメトリは1/3の基地病院で携行されていない

本検討において、約2/3の基地病院が病院前にカプノメトリを携行すると回答した。気管挿管の確実な確認はDAMにおいて必要不可欠な要素である[11-13]。気管挿管の確認に、カプノメトリは聴診単独より感度も特異度も高いことが指摘されている[44-46]。実際、欧州では病院前であっても約85-100%カプノメトリが使用可能である[19,20]。さらに呼気炭酸ガスを挿管後、搬送中を通して持続監視することは、気管チ

ューブの位置ずれを検出するのにも有用である[47]。Silvestri ら[47]はカプノメトリが病院前気管挿管で使用された場合、病着時に食道挿管であった確率は 0%であったのに対し、カプノメトリが使用されなかった場合病着時 23%が食道挿管になっていたと報告している。英国で施行された全国調査によれば[14]、カプノメトリの欠如は、低酸素脳症や死亡を含む重篤な気管挿管の合併症と関連があった。カプノメトリを使用した気管挿管の確認、および持続呼気中炭酸ガスモニタリングは手術室[11-13]や集中治療室[14]ではすでに標準ケアになっている。それを受け、近年救急領域でも呼気中炭酸ガスモニタリングの重要性が認識されるようになってきた[14,47]。従って我々は積極的に病院前での気道管理にカプノメトリを使用した呼気中炭酸ガスモニタリング（気管挿管の確認と搬送中の持続監視）を組み込むべきである。

3-4 諸外国のヘリコプター救急システムとの搭乗医師の専門性の相違

今回の検討において、フライトドクターの大部分は救急専門医資格を有しており、麻酔科専門医は 10%程度であった。一方スカンジナビア諸国やドイツではフライトドクターのほぼ全例が特別な訓練を受けた麻酔専門医である[15, 17, 48, 49]。麻酔科医が病院前気管挿管を行う場合、困難気道に遭遇する頻度がその他の専門医より有意に低いとする報告がある[6]。本邦ドクターヘリ救急においてもより積極的に麻酔科専門医を取り込んでいくことが望ましいが[50]、人手不足などの事情があり困難であるかもしれない。

3-5 外科的気道確保に対する良好な準備

本調査では全ての基地病院が外科的気道確保器具を所持していた(輪状甲状靭帯穿刺・切開キット所持する施設 61.9%、メスとペアンで外科的気道確保可能な施設 38.1%)。外科的気道確保はすべての DAM アルゴリズムの共通したエンドポイントである[11-13]。救急領域では時折タイムリーな外科的気道確保手技が救命の鍵になる場面がある[51]。例えば重症気道熱傷や急性喉頭蓋炎、顔面骨粉碎骨折で換気も挿管も著しく困難な場合である。病院前で緊急輪状甲状靭帯穿刺/切開が必要であった頻度は 0.5-2.4%とされ[39,52,53]、これは手術室で同手技が必要になる頻度(0.005-0.025%)[54]のおよそ 100 倍である。従ってすべてのフライトドクターは外科的気道確保手技に精

通しておく必要がある。過去の報告によると外科的気道確保の技能を維持するのに、定期的なシミュレータートレーニングが有用[55,56]であったとされている。

3-6 非脱分極型筋弛緩拮抗剤を携行する基地病院は少ない

スガマデクス(非脱分極型筋弛緩剤拮抗薬)を病院前に携行する基地病院は 11.9%と少なかった。これは救急領域で気道確保の必要がある患者は、絶対的に確定的気道確保の必要があるため[39,57]、たとえ麻酔導入後に換気ができなくてもリバースを行う、という選択の余地がないためと思われる。その代り、上記に記載したとおり外科的気道確保デバイスを所持する確率は非常に高かった。

3-7 本邦では病院前に携行する DAM 資器材は標準化されていない

現在まで本邦ドクターヘリの診療資器材は、DAM 資器材を含み標準化されていない。本検討においてドクターヘリ年間出動件数、地域、およびドクターヘリ事業開始時期と DAM の実現可能性の間に有意な関連は見られず、DAM 対策資器材が各病院の恣意で選択されていることを支持する結果になった。質のそろった病院前気道確保戦略を確立するために、病院前携行資器材は標準化しておく必要がある。DAM 対策資器材は場所に関わらず手術室内の装備品と一致させておくべきだとする複数の報告がある[14-17]。

本邦および米国麻酔科気道管理ガイドライン[11,12]、そして DAS ガイドライン[13]に記載されている推奨資器材は以下に示すとおりである。

- 直接喉頭鏡とさまざまなタイプ/サイズのブレード
- ビデオ喉頭鏡
- いくつかのサイズの気管チューブ
- スタイレットとゴムエラスティックブジー
- 声門上器具、経口/経鼻エアウェイを含む代替換気デバイス
- 外科的気道確保デバイス
- 炭酸ガスモニター
- 上記の器具の一包化(storage unit)

3-8 本調査の結果を踏まえた提言まとめ

1. 院外で気道確保を行う際は、常に人的および物的資源に乏しい環境下で行うリスクとベネフィットを考慮して行うこと。挿管困難症例では十分な換気と酸素化ができているのであれば搬送を優先させ、院外では気管挿管にこだわらない勇気を持つべきである[10,17]。
2. 気道閉塞が差し迫ったような緊急事態で、搬送に確実な気道確保が不可欠と判断した場合、(例：気道熱傷や重症顔面外傷)は、やはり現場で気管挿管を行う必要がある[58]。喉頭展開施行後に気管挿管が困難だと判断した場合には躊躇せず外科的気道確保を含む代替手段に切り替えるべきである。理論的根拠は2つある:1)人的および資器材に限られた状況下で複数回喉頭展開を行うと低酸素や食道挿管を含む重篤な合併症の頻度が増える[7-9, 14, 28, 29]、そして2)病院前で行う DAM は時間を消費し、病院での確定的治療までの時間を遅らせる可能性が高い。病院前の時間と予後は逆相関することが知られている[59-61]。病院前の気道確保は常に時間を意識して行うべきである。
3. 病院前携行資器材は標準化しておく必要がある。複数の気道管理ガイドラインに記載されている推奨資器材[11-13]は次のとおりである：直接喉頭鏡とさまざまなタイプ/サイズのブレード、ビデオ喉頭鏡、複数サイズの気管チューブ、スタイレットとガムエラスティックブジー、声門上器具、経口/経鼻エアウェイを含む代替換気デバイス、外科的気道確保デバイス、炭酸ガスモニター、そしてこれらの器具の一包化(storage unit)。
4. フライトドクターが十分な気道管理トレーニングを受ける機会を構築する必要がある。海外では、手術室で十分数の気管挿管、声門上器具挿入が経験できるプログラムがすでに構築されている[42, 43]。シミュレータートレーニングは外科的気道確保のスキル維持に有用である[55, 56]。

引用文献リスト

4. 引用文献リスト

1. Nishikawa W, Yamano Y. An overview of the development of helicopter emergency medical services in Japan. *Air Med J.* 2010;29:288–91.
2. Matsumoto H, Motomura T, Hara Y, Masuda Y, Mashiko K, Yokota H, Koido Y. Lessons learned from the aeromedical disaster relief activities following the great East Japan earthquake. *Prehosp Disaster Med.* 2013;28:166–9.
3. Combes X, Jabre P, Margenet A, Merle JC, Leroux B, Dru M, Lecarpentier E, Dhonneur G. Unanticipated difficult airway management in the prehospital emergency setting: prospective validation of an algorithm. *Anesthesiology.* 2011;114:105–10.
4. Adnet F, Borron SW, Racine SX, Clemessy JL, Fournier JL, Plaisance P, Lapandry C. The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of a new score characterizing the complexity of endotracheal intubation. *Anesthesiology.* 1997;87:1290–7.
5. Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Brauer A, Rosenblatt WH, Braun U. Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation.* 2006;70:179–85.
6. Breckwoldt J, Klemstein S, Brunne B, Schnitzer L, Arntz HR, Mochmann HC. Expertise in prehospital endotracheal intubation by emergency medicine physicians? Comparing ‘proficient performers’ and ‘experts’. *Resuscitation.* 2012;83:434–9.
7. Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg.* 2004;99:607–13.
8. Hasegawa K, Shigemitsu K, Hagiwara Y, Chiba T, Watase H, Brown CA 3rd, Brown DF, Japanese Emergency Medicine Research Alliance Investigators. Association between repeated intubation attempts and adverse events in emergency departments: an analysis of a multicenter prospective observational study. *Ann Emerg Med.* 2012;60:749–54.
9. Martin LD, Mhyre JM, Shanks AM, Tremper KK, Kheterpal S. 3,423 emergency tracheal intubations at a university hospital: airway outcomes and complications. *Anesthesiology.* 2011;114:42–8.
10. Paal P, Herff H, Mitterlechner T, von Goedecke A, Brugger H, Lindner KH, Wenzel V. Anaesthesia in prehospital emergencies and in the emergency room. *Resuscitation.* 2010;81:148–54.
11. Japanese Society of Anesthesiologists. JSA airway management guideline 2014: to improve the safety of induction of anesthesia. *J Anesth.* 2014;28:482–93.
12. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, Hagberg CA, Caplan RA, Benumof JL, Berry FA, Blitt CD, Bode RH, Cheney FW, Connis RT, Guidry OF, Nickinovich DG, Ovassapian A; American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Practice guidelines for management of the

- difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2013;118:251–70.
13. Henderson JJ, Popat MT, Latto IP, Pearce AC; Difficult Airway Society. Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia*. 2004;59:675–94.
 14. Cook TM, Woodall N, Harper J, Benger J; Fourth National Audit Project. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 2: intensive care and emergency departments. *Br J Anaesth*. 2011;106:632–42.
 15. Lockey DJ, Crewdson K, Lossius HM. Pre-hospital anaesthesia: the same but different. *Br J Anaesth*. 2014;113:211–9.
 16. Lockey D, Porter K; University Hospital Birmingham Faculty of Pre-hospital Care. Prehospital anaesthesia in the UK: position statement on behalf of the Faculty of Pre-hospital Care. *Emerg Med J*. 2007;24:606–7.
 17. Berlac P, Hyldmo PK, Kongstad P, Kurola J, Nakstad AR, Sandberg M; Scandinavian Society for Anesthesiology and Intensive Care Medicine. Pre-hospital airway management: guidelines from a task force from the Scandinavian Society for Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008;52:897–907.
 18. Rognas LK, Hansen TM. EMS-physicians' self reported airway management training and expertise; a descriptive study from the Central Region of Denmark. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2011;19:10.
 19. Schmid M, Mang H, Ey K, Schuttler J. Prehospital airway management on rescue helicopters in the United Kingdom. *Anaesthesia*. 2009;64:625–31.
 20. Schmid M, Schuttler J, Ey K, Reichenbach M, Trimmel H, Mang H. Equipment for pre-hospital airway management on Helicopter Emergency Medical System helicopters in central Europe. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011;55:583–7.
 21. Morton T, Brady S, Clancy M. Difficult airway equipment in English emergency departments. *Anaesthesia*. 2000;55:485–8.
 22. Levitan RM, Kush S, Hollander JE. Devices for difficult airway management in academic emergency departments: results of a national survey. *Ann Emerg Med*. 1999;33:694–8.
 23. Walsh K, Cummins F. Difficult airway equipment in departments of emergency medicine in Ireland: results of a national survey. *Eur J Anaesthesiol*. 2004;21:128–31.
 24. Niazi A, Cummins E, Walsh K. Difficult airway equipment in obstetric units in the republic of Ireland: results of a national survey. *Eur J Anaesthesiol*. 2004;21:861–3.
 25. Stamer UM, Messerschmidt A, Wulf H, Hoefl A. Equipment for the difficult airway in obstetric units in Germany. *J Clin Anesth*. 2000;12:151–6.

26. Bullough AS, Carraretto M. A United Kingdom national obstetric intubation equipment survey. *Int J Obstet Anesth.* 2009;18:342–5.
27. Jaber S, Jung B, Corne P, Sebbane M, Muller L, Chanques G, Verzilli D, Jonquet O, Eledjam JJ, Lefrant JY. An intervention to decrease complications related to endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study. *Intensive Care Med.* 2010;36:248–55.
28. Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, Quintel M. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg.* 2007;104:619–23.
29. Ufberg JW, Bushra JS, Karras DJ, Satz WA, Kueppers F. Aspiration of gastric contents: association with prehospital intubation. *Am J Emerg Med.* 2005;23:379–82.
30. Studnek JR, Thestrup L, Vandeventer S, Ward SR, Staley K, Garvey L, Blackwell T. The association between prehospital endotracheal intubation attempts and survival to hospital discharge among out-of-hospital cardiac arrest patients. *Acad Emerg Med.* 2010;17:918–25.
31. Hasegawa K, Hiraide A, Chang Y, Brown DF. Association of prehospital advanced airway management with neurologic outcome and survival in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA.* 2013;309:257–66.
32. Davis DP, Peay J, Sise MJ, Vilke GM, Kennedy F, Eastman AB, Velky T, Hoyt DB. The impact of prehospital endotracheal intubation on outcome in moderate to severe traumatic brain injury. *J Trauma.* 2005;58:933–9.
33. von Elm E, Schoettker P, Henzi I, Osterwalder J, Walder B. Pre-hospital tracheal intubation in patients with traumatic brain injury: systematic review of current evidence. *Br J Anaesth.* 2009;103:371–86.
34. Warner KJ, Cuschieri J, Copass MK, Jurkovich GJ, Bulger EM. The impact of prehospital ventilation on outcome after severe traumatic brain injury. *J Trauma.* 2007;62:1330–6.
35. Shafi S, Gentilello L. Pre-hospital endotracheal intubation and positive pressure ventilation is associated with hypotension and decreased survival in hypovolemic trauma patients: an analysis of the National Trauma Data Bank. *J Trauma.* 2005;59:1140–5.
36. Stockinger ZT, McSwain NE Jr. Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-valve-mask ventilation. *J Trauma.* 2004;56:531–6.
37. Kempema J, Trust MD, Ali S, Cabanas JG, Hinchey PR, Brown LH, Brown CV. Prehospital endotracheal intubation vs extraglottic airway device in blunt trauma. *Am J Emerg Med.* 2015;33:1080–3.
38. Pepe PE, Roppolo LP, Fowler RL. Prehospital endotracheal intubation: elemental or detrimental? *Crit Care.* 2015;19:121.

39. Lockey D, Crewdson K, Weaver A, Davies G. Observational study of the success rates of intubation and failed intubation airway rescue techniques in 7256 attempted intubations of trauma patients by pre-hospital physicians. *Br J Anaesth.* 2014;113:220–5.
40. Combes X, Jabre P, Margenet A, Merle JC, Leroux B, Dru M, Lecarpentier E, Dhonneur G. Unanticipated difficult airway management in the prehospital emergency setting: prospective validation of an algorithm. *Anesthesiology.* 2011;114:105–10.
41. McCrirrick A, Ramage DT, Pracilio JA, Hickman JA. Experience with the laryngeal mask airway in two hundred patients. *Anaesth Intensive Care.* 1991;19:256–60.
42. Sollid SJ, Heltne JK, Soreide E, Lossius HM. Pre-hospital advanced airway management by anaesthesiologists: is there still room for improvement? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2008;16:2.
43. Davis DP, Buono C, Ford J, Paulson L, Koenig W, Carrison D. The effectiveness of a novel, algorithm-based difficult airway curriculum for air medical crews using human patient simulators. *Prehosp Emerg Care.* 2007;11:72–9.
44. Takeda T, Tanigawa K, Tanaka H, Hayashi Y, Goto E, Tanaka K. The assessment of three methods to verify tracheal tube placement in the emergency setting. *Resuscitation.* 2003;56:153–7.
45. Grmec S. Comparison of three different methods to confirm tracheal tube placement in emergency intubation. *Intensive Care Med.* 2002;28:701–4.
46. Grmec S, Mally S. Prehospital determination of tracheal tube placement in severe head injury. *Emerg Med J.* 2004;21:518–20.
47. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, Thundiyil J, Rothrock SG, Senn A, Carter E, Falk J. The effectiveness of out-of-hospital use of continuous end-tidal carbon dioxide monitoring on the rate of unrecognized misplaced intubation within a regional emergency medical services system. *Ann Emerg Med.* 2005;45:497–503.
48. Helm M, Hossfeld B, Schafer S, Hoitz J, Lampl L. Factors influencing emergency intubation in the pre-hospital setting--a multicentre study in the German Helicopter Emergency Medical Service. *Br J Anaesth.* 2006;96:67–71.
49. Sollid SJ, Lossius HM, Soreide E. Pre-hospital intubation by anaesthesiologists in patients with severe trauma: an audit of a Norwegian helicopter emergency medical service. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2010;18:30.
50. Ono Y, Kikuchi H, Hashimoto K, Sasaki T, Ishii J, Tase C, Shinohara K. Emergency endotracheal intubation-related adverse events in bronchial asthma exacerbation: can anesthesiologists attenuate the risk? *J Anesth.* 2015;29:678–685.

51. Ono Y, Yokoyama H, Matsumoto A, Kumada Y, Shinohara K, Tase C. Surgical airways for trauma patients in an emergency surgical setting: 11 years' experience at a teaching hospital in Japan. *J Anesth.* 2013;27:832–7.
52. Robinson KJ, Katz R, Jacobs LM. A 12-year experience with prehospital cricothyrotomies. *Air Med J.* 2001;20:27–30.
53. McIntosh SE, Swanson ER, Barton ED. Cricothyrotomy in air medical transport. *J Trauma.* 2008;64:1543–7.
54. Berkow LC, Greenberg RS, Kan KH, Colantuoni E, Mark LJ, Flint PW, Corridore M, Bhatti N, Heitmiller ES. Need for emergency surgical airway reduced by a comprehensive difficult airway program. *Anesth Analg.* 2009;109:1860–9.
55. Vissers RJ, Bair AE. Surgical Airway Management. In: Walls RM, Murphy MF, editors. *Manual of emergency airway management.* 4th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p.193–219.
56. Wong DT, Prabhu AJ, Coloma M, Imasogie N, Chung FF. What is the minimum training required for successful cricothyroidotomy? A Study in Mannequins. *Anesthesiology.* 2003;98:349–53.
57. Lyon RM, Perkins ZB, Chatterjee D, Lockey DJ, Russell MQ; Kent, Surrey & Sussex Air Ambulance Trust. Significant modification of traditional rapid sequence induction improves safety and effectiveness of pre-hospital trauma anaesthesia. *Crit Care.* 2015;19:134.
58. Eichel JL, Skarote MB, Murphy MF. Difficult and failed airway management in EMS. In: Walls RM, Murphy MF, editors. *Manual of emergency airway management.* 4th edition.. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p.340–6.
59. Feero S, Hedges JR, Simmons E, Irwin L. Does out-of-hospital EMS time affect trauma survival? *Am J Emerg Med.* 1995;13:133–5.
60. Birk HO, Henriksen LO. Prehospital interventions: on-scene-time and ambulance-technicians' experience. *Prehosp Disaster Med.* 2002;17:167–9.
61. Gonzalez RP, Cummings G, Mulekar M, Rodning CB. Increased mortality in rural vehicular trauma: identifying contributing factors through data linkage. *J Trauma.* 2006;61:404–9.

資料

5-1 資料：調査票

ドクターヘリコプターにおける気道確保デバイス、薬剤等の

実態調査

記入上の注意

- 特に注釈がない限り、2015年5月現在の状況について記入してください。
- 太線、点線で囲んだ部分が回答欄です。

ドクターヘリ基地病院名

1. 貴院の総病床数を記入してください。
(不明の場合は、概数で結構です)
2. 貴院の2014年度の年間救急車受け入れ台数を記載してください。(不明の場合は、概数で結構です)

貴院の2014年度の年間ドクターヘリ出動回数を記載してください。
(不明の場合は、概数で結構です)

4. 貴施設ドクターヘリで、プレホスピタルに持って行く診療バックに入っている、挿管用器具について伺います。以下の [] には回答を、当てはまる□に✓をご記入ください。

(1) 直接喉頭鏡および挿管補助用具

7. マッキントッシュ型喉頭鏡(ブレード曲型) がありますか？

はい いいえ

(ア) 成人用ブレードのサイズは、複数ありますか？

はい いいえ
 はい いいえ

(イ) 小児用ブレードはありますか？

8. ミラー型喉頭鏡(ブレード直型) がありますか？

はい いいえ
 はい いいえ

(ア) 成人用ブレードのサイズは、複数ありますか？

はい いいえ

(イ) 小児用ブレードはありますか？

9. マッコイ型喉頭鏡はありますか？

はい いいえ

10. スタイレットはありますか？

はい いいえ

11. ガムエラストリックブジー (GEB) はありますか？

はい いいえ

カ. 局所麻酔薬噴霧器はありますか？

はい いいえ

(2) ビデオ喉頭鏡など代替挿管用器具

7. ビデオ喉頭鏡はありますか？

はい いいえ

1. もしビデオ喉頭鏡があるならば、機種は何ですか？(右の太枠に自由記載)

※複数機種がドクターヘリで使用可能ならば、全て記載してください。

| |
|--|
| |
|--|

ウ. 気管支鏡はありますか？

はい いいえ

(3) 声門上器具、エアウェイ

7. 声門上器具(ラリングアルマスク、食道閉鎖式エアウェイなど)はありますか？

はい いいえ

(ア) もしあるならば、複数サイズありますか？

はい いいえ

(イ) もしあるならば、小児用サイズはありますか？

はい いいえ

(ウ) もしあるならば、器具をとおして挿管ができるタイプ(intubating laryngeal mask)ですか？

はい いいえ
 不明

1. 経鼻(ネーザル)エアウェイはありますか？

はい いいえ

(ア) もしあるならば、複数サイズありますか？

はい いいえ

(イ) もしあるならば、小児用サイズはありますか？

はい いいえ

ウ. 経口(オーラル)エアウェイはありますか？

はい いいえ

(ア) もしあるならば、複数サイズありますか？

はい いいえ

(イ) もしあるならば、小児用サイズはありますか？

はい いいえ

(4) 外科的気道確保デバイス、逆行性挿管デバイス

7. 輪状甲状靭帯穿刺・切開キットはありますか？ 右の3つの選択肢から選んでください。

はい いいえ
 いいえ、でもメスとペアンがあり外科的気道確保可能

1. 逆行性挿管キットはありますか？

はい いいえ

(5) 挿管確認器具

7. (携帯型)カプノモニター(EtCO₂モニター)はありますか？

はい いいえ

1. 食道挿管検知器(パルプモデル)はありますか？

はい いいえ

ウ. その他の挿管確認器具があれば記載してください。(右の太枠に自由記載)

(6) 一包化、パッケージ化

これまでお答えいただいた挿管用のデバイスは一包化されていますか？右の3つの選択肢から選んでください。

- はい いいえ
 一部一包化されている

5. 貴施設ドクターヘリで、**プレホスピタルに持って行く診療バックに入っている、薬剤**について伺います。以下の には回答を、当てはまる□に✓をご記入ください。

(1) 鎮痛剤

以下の薬剤はありますか？当てはまるもの**全てに**✓をご記入ください。

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> フェンタニル | <input type="checkbox"/> 塩酸モルヒネ |
| <input type="checkbox"/> ケタミン (ケタラルールなど) | <input type="checkbox"/> ブプレノルフィン |
| <input type="checkbox"/> ペンタゾシン (ソセゴン, ペンタジンなど) | (レペタンなど) |
| <input type="checkbox"/> 噴霧用リドカイン | <input type="checkbox"/> ترامadol (トラマールなど) |
| <input type="checkbox"/> リドカイン静注用 (リドクイックなど) | |
| <input type="checkbox"/> その他 (右に自由記載) | <div style="border: 2px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> |

(2) 鎮静剤

以下の薬剤はありますか？当てはまるもの**全てに**✓をご記入ください。

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> ミダゾラム (ドルミカム, ミダフレッサなど) | <input type="checkbox"/> ジアゼパム (セルシン, ホリゾンなど) |
| <input type="checkbox"/> プロポフォール (ディプリバンなど) | <input type="checkbox"/> チオペンタール (ラボナールなど) |
| <input type="checkbox"/> ドロペリドール (ドロレプタンなど) | <input type="checkbox"/> ハロペリドール (セレネースなど) |
| <input type="checkbox"/> その他 (右に自由記載) | <div style="border: 2px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> |

(3) 筋弛緩剤

以下の薬剤はありますか？当てはまるもの**全てに**✓をご記入ください。

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> サクシニルコリン (サクシンなど) | <input type="checkbox"/> ロクロニウム (エスラックスなど) |
| <input type="checkbox"/> ベクロニウム (マスキュラックスなど) | <input type="checkbox"/> パンクロニウム (ミオブロックなど) |
| <input type="checkbox"/> その他 (右に自由記載) | <div style="border: 2px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> |

(4) 拮抗剤

以下の薬剤はありますか？当てはまるもの**全てに**✓をご記入ください。

ナロキソン

スガマデクス

フルマゼニル（アネキサートなど）

（ブリディオオンなど）

その他（右に自由記載）

| |
|--|
| |
|--|

(5) その他の薬剤

その他に貴施設で気管挿管を容易にするために使用できる薬剤がドクターヘリにあれば記載して下さい。

（自由記載）

| |
|--|
| |
|--|

6. 貴施設で、**ドクターヘリに乗るスタッフ**について伺います。

(1) 通常乗る**人員の内訳**を教えてください。

例：医師 1 名 看護師 1 名 研修人員 1 名

（右太枠に自由記載）

| |
|--|
| |
|--|

(2) **医師（フライトドクター）**

7. 貴施設でドクターヘリに**責任者**として搭乗する医師は何人いますか。

| |
|--|
| |
|--|

4. 上記の医師のうち、以下の専門医資格を持つ医師は何人いるでしょうか？複数回答可能です。たとえば麻酔科専門医、救急専門医両方同医師がもっていれば、それぞれの専門医 1 人にカウントしてください。

救急科専門医

| | |
|--|---|
| | 人 |
| | 人 |
| | 人 |
| | 人 |
| | 人 |

麻酔科専門医

| | |
|--|---|
| | 人 |
| | 人 |
| | 人 |
| | 人 |

集中治療専門医

外科専門医

整形外科専門医

脳外科専門医

循環器内科専門医

呼吸器内科専門医

その他の専門医

裏面に続く

ウ. フライトドクターが受講すべき講習会等があれば列挙してください。
 (例、BLS, ACLC, JATEC, JPTEC, DAM 等)

| |
|--|
| |
|--|

(3) 看護師(フライトナース)

7. 貴施設でドクターヘリに責任者として搭乗する看護師は何人いますか。

| | |
|--|---|
| | 人 |
|--|---|

4. 上記の看護師のうち、以下の認定資格を持つ看護師は何人いるでしょうか？

救急看護

| | |
|--|---|
| | 人 |
|--|---|

集中ケア

| | |
|--|---|
| | 人 |
|--|---|

手術看護

| | |
|--|---|
| | 人 |
|--|---|

小児救急看護

| | |
|--|---|
| | 人 |
|--|---|

その他の認定資格

| | |
|--|---|
| | 人 |
|--|---|

ウ. フライトナースが受講すべき講習会等があれば列挙してください。
 (例、BLS, ACLC, JATEC, JPTEC, DAM 等)

| |
|--|
| |
|--|

7. その他

他に、ご意見等ありましたら右の太枠にご記入ください。(自由記載)

| |
|--|
| |
|--|

アンケートにご協力ありがとうございました。

Are prehospital airway management resources compatible with difficult airway algorithms? A nationwide cross-sectional study of helicopter emergency medical services in Japan

Yuko Ono^{1,2} · Kazuaki Shinohara² · Aya Goto³ · Tetsuhiro Yano¹ · Lubna Sato¹ · Hiroyuki Miyazaki¹ · Jiro Shimada¹ · Choichiro Tase¹

Received: 28 July 2015 / Accepted: 13 December 2015
© The Author(s) 2015. This article is published with open access at Springerlink.com

Abstract

Purpose Immediate access to the equipment required for difficult airway management (DAM) is vital. However, in Japan, data are scarce regarding the availability of DAM resources in prehospital settings. The purpose of this study was to determine whether Japanese helicopter emergency medical services (HEMS) are adequately equipped to comply with the DAM algorithms of Japanese and American professional anesthesiology societies.

Methods This nationwide cross-sectional study was conducted in May 2015. Base hospitals of HEMS were mailed a questionnaire about their airway management equipment and back-up personnel. Outcome measures were (1) call for help, (2) supraglottic airway device (SGA) insertion, (3) verification of tube placement using capnometry, and (4) the establishment of surgical airways, all of which have been endorsed in various airway management guidelines. The criteria defining feasibility were the availability of (1) more than one physician, (2) SGA, (3) capnometry, and (4) a surgical airway device in the prehospital setting.

Results Of the 45 HEMS base hospitals questioned, 42 (93.3 %) returned completed questionnaires. A surgical airway was practicable by all HEMS. However, in the prehospital setting, back-up assistance was available in 14.3 %, SGA in 16.7 %, and capnometry in 66.7 %. No HEMS was capable of all four steps.

Conclusion In Japan, compliance with standard airway management algorithms in prehospital settings remains difficult because of the limited availability of alternative ventilation equipment and back-up personnel. Prehospital health care providers need to consider the risks and benefits of performing endotracheal intubation in environments not conducive to the success of this procedure.

Keywords Airway equipment · Supraglottic airway device · Difficult airway · Prehospital endotracheal intubation · Surgical airway equipment

Introduction

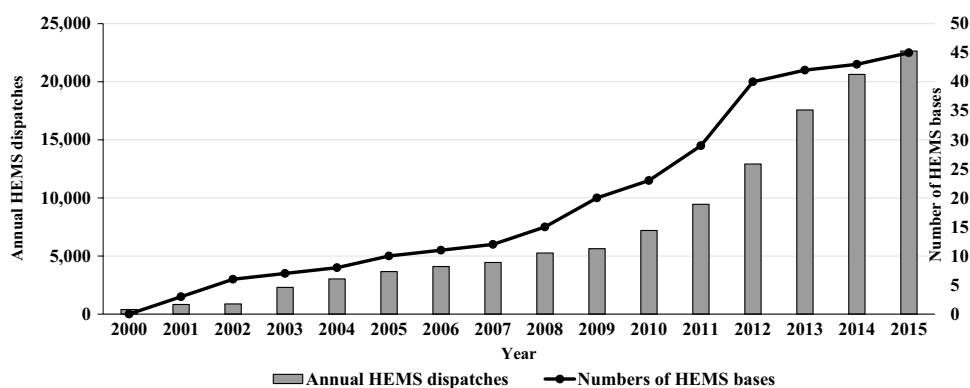
Helicopter emergency medical services (HEMS) have been implemented in Japan since 2001 [1], with recent rapid increases in their use (Fig. 1). Annual HEMS dispatches exceeded 20,000 in 2013 (Fig. 1), and the number continues to rise [data kindly provided by the Japanese Society for Aeromedical Services, and the Emergency Medical Network of Helicopter and Hospital (HEM-Net)]. After the major earthquake in eastern Japan in 2011, HEMS played a crucial role in disaster-stricken areas by providing triage, treatment, emergency care, and transportation [2]. With the rapid growth of HEMS in Japan and the improved response to catastrophes such as earthquakes, prehospital endotracheal intubation (ETI) has become much more common.

Electronic supplementary material The online version of this article (doi:10.1007/s00540-015-2124-7) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Yuko Ono
windmill@fmu.ac.jp

- 1 Emergency and Critical Care Medical Center, Fukushima Medical University Hospital, 1 Hikarigaoka, Fukushima 960-1295, Japan
- 2 Department of Anesthesiology, Ohta General Hospital Foundation, Ohta Nishinouchi Hospital, Koriyama, Japan
- 3 Department of Public Health, School of Medicine, Fukushima Medical University, Fukushima, Japan

Fig. 1 Growth of helicopter emergency medical services (HEMS) in Japan. The data were provided by the Japanese Society for Aeromedical Services, and the Emergency Medical Network of Helicopter and Hospital (HEM-Net)



ETI outside the hospital is challenging even for experienced providers. The rate of difficult ETI in prehospital settings ranges from 6.0–17.7 % [3–6], which is much higher than the rate in the hospital operating room [4]. Severe ETI-related complications, including severe hypoxia, esophageal intubation, aspiration, and cardiac arrest, are likely to occur in association with difficult airway management (DAM) [7–9]. Although the limited resources of prehospital settings are in part responsible for these difficulties [10], data are scarce regarding the availability of airway equipment, alternative ventilation devices, and drugs and the capabilities of care providers in Japanese prehospital environments.

Airway management algorithms have been advocated by the Japanese Society of Anesthesiologists (JSA) [11], the American Society of Anesthesiologists (ASA) [12], and by the Difficult Airway Society (DAS) [13]. These guidelines underlie the standards and principles that apply to the treatment of a patient with a difficult airway, not only regarding the induction of anesthesia but also for any other situation arising in the emergency department and prehospital setting. Their four key steps are [11–13] (1) call for help if any problems have occurred; if mask ventilation is not adequate, consider (2) supraglottic airway device (SGA) insertion; (3) confirmation of ETI using capnometry; and (4) establish a surgical airway if a ‘cannot ventilate, cannot intubate’ (CVCI) situation is encountered. The immediate availability of back-up staff and of proper DAM equipment, including SGA, capnometry, and a surgical airway device, is therefore indispensable. The authors of a report based on a national survey carried out in the UK concluded that, regardless of the location, DAM equipment should be consistent with that in the hospital operating room [14]. In fact, several studies have proposed that ETI in the prehospital setting should be performed according to the same standards that apply in the hospital [15–17]. However, whether prehospital airway management resources in Japan are compatible with the standards established in the DAM guidelines [11–13] has not been comprehensively evaluated.

Therefore, by conducting a national survey of HEMS, we sought to determine (1) the availability of airway devices, alternative ventilation, ETI confirmation equipment, drugs,

and specialist care providers and (2) whether these resources comply with the JSA, ASA, and DAS airway management algorithms [11–13].

Materials and methods

Study design and sites

This cross-sectional study was conducted from May to July 2015. After approval by the institutional review boards of Fukushima Medical University (no. 2276), self-administered questionnaires were mailed to all HEMS base hospitals (45 bases in 37 prefectures) registered in HEM-Net. A complete list of these hospitals is available at the HEM-Net home page: <http://www.hemnet.jp/english/where/index.html> (accessed 22 October 2015).

Survey items

When selecting items in the questionnaire, we referred to previous studies conducted in other countries and addressing similar (prehospital settings [18–20], emergency departments [21–23]) as well as different (obstetric units [24–26]) settings. We then circulated drafts among survey team members consisting of an epidemiologist, anesthesiologists, and physicians and nurses specializing in emergency medicine to finalize.

These survey items consisted of (1) basic information regarding the numbers of HEMS dispatches in 2014 and hospital beds, and the prehospital availability of the following materials—(2) direct laryngoscope and adjunct equipment (curved blade, straight blade, McCoy laryngoscope, stylet and gum elastic bougie); (3) alternative intubation equipment (rigid video laryngoscope, flexible fiber scope, retrograde intubation kit, and surgical airway equipment); (4) alternative ventilation equipment (SGA, oral and nasal airways); (5) device to confirm ETI (capnometry, esophageal detector); (6) a packaged unit containing the items listed in (2)–(4); and (7) drugs to facilitate ETI and reversal agents (analgesics, sedative, neuromuscular blocking

agents [NMBAs], sugammadex, flumazenil and naloxone). In addition, information about (8) the prehospital care providers (number of prehospital physicians, nurses and on-the-job trainees) usually on board the emergency helicopters and (9) the board certifications of the prehospital physicians and nurses was obtained. Among these items, in (6)–(8) and in (9), the board certification of nurses had not been included in previous studies [18–26]. However, it was included in this study after discussion and mutual agreement among the authors. An English version of the Japanese questionnaire used in this study is available in the supplementary material. The questionnaire also queried the availability of direct laryngoscopes and alternative ventilation equipment in pediatric sizes. The product name of the rigid video laryngoscopes used was also requested. The contents of the packaging unit were determined according to the airway management guidelines of the JSA [11] and ASA [12]. Packaging was graded as complete, partial, and none. If SGA was available, its inclusion of an intubating laryngeal mask was determined. Surgical airway equipment was categorized as a cricothyroidotomy kit or a set containing a scalpel and hemostat. Board-certified physicians and nurses were defined based on the criteria of the Japanese Medical Specialty Board (<http://www.japan-senmon-i.jp/>, in Japanese, accessed 22 October 2015) and Japanese Nursing Association (<http://ninte.nurse.or.jp/nursing/qualification/cn>, in Japanese, accessed 22 October 2015), respectively. HEMS base hospitals that did not respond to the initial survey were sent a repeat mailing.

Outcome measures

The JSA airway management algorithms [11], ASA DAM guideline [12], and DAS guideline [13] commonly endorse the following four steps in the treatment of an airway—(1) call for help if difficulties are encountered; (2) attempt SGA insertion if mask ventilation is not adequate; (3) use of capnometry to confirm correct endotracheal tube placement; and (4) establish a surgical airway if a CVCI situation has occurred. Outcome measures in this study included the feasibility of these four steps in the prehospital settings. ‘Call for help’ was deemed feasible if more than one physician was usually on board. This is because, in Japan, only physicians are permitted to perform ETI and SGA insertion. On-the-job medical trainees were not regarded as physicians because they could have been staff-level physicians, junior residents, nurses, or paramedics. ‘SGA insertion’ and ‘confirmation of ETI using capnometry’ were presumed possible if the respective devices were carried on board. ‘Surgical airway’ was deemed practicable if a cricothyroidotomy kit or a scalpel and hemostat were available on board. All outcome measures were defined by mutual consent among the five authors (YO,

KS, AG, JS, and CT), which included three board-certified anesthesiologists.

Statistical analysis

First, all survey items were evaluated using descriptive statistics. Second, the association between the feasibility of the four steps and annual HEMS dispatches, regions, and foundation date were analyzed using Fisher’s exact test. For HEMS dispatches, the values were dichotomized using the median. Regions were divided into east (Hokkaido, Tohoku, Kanto/Koshin, Hokuriku, Tokai) and west (Kinki, Chugoku, Shikoku, North and South Kyushu, Okinawa) according to the classification of the Japanese meteorological agency (<http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>, accessed 22 October 2015). The foundation date was divided into an early phase (2001–2008) and a late phase (2008–2015). All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics for Windows, version 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). A *p* value < 0.05 was considered to indicate statistical significance.

Results

Of the 45 HEMS base hospitals, 42 returned the completed questionnaire (response rate = 93.3 %). None of these hospitals were excluded because of incomplete responses. The median number of annual HEMS dispatches was 447 (interquartile range 366–550); the median number of hospital beds was 653 (interquartile range 579–768). Table 1 summarizes the airway equipment available in Japanese HEMS. Among the HEMS bases that responded, only seven (16.7 %) had a SGA, five (11.9 %) of which also carried a pediatric-sized device. Capnometry was available in 28 (66.7 %) HEMS. All bases possessed a surgical airway device, either a cricothyroidotomy kit (61.9 %) or scalpel and hemostat (38.1 %). Table 2 lists the drugs available to facilitate ETI in prehospital settings. None of the HEMS had depolarizing NMBAs; 34 (81.0 %) had at least one non-depolarizing NMBA, 5 (11.9 %) had sugammadex, and 8 (19.0 %) did not have any type of NMBA. Table 3 provides information on the prehospital care providers. Two physicians were usually on board at six (14.3 %) bases. Of 347 attending physicians at all bases, the most common board certification was emergency medicine (75.8 %), followed by general surgery (15.6 %). Board-certified anesthesiologists comprised 10.1 % of all prehospital physicians. Figure 2 shows the availability in Japanese HEMS of the DAM resources specified in the JSA, ASA, and DAS algorithms. According to our feasibility definitions, ‘surgical airway’ was deemed attainable in all bases, ‘call for help’ in 14.3 %, ‘SGA insertion’ in

Table 1 Airway equipment at 42 Japanese helicopter emergency medical services (HEMS)

| Equipment item | N (%) |
|--|-----------|
| Direct laryngoscope and adjunct ^a | |
| Curved laryngoscope blade (Macintosh type) | 42 (100) |
| Pediatric size | 39 (92.9) |
| Straight laryngoscope blade (Miller type) | 31 (73.8) |
| Pediatric size | 31 (73.8) |
| McCoy laryngoscope | 0 (0) |
| Stylet | 41 (97.6) |
| Gum elastic bougie | 14 (33.3) |
| Alternative intubation equipment | |
| Rigid video laryngoscope ^a | 39 (92.9) |
| Airway scope [®] | 33 (78.6) |
| McGRATH MAC [®] | 12 (28.6) |
| King Vision [®] | 1 (2.4) |
| Airtraq [®] | 1 (2.4) |
| Flexible fiber scope | 3 (7.1) |
| Retrograde intubation kit | 1 (2.4) |
| Surgical airway equipment | 42 (100) |
| Cricothyroidotomy kit | 26 (61.9) |
| Scalpel and hemostat | 16 (38.1) |
| Alternative ventilation equipment ^a | |
| Supraglottic airway device | 7 (16.7) |
| Pediatric size | 5 (11.9) |
| Intubating laryngeal mask airway | 2 (4.8) |
| Oral airway | 21 (50.0) |
| Pediatric size | 16 (38.1) |
| Nasal airway | 36 (85.7) |
| Pediatric size | 8 (19.0) |
| Device to confirm endotracheal intubation ^a | |
| Capnometry | 28 (66.7) |
| Esophageal detector | 7 (16.7) |
| Any other devices | 4 (9.5) |
| Packaging unit containing items 1–4 | |
| Complete packaging | 16 (38.1) |
| Partial packaging | 15 (35.7) |
| No packaging | 11 (26.2) |

Based on the replies of 42 of the 45 HEMS queried

^a HEMS base hospitals may have more than one of the specified equipment items

16.7 % (11.9 % in pediatric cases), and ‘confirmation of ETI using capnometry’ in 66.7 %. There were no bases in which all steps were deemed achievable in the prehospital setting. Table 4 shows the associations between the feasibility of airway management guidelines and annual dispatches, region, and the foundation dates of the HEMS surveyed. None of the associations were of statistical significance.

Table 2 Drugs that facilitate prehospital endotracheal intubation and reversal agents carried by Japanese helicopter emergency medical services (HEMS)

| Item | N (%) |
|--|-----------|
| Analgesics ^a | |
| Fentanyl | 13 (31.0) |
| Morphine | 16 (38.1) |
| Ketamine | 12 (28.6) |
| Pentazocin | 25 (59.5) |
| Buprenorphine | 15 (35.7) |
| Lidocaine | 29 (69.0) |
| Lidocaine spray | 6 (14.3) |
| Any other analgesic | 0 (0) |
| Sedatives ^a | |
| Midazolam | 39 (92.9) |
| Diazepam | 38 (90.5) |
| Propofol | 10 (23.8) |
| Thiopental | 4 (9.5) |
| Haloperidol | 2 (4.8) |
| Any other sedatives | 0 (0) |
| Neuromuscular blocking agents ^a | |
| Rocuronium | 19 (45.2) |
| Vecuronium | 18 (42.9) |
| Pancuronium | 0 (0) |
| Succinylcholine | 0 (0) |
| Any other neuromuscular blocking agents | 0 (0) |
| Reversal agents ^a | |
| Sugammadex | 5 (11.9) |
| Flumazenil | 1 (2.4) |
| Naloxone | 1 (2.4) |

Based on the replies of 42 of the 45 HEMS queried

^a HEMS base hospitals may have more than one drug

Discussion

In Japan, compliance with standard DAM algorithms [11–13] in prehospital settings is not currently feasible because of the limited availability of back-up personnel and alternative ventilation equipment. Our study showed that additional assistance and SGA were available in <20 % of HEMS bases. Although surgical airway was attainable at all base hospitals, no hospital was able to attain all of the steps. Of note was that only one in ten prehospital physicians were board-certified anesthesiologists. These findings suggest that, in their current form, prehospital settings in Japan do not allow safe ETI. All care providers who participate in prehospital airway management should be aware of the limited human and equipment resources encountered under current working conditions. If the patient is expected to have a difficult airway, ETI should not be attempted in

Table 3 On-board medical members in Japanese helicopter emergency medical services (HEMS)^a

| Item | N (%) |
|---|------------|
| <i>On-board staff members</i> | N = 42 |
| Two physicians and one nurse | 6 (14.3) |
| One physician and one nurse | 20 (47.6) |
| One physician, one nurse, and one on-the-job trainee | 16 (38.1) |
| <i>Board certification of on-board physicians^b</i> | N = 347 |
| Emergency medicine | 263 (75.8) |
| General surgery | 54 (15.6) |
| Intensive care | 52 (15.0) |
| Anesthesiology | 35 (10.1) |
| Cranial surgery | 16 (4.6) |
| Orthopedics | 14 (4.0) |
| Cardiovascular medicine | 14 (4.0) |
| Respiratory medicine | 4 (1.2) |
| Any other board certifications | 55 (15.9) |
| <i>Certification of on-board nurses^b</i> | N = 326 |
| Emergency nursing | 58 (17.8) |
| Intensive care | 3 (0.9) |
| Pediatric emergency nursing | 1 (0.3) |
| Any other certifications | 5 (1.5) |

^a Based on the replies of 42 of the 45 HEMS queried

^b Physicians and nurses may have more than one on-board certification

Fig. 2 Availability in Japanese helicopter emergency medical services of the difficult airway management resources specified in the JSA, ASA, and DAS airway management algorithms. ASA American Society of Anesthesiologists, DAS Difficult Airway Society, JSA Japanese Society of Anesthesiologists, SGA supraglottic airway device

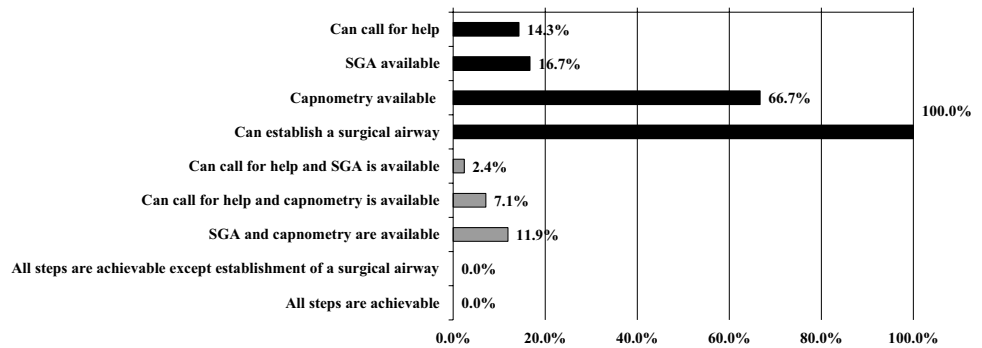


Table 4 Association between the availability of difficult airway management resources specified in the JSA, ASA, and DAS airway management algorithms and the number of dispatches, region, and foundation date in Japanese helicopter emergency medical services (HEMS)

| | Number of dispatches (year) | | | Region | | | Foundation date | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------|-------------|-------------|----------------|------------------|------------------|----------------|
| | N (%) | N (%) | p ^a | N (%) | N (%) | p ^a | N (%) | N (%) | p ^a |
| | ≥447 N = 21 | <447 N = 21 | | East N = 22 | West N = 20 | | 2001–2009 N = 19 | 2010–2015 N = 23 | |
| Can call for help | 3 (14.3) | 3 (14.3) | 1.00 | 4 (18.2) | 2 (10.0) | 0.67 | 2 (10.5) | 4 (17.4) | 0.67 |
| Supraglottic airway device available | 2 (9.5) | 5 (23.8) | 0.41 | 5 (22.7) | 2 (10.0) | 0.41 | 3 (15.8) | 4 (17.4) | 1.00 |
| Capnometry available | 14 (66.7) | 14 (66.7) | 1.00 | 17 (77.3) | 11 (55.0) | 0.19 | 13 (68.4) | 15 (65.2) | 1.00 |

Based on the replies of 42 of the 45 HEMS queried

ASA American Society of Anesthesiologists, DAS Difficult Airway Society, JSA Japanese Society of Anesthesiologists

^a p values derived from Fisher’s exact test

the prehospital setting, except in immediate life-threatening scenarios (i.e., airway obstruction). Otherwise, to avoid a potentially catastrophic situation, oxygen should be optimized and hospital transfer accelerated to obtain prompt access to advanced in-hospital human and equipment resources [10].

Limitations in the call for help in prehospital settings

More than 85 % of the bases in this study had no back-up personnel. The ‘call for help’ is the first step and the most important aspect of the DAM algorithms [11–13]. Jaber et al. [27] recently reported that having two care providers present was a vital element for successful ETI of critically ill patients. Limited help is one of the greatest disadvantages of HEMS and the situation most unlike that of a hospital. DAM in the poorly prepared prehospital setting can lead to serious adverse events regarding patient care. Past reports from outside Japan have shown increases in ETI difficulty [3–6] and severe ETI-related complications [28, 29] when the procedure is performed outside hospitals. In fact, under these high-risk conditions ETI should not be attempted if manual ventilation is successful. Paal et al. [10] also emphasized the importance of avoiding repeat ETI attempts in prehospital settings. According to the best available evidence, prehospital ETI does not provide any survival

benefits for patients suffering out-of-hospital cardiac arrest [30, 31], traumatic brain injury [32–34], or multiple traumas [35–37]. These patients are the most vulnerable to the detrimental cardiovascular effects of the positive pressure breaths delivered through an endotracheal tube [38]. Davis et al. [32] showed that, even after adjusting for multiple clinical variables affecting outcome, prehospital intubation was associated with decreased survival among patients with moderate to severe traumatic brain injury. Warner et al. [34] found a correlation between patients with severe traumatic brain injury who received prehospital rapid sequence intubation (RSI) and both mortality and hyperventilation (arterial $PCO_2 < 24$ mmHg). Shafi et al. [35] demonstrated that prehospital ETI in trauma patients is associated with decreased survival, possibly because of positive pressure ventilation during the hypovolemic state. Stockinger et al. [36] found that prehospital ETI conferred no survival benefit over bag valve mask ventilation and increased prehospital time. These studies, together with our own, suggest that the threshold for ETI outside the hospital should be higher than in the hospital emergency room. At least in Japan, if not elsewhere, the evidence underlines the need for a deliberation of the risks and benefits of prehospital ETI.

Neglect of the importance of SGA as a rescue ventilation device in prehospital settings in Japan

In this study, SGA was available in only 16.7 % of the prehospital settings, and a pediatric-sized device in only 11.9 %. In Europe, SGA is available in 92.0–97.6 % of prehospital settings [19, 20]. Thus, in Japan, SGA has been undervalued as a rescue ventilation device in prehospital settings. Each HEMS must have back-up ventilation strategies [11–13] because the consequences of failed intubation can be devastating. SGAs have several advantages for use in rescue ventilation [11–13] and should be available wherever anesthesia is carried out in the prehospital setting [15, 16]. Lockey et al. [39] and Combes et al. [40] reported that all patients whose tracheas could not be intubated in a prehospital emergency setting were successfully rescued by SGA. Our study showed that prehospital airway equipment was arbitrarily selected by each base. However, its standardization, including a SGA or other rescue ventilator device would be beneficial.

Successful SGA insertion is related to operator experience [41]. In a CVCI scenario, which is a definite opportunity to use SGA [11–13], the victim is at high risk of cardiac arrest due to hypoxemia. Therefore, appropriate training in SGA insertion is crucial for health care professionals who are likely to participate in airway management. Nevertheless, other than elective surgery, the clinical settings in which patients are ventilated with SGA are relatively rare. To gain SGA insertion experience and airway

management competence, HEMS physicians should participate in a certain number of these procedures in the hospital operating room [42, 43]; this is especially important for those whose clinical background is not anesthesiology. Thus, as in other countries [42, 43], airway management training programs in the operating room for HEMS physicians should be established throughout Japan.

Limited availability of capnometry in prehospital settings in Japan

Capnometry was available in approximately two-thirds of the HEMS bases surveyed. By contrast, capnometry is available in 85–100 % of the prehospital settings in Europe [19, 20]. Verification of endotracheal tube placement is an indispensable part of any DAM strategy [11–13], and capnometry is both more sensitive and more specific than auscultation alone in recognizing correct tube placement following emergency intubation [44–46]. Continuous end-tidal carbon dioxide (ETCO₂) monitoring is also useful to detect inadvertent tube dislodgement during patient transport [47]. Silvestri et al. [47] reported that when paramedics used continuous ETCO₂ monitoring in prehospital settings, there were no cases of unrecognized misplaced intubation in patients upon emergency room arrival, whereas the misplaced intubation rate was 23 % when continuous ETCO₂ was not used. A national audit in the UK [14] found that failure to use capnometry in treating a difficult airway probably contributed to at least some of the fatal outcomes. ETCO₂ confirmation of tube placement and continuous monitoring of the endotracheal tube position are now a standard of care in the operating room [11–13] and in the intensive care unit [14]. As a result, the use of ETCO₂ monitoring has become an important aspect of emergency medicine [14, 47]. The incorporation of ETCO₂ confirmation and continuous monitoring into out-of-hospital airway management would therefore improve patient management by prehospital health care professionals.

Shortage of board-certified anesthesiologists as prehospital physicians in Japan

According to our survey, board-certified anesthesiologists comprised only 10.1 % of all prehospital physicians in Japan. In Scandinavia and Germany, by contrast, prehospital airway management is mostly performed by anesthesiologists with specific prehospital training [15, 17, 48, 49]. As concluded by Lockey et al. [15] and clearly stated in the prehospital advanced airway guidelines of Scandinavia [17], the providers of prehospital airway management should have the same level of competence as in-hospital anesthesia providers. To date, standard airway management

competence for HEMS physicians in Japan has not been defined. Breckwolddt et al. [6] investigated the incidence of difficult ETI (number of ETI attempts >3) in the prehospital setting, comparing emergency physicians with a clinical background in anesthesiology (expert status) and those with a background in internal medicine. They found an association between expert status and a significantly lower incidence of difficult ETI and thus proposed that the value of day-to-day ETI experience be considered in the treatment of a difficult airway outside the hospital. As we pointed out in a previous study, the skill and knowledge of anesthesiologists should be fully employed for high-risk ETI rather than limited to the operating room [50]. To improve prehospital airway management in Japan, more anesthesiologists are recommended to participate in prehospital medical care. There is however a lack of anesthesiologists in Japan, and the regular training of HEMS (non-anesthesiologist) physicians in the operating room would also be beneficial for airway training and to gain experience [42, 43]. For the retention of ETI skills, HEMS physicians should be required to perform a certain number of procedures within a defined period [51].

Preparedness of HEMS to perform surgical airway management

While all bases had surgical airway devices, few had reversal agents. This finding probably reflects the fact that in the field of emergency medicine, even if difficulties are encountered, waking a patient following RSI is rare [39, 52], because a patient requiring emergency ETI is absolutely in need of a definitive airway. In these settings, a timely surgical airway may be life-saving [53] and more important than waking the patient. Previous studies reported an incidence of prehospital cricothyroidotomy of 0.5–2.4 % [39, 54, 55], compared with 0.005–0.025 % [56] in the operating room. The need for an emergency surgical procedure was 100-fold higher in prehospital settings than in the hospital operating room. All HEMS physicians therefore must be proficient in this alternative intubation technique. To maintain their proficiency, they should receive regular off-the-job training in, for example, the use of a simulator [57, 58].

Recommendations from this study

This study revealed that the limited availability of backup personnel, alternative ventilation, and confirmation equipment in prehospital settings in Japan greatly hinders DAM. Given the current situation in Japan, rapid transport is preferable over active airway management in the field if ventilation and oxygenation are acceptable. Avoiding a prehospital ETI attempt is particularly important if a difficult airway is anticipated [10]. As stated by the Scandinavian

Society for Anaesthesiology and Intensive Care Medicine [17], “Even for maximally skilled personnel, it should always be considered whether ETI attempts should be performed pre-hospitally or be postponed till more advanced in-hospital techniques are available.” Nevertheless, ‘forced to act’ scenarios may arise despite an anticipated difficult airway [59]. Examples include a patient with immediate or deteriorating airway obstruction or a patient whose oxygenation is unacceptable even after manual bag mask ventilation. In these cases, multiple ETI attempts should be strictly prohibited and a rescue technique, including a surgical airway, should be performed without hesitation because (1) multiple ETI attempts in a setting of limited human and equipment resources are known to increase the risk of severe complications [7–9, 14, 28, 29] and (2) complications in the management of a difficult airway can increase prehospital time, which is associated with an adverse outcome [60–62]. Thus, in prehospital settings, a difficult airway should be managed in a time-sensitive manner [59]. There is a tendency for laryngoscopists to persist with an ETI even if it is proving to be difficult [63]; this inevitably results in the delayed implementation of alternative intubation techniques. However, any hesitancy regarding the latter will be readily overcome once proficiency with an alternative rescue technique is acquired [57].

In Japan, prehospital airway equipment is not standardized; it is selected at the discretion of the manager of each base. To ensure homogeneous prehospital airway strategies, the equipment carried out-of-hospital needs to be standardized and should be consistent with that of a hospital operating room [14]. Suggestions for DAM resources have been proposed by the JSA [11], ASA [12], and DAS [13] which include rigid laryngoscope blades of alternate design and size from those routinely used, video laryngoscope, tracheal tubes of assorted sizes, tracheal tube guides including a stylet and a gum elastic bougie, noninvasive airway ventilation equipment including assorted sizes of SGA and nasal/oral airway, equipment suitable for emergency invasive airway access, an exhaled carbon dioxide detector, and a portable storage unit containing these devices.

Adequate experience and the training of every HEMS physician in the use of this equipment are absolute requirements. Airway management training programs for HEMS physicians [42, 43] that include sufficient ETI and SGA caseloads in the operating room should be available throughout Japan. Regular off-the-job training can aid in maintaining the skills needed for surgical airway management [57, 58].

Study limitations and advantages

There were two major limitations to this study. First, our survey did not determine the frequency of difficult airways

and CVCI situations, nor did it obtain information on airway management practices in prehospital settings. The optimal management of difficult airway situations despite the limited resources of HEMS bases remains to be determined in future works. Second, because our questionnaire was self-administered, there may have been reporting bias. Nonetheless, in our survey of HEMS hospitals in Japan, the response rate was extremely high (42 of 45). Our study thus provides an accurate depiction of the current state of prehospital advanced airway management in Japan but it also reveals the areas in need of improvement.

Conclusion

In Japan, compliance with standard airway management algorithms is currently not practicable [11–13] in prehospital settings, given the limited availability of alternative ventilation equipment and back-up personnel. Because the prehospital setting in Japan is not conducive to successful DAM, all healthcare professionals working in this environment should seriously consider whether ETI should be performed or whether the more prudent decision is to postpone the procedure until more advanced in-hospital techniques and an adequate number of personnel are available. In addition, the airway equipment, alternative ventilation equipment, and confirmation device carried out of hospital should be standardized. Because adequate experience is essential in the successful management of challenging situations, airway management training programs for HEMS physicians should be made available throughout Japan.

Acknowledgments We thank all of the participating HEMS bases in Japan for their earnest and generous cooperation in this project. We also thank the Japanese Society for Aeromedical Services and HEM-Net for providing essential data on the trend in annual HEMS dispatches and the number of HEMS bases in Japan. The authors are grateful to the anonymous reviewers for their valuable suggestions, which greatly improved the scientific merit of the paper. Finally, we thank Nozomi Ono, M.D. (Department of Psychiatry, Hoshigakoka Hospital, Koriyama, Japan), for her assistance in reviewing the manuscript.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors have no competing interests to declare.

Open Access This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

References

1. Nishikawa W, Yamano Y. An overview of the development of helicopter emergency medical services in Japan. *Air Med J*. 2010;29:288–91.
2. Matsumoto H, Motomura T, Hara Y, Masuda Y, Mashiko K, Yokota H, Koido Y. Lessons learned from the aeromedical disaster relief activities following the great East Japan earthquake. *Prehosp Disaster Med*. 2013;28:166–9.
3. Combes X, Jabre P, Margenet A, Merle JC, Leroux B, Dru M, Lecarpentier E, Dhonneur G. Unanticipated difficult airway management in the prehospital emergency setting: prospective validation of an algorithm. *Anesthesiology*. 2011;114:105–10.
4. Adnet F, Borron SW, Racine SX, Clemessy JL, Fournier JL, Plaisance P, Lapandry C. The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of a new score characterizing the complexity of endotracheal intubation. *Anesthesiology*. 1997;87:1290–7.
5. Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Brauer A, Rosenblatt WH, Braun U. Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation*. 2006;70:179–85.
6. Breckwoldt J, Klemstein S, Brunne B, Schnitzer L, Arntz HR, Mochmann HC. Expertise in prehospital endotracheal intubation by emergency medicine physicians? Comparing ‘proficient performers’ and ‘experts’. *Resuscitation*. 2012;83:434–9.
7. Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg*. 2004;99:607–13.
8. Hasegawa K, Shigemitsu K, Hagiwara Y, Chiba T, Watase H, Brown CA 3rd, Brown DF, Japanese Emergency Medicine Research Alliance Investigators. Association between repeated intubation attempts and adverse events in emergency departments: an analysis of a multicenter prospective observational study. *Ann Emerg Med*. 2012;60:749–54.
9. Martin LD, Mhyre JM, Shanks AM, Tremper KK, Kheterpal S. 3423 emergency tracheal intubations at a university hospital: airway outcomes and complications. *Anesthesiology*. 2011;114:42–8.
10. Paal P, Herff H, Mitterlechner T, von Goedecke A, Brugger H, Lindner KH, Wenzel V. Anaesthesia in prehospital emergencies and in the emergency room. *Resuscitation*. 2010;81:148–54.
11. Japanese Society of Anesthesiologists. JSA airway management guideline 2014: to improve the safety of induction of anesthesia. *J Anesth*. 2014;28:482–93.
12. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, Hagberg CA, Caplan RA, Benumof JL, Berry FA, Blitt CD, Bode RH, Cheney FW, Connis RT, Guidry OF, Nickinovich DG, Ovassapian A. American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2013;118:251–70.
13. Henderson JJ, Popat MT, Latto IP, Pearce AC. Difficult Airway Society. Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia*. 2004;59:675–94.
14. Cook TM, Woodall N, Harper J, Benger J. Fourth National Audit Project. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 2: Intensive care and emergency departments. *Br J Anaesth*. 2011;106:632–42.

15. Lockey DJ, Crewdson K, Lossius HM. Pre-hospital anaesthesia: the same but different. *Br J Anaesth*. 2014;113:211–9.
16. Lockey D, Porter K, University Hospital Birmingham Faculty of Pre-hospital Care. Prehospital anaesthesia in the UK: position statement on behalf of the Faculty of Pre-hospital Care. *Emerg Med J*. 2007;24:606–7.
17. Berlac P, Hyldmo PK, Kongstad P, Kurola J, Nakstad AR, Sandberg M, Scandinavian Society for Anesthesiology and Intensive Care Medicine. Pre-hospital airway management: guidelines from a task force from the Scandinavian Society for Anaesthesiology and Intensive Care Medicine. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008;52:897–907.
18. Rognas LK, Hansen TM. EMS-physicians' self reported airway management training and expertise; a descriptive study from the Central Region of Denmark. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2011;19:10.
19. Schmid M, Mang H, Ey K, Schuttler J. Prehospital airway management on rescue helicopters in the United Kingdom. *Anaesthesia*. 2009;64:625–31.
20. Schmid M, Schuttler J, Ey K, Reichenbach M, Trimmel H, Mang H. Equipment for pre-hospital airway management on Helicopter Emergency Medical System helicopters in central Europe. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011;55:583–7.
21. Morton T, Brady S, Clancy M. Difficult airway equipment in English emergency departments. *Anaesthesia*. 2000;55:485–8.
22. Levitan RM, Kush S, Hollander JE. Devices for difficult airway management in academic emergency departments: results of a national survey. *Ann Emerg Med*. 1999;33:694–8.
23. Walsh K, Cummins F. Difficult airway equipment in departments of emergency medicine in Ireland: results of a national survey. *Eur J Anaesthesiol*. 2004;21:128–31.
24. Niazi A, Cummins E, Walsh K. Difficult airway equipment in obstetric units in the republic of Ireland: results of a national survey. *Eur J Anaesthesiol*. 2004;21:861–3.
25. Stamer UM, Messerschmidt A, Wulf H, Hoefl A. Equipment for the difficult airway in obstetric units in Germany. *J Clin Anesth*. 2000;12:151–6.
26. Bullough AS, Carraretto M. A United Kingdom national obstetric intubation equipment survey. *Int J Obstet Anesth*. 2009;18:342–5.
27. Jaber S, Jung B, Corne P, Sebbane M, Muller L, Chanques G, Verzilli D, Jonquet O, Eledjam JJ, Lefrant JY. An intervention to decrease complications related to endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study. *Intensive Care Med*. 2010;36:248–55.
28. Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, Quintel M. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg*. 2007;104:619–23.
29. Ufberg JW, Bushra JS, Karras DJ, Satz WA, Kueppers F. Aspiration of gastric contents: association with prehospital intubation. *Am J Emerg Med*. 2005;23:379–82.
30. Studnek JR, Thestrup L, Vandeventer S, Ward SR, Staley K, Garvey L, Blackwell T. The association between prehospital endotracheal intubation attempts and survival to hospital discharge among out-of-hospital cardiac arrest patients. *Acad Emerg Med*. 2010;17:918–25.
31. Hasegawa K, Hiraide A, Chang Y, Brown DF. Association of prehospital advanced airway management with neurologic outcome and survival in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2013;309(25):257–66.
32. Davis DP, Peay J, Sise MJ, Vilke GM, Kennedy F, Eastman AB, Velky T, Hoyt DB. The impact of prehospital endotracheal intubation on outcome in moderate to severe traumatic brain injury. *J Trauma*. 2005;58:933–9.
33. von Elm E, Schoettker P, Henzi I, Osterwalder J, Walder B. Pre-hospital tracheal intubation in patients with traumatic brain injury: systematic review of current evidence. *Br J Anaesth*. 2009;103:371–86.
34. Warner KJ, Cuschieri J, Copass MK, Jurkovich GJ, Bulger EM. The impact of prehospital ventilation on outcome after severe traumatic brain injury. *J Trauma*. 2007;62:1330–6.
35. Shafi S, Gentilello L. Pre-hospital endotracheal intubation and positive pressure ventilation is associated with hypotension and decreased survival in hypovolemic trauma patients: an analysis of the National Trauma Data Bank. *J Trauma*. 2005;59:1140–5.
36. Stockinger ZT, McSwain NE Jr. Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-valve-mask ventilation. *J Trauma*. 2004;56:531–6.
37. Kempema J, Trust MD, Ali S, Cabanas JG, Hinchey PR, Brown LH, Brown CV. Prehospital endotracheal intubation vs extraglottic airway device in blunt trauma. *Am J Emerg Med*. 2015;33:1080–3.
38. Pepe PE, Roppolo LP, Fowler RL. Prehospital endotracheal intubation: Elemental or detrimental? *Crit Care*. 2015;19:121.
39. Lockey D, Crewdson K, Weaver A, Davies G. Observational study of the success rates of intubation and failed intubation airway rescue techniques in 7256 attempted intubations of trauma patients by pre-hospital physicians. *Br J Anaesth*. 2014;113:220–5.
40. Combes X, Jabre P, Margenet A, Merle JC, Leroux B, Dru M, Lecarpentier E, Dhonneur G. Unanticipated difficult airway management in the prehospital emergency setting: prospective validation of an algorithm. *Anesthesiology*. 2011;114:105–10.
41. McCrerrick A, Ramage DT, Pracilio JA, Hickman JA. Experience with the laryngeal mask airway in two hundred patients. *Anaesth Intensive Care*. 1991;19:256–60.
42. Sollid SJ, Heltne JK, Soreide E, Lossius HM. Pre-hospital advanced airway management by anaesthesiologists: Is there still room for improvement? *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2008;16:2.
43. Davis DP, Buono C, Ford J, Paulson L, Koenig W, Carrison D. The effectiveness of a novel, algorithm-based difficult airway curriculum for air medical crews using human patient simulators. *Prehosp Emerg Care*. 2007;11:72–9.
44. Takeda T, Tanigawa K, Tanaka H, Hayashi Y, Goto E, Tanaka K. The assessment of three methods to verify tracheal tube placement in the emergency setting. *Resuscitation*. 2003;56:153–7.
45. Grmec S. Comparison of three different methods to confirm tracheal tube placement in emergency intubation. *Intensive Care Med*. 2002;28:701–4.
46. Grmec S, Mally S. Prehospital determination of tracheal tube placement in severe head injury. *Emerg Med J*. 2004;21:518–20.
47. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, Thundiyil J, Rothrock SG, Senn A, Carter E, Falk J. The effectiveness of out-of-hospital use of continuous end-tidal carbon dioxide monitoring on the rate of unrecognized misplaced intubation within a regional emergency medical services system. *Ann Emerg Med*. 2005;45:497–503.
48. Helm M, Hossfeld B, Schafer S, Hoitz J, Lampl L. Factors influencing emergency intubation in the pre-hospital setting—a multicentre study in the German Helicopter Emergency Medical Service. *Br J Anaesth*. 2006;96:67–71.
49. Sollid SJ, Lossius HM, Soreide E. Pre-hospital intubation by anaesthesiologists in patients with severe trauma: an audit of a Norwegian helicopter emergency medical service. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2010;18:30.
50. Ono Y, Kikuchi H, Hashimoto K, Sasaki T, Ishii J, Tase C, Shinohara K. Emergency endotracheal intubation-related adverse events in bronchial asthma exacerbation: Can anesthesiologists attenuate the risk? *J Anesth*. 2015;29:678–85.

51. Konrad C, Schupfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg*. 1998;86:635–9.
52. Lyon RM, Perkins ZB, Chatterjee D, Lockey DJ, Russell MQ, Kent, Surrey & Sussex Air Ambulance Trust. Significant modification of traditional rapid sequence induction improves safety and effectiveness of pre-hospital trauma anaesthesia. *Crit Care*. 2015;19:134.
53. Ono Y, Yokoyama H, Matsumoto A, Kumada Y, Shinohara K, Tase C. Surgical airways for trauma patients in an emergency surgical setting: 11 years' experience at a teaching hospital in Japan. *J Anesth*. 2013;27:832–7.
54. Robinson KJ, Katz R, Jacobs LM. A 12-year experience with prehospital cricothyrotomies. *Air Med J*. 2001;20:27–30.
55. McIntosh SE, Swanson ER, Barton ED. Cricothyrotomy in air medical transport. *J Trauma*. 2008;64:1543–7.
56. Berkow LC, Greenberg RS, Kan KH, Colantuoni E, Mark LJ, Flint PW, Corridore M, Bhatti N, Heitmiller ES. Need for emergency surgical airway reduced by a comprehensive difficult airway program. *Anesth Analg*. 2009;109:1860–9.
57. Vissers RJ, Bair AE. Surgical airway management. In: Walls RM, Murphy MF, editors. *Manual of emergency airway management*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p. 193–219.
58. Wong DT, Prabhu AJ, Coloma M, Imasogie N, Chung FF. What is the minimum training required for successful cricothyroidotomy? A study in Mannequins. *Anesthesiology*. 2003;98:349–53.
59. Eichel JL, Skarote MB, Murphy MF. Difficult and failed airway management in EMS. In: Walls RM, Murphy MF, editors. *Manual of emergency airway management*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p. 340–6.
60. Feero S, Hedges JR, Simmons E, Irwin L. Does out-of-hospital EMS time affect trauma survival? *Am J Emerg Med*. 1995;13:133–5.
61. Birk HO, Henriksen LO. Prehospital interventions: on-scene-time and ambulance-technicians' experience. *Prehosp Disaster Med*. 2002;17:167–9.
62. Gonzalez RP, Cummings G, Mulekar M, Rodning CB. Increased mortality in rural vehicular trauma: identifying contributing factors through data linkage. *J Trauma*. 2006;61:404–9.
63. Cook TM, MacDougall-Davis SR. Complications and failure of airway management. *Br J Anaesth*. 2012;109(Suppl 1):i68–85.



この度は本研究へのご理解とご協力を誠に
ありがとうございました。

本報告書に対するお問い合わせは、下記までお願いします。

お問い合わせ先

公立大学法人福島県立医科大学救急医療学講座

主任研究員 大野 雄康

住所：〒960-1295 福島県福島市光が丘1番地

電話：024-547-1581

ファックス：024-547-3399

メール：windmill@fmu.ac.jp