

「災害時に閉鎖空間及び劣悪環境下で活動する  
救助隊員のストレスに関する研究  
－個別無線通信の有効性－」

弘前大学大学院保健学研究科保健学専攻

提出者氏名：北林 司

所 属：健康支援科学領域 障害保健学分野

指導教員：工藤せい子

## 目次

略語一覽.....	2
序論.....	3
方法.....	4
結果.....	10
考察.....	17
謝辭.....	19
引用文献.....	20
英文要旨.....	23

## 略語一覧

USAR : Urban Search and Rescue : 都市型災害搜索救助

CSR : Confined Space Rescue : 閉鎖空間救助、瓦礫の下救助

CSM : Confined Space Medicine : 閉鎖空間医療、瓦礫の下医療

DMAT : Disaster Medical Assistance Team : 災害時派遣医療チーム

VAS : Visual Analog Scale

POMS : Profile of Mood States

T-A : Tension - Anxiety : 緊張－不安感

D : Depression - Dejection : 抑うつ－落込み

A-H : Anger - Hostility : 怒り－敵意

V : Vigor : 活気

F : Fatigue : 疲労

C : Confusion : 混乱

HR : Heart Rate : 心拍数

LF : Low - Frequency : 心臓低周波成分の区分積分値 $\langle m/s^2 \rangle$ をいい交感神経・副交感神経成分を表す。

HF : High - Frequency : 心臓高周波成分の区分積分値 $\langle m/s^2 \rangle$ をいい副交感神経成分を表す。

LF/HF : Low - Frequency / High - Frequency : 心臓低周波成分の区分積分値 $\langle m/s^2 \rangle$ と心臓高周波成分の区分積分値 $\langle m/s^2 \rangle$ の比であり、心臓交感神経機能を表す。

## 序 論

わが国は、世界でも有数の自然災害大国であるとともに、人為災害の発生も後を絶たない。阪神淡路大震災（1995 年）、新潟県中越地震（2004 年）及び JR 福知山線列車脱線転覆事故（2005 年）などの経験をもって、今日、被災者の早期発見・早期救助・早期治療の重要性が指摘されている<sup>1,2)</sup>。倒壊した建物、又は圧壊した車両等に閉じ込められた被災者を搜索救助・救命する活動を USAR（Urban Search and Rescue：都市型災害搜索救助）という。USAR は、倒壊・圧壊構造物の内部に進入して行う、CSR（Confined Space Rescue：閉鎖空間救助、瓦礫の下救助、以下 CSR）及び CSM（Confined Space Medicine：閉鎖空間医療、瓦礫の下医療、以下 CSM）の概念を含む<sup>3-7)</sup>。CSR は主に消防の救助隊員（以下、救助隊員）によって行われ、CSM は主に DMAT（Disaster Medical Assistance Team：災害時派遣医療チーム）によって行われる活動である。CSR 要員も CSM 要員も一定の訓練を受けてはいるが、過酷で困難な任務であることは想像に難くない。各種災害の発生によって、崩れ落ちた建物や圧潰した車両等に被災者が閉じ込められた場所は、自力で脱出することは困難であり、外傷を負っている場合はいち早く医療処置を施すことが救命率の向上につながる。

各種災害発生時に最初に現場に到着し、活動を開始するのが救助隊員である。いつ二次災害が発生するかわからないような過酷な環境下で、彼らは身体的にも精神的にも相当なストレスにさらされると推察される。本研究計画立案に先立ち、X 県内の救助隊員 10 名に聞き取り調査を行ったところ、CSR を実践する際の標準的な装備は、ヘルメット、ヘッドライト、ゴーグル、レスキュー用ユニフォーム、安全靴、グローブ、マスク、肘あて、膝あて等であった。これに、必要に応じて空気呼吸器及び面体、耳栓、ハーネス等が追加される。他の隊員との連絡手段として、ロープを引っ張って合図をする場合もあるが、無線機等の個別通信機材はほとんど使用していないということであった。つまり、閉鎖空間への侵入路を確保して、CSR 活動に入ったとたんに外部（他の隊員・小隊長・指揮本部等）との連絡がとりにくい状況となる。通常、救助隊員は小隊長からの事前指示を受け、他の隊員と肉声でコミュニケーションをとり

ながら活動するが、粉塵対策のために耳栓を使用すると周囲の音が聞き取りにくくなる。さらに、空気ボンベを背負い面体を装着すれば身体の活動性は大きく制約され、視野は狭まる。ほとんどの場合、救助隊員は複数の隊員と活動を共にするが、閉鎖空間内部に被災者がいる場合は、単独で進入・搜索が指示されることも想定される。このような現場状況下では、救助隊員のストレスはいつそう高まるものと推測される。

### 本研究の目的

本研究の目的は、実験室で災害時の閉鎖空間を再現し、模擬救助活動をする現役救助隊員のストレスを客観的・主観的に可視化するとともに、個別無線通信によるコミュニケーションがストレス軽減に役立つかを検証する。

### 本研究の意義

本研究への取り組みによって、閉鎖空間活動における救助隊員のストレスが明らかにできれば、今後の救助隊員教育及び訓練内容を検討するための基礎資料となり得る。また、個別無線通信の有効性が検証できれば、救助隊員の安全性が高まるとともに、被災者の搜索・救助・医療活動の迅速化が期待できる。

### 方 法

#### 1. 対象者

X 県内の消防本部に勤務している 50 歳以下の男性救助隊員 57 名を対象者とした。50 歳以下という年齢制限は、一般に消防における勤務は 50 歳前後で内勤となり、救助活動はほとんど行わなくなるからである。救助隊員には女性もいるが、月経周期によって唾液中アミラーゼ、唾液中コルチゾール分泌量が影響を受ける<sup>8,9)</sup> ことを危惧したため除外した。

#### 2. 実験概要

(1) 対象者と日程を調整し、1 日に 1 名から 2 名に実験を行った。実験の概要は、同一対象者に通信無の模擬搜索・救助活動(コントロール：以下、通信無)と、

無線機による通信有(ノンコントロール：以下、通信有)の模擬搜索・救助活動を行ってもらうクロスオーバー試験とした。通信無と通信有の実施順序は、研究者がランダムに決定した。

(2) 実験室は、Y 短期大学部 USAR 訓練棟内部に設置した 2 階建て模擬半壊家屋の基礎部分(以下、閉鎖空間)とした。模擬半壊家屋の閉鎖空間の構造は、鉄筋コンクリート造り、縦 5 m、横 13m、高さ 1.2m である。内部は連続した 9 区画に分割されているが、約 10 t のコンクリート瓦礫や木材、家具等を設置したため、姿勢を低く保ちながら活動することになる。さらに、内部はライトなしでは周囲の状況が視認できない暗所とした。なお、6 箇所には常設のスピーカーがある。なお、実験室の温度は 10～12℃、湿度は 40～50%の範囲であった。

(3) 閉鎖空間に進入する直前に、ヘルメット、ヘッドライト、グローブ、肘あて、膝あて、空気呼吸器を装備してもらった。ただし、空気呼吸器の付属品である面体は、フレーム部分が唾液腺(耳下腺)を圧迫するため装備しないこととした。

(4) シナリオ

3 月 11 日、12 時 05 分に A 市を中心に大地震が発生した。A 市内では地震により建物の倒壊が多数発生している。

① 通信無：隊長役からの指示「救急救助指令。現場は B 大学西側、C ビル。3 階建てビルが倒壊し要救助者が 1 名いる模様。詳細は不明。進入路が狭いため、D 隊員 1 名で要救助者の搜索救助にあたれ。かかれ！」。

② 通信有：隊長役からの指示「救急救助指令。現場は B 大学西側、C ビル。3 階建てビルが倒壊し要救助者が 1 名いる模様。詳細は不明。進入路が狭いため、D 隊員 1 名で要救助者の搜索救助の当たれ。なお、D 隊員の無線の呼び出し名称を救助 101 とし、随時通信を行うものとする。かかれ！」。

(5) 実験中は閉鎖空間内部に、終始スピーカーから風雨と雷の音(40～80db)を流した。

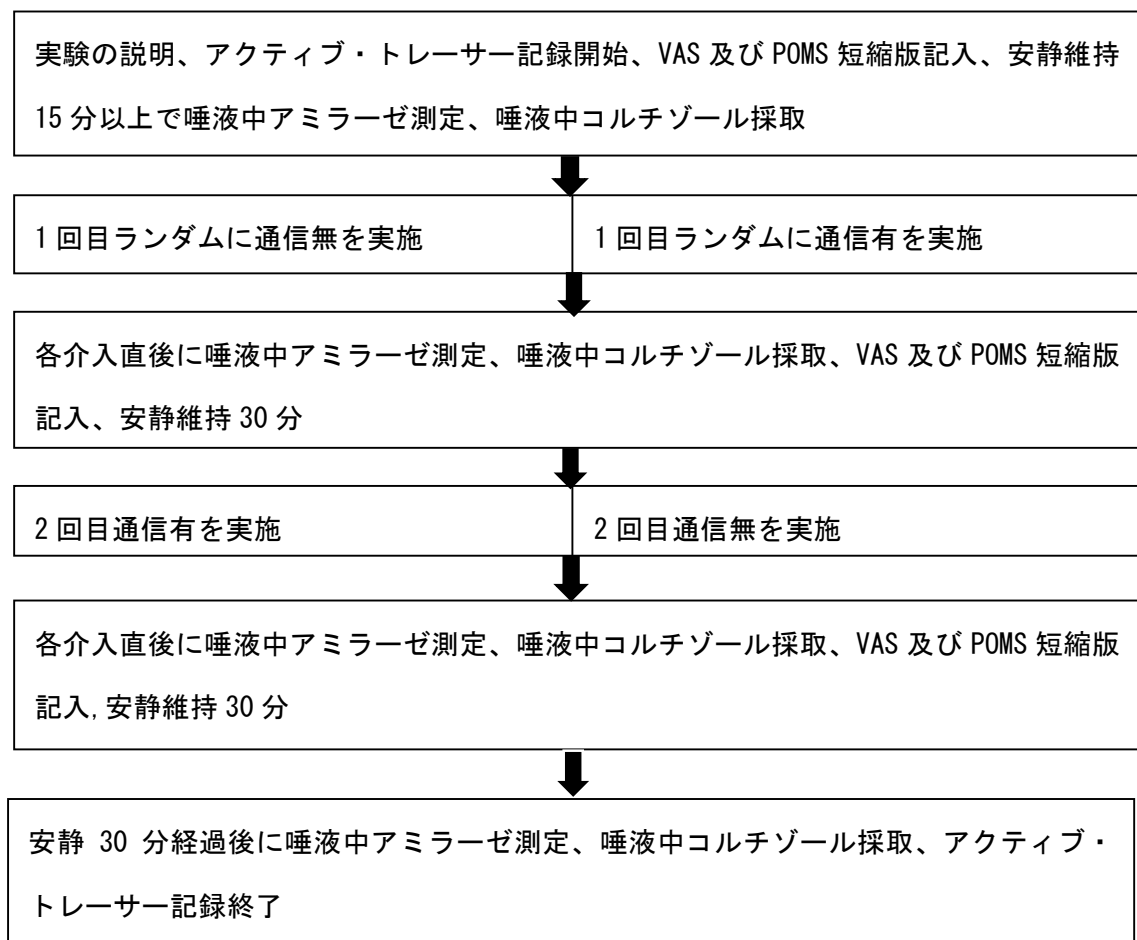
(6) 閉鎖空間内部に、模擬被災者のベビー人形を瓦礫の下に設置した。ベビー人形には小型スピーカーを取り付け、乳児の泣き声が流れるようにした。ベビー

人形の設置場所は、通信無と通信有で異なる場所とした。

(7) 通信有のみ無線機で随時通信した。対象者が進入した1分後から、指揮本部隊長役から対象者へ「指揮本部から救助101へ。内部の状況を報告せよ」、「指揮本部より救助101へ、要救助者情報を送る。母親からの情報では、要救助者は5歳男児。建物中央部付近にいるとのこと。中央部付近を念入りに検索せよ」、「指揮本部より救助101へ。現在建物は安定している」といった通信を行った。

(8) あらかじめ作成した「実験フローチャート」に沿って各種データを採取、測定、記録した(図1)。

(9) 実験期間は、平成25年11月1日から平成26年1月31日までであった。



\* 対象者は、おのおの同じ日に通信無と通信有の介入を実施した(クロスオーバー比較試験)。

図 1. 実験フローチャート

### 3. データ収集方法

(1) 唾液中アミラーゼの採取・測定：唾液中のアミラーゼは、ストレスを受けると交感神経が興奮し、数十秒～数分で唾液中分泌量が増加することが知られている<sup>10,11)</sup>。このため、各介入前・介入直後・介入 30 分後に専用の唾液採取テストストリップと唾液アミラーゼモニター（ニプロ社）で計測した。なお、唾液採取の際に、口腔内に出血や飲食物がないことを確認した。

(2) 唾液中コルチゾール：唾液中のコルチゾールもストレスを受けると交感神経が興奮し、分泌量が増加することが知られている<sup>12,13)</sup>。唾液中アミラーゼに比べ発現がやや遅いため、各介入前・介入直後・介入 30 分後に対象者の舌下から専用コットンで唾液を採取し、専用スピッツに入れ-20℃で冷凍保存し後日計測した。なお、唾液採取の際に、口腔内に出血や飲食物がないことを確認した。

(3) 自律神経系の反応：自律神経系の反応は、心臓の周波数帯域を解析することでストレスを判定する指標となることが知られている<sup>14-17)</sup>。心臓の電気活動を記録するアクティブ・トレーサー（AC-301）を用い、各介入 30 分前から介入終了 30 分後まで HR（心拍数、bpm）、LF（心臓低周波成分の区分積分値＜ $m/s^2$ ＞をいい交感神経・副交感神経成分を表す）、HF（心臓高周波成分の区分積分値＜ $m/s^2$ ＞をいい副交感神経成分を表す）、LF/HF（心臓交感神経機能を表す）を記録した。なお、＜ $m/s^2$ ＞は加速度を表す単位である。

(4) VAS：VAS は Visual Analog Scale の略称であり、対象者の主観を数値化するものである<sup>18,19)</sup>。今回の実験では、0 はストレスが全くない、10 が最悪のストレスとして VAS を作成し、各介入直後のストレスの度合いを対象者に示してもらい、その長さをストレスの度合いとして用いた(図 2)。



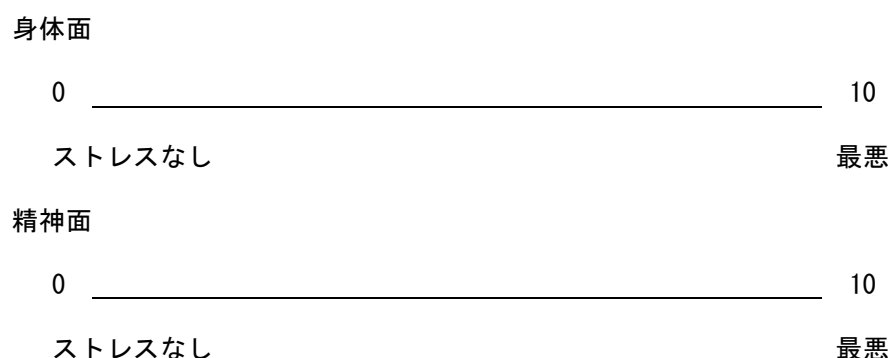


図 2. VAS: Visual Analog Scale

(5) POMS 短縮版：POMS 短縮版は、Profile of Mood States の略称であり、対象者の一時的な気分・感情の状態を客観的に測定できる質問紙である<sup>20)</sup>。

T－A(Tension - Anxiety：緊張－不安感、以下 T－A)、D(Depression - Dejection：抑うつ－落込み、以下 D)、A－H(Anger - Hostility：怒り－敵意、以下 A－H)、V(Vigor：活気、以下 V)、F(Fatigue：疲労、以下 F)、C(Confusion：混乱、以下 C)の 6 項目で構成される。本研究では、各介入直後に対象者に記入してもらった。

(6)対象者らの感想：2 回の介入を実施した後全員に、「模擬捜索救助活動を実施してどうだったか」を質問した。これに対する対象者らの任意の語りを記録した。

#### 4. データ分析方法

(1) 唾液中アミラーゼ：通信無と通信有において、それぞれ 3 回計測し、平均値比較の分析には、ANOVA4 on Web を用いて 2 要因分散分析（対象者内 2 要因）を行い、有意水準 5%未満とした。

(2) 唾液中コルチゾール：通信無，通信有を通して 5 つのサンプルを得た。これをコルチゾール Enzyme Linked Immunosorbent Assay キット（ELISA 法）を用いて発色し、Bio Rad 吸光計を用いて吸光度を測定した。平均値比較の分析には、ANOVA4 on Web を用いて 2 要因分散分析（対象者内 2 要因）を行い、有意水準 5%未満とした。

- (3) 自律神経系の反応：アクティブ・トレーサー（AC301）によって対象者ごとに得たデータを MemCalc / TARAWA で解析し、対象者の①安静 15 分後 1 分間の平均、②通信無と通信有：CSR 活動 2 分後 1 分間の平均を導き、平均値比較の分析には、SPSS ver.19.0 を用いて一元配置分散分析（反復測定）を行い、有意水準 5%未満とした。
- (4) VAS：通信無と通信有前後の VAS の回答をもとに、対象者のストレス度を数値化し、SPSS ver.19.0 を用いて paired t 検定を行い、有意水準 5%未満とした。
- (5) POMS 短縮版：通信無と通信有前後の POMS 短縮版の回答をもとに、対象者の気分の変化を SPSS ver.19.0 を用いて paired t 検定を行い、有意水準 5%未満とした。
- (6) 対象者らの感想：記録用紙をもとに、対象者らの感想の意味を損なわないように要約した。これを、ひとつの意味内容を含む文脈ごとに区分し、対象者の経験世界を解釈するクリッペンドルフの質的分析を用い、類似性で分類・命名した。最終的に抽出された概念を、閉鎖空間におけるストレス及び個別無線通信の有効性の解釈に用いた<sup>21)</sup>（図 3）。

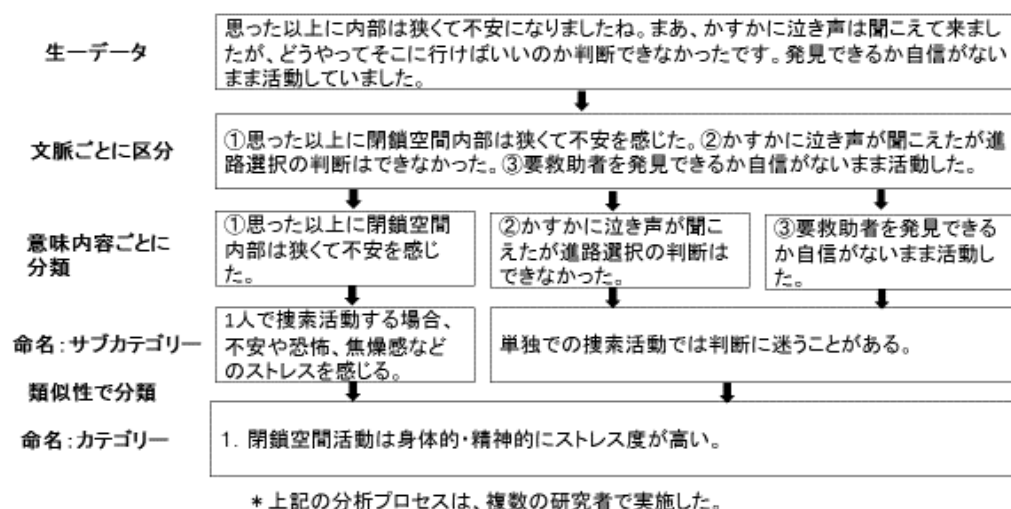


図3. 対象者らの感想の分析プロセス

## 5. 倫理的配慮

本研究は、H 大学大学院医学研究科倫理委員会の審査を受け、承認を得ている（整理番号：2014-017）。実験にあたっては、対象者に文書と口頭で、研究の目的、方法、任意参加であること、参加中止の自由、データの保管方法・保存期間、結果の公表に際しては個人が特定されないよう全体の結果を用いること等を説明し、同意書により同意を得た。

## 結 果

### 1. 対象者の背景

男性救助隊員の、平均年齢は  $26.1 \pm 3.6$  歳、消防勤務年数平均は  $4.9 \pm 3.3$  年であった。実践での検索・救助経験は、火災現場、交通事故現場、山岳遭難だけでなく迷子や高齢者の行方捜索も含め、平均  $24.8 \pm 91.9$  回であった。平均身長  $172.7 \pm 4.3$  cm、平均体重  $69.2 \pm 10.6$  kg であった。活動所要時間の平均は、通信無 4 分 48 秒  $\pm$  1 分 52 秒、通信有 5 分 34 秒  $\pm$  2 分 02 秒であった。

一般に、消防士として採用された者は、各都道府県の消防学校に入校し初任科教育を受ける。その教育内容は、警防関係（消火・火災予防）、救急関係、救助関係等で構成されるが、CSR に関する教育・訓練は必修ではない。したがって、模擬とはいえ CSR 活動を経験するのは初めてという対象者が多くを占めた（表 1）。

表1. 対象者の背景 (n=57)

年齢(歳)	消防勤務年数(年)	検索・救助実践経験(回)	身長(cm)	体重(kg)
$26.1 \pm 3.6$	$4.9 \pm 3.3$	$24.8 \pm 91.9$	$172.7 \pm 4.3$	$69.2 \pm 10.6$

\*上記対象者は、おのおの同じ日に介入1と介入2を実施した。

### 2. 唾液中アミラーゼ

唾液中アミラーゼは、通信無で介入前安静の平均が  $146.4$  KU/L  $\pm$   $114.4$  KU/L、介入直後は平均  $202.7$  KU/L  $\pm$   $122.6$  KU/L、介入後 30 分での平均は  $112.5$  KU/L

±97.3 KU/L であった。通信有では、介入前安静の平均が 112.5KU/L±97.3 KU/L、介入直後は平均 135.4KU/L±85.1 KU/L（1 回目の介入 30 分後の数値に基づく）、介入 30 分後では 97.0KU/L±79.9 KU/L であった。

通信無と通信有の介入前・介入直後・介入 30 分後について 2 要因分散分析（対象者内 2 要因）を行った結果、交互作用が有意であった（ $F=3.7$ ,  $p=0.03$ ）。介入前・介入直後・介入 30 分後の単純主効果を検定したところ、介入前（ $F=6.8$ ,  $p=0.01$ ）、介入直後（ $F=26.7$ ,  $p=0.001$ ）で有意であった。また、通信無と通信有の単純主効果は、通信無（ $F=24.5$ ,  $p=0.001$ ）、通信有（ $F=4.4$ ,  $p=0.01$ ）ともに有意であった。さらに多重比較（Ryan 法）を行った結果、通信無においては介入前と介入直後（ $p=0.001$ ）、介入前と介入 30 分後（ $p=0.01$ ）、介入直後と介入 30 分後（ $p=0.001$ ）の全てにおいて有意差が認められた。通信有の多重比較では、介入直後と介入 30 分後（ $p=0.003$ ）にのみ有意差が認められた（図 4）。

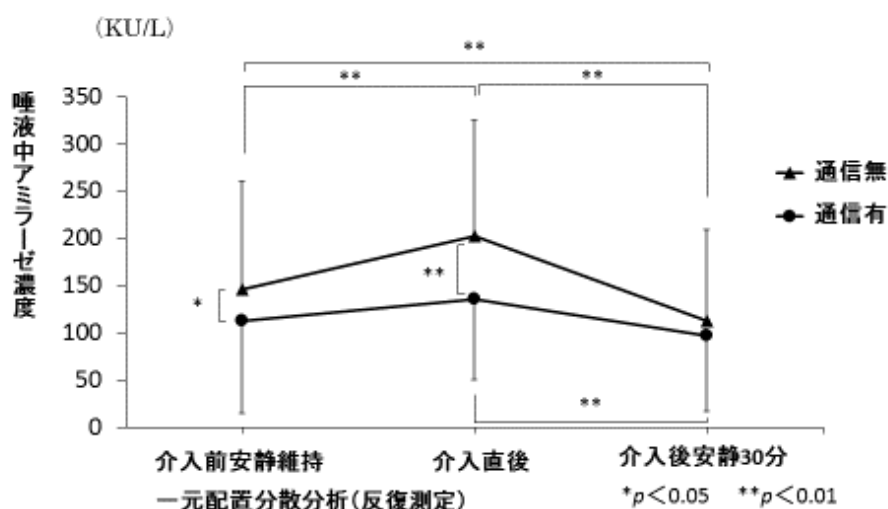


図4. 唾液中心アミラーゼ (n=57)

### 3. 唾液中コルチゾール

唾液中コルチゾールは、通信無で安静時平均が 0.367μg/dl±0.421μg/dl 介入直後が平均 0.359μg/dl±0.420μg/dl、介入 30 分後が平均 0.422μg/dl±0.591μg/dl であった。通信有では、安静時平均が 0.422μg/dl±0.591μg/dl、介

入直後が平均  $0.354\mu\text{g/dl} \pm 0.470\mu\text{g/dl}$ 、介入 30 分後が平均  $0.362\mu\text{g/dl} \pm 0.520\mu\text{g/dl}$  であった。通信無と通信有の介入直後・介入 30 分後について 2 要因分散分析（対象者内 2 要因）を行った結果、有意差はなかった（図 5）。

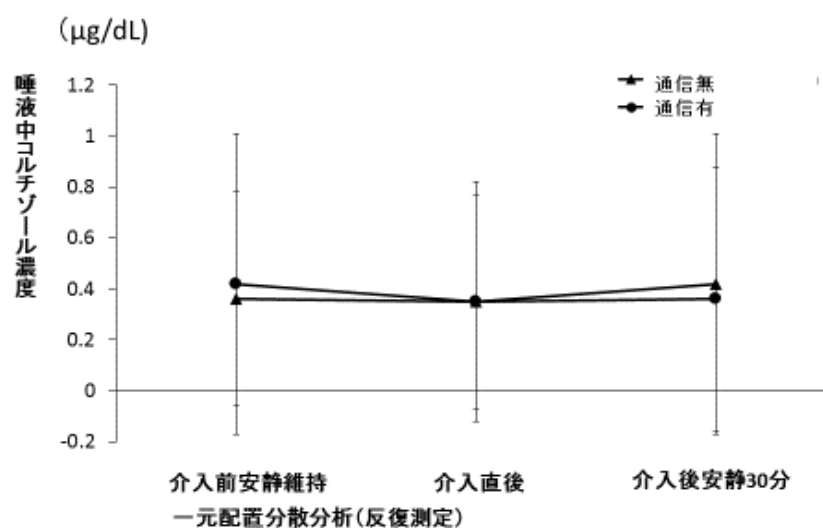


図5. 唾液中コルチゾール

#### 4. 自律神経系の反応

模擬半壊家屋の閉鎖空間では対象者の動きによって、アクティブ・トレーサーのパッチが外れてしまい、47名のデータとなった。

心拍数は、介入前安静 15 分後 1 分間で  $74.4\text{bpm} \pm 11.1\text{bpm}$  であり、通信無の活動 2 分後 1 分間で  $119.0\text{bpm} \pm 16.7\text{bpm}$ 、通信有の活動 2 分後 1 分間で  $112.5\text{bpm} \pm 18.8\text{bpm}$  であった。心拍数の介入前安静 15 分後 1 分間、通信無活動 2 分後 1 分間、通信有活動 2 分後 1 分間について 1 要因分散分析（対象者内要因）を行った結果、心拍数は通信無が有意に多かった ( $F=248.5$ ,  $p=0.000$ )。さらに多重比較 (Tukey) を行った結果、介入前安静と通信無 ( $p=0.000$ )、介入前安静と通信有 ( $p=0.000$ )、通信無と通信有 ( $p=0.003$ ) の全てにおいて有意差が認められた。

LF は、介入前安静 15 分後 1 分間の平均が  $223.1\text{m/s}^2$  であり、通信無の活動 2 分後 1 分間の平均が  $395.3\text{m/s}^2 \pm 517.2\text{m/s}^2$ 、通信有の活動 2 分後 1 分間の平均が  $471.6\text{m/s}^2 \pm 399.0\text{m/s}^2$  であった。LF の介入前安静 15 分後 1 分間、通

信無活動 2 分後 1 分間、通信有活動 2 分後 1 分間について 1 要因分散分析（対象者内要因）を行った結果、有意差があり（ $F=47.7$ 、 $p=0.000$ ）、さらに多重比較（Tukey）を行った結果、介入前安静と通信無（ $p=0.000$ ）、介入前安静と通信有（ $p=0.000$ ）において有意差が認められた。

HF は、介入前安静 15 分後 1 分間で平均  $513.9 \text{ m/s}^2 \pm 531.0 \text{ m/s}^2$  であり、通信無の活動 2 分後 1 分間平均が  $156.7 \text{ m/s}^2 \pm 312.2 \text{ m/s}^2$ 、通信有の活動 2 分後 1 分間平均が  $181.2 \text{ m/s}^2 \pm 354.3 \text{ m/s}^2$  であった。HF の介入前安静 15 分後 1 分間、通信無活動 2 分後 1 分間、通信有活動 2 分後 1 分間について 1 要因分散分析（対象者内要因）を行った結果、有意差があり（ $F=28.2$ 、 $p=0.000$ ）、さらに多重比較（Tukey）を行った結果、介入前安静と通信無（ $p=0.000$ ）、介入前安静と通信有（ $p=0.000$ ）において有意差が認められた。

LF/HF は、介入前安静 15 分後 1 分間平均が  $4.0 \pm 2.3$  であり、通信無の活動 2 分後 1 分間平均が  $5.2 \pm 3.1$ 、通信有の活動 2 分後 1 分間の平均が  $5.3 \pm 2.6$  であった。LF/HF の介入前安静 15 分後 1 分間、通信無活動 2 分後 1 分間、通信有活動 2 分後 1 分間について 1 要因分散分析（対象者内要因）を行った結果、有意差があり（ $F=5.1$ 、 $p=0.010$ ）、さらに多重比較（Tukey）を行った結果、介入前安静維持と通信無（ $p=0.03$ ）、介入前安静と通信有（ $p=0.01$ ）において有意差が認められた（表 2）。

表 2. 自律神経系の結果

(n=47)

項目	介入前安静 15 分以上	通信無介入 2 分後 1 分間	通信有介入 2 分後 1 分間	p-value
HR bpm	74.4±11.1	119±16.7	112.5±18.8	0.000***
LF m/s <sup>2</sup>	1,223.1±784.7	395.3±517.2	471.6±399.0	0.000***
HF m/s <sup>2</sup>	513.9±531.0	156.7±312.2	181.2±354.3	0.000***
LF/HF	4.0±2.3	5.2±3.1	5.3±2.6	0.008**

\*:p<0.05    \*\*:p<0.01    \*\*\*:p<0.001

## 5. VAS

対象者の認識した身体的ストレスと精神的ストレスの結果は、通信無では精神的ストレスの平均が  $4.99 \pm 2.36$ 、身体的ストレスの平均が  $4.22 \pm 2.26$  であった。通信有では精神的ストレスの平均が  $3.22 \pm 2.16$ 、身体的ストレスの平均が  $3.13 \pm 2.16$  であった。paired  $t$  検定を実施した結果、精神的ストレス ( $t=8.1$ ,  $p=0.001$ ) と身体的ストレス ( $t=4.4$ ,  $p=0.000$ ) とともに、通信有の方が通信無に比べて有意に低いことがわかった (表 3)。

表 3. VASの結果 (n=57)

項目	通信無介入直後	通信有介入直後	p-value
身体的ストレス	$4.99 \pm 2.36$	$3.22 \pm 2.16$	0.000***
精神的ストレス	$4.22 \pm 2.26$	$3.13 \pm 2.16$	0.000***
paired $t$ -test			*** $p<0.001$

## 6. POMS 短縮版

POMS の得点結果は、通信無の直後では、「T-A」 $4.19 \pm 3.49$ 、「D」 $1.12 \pm 1.49$ 、「A-H」 $0.25 \pm 0.83$ 、「V」 $7.58 \pm 5.47$ 、「F」 $1.91 \pm 2.54$ 、「C」 $3.89 \pm 1.91$

であった。

通信有の直後では、「T-A」 $3.82 \pm 3.64$ 、「D」 $1.49 \pm 2.50$ 、「A-H」 $0.29 \pm 1.49$ 、「V」 $7.71 \pm 5.61$ 、「F」 $1.14 \pm 2.27$ 、「C」 $3.86 \pm 2.26$ であった。Paired  $t$  検定を実施した結果、「F：疲労」のみ通信有の方が通信無に比べて有意に低かった（ $t=2.3$ 、 $p=0.027$ ）（表 4）。

**表 4. POMSの結果 (n=57)**

項目	通信無介入直後	通信有介入直後	$p$ -value
A-H: 緊張 - 不安	$4.19 \pm 3.49$	$3.82 \pm 3.64$	0.364
D: 抑うつ - 落ち込み	$1.12 \pm 1.49$	$1.49 \pm 2.50$	0.256
A-H: 怒り - 敵意	$0.25 \pm 0.83$	$0.29 \pm 1.49$	0.761
V: 活気	$7.58 \pm 5.47$	$7.71 \pm 5.61$	0.728
F: 疲労	$1.91 \pm 2.54$	$1.14 \pm 2.27$	0.027*
C: 混乱	$3.89 \pm 1.91$	$3.86 \pm 2.26$	0.918
paired $t$ test			* $p < 0.05$

## 6.対象者らの感想

対象者らの感想から、ストレスと無線通信に関する 411 の単位を得た。これを意味内容の類似性・相違性に基づいて分類・命名した結果、【一人で搜索活動する場合、不安や恐怖、焦燥感などのストレスを感じる】（107 単位）、【単独での搜索活動では判断に迷うことがある】（59 単位）、【自分の身の安全を考えながら活動した】（16 単位）、【今回の搜索・救助活動に対する自分自身の振り返り】（62 単位）、【自分自身の CSR 活動の経験や訓練不足に対する思い】（17 単位）、【USAR 訓練施設（模擬半壊家屋）は訓練に活用できる】（11 単位）、【閉鎖空間内と外部との連絡方法としてロープや肉声でのコミュニケーションには限界がある】（11 単位）、【閉鎖空間内部の搜索活動は情報が少ないと困難さが増す】（10 単位）、【消防車用のサイレンが聞こえたときは外部で何が起きているのかわからなかった】（3 単位）、【無線通信の操作性は良かった】（36 単位）、



【無線通信は、小隊レベルで隊員の標準装備にした方が良い】(17 単位)、【無線通信は孤独感や孤立感を軽減してくれる】(11 単位)、【要救助者を必死に捜したが発見できなかった】(16 単位)、【要救助者を発見したときはホッとした】(13 単位)、【プレストークボタンを探すのに手間取ったのでコードレスのほうがいい】(9 単位)、【火災等騒がしい現場では無線通信は有効性が低いかもしれない】(2 単位)、【進入する建物の構造に関する予備知識は重要・不可欠だ】(7 単位)、【無線通信に限らず消防は予算の関係で器材を申請しても却下されることもある】(4 単位) という 18 のサブカテゴリーが抽出された。

さらにサブカテゴリーを類似性・相違性で分類・命名したところ、最終的に《閉鎖空間活動は身体的・精神的にストレス度が高い》(182 単位)、《閉鎖空間での搜索救助活動は外部との連絡が困難である》(24 単位)、《閉鎖空間活動に備えた訓練が必要である》(90 単位)、《個別無線通信は情報を共有できるので安心して活動できる》(64 単位)、《火災など騒がしい現場では有効性が低いかもしれない》(11 単位)、《要救助者発見・救助に対する責任感》(29 単位)、《進入する建物の構造に関する予備知識は不可欠である》(7 単位)、《個別無線機器に限らず、消防では予算の関係で欲しい機材が購入できない現状もある》(4 単位) の 8 カテゴリーが導かれた。これを対象者のストレスと無線通信の有効性の解釈に用いた(表 5)。

表5. 対象者の感想	411単位
カテゴリー	
1 閉鎖空間活動は身体的・精神的にストレス度が高い。(182単位)	
2 閉鎖空間での搜索救助活動は外部との連絡が困難である。(24単位)	
3 閉鎖空間活動に備えた訓練が必要である。(90単位)	
4 個別無線通信は情報を共有できるので安心して活動できる。(64単位)	
5 火災など騒がしい現場では有効性が低いかもしれない。(11単位)	
6 搜索のために進入する建物の構造に関する予備知識は不可欠である。(7単位)	
7 要救助者発見に対する責任感。(29単位)	
8 個別無線機器に限らず、消防では予算の関係で欲しい機材が購入できない現状もある。(4単位)	

## 考 察

### 1. 消防救助隊員のストレス

唾液中アミラーゼ値は、日内変動がみられるが、安静時で 30KU/L 以下が基準値である。救急隊員の疲労度を調査した岡本ら<sup>9)</sup>の研究では、最も高い群でも 52.3KU/L $\pm$ 29.9KU/L であったことを勘案すると、本介入での唾液中アミラーゼ値の平均は高い数値であり、対象者は強いストレスを受けていたと推測できる。

唾液中コルチゾール値も日内変動があり、藤林らの研究では早朝起床時 7 時から 8 時が最も高く 0.47 $\sim$ 1.15 $\mu$ g/dl、その後暫時減少して 22 時には 0.02 $\sim$ 0.13 $\mu$ g/dl といわれている<sup>22)</sup>。また、通常の救急業務を行う救急隊員を対象とした高辻らの研究では、0.087 $\mu$ g/dl $\pm$ 0.012 $\mu$ g/dl $\sim$ 0.452 $\mu$ g/dl $\pm$ 0.70 $\mu$ g/dl であった<sup>23)</sup>。今回の結果では、通信無群で介入前安静時平均に比べて介入直後、介入 30 分後で数値の上昇をみた。通信有群で介入前安静時平均に比べて介入直後、介入 30 分後に数値の低下をみた。しかし、いずれも先行研究で示された数値の基準値範囲内にあるため、唾液中コルチゾールの結果からはストレスと判断することはできなかった<sup>14-17)</sup>。

自律神経系の反応において、HR、LF、HF、LF/HF は、介入前安静 15 分後 1 分間平均に比べて、無線無介入 2 分後 1 分間平均、無線有介入 2 分後 1 分間平均のいずれも有意に高い値を示した。このことから、通信無群と通信有群のどちらもストレスを受けていたことが推測できる。

VAS に基準値はないが、ストレス無しの状態を 0 と定義したため、通信無群も通信有群のどちらも、対象者は、精神的・身体的に中程度のストレスを認識していたと判断できる。POMS 短縮版の「性・年齢別得点と信頼係数」において、20 $\sim$ 29 歳男性の平均及び標準偏差は、「T-A」11.9 $\pm$ 6.0、「D」8.9 $\pm$ 9.4、「A-H」10.7 $\pm$ 8.1、「V」13.3 $\pm$ 6.0、「F」9.7 $\pm$ 6.0、「C」8.4 $\pm$ 4.5 である。対象者の各項目平均値と標準偏差をこれらと比べたところ、通信無介入直後、通信有介入直後ともに大きな気分変化は認められなかったといえる。ただし、通信無群と通信有群間の分析では、「F：疲労」が有意に低く、無線通信がストレス軽減に役立つ可能性を示唆した。

対象者らは、《閉鎖空間活動は身体的・精神的にストレス度が高い》(182 単位)と述べており、その要因として《閉鎖空間での搜索救助活動は外部との連絡が困難である》(24 単位)をあげた。また、《閉鎖空間活動に備えた訓練が必要である》(90 単位)は、閉鎖空間救助の実践経験や訓練の機会が少ないことをうかがわせた。さらに、《進入する建物の構造に関する予備知識は不可欠である》(7 単位)から、進入する構造物に関する予備知識が乏しい場合もストレスを増大させることを示した。

## 2. 閉鎖空間活動における個別無線機器の有効性

唾液中アミラーゼ値の分析結果では、通信無群の直後・30 分後と通信有群の直後・30 分後において統計学的に有意差が認められた。このことから、無線通信が救助隊員のストレス軽減に役立つ可能性が示唆された。対象者の主観をあらわす VAS 得点は、通信無群に比べて通信有群が、有意に低いことが示された。無線通信が救助隊員のストレス軽減に役立つ可能性が示唆された。

対象者の述べた《個別無線通信は情報を共有できるので安心して活動できる》(64 単位)というカテゴリーは、閉鎖空間活動における個別無線通信の有効性を支持したものと解釈できる。しかし、一方で《火災など騒がしい現場では有効性が低いかもしれない》(11 単位)というカテゴリーは、災害現場の状況によって使用するか否かの判断が必要であることが示された。

唾液中コルチゾール値の結果からは、個別無線通信がストレスを軽減する根拠は導けなかった。自律神経系の反応では、HR のみ通信無に比べて通信有が有意に低いことが示されたが、LF、HF、LF/HF の両群間の検定では有意差は認められず、今回の結果からは、無線通信が救助隊員のストレス軽減に役立ったか明らかにできなかった。POMS 短縮版の結果からは、無線通信が対象者のストレスを軽減したという根拠は導けなかった。しかし、「F：疲労」が通信無群に比べて通信有群が有意に低かったことは、無線通信の有効性を示唆するため今後の研究の参考としたい。

全国の消防本部において、個別無線機器の設置が全くないというわけではない。しかし、地域によって設置状況に差異があると思われ、非公式の聞き取り

調査では都市部は配備率が高い感がある。ただし、個別無線通信機器の運用に関しては、指揮本部や隊長の判断に委ねられているため、配備率と運用率の関連は明らかではない。

#### まとめ

- 1) 閉鎖空間及び劣悪環境下における捜索救助活動中の救助隊員は、唾液中アミラーゼ、自律神経系の反応、VAS、対象者らの感想から、身体的・精神的ストレスを受けていたことがわかった。
- 2) 閉鎖空間及び劣悪環境下における活動では、個別無線通信機材による他の隊員とのコミュニケーションが、救助隊員の精神的・身体的ストレスの軽減につながる可能性が唾液中アミラーゼ、VAS、対象者らの感想から示唆された。

#### 研究の限界

本研究の対象者は、現役の消防職員であるため、実験参加日は夜勤明けや休日などに限られ、対象者の身体状態の均質化という点で限界がある。また、同一日に2回の介入を実施したが、1回目と2回目の間にとる適正な安静時間及び別の日に介入を行うなどの実験デザインについては今後の課題としたい。

#### 謝 辞

本研究の目的をご理解いただき、貴重なデータを提供してくださいました救助隊員の皆様、並びにご協力いただきましたX県内消防本部関係者の皆様に深く感謝申し上げます。また、唾液中アミラーゼ、唾液中コルチゾール、自律神経系の反応等の測定・分析等にご指導を賜りました保健学研究科の先生方に深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 井上潤一：瓦礫の下医療. ER Magazine, 5(2) : 227-231, 2008.
- 2) 長谷貴将, 秋富慎司, 渡邊信介, 中山伸一, 甲斐達朗：JR 福知山線列車脱線事故における緊急医療班派遣報告. 日本集団災害医学会誌, 12 (1) : 12-16, 2007.
- 3) 吉村晶子, 加古嘉信, 佐藤史郎：日本における瓦礫救助医療訓練施設に求められる要件に関する研究. 地域安全学会論文集, 9 : 311-320, 2007.
- 4) 吉村晶子, 佐藤史郎, 秋月有紀, 大山太, 加古嘉信, 秋富慎司, 中島康：瓦礫の下の現場環境の物量的計測と活動への影響評価－USAR 訓練を通じた CSR/CSM 活動向上のための実証的研究への試み－. 日本集団災害医学会誌, 15(1) : 47-55, 2010.
- 5) 佐藤史郎, 吉村晶子, 高橋徹, 秋富慎司, 加古嘉信：瓦礫災害に対する救助医療活動訓練における音響シミュレーションの効果. 日本建築学会環境系論文集, 75 (649) : 247-254, 2010.
- 6) 中山知紀, 田中秀治, 米倉孝, 高橋宏幸, 杉本勝彦, 島崎修次：救急救命士に対する瓦礫の下(Confined Space)の災害シミュレーション教育の有効性について. 日本集団災害医学会誌, 15(2) : 171-178, 2010.
- 7) 吉村晶子, 小山真紀, 関文夫, 宮里直也, 佐藤史郎：消防機関における US&R 訓練への取り組みおよび施設の設置・運用に関する現状と課題. 地域安全学会梗概集, 30 : 99-102, 2012.
- 8) 中川朝美, 佐々木誠, 山口昌樹：唾液アミラーゼ活性を用いた月経周期に伴う女性のストレス評価. ライフサポート, 24 (3) : 123-127, 2012.
- 9) 岡本博照, 菊川忠臣, 神山麻由子, 照屋浩司, 和田貴子：都市部救急隊員の疲労と唾液アミラーゼ活性値. 民族衛生, 78( 3) : 61-75, 2012.
- 10) 高辻功一, 杉本吉恵：看護学実習が唾液コルチゾール分泌に及ぼす影響. 日本看護研究学会雑誌, 31(5) : 89-92, 2008.
- 11) 山口昌樹：唾液マーカーでストレスを測る. 日本薬理学雑誌, 129(2) : 80-84, 2007.

- 12) 下村弘治, 金森きよ子, 西牧淳一ほか: 教育現場でのストレスマーカーとしての唾液アミラーゼと唾液コルチゾール測定の有用性について. 生物試料分析, 33(3): 247-254, 2010.
- 13) 井澤修平, 小川奈美子, 原谷隆史: 唾液中コルチゾールによるストレス評価と唾液採取手順. 労働安全衛生研究, 3(2): 119-124, 2010.
- 14) 井上善文, 木村聡宏, 藤田繁雄ほか: 新しい指標による内視鏡外科の評価 - 加速度センサーによる術後活動性回復状況の判定 - 日本消化器外科会誌, 34(4): 381-386, 2001.
- 15) 山根康代, 小枝達也: 重症心身障害児への足浴の効用について - 心拍変動への周波数解析による分析 - . 地域学論集, 2(3): 343-351, 2006.
- 16) 佐藤都也子: 健康な成人女性におけるハンドマッサージの自律神経活動および気分への影響. 山梨大学看護学会誌, 4(2): 25-32, 2006.
- 17) 渡辺正樹, 渡邊英夫: Nilvadipine の降圧における自律神経系改善効果 - 心拍変動パワースペクトル解析による評価法 -. 老年医学, 39(6): 1039-1042. 2001.
- 18) Aheam EP: The Use of Visual Analog Scales in Mood Disorders, a Critical Review. J. Psychiatr Res, 31(5): 569-579, 1997.
- 19) 大杉紘徳, 田中芳幸, 兒玉隆之, 村田伸: 気分・感情状態評価としての Visual Analogue Scale の応用. ヘルスプロモーション理学療法研究, 4(3): 137-141, 2014.
- 20) 横山和仁, 荒記俊一: 日本版 POMS 手引き. 金子書房, 初版第4刷. 2002.
- 21) クラウス・クリッペンドルフ: メッセージ分析の技法「内容分析」への招待. 第1版第4刷. pp.73-91, 勁草書房, 東京, 1999.
- 22) 藤林しむ, 針村裕, 野村武男: 簡易測定法による各種ストレス時のヒト唾液中コルチゾール・レベル. 日本公衆衛生雑誌, 30(6): 270-273, 1983.
- 23) 兒玉高有, 安部貴恵, 兼平孝, 森田学, 船橋誠: 唾液中ストレスマーカーの動態分析. 北海道歯学雑誌, 31: 52-61, 2010.

- 24) 久保田勝明，室崎益輝：ストレスを加えた防災訓練時の生理的指標と心理的指標の関係．日本建築学会計画系論文集，536：1-6, 2000.

## Abstract

This study evaluated stress experienced by rescue team members during a simulated search and rescue operation in a confined space and determine if wireless communication reduces stress. A total of 57 rescue team members of X prefecture participated. The stress visualization indices were ptyalin (i.e., salivary amylase), salivary cortisol, autonomic nervous system response, visual analog scale, and a short version of the Profile of Mood States.

The subjects were randomized to perform a simulated search in a confined space without or with communication, and the stress indices were compared between the two groups.

Stress was observed in the form of changes in ptyalin level, visual analog scale scores including impression of the subjects, and autonomic nervous system responses. Statistical analysis showed that the “with communication” group exhibited significantly lower stress than the “without communication” group. Thus, wireless communication is recommended to reduce the stress experienced by rescue team members working in confined spaces.

*Keywords: Confined space rescue, Rescue crews, Stress response, Individual wireless communication*