

胸骨圧迫の振動等による影響の検証

佐々木 航*, 赤野 史典*, 玄海 嗣生**, 清水 鉄也*

概要

心肺停止の傷病者に対しては、適切な胸骨圧迫を継続する必要があるが、揺れる車内や遠距離搬送では、用手による胸骨圧迫ではそれが困難な場合がある。自動式心マッサージ器は山岳救助活動で活用されているが、住宅等で発生する救急活動においても有効な資器材と考えられる。しかし、救急車の車両走行時における右左折時の遠心力や段差による突発的な上下動が、機器に与える影響については、十分に調査されていない。そこで本検証は、今後のルーカス2の効果的な活用に繋げる資料とすることを目的として、走行中の救急車内の揺れを再現した振動実験装置内において、ルーカス2と用手による胸骨圧迫を心肺蘇生訓練用人形に対して約10分間連続して実施し、それぞれの胸骨圧迫の質（深さ、位置、圧迫解除、速さ）を比較評価した。

検証の結果、走行に伴い振動が生じる救急車内において、ルーカス2は適切な胸骨圧迫の継続が期待できた。一方、用手による胸骨圧迫を2セット以上継続する場合には、圧迫の深さが不十分になり適切な胸骨圧迫が維持できない恐れがあることから、概ね2分毎の実施者の交替が望ましい。

1 目的

救急現場において、心肺停止の傷病者に対しては、適切な胸骨圧迫を医師引継ぎまで継続する必要があるが、揺れる車内や遠距離搬送では、用手による胸骨圧迫ではそれが困難な場合がある。

当庁では、自動式心マッサージ器としてサンパー、コムスタット、オートパルス、ルーカス2の導入実績があるが、サンパー、コムスタットについては圧縮空気による駆動のため空気ポンプを必要とし、資器材が多くなるため重量が重く、また胸骨圧迫と人工呼吸の割合が5:1のままであり現行のガイドライン等に準拠していない。

近年、バッテリー駆動による電動式自動式心マッサージ器が登場し小型化が図られ、設定・準備が容易であり、胸骨圧迫と人工呼吸の割合が30:2でガイドラインに準拠したことから、各消防本部や病院等での導入・普及が進んでいる。当庁においてもオートパルスとルーカス2が導入され、現在、航空隊や山岳救助活動等で活用されている。

これらの電動式自動式心マッサージ器については、航空隊や山岳救助等の特殊な環境における救急活動だけでなく、住宅等で発生し救急車で病院まで傷病者を搬送するような一般的な救急活動においても有効な資器材と考えられる。一方で、救急車の車両走行時における右左折の遠心力や段差による突発的な上下動が、胸骨圧迫の質に及ぼす影響について十分に調査されていない状況である。

そこで、本検証では、走行中の救急車内を想定した様々な振動環境において、自動式心マッサージ器と用手による胸骨圧迫を比較することで、今後の自動式心マッサージ器の効果的な活用に繋げる資料とすることを目的とする。

2 方法

(1) 概要

振動実験装置（サンエス製、写真1）を活用して、曲折や起伏の多い山道や一般道を走行中の車両の振動を再現し、その装置内で自動式心マッサージ器と用手による胸骨圧迫を、心肺蘇生訓練用人形に対して、約10分間連続して実施し、それぞれの胸骨圧迫の質を評価した。

(2) 検証期間

平成31年3月1日から同年3月31日まで

(3) 場所

東京消防庁消防技術安全所 振動実験室

(4) 被験者

被験者は当庁職員である救急救命士1名及び救急技術認定者5名の計6名（すべて男性）とした。被験者の特性（身長、体重、年齢）については、表1のとおり。

表1 被験者の特性（平均±標準偏差）

身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)
174±6	68±7	39±6

*活動安全課 **町田消防署

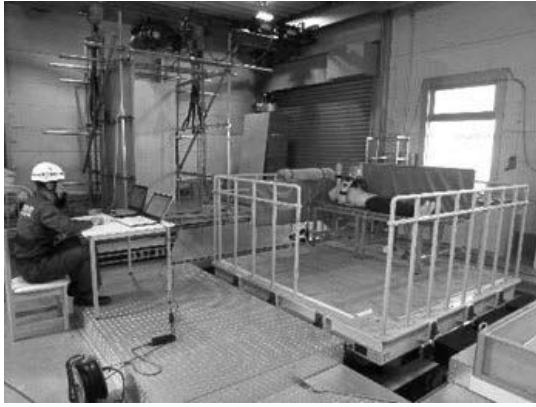


写真1 振動実験装置

(5) 検証の流れ

検証パターンは表2に示す①から⑥までのとおり、胸骨圧迫2種類、振動環境3種類の計6パターンとした。

表2 検証パターン

		振動環境		
		振動なし	振動あり	
胸骨圧迫の種類	自動式心マッサージ器	①	②	③
	用手	④	⑤	⑥

自動式心マッサージ器（ルーカス2/Jolife AB製、写真2）による胸骨圧迫と各被験者の用手による胸骨圧迫を、全ての振動環境において実施した。なお、振動実験装置は、一般道と山道の振動環境のみ作動させた。被験者毎に実施する振動環境の実施順序については、検証を繰り返すことによる被験者の胸骨圧迫の慣れ及び生理的変化の効果を相殺するために、ランダム化比較試験法に沿って実施した。なお、各被験者が一度検証を実施した後は、リカバリーを目的として、各検証30分間の休息期間を確保した。



写真2 自動式心マッサージ器

実験装置は、振動実験装置上に鉄製の台（長さ165cm、幅80cm、高さ60cm）を固定し、その上にマット（長さ180cm、幅60cm、厚さ2cm）を置き、心肺蘇生用訓練用的人形を台に固定した（写真3）。なお、実際の救急車内床面から防振架台上のメインストレッチャーマット上（FERNO製、胸部の位置）までの高さ（64cm）を再現するために、実験装置の振動実験装置床面からマット上まで高さが64cmとなるように調整した。

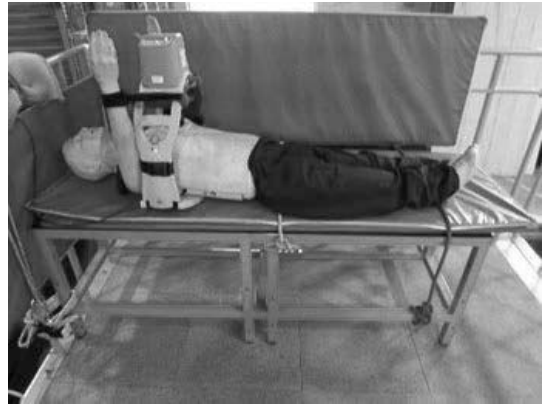


写真3 実験装置

検証の流れは図1のとおり。表3に、本検証において、自動式心マッサージ器（ルーカス2）と用手に実施させた胸骨圧迫の基準（JRC 蘇生ガイドライン 2015¹⁾に基づく）を示す。自動式心マッサージ器による胸骨圧迫は、心肺蘇生訓練用的人形に自動式心マッサージ器を設定した状態（写真4）で、用手による胸骨圧迫は、被験者に心肺蘇生訓練用的人形の右側方に待機させた状態（写真5）で、両測定とも振動開始30秒後に胸骨圧迫を開始させた。測定は、胸骨圧迫30回を1サイクルとし、5サイクルを1セットとした。各サイクル間は人口呼吸を想定し、3秒間空けた。測定終了は、5セット終了した時点とし、各セット間は胸骨圧迫実施者交替による中断時間を想定し、5秒間空けた。

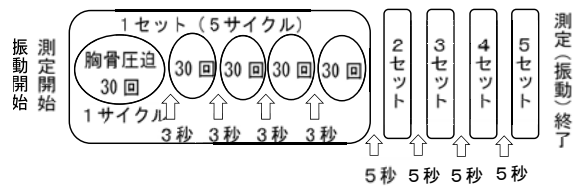


図1 検証の流れ

表3 本検証における胸骨圧迫の基準

胸骨圧迫の種類	位置	速さ	深さ	圧迫解除
自動式心マッサージ器 (ルーカス2)	胸骨の下半分	102±1回/分 ※機器の性能	5.1±0.2cm ※機器の性能	完全解除
用手 (被験者)	胸骨の下半分	100~120回/分	胸骨が5cm沈むまで (6cmを超えない)	完全解除



写真4 自動式心マッサージ器の設定状況



写真5 用手による胸骨圧迫

(6) 再現した車両の振動

車両の振動は、超小型加速度ロガー（Acc Stick6／シスコム製）を使用し、一般走行中（緊急走行ではない）にサンプリングレート 400Hz で自動的かつ経時的に測定した。加速度センサの設定箇所は、ワゴン車（キャラバン／日産製）後輪車軸上中央直上の車内床面とし、センサの設定方向は図2とおおり（鉛直方向をZ軸）とし、取得した三軸の加速度を振動実験装置に入力し振動を再現した。山道の加速度は、東京都奥多摩の奥多摩周遊道路走行時の加速度を、一般道の加速度は、東京都内の平坦な道路走行時の加速度をそれぞれ取得した。

なお、山道と一般道の振動にはそれぞれ特徴が認められた。山道の走行による振動は、車両が主につづら折りの曲折を通過したことによる遠心力（Y軸成分）が多く含まれた。一方、一般道の走行による振動は、車両が加減速したことによる前後方向（X軸成分）が多く含まれた。

(7) 被験者の服装

救急服、編み上げ作業靴、保安帽とした。なお、一般道と山道の振動環境のみ、被験者に、身体防護のため安全帯を着用させた。

(8) 測定項目

胸骨圧迫の質に関する測定項目として、胸骨圧迫の①位置、②速さ、③深さ、④圧迫解除を測定した。心肺蘇

生訓練用人形（レコーディングレサシアン／Laerdal Medical Japan 東京製）を用いて、レサシアンに内蔵されたセンサにより自動的かつ経時的に測定した。各測定項目は、セットごとに適正率（百分率）を算出し、検定に用いた。

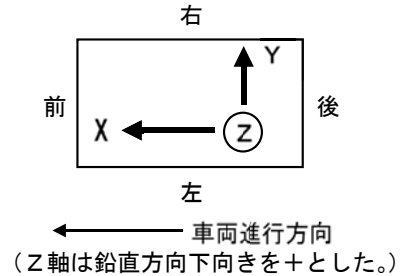


図2 加速度センサの設定方向

(9) 倫理的配慮

全ての被験者に対して検証の目的、方法を説明するとともに、検証への参加の同意を書面にて得た。なお、本検証は東京消防庁技術改良検証倫理審査専門部会の承認のもと、安全面に十分に配慮し実施した。

(10) 検定方法

統計ソフトは、R(version 3.5.1)を使用し、有意性は危険率5%未満 ($p < 0.05$) を有意差ありとし、各測定項目について胸骨圧迫の種類別（自動式心マッサージ器と用手）に比較した。検定方法は、振動環境ごとに胸骨圧迫の種類と時間（セット）を要因とした二元配置分散分析（1要因対応あり）を行い、多重比較は、Bonferoni法を用いた。結果は、それぞれ表とグラフに平均値±標準偏差を百分率（整数表示、小数点第一位を四捨五入）で示し、グラフ上の*は、有意差あり ($p < 0.05$) を表す。なお、速さと深さに関しては、表とグラフに平均値±標準偏差で示した。

3 結果

(1) 位置適正率（図3から図5）

自動式心マッサージ器（本項において、以下「自動心マ器」という。）による胸骨圧迫の位置適正率は、何れの振動環境、何れの時間（セット）においても、100%であった。用手による胸骨圧迫の位置適正率は、振動なしの条件の何れの時間（セット）においても100%であった。振動あり（一般道）の条件における位置適正率は、96%から100%の範囲であり、振動あり（山道）の条件における位置適正率は86%から99%の範囲であった。

胸骨圧迫の種類別に比較すると、位置適正率について、何れの振動環境、何れの時間（セット）の条件においても、自動心マ器による胸骨圧迫と用手による胸骨圧迫の間に有意差は認められなかった。

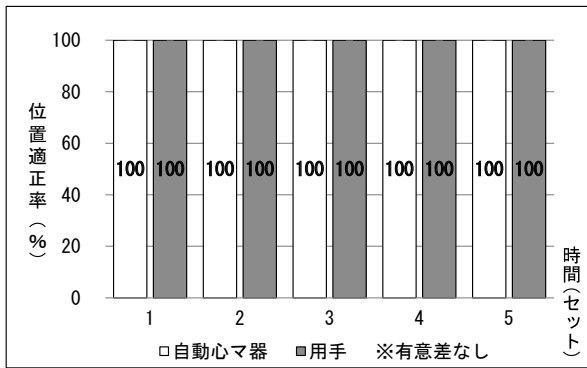


図3 位置適正率 (振動なし)

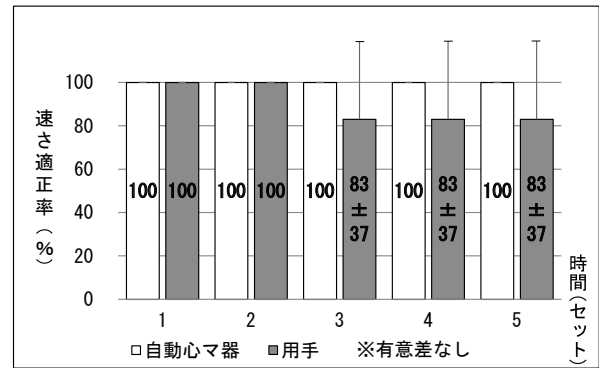


図6 速さ適正率 (振動なし)

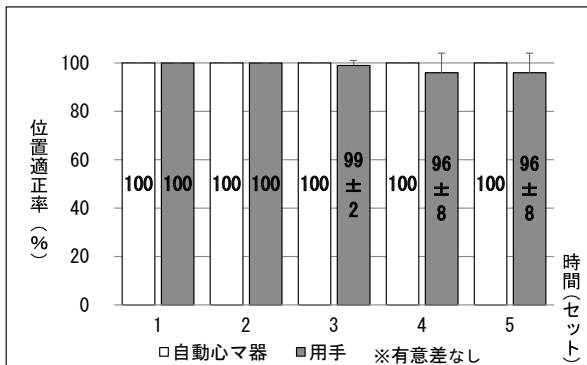


図4 位置適正率 (振動あり：一般道)

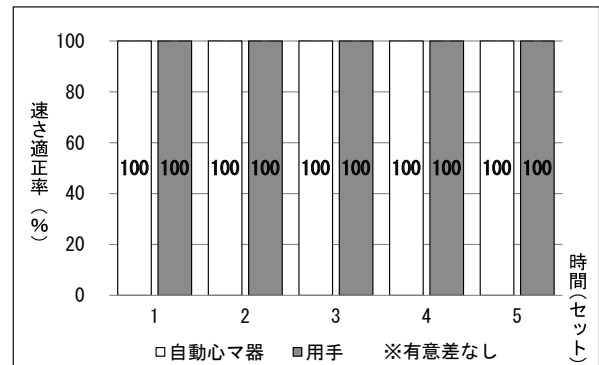


図7 速さ適正率 (振動あり：一般道)

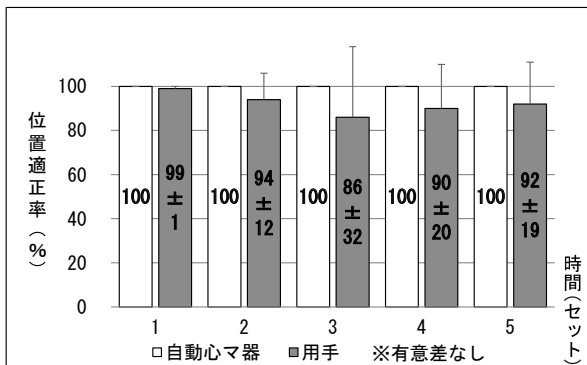


図5 位置適正率 (振動あり：山道)

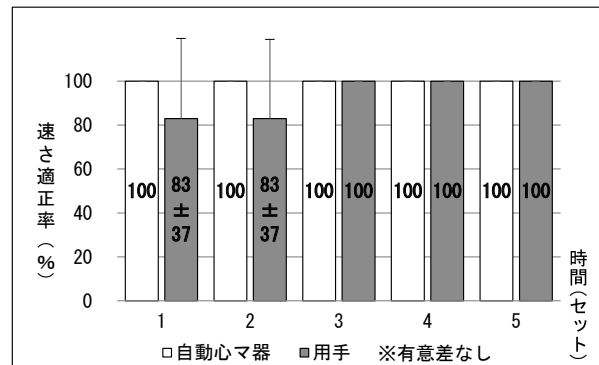


図8 速さ適正率 (振動あり：山道)

(2) 速さ適正率及び速さ

ア 速さ適正率 (図6から図8)

自動心マ器による胸骨圧迫の速さ適正率は、何れの振動環境、何れの時間(セット)においても、100%であった。用手による胸骨圧迫について、振動なしの条件における速さ適正率は、83%から100%の範囲であり、振動あり(一般道)の条件における速さ適正率は、何れの時間(セット)においても100%であった。振動あり(山道)の条件における速さ適正率は83%から100%の範囲であった。

胸骨圧迫の種類別に比較すると、速さ適正率について、何れの振動環境、何れの時間(セット)の条件においても、自動心マ器による胸骨圧迫と用手による胸骨圧迫との間に有意差は認められなかった。

イ 速さ (図9から図11)

自動心マ器による胸骨圧迫の速さは、何れの振動環境、何れの時間(セット)においても、毎分101回であった。用手による胸骨圧迫について、振動なし及び振動あり(一般道)の条件における速さは、毎分107回から108回の範囲であり、振動あり(山道)の条件における速さは、毎分107回から110回の範囲であった。自動式心マ器及び用手による胸骨圧迫の速さは、何れの条件についても適切な胸骨圧迫の基準範囲内(表3)であった。

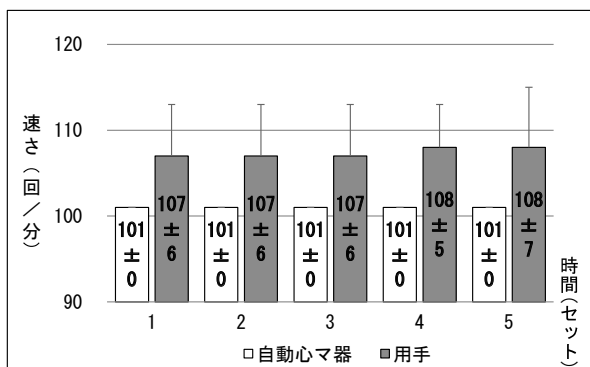


図9 速さ(振動なし)

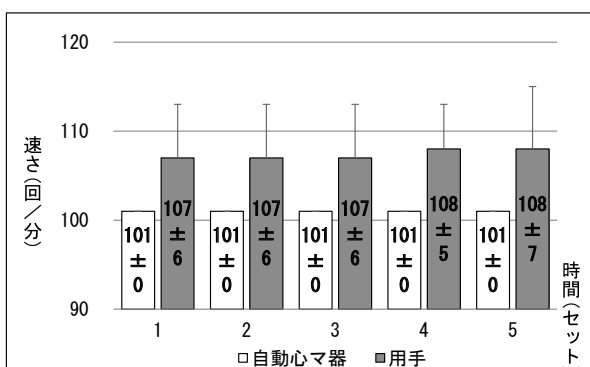


図10 速さ(振動あり:一般道)

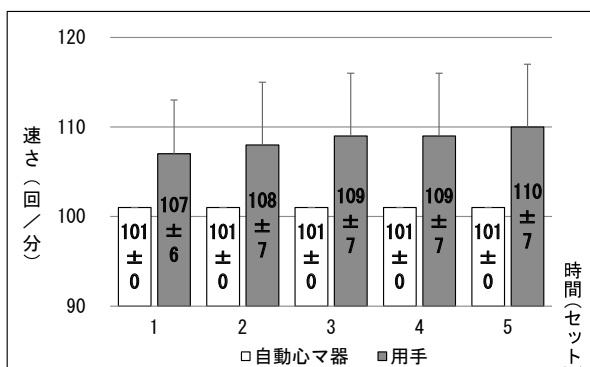


図11 速さ(振動あり:山道)

(一般道)の条件において、3セットから5セットまで自動心マ器による胸骨圧迫と比較して用手による胸骨圧迫の深さ適正率が低く、有意差が認められた。振動あり(山道)の条件において、2セットから5セットまで自動心マ器による胸骨圧迫と比較して、用手による胸骨圧迫の深さ適正率が低く、有意差が認められた。

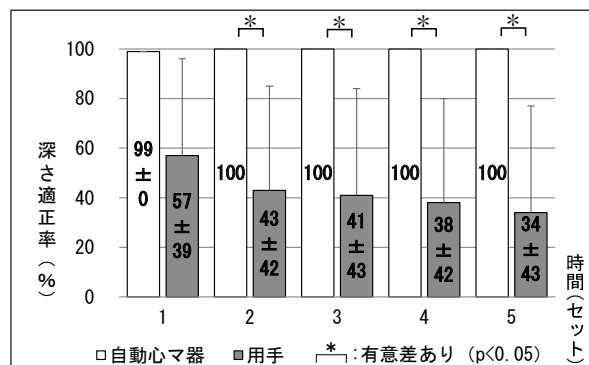


図12 深さ適正率(振動なし)

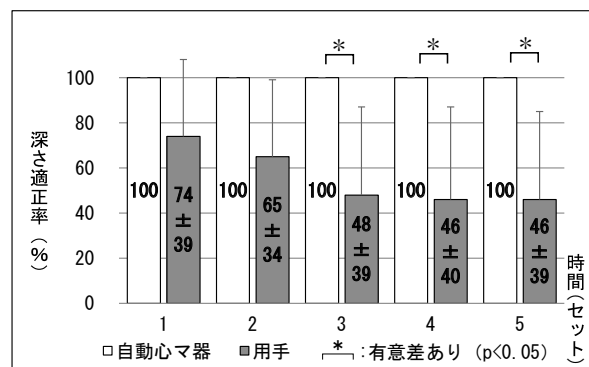


図13 深さ適正率(振動あり:一般道)

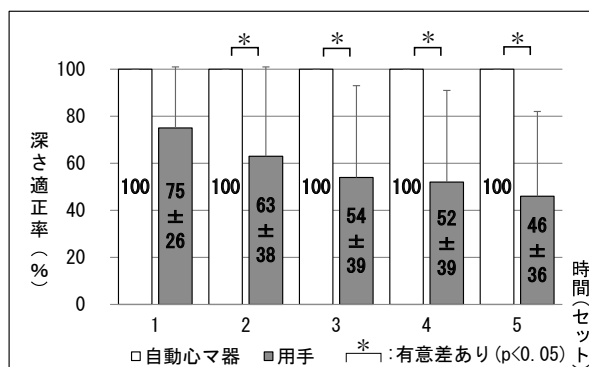


図14 深さ適正率(振動あり:山道)

(3) 深さ適正率及び深さ

ア 深さ適正率(図12から図14)

自動心マ器による胸骨圧迫の深さ適正率は、振動なしの1セット(99%)を除き、何れの振動環境、何れの時間(セット)においても、100%であった。用手による胸骨圧迫について、振動なしの条件における深さ適正率は、34%から57%の範囲であり、振動あり(一般道)の条件における深さ適正率は、46%から74%の範囲であり、振動あり(山道)の条件における深さ適正率は、46%から75%の範囲であった。

胸骨圧迫の種類別に比較すると、深さ適正率について、振動なしの条件において2セットから5セットまで、自動心マ器による胸骨圧迫と比較して用手による胸骨圧迫の深さ適正率が低く、有意差が認められた。振動あり

イ 深さ(図15から図17)

自動心マ器による胸骨圧迫の深さは、何れの振動環境、何れの時間(セット)においても、54mmであった。用手による胸骨圧迫について、振動なしの条件における深さは46mmから50mmの範囲であり、振動あり(一般道)の条件における深さは48mmから53mmの範囲であり、振動あり(山道)の条件における深さは47mmから53mmの

範囲であり、何れの条件についても時間（セット）の経過とともに胸骨圧迫の深さが浅くなる傾向が確認できた。

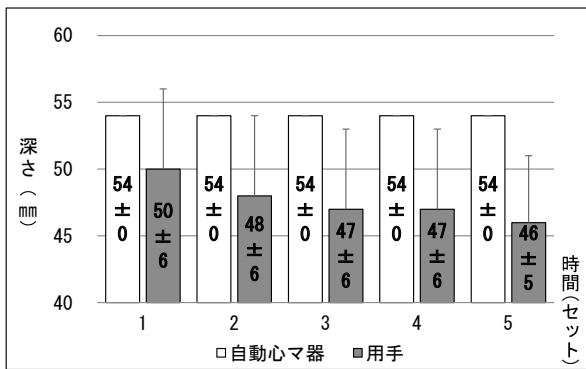


図 15 深さ（振動なし）

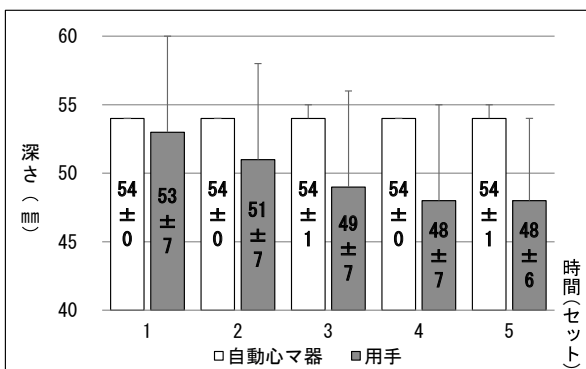


図 16 深さ（振動あり：一般道）

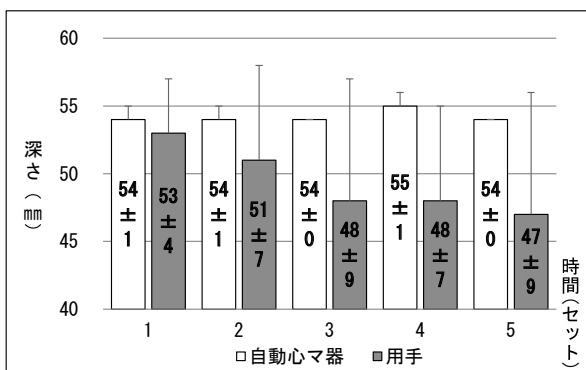


図 17 深さ（振動あり：山道）

(4) 圧迫解除適正率（図 18 から図 20）

自動心マ器による胸骨圧迫の圧迫解除適正率は、何れの振動環境、何れの時間（セット）においても、100%であった。用手による胸骨圧迫の圧迫解除適正率は、振動なしの1セット、2セットの条件（共に99%）を除き、何れの振動環境、何れの時間（セット）においても、100%であった。

胸骨圧迫の種類別に比較すると、圧迫解除適正率について、何れの振動環境、何れの時間（セット）の条件においても、自動心マ器による胸骨圧迫と用手による胸骨圧迫との間に有意差は認められなかった。

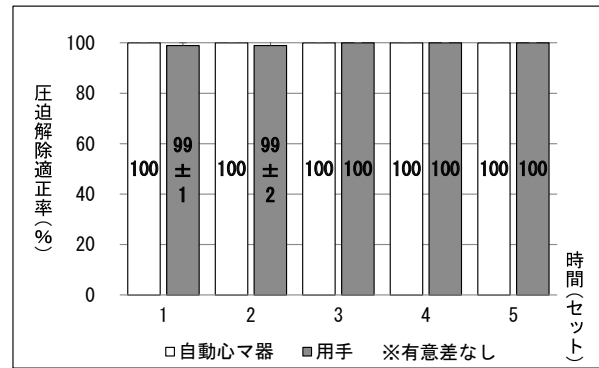


図 18 圧迫解除適正率（振動なし）

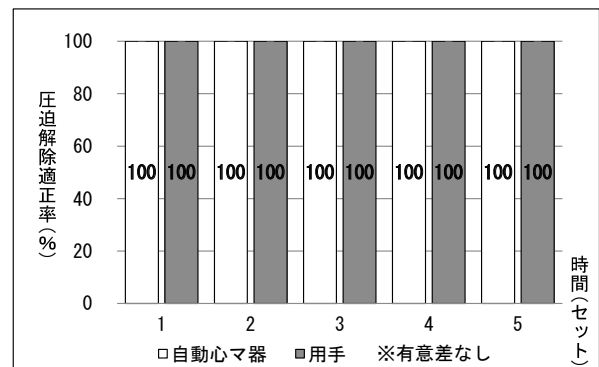


図 19 圧迫解除適正率（振動あり：一般道）

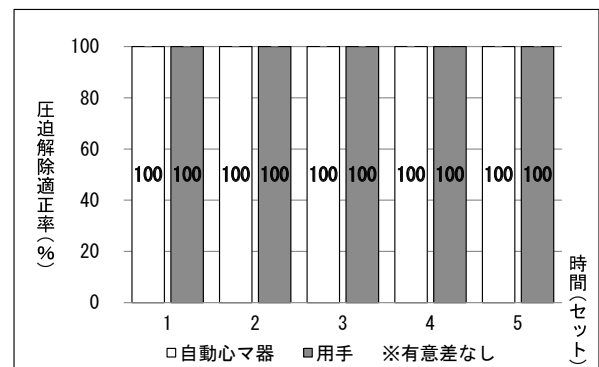


図 20 圧迫解除適正率（振動あり：山道）

4 考察

本検証では、車両走行時の振動が、自動式心マッサージ器と用手による胸骨圧迫に与える影響を評価するために、振動実験装置を用いて、車両走行時の振動を再現し、自動式心マッサージ器と用手による胸骨圧迫の質を比較した。検証の再現性を確保することに重点を置き、振動実験装置を用いることで、同じ振動の再現が可能となり、胸骨圧迫の質に振動が与える影響を全く同じ条件で評価できると考えた。そして、本検証では、振動実験装置で再現した上下動や遠心力が、自動式心マッサージ器や用手による胸骨圧迫の質に影響を与え、適切な胸骨圧迫を阻害するものと予想した。

胸骨圧迫の質を構成する要素として、胸骨圧迫の位置、速さ、深さ、圧迫解除がある¹⁾。JRC 蘇生ガイドライン

2015 では、成人に対しての胸骨圧迫は、胸骨の下半分（位置）を、1 分間に 100 回から 120 回の速さで、胸骨が約 5 cm 沈む（ただし 6 cm を超えない）まで圧迫し、圧迫を完全に解除するとしている。本検証で使用した自動式心マッサージ器は、胸骨圧迫の質に関する項目について、同ガイドラインに則った仕様となっており、用手による胸骨圧迫を実施させた被験者に対しても、同ガイドラインに則った胸骨圧迫を実施するよう指示した。

本検証の結果、自動式心マッサージ器は、何れの振動環境、何れの時間（セット）においても、胸骨圧迫の質として評価した位置、速さ、深さ、圧迫解除の全項目について、ガイドラインに則った 100% 適切な胸骨圧迫を維持していた。つまり、自動式心マッサージ器は走行に伴い振動が生じる救急車内を再現した環境において、振動の影響を受けることなく、適切な胸骨圧迫を長時間維持できることが確認できた。

用手による胸骨圧迫は、深さ以外の項目である位置、速さ、圧迫解除について良好な結果が得られた。これらの項目の各適正率について、自動式心マッサージ器との比較では何れの振動環境、何れの時間（セット）においても統計学的な有意差は認められなかった。

一方、用手による胸骨圧迫の深さについては、何れの振動環境、何れの時間（セット）においても適正率が低く、また経時的に適正率が低下し、圧迫の深さも浅くなる様子が確認できた。深さ適正率については、時間（セット）により自動式心マッサージ器との比較でも統計学的な有意差が認められた。

用手による胸骨圧迫の深さ適正率が低下する理由として、本検証では、①メインストレッチャー上の傷病者に対する胸骨圧迫の深さには、胸骨圧迫実施者（被験者）の体格が影響する可能性があること、②胸骨圧迫継続に伴い、胸骨圧迫実施者（被験者）に疲労が生じたこと、及び③胸骨圧迫実施者（被験者）が自己の胸骨圧迫の適正度合を把握することが困難であること、の 3 点が挙げられる。

1 点目の理由として、本検証は救急車内のメインストレッチャーの高さ（64cm）を忠実に再現した状況で行ったところ、胸骨圧迫実施者によっては、胸骨圧迫実施時につま先立ちの不安定な姿勢を強いられ、胸骨圧迫の深さが不安定となる様子が確認できた。

一般的に、用手による適切な胸骨圧迫を実施するためには、胸骨を垂直に 500N（約 50kgf）の力で押す必要があると言われて²⁾が、メインストレッチャー上に居る傷病者に対して胸骨圧迫を実施する際に、胸骨圧迫実施者の体格によっては傷病者の胸骨の直上に胸骨圧迫実施者の手根部、上肢、肩部を位置するのが困難であり、仮に、つま先立ちをして位置する場合には姿勢が不安定となり、胸骨を垂直方向に十分な深さを伴って押すことが困難になったものと考えられる。

用手による胸骨圧迫の深さに関する先行研究³⁾による

と、訓練用人形が床上にいる場合と救急車内のメインストレッチャー上にいる場合において、床上と比較して、メインストレッチャー上の胸骨圧迫の深さは浅く、有意差が認められたと報告している。その理由として、床上の訓練人形に対する胸骨圧迫は、胸骨を垂直に押すための姿勢に身長の影響が少ない一方で、メインストレッチャー上の訓練用人形に対する胸骨圧迫は、胸骨を垂直に押すために、胸骨圧迫実施者の体格によってはつま先立ちの姿勢を強いられることを挙げており、本検証結果と一致する。

このことから、胸骨圧迫実施者の体格によっては救急車内のメインストレッチャー上の傷病者に対する胸骨圧迫は、適切な深さで実施することが困難な可能性があり、つま先立ちの不安定な姿勢が強いられた状態で車両走行の振動が伴うと、更に困難が増すものと考えられる。一方で、自動式心マッサージ器は、傷病者に機器を固定して胸骨圧迫を行うため、傷病者の位置する高さに関係なく胸骨を垂直に圧迫することが可能であることが確認できた。

2 点目の理由として、用手による胸骨圧迫の深さ適正率の低下と圧迫の深さが浅くなることについて、何れも経時的に顕著になる様子が確認でき、このことは胸骨圧迫実施者の疲労の増大に伴い生じたものと考えられる。実際、実施者の中には、検証実施中に手の痛みを感じる者や、上肢や肩部の疲労感を訴える者もいた。また、自動式心マッサージ器との比較でも、用手による胸骨圧迫の深さ適正率が 2 セット目から統計学的に有意に低くなる条件もあることが認められた。ガイドラインによると、用手による胸骨圧迫実施者は約 2 分毎に交替するように示されており、本検証結果はガイドラインの内容を支持するものであった。

また、走行中の救急車内での胸骨圧迫時の筋活動量を調査した先行研究⁴⁾によると、走行中の救急車内では、胸骨を垂直に押すために走行に伴い生ずる振動に抗い姿勢を維持しようとするところから、非走行時と比較してより疲労しやすく、経時的に胸骨圧迫の深さが浅くなり、適切な胸骨圧迫の深さが継続できないとしている。このことから、深さが浅くなる前に、胸骨圧迫実施者の交替を適時適切に実施する必要があると考えられる。

3 点目の理由として、本検証においても、また実際の救急現場においても救急隊員は自己の胸骨圧迫の適正度合を常に把握できる環境になく、また訓練等を通じても自己の胸骨圧迫の質を詳細に把握できる機会は少ない。

JRC 蘇生ガイドライン 2015 には、胸骨圧迫実施者が複数いる場合は、胸骨圧迫の適切な深さが維持されているかを、圧迫実施者相互で評価し合うとしている。しかし、救急隊員は自己の胸骨圧迫の適正度合を詳細に把握できないことに加え、救急現場の緊張感や走行に伴う揺れが存在する車内において、適切な深さで胸骨圧迫が実施されているか否かを別の実施者が客観的に外見だけで

評価することは容易ではない。このことから、救急現場においても、胸骨圧迫の深さを客観的に正確に評価できる方法が必要であると考えられる。

5 まとめ

(1) 自動式心マッサージ器の胸骨圧迫について

本検証で再現した走行中の車両の何れの振動環境においても、胸骨圧迫の質（位置、速さ、深さ、圧迫解除）の全項目について 100%適切な（JRC蘇生ガイドライン2015に則った）胸骨圧迫が継続できることを確認した。

(2) 用手による胸骨圧迫について

胸骨圧迫の質のうち、深さに関する適正率は 34～75%の範囲にあり、用手による胸骨圧迫は適切に実施・継続するのが困難であることが確認できた。自動式心マッサージ器との比較では、何れの振動環境、何れの時間（セット）においても用手による胸骨圧迫の深さに関する適正率は低く、2セットから有意差が認める条件もあった。

一方、位置、速さ及び圧迫解除に関する適正率については、自動式心マッサージ器との比較では、何れの振動環境、何れのセットにおいても有意差は認められなかった。

6 おわりに

走行に伴い振動が生じる救急車内において、自動式心マッサージ器は傷病者にとって、適切な胸骨圧迫の継続が期待できる。一方、用手による胸骨圧迫を2セット以上継続する場合には圧迫の深さが不十分となり、適切な胸骨圧迫を継続できない恐れがあることから、概ね2分毎の実施者の交替が望ましい。

7 謝辞

本検証を実施するにあたり、救急救命東京研修所の田邊晴山教授から貴重な助言を頂きました。また、本検証の被験者として、消防技術課、装備安全課の皆様にご協力頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

[参考文献]

- 1) 一般社団法人 日本蘇生協議会：JRC 蘇生ガイドライン 2015
- 2) Chih-Hsien Chi et al: Effects of rescuer position on the kinematics of cardiopulmonary resuscitation (CPR) and the force of delivered compressions, Resuscitation, Vol.76, No.1, pp.69-75, 2008
- 3) 加藤義則ほか 1 名：胸骨圧迫心臓マッサージのトレーニング方法に関する研究－床と救急車内の胸骨圧迫深度の比較－、国土舘大学体育・スポーツ科学研究、Vol.7, pp.55-60, 2009
- 4) 加藤義則ほか 5 名：胸骨圧迫心臓マッサージの質の向上に関する研究－床と救急車走行中の胸骨圧迫時の筋活動の比較－、The Annual Reports of Health, Physical Education and Sport Science, Vol.28, pp.45-49, 2009

5) Yost D ほか 11 名：Assessment of CPR interruptions from transthoracic impedance during use of the LUCAS™ mechanical chest compression system, Resuscitation, Vol.83, No.8, pp.961-965, 2012

Study on the Influence of Vibration on Sternum Compression

Wataru SASAKI*, Fuminori AKANO*, Tsuguo GENKAI**, Tetsuya SHIMIZU*

Abstract

It is necessary to continue appropriate sternum compression on patients suffering from cardiopulmonary arrest. However, it may be difficult to continue it by hand in swaying vehicles or long-distance transport. Automatic heart massagers are used in mountain rescue activities, and they are considered to be effective in EMS activities that occur in homes. But there has been no sufficient study on the impact on equipment caused by sudden ambulance movement resulting from centrifugal force or road level differences at the time of the turning of the vehicle to the left or right while traveling. Therefore, in order to obtain the data that would lead to the effective use of LUCAS™ 2 in the future, we conducted this study inside the test space that reproduced the in-vehicle vibration of a running ambulance, where we continued sternum compression with LUCAS™ 2 and by hand on a cardiopulmonary resuscitation training doll for about 10 minutes, and made a performance evaluation and comparison of the compression qualities (i.e., the compression depth, position, release, and speed) of the methods.

The result of the study shows that we can expect the proper continuation of sternum compression in the case of LUCAS™ 2 in a running ambulance where vibration occurs. On the other hand, if two or more sets of sternum compression are continued by hand, the compression depth can be insufficient and adequate sternum compression may not be able to be maintained. Therefore, it is desirable for more than one implementer to perform sternum compression by taking turns.