

胸骨圧迫が困難な状況下での適切な処置継続のための 方策についての検証

赤野 史典*, 坂田 雄一**, 日高 一誠***, 高井 啓安*

下畑 行盛*, 宮尾 雄三****

概 要

救急活動中の適切な胸骨圧迫の継続を実現させるため、救急現場で一般的に行われている用手による方法と、近年登場したベルト式自動式心マッサージ器による方法の、それぞれの胸骨圧迫の有効性を検証した。

その結果、ベルト式自動式心マッサージ器の使用により、適切な胸骨圧迫の継続と、搬送時間の短縮が可能であることが確認できた。

1 はじめに

心肺停止状態の傷病者に対する最も重要な救急救命処置の一つは、強く・速く・絶え間ない胸骨圧迫心マッサージ（以下「胸骨圧迫」という。）である¹⁾。しかしながら、傷病者を救急現場から医療機関まで搬送する間には、様々な要因により、適切な胸骨圧迫の継続が困難となり、一時的な中断が避けられない。

有効な胸骨圧迫を継続するための資器材として、従来からピストン式自動式心マッサージ器が普及しており、当庁の各救急隊に配置されている。ピストン式自動式心マッサージ器はメーンストレッチャー上での使用を想定して設計されており、主に遠距離搬送などの際に救急車内で使用されている。

近年、小型・軽量で装着・設定操作も容易なベルト式自動式心マッサージ器（Load Distributing Band CPR Device：以下「LDB」という。）が登場した。LDBは、本体である背盤と傷病者の胸郭を包むベルトから構成されており、ベルトの収縮により傷病者の胸郭全体を全周的に圧迫することで高い胸腔内圧を生み出し、心臓から血液の拍出を得ようとする機器である²⁾。ピストン式自動式心マッサージ器と比較して携行性に優れるため、多くの救急現場への携行が容易である。また、設定操作が簡便であることから、救急活動の早期に傷病者への装着が可能である。さらに、傷病者の胸郭をベルトで包み込む構造のため、搬送中に圧迫部位の位置ずれを起こす可能性が低い。以上のことから、LDBの使用により、傷病者を救急現場から医師に引き継ぐまで

の間、適切な胸骨圧迫の継続が期待できる。既に、救急隊にLDBを導入し、救急現場にて使用実績のある消防本部も現れ始めている。

本検証では、救急現場で一般的に行われている用手による方法（以下「用手法」という。）と、LDBによる方法（以下「LDB法」という。）の、それぞれの方法による胸骨圧迫の有効性について検証し、救急活動の質の向上と、効率化に資することを目的とした。

2 検証

(1) 方法

適切な胸骨圧迫を継続することが困難な状況を、以下に示す検証1～3の3通り想定した。それぞれの想定について、用手法、LDB法で胸骨圧迫を継続しながら救急活動を行い、このときの胸骨圧迫の適正率と活動時間を計測した。

(2) 被験者

被験者は、救急標準課程以上の救急資格者とした。

(3) 期間

平成20年7月8日～平成20年7月23日

(4) 資器材

ア LDBとしてオートパルス（AP-M100/ゾル社製）を使用した。

イ 心肺停止状態の傷病者の代替として、訓練人形（ローディングレサシアン/レールダールメディカルジャパン・東京）を使用した。

ウ 搬送資器材として、布担架、サブストレッチャー、メ

ーンストレッチャー、航空救助担架を使用した。

(5) 測定分析方法

胸骨圧迫の適正率は、活動中に実施された胸骨圧迫の位置、リズム、深さの項目を訓練人形内のセンサーにより計測し、3項目とも適切に実施された胸骨圧迫の割合を百分率(%)で求めた。

【検証1】搬送方法別の胸骨圧迫

傷病者を搬送中の胸骨圧迫の有効性を検証するため、下記①～④に示す搬送方法について、用手法、LDB法の、それぞれの方法による胸骨圧迫を継続しながら傷病者を搬送した。

- ① 布担架を使用、建物2階から屋内階段にて傷病者を搬送。
- ② サブストレッチャーを使用、建物4階から屋外階段にて傷病者を搬送。
- ③ メーンストレッチャーを使用、屋外傾斜地にて傷病者を搬送。
- ④ 傷病者は救急車内収容済み(メーンストレッチャー上)、救急車両にて10分間走行。

【検証2】救急活動における胸骨圧迫

救急活動中の胸骨圧迫の有効性を検証するため、「一般住宅2階居室室内にて心肺停止状態の急病人が発生した」という状況を想定し、傷病者接触から救急車内収容までの一連の救急活動を、用手法、LDB法の、それぞれの方法による胸骨圧迫を継続しながら行った。

LDB法については、傷病者の観察後、直ちに用手法による胸骨圧迫に着手し、5サイクル終了後(約2分後)、効

果の判定(脈拍の確認)の際に、LDBを傷病者へ装着することとした。

【検証3】特殊な環境における胸骨圧迫

回転翼航空機(以下「ヘリ」という。)により傷病者を救出・搬送する航空救急活動を想定した。航空救助担架を活用して、傷病者を地上から飛行中のヘリへホイスト救出し、機内収容する活動を行った。なお、ホイスト救出中は、用手法による胸骨圧迫が不可能であることから、本検証ではLDB法のみを検証した。

LDBから発生する電磁波がヘリの機体及び各種機器に与える影響については、本検証に先立ち電界強度の測定及び検討を行い、その結果、機長の許可のもと使用可能である、との回答を得た。

3 結果

(1) 検証1の結果

図1に検証1の活動の様子と、その時の胸骨圧迫グラフ(胸骨圧迫の振幅を縦軸に、時間経過を横軸に表示。不適切と判定された胸骨圧迫には、グラフ下端に記号が表示されている。)の一例を示す。

用手法では、胸骨圧迫実施者には無理な姿勢が強いられ、腕(肘部)の屈曲や片手での圧迫、斜めからの圧迫など、適切な胸骨圧迫の継続が困難な様子が見られた。胸骨圧迫グラフには、圧迫の深さが不十分・不均一な様子が示され、その多くが不適切な胸骨圧迫である、と判定された。

LDB法では、胸骨圧迫の位置、リズム、深さの何れもが安定して実施されている様子が示され、不適切な胸骨圧迫である、と判定されたものは無かった。

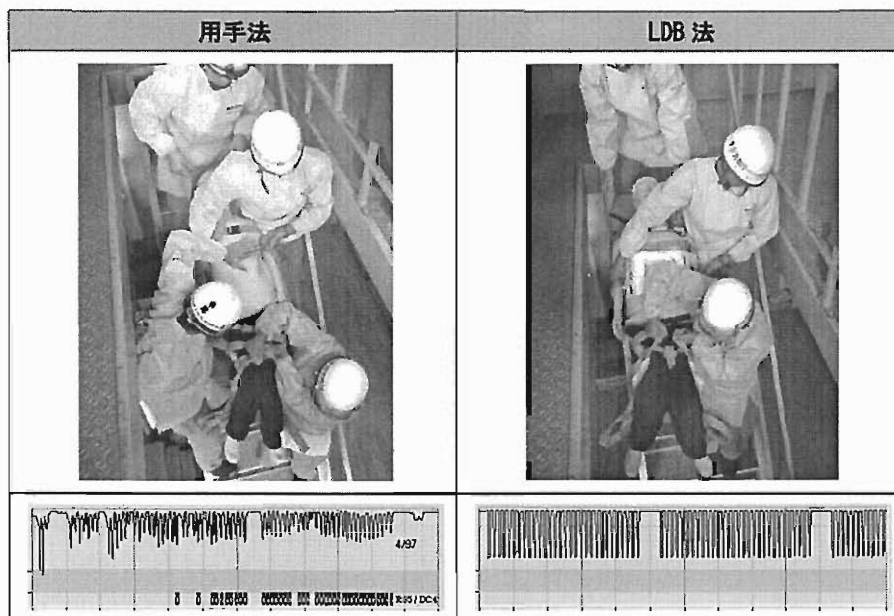


図1 ①布担架にて搬送する様子とその時の胸骨圧迫グラフ



図2 ②サブストレッチャーにて搬送する様子とその時の胸骨圧迫グラフ



図3 ③メインストレッチャーにて搬送する様子とその時の胸骨圧迫グラフ

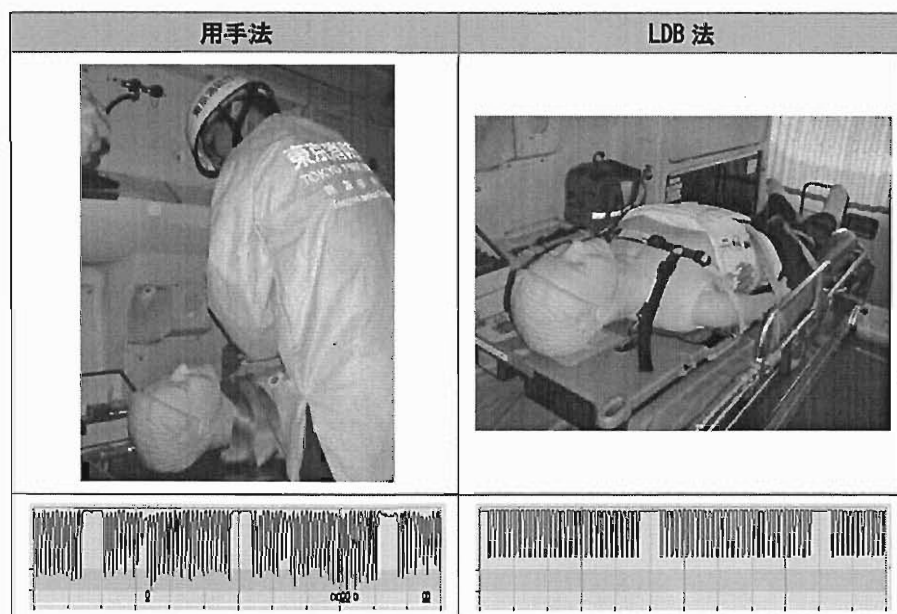


図4 ④走行中の救急車両内の様子とその時の胸骨圧迫グラフ

①～④の各搬送方法における胸骨圧迫の適正率を表1に示す。

胸骨圧迫の適正率は、用手法では5～41%となり、何れの搬送方法においても著しく低下した。

一方、LDB法では、何れの搬送方法においても100%適正であった。

表1 ①～④の各搬送方法における胸骨圧迫の適正率(%)の平均

条件	用手法	LDB法
① 布担架 (建物2階・屋内階段)	27	100
② サブストレッチャー (建物4階・屋外階段)	5	100
③ メーンストレッチャー (屋外・傾斜地)	35	100
④ メーンストレッチャー (走行中救急車内)	41	100

①～③の搬送方法における活動時間を、図5に示す。用手法の活動時間を100%とした場合、LDB法の活動時間は58～69%であり、活動時間の短縮が確認された。

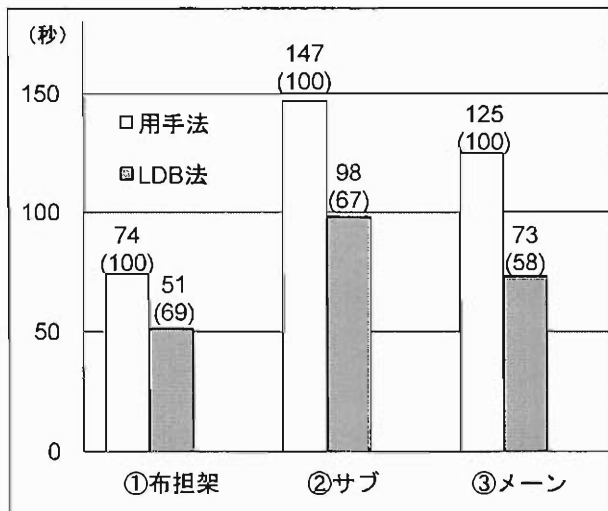


図5 ①～③の各搬送方法における活動時間(秒)の平均
(カッコ内は用手法の活動時間を100%とした場合のLDB法の活動時間を百分率で示したもの)

(2) 検証2の結果

用手法による胸骨圧迫グラフの一例を図6に、LDB法による胸骨圧迫グラフの一例を図7に示す。

用手法では、床上に仰臥位の傷病者に対する胸骨圧迫は、概ね適切に実施された。しかしながら、傷病者を搬送中、特にサブストレッチャーにて階段を通過する際に、胸骨圧

迫の深さが不十分となった。また、胸骨圧迫の中断が度々見られ、特に、傷病者をサブ及びメーンストレッチャーに収容する際に、それぞれ約15～20秒の中断が生じていた。

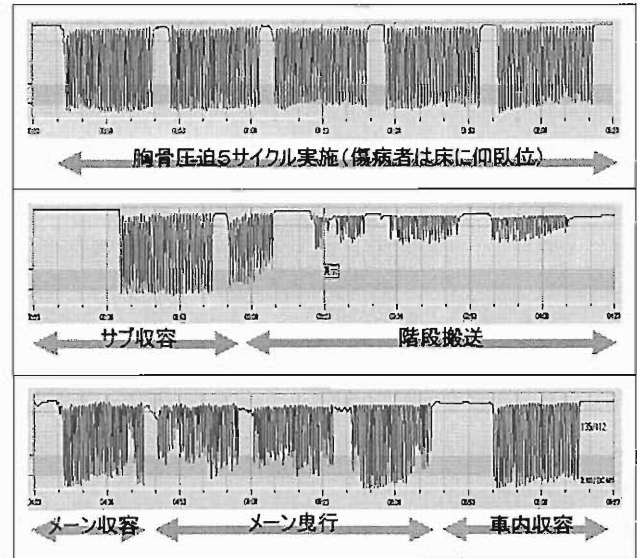


図6 用手法による活動の胸骨圧迫グラフ

LDB法では、傷病者接触から5サイクルの胸骨圧迫を用手法により実施後、傷病者にLDBを装着する際に、約40～55秒の胸骨圧迫の中断が生じていた。それ以降、搬送中やストレッチャーへの収容の際には中断が生ずることは無く、安定した胸骨圧迫が継続されていた。

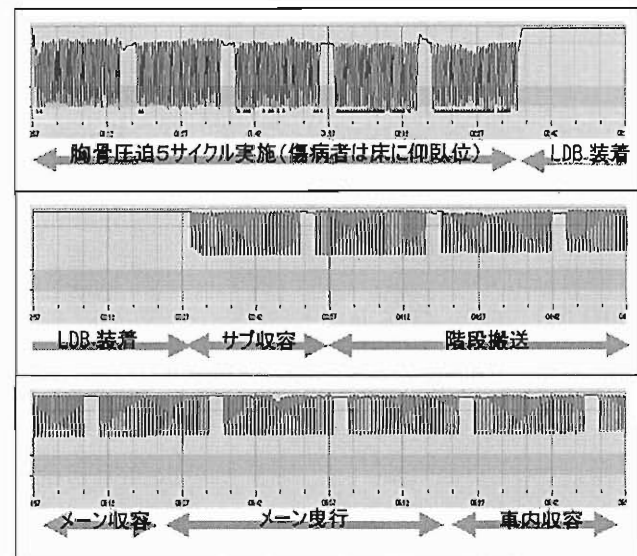


図7 LDB法による活動の胸骨圧迫グラフ
(最初の5サイクルは用手法による)

用手法、LDB法による活動時間、中断時間、胸骨圧迫の適正率を表2に示す。

活動時間は、用手法で平均6分53秒、LDB法で平均6分56秒となり、両者に明らかな差は見られなかった。

活動中の胸骨圧迫の中断時間の合計は、用手法で平均 57 秒、LDB 法で平均 44 秒となり、LDB 法で中断時間が短い傾向が見られた。

胸骨圧迫の適正率は、用手法で平均 32%、LDB 法で平均 80%となり、LDB 法で適正率が高い結果となった。

表 2 用手法、LDB 法における活動時間、中断時間、適正率の平均

条件	活動時間	中断時間	適正率
用手法	6分 53秒	57秒	32%
LDB 法	6分 56秒	43秒	80%

(3) 検証 3 の結果

ホイスト救出活動の様子と胸骨圧迫グラフの一例を図 8 に、機内収容後の様子と胸骨圧迫グラフの一例を図 9 に示す。地上の傷病者をヘリ機内へホイスト救出し、機内収容及び飛行に至る一連の活動中に、LDB 法により安定した胸骨圧迫が継続可能であることが確認できた。

しかしながら、本検証中に一部の胸骨圧迫グラフ上に乱れが生ずる、という事案が確認された。胸骨圧迫グラフ上の、胸骨圧迫の深さを示す線が基線部に戻っていないことから、圧迫により変形した胸郭が元の形状まで復元できていない、という状態を示していた。

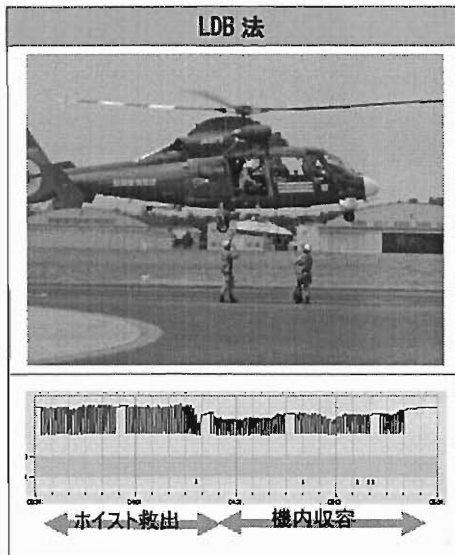


図 8 ホイスト救出中の様子とその時の胸骨圧迫グラフ

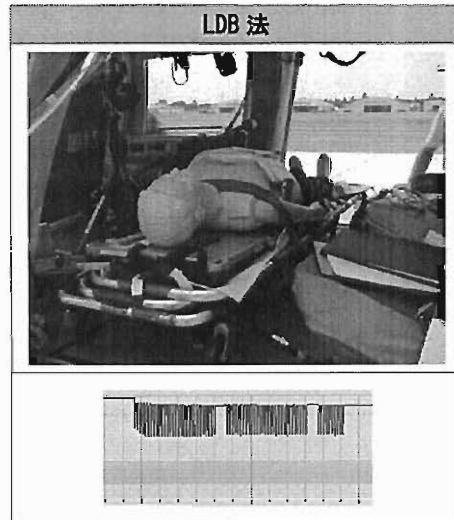


図 9 機内の様子と飛行中の胸骨圧迫グラフ

4 考察

(1) 胸骨圧迫の適正率について

ア 用手法

用手法による胸骨圧迫の適正率は、床上に仰臥位の傷病者に対しては概ね良好であった。しかしながら、傷病者を各種担架にて搬送中に、特に布担架とサブストレッチャーを使用して、建物の上階から下階へ、立体的な移動を伴うような状況において、適正率が著しく低下した。

布担架とサブストレッチャーは、搬送の際には担架を床面より浮上させて使用する。それ故、立体的な移動を伴う搬送に対応できる反面、安定性を欠き、傷病者に与える振動は大きい。狭隘な通路や階段を通過する際に、この不安定さは更に顕著となる。

胸骨圧迫実施者は、傷病者の胸部側方にて傷病者に正対して位置し、搬送の際には進行方向に対して「横歩き」で胸骨圧迫を継続するという、極めて不安定な姿勢を強いられる(図 1~3)。

このように、傷病者を搬送するための搬送資器材が不安定であること、胸骨圧迫実施者の姿勢が不安定であることの 2 点が、用手法の胸骨圧迫の適正率低下の主な要因である、と考えられる。

胸骨圧迫は心肺停止の傷病者にとって重要な救命処置である一方で、不適切な胸骨圧迫は有効な血液の循環に至らないだけでなく、圧迫部位や圧迫方向のずれにより、肋骨・胸骨骨折、肺損傷(血胸、気胸)、腹部内臓損傷などの重大な合併症の原因となる恐れがある²⁾。

以上のことから、搬送時において、用手法により適切な胸骨圧迫を継続することは困難であることが確認できた。搬送時における、効率的で効果的な用手法の実践については、今後更に検討する必要があると思われる。

イ LDB 法

LDB 法による胸骨圧迫は、救急活動で一般的に用いられ

ている、布担架、サブストレッチャー、メインストレッチャーの何れについても、振動等の影響を受けることなく、安定した使用が可能であり、胸骨圧迫の適正率はどれも100%であった。

LDBは小型・軽量であり、建物上階などで発生した救急現場へ携行することも比較的容易である。また傷病者に装着した状態でも、器具が大きいかさ張ることはなく、救急活動や搬送に何らかの支障を来たすようなことは見られなかった。

以上のことから、LDBは適切で継続的な胸骨圧迫を実施する上で信頼性の高い資器材であり、また様々な状況や、何れの搬送資器材との組み合わせでも使用可能であることから、心肺停止状態の傷病者に対する救急活動に幅広く活用できる資器材である、と言える。

心肺停止状態に陥った傷病者は、時間の経過とともに救命率が低下する。そのような傷病者に対して、早期に適切な心肺蘇生法に着手し、迅速に医療機関に搬送することは極めて重要である。LDBは救急活動の早期に傷病者に装着することが可能であり、これにより救急活動全体を通じて適切な胸骨圧迫の継続が可能となることは、傷病者にとって有益なことであると考えられる。

(2) 活動時間について

ア 搬送時間

検証1より、用手法と比較してLDB法では、搬送時間が3~4割短縮する結果となった。

用手法では、傷病者の側方に胸骨圧迫実施者の活動スペースが必要であり、搬送経路が狭隘であるほど活動が困難となる。また、一人の傷病者に対して、胸骨圧迫実施者と担架搬送担当者が、それぞれの作業を並行して実施することから、両者の協調が不可欠となる。このような状況の中、確実性や安全性を確保するため、LDB法と比較してより多くの時間を要したと考えられる。

LDB法では、胸骨圧迫実施者とその活動スペースが不要であることから、狭隘な通路や階段における搬送についても、用手法と比較してより容易であり、担架搬送担当者は搬送にのみ専念することができる。また、不要となった胸骨圧迫実施者に対して別の任務（例えば、特定行為等の処置、安全管理、資器材搬送、病院連絡など）を付与することが可能であり、救急活動の効率化や救命率の向上に寄与することが期待できる。

イ 胸骨圧迫の中断時間

検証2より、傷病者接触から救急車内収容までの一連の救急活動に要した活動時間を比較したところ、用手法（平均6分53秒）とLDB法（平均6分56秒）の間に、明らかな差は見られなかった。

LDB法では、傷病者の搬送に要する時間が短縮できる一方で、傷病者へ器具を装着するための時間を要するため、全体の活動時間としては互いに相殺して、用手法と同程度

の活動時間となった。

活動中の胸骨圧迫の中断時間については、用手法（平均57秒）と比較して、LDB法（平均43秒）で短い傾向が見られたが、両者に明らかな差は見られなかった。

胸骨圧迫を中断した理由に注目すると、用手法では、傷病者を担架に乗せ換える際、搬送中に担架の向きを変える際、そしてメインストレッチャーの高さを操作し車内収容する際などに、それぞれ約10秒程度の中断が見られた。用手法におけるこれらの中断は、次の活動に進むために止むを得ない中断であり、これらを短縮、若しくは解消することは容易ではない。

一方、LDB法で見られた中断時間は、LDBを装着するために、用手法による胸骨圧迫を中断してから、傷病者へLDBを装着し、LDBによる胸骨圧迫を再開するまで、の期間のみである。これ以外、活動中に中断が生ずることは見られなかった。

心肺蘇生法に関するガイドラインでは、「胸骨圧迫の中断時間は最小限とし、10秒以内を目標とすること」¹⁾と示されている。また、傷病者へLDBを装着するのに要する中断時間は、隊員が訓練を積むことによって、約10秒にまで短縮できた、との報告がある³⁾。本検証では、LDBの装着に平均43秒を要していることから、ガイドラインに沿った活動をするため、救急隊員は事前に十分に訓練を積み、取扱操作方法を習熟する必要がある、ということが示唆された。

(3) 特殊な環境下での有効性について

ア 航空救急活動における有効性

胸骨圧迫が頻繁に中断されたり、長時間中断されると、傷病者の自己心拍再開の可能性と生存率が低下することが報告されているが¹⁾、現行の航空救急活動では、傷病者を地上から機内収容するホイスト救出中の数分間に渡り、胸骨圧迫の中断が避けられない。活動上、胸骨圧迫の中断は止むを得ないことではあるが、心肺蘇生ガイドラインに沿った救急活動を実現するのは極めて困難である、と言える。

検証3より、航空救急活動におけるLDB法の有効性を検証した結果、ホイスト救出中においても、傷病者に対して継続的な胸骨圧迫が可能であることが確認できた。この結果から、今後、LDB法は航空救急活動における救命率の向上に大きく寄与するものと期待できる。同様に、用手法による胸骨圧迫の継続が困難な状況が多く見られる、山岳救助活動や水難救助活動についても、LDB法の効果が大きく期待できる。これらの環境における有効性についても、今後更に検証する必要があると思われる。

イ 使用上注意すべき点

LDB法により航空救助担架を用いて傷病者を機内へ収容作業中に、胸骨圧迫グラフ上に乱れが生ずる、という現象が見られた。これは、LDBの胸骨圧迫ベルト、若しくは

担架の一部が傷病者の胸部と干渉し、胸骨圧迫された胸郭が十分に復元できなかったため、と推測される。

LDB の正常作動を妨げるような要因は、有効な胸骨圧迫の継続を妨げるだけでなく、予想外の事故に繋がりがねない。安全性を向上させるためには、このような要因を排除する必要があり、今後、胸骨圧迫ベルトや担架等の改良が必要と思われる。また、LDB を使用する際には、胸骨圧迫ベルトや傷病者の胸部周辺に常に注意を払い、正常な作動状況を継続的に確認する必要がある、ということが示唆された。

5 おわりに

- (1) 用手法により適切な胸骨圧迫の継続が困難な状況や、中断が避けられない状況において、LDB 法により適切な胸骨圧迫を継続することができる。
- (2) LDB 法は、布担架、サブストレッチャー、メインストレッチャーの何れの搬送資器材でも使用可能であり、救急活動の早期に傷病者に装着することができる。
- (3) 用手法と比較して、LDB 法により傷病者の搬送に要する時間を短縮することができる。
- (4) LDB を有効に活用するために、隊員は機器の操作方法を習熟する必要がある。また、使用中の正常な作動状況を常に確認する必要がある。

以上のことから、LDB の適正な使用により、心肺停止状態の傷病者に対して適切な胸骨圧迫の継続と搬送時間の短縮が可能となり、救急活動の質の向上と効率化が期待できる。

[参考文献]

- 1) 日本蘇生協議会: AHA 心肺蘇生と救急心血管治療のためのガイドライン 2005、中山書店、2006 年
- 2) 救急救命士標準テキスト編集委員会: 改定第 7 版 救急救命士標準テキスト、へるす出版、2007 年
- 3) 谷 暢子、若狭 眞美、寺師 榮、伊藤 賀敏、甲斐 達朗: 自動胸郭圧迫バンド AutoPulse 導入～胸骨圧迫中断時間の短縮にむけて～、日臨救医誌 11:199、2008

Verification of Measures to Maintain Appropriate Treatment When Chest Compression Seems Difficult to Conduct

Fuminori AKANO*, Yuuichi SAKATA**, Issei HIDAHA***, Hiroyasu TAKAI*,
Yukimori SHIMOHATA*, Yuuzou MIYAO****

Abstract

We verified the effectiveness of two chest compression methods as the appropriate and effective measures during emergency medical operations: the manual compression generally performed in the emergency field and the newly emerged automatic cardiac compression with a belt.

As a result, we confirmed that it is possible to maintain appropriate chest compression and shorten the patient transportation time by using the automatic compression system equipped with a belt.