

空ペットボトルを活用したCPR訓練の可能性検証

小澤 貴裕*

CPR (CardioPulmonary Resuscitation : 心肺蘇生) は誰もが実施できることが望ましい一方で、全ての人がCPRの訓練を行い、かつその知識や手技を定着させておくことは容易ではありません。その理由として、消防機関の普通救命講習は訓練時間が3時間と長く、講師と受講者の双方において時間確保が難しいことが考えられます。そこで有効なのが45分の短時間講習ですが、受講者2名に対して心肺蘇生訓練機器を1つ用意することが必要であり、心肺蘇生訓練機器が高価であるため十分な数を用意することが難しく、短時間講習の実施のハードルとなっています。

また、救命講習の受講者に知識や手技が定着するためには、CPR訓練の復習をすることが望ましいですが、自宅や職場に心肺蘇生訓練機器を用意することは簡単ではありません。

そこでCoaido株式会社では、これらの課題の解決において、訓練用人形の代わりとして日常生活において入手の容易な市販飲料の空ペットボトルが有効ではないかという仮説を立て、簡易心肺蘇生法訓練に使用可能と思われるペットボトルを選定し、訓練時の深さ(mm)と荷重(kgf)の継時的変化を同時測定し仮説を検証しました。

方 法

この検証に当たり、救急現場において実際の人体の蘇生経験が豊富な元救急隊員で救急救命士である小澤が複数のペットボトルに対し実際の胸骨圧迫手技を試し、人体に類似した感触を持つペットボトルとしてサントリー南アルプスの天然水 2Lを選定し硬さの最適化を内容量の調整で行いました。また、より流通量が多く入手が容易なサントリー南アルプスの天然水 550mlの空ボトルについても心肺蘇生法ガイドライン2015に基づいた簡易訓練用として活用可能であるかについて検証しました。

比較対象として、市販の2種類の訓練用人形を選定。CPRの実施方法は用手圧迫のみのハンズオンリーとし、CPRに習熟している現場経験者として小澤自身がCPRを行いました。

また、CPRの質を均一にする為、モーションキャプチャーを利用したリアルタイムコーチングシステムCPR Evolution 01 (胸骨圧迫コーチングシステム) を使用し圧迫深度を測定。また、均一なCPRを実施した際の連続的な圧迫荷重の変化を荷重計(フォースプレート)にて測定。これらのデータを統合しグラフ化しました。精密測定の機材に関してはキッセイコムテック株式会社様にCPR Evolution 01、耐久性試験についてはコーケンメディカル株式会社様に自動心臓マッサージ機Clover3000をそれぞれ借用し、ご協力いただきました。

精密測定実施日 : 2016年10月5日、2017年12月15日

検証方法考案 : Coaido株式会社 取締役 COO 小澤貴裕 (救急救命士)

技術協力 : キッセイコムテック株式会社、コーケンメディカル株式会社

使用機材 : MAC3D System (リアルタイム3次元動作解析システム)

フォースプレート

CPR Evolution 01 (胸骨圧迫コーチングシステム)

測定対象物 : A社心肺蘇生訓練機器 (世界的に使用されている標準的なもの)

B社心肺蘇生訓練機器 (日本国内で使用されている安価なもの)

サントリー南アルプスの天然水 2L ペットボトル

サントリー南アルプスの天然水 550ml ペットボトル

測定の状況



Fig.1 モーションキャプチャーによる体位変化とフォースプレートによる圧迫荷重変化を同時に計測する方法により、動的なCPR中の数値を計測しました。

消防署の普通救命講習等では、圧迫深度を実施者にフィードバックする装置を搭載した、より高度な訓練機器が使用されることがあります。今回の実験では圧迫状況を均一化するためのフィードバックデバイスとして胸骨圧迫コーチングシステム「CPR Evolution 01」を使用しました。

音声によるフィードバックを活用しリズム、圧迫の深さ、圧迫と減圧の時間比率、圧迫の解除（リコイル）、圧迫位置・角度をPCの画面に表示し正確なCPR訓練を行うことができます。また、今回は一定のリズム音を使用し、毎分の圧迫回数を均一にしてCPRを実施しました。

測定結果

<CPR中の荷重変化に応じて連続的に変形する様子を可視化したグラフ>

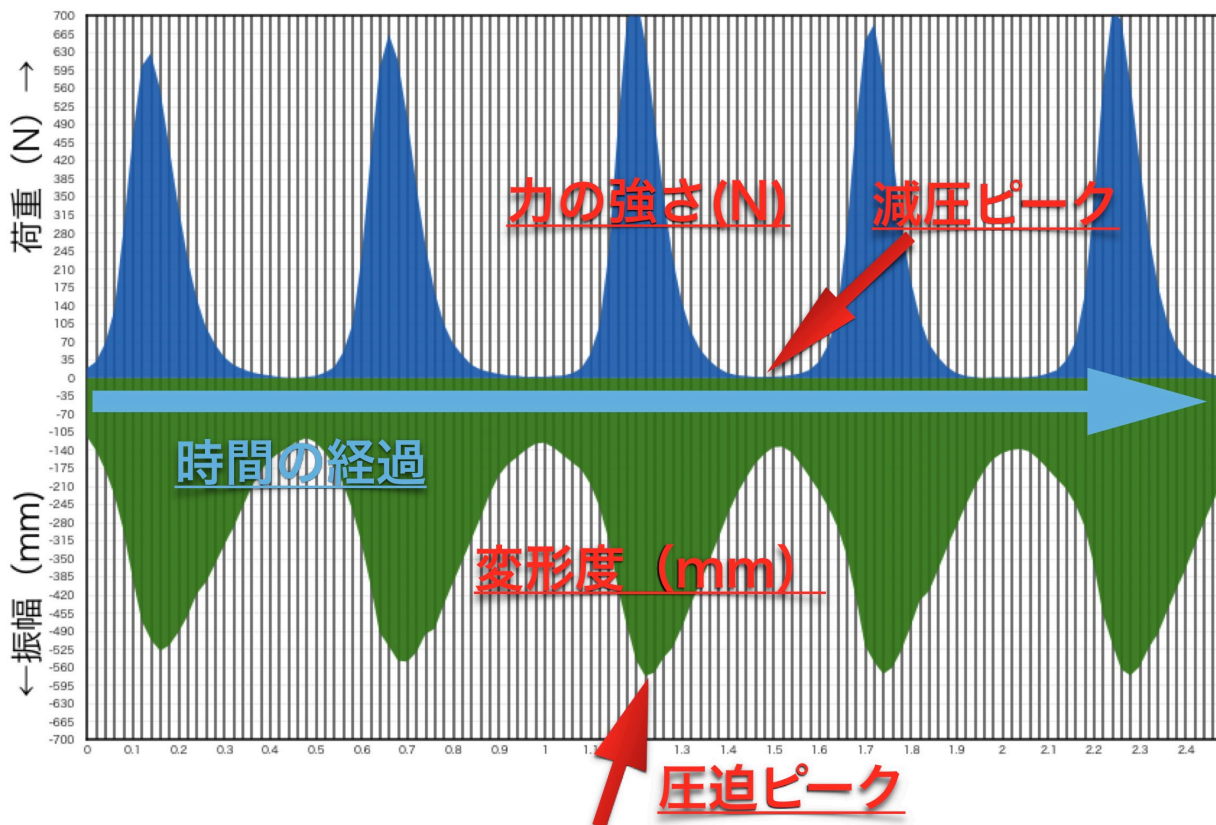


Fig.2 <グラフの見方> 手の甲および全身につけた再帰反射マーカを赤外線カメラで計測するモーションキャプチャー方式で体位の変化を計測し、計測された垂直方向の移動成分を振幅（緑色）、圧迫荷重（青色）で示しました。

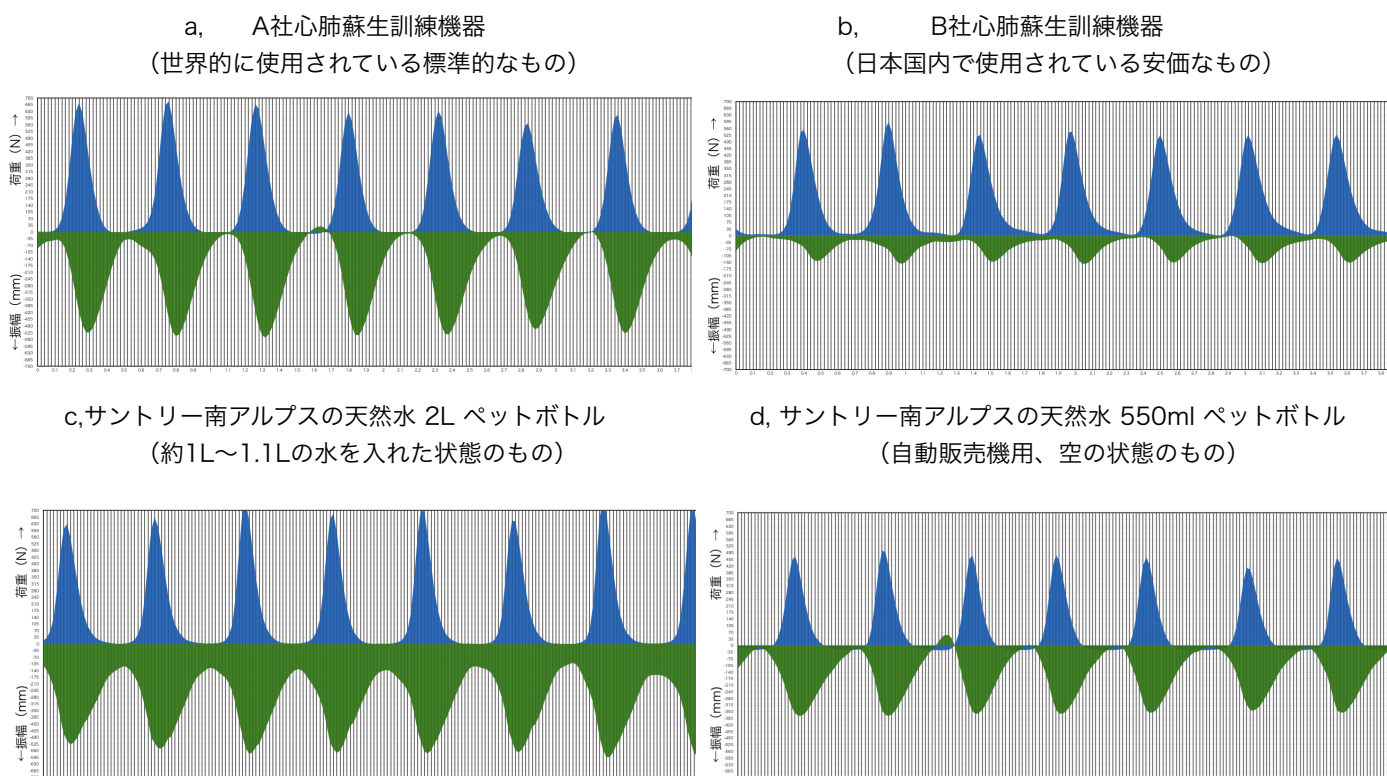


Fig.3 訓練用人形とサントリー南アルプスの天然水のペットボトルを同条件で蘇生訓練した場合の動的な変化グラフ
 a,bについては訓練用人形として繰り返し使用する耐久性を必要とするため、緑色の圧迫深度が完全に元のレベルに戻ります。c,dについては完全には戻らず、一定の変形量を残すところが人体の圧迫感覚に似た感触を示しています。また、ペットボトルはB社心肺蘇生訓練機器に比べてストロークがありコイル(圧迫解除)を意識させやすく、垂直に荷重を行うことも意識することが可能です。

	深さ(mm) G2015準拠	荷重 (N)	荷重 (Kgf)	1mm変形させる時の荷重 (kgf)	A社を基準とした固さ (倍)	備考
a,A社心肺蘇生訓練機器 (世界的に使用されている標準的なもの)	50.650	568.724	57.993	1.145	1.000	深さ50-60mm付近の圧迫でクリック音が鳴りフィードバックが可能。また人工呼吸訓練ができる訓練人形。
	60.595	621.825	63.407	1.046	1.000	
b,B社心肺蘇生訓練機器 (日本国内で使用されている安価なもの)	14.634	593.329	60.502	4.134	3.611	一定の荷重付近で音が鳴る。50-60kgf付近の荷重と圧迫深度の関係を示したが、圧迫の最大と変形の最大に時間差がある。(Fig.3b) ストローク最大量は約16mm。
	16.332	505.532	51.549	3.156	3.016	
c,サントリー南アルプスの天然水 2L ペットボトル (約1L~1.1Lの水を入れた状態のもの)	50.601	628.397	64.078	1.266	1.106	ガイドライン通りのストローク量で訓練が可能。圧迫の感触が人体によく似ている。
	60.134	697.426	71.117	1.183	1.130	
d,サントリー南アルプスの天然水 550ml ペットボトル (自動販売機用、空の状態のもの)	42.402	595.131	60.686	1.431	1.250	A社の標準的な訓練人形に対し25%固い。65mm幅のボトルをキャップ2個分42mmまで潰し50-60kgfの荷重を体感できる。

Fig.4 訓練用人形とサントリー南アルプスの天然水のペットボトルを同条件で蘇生訓練した場合の比較
 測定データは心肺蘇生訓練中に毎秒50回測定し心肺蘇生法ガイドライン2015最新版で推奨された深さ50/60mm付近の測定荷重を示しています。550mlボトル：幅65mmについては規定の圧迫深度に達しないため荷重60kgf付近のみの表示となっています。測定はキッセイコムテック社のCPREvolution01を使用し心肺蘇生法ガイドライン2015で推奨された条件に基づきフィードバックを活用。人の手で出来る理想的な心肺蘇生の状況を再現して行いました。

検証にあたり、2Lペットボトルには約1～1.1Lの水を入れ、空間の容積が1L程度となるようにして行い、ボトルの安定と硬さの調整を図りました。また、テープでペットボトルを荷重計に固定し同時に荷重を記録しています。

550mlペットボトルは水を抜いた空のものを使用し、テープによる固定処置を行いました。ボトルの直径が65mm程度と小さいため、ガイドライン2015が推奨する50–60mmの理想的な圧迫の体験はできませんが、世界的に使用されている標準的な訓練用人形の特性として10mm=10kgfという変形特性に習い、50-60kgfを体感することを目標としています。この荷重を計測する圧迫深度は、d,550mlボトルにおいては42mm以上の圧迫で計測されており、ペットボトルのキャップ2個を重ねてボトルの横に置いたところまで圧迫することを目安とすることができます。

これらのことから、流通量の非常に多い550mlペットボトルであっても、CPRをするときに、世界的に使用されている標準的な訓練用人形と類似した一定のストロークと圧迫の強さの体感が得られ、一定の柔らかさと戻りの悪さがあることからリコイル（圧迫の解除）を意識した訓練が可能です。

※圧迫の深さのフィードバックにおいては現在研究を続けており、将来的にリアルタイムのフィードバックができるよう対応を予定しています。

ペットボトルは圧迫を続けると圧迫部分が凹み変形して行きますが、一般的なCPR訓練として行う2分間の圧迫においてはボトルの凹みは5mm程度にとどまり、完全には戻らない部分によりむしろ人体に似た感触を得られます。

これらの工学的測定結果から、サントリー南アルプスの天然水の2Lペットボトル、550mlペットボトルは、CPR訓練時、世界的に使用されている標準的な訓練用人形と良く似た変形特性を持っていることが確認できました。

安全性確認について

ペットボトルによる訓練の安全性について以下の3つの方法で確認しました。

1. 実際に人体に使用する医療機器である、自動心臓マッサージ器Clover3000をコーケンメディカル株式会社様からお借りしボトルに対してCPRを行ったところ、心肺蘇生法訓練用人形に代わり遜色のない稼働ができることを確認しました。
2. 2Lボトル、550mlボトルをそれぞれ用手にて、異常に過大な圧迫を行った場合（90kgf以上の力）には2分以内の破損が生じましたが、いずれもピンホール程の小さな穴が空く程度であり、緩やかに損壊し、大きな穴、割れ、角立ち、ささくれなどは生じませんでした。破損の際に生じるエア抜けや少量の水漏れがあった際に、気づくことは容易であり、この際に速やかに新しいボトルに交換することができる為、怪我の発生可能性は低いと考えられます。
3. ペットボトルの耐久試験に使用する圧迫器具を使い、固定状態で50–60kgfで繰り返し圧迫を続けたところ、破損に至る時間の平均は8分～9分程度となりました。この際に最も短時間で破損したものは約6分となりました。
一般的なCPR訓練として行う連続圧迫時間は約2分間程度であり、少なくともその約3倍の時間の耐久性があることを確認しました。

これらの測定結果から、安全性において問題ないと考えられ、CPR訓練に十分活用可能であると確認しました。

結 語

以上の結果から本検証の方式により精密に測定を行なったボトルであれば、市販飲料の空ペットボトルをCPR（CardioPulmonary Resuscitation：心肺蘇生）習熟訓練において、訓練用人形に代わり活用することは可能であると考えられます。

注：このレポートではわかりやすくSI単位系とkgfを併記しております。