

胸骨圧迫法における胸部圧迫位置の有効性の比較

— 胸骨中線と側胸部側から —

伊藤太一¹

(1: 東海学院大学健康福祉学部総合福祉学科)

要 約

AHA (American Heart Association, アメリカ心臓協会) 心肺蘇生法ガイドライン 2005 から、現在に至るまでに、CPR (cardiopulmonary resuscitation, 心肺蘇生法) の手技における胸骨圧迫の重要性は非常に高いものになった。本研究は、広く知られている側胸部 (傷病者の側面) からアプローチする胸骨圧迫だけでなく、正中線 (正面) からアプローチする胸骨圧迫の有効性について、実施者の脈拍数等から比較検討した。その結果、頭部側正中線からアプローチすると明らかに脈拍数の増加が少なく、一般的に行われている側胸部からの胸骨圧迫による脈拍数増加が一番大きい結果となった。また側胸部からのアプローチによる胸骨圧迫法は、人体の構造上、どうしても胸骨圧迫実施者の指先が傷病者の乳房付近に当たり、不必要な位置の胸部の圧迫を発生させることが分かった。救急現場は臨床と違い狭隘で救命活動を行い辛い環境下にある。正中線からのアプローチによる胸骨圧迫実施者は傷病者と重なる空間部分が多いため、他の処置に影響を与えてしまう恐れを排除できるため、より戦略的な救命活動を遂行できる可能性を秘めている。

キーワード: CPR 胸骨圧迫 正中線 疲労度 心肺蘇生法 人体の重心

はじめに

胸骨圧迫法は、心静止の傷病者に対して非観血的に胸骨を圧迫することで、生命維持に必要な血液循環を確保する救命処置の一つである。

手技として、傷病者を水平仰臥位として頭部と胸部は同じ高さにする。静脈還流量を確保する必要がある出血やアナフィラキシーショックの場合は 15 度の下肢挙上を行ってもいい。

正しい胸骨圧迫部位は胸骨下半分の位置である。通常は傷病者の胸部の側部に位置して胸骨圧迫を行う。多くは傷病者の胸骨圧迫実施者の足側の手掌基部を胸骨下半分の位置に当て、胸骨圧迫実施者の傷病者の頭部側に当たる手掌をその上に重ねて置く。指は組んだ方が、力が入りやすいし位置のずれを起しにくく、さらに圧迫範囲を広げることがない。

胸骨圧迫実施者の両手を傷病者の胸骨上に置いたまま両肘を伸展させ、胸骨圧迫実施者の上半身の体重を利用して胸骨を垂直に圧迫する。圧迫の強さは 5～6 cm としリコイル (圧迫の解除) を図る。

圧迫のテンポは 1 分間に 100～120 回とし、絶え間なく実施する。胸骨圧迫から得られる脳血流量は正常の 25～

30%程度と言われている。

胸骨圧迫の合併症として、肋骨骨折、胸骨骨折、肺挫傷、血気胸、肝損傷、胃内容物の逆流による窒息などがある。しかし、合併症の多くは粗雑な胸骨圧迫で発生すると考えられるが、適切な胸骨圧迫を行っても起きうるものである。

AHA (American Heart Association, アメリカ心臓協会) 心肺蘇生法ガイドラインでは、ガイドライン 2005 から 2015 の改訂までに、CPR (cardiopulmonary resuscitation, 心肺蘇生法) の手技の中でも胸骨圧迫法が救命率に大きく寄与することが強調されてきたのは周知の事実である。現在のガイドラインでは胸骨圧迫の手技として圧迫する深さやリコイル、圧迫するテンポなどについて言及されているが、胸骨圧迫実施者がどのような位置から圧迫すべきであるか触れられていない。

今回、一般に広く知られている側胸部 (傷病者の腕側) からアプローチする胸骨圧迫だけでなく、正中線からアプローチする胸骨圧迫について研究し、その効果を解析した。解析は、胸骨圧迫実施者の脈拍数 (HR) の増減を測定し、HR の増加を胸骨圧迫の疲労度として捉え、側胸部と正中線からのアプローチを分析した。同時に胸骨圧迫

胸骨圧迫法における胸部圧迫位置の有効性の比較

部位が正中線からみて左右にどちらに偏っているのかを各アプローチを比較して分析した。

なお、被験者に対して本処置によって身体に影響を与える可能性がある旨を説明し、承諾を得て実施した。

経時的 HR 測定による分析

胸骨圧迫実施者に心電図を装着し、胸骨圧迫を5分間休みなく実施してもらい、実施中のHR（脈拍数）の数値を経時的（20秒毎）に記録した。胸骨圧迫の運動によって脈拍数が上昇を示すほど体力を消耗したものと仮定し、胸骨圧迫実施者の疲労度の指標にした。

検証は、Laerdal社製 Resusci Anne を地表面で仰臥位にして、①側胸部から（以後、側胸部法）、②Resusci Ann 腹部に馬乗りになり胸部正中線から（以後、腹部側正中線法）、③胸骨圧迫実施者が頭部を越えて（以後、頭部側正中線法）胸骨圧迫する方法で実施した。（図1）



図1 左から側胸部法、腹部側正中線法、頭部側正中線法

圧迫する深さは Resusci Ann に付属されている Skill Reporter による適正の深さ（適正の胸骨圧迫は緑色の棒グラフ様に表示される、約5cm）までしっかりと圧迫することとした。リコイルも圧迫の表示が現れなくなるまで除圧することを胸骨圧迫実施者に指示した。テンポは1分間当たり100回と定め、100回のテンポをメトロノームによって胸骨圧迫実施者を誘導した。圧迫部位は、Resusci Ann の乳頭間の正中線の胸骨上とした。なお実施者は、10名。29歳から44歳までの健康な男性である。

胸骨圧迫の左右偏りの分析

Resusci Ann の胸部中央に A4 の紙2枚を置き、その2枚の間にカーボン紙を挟んだうえで3つの胸骨圧迫方法を実施した。胸骨圧迫後、カーボン紙から A4 の紙に転写されたものを、胸骨圧迫した範囲として、その面積を算

出した。（図2）なお、転写しやすくするために胸骨圧迫実施者に丸い突起物がある市販の軍手を装着して行った。

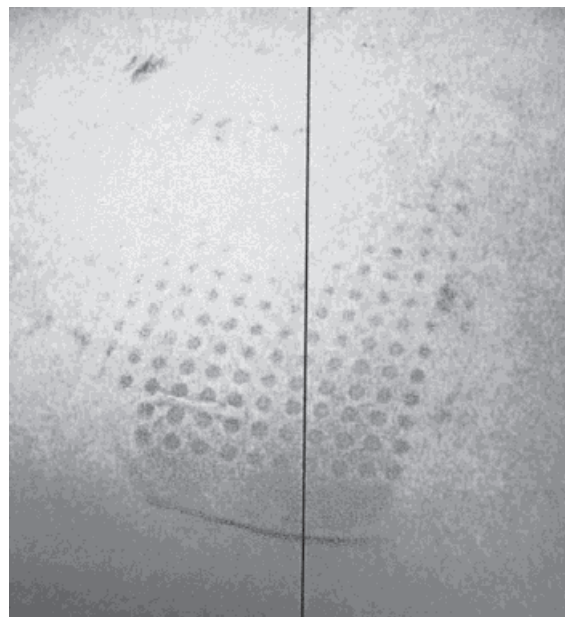


図2 カーボン紙に転写された手掌の跡（軍手の突起物の丸い模様がみえる）

胸骨圧迫実施者の占める空間の分析

胸骨圧迫法の必要とする空間を従来の側胸部法と今回調査した正中線からのアプローチによる方法をデジタルカメラで撮影し、その画像を投影面積として捉え、その活動に占める空間を比較した。また救急車内でも撮影を行い、胸骨圧迫法の実施者と救急車内左側座席との間の空間について分析した。

結果

経時的 HR 測定による分析結果

胸骨圧迫法実施者の HR を各計測区間の平均値として算出し、折線グラフにしたものを表1に示す。

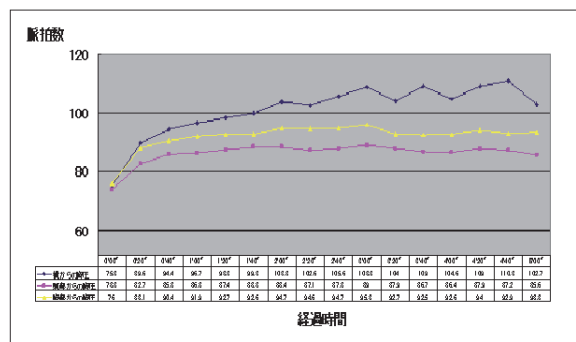


表1 各胸骨圧迫法の平均 HR の推移（上：側胸部法 中段：頭部側正中線法 下段：腹部側正中線法）

各圧迫法実施者の HR は、アプローチの方法に関わらず胸骨圧迫法開始直後から急に速くなることから、胸骨圧迫による繰り返されるピストン運動は身体に負荷をかけていることが分かる。

胸骨圧迫へのアプローチの違いから HR の増加を検証すると、表 1 のとおり明らかな違いを示した。頭部側正中線法からの HR は低く、次いで腹部側正中線法、側胸部法の順となった。この順位は全ての実施者に明確に現れ、個人によって順位が異なることはなかった。

胸骨圧迫の左右偏りの分析結果

胸骨圧迫実施者 10 名に、Resusci Ann の胸にカーボン紙と A4 のコピー紙を乗せ、胸骨圧迫による圧によってコピー紙に転写したものを解析した。解析方法は胸骨正中線で転写された部分を図 2 の様に左右に分け、各面積の占める面積を算出して圧がどれだけ Resusci Ann の胸部の左右に偏位しているのかを比較した。(面積は、ヘロンの法則で算出)

結果、腹部側正中線法では、平均、左胸部 55% と右胸部 45%、頭部側正中線法は、左胸部 46% と右胸部 54%、側胸部法は、左胸部 46%、右胸部 54% という割合となり、胸骨圧迫のアプローチ方法別に大きな違いは認められなかった。(表 2)

	左胸部転写面積割合	右胸部転写面積割合
腹部側正中線法	55%	45%
頭部側正中線法	46%	54%
側胸部法	46%	54%

表 2 アプローチ方法別 胸部圧迫面積の左右の割合

圧迫された形状を解析すると、側胸部法の場合のみ、すべての実施者から Resusci Ann 乳房部付近の圧迫痕が認められた。すべてが胸骨圧迫実施者の指先であり、圧迫する度に Resusci Ann 乳房の一部を圧迫することを示唆している。

胸骨圧迫実施者の占める空間の分析結果

デジタルカメラの撮影の高さを一定にして、胸骨圧迫実施者を撮影した。その後、Resusci Ann が仰臥位で、上空の空間以外に実施者の占める部分を投影面積として算出した。なお被撮影者は、身長 173 cm 体重 60 kg の成人男性である。

横方向からの撮影では、側胸部法が、実施者側に 12.75 m²、腹部側正中線法は左右に 1.55 m² を占めた。一方、上

部からの撮影では、側胸部法が、実施者側に 6.00 m²、腹部側正中線法は左右に 2.70 m² となった。(腹部側正中線法は、Resusci Ann の腕を広げ、その腋にできた空間に実施者の膝を付けたため、Resusci Ann の腕の広がった部分を算出した) (図 3)



図 3 胸骨圧迫実施者の占める空間（白抜きは傷病者に重ならない空間で活動に支障をきたす可能性がある）

次に、救急車内での胸骨圧迫法実地者が、実施側の空間をどれだけ占めるのか計測したところ、側胸部法は、実施者によって空間を 62.5% 占め、腹部側正中線法は、37.5% 占めた。(図 4) なお、頭部正中線法は、人工呼吸実施者と空間が一致するため計測しなかった。



図 4 救急車内での側胸部法と腹部側正中線法の胸骨圧迫者が車内空間を占める違い

考察

臨床と救急現場の環境を比較すると、臨床は傷病者を治療しやすい空間であるのに対し、救急現場は、住民が生活する、概して狭い空間であることが大きく異なる。傷病者が自宅で CPA に陥った場合、その活動空間は狭く、壁やソファ、机、諸々の家具や電化製品とその配線といったように、そこは臨床では考えられない障害物で溢れている。救急隊員は、そのような活動空間で CPR とそれに伴う AED の取り扱いや、救急救命士の行う特定行為を実施しなければならない。つまり自宅内での救急事案で障害物の無い救急現場は存在しないと捉えてもいい。

AHA の心肺蘇生法ガイドライン 2005 から、胸骨圧迫の重要性は強調され、加えて実施者がこうむる疲労から 2 分ごとを目安に胸骨圧迫実施者の交代が勧められている。胸骨圧迫はそれほど体力を消耗する処置であるといえる。

よって実際の救急現場は活動空間に障害物が溢れ、かつ狭隘な空間で、AED の操作や特定行為の実施を行いながら、絶え間ない胸骨圧迫の継続、かつ胸骨圧迫の円滑な交替をしなければならないのである。

(図 5) から、側胸部法実施者と人工呼吸実施者が交代する際には、どれ程危険で慌しくなるか推測することができる。救急資機材を身体に引っ掛けることのないように、傷病者の体を踏まないように、救急現場にある物品を損傷しないようにしつつ迅速に胸骨圧迫交替など処置を継続せねばならない。

さらに言えば、図 5 で分かるように、酸素ボンベや管、点滴ボトルを持つ者と点滴ライン、傷病者の腕、AED、吸引器等と、救命資機材自体、現場活動の障害物となり得るのである。



図 5 救急隊員二名による CPR を上部から撮影画像。(胸骨圧迫の交替に活動空間の狭さが分かる)

救急隊の活動は迅速で能率的でなくてはならないため、

活動動線と活動範囲を増やすことなく活動することが肝要となる。この課題を解決するためには、正中線からのアプローチの胸骨圧迫法は、一つの活動戦略となりえる。

脈拍数測定からみた疲労度をみると 3 つの方法に明らかに HR の数値の違いが見出された。表 1 に示した胸骨圧迫法実施者の HR を各計測時間の平均値は注目に値する。胸骨圧迫の交替しなければならない胸骨圧迫開始から 2 分後に注目すると、各 3 通りの平均脈拍数は、頭部側正中線法では 88.4 回/分、腹部側正中線法では 94.5 回/分、通常実施する側胸部法は 103.6 回/分となった。これは各個人によっても経過時間によってもこの順位に変わりはない。特に、頭部側正中線法と側胸部法での HR の差は平均 15 回/分であり、大きな差をみた。これは、誰もが疑いなく実施している側胸部法ではなく、頭部側正中線法の方が運動効率のいい胸骨圧迫方法であることを示唆している。

この理由は、側胸部法のみ支点が遠く、実施姿勢が低く実施位置を変えにくいことが要因と推測される。腹部側正中線法のみ支点を移動することが可能で、胸骨圧迫実施者の重心（支点・臍部 第二仙骨付近）が圧迫する胸部（作用点）に近づき、楽な胸骨圧迫が可能となる。重心から胸部圧迫部位が離れてしまうと筋力が必要となって、最終的に体力を消費し、有効な胸骨圧迫の実施が困難となる。しかし重心に支点が近くなれば、筋力に頼らず、自重を利用した圧迫が可能である。頭部側正中線法は圧迫位置（作用点）が頭部に近く、さらにすべての実施者の膝が傷病者頭部を軽く挟むように行っていたため、上半身の位置が高くなり、ひいては傷病者の胸部へ覆いかぶさるようなダイナミックな運動が減少したのではないかと推測する。

疲労が少なくなれば、2 分以上の交替が可能となって胸骨圧迫を交替する回数が減少し、救急現場の煩雑な活動も減少し、ひいては混乱のない効率的な救命処置に繋がるであろう。加えて疲労が軽減すれば、失敗の許されない気管挿管や静脈路確保などの高度な処置の精度も高められる。

胸骨圧迫の左右割合の偏りについては、各方法はほぼ変わらない結果であった。しかし、側胸部法に限り、Resusci Ann 乳房付近に圧がかかっていることが判明した。Resusci Ann の乳房はそれ程発達していないのにも関わらずカーボン紙からの転写が認められた。もし、乳房が発達した傷病者であったり、胸骨圧迫実施者が大きな手掌であったりすれば、指先が容易に乳房に当たり、

その部位が圧迫され、左右バランスよく胸骨圧迫できなくなる。側胸部法は、必ず実施者の指先が乳頭方向へ向かってしまうため、適切な深さまで胸を押すほど指先が触れやすくなり、胸部を左右均等に圧迫することは難しくなる。左右の圧迫バランスの崩れた胸骨圧迫は、左右の肋骨へ偏った力が加わり、肋骨骨折等につながる危険がある。しかし正中線からのアプローチによる方法は、指先が胸骨に沿っているため、その影響はない。

胸骨圧迫実施者の占める投影面積については、数値的に大きな開きを認めることとなった。腹部正中線法と側胸部法からでは、横の撮影では8倍、上部からは約2倍、側胸部の実施者が占める投影面積が大きく観察された。これは、傷病者周囲の空間が狭隘であると、胸骨圧迫の迅速な交替のみならず、心肺蘇生法以外の隊員の活動が制限されることに直結する。

腹部側正中線法は、ほぼ傷病者の倒れている上部空間に実施者がいることとなる。よって頭部側正中線法と腹部側正中線法との胸骨圧迫交替が、その位置のまま実施できれば、限られた空間を十分に有効活用可能となる。

救急車内では、腹部側正中線法を行うと、ストレッチャー横の間隔が25%も広くなった。これにより、隊員が活動しやすくなるのは明白である。しかし、この方法は、実施者の身長が低く、また傷病者が妊婦、肥満の場合、傷病者の腹部に胸骨圧迫者の臀部が載ってしまう危険が高い。

腹部側正中線法が普及しない理由に、傷病者をまたぐ行為が受け入れられないのではないかと推測する。日常生活において他人をまたぐ行為は、特に日本の慣習として肯定しづらい。よって腹部側もしくは頭部側正中線法の実施は、家族、関係者がそれを目にすると否定的に捉えられやすいと思われる。実際に正中線法を行う際には、インホームドコンセントを実施する必要がある。

2007年にCPAに陥った松岡農林水産大臣が慶応大学病院へ救急車によって収容される際に、待ち構えていた医師が大臣の乗るストレッチャーに馬乗りになり、腹部側正中線法を行いながら病院内に収容される姿がテレビニュース報道で流れた。しかし、それに関して非難の声は全くなかった。心肺蘇生法の普及から胸骨圧迫の重要性の理解が普及している影響もあると考えられる。将来、心肺蘇生法と胸骨圧迫の重要性が広く普及されていけば、正中線からの胸骨圧迫は受け入れられていく可能性がある。

さらに実際の救急現場活動から正中線からのアプロー

チによる胸骨圧迫を考えると、頭部側正中線法と腹部側正中線法を交替して胸骨圧迫を実施する場合、頭部側正中線法の救急隊員しか人工呼吸は実施できないことになる。しかし、エアウェイチューブ挿入されているならば、マスクフィットさせる手技が不要となり、腹部側正中線法を実施する者が人工呼吸を担当できる。

次に、一般市民が行う正中線からのアプローチによる胸骨圧迫を考えると、側胸部法は、高齢の方、女性、子供など筋力と体重が少なく体格が小さい者にとって有効な胸骨圧迫を実施、継続することは難しい。しかし、正中線からのアプローチならば、体重を重心に近づけることで効率的な圧迫が可能と考えられ、胸骨に置く手の位置も分かりやすい。よって一般市民には正中線からの胸骨圧迫は有効なひとつの手段であると推測される。この場合も人工呼吸の併用ができないため、胸骨圧迫のみの心肺蘇生となる。

腹部側正中線法の欠点としては、傷病者の体格や実施者の体格や年齢から、胸骨圧迫実施者の臀部で傷病者の腹部を圧迫してしまう恐れがある。これにより胃内容物が逆流して嘔吐の危険が考えられる。そのため、食事の摂取状況と、実施者と傷病者との体格から判断して実施するのが安全と思われる。

また、乱暴ではあるが、腹部を圧迫してしまう欠点は、利点にも捉えることができるかもしれない。腹部側正中線法で胸骨圧迫の除圧時に、実施者の臀部を傷病者の腹部へ押し付ければ、機能的にIAC-CPR (intermittent abdominal compression cardiopulmonary resuscitation) の効果を秘めている可能性もある。

以上、正中線からアプローチする胸骨圧迫法は欠点があるものの、側胸部からの胸骨圧迫法よりも低疲労と安全円滑なCPRを提供できる可能性がある。臨床では同じ傷病者がいないように、救急現場も同じ環境は存在しない。このような現場で救急隊員は、臨機応変に救命活動を行っている。心肺停止傷病者に対する超緊急時の対応として、正中線からのアプローチによる胸骨圧迫法は、戦略的な活動のひとつとなりえると思料する。

結論

1 従来の側胸部法を腹部側正中線法、頭部側正中線法と比較し有効性などを検討した。

2 胸骨圧迫法実施者のHRは、頭部側正中線法、腹部側正中線法、側胸部法の順に速まる。

3 側胸部法と腹部側正中線法、頭部側正中線法の胸部圧

迫面積の左右差の割合は、ほぼ変わらない。

4 側胸部法による胸骨圧迫は実施者の指先が傷病者の乳房付近に当たりながら圧迫する。

5 側胸部法実施者の上部と側面からみる投影面積は、腹部側正中線法より 2 倍から 8 倍広い範囲を占める。

6 腹部側正中線法、頭部正中線法を行えば、活動動線が減少し現場活動の危険性が排除される可能性が高い。

7 腹部側正中線法は、実施者と傷病者の体格と考慮して行わないと傷病者の腹部を圧迫させる危険がある。

引用文献

- 1) 日本 ACLS 協会 (2016) AHA 心肺蘇生と救急心血管治療のためのガイドライン 2015 ハイライト
<https://eccguidelines.heart.org/wp-content/uploads/2015/10/2015-AHA-Guidelines-Highlights-Japanese.pdf>,
(2016. 9. 8)
- 2) 救急業務研究会, (2014) 救急技術マニュアル, 東京法令出版, 100-103
- 3) 松田剛明, 島崎修次, (2003) 救急医学 研修医のための救急診療マニュアル, へるす出版, 1182-1185

A Comparison on the Effectiveness of Chest Compression Location in the Sternum Compression Method

-The midsternal line vs. the lateral chest side-

ITOU, Taichi
Tokaigakuin University

Keywords: CPR chest compressive cardiopulmonary resuscitation human body's center of gravity body centerline