

用手心臓マッサージ実施時の生理的負担等について

A physiological burden on an ambulance crew to provide manual cardiac massage

北岡 開 造*

正木 豊**

石川 高 満***

概 要

平成2年度の救急出場件数は、39万2,200件と過去最高を記録し、そのうち用手心臓マッサージ(心肺そ生)を実施した件数は、6,222件にのぼっており、今後も増加することが予想される。

このことから、異なる心臓圧迫リズムで用手心臓マッサージを行った時の救急隊員の身体的負担について調査を行った。

その結果は、次のとおりである。

- 1 毎分100回の圧迫リズムでも、身体的負担は安全範囲であり、実施可能である。
- 2 圧迫回数の違いによる用手心臓マッサージ実施後の「手首が痛い」などの主訴に、相違はみられなかった。

Emergency Medical Treatment Standard, revised March 1991, requires 80-100 presses, which was increased from 60 per minute for manual cardiac massage.

A physiological burden on the ambulance crew was researched.

The results are as follows:

- 1 Physiological burden on the ambulance crew to sustain 100prs/min rhythm is in the harmless range for the crew.
- 2 No difference in the conditions of the ambulance crew was observed after performing manual cardiac massage.
- 3 It is possible for the ambulance crew to perform manual cardiac massage at 100prs/min effectively without causing any trouble.

1. 調査目的

救急活動基準の改正(平成3年3月)により、用手心臓マッサージの圧迫回数が毎分60回から毎分80回以上100回までに改善がなされたことに伴い、同心臓マッサージ実施時の圧迫回数の違い(毎分80~100回)による救急隊員の身体的負担を明らかにし、救急活動に資することを目的に実施したものである。

2. 調査実施日等

- (1) 調査実施日

平成2年12月13日

- (2) 調査実施場所

消防科学研究所

- (3) 調査対象者

表1の救急隊員3人(以下「対象者」という。)とした。

表1 対象者の身体特性

対象者(歳)	身長(cm)	体重(kg)
A(41)	167	59
B(39)	161	68
C(40)	172	76

*予防部予防課 **第四研究室 ***世田谷消防署

3. 調査方法等

(1) 実験条件

ア 普通救急車内のストレッチャー上においた蘇生訓練用人形を用いて、用手心臓マッサージ(以下「心臓マッサージ」という。)20分間を負荷実験工程として実施した。

イ 心臓圧迫リズム(以下「リズム」という。)80回/分, 90回/分, 100回/分の3種とし、各対象者は、このうち2つを実施した。

なお、組み合わせは次のとおりである。

A対象者80回/分, 90回/分

B対象者80回/分, 100回/分

C対象者90回/分, 100回/分

ウ バックマスクの吹込みは、どのリズムとも5回に1回実施した。

(2) 使用機器等

ア 蘇生訓練用生体シミュレーター

イ 連続血圧心拍測定器

ウ 呼気ガス分析装置

エ 握力計

4. 調査項目

(1) 用手心臓マッサージ実施時の生理的負担等の変化について

(2) 心臓圧迫回数、度合及び位置ずれの状況について

5. 結果と考察

(1) 生理的負担等

ア 自覚的運動強度と心拍数

心臓マッサージにおける自覚的運動強度は、表2のBorg*の自覚的運動強度判定表をもとに、実験中の最高心拍数を評価した。

なお、日本語評価欄の「楽である」と「きつい」の評価については、評価幅が広いので、10拍ずつに3区分し、心拍数の低い順に、「+Ⅲ楽である」、「+Ⅱ楽である」、「+Ⅰ楽である」及び「+Ⅰきつい」、「+Ⅱきつい」、「+Ⅲきつい」の語句を加えて評価した。

自覚的運動評価、心拍数及び圧迫リズムは、表3のとおりである。

表2 Borg*の自覚的運動強度判定表

尺度	英語	日本語	運動強度(%)
6			
7	very very light	非常に楽である	5
8			
9	very light	かなり楽である	20
10			
11	light	楽である	40
12			
13	fairly hard	ややきつい	55
14			
15	hard	きつい	70
16			
17	very hard	かなりきつい	85
18			
19	very very hard	非常にきつい	95
20			100

注) Borgのカテゴリ-尺度と小野寺、宮下(1976)による日本語表示尺度の相関を10倍したものが、毎分心拍数である。

表3 圧迫リズムと行動評価

	圧迫リズム	最高心拍数	発現時間	運動強度
:対象者A	80回/分	123拍/分	12分	+Ⅲ楽である
	90回/分	140拍/分	18分	+Ⅰきつい
:対象者B	80回/分	148拍/分	19分	+Ⅰきつい
	100回/分	140拍/分	14分	+Ⅰきつい
:対象者C	90回/分	160拍/分	18分	+Ⅲきつい
	100回/分	144拍/分	18分	+Ⅰきつい
○丸の内	80回/分	119拍/分	20分	+Ⅱ楽である

上記○丸の内とは、平成2年1月丸の内消防署で実施した救急隊員36人の測定結果(以下「丸の内消防署の測定結果」という。)から引用したデータであり、経過時間ごとの心拍数は、表4のとおりである。

表4 丸の内消防署の測定結果(心拍数)

	開始前	5分	10分	15分	20分
平均値(拍/分)	90	115	115	117	119

自覚的運動強度とリズムの関係について考察すると、80回/分リズムでは、「+Ⅲ楽である」あるいは「+Ⅰきつい」となっており、これは、丸の内消防署の測定結果と

も概ね一致している。同じく90回/分リズムでは、「+Iきつい」と今回の実験中最も高い運動強度の「+IIIきつい」となっていた。さらに、100回/分リズムでは、対象者A、B（以下「A、B」という。）とも「+Iきつい」であった。

以上のことから、20分継続する運動強度としては、80回/分リズムでは、何ら問題はないといえる。

次に、90回/分、100回/分リズムにおいても概ね支障はないが、対象者C（以下「C」という。）は、160拍/分になったことから、個人の体力、体調等によっては早めの交替を考慮する必要があるといえる。

さらに、90回/分と100回/分リズムとの対比では、今回の実験がわずか2例であったことから、確定はできないもののほとんど差異は認められなかった。換言すれば90回/分と100回/分リズムとでは、身体的負担は、ほぼ同じであったといえる。

各対象者の圧迫リズムごとの時間経過に伴う、心拍数の変化は、図1、2、3のとおりである。

心拍数とリズムとの関係について考察すると、リズムの増加に伴い、心拍数も緩やかな増加がみられた。

一方、対象者のうちCは、90回/分リズム160拍/分に達する心拍数を示しており身体的負担はかなり重くなっているが、一般的にいわれている最高心拍数(220-対象者の年齢)からみると、余裕をもった安全範囲内にあるといえる。

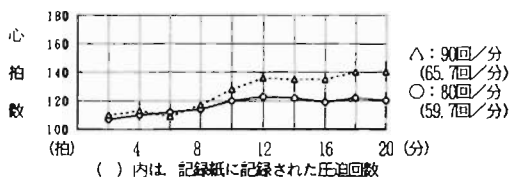


図1 対象者Aの心拍数変化

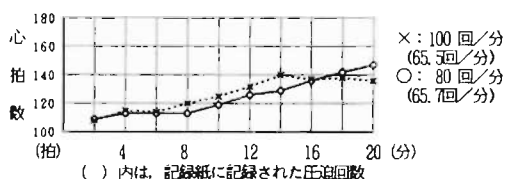


図2 対象者Bの心拍数変化

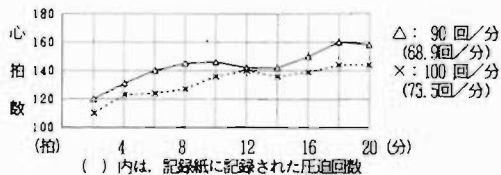


図3 対象者Cの心拍数変化

イ 心臓マッサージ実施時の心臓圧迫回数表5は、心臓マッサージ実施時の圧迫リズムと蘇生訓練用シミュレーターの記録紙から読み取った心臓圧迫回数（以下「圧迫回数」という。）の平均値を示したものである。

表5 圧迫リズムと圧迫回数

対象者	圧迫リズム	平均圧迫回数
A	80回/分	59.7回/分)
	90回/分	65.7回/分)
B	80回/分	65.7回/分)
	100回/分	65.5回/分)
C	90回/分	68.9回/分)
	100回/分	73.5回/分)

リズムと圧迫回数の関係について考察すると、同じリズムでも対象者一人ひとり、圧迫回数が異なっており、個人差が現れたといえる。しかし、全体的傾向として圧迫リズムの増加が、圧迫回数を増加させる傾向を示している。

表6は、心臓マッサージとバッグマスクによる人工呼吸の割合を5回押して1回分休む、あるいは5回押して2回分休む、5回押して3回分休む（以下「5対1、5対2、5対3」という。）の所要時間に分け、これらの割合を1サイクルとし、リズムごとの圧迫回数について算定したものである。

表6 人工呼吸割合と心臓圧迫回数

人工呼吸割合	リズム 80回/分	リズム 90回/分	リズム 100回/分
5対1	66.7回/分	75.0回/分	83.3回/分
5対2	57.2回/分	64.2回/分	71.4回/分
5対3	50.0回/分	56.1回/分	62.5回/分

計算例

リズム 100回/分、5対2のサイクル、圧迫回数 71.4回
 $100 \div (5 + 2) \times 2 = 28.57$ 人工呼吸リズム回数
 リズム サイクル 回
 $100 - 28.6 = 71.4$ 圧迫回数

表7は、人工呼吸に要する時間について示したものであり、まず、80回/分リズム5対1の割合で実施した場合、計算上での人工呼吸の所要時間は0.75秒となる。しかし、実際の圧迫回数から人工呼吸の所要時間を算出すると、Aは1.3秒、Bは0.8秒となっている。

表7 人工呼吸に要する時間

対象者	圧迫リズム	心肺蘇生処置5対1の人工呼吸所要時間	本実験による人工呼吸所要時間
A	80回/分	0.75秒/回	1.3秒/回
	90回/分	0.66秒/回	1.2秒/回
B	80回/分	0.75秒/回	0.8秒/回
	100回/分	0.60秒/回	1.6秒/回
C	90回/分	0.66秒/回	1.0秒/回
	100回/分	0.60秒/回	1.1秒/回

次に、90回/分リズム、5対1の割合での所要時間は0.66秒であるのに対し、実際には、Aは1.2秒、Cは1.0秒となっている。

さらに、100回/分リズム、5対1の割合での所要時間は0.6秒であるのに対し、Bは1.6秒、Cは1.1秒となっている。

このことから、5対1の割合での所要時間に比べて実際のバックマスクによる所要時間は、かなり延長している。

以上の結果、表3、4、5を対比させ、医学的見地から圧迫回数の増加が期待されていることなどを踏まえてリズムや人工呼吸の所要時間について考察すると、適正な心臓マッサージのリズムは、100回/分が適正と思料される。また、バックマスクによる適正な人工呼吸に要する時間は、圧迫回数の増加により、5対1の割合の所要時間で実施することは必要量の空気を肺へ送り込むことができないことが考えられる。

したがって、円滑な人工呼吸を行うためには、5対2の割合の所要時間、すなわち1.2秒程度が必要であるといえる。

ウ 空気消費量

空気消費量の変化は、図4、5、6に示すとおりである。

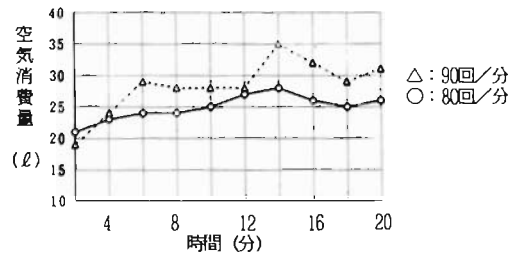


図4 対象者Aの空気消費量

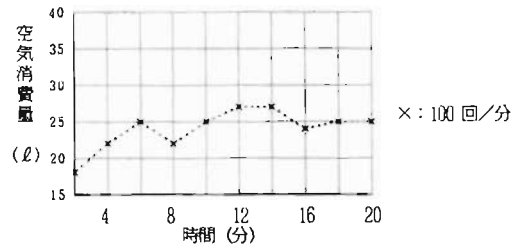


図5 対象者Bの空気消費量

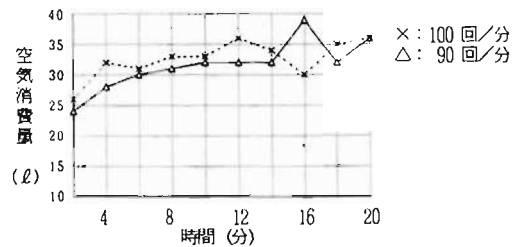


図6 対象者Cの空気消費量

Aは、20分経過時、80回/分の圧迫リズムで26.4ℓ/分、また90回/分の圧迫リズムで31.4ℓ/分となっていた。

対象者Bは、20分経過時、100回/分の圧迫リズムで25.0ℓ/分になっていた。

対象者Cは、20分経過時、90回/分の圧迫リズムで35.6ℓ、100回/分の圧迫リズムで36.2ℓ/分になっていた。

また、丸の内救急隊員の測定結果では、空気消費量は、表8のとおりであり、3分経過時の平均空気消費量は24.5ℓ/分であった。

表8 丸の内消防署の測定結果（空気消費量）

	開始後3分から6分まで	平均ℓ/分
平均	73.6	24.5
例数	35人	

空気消費量と圧迫リズムについて考察すると、AとCは、リズムの増加に伴い、空

気消費量も概ね増加しており、リズムの増加は、身体的負担を増加させているといえる。また、各対象者とも時間の経過により空気消費量は、緩やかに増加しており、時間の経過により身体的負担も緩やかに増加していたといえる。

成人では、安静時約5ℓ/分、運動時の最大空気消費量毎分80~100ℓ/分と言われていることからみて、本実験の各対象者の負荷強度は、20分間の継続運動としては支障ない範囲にとどまった。

エ 握力

表9は、心臓マッサージ実施前後の握力値の変化を示している。

表9 心臓マッサージ実施前後の握力

対象者別	実施前 (kg)	実施後 (kg)		
		80/回	90/回	100/回
対象者A	右	45.50	36.75 (-8.75)	39.25 (-6.25)
	左	34.25	32.75 (-1.50)	28.50 (-5.75)
対象者B	右	50.25	45.00 (-5.25)	47.00 (-3.25)
	左	42.50	42.00 (-0.50)	44.25 (+1.75)
対象者C	右	47.75	34.25 (-13.5)	36.25 (-11.5)
	左	45.25	45.50 (+0.25)	48.25 (+3.00)

対象者Aは、心臓マッサージ実施前に比べ、実施後には、圧迫リズム80回/分、右手は8.75kg、左手は1.5kg減少している。

また圧迫リズム90回/分では、右手は6.25kg、左手は5.75kg減少している。

対象者Bは、心臓マッサージ実施前に比べ、実施後には、圧迫回数80回/分時、右手は5.25kg、左手は0.5kg減少している。

また圧迫回数100回/分時では、右手は3.25kg減少しているが、左手は1.75kg増加している。

対象者Cは、心臓マッサージ実施前に比べ、実施後には、圧迫回数90回/分時、右手は13.5kgの減少しているのに対し、左手は0.25kg増加している。また100回/分時では、右手は11.5kg減少しているのに対し左手は3.0kg増加している。

握力と圧迫リズムについて考察すると、各対象者とも、リズムの増加による握力の低下は明確には認められなかった。しかし、各実施対象者とも左手に比べ、利き手である右手に握力の低下が現れていた。

また、なかにはウォームアップ効果あるいは慣れ等により、左手の握力が実施前に比べ実施後に増加する特徴ある対象者も若干みられた。

オ 主訴

心臓マッサージ実施時の主訴は、表10に示すとおりである。

表10 心臓マッサージ実施前後の主訴

対象者別	手首が痛い	手首がだるい	足がだるい
対象者A	80回/分	80回/分	
	90回/分	90回/分	90回/分
対象者B	80回/分	80回/分	
	100回/分	100回/分	
対象者C	90回/分		
		100回/分	

心臓マッサージ実施後の主訴については、手首が痛いや手首がだるいなどの局部にかかる負担の訴えが各対象者に多くなっていた。しかし、リズムの違いによる相違は、みられなかった。

- (2) 心臓マッサージ実施時のリズムと圧迫度合
心臓マッサージ実施時の圧迫度合の不足は、図7、8、9に示すとおりである。

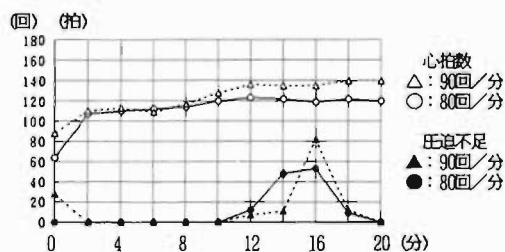


図7 対象者Aの圧迫不足回数

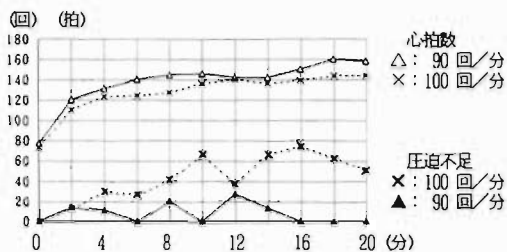


図8 対象者Bの圧迫不足回数

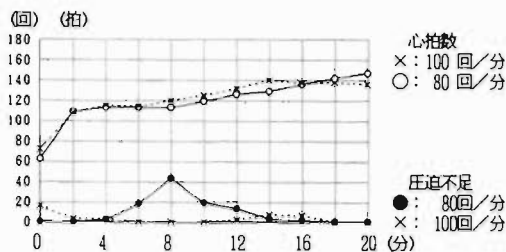


図9 対象者Cの圧迫不足回数

Aは、80回/分及び90回/分リズムとも、10分を経過した頃から圧迫不足が徐々に現れ16分経過時、両リズムともピークに達した。

Bの圧迫不足は、80回/分リズムでは、8分までピークとなり、以後徐々に減少した。

また、100回/分リズムでの圧迫不足は、開始早々と14分頃に若干みられたが、今回の測定中で最も少なかった。

Cの圧迫不足は、90回/分リズムでは、前半から中頃までみられるが、16分以降は全くみられない。同様に、100回/分リズムでは開始早々から終了まで徐々に増加している。

なお、本実験においては、心臓マッサージ実施中に圧迫不足や後述する圧迫位置ずれが生じた場合、測定者がその旨を対象者に指摘した。

以上のことから、圧迫不足とリズム等の関係について考察すると、まず圧迫不足の発現時間については、どのリズムでも対象者により異なっており、一定した傾向はみられなかった。

次に、圧迫不足とリズムについて、Aでは80回/分と90回/分リズムとの間にほとんど差はみとめられず、Bでは、80回/分リズムの方が100回/分リズムよりかなり多く、Cでは90回/分リズムより100回/分リズムの方

が多くなっている。

以上のことから、リズム速度が増加すれば圧迫不足の回数がそれに伴って、増加するとは必ずしもいえない。

むしろ、訓練により圧迫不足回数の減少できることをうかがわせる。

(3) 心臓マッサージ実施時の圧迫位置ずれ

心臓マッサージ実施時の圧迫位置ずれは、図10, 11, 12に示すとおりである。

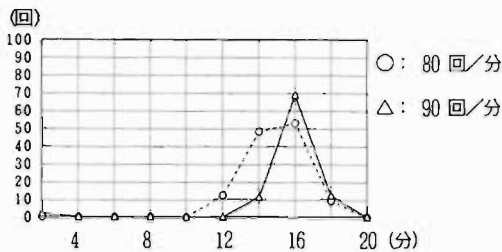


図10 対象者Aの位置ずれ回数

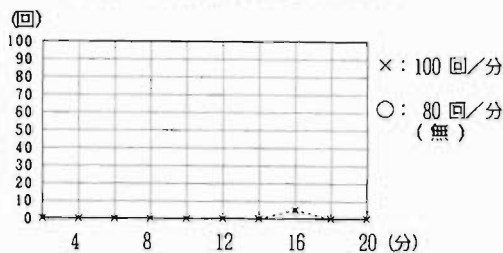


図11 対象者Bの位置ずれ回数

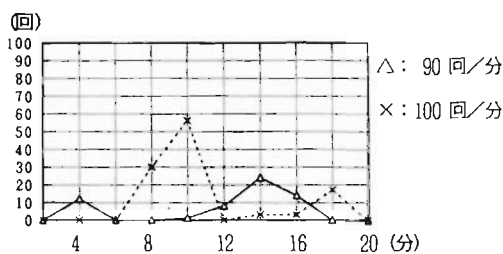


図12 対象者Cの位置ずれ回数

Aは、80回/分及び90回/分リズムとも圧迫位置ずれは、12分を経過した頃から急激に増加している。

同様に、Bは、80回/分リズムでは、皆無であった。また、100回/分リズムでは、16分を経過した頃若干みられた。

同じく、Cは、90回/分リズムでは、4分頃と14分頃に多くみられた。また、100回/分リズムでは、10分経過時にピークに達し、以後急減して18分に幾分多くなり、その後減少

していた。

以上のことから、圧迫リズムと圧迫位置ずれの関係について考察すると、一定の傾向は認められず、むしろ、個人差が著しい。

発現頻度からみた場合、圧迫不足の傾向との類似が認められる。したがって、ここでも圧迫不足の場合と同様、圧迫リズムと圧迫位置ずれとの相関は認められず、個人差の方が顕著に現れたことから、100回/分リズムでも訓練により圧迫位置ずれは十分減少できることが推定される。

6. まとめ

- (1) 用手心臓マッサージの圧迫リズムは、B対象者が100回/分の圧迫リズムで65.7回の心臓圧迫を、C対象者が100回/分で73.5回と安定して実施しており、身体的負担からみても安全であるといえる。また、医学的見地から心臓圧迫回数の増加が求められていることなどを勘案すると、毎分100回のリズムは、十分実施可能であるといえる。

しかし、バックマスクによる所要時間は、圧迫回数の増加により短縮することが難しいので、100回/分のリズムとした場合、心臓マッサージと人工呼吸は5対2の割合のタイミングが適正であると認められる。

- (2) 生理的負担等についてみると、空気消費量や握力の身体的負担は、安全限度内にあると認められ、また、心拍数からみた運動強度についても最も高い対象者で160拍/分であり

これは、一般的にいわれている最高心拍数(220-対象者の年齢)には、かなり余裕があることから、安全範囲内であるといえる。

しかし、走行時には、車両の揺れが加わる等、身体的負担は本実験時よりも厳しくなることが予測されることから、交替時期についての配慮が必要である。

- (3) 対象者Bは、100回/分圧迫リズムの方が80回/分圧迫リズムよりも、圧迫不足や圧迫位置ずれの発現が少なくなっており、このことは、圧迫リズムを早めるとミスが増加するとは必ずしもいえないことを示している。

したがって、100回/分圧迫リズムは、人間が生得的に有する体内リズムと不一致のものではなく、故に訓練により十分習熟出来ることが可能といえる。

- (4) 用手心臓マッサージは、隊員に不自然な前傾や中腰姿勢での作業を強いるとともに、対象者の主訴「手首が痛い」など局部に筋負担が集中しているので、実施時間に対する配慮が必要といえる。

【参考文献】

- * 山地啓司 心拍数の科学(昭和58年)
P60 大修館書店

【参考資料】

- 1 心臓マッサージ実施時の心拍数
- 2 空気消費量
- 3 救急技術効果確認実施時の圧迫回数