

胸骨圧迫心マッサージにおける循環動態の検討

(特に胸骨圧迫率の及ぼす効果)

東京女子医科大学 第二外科学教室 (主任: 織畑秀夫教授)

カン ベ トモ ミツ
神 戸 知 充

(受付昭和59年5月24日)

**Hemodynamic Effects of the Depth of Chest Compression
during External Cardiac Massage****Tomomitsu KAMBE**

Department of Surgery (Director: Prof. Hideo ORIHATA)

Tokyo Women's Medical College

The chest compression of the conventional cardiac massage is expected to be unsatisfied and harmful. Because, there are differences in thickness of the chest, and a depth for the sternal compression was limited within a few centimeters. (We think it might become over done or not enough.)

Therefore, we would discuss the hemodynamic effects of the depth of chest compression during cardiac massage in clinical application.

Thirteen failed cases of the resuscitation in conventional external cardiac massage method, were discussed by 4 combinations of the compression depth (A: 15%, B: 20%, C: 25%, D: 30%) with its frequency of 60 times/min. Then we measured the femoral arterial pressure, pulmonary arterial pressure, pulmonary capillary wedge pressure (PCWP), central venous pressure (CVP), cardiac out put, arteriovenous blood gas analysis and made a discussion of them.

1) Femoral systolic arterial pressure (SYS) and cardiac index (CI) increased as the depths of cardiac compression was extended. In B, C and D, no significant difference among them, but better and higher value than A was noted significant in statistics, and in mean femoral arterial pressure, C was noted better and higher value than B.

2) When the depth of chest compression was extended, the pulmonary systolic arterial pressure (PAS), PCWP and CVP increased too. When the depth of compression was 15%, these pressure were statistically the lowest level and desirable for an organism. With the depth of compression being 30%, these were the highest and disadvantageous for an organism. However, when the depth were 20% and 25%, these pressure were moderately elevated, so we thought that the depth of 20% and 25% were relatively less harmful to the organism.

3) Blood gas analysis was not found satisfactory results, because the lung condition of objects were not good.

4) The complication was thoracic cage injury only. We thought that, this complication was not disturbed in the resuscitation. But, massage D the fracture of rib cartilages in all cases, and multiple ribs fracture and sternal fracture in 3 cases were found. After the resuscitation because of thoracic injury, artificial respiration may be necessary. Under 25% depth of chest compression, somewhat fracture of rib cartilage was not made any problem.

5) As above, 25% depth of chest compression, SYS and CI were high value in statistic and effective, and PAS, PCWP and CVP increased moderately and the possibility of damage was rare, and the compression was more light. The result was safe and effective.

6) The effects of the conventional cardiac massage method was equivalent to the effects of massage

B, C and D, and became over done or not enough. Then, we produced by way of experiment the “External Chest Compression Indicator”, so as to keep the most appropriate 25% depth of the chest compression.

目 次

緒言

目的

対象と方法

1) 対象

2) 胸骨圧迫率と圧迫回数の設定

3) 循環動態の測定

結果

1. 血行動態

a) 大腿動脈圧

b) 肺動脈圧

c) 平均肺動脈楔入圧

d) 平均中心静脈圧

e) 心係数

f) 小括

2. 動静脈血液ガス分析

a) 大腿動脈血酸素分圧

b) 混合静脈血酸素分圧

c) 大腿動脈血酸素飽和度

d) 混合静脈血酸素飽和度

e) 分時酸素運搬量係数

f) 小括

3. 合併損傷

4. 従来の胸骨圧迫心マッサージとの比較

5. 胸骨圧迫率を表示する装置の開発

1) 目的

2) 構造

考察

総括と結論

文献

緒 言

蘇生法において、かつては人工呼吸が主体であったが、現在では、それと共に心マッサージがより重要と考えられるようになった。

心マッサージは、心臓外科の発達と共にまず閉胸式が行なわれ、心マッサージの有効性が確立された。次いで昭和35年5月、織畑は¹⁾、人工呼吸兼閉胸式心マッサージを経験し、その効果を認めた。その頃アメリカ合衆国でも、閉胸式心マッサージ

の研究が²⁾、Kouwenhoven, Knickerbocker ら²⁾により発表され、現在行なわれているような胸骨圧迫心マッサージ法が確立された。やがて、この方法は、世界に広まり、救急隊員は勿論、一般市民のボランティアにも普及し、突発的心停止の救急法として高く評価された。我国においても、種々の研究が行なわれており、教室でも、栗原³⁾、飯塚⁴⁾、岩崎⁵⁾、山添⁶⁾、OEI⁷⁾らの研究がある。OEI⁷⁾は、犬を用いた実験で、胸骨圧迫率に関し、胸壁の厚さの30% stroke がより良い効果を示すとしているが、臨床例におさける適確な圧迫率の規定が不明確であるため、患者の体格の違いにより、不十分な圧迫であったり、あるいは逆に過剰な圧迫により合併症を来すことも報告⁸⁾⁻¹³⁾されている。至適な胸骨圧迫率を、各々の患者の体格(胸の厚さ)に応じて設定できれば、胸骨圧迫心マッサージは、より安全で、安定した効果を期待できるものになると考えられる。心マッサージにおいて、胸骨圧迫率の相違による効果や弊害等を、循環動態から検討した報告は少ない。

著者は、入院中に種々の循環動態が計測され管理されていた患者で、心停止を来した症例において、胸骨圧迫心マッサージを行ない、胸骨圧迫率の循環動態に及ぼす影響、及び剖検により病理学的変化を調べ、心マッサージの効果と安全性について検討した。

目 的

現在行なわれている胸骨圧迫心マッサージは、諸家²⁾¹⁴⁾により色々と解説されている。しかし、胸骨圧迫率について、一定の基準が設けられていないため、体格の異なる場合に不充分であったり、傷害を与えたりすることが予想される。この点について、臨床における成人の心停止患者に対し、種々な胸骨圧迫率による心マッサージを行ない、その効果と傷害を明らかにし、有効かつ安全にして、至適な胸骨圧迫率を得るためにこの研究を行なった。

対象と方法

1) 対象

東京女子医科大学一般外科（第二外科）において、1981年3月より9月までの間に、人工呼吸と心マッサージを行なった各種重症患者13例を対象とした（表1）。これらの症例は、全例挿管され、Benett MA-1またはMA-2により人工呼吸下に管理され、種々の循環動態が計測されていたが、その経過中に心停止を来し、麻酔器によるFiO₂ 1.0毎分15回の人工呼吸と、約15～30分間の非作為的な従来の胸骨圧迫心マッサージを含めたあらゆる蘇生法の施行により回復せず、蘇生不能と判定した。この時点で、引き続きFiO₂ 1.0毎分15回の人工呼吸と、圧迫回数毎分60回で、胸骨圧迫率15%（以下Aと略す）、20%（以下Bと略す）、25%（以下Cと略す）、および30%（以下Dと略す）の心マッサージを、それぞれ約20分程度順次に行ない、安定した時点での各々の循環動態を計測した。

2) 胸骨圧迫率と圧迫回数の設定

胸骨圧迫率は、胸の厚さを100%として設定した。成人の胸の厚さは約20cm程度（今回の対象では、平均 19.58 ± 1.81 cm）で、これに対する従来から言われている胸骨圧迫幅（3～5cm²）は、率として15～25%となる。さらに、当教室OEI⁷⁾の実験結果で有効となった胸壁の厚さの30% strokeを臨床で検討するために加え、胸骨圧迫率は、段階的に15%、20%、25%、30%の4通りに装置を設定して圧迫した（図1）。

また圧迫回数は、従来から言われ、当教室の栗

表1 対象

症例数	13例	
性（男：女）	11：2	
年齢	61.3±10.4歳（Mean±SD）	
体重	55.0±10.1kg	
体表面積	1.545±0.145m ²	
胸厚	19.58±1.81cm	
基礎疾患	肝硬変症	5例
	胃癌	3例
	全結腸蜂窩織炎	2例
	肺癌	1例
	下腸間膜動脈閉塞症	1例
全腸管蜂窩織炎	1例	

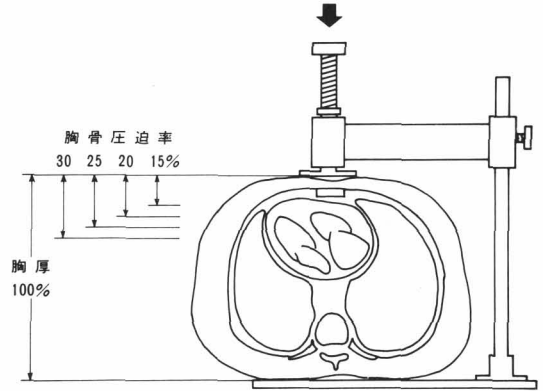


図1 胸骨圧迫率の設定

原³⁾の実験でも有効であった毎分60回とした。

胸骨圧迫率の制御は、直接徒手だけで行なうと、不正確となるため、試作した手動型胸骨圧迫率制御装置（トノクラ医科工業 K.K.製）（写真1）を使用した。

3) 循環動態の測定（図2）

循環動態の指標として、心電図、大腿動脈圧、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、中心静脈圧、心拍出量、動脈血・混合静脈血ガス分析値、血色素量を測定した。

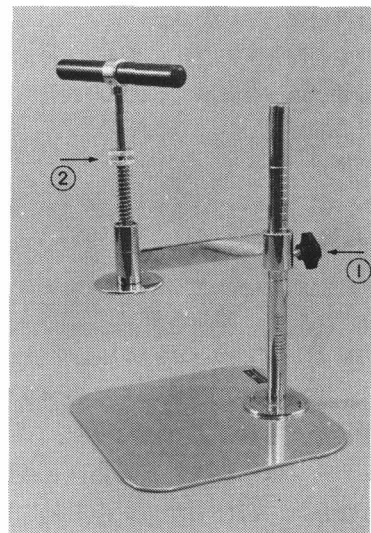


写真1 手動型胸骨圧迫率制御装置（トノクラ医科工業 K.K.製）

① 胸厚調節ネジ ② 胸骨圧迫率調節ネジ

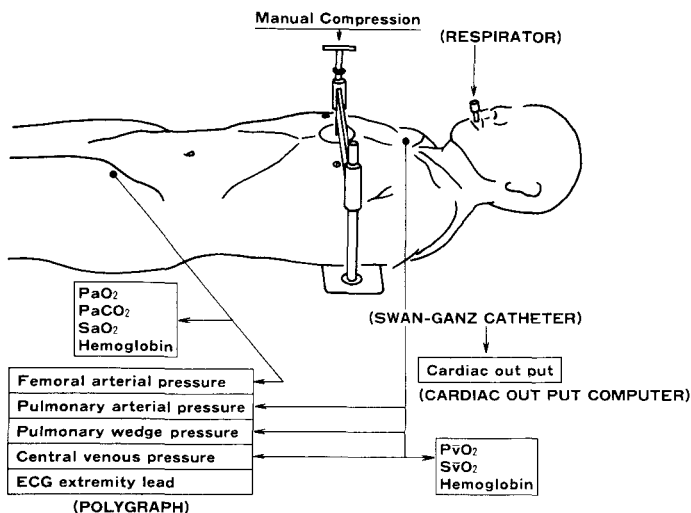


図2 臨床計測の概略

付表 略 語

SYS : Systolic arterial pressure	CVP : Central venous pressure
DIA : Diastolic arterial pressure	CI : Cardiac index
MAP : Mean arterial pressure	PaO ₂ : Arterial O ₂ tension
PAS : Pulmonary arterial pressure-systolic	PvO ₂ : Mixed venous O ₂ tension
PAD : Pulmonary arterial pressure-diastolic	SaO ₂ : Arterial Hb saturation
PAM : Pulmonary arterial pressure-mean	SvO ₂ : Mixed venous Hb saturation
PCWP : Pulmonary capillary wedge pressure	O ₂ AVI : O ₂ availability index

心電図は、四肢誘導（第2誘導）とし、心電図増幅器（TYPE₁₂₅₀C, 三栄測器 K.K.）を用いた。

大腿動脈圧は、19G エラスターを、大腿動脈に穿刺留置し、圧力 Transducer, 血圧増幅器（MPU-_{0.5} TYPE₁₂₃₆, 三栄測器 K.K.）に接続し測定した。

肺動脈圧と肺動脈楔入圧は、Swan-Ganz Flow-Directed Thermodilution Catheter（Model 93A-131-7F, EDWARDS LABORATORIES INC）を正中静脈より挿入留置し、圧力 Transducer, 血圧増幅器（MPU-_{0.5} TYPE₁₂₃₆, 三栄測器 K.K.）に接続し測定した。

中心静脈圧は、鎖骨下静脈より刺入した中心静脈カテーテルまたは Swan-Ganz Catheter を使用し、圧力 Transducer, 血圧増幅器（LPU-_{0.1}, TYPE₁₂₃₇, 三栄測器 K.K.）に接続し測定した。

これらの血圧増幅器は、POLYGRAPH（142-8, 三栄測器 K.K.）を用い、RECTI GRAPH 8S（三栄測器 K.K.）に接続し記録した。

心拍出量は、Swan-Ganz Catheter を使用し、Thermodilution Cardiac Out Put Computer（Model 9520, Edwards Laboratories INC）に接続し、0～1℃の5%ブドウ糖液5mlの注入により計測した。

動脈・静脈血ガス分析のために、動脈血を大腿動脈留置カテーテルより、混合静脈血を Swan-Ganz Catheter より採取し、ABL₂ ACID-BASE LABORATORY（RADIOMETER 社）でガス分析および、血色素を測定した。

なお、成績は、平均値±標準偏差（Mean±SD）で示し、統計学的有意差の検定は、すべて対応しているため、paired-t-test を施行し、p<0.05 をもって有意差有りとした。

結 果

1. 血行動態（表2）

a) 大腿動脈圧

大腿動脈収縮期圧（SYS）（図3）は、心マッサージのA（胸骨圧迫率15%）で49.0±19.4mmHg, B

表2 各心マッサージによる血行動態 (Mean±SD)n=13

心マッサージ	SYS mmHg	DIA mmHg	MAP mmHg	PAS mmHg	PAD mmHg	PAM mmHg	PCWP mmHg	CVP mmHg	CI l/min/M ²
A	49.0±19.4	1.2±1.3	18.0±7.6	37.0±12.0	2.4±1.3	14.5±5.8	12.8±7.6	8.8±4.1	0.95±0.92
B	60.6±25.9	0.5±1.5	21.4±8.9	49.4±17.5	2.3±1.4	19.0±6.7	14.7±6.9	11.5±3.9	1.20±0.43
C	65.0±26.5	0.5±2.0	24.2±10.8	52.8±21.5	0.5±1.5	19.4±7.0	16.3±8.3	12.8±4.5	1.39±0.56
D	69.9±21.7	-0.6±1.9	24.9±9.1	61.5±22.0	-0.4±1.3	21.6±6.6	18.5±8.2	15.7±5.6	1.40±0.45

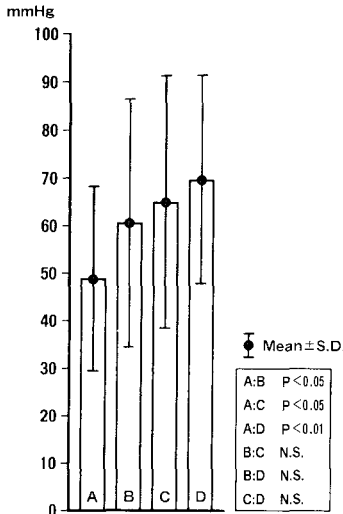


図3 大腿動脈収縮期圧 (SYS)

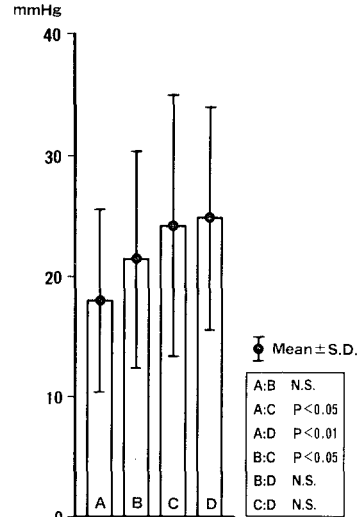


図4 平均大腿動脈圧 (MAP)

(圧迫率20%)で 60.6 ± 25.9 mmHg, C (圧迫率25%)で 65.0 ± 26.5 mmHg, D (圧迫率30%)で 69.9 ± 21.7 mmHgと、胸骨圧迫率が大きくなると増加している。B ($p < 0.05$), C ($p < 0.05$), D ($p < 0.01$)のSYSはAより有意に高い、またB,C,DのSYSは互いに有意差は認められない。

大腿動脈拡張期圧(DIA)は、心マッサージのA (15%)で 1.2 ± 1.3 mmHg, B (20%)で 0.5 ± 1.5 mmHg, C (25%)で 0.5 ± 2.0 mmHg, D (30%)で -0.6 ± 1.9 mmHgと胸骨圧迫率が大きくなると低下する傾向があるが、統計的には有意差は認められなかった。

平均大腿動脈圧 (MAP)(図4)は、心マッサージのA (15%)で 18.0 ± 7.6 mmHg, B (20%)で 21.4 ± 8.9 mmHg, C (25%)で 24.2 ± 10.8 mmHg, D (30%)で 24.9 ± 9.1 mmHgとなった。SYSと同じく胸骨圧迫率が大きい程増加したが、AとB、

BとD, CとDのMAPはそれぞれ有意差が認められない。しかし、C ($p < 0.05$)とD ($p < 0.01$)はAより有意に高く、またC ($P < 0.05$)はBより有意に高くなっている。

b) 肺動脈圧

肺動脈収縮期圧(PAS)(図5)は、心マッサージのAで 37.0 ± 12.0 mmHg, Bで 49.4 ± 17.5 mmHg, Cで 52.8 ± 21.5 mmHg, Dで 61.5 ± 22.0 mmHgと、正常値¹⁵⁾(35mmHg ↓)より高く、胸骨圧迫率が大きくなる程増加する傾向がある。しかし、SYSより常に約10mmHg程度低い値となった。B, C, DのPASはAより有意に高い($p < 0.01$)。DのPASはB ($p < 0.01$), C ($p < 0.05$)より有意に高く、BとCでは有意差が認められなかった。

肺動脈拡張期圧(PAD)は、心マッサージのAで 2.4 ± 1.3 mmHg, Bで 2.3 ± 1.4 mmHg, Cで

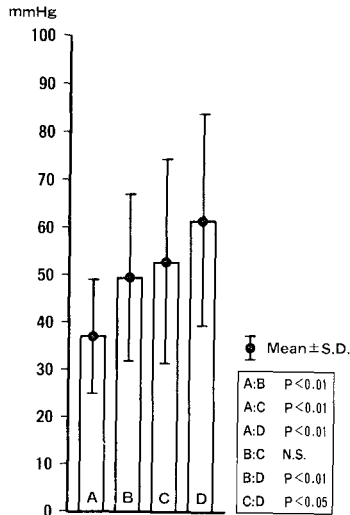


図5 肺動脈収縮期圧 (PAS)

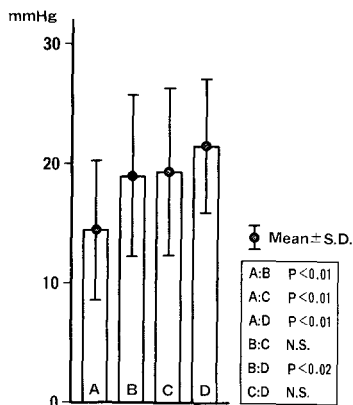


図6 平均肺動脈圧 (PAM)

0.5±1.5mmHg, Dで-0.4±1.3mmHgと、胸骨圧迫率が大きくなると低下し、DIAと同じ傾向であるが、DIAよりやや高い値であった。また統計的には有意差は認められない。

平均肺動脈圧 (PAM) (図6) は、心マッサージのAで14.5±5.8mmHg, Bで19.0±6.7mmHg, Cで19.4±7.0mmHg, Dで21.6±6.6mmHgとなった。PAMは、SYS, MAPと同じく胸骨圧迫率が大きい程高くなる傾向であったが、MAPより常に低値であった。B, C, DのPADはAより有意に高く (P<0.01), DはBより有意に高い (P<0.02)。しかし、BとC, またCとDの間には有意差は認められない。

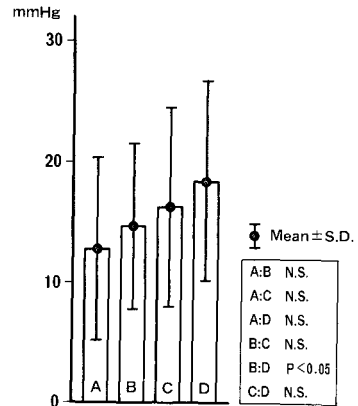


図7 平均肺動脈楔入圧 (PCWP)

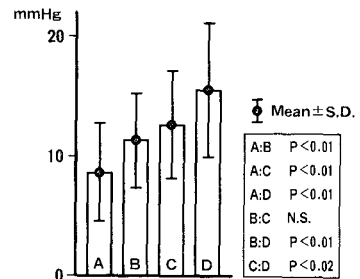


図8 平均中心静脈圧 (CVP)

c) 平均肺動脈楔入圧 (PCWP) (図7)

心マッサージのAで12.8±7.6mmHg, Bで14.7±6.9mmHg, Cで16.3±8.3mmHg, Dで18.5±8.2mmHgと胸骨圧迫率が大きくなると増加する傾向があり、B, C, Dは正常値 (5~13mmHg)¹⁵⁾を上まわっていた。しかしMAPやPAMより常に低値となった。統計的には、DがBより有意に高値となった (p<0.05) 以外は、有意差は認められなかった。

d) 平均中心静脈圧 (CVP) (図8)

計測されたデータの dimension は [cmH₂O] であるが、1.36で除することにより [mmHg] に変換し処理をした。

心マッサージのAでは8.8±4.1mmHg, Bで11.5±3.9mmHg, Cで12.8±4.5mmHg, Dで15.7±5.6mmHgと、胸骨圧迫率が大きくなると増加する傾向があったが、MAP, PAM, PCWPより常に低値であった。B, C, DのCVPはAより有

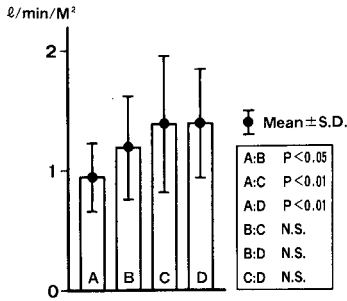


図9 心係数 (CI)

意に高く (P<0.01), また D は B (P<0.01), C (p<0.02) より有意に高い, B と C の CVP の間には有意差は認められなかった。

e) 心係数 (CI) (図9)

心係数 [心拍出量/体表面積] は心マッサージの A で $0.95 \pm 0.29 \text{ l/min/M}^2$, B で $1.20 \pm 0.43 \text{ l/min/M}^2$, C で $1.39 \pm 0.56 \text{ l/min/M}^2$, D で $1.40 \pm 0.45 \text{ l/min/M}^2$ と正常値 ($3.1 \pm 0.21 \text{ l/min/M}^2$)¹⁵⁾ の1/2以下であったが, 胸骨圧迫率が大きくなると増加する傾向があった, B (p<0.05), C (p<0.01), D (p<0.01) の CI は A より有意に高く, B と C と D の CI の間には有意差が認められなかった。

f) 小括

大腿動脈収縮期圧, 平均大腿動脈圧, 心係数は, 蘇生不能な状態であるため, 全体的に低いが, 胸骨圧迫率が増す程増加し, 生体に有利となる。しかし, 統計的には, 3者に共通して, 胸骨圧迫率が25%と30%では有意差なく, 効果は同じとなり, 15%, 20%より有効となった。

平均肺動脈圧は, 肺動脈拡張期圧が低いため, ほぼ正常域となったが, 肺動脈収縮期圧, 肺動脈楔入圧, 中心静脈圧は異常に高くなった。これら

は, 胸骨圧迫率が増す程増加する傾向にあり, 統計的にも, 胸骨圧迫率15%の時最も低く生体に好ましく, 30%の時最も高くなり, 生体に不利となる。しかし, 20%と25%の時は中等度の上昇であった。

よって血行動態からみると, 胸骨圧迫率が25%の心マッサージは, 大腿動脈収縮期圧, 平均大腿動脈圧, 心係数が総計的に高く効果的で, 肺動脈収縮期圧, 平均肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 中心静脈圧の上昇は中等度で, 比較的安全なものとなっている。

2. 動静脈血液ガス分析 (表3)

a) 大腿動脈血酸素分圧 (PaO₂) (図10)

心マッサージの A で $87.7 \pm 87.9 \text{ mmHg}$, B で $83.2 \pm 89.4 \text{ mmHg}$, C で $84.4 \pm 85.5 \text{ mmHg}$, D で $84.7 \pm 76.9 \text{ mmHg}$ となった。A, B, C, D の PaO₂ は互いに有意差は認められなかった。

b) 混合静脈血酸素分圧 (Pv̄O₂) (図11)

心マッサージの A で $26.8 \pm 5.9 \text{ mmHg}$, B で $30.1 \pm 8.3 \text{ mmHg}$, C で $32.0 \pm 12.6 \text{ mmHg}$, D で

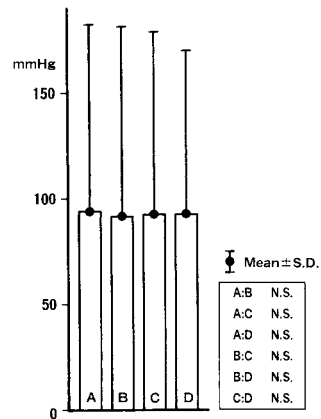


図10 大腿動脈血酸素分圧 (PaO₂)

表3 各心マッサージによる動静脈血液ガス分析 (Mean ± SD) n=13

心マッサージ	PaO ₂ mmHg	Pv̄O ₂ mmHg	SaO ₂ %	Sv̄O ₂ %	O ₂ AVI ml/min/M ²
A	87.7 ± 87.9	26.8 ± 5.9	84.1 ± 12.1	33.7 ± 15.5	114.5 ± 42.7
B	83.2 ± 89.4	30.1 ± 8.3	78.2 ± 14.1	36.8 ± 14.6	130.5 ± 55.6
C	84.4 ± 85.5	32.0 ± 12.6	72.6 ± 27.3	39.6 ± 19.6	136.1 ± 84.0
D	84.7 ± 76.9	37.7 ± 14.8	74.1 ± 24.2	47.5 ± 22.5	127.7 ± 60.3

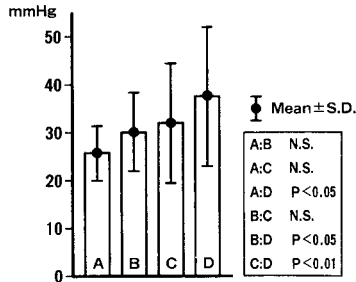


図11 混合静脈血酸素分圧 (PvO₂)

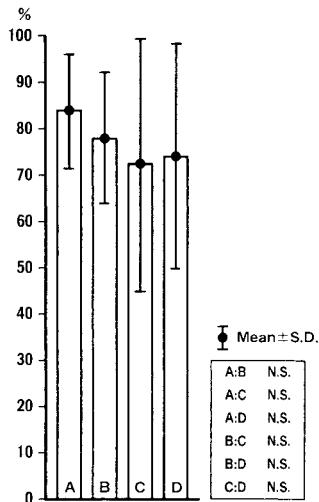


図12 大腿動脈血酸素飽和度 (SaO₂)

37.7±14.8mmHg と、胸骨圧迫率が大きくなると増加し、正常値 (40mmHg)¹⁵⁾に近づいた。A, B, CのPvO₂は互いに有意差なく、DのPvO₂は、A (p<0.05), B(p<0.05), C(p<0.01)の時より有意に高くなった。

c) 大腿動脈血酸素飽和度 (SaO₂) (図12)

心マッサージのAで84.1±12.1%, Bで78.2±14.1%, Cで72.6±27.3%, Dで74.1±24.2%となった。これらのSaO₂は互いに有意差は認められなかった。

d) 混合静脈血酸素飽和度 (Sv-O₂) (図13)

心マッサージのAで33.7±15.5%, Bで36.8±14.6%, Cで39.6±19.6%, Dで47.5±22.5%と胸骨圧迫率が大きくなると増加したが、正常値 (70~75%)¹⁵⁾には及ばず、DのSvO₂が、B (p<0.05), C (p<0.02)より有意に高かった。

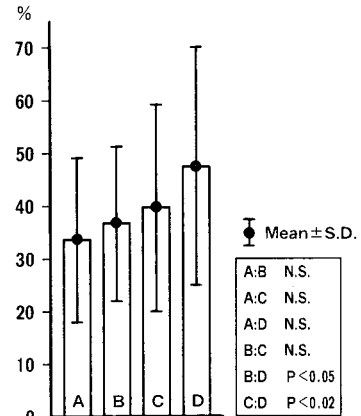


図13 混合静脈血酸素飽和度 (SvO₂)

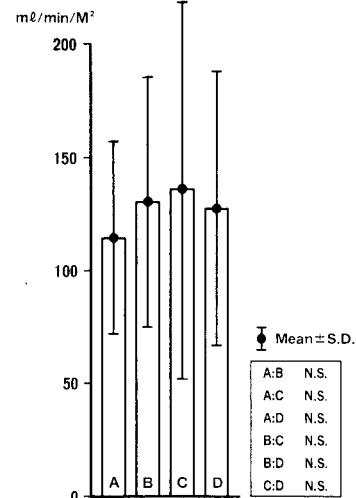


図14 分時酸素運搬量係数 (O₂AVI)

e) 分時酸素運搬量係数 (O₂AVI) (図14)

分時酸素運搬量係数 [(PaO₂ × 0.0031 + Hb × 1.39 × SaO₂ / 100) × CO / 体表面積]は、心マッサージのAで114.5±42.7ml/min/M², Bで130.5±55.6ml/min/M², Cで136.1±84.0ml/min/M², Dで127.7±60.3ml/min/M²と低いですが、分時酸素消費量係数の正常値 (140±25ml/min/M²)¹⁵⁾に近い値となった。心マッサージCの時高くなっているが、統計的には、A, B, C, Dは互いに有意差は認められなかった。

f) 小括

血液ガス分析値は、重症で蘇生不能状態である

ためか、FiO₂ 1.0で人工呼吸を行なったにも拘わらず、全体に低く不良なデータであった。

混合静脈血酸素分圧および飽和度は、心マッサージ胸骨圧迫率30%の時有意に高い他は、血液ガス分析値に有意差は認められず、胸骨圧迫率に関し、血液ガス分析値はほぼ同等なものであった。

3. 合併損傷

従来の非作為的な胸骨圧迫心マッサージ後、胸骨圧迫率15%、20%、25%までの心マッサージでは、体表面からの触診で、13例中6例に肋軟骨骨折が認められただけで、骨折部の転位もほとんどないが、胸骨圧迫率30%の心マッサージ後には、体表面からの触診で、13例全例に第3～8肋軟骨骨折が認められ、この内3例には同一肋骨が数カ所で骨折し、さらに胸骨骨折も合併しており、骨折部の変形が軽度に認められたが、骨折の転位はほとんどない状態であった。

また、剖検を行なった8症例では、肋軟骨、肋骨、胸骨の骨折部の骨膜損傷は認められず、他に胸腹腔内臓器損傷や出血も認められない。したがって、合併損傷の面からみると、胸骨圧率30%よりも25%までの方が安全と言える。

4. 従来の胸骨圧迫心マッサージとの比較

今回の対象13症例に対し、心マッサージのA(15%)、B(20%)、C(25%)、D(30%)を施行する前に行なった従来の胸骨圧迫心マッサージ中の循環動態は、大腿動脈収縮期圧(SYS): 69.8±20.3mmHg, 大腿動脈拡張期圧(DIA): -3.2±2.4mmHg, 平均大腿動脈圧(MAP): 24.5±8.1mmHg, 肺動脈収縮期圧(PAS): 51.9±13.3mmHg, 肺動脈拡張期圧(PAD): 2.0±1.5mmHg, 平均肺動脈圧(PAM): 20.0±5.1mmHg, 平均肺動脈楔入圧(PCWP): 16.0±6.0

mmHg, 平均中心静脈圧(CVP): 14.8±5.4mmHg, 心係数(CI): 1.30±0.53l/min/M², 動脈血酸素分圧(PaO₂): 86.5±72.7mmHg, 混合静脈血酸素分圧(PvO₂): 34.3±9.8mmHg, 動脈血酸素飽和度(SaO₂): 75.9±21.2%, 混合静脈血酸素飽和度(SvO₂): 40.8±17.0%, 分時酸素運搬量係数(O₂AVI): 136.0±71.4ml/min/M²(Mean±SD)であった(表4)。

非作為的に行なった従来の心マッサージの諸種の値を、A, B, C, Dのそれと比較すると、SYSはCとDの間、DIAはDより低く、MAPはCとDの間、PASはBとCの間、PADはBとCの間、PAMはCとDの間、PCWPはBとCの間、CVPはCとDの間、CIはBとCの間、PaO₂はAとBの間、PvO₂はCとDの間、SaO₂はBとCの間、またはDより高く、SvO₂はCとDの間、O₂AVIはBとC、またはCとDの間である(表5)。

したがって、非作為的な従来の心マッサージの圧迫率は、20%、25%、30%の間に散らばる混ざったもので、胸骨圧迫における過不足があると想像される。前述の至適の胸骨圧迫率25%の検討からも、25%以上30%未満での循環動態は特に効果的とは言えず、補助心マッサージの場合を考えると、30%の胸骨圧迫率は過剰と思われ、25%に合わせた胸骨圧迫率を維持することが望まれる。

5. 胸骨圧迫率を表示する装置の開発(写真2)

1) 目的

従来の徒手による非作為的な胸骨圧迫心マッサージでは、その効果からみると圧迫率が20%、25%、30%の間に散らばる混合形で、不安定であり、過不足を認めたので、胸骨圧迫率を25%に保つ必要があると考え、それに必要な装置を試作し

表4 従来の胸骨圧迫心マッサージによる循環動態 (Mean±SD)n=13

SYS mmHg	DIA mmHg	MAP mmHg	PAS mmHg	PAD mmHg	PAM mmHg	PCWP mmHg	CVP mmHg	CI l/min/M ²
69.8±20.3	-3.2±2.4	24.5±8.1	51.9±13.3	2.0±1.5	20.0±5.1	16.0±6.0	14.8±5.4	1.30±0.53
PaO ₂ mmHg	PvO ₂ mmHg	SaO ₂ %	SvO ₂ %	O ₂ AVI ml/min/M ²				
86.5±72.7	34.3±9.8	75.9±21.2	40.8±17.0	136.0±71.4				

表5 各心マッサージと従来の胸骨圧迫心マッサージによる循環動態計測値(Mean)の比較

各心マッ サージ	SYS	DIA	MAP	PAS	PAD	PAM	PCWP	CVP	CI	PaO ₂	PvO ₂	SaO ₂	SvO ₂	O ₂ AVI
15%(A)	49.0	1.2	18.0	37.0	2.4	14.5	12.8	8.8	0.95	87.7	26.8	84.1	33.7	114.5
										86.5				
20%(B)	60.6	0.5	21.4	49.4	2.3	19.0	14.7	11.5	1.20	83.2	30.1	78.2	36.8	130.5
				51.9	2.0		16.0		1.30			75.9		136.0
25%(C)	65.0	0.5	24.2	52.8	0.5	19.4	16.3	12.8	1.39	84.4	32.0	72.6	39.6	136.1
	69.8		24.5			20.0		14.8			34.3		40.8	136.0
30%(D)	69.9	-0.6	24.9	61.5	-0.4	21.6	18.5	15.7	1.40	84.7	37.7	74.1	47.5	127.7
		-3.2										75.9		

□ の数値は従来の胸骨圧迫心マッサージでの計測値

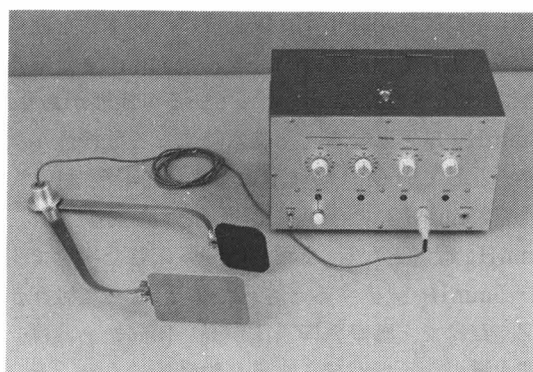


写真2 胸骨圧迫率表示監視装置（日本光電東京株式会社製）

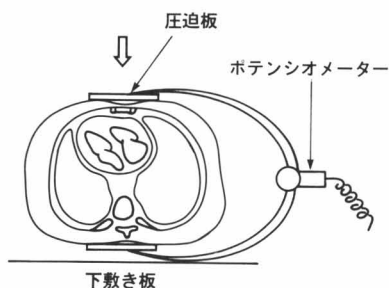


図15 胸厚の計測、構造

た。

2) 構造

① 胸厚の計測（図15）

装着可能な胸厚（非圧迫時）の範囲は、5～30cm

（乳児～成人）で、胸厚（変位）を角度に変え、ポテンシオメーターで電圧に変換するキャリパーの板を背中と胸骨下1/3にあて、その状態で装置のボタンを押し胸厚を記憶させる。

② 胸骨圧迫率

至適の胸骨圧迫と、過剰の圧迫を知るために、最低と最高限度の胸骨圧迫率を設定する2つのダイヤルを有し、各々20～30%に可変出来る。この胸骨圧迫率は、先に装置が記憶した胸厚から自動的に計算される。

③ 警告機構

例えば、胸骨圧迫率を25～27%に設定した場合、胸骨圧迫率25%に達すると、緑のランプと、プーという連続音で知らせる。

設定した胸骨圧迫率に達しない場合は、ランプも音も出ない。過剰な圧迫率27%を越えると、赤ランプとビーという連続音で知らせる。

④ 圧迫回数

蘇生を行なう者が1人か2人、患者が小児か成人の場合を考慮して、毎分60、80、100回のレートを選択出来、ピッという音で圧迫開始（圧迫回数）を知らせる。

⑤ 電源

乾電池（UM-3×4本、6P×1本）

考 察

現在、胸骨圧迫心マッサージは、開胸式心マッサージに優る容易にして安全かつ効果的な蘇生法

として認められている。

本法の施行による重要臓器の合併損傷について、文献的には心臓、大血管、消化管、実質臓器の損傷、骨髄塞栓等報告されているが、稀なものであり、胸部手術後や肺塞栓の存在等の特異な身体状況で引き起こされたものが多い^{8)~13)16)~24)}。しかし通常の状態では認められる合併症は、肋骨骨折程度で、生存に対し妨げとはならない²⁵⁾とされている。著者の研究でも、胸骨圧迫率が25%までの心マッサージの段階では、50%の症例で肋軟骨々折が認められたただけであった。次に胸骨圧迫率が30%の段階では、3例の胸骨々折が認められ、この3例には、肋軟骨々折の他に、肋骨の多発性骨折も認められた。しかし剖検例で、いずれの骨折にも骨膜損傷はなく、胸腹腔内臓器損傷や出血も認められなかったため、胸骨圧迫率が30%程度までの心マッサージでは、通常は重大な合併損傷は生じないと考えられる。また著者の研究では全例、まず最初に従来の方法で心マッサージを行っており、それが25%と30%の前後に当ると想像されるので、その時点での骨折もあると考えられるが、その後、長時間の心マッサージと共に、指先に触知する程の骨折部の骨転位を生じ、これを骨折と認めるものである。したがって、単なる圧迫率のみによる骨折を意味してはいいが、やはり圧迫率の高い方に骨折による胸郭損傷が多いものと考ええる。

次に、胸骨圧迫心マッサージによる特異な血行動態による弊害に関する報告が散見される。1964年 Mackenzie ら³⁵⁾は、臨床における心マッサージ中に、右房圧が88~116mmHg(平均右房圧10~26mmHg)と上昇したため、剖検例で認められた肺水腫の発生原因が、心マッサージによる低圧系血管障害によるものと考えられ、さらに脳のような敏感な領域にも機能障害を来す可能があり得るとしている。1980年 Chandra ら³⁶⁾も胸腔内圧の上昇による臓器傷害の発生を示唆し、土肥ら³⁷⁾も、平均肺動脈圧が、48±12.6%上昇し、これが蘇生後の肺水腫の発生原因となり得ると考えている。著者の研究でも、より効果的で比較的容安全くなった胸骨圧迫率25%の心マッサージで、平均肺動脈圧

は、正常値に入っているが、肺動脈収縮期圧は52.8±21.5mmHgで正常値¹⁵⁾の約150%となった。同時に平均肺動脈楔入圧は16.3±8.3mmHgで正常値¹⁵⁾の約125%の高値となり、平均中心静脈圧も12.8±4.5mmHgで正常値(6.8±2.7mmHg)¹⁵⁾より高い、これらの低圧系血管の血圧は、胸骨圧迫率を大きくすることにより、大腿動脈圧や心拍出量の増加を計る場合には、上昇することが避けられず、特に心マッサージが長時間に及ぶ場合は、何らかの弊害の原因となり得ると思われる。1975年 Stein³⁸⁾、1980年 Carlson³⁹⁾らは、肺動脈楔入圧と血漿コロイド浸透圧の関係から、肺水腫の発生について検討している。それによると、肺動脈楔入圧が上昇しても、血漿コロイド浸透圧との較差が9mmHg以上では、肺水腫を起している可能性は少なく、較差が5mmHgとなると、肺水分量の増加が起こっている可能性があり、3mmHg以下となると、肺水腫になる危険性が大きいとしている。しかし、血漿コロイド浸透圧は、通常25mmHgで急性重症患者では減少し18.3mmHg程度となる。また12時間臥床した場合でも4~5mmHg減少するとされている。よって臥床が続くだけでも肺動脈楔入圧が高い傾向にあれば、肺水腫の危険性が考えられ、胸骨圧迫心マッサージによる肺動脈楔入圧の上昇が、直ちに肺水腫を来すとは言い難いが、原因となり得ると考えられる。このように胸骨圧迫心マッサージによる弊害は、胸骨圧迫率が大きくなると色々考えられるが、合併損傷と同じく、蘇生に対して妨げになる程のものではないと考えられる。

胸骨圧迫心マッサージの臨床成績に関して、1960年 Kouwenhoven ら²⁾による成功率は100%、永久生存率は70%である。1961年 Jude²⁶⁾による蘇生成率は70%で、60%は回復したが、退院出来たものは24%であった。本邦でも、1962年織畑ら²⁷⁾による蘇生成率は78%で、長期生存率は17%である。その後の1978年 Taylor ら²⁸⁾による蘇生成率も80%で、24時間以上生存したものは15%程度である。このように胸骨圧迫心マッサージによる蘇生成績は、初期のものと比較し、特に向上しているとは言い難い。Thompson ら²⁹⁾は、病院外

心室細動患者の蘇生に関する検討で、救急隊員の到着を待った場合に、生存率は21%であったが、現場に居合わせた考が、心肺蘇生に着手した場合には、43%が退院し、神経学的機能障害の発生が著明に減少したことから、心肺蘇生の早期開始の重要性を強調している。心肺蘇生の成績向上のために、当教室の織畑^{30)~33)}は、当初より早期からの心マッサージ、特に「補助閉胸式心マッサージ」として、心停止前にこれを開始することを奨励している。1977年から1979年、栗原³⁾、大館³⁴⁾、飯塚⁴⁾、岩崎⁵⁾は、心マッサージの効果的な方法および開始時期に関し、動物実験を行ない、心停止前に行なう「補助閉胸式心マッサージ」の有効性を報告している。

一方、胸骨圧迫心マッサージにより得られる循環動態は生体の維持にとって充分とは言えない。1960年 Kouwenhoven ら²⁾が、胸骨圧迫心マッサージにより得た大腿動脈収縮期圧は60~100 mmHg であるが、拡張期圧はかなり低いようで、平均血圧も当然低いものと思われる。1964年 Mackenzie ら³⁵⁾によると、収縮期血圧102~143 mmHg、拡張期圧2~46 mmHg、平均動脈圧10~57 mmHg、心拍出量0.405~1.300 l/min であった。1965年 Del Guercio⁴⁰⁾によれば、平均動脈圧18~45 mmHg (平均値32.2 mmHg)、心係数0.23~1.33 l/min/M² (平均値0.61~0.18 l/min/M²)、1976年 Criley ら⁴¹⁾によれば、収縮期動脈圧60.7 mmHg (±5.1)、1980年 Chandra ら³⁶⁾は、収縮期動脈圧40.6±4.4 mmHg、平均動脈圧35.5±4.2 mmHg と報告している。一般に、胸骨圧迫心マッサージにより得られる収縮期血圧は、うまく行なわれると100 mmHg を越すこともあるが、拡張期圧が低いので、頸動脈で平均血圧が40 mmHg を越すことはまれ⁴²⁾とされている。また心拍出量は、正常の20~40%とされている。心拍出量の正常値は4~8 l/min/M² であるため、心マッサージ中は0.8~3.2 l/min/M² 程度となる。本研究でも、胸骨圧迫率25%の心マッサージにより得られた大腿動脈収縮期圧は65.0±26.5 mmHg、平均大腿動脈圧は24.2±10.8 mmHg、心係数は1.39±0.56 l/min/M² (心拍出量は2.17±0.96 l/min) であった。

胸骨圧迫心マッサージでは、重要臓器、特に脳への灌流圧、血流量が問題となると考えられる。Lassen ら⁴³⁾⁴⁴⁾によると、健康な青年の安静時の脳血流は、心拍出量の15%約750 ml/min (50~55 ml/100 g/min) で、灌流圧と脳血管抵抗により制御され、この自己調節機能は、脳灌流圧60~130 mmHg で保たれ、灌流圧60 mmHg 以下では、脳血流は低下し、動静脈血酸素含量較差は増加し、40 mmHg では過呼吸、めまい等の脳虚血症状が出現すると報告している。1954年 Finnerty ら⁴⁵⁾は、急性低血圧誘発時の、平均動脈圧と脳血流量を測定し、平均値で29 mmHg の時の29.0 ml/min/100 g (その中でも平均動脈圧の低い2症例の脳血流量は、17 mmHg で28.6 ml/min/100 g、23 mmHg で34.8 ml/min/100 g であった) と報告している。1973年 Sharbrough⁴⁶⁾、1974年 Sundt ら⁴⁷⁾は、全麻下の頸動脈内膜除去術における脳血流と脳波の関係について調べ、脳血流量18 ml/100 g/min 以上では脳波に有意な変化なく、17~18 ml/100 g/min では3分以内に、また17 ml/100 g/min 以下ではすみやかに徐波化する。この脳波の変化は、シャント設置による血流の再開通により、完全に回復するため、人間での critical cerebral blood flow を18 ml/100 g/min としている。1974年 Boysen ら⁴⁸⁾も同様な研究で、脳血流が12~18 ml/100 g/min で脳波は徐波化し、7~15 ml/100 g/min で平坦化し、18 ml/100 g/min でも老人性動脈硬化症があれば、5~10分で不可逆性の脳傷害を受ける可能性があるとしている。しかし通常のプロセドレン麻酔下では、18 ml/100 g/min が脳血流量の critical lower level であるとしている。1972年 Hays ら⁴⁹⁾は、頸動脈内膜除去術の患者で、mean carotid stump pressure が50 mmHg 以下では、5~10分で不可逆性の脳傷害を受けるとしている。著者の研究で、胸骨圧迫率25%の心マッサージによる心拍出量は2.17±0.96 l/min であった。ショック状態の血流分布は通常とは異なり、特に脳血流量の比率が増加すると言われているが、Lassen ら⁴³⁾⁴⁴⁾の言う15%を脳血流とすると、胸骨圧迫率25%の心マッサージ時の脳血流量は約325 ml/min で、脳重量を約1.3 kg 程度とすると、それは約25 ml/100 g/min となり、

諸家の言う脳血流量の critical lower level を上まわっているが、平均大腿動脈圧は 24.2 ± 10.8 mmHg と低いので、Hays らの言う脳傷害を来さない mean carotid stump pressure は得られていない。しかし脳血流は一応は保たれる可能性はある⁴⁹⁾。よって、今回の研究では、対象の全身状態、基礎疾患が不良のため、全例蘇生し得なかったが、条件さえ整えば、血圧、心拍出量に関し、胸骨圧迫率25%の心マッサージにより脳蘇生は成功することが理解される。

胸骨圧迫心マッサージ時の血液ガスに関する報告は少ない。一般的なショックにおける血液ガス所見から心マッサージ中のデータを検討してみる。動脈血酸素分圧は、肺での酸素化能を表わし、混合静脈血酸素分圧、混合静脈血酸素飽和度は、組織での酸素化能を表わし、血行動態の指標となるため、循環不全の判定に役立つ⁵⁰⁾とされている。Kasnitz ら⁵¹⁾によれば、混合静脈血酸素分圧は 28 mmHg 以下であれば hyperlactemia と結びつき、致命的転帰をとると述べている。著者の研究では、心マッサージの胸骨圧迫率20%、25%、30%であれば、混合静脈血酸素分圧は 28 mmHg 以上となり、中等度の循環不全と考えられる。混合静脈血酸素飽和度は70%程度が正常で、60~65%は中等症、55%以下は重症の循環不全であると言われ⁵⁰⁾、本研究では55%以上は得られていない。分時酸素運搬量係数は低いが、心マッサージの胸骨圧迫率20%、25%、30%の時、分時酸素消費量係数の正常値¹⁹⁾を上まわっていた。しかし、今回の研究では症例の状態が悪く、血液ガスデータは特に不良であった。

心マッサージ時の循環動態を改善し、蘇生率を向上させるには、さらに研究、工夫が必要となるものと思われる。1963年 Wilder ら⁵²⁾は、犬で気管内挿管を行ない、人工呼吸と同期した毎分56回の胸骨圧迫心マッサージにより大腿動脈血流、収縮期血圧、平均血圧、動静血酸素飽和度を改善し、蘇生率を向上させた。これは、胸骨圧迫に同期した人工呼吸による胸腔内圧の上昇が、胸骨圧迫心マッサージ時の循環動態をより高めることを示している。1979年 Chandra ら⁵³⁾は、やはり犬で

70~110cmH₂O の高い気道内圧をかけ、これに同期した心マッサージ1サイクルの60%圧迫持続による、胸骨圧迫心マッサージで、従来の胸骨圧迫心マッサージより高い頸動脈血流が得られ、さらに圧迫回数は毎分40~20回が有効であると報告している。1980年 Rudikoff ら⁵⁴⁾は、犬で胸骨圧迫心マッサージ時の横隔膜の動きによる胸腔内圧の変動をなくし、さらに胸腔内圧を高めるために、腹部をきつく締め付けると、収縮期動脈圧と頸動脈血流を、有意に増加させることが出来たと報告している。当教室の山添⁵⁵⁾は、犬で胸骨圧迫心マッサージ中に頭部冷却を行ない、生存率の向上を認めている。1976年 Criley ら⁴¹⁾は、Cough-induced Cardiac Compression、心肺蘇生法の自己管理方式なるものを紹介している。これは冠動脈造影検査中、心室細動を起こした8例中3人の患者が、1~3秒毎に咳をすることで、24~39秒間意識を維持することが出来、この時の収縮期動脈圧は、 139.7 ± 38 mmHg で、従来の胸骨圧迫心マッサージでは 60.7 ± 5.1 mmHg しか得られなかった ($p < 0.001$) というものである。これは、心停止が予測出来て、心停止前に効果的な咳のタイミングの訓練が出来ている場合、一時的に有効と思われ、また心臓が完全に停止した状態でなく、心筋に何らかの緊張が残っている時点での心肺蘇生の有効性を示している。

以上、胸骨圧迫心マッサージ法の効果を、より高める研究は種々行なわれており、気管内挿管と高い気道内による人工呼吸、圧迫持続時間などの応用も考えられる。しかし、これらを一般の救急の場に応用することには、種々困難があり、今後の課題である。よって蘇生率を高めるためには、蘇生開始時期を1秒でも早くし、日頃の訓練による最良の蘇生術を確実にこなすことが必要と考えられる。

総括と結論

胸骨圧迫心マッサージ時の循環動態を検討し、その効果と安全性を高め、蘇生率を向上させるため、また患者の体格(胸厚)から、最適な胸骨圧迫率を設定するために、13症例の心停止患者に対し、圧迫回数毎分60回で、胸骨圧迫率15%、20%、

25%、30%の4通りの心マッサージを行ない、循環動態を測定し、次の結果を得た。

1) 大腿動脈収縮期圧、平均大腿動脈圧、心係数は、胸骨圧迫率が増す程増加し、生体に有利に作用するが、胸骨圧迫率が、25%と30%の間には有意の差はなく、ほぼ同じように有効である。

2) 平均肺動脈圧は、拡張期圧が低いため、ほぼ正常域であるが、肺動脈収縮期圧、肺動脈楔入圧、中心静脈圧は異常に高く、これらは胸骨圧迫率が増す程増加する。胸骨圧迫率15%の時最も低く、生体に好ましく、30%の時最も高く不利となる。しかし、20%と25%の時は中等度の上昇で、生体に対し弊害は比較的少ない。

3) 血液ガス分析値では、患者の肺の状態が不良で、良好かつ安定した結果が得られなかったため、特に有意な胸骨圧迫率の差による効果は認められなかった。

4) 合併損傷は胸郭損傷のみで、蘇生に重大な障害を及ぼす臓器傷害は認められないが胸骨圧迫率25%以下では肋骨骨々折までであるが、30%となると肋骨、胸骨の多発性骨折を来たした。しかし剖検にて骨膜の損傷は認めなかった。

以上の結果より、胸骨圧迫心マッサージは、胸骨圧迫率が25%、30%と大きい方が、大腿動脈圧、心係数からみると効果的であるが、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、中心静脈圧からみると、圧上昇が中等度で弊害を生ずる可能性も少ない25%が有利である。また25%の方が合併損傷し軽く比較的安全と考えられた。したがって、胸骨圧迫心マッサージの至適圧迫率は25%である。これを従来の無作為心マッサージと比較すると、従来の心マッサージは、種々の圧迫率の混合で安定せず、過不足を生じていると考えられる。したがって至適な胸骨圧迫率25%を保つために、胸骨圧迫率表示監視装置を試作した。これらの成果により、今後の臨床における心マッサージの施行に、より安全かつ有効な成績が得られるようになるものと期待している。

稿を終るにあたり、御指導と御校閲をいただいた恩師織畑秀夫教授に深く感謝し、懇切なる御教示、御助

言を頂いた教室の倉光秀磨助教授に心から感謝し、また御協力下さった教室の諸先生方に心から感謝する。

(本研究費の一部は、文部省科学研究費により助成された。また本研究の要旨は、昭和57年2月20日、第12回日本救急医学会関東地方会において発表した。)

文 献

- 1) 織畑秀夫・ほか：新生児の外科—とくに開胸と開腹—。産婦科の実際 10(2) 150~160 (1961)
- 2) Kouwenhoven, W.B., J.R. Jude and G.G. Knickerbocker: Closed-chest cardiac massage. JAMA 173(10) 1064~1067 (1960)
- 3) 栗原正典：出血状態における「補助閉胸式心マッサージ」の効果に関する研究。東女医大誌 47(5) 576~593 (1977)
- 4) 飯塚邦雄：出血性ショックにおける「補助マッサージ」の効果に関する研究。東女医大誌 47(6) 751~764 (1977)
- 5) 岩崎 裕：出血性ショックにおける閉胸式心マッサージの循環補助効果に関する研究。東女医大誌 49(7) 645~657 (1979)
- 6) 山添信幸：出血性ショック時における「閉胸式心マッサージ」と「頭部冷却法」の効果に関する実験的研究。東女医大誌 49(9) 913~926 (1979)
- 7) OEI KIM IE: Studies on the depth of external cardiac massage strokes as circulatory assistance during hemorrhagic shock state. (出血性ショックにおける閉胸式補助マッサージの圧迫ストロークに関する研究。東女医大誌 53(2) 161~172 (1983))
- 8) Clark, D.T.: Complications following closed-chest cardiac massage. JAMA 181(4) 337~338 (1962)
- 9) Thaler, M.M., et al.: Serious trauma in children after external cardiac massage. N Engl J Med 267(10) 500~501 (1962)
- 10) Henriksen, H.: Rib fractures following external cardiac massage. Acta Anesth Scandinav 11 57~64 (1967)
- 11) Paaske, F., et al.: Complications of closed-chest cardiac massage in a forensic autopsy material. Dan Med Bull 15(8) 225~230 (1968)
- 12) Fletcher, G.F.: Hazardous complications of "closed chest" cardiopulmonary resuscitation. Am Heart J 77(3) 431~432 (1969)
- 13) Berlinerblau, R., et al.: Delayed rupture of the spleen after cardiac massage. JAMA 243(4) 364~365 (1980)
- 14) Taylor, G.J., et al.: Importance of prolonged compression during cardiopulmonary resuscitation in man. N Engl J Med 296(26) 1515~1517 (1977)

- 15) **Shoemaker, W.C.**, 諏訪邦夫・吉川秀康訳：ショック状態の病態生理と治療。日本アップジョン株式会社 東京 (1980) 72~84 [The organ in shock]
- 16) **Anthony, P.P., et al.** : Gastric mucosal lacerations after cardiac resuscitation. *Br Heart J* 31 72~75 (1969)
- 17) **Patterson, R.H., et al.** : Rupture of the thoracic aorta: Complication of resuscitation. *JAMA* 226(2) 197 (1973)
- 18) **Patterson, R.H., et al.** : Complications of external cardiac resuscitation: A retrospective review and survey of the literature. *Medical Annals of the District of Columbia* 43(3) 389~394 (1974)
- 19) **Atcheson, S.G., et al.** : Complications of cardiac resuscitation. *Am Heart J* 89 263~265 (1975)
- 20) **Baldwin, J.J., et al.** : Rupture of right ventricle complicating closed chest cardiac massage. *Circulation* 53(3) 562~564 (1976)
- 21) **Sethi, G.K., et al.** : Complications of external cardiac massage: Report of a case of laceration of the right ventricular out flow tract. *J Cardiovasc Surg* 18(2) 187~190 (1977)
- 22) **Bodily, K., et al.** : Aortic rupture and right ventricular rupture induced by closed chest cardiac massage. *Minnesota Medicine* 62(4) 225~227 (1979)
- 23) **Romfh, R.F., et al.** : Dissecting aneurysm of left atrium following external cardiac massage. *JAMA* 241(11)1151 (1979)
- 24) **Roessmann, U., et al.** : Cerebral bone marrow embolus after closed chest cardiac massage. *Arch Neurol* 36(1) 58 (1979)
- 25) **Safar, P., et al.** : Ventilation and circulation with closed-chest cardiac massage in man. *JAMA* 176(7) 574~576 (1961)
- 26) **Jude, J.R., et al.** : Cardiac arrest. *JAMA* 178(11) 1063~1070 (1961)
- 27) 織畑秀夫・ほか：閉胸式心臓マッサージ—その手技と効果—。小児科臨床 15(10) 1012~1020 (1962)
- 28) **Taylor, G.J., et al.** : External cardiac compression, A randomized comparison of mechanical and manual techniques. *JAMA* 240(7) 644~646 (1978)
- 29) **Thompson, R.G., et al.** : Bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation in management of ventricular fibrillation. *Ann Intern Med* 90(5) 737~740 (1979)
- 30) 織畑秀夫：救急処置としての心臓マッサージ—特に閉胸式心臓マッサージ—。災害医学 4 635 (1961)
- 31) 織畑秀夫・ほか：人工蘇生法。臨外 17(10) 1055~1063 (1962)
- 32) 織畑秀夫：心臓マッサージ。小児科 12(5) 544~548 (1971)
- 33) 織畑秀夫：心臓マッサージ。治療 61(2) 543~546 (1979)
- 34) 大館敬一：呼吸性 Hypoxic shock の病態と蘇生法の効果と限界について。東女医大誌 47(12) 1298~1310 (1977)
- 35) **Mac Kenzie, G.J., et al.** : Haemodynamic effects of external cardiac compression. *Lancet* 1 1342~1345 (1964)
- 36) **Chandra, N., et al.** : Simultaneous chest compression and ventilation at high airway pressure during cardiopulmonary resuscitation. *Lancet* 1 175~178 (1980)
- 37) 土肥修司・ほか：心マッサージ時の循環動態。ICU とCCU 4(臨時増刊号) 48 (1980)
- 38) **Stein, L., et al.** : Pulmonary edema during volume infusion. *Circulation* 52 483~489 (1975)
- 39) **Carlson, R.W.**, 諏訪邦夫・吉川秀康訳：灌流障害と血漿量負荷におけるコロイド浸透圧と静水圧。日本アップジョン株式会社 東京 (1980) 50~55 [The organ in shock]
- 40) **Del Guercio, L.R.M., et al.** : Comparison of blood flow during external and internal cardiac massage in man. *Circulation* 31~32, Supplement 1 171~180 (1965)
- 41) **Criley, J.M., et al.** : Cough-induced cardiac compression, self-administered form of cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 236(11) 1246~1250 (1976)
- 42) American Heart Association: Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). Reprinted from *JAMA* 244(5) 453~509 (1980)
- 43) **Lassen, N.A., et al.** : Physiology of cerebral blood flow. *Br J Anaesth* 48 719~734 (1976)
- 44) **Lassen, N.A.** : Cerebral blood flow and oxygen consumption in man. *Phys Rev* 39 183~238 (1959)
- 45) **Finnerty, F.A., et al.** : Cerebral hemodynamics during cerebral ischemia induced by acute hypotension. *J Clin Invest* 33 1227~1232 (1954)
- 46) **Sharbrough, F.W., et al.** : Correlation of continuous electroencephalograms with cerebral blood flow measurements during carotid endarterectomy. *Stroke* 4 674~683 (1973)
- 47) **Sundt, T.M., et al.** : Cerebral blood flow

- measurements and electroencephalograms during carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 41 310~320 (1974)
- 48) **Boysen, G., et al. :** On the critical lower level of cerebral blood flow in man with particular reference to carotid surgery. *Circulation* 69(9) 1023~1025 (1974)
- 49) **Hays, R.J., et al. :** Intraoperative measurement of carotid back pressure as a guide to operative management for carotid endarterectomy. *Surgery* 72(6) 953~960 (1972)
- 50) 宮野英範 : 血行動態検査 Hemodynamic measurements in ICU. *ICU と CCU* 3 815 ~ 827 (1979)
- 51) **Kasnitz, P., et al. :** Mixed venous oxygen tension and hyperlactatemia. Survival in severe cardiopulmonary disease. *JAMA* 236(6) 570~574 (1976)
- 52) **Wilder, R.J., et al. :** Methods of coordinating ventilation and closed chest cardiac massage in the dog. *Surgery* 53(2) 186~194 (1963)
- 53) **Chandra, N., et al. :** Augmentation of carotid flow during cardiopulmonary resuscitation (CPR) in the dog by simultaneous compression and ventilation with high airway pressure. *Am J Cardiol* 43 422 (1979)
- 54) **Rudikoff, M.T., et al. :** Mechanisms of blood flow during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 61(2) 345~352 (1980)
-