



## 5. 循環動態の測定

## 結果

1. 収縮期動脈圧
2. 収縮期肺動脈圧
3. 肺動脈楔入圧
4. 中心静脈圧
5. 心指数

## 総括及び考察

## 結論

## 文献

## 緒 言

救急心肺蘇生における一次救急処置は医師，看護婦以外の現場に居合わせた消防士，警察官，救急隊員およびその他一般の人にも積極的に行なって欲しいものである。したがって心停止に対しての胸骨圧迫心マッサージの正しい普及が重要であり，それによって一次救命の整備が促進されることが期待される。

1960年 Kouwenhoven<sup>1)</sup>らの報告以来，いつでも，どこでも，誰にでも施行できる」という実用性，簡便性により救急時の心蘇生術として広く普及して来たが，実際には行なわれている手技はさまざまで，まだ多くの問題点を残している。心蘇生の原則は，酸素化された血液を全身の重要臓器に運搬することであり，心マッサージの効果に大きく左右される<sup>2)</sup>。胸骨圧迫心マッサージでは，胸骨圧迫時において左右の心房，心室に同程度の圧が生じているため，心臓の自発拍動とは極めて異なる循環動態を呈する。救急蘇生効果の向上の点からも心蘇生中の循環動態の解明が必要とされる場所である。

我々の教室では織畑<sup>3)~7)</sup>の指導のもとで心マッサージについて多くの研究及び考察がなされているが，神戸<sup>8)</sup>の報告では圧迫数が毎分60回，圧迫率は胸厚の25%が至適であるとしている。

そこで我々は圧迫持続時間の影響について注目し，臨床で経験した胸骨圧迫心マッサージ施行例でSwan-Ganz Catheterなどを使用して循環動態を計測することができたものについて，より有効な心マッサージを行なうために検討を行なった。

表1 対象(Mean±S.D.)

症 例 数	10例	
年 齢	19-75歳	(51.8±18.3)
性別(男/女)	5/5	
体 重	32-80kg	(50.6±15.7)
身 長	145-175cm	(158.0±10.7)
胸 厚	15.5-20.5cm	(17.7±1.8)
基礎疾患	結 腸 癌	2例
	胃 癌	2例
	食 道 癌	1例
	肝 癌	1例
	肝 硬 変 症	1例
	汎発性腹膜炎	1例
	腹部打撲(肝腎破裂)	1例
	頸 部 刺 創	1例

## 対象及び方法

## 1. 対象

東京女子医科大学第2外科において1982年6月より12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10症例を対象にした(表1)。

これらの患者は気管内チューブが挿管され，Benett MA-1またはMA-2により人工呼吸管理がなされており，循環動態の測定のため動脈圧測定ライン及びSwan-Ganz Catheter<sup>9)~15)</sup>が挿入されていたが，その経過途中，心停止をきたしたものでた。

今回の測定値は補助心マッサージと区別するため，臨床的にすでに十分な治療がつけられ，従来通りの非作為的な胸骨圧迫心マッサージを含めたあらゆる蘇生法がなされた末に，心停止と認められた直後よりの胸骨圧迫心マッサージについて，循環動態のパラメーターを測定し検討した。

呼吸は気管内チューブ挿管下，FiO<sub>2</sub>，1.0，毎分15回の人工呼吸とした。

## 2. 胸骨圧迫心マッサージ

胸骨圧迫心マッサージの手技は，JAMA<sup>16)</sup>，日本救急医学会「救急蘇生法の指針」など<sup>17)~19)</sup>に基づき用手的に行なった。

我々は正確な胸骨圧迫心マッサージを行なうために胸骨圧迫率表示監視装置<sup>8)</sup>を開発し使用した。

## 3. 胸骨圧迫率表示監視装置(写真1, 2)

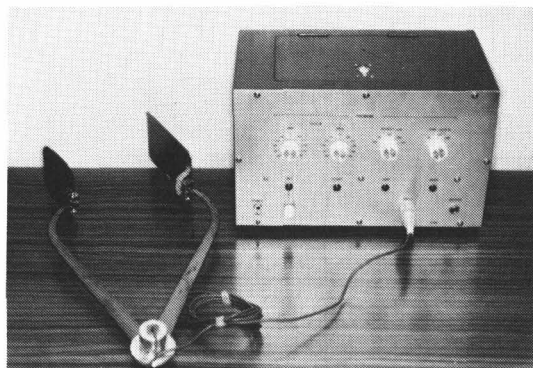


写真1 胸骨圧迫率表示監視装置

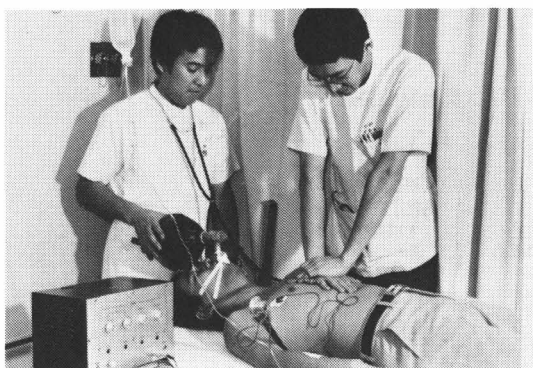


写真2 胸骨圧迫率表示監視装置を使用している胸骨圧迫心マッサージ

この胸骨圧迫率表示監視装置（日本光電 KK 製）は、信号音及びランプ点灯により圧迫数、圧迫率、圧迫持続時間を心マッサージ施行者に表示し、かつ監視を行ない過剰な圧迫率になると警告することができるものである。

圧迫回数は、毎分60, 80, 100回を選択でき「ピッ」音で圧迫開始を知らせる。

患者の胸厚を角度に変え、ポテンシオ・メーターにて電圧に変換するキャリパーの板を患者の背と胸骨の下部1/3にあて、その状態で装置のボタンを押し、患者の胸厚を装置に記憶させる。胸骨圧迫率設定ダイヤルは20~30%に可変でき、先に装置が記憶した患者の胸厚から自動的に計算する。心マッサージ施行者の用手圧迫が設定率に達すると「緑」のランプの点灯と「プー」音が発せられ、また過剰圧迫率に達すると「赤」のランプ点灯と

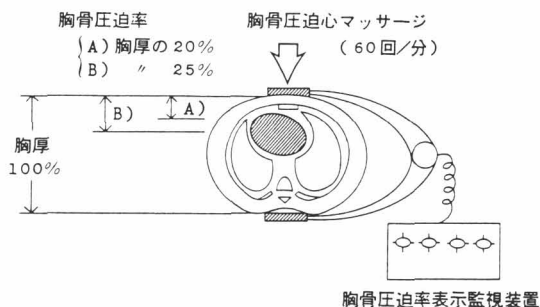


図1 胸骨圧迫率の設定

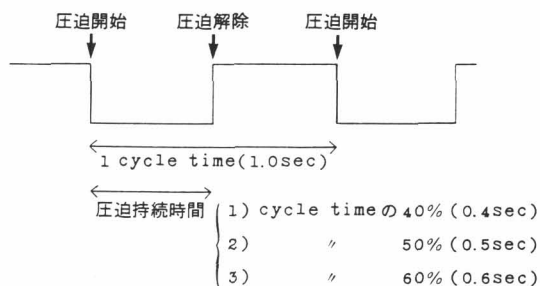


図2 圧迫持続時間の設定

「ビー」音で警告できるようにした。

圧迫持続時間は、一回の心マッサージの cycle time の40, 50, 60%に設定可能とし、「ピッ」音で圧迫を開始し、「ポッ」音で圧迫解除を知らせるようにした。

#### 4. 圧迫回数、胸骨圧迫率及び圧迫持続時間の設定 (図1, 2, 3)

圧迫回数と胸骨圧迫率に関しては、従来からの報告及び教室の栗原<sup>20)</sup>、ウイ<sup>21)</sup>、神戸らの報告結果に基き、圧迫回数は60回とし、胸骨圧迫率は至適と考えられる胸厚の25%の深さの圧迫の他、圧迫率20%の条件にても心マッサージを行ない比較検討の対象とした。尚、過剰警告圧迫率をそれぞれ27%と22%に設定し、それ以上の圧迫を行なわないようにした。

圧迫持続時間 Compression duration はサイクル・タイム cycle time の40%, 50%, 60%の3通りとした。つまり、圧迫回数は毎分60回なので圧迫の cycle time は1秒であり、圧迫持続時間はそれぞれ0.4秒, 0.5秒, 0.6秒の条件となる。

図3の圧迫波形と大腿動脈圧波形が示すよう

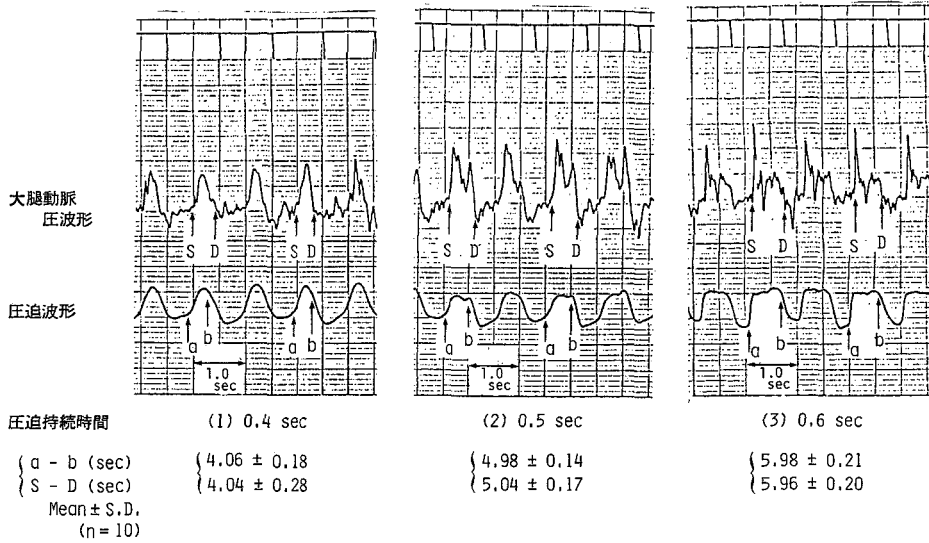


図3 心マッサージ中の圧迫波形と大腿動脈圧波形

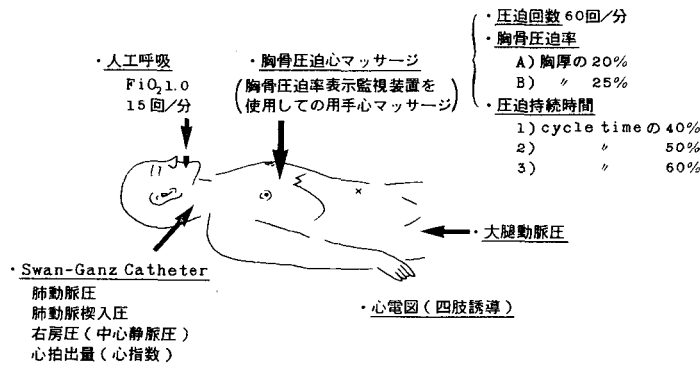


図4 心マッサージ中の測定の概略図

に、用手による心マッサージにおいても胸骨圧迫率表示監視装置の指示に従えば、圧迫持続時間 0.4, 0.5, 0.6秒のそれぞれの変化を循環動態に反映させることができる。

前述した表示監視装置を上記の 6 条件に設定し、正確な胸骨圧迫心マッサージを行ない、それぞれについて循環動態のパラメーターを測定した。

### 5. 循環動態の測定 (図4)

心マッサージ中の循環動態のパラメーターとして大腿動脈圧(収縮期, 平均), 肺動脈圧(収縮期, 平均), 肺動脈楔入圧, 中心静脈圧, 心拍出量(熱希釈法), 心指数を測定し, 心電図(四肢第 2 誘導)

及び心マッサージの圧迫波形を記録した。

動脈圧測定ライン及び Swan-Ganz Catheter (MODEL 93A-131-7F, Edwardss Laboratories INC)は圧トランスジューサー, 血圧増幅器(LPU-0.1, TYPE1237及び MPU-0.5, TYPE1236: 三栄測器 KK)に接続し, 心電図及び圧迫波形とともにすべて Polygraph (142-8, 三栄測器 KK)に接続し RECTI GRAPH 8S (三栄測器 KK)にて記録した。

Swan-Ganz Catheter は、主に右内頸静脈を直接穿刺して挿入し肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 右心房圧 (中心静脈圧)を測定するとともに, Thermodilution Cardiac Output Computer

表2 心停止前および心マッサージ中における循環動態パラメーターの測定値

			動脈圧 mmHg		肺動脈圧 mmHg		肺動脈 楔入圧 mmHg	中 心 静脈圧 mmHg	心拍出量 l/min	心指数 l/min/M <sup>2</sup>
			収 縮 期	平 均	収 縮 期	平 均				
心 停 止 前			75.6±12.3	48.1±13.1	23.4±7.7	14.0±5.9	10.1±4.8	8.1±5.1	4.50±2.05	3.00±1.22
心 マ ッ サ ー ジ  60 回/分	胸 骨 圧 迫 率 A : 20%	1) 40%	52.3±15.7	25.2± 7.1	35.4±7.3	18.3±4.3	15.8±4.1	12.1±4.8	1.41±0.47	0.97±0.35
		2) 50%	55.8±20.9	27.7±11.6	36.1±8.1	17.9±4.6	15.7±5.7	12.5±4.7	1.38±0.47	0.94±0.30
		3) 60%	46.4±13.9	24.8± 5.4	33.6±6.4	16.8±4.8	15.8±4.3	13.1±5.7	1.29±0.38	0.89±0.29
	B : 25%	1) 40%	54.8±19.6	26.8± 8.7	36.4±7.8	18.2±5.7	16.1±4.8	12.8±5.1	1.56±0.68	1.07±0.47
		2) 50%	60.1±19.8	27.7± 8.5	38.2±5.7	18.3±4.8	16.1±4.8	12.9±5.3	1.79±0.81	1.23±0.56
		3) 60%	52.2±14.1	25.1± 6.1	34.2±4.4	17.1±4.3	16.5±4.5	13.3±5.3	1.51±0.63	0.98±0.44

Mean±S.D. n=10

(MODEL9520, Edwards Laboratories INC) を使用し, 0~1℃の5%ブドウ糖液5mlの注入により熟希釈法にて心拍出量を測定した<sup>22)</sup>。

尚, 測定値は, 記録した圧迫波形と大腿動脈圧波形の判定, 確認を行ない(図3), 圧迫持続時間を40%群, 50%群, 60%群に区別した後に循環動態のそれぞれのパラメーター値として採用した。

### 結 果

圧迫率が胸厚の20%の胸骨圧迫心マッサージをA群, 圧迫率25%をB群とした。AとB群において圧迫時間を変え, 圧迫持続時間がcycle timeの40%を(1)群, 50%を(2)群, 60%を(3)群とし, A-(1), A-(2), A-(3), B-(1), B-(2), B-(3)群の6条件のもとで胸骨圧迫心マッサージを行なった。圧迫回数は毎分60回である。

これらの心マッサージ中に測定した循環動態のパラメーターはそれぞれの平均値±標準偏差(Mean±SD)で示したが, 統計学的有意差の検定はすべて対応しているのでpaired t-testを施行し, p<0.01あるいはp<0.05をもって有意差ありとし, それぞれを比較検討した(表2)。尚, 心停止前の測定値は心停止の1~6時間前に記録測定したものである。

#### 1. 収縮期動脈圧

心マッサージ中は心停止前値75.6±12.3 mmHgの61.4~79.5%の圧が得られた。A群;(圧迫率が患者の胸厚の20%)の場合, A-(2)群;(圧迫持続時間がCycle timeの50%)で55.8±20.9mmHgと高く, A-(3)群;(圧迫時間60%)

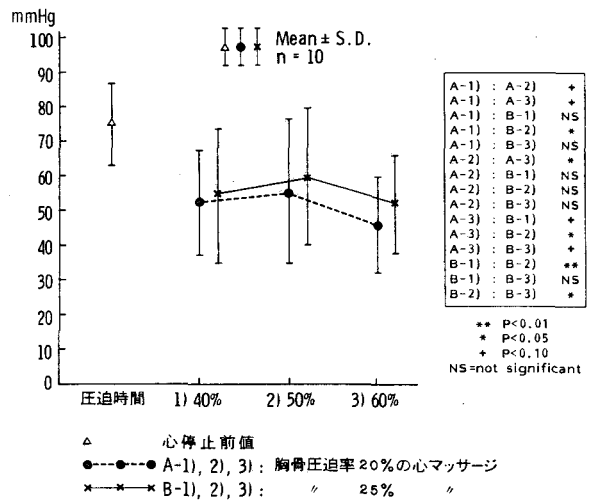


図5 収縮期動脈圧

で46.4±13.9mmHgと低い (p<0.05)。またB群;(圧迫率25%)の場合でも, B-(2)群;(圧迫時間50%)で60.1±19.8mmHgと高値を示し, B-(3)群;(圧迫時間60%)で52.2±14.1mmHgと低値であった (p<0.05)。

全体的に見るとB群;(圧迫率が胸厚の25%)の方がA群(20%)に比較して高値を得ることができ, 最高値はB-(2)群;(圧迫率25%, 圧迫時間50%)における60.1±19.8mmHgであり, 最低値はA-(3)群;(圧迫率20%, 圧迫時間60%)における46.4±13.9mmHgであきらかな有意差を認めた (p<0.05) (図5)。

平均動脈圧でもB-(2)群において最高値27.7±8.5mmHg, A-(3)群において最低値24.8±5.4

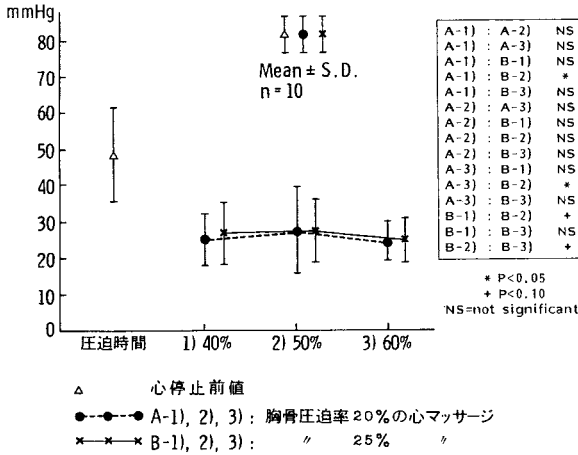


図6 平均動脈圧

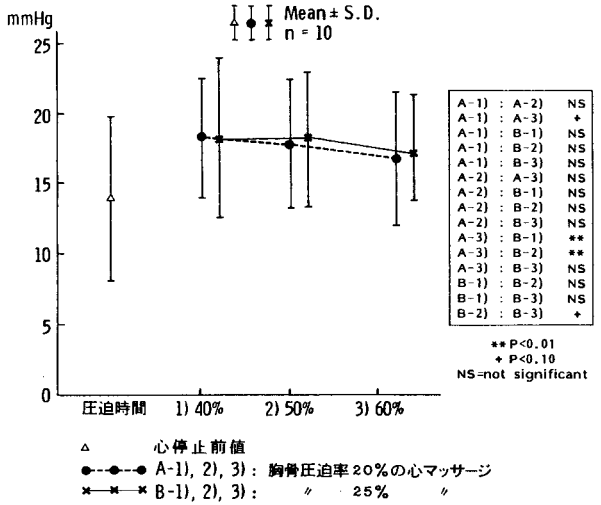


図8 平均肺動脈圧

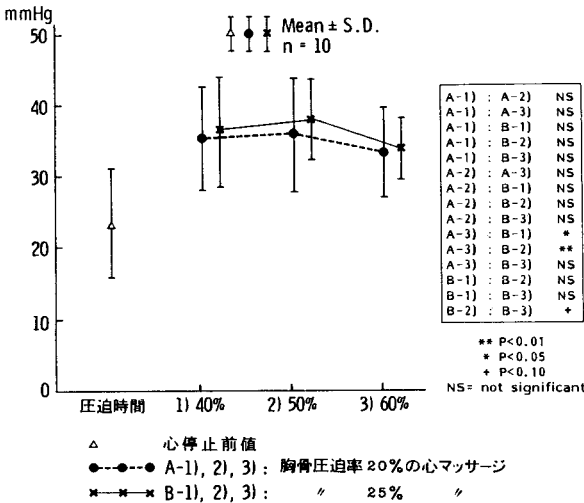


図7 収縮期肺動脈圧

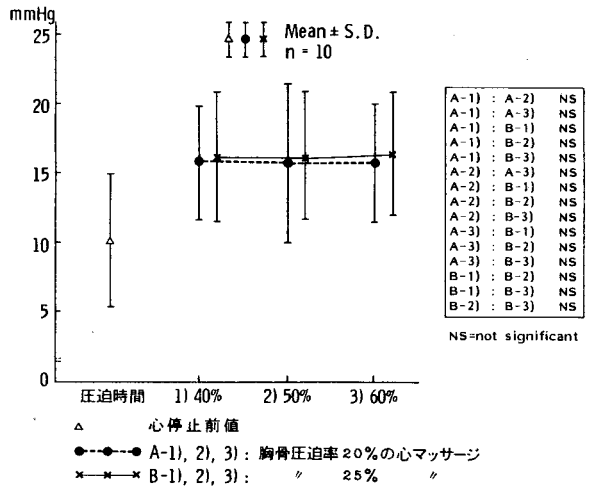


図9 肺動脈楔入圧

mmHgとなり有意差を認めた ( $p < 0.05$ ) (図6)。

## 2. 収縮期肺動脈圧

心マッサージ中は心停止前値  $23.4 \pm 7.7$  mmHg の143.6~163.2%の圧を示し、B群；(圧迫率25%)が全体的にA群；(20%)に比して高値となった。最高値はB-(2)群；(圧迫率25%，圧迫時間50%)における  $38.2 \pm 5.7$  mmHg，最低値はA-(3)群；(圧迫率20%，圧迫時間60%)における  $33.6 \pm 6.4$  mmHgとなり，あきらかな有意差を認めた ( $p < 0.01$ ) (図7)。

平均肺動脈圧は，どの条件でもほとんど差異を認めなかった (図8)。

## 3. 肺動脈楔入圧

心マッサージ中は心停止前値  $10.1 \pm 4.8$  mmHg の153.9~161.0%の圧を示した。

B-(3)群において最高値  $16.5 \pm 4.5$  mmHgとなり，A-(2)群において最低値  $15.7 \pm 5.7$  mmHgとなった。全体的に見るとB群の方がA群に比較して若干の高値を示している。

しかし前述した動脈圧，肺動脈圧の場合と異なり，A及びBの両群において圧迫時間50%で低値を，圧迫時間60%で高値を示した (図9)。

## 4. 中心静脈圧

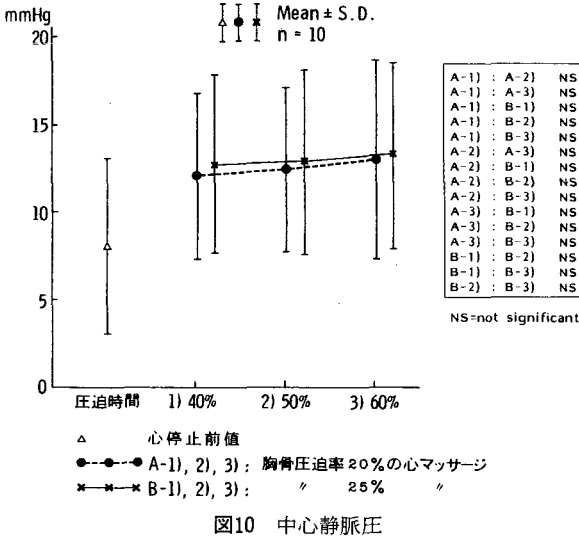


図10 中心静脈圧

肺動脈楔入圧とはほぼ同様の傾向を示した。心マッサージ中の圧は心停止前値 $8.1 \pm 5.1$ mmHgの149.4~171.6%となった。最高値はB-(3)群における $13.3 \pm 5.3$ mmHgで、最低値はA-(1)群の $12.1 \pm 4.8$ mmHgであった。

中心静脈圧の場合も肺動脈楔入圧と同様にB群の方がA群に比して全体的に若干の高値となり、A及びBの両群において圧迫時間60%で高値を示した(図10)。

### 5. 心指数

心指数=心拍出量/体表面積で表わされるが、心マッサージにて得られた心指数は心停止前値 $3.00 \pm 1.22$ l/min/M<sup>2</sup>の29.7~41.0%と低かった。

最高値はB-(2)群；(圧迫率が胸厚の25%、圧迫持続時間がcycle timeの50%)における $1.23 \pm 0.57$ l/min/M<sup>2</sup>で、最低値はA-(3)群；(圧迫率20%、圧迫時間60%)における $0.89 \pm 0.29$ l/min/M<sup>2</sup>であり、あきらかな有意差が認められた( $p < 0.05$ )。

全体的に見るとB群；(圧迫率25%)はA群；(20%)に比較してあきらかに高値を示し( $p < 0.01$ )、またA群ではほぼ近似値であるが、B群では圧迫持続時間の50%において他の40%、60%の条件に比べて有意な高値となった( $p < 0.01$ )(図11)。

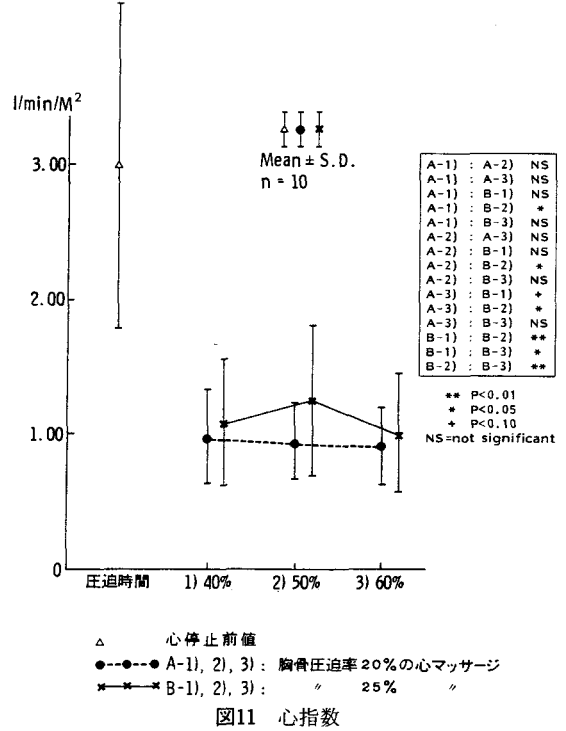


図11 心指数

このことから心指数において、圧迫率が少ないと圧迫持続時間の影響をあまりうけないが、圧迫率が25%になると圧迫持続時間50%で高値を示し、60%と長くなると逆に低下することがわかる。

### 総括及び考察

1960年のKouwenhovenらの報告により胸骨圧迫心マッサージの歴史は始まるが、この心マッサージは胸骨の下1/3を圧迫することにより心臓に受動的なポンプ作用を与えて心蘇生を図ろうというものである。このとき左右の心房、心室にほぼ同程度の圧が生じているため、心臓の自発拍動とは極めて異質の循環動態を呈する。

胸骨圧迫心マッサージは開胸式心マッサージに比較して実用性、簡便性などの長所が多く、以後も多数の報告<sup>23)~25)</sup>によりその有効性が認められ、救急処置として一般に広く普及している。しかしその手技方法としてまだ完全に確立されたものではなく、一次救急蘇生法として教育普及させるためにも、また救急蘇生効果の成績向上の面からも心蘇生中の循環動態の解明を行ない、より正確、完全かつ有効な胸骨圧迫心マッサージを研究して

いく必要がある。

JAMAなどの成書に記載されている手技方法によると、胸骨を圧迫する力は患者の胸骨を4~5 cm (1.5~2インチ)沈む程度とし、毎分60~80回で、加圧と圧を抜く時間はほぼ同率あるいは加圧時間を少し長くするのが好ましいとなっている。

しかし実際問題として、心マッサージをうける患者の体形、年齢、胸厚、胸廓の固さなどはさまざまであり、また専門的な訓練を十分にうけていない心マッサージ施行者などが、ただ盲目的に加圧しているにすぎない場合も多くみうけられる。

我々の教室では有効かつ安全な心マッサージをめざして、織畑以下さまざまな研究がなされているが、ウイは、犬を側臥位に行なった実験で胸骨圧迫率に関し胸厚の30%のstrokeがより良い効果を示すと報告している。また栗原は、圧迫回数について毎分60回で行なうことが最良と述べている。最近の神戸の報告では、臨床的に人体における胸骨圧迫法を検討した結果、規則正しく毎分60回で胸厚の25%を圧迫する胸骨圧迫心マッサージが最も有効で、安全であるとしている。

その結果に基づいて、我々は胸骨圧迫心マッサージを行なう上で正確な圧迫回数、圧迫率、圧迫時間をランプの点滅及び信号音発信により心マッサージ施行者に確実に表示できる連続監視装置を作成した。これにより胸骨圧迫心マッサージがたとえ長時間にわたっても、また施行者の経験が浅くても正確な心マッサージを行なうことができる。

閉胸式心マッサージの機械化は1960年 Harkins ら<sup>26)</sup>によって最初に報告されて以来、本邦においても1965年渥美ら<sup>27)</sup>を含めて多数<sup>28)29)</sup>報告されているが、臨床的に用手胸骨圧迫心マッサージを正確かつ安全に行なうための簡便な器械として、我々の教室で開発したこの胸骨圧迫率表示監視装置は十分、実用できるものと考えられる。

海外でも、効果的な心マッサージを追求して教多くの研究がなされている。Kouwenhovenの報告の2年後、Weale<sup>30)</sup>らは、犬における閉胸式と非閉胸式心マッサージの効果を動脈圧波、及び平

均動脈圧で比較した。前者が後者に比較して、より高い平均動脈圧を得ることができ、閉胸式心マッサージの方が効果的にポンプ作用を期待できると報告した。Baringer<sup>31)</sup>らは、非閉胸式の方が静脈還流を増加させるため非閉胸式心マッサージの方がすぐれていると述べている。Wealeらと同様の報告は他にも見られるが、過去20年の流れをみても、また実際の臨床の場における実用性、簡便性においても、非閉胸式心マッサージがまさっている事は明白であろう。

非閉胸式心マッサージの新しい発展として、胸骨圧迫心マッサージ時の圧迫時間についての研究がみられる。Taylor ら<sup>24)</sup>はマッサージ中、心臓をより長く圧迫することの重要性を報告した。彼等は胸骨圧迫心マッサージをピストンで行う機械を使用し、心マッサージの回数が40、60、80回/分のいずれの場合でも、圧迫時間をcycle timeの40~60%とした方が30~40%とした場合に比較して、血流指数と平均動脈圧のあきらかな増加を得ることができたことを臨床的に証明した。またBabbs ら<sup>25)</sup>は犬で同様の実験を行なった結果、圧迫持続時間が40~60%で最も良い心拍出量を得、60%から増加するとかえって心拍出量は減少すると報告している。

今回、我々は、胸骨圧迫率表示監視装置を用いて下記の如く胸骨圧迫心マッサージを行なった。圧迫数は毎分60回、圧迫率は患者の胸厚の20%及び25%の深さとし、それぞれについて圧迫持続時間はcycle timeの40%、50%、60%と設定して、Swan-Ganz Catheter等を使用して心マッサージ中の動脈圧、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、中心静脈圧、心拍出量、心指数を循環動態のパラメーターとして測定し、胸骨を圧迫することにより生じた心臓のポンプ作用と、それによってひき起こされた人工的な脈動流を把握し、より適正な圧迫率と圧迫時間を検討した。

収縮期動脈圧と収縮期肺動脈圧において、圧迫率25%、圧迫持続時間50%の条件で $60.1 \pm 19.8$  mmHg と最高値となり、他の群に比較して有意な差をもって高値を示した ( $p < 0.05$ )。圧迫率の大きい方が高値となり、圧迫時間は50%でピークを



示し、60%と長くなるとかえって低下した。

左房圧を反映するとされる肺動脈楔入圧では、心マッサージ中の圧は心停止前値の153.9～161.8%とかなり高くなり、最高値は圧迫率25%、圧迫時間60%における $16.5 \pm 4.5 \text{ mmHg}$ である。胸骨圧迫率が大きい方が若干の高値となっているが、ほとんど有意の差はない。圧迫時間については、動脈圧や肺動脈圧の場合と異なり、ほぼ近似値を示したが、50%を越え60%まで圧迫持続時間を長くすると高値となった。

中心静脈圧も、肺動脈楔入圧と同様の傾向を示し、最高値は圧迫率25%、圧迫時間60%における $13.3 \pm 5.3 \text{ mmHg}$ となり、心停止前値の149.4～171.6%もあった。圧迫率が大きく、圧迫持続時間が長くなる程、心マッサージ中の圧は若干ではあるが高値を示した。

心指数は、心停止前値の29.7～41.0%と低い値しか得られなかった。その中で、圧迫率25%、圧迫時間50%の条件で最高値 $1.23 \pm 0.53 \text{ l/min/M}^2$ （心拍出量は $1.79 \pm 0.81 \text{ l/min}$ ）を示した。これは正常値（ $3.1 \pm 0.21 \text{ l/min/M}^2$ ）の39.7%を得たことになる。圧迫率25%群は、20%群に比してあきらかな高値を示し（ $p < 0.01$ ）、圧迫時間50%で最高値を得、60%と長く圧迫すると逆に有意の差をもって低下してしまう（ $p < 0.01$ ）。

以上により、毎分60回の胸骨圧迫心マッサージを施行する場合、胸骨圧迫率が胸厚の25%、圧迫時間はcycle timeの50%が最適であり、60%と長くなると動脈圧及び肺動脈圧のあきらかな低下、肺動脈楔入圧及び中心静脈圧の上昇、心指数の減少を認め、肺うっ血や末梢循環不全を生じる危険性が最大であるとの結果を得た。

閉胸式心マッサージの本質的な欠陥は、心室のみだけでなく心房も圧迫することによる静脈逆流を生じることであるが、圧迫時間が長すぎると、その欠陥が助長されることがわかる。

心マッサージ中の循環動態についての諸家の報告を見ると、土肥ら<sup>36)</sup>は動脈圧45～75mmHg、心拍出量（熱希釈法）1.7～2.8L/min、Mackenzieら、DelGuericoらの心指数（色素希釈法）はそれぞれ0.4～1.3l/min/M<sup>2</sup>、 $0.61 \pm 0.18 \text{ l/min/M}^2$ で

あった。

また教室の神戸は、圧迫時間を条件にいない圧迫回数60回、胸骨圧迫率25%の胸骨圧迫心マッサージで、収縮期動脈圧 $65.0 \pm 26.5 \text{ mmHg}$ 、肺動脈収縮期圧 $52.8 \pm 21.5 \text{ mmHg}$ 、肺動脈楔入圧 $16.3 \pm 8.3 \text{ mmHg}$ 、中心静脈圧 $12.8 \pm 4.5 \text{ mmHg}$ 、心指数 $1.39 \pm 0.56 \text{ l/min/M}^2$ としている。

これらの諸家の報告と、今回の著者の測定値を比較してみると、動脈圧、肺動脈圧、心指数などで良好な結果を得ていることがわかる。

心マッサージ法の普及や薬剤の進歩、人工呼吸器などの発達により、心肺蘇生の成績は向上しているが、それにつれて蘇生後の意識障害などの脳後遺症や肺水腫の発生も増加する傾向にある。そこでこれらの新しい問題をふまえたうえで、次に胸骨圧迫心マッサージによる特殊な循環動態、特に低圧系血管の圧異常による蘇生後の重要臓器への影響について考察を加えてみたい<sup>23)32)～34)</sup>。

Mackenzie<sup>35)</sup>らは心マッサージ施行後の剖検例で肺水腫の発生を認め、その原因が心マッサージ中の右房圧が88～116mmHg（平均10～26mmHg）の異常な上昇にあると考えている。同様に土肥ら<sup>36)</sup>も心マッサージ中の平均肺動脈圧は48±12.6%増加しており、蘇生後の肺水腫の一因であると報告し、Chandra<sup>37)</sup>らも胸廓内圧の上昇による重要臓器の障害を指摘している。

血漿コロイド浸透圧と肺動脈楔入圧の関係にStein<sup>38)</sup>ら及びCalson<sup>39)</sup>らは注目し、その較差が9mmHg以上であれば著変なく、5mmHgでは肺水分量の増加を生じ、3mmHg以下では肺水腫の発生の危険性が大きいと述べている。血漿コロイド浸透圧の正常値は約25mmHgであるが重症例では18mmHg以下に低下し、胸骨圧迫心マッサージ施行時の肺動脈楔入圧の異常な増加とあわせて、その較差は縮小し肺水腫の原因と考えられる。

今回の著者の行なった胸骨圧迫心マッサージ中の測定でも低圧血管系の圧は、肺動脈楔入圧、中心静脈圧ともに正常値に比べかなりの高値を示し、肺動脈楔入圧は約16mmHgまで上昇しており重症例の血漿コロイド浸透圧（約18mmHg）との較圧は約2mmHgと小さくなり肺水腫の危険性を

有していることになる。しかし、注目すべき点は、胸骨圧迫率を大きくしても肺動脈楔入圧はあまり上昇していない半面、圧迫持続時間が50%を越え60%まで長くすると、その圧が上昇することである。しかし神戸の報告では胸骨圧迫率も25%を越え30%まで大きくすると、低圧血管系の圧の上昇を認めるとしている。これらのことにより蘇生後の肺水腫などの発生を防止するため、圧迫率は25%、圧迫持続時間は cycle time の50%を越えないことが重要であると考えられる。

救急蘇生が単に心肺の蘇生や機能回復だけにとどまらず、脳の蘇生、すなわち植物人間の防止、人間性の回復も忘れてはならない重要な問題であり、これからの蘇生は cardiopulmonary cerebral resuscitation (CPCR)<sup>40)</sup>として把握し考えていく必要がある。

Vries<sup>41)</sup>らの報告により、脳細胞は hypoxia, anoxia に弱く、脳血流遮断が5～8分に及ぶと不可逆的な変化をきたし、これが蘇生後の脳機能障害をもたらすとされていた。しかし Hossmann<sup>42)</sup>は猫の頸動脈を遮断し60分間の脳虚血をおこし経過をみたが、脳波上回復できたとし、Drewes ら<sup>43)</sup>は犬で30分間の脳虚血後でも脳細胞の ATP 合成能はほぼ正常にもどると報告している。

Ames<sup>44)</sup>は、ウサギの脳循環遮断後に血流が再開されても、anoxia によって生じた血管内皮細胞の膨化、血管内血液の停留凝集などにより血流は阻害され、脳循環の再開通のない部分ができる no-reflow phenomenon を提唱し、また新井ら<sup>33)</sup>は犬の脳循環を停止させて経過をみた結果、長時間(18分)に及ぶ血流遮断後には no-reflow phenomenon が認められるが、短時間(数分間)の心停止蘇生後に30分間充分な血流をあたえてやると no-reflow の現象はなかったとし、蘇生後は autor-regulation が障害され脳血流は脳灌流圧に左右されるので、適正な血圧維持が必要であると報告している。Bell<sup>45)</sup>は、心蘇生成功後の神経障害を総括し dementia, 錐体路及び錐体外路系の障害、dysphagia などが主であると述べており、これらの障害は脳虚血の長さ、蘇生開始の遅延、心マッサージ方法の未熟などに影響されると考えられ

る。

脳の重量は成人で約1,300gであり、全体重の2～3%にすぎないのに心拍出量の約15%の血流を受け、正常時では約840mlの血液が脳を循環している<sup>46)</sup>。しかし脳血液が脳100gあたり18ml以下になると、その部の機能障害をきたすとされている<sup>47)</sup>。著者が行なった胸骨圧迫心マッサージ施行時の心拍出量は、毎分60回、圧迫率25%、圧迫持続時間50%のとき1.79±0.81l/minあり、心拍出量の15%が脳循環とすると、脳は20.7ml/100gの血流を得たことになり、蘇生成功後に十分な血圧を維持すれば脳後遺症はおきない事が期待できる。

今回、対象となった症例は全身状態が極めて悪く、基礎疾患も不良で、また補助心マッサージとの混合を避けるため、すでに十分な治療がなされた末に心停止と認められた後からの開始であったため、全例蘇生し得なかったが、心マッサージ開始のタイミングや諸条件が整っておれば十分に cardiopulmonary cerebral resuscitation (CPCR) が可能であると考えられる。

織畑は、Shock 時あるいは救急蘇生時に、脳組織における酸素消費量の減少と脳循環の維持をはかるため頭部冷却を行なうことを提唱し、また早くから補助閉胸式心マッサージの重要性を説き、教室の栗原、岩崎<sup>48)</sup>らは動物実験の結果から「補助閉胸式心マッサージ」の有効性を報告している。今後も最適な蘇生法をめざして、研究を続けていかなければならない。

以上により、胸骨圧迫心マッサージを施行する場合、毎分60回、胸骨圧迫率は胸厚の25%、圧迫持続時間は cycle time の50%で行なうものが最も有効かつ安全であり、我々が開発した胸骨圧迫率表示監視装置を使用すれば過度な圧迫を避けることができ、たとえ手技方法に未熟な者でも、正確に最良な心マッサージを行なうことができると考える。

救急蘇生における一次救命処置は、医療施設外での症例では、その判断が困難であり、また処置に対しての知識が乏しい一般の人しか現場に居合わせない場合が多いため、その開始が遅くなり

ちである。正確な一次救命処置を一刻でも早期に始めることの重要性を啓蒙し、医師以外でも救急の場で確実に心マッサージを含めて蘇生術を施行できるように日常の訓練指導を行ない、我々は救命蘇生を最良のものとするため今後も研究、努力しなければならぬ。

## 結 論

救急時の心蘇生術として胸骨圧迫心マッサージは、その実用性、簡便性により広く普及してきたが、まだ問題点を多く残している。

より有効、安全で正確な胸骨圧迫心マッサージの究明をめざして、心マッサージを行なう際の胸骨圧迫率と圧迫持続時間に注目し、循環動態の測定を心停止患者10症例で行なった。

胸骨圧迫心マッサージは、圧迫回数を毎分60回とし、胸骨圧迫率は患者の胸厚の20%及び25%と設定し、それぞれの圧迫率において圧迫持続時間をcycle timeの40%、50%、60%の3通りとした。我々が開発した胸骨圧迫率表示監視装置の上記の6条件に設定し、正確な心マッサージを施行して、それぞれについて循環動態を測定し比較検討により、次のような結果が得られた。

1) 収縮期動脈圧と収縮期肺動脈圧において、胸骨圧迫率25%、圧迫時間50%の条件で最高値を示した ( $p < 0.05$ )。圧迫時間が60%と長くなるとかえって低下した。

2) 肺動脈楔入圧と中心静脈圧において、圧迫率が大きい方が若干の高値となるが統計学的には有意の差はない。圧迫時間は40%、50%ではほぼ近似値であるが、60%まで長くすると増加の傾向を示し、蘇生後の肺水腫などの危険性が生じてくる。

3) 心指数は、胸骨圧迫率が25%、圧迫持続時間50%で最高値を得 ( $p < 0.01$ )、圧迫時間を60%にすると逆に有意の差をもって減少してしまう ( $p < 0.01$ )。圧迫率25%、圧迫時間50%の心マッサージで得られた心指数は正常時の約40%と低い。脳循環に必要な血流を送っていると考えられる。

以上の結果より、胸骨圧迫心マッサージは、毎分60回、胸骨圧迫率は胸厚の25%、圧迫持続時間はcycle timeの50%で行なうのが至適であると考えられる。

稿を終了するにあたり、御指導と御校閲をいただいた恩師織畑秀夫教授に深謝申し上げるとともに、懇切なる御教示、御助言をいただいた教室の倉光秀磨助教授、木村恒人講師、神戸知充先生、また御協力下さった教室の諸先生方に心より謝意を表します。

(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59年11月8日、東京女子医科大学学会第260回例会において発表した。)

## 文 献

- 1) Kouwenhoven, W.B., Jude, J.R. and Knickerbocker, G.G.: Closed chest cardiac massage. JAMA 173(10) 1064~1067 (1960)
- 2) 土肥修司: 心マッサージ時の循環動態. ICUとCCU 491~927 (1980)
- 3) 織畑秀夫: 心臓マッサージ. 小児科 12(5) 544~548 (1971)
- 4) 織畑秀夫: ショックに対する閉胸式心マッサージの効果. 日胸外会誌 24 113 (1976)
- 5) 織畑秀夫: 心臓マッサージ. 治療 61(2) 543~546 (1979)
- 6) 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 4 635~643 (1961)
- 7) 織畑秀夫・他: 閉胸式心臓マッサージ—その効果と手技—. 小児科臨床 15(10) 1012~1020(1962)
- 8) 神戸知充: 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—. 東女医大誌 54(8) 686~701 (1984)
- 9) 元木良一: スワンガンツカテーテルを用いた患者管理. ICUとCCU 2 509~514 (1978)
- 10) 元木良一・他: スワンガンツカテーテルを用いた患者管理—その手技と測定成績の評価について—. 日本胸部臨床 35 655 (1976)
- 11) 横手祐二: Swan-Ganz カテーテルの患者管理への応用とその問題点. 臨外 36(7) 1111~1114 (1981)
- 12) 元木良一: Swan-Ganz カテーテルによる循環動態の評定と輸液. 臨床成人病 8 423~428 (1978)
- 13) Swan, H.J., et al.: Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. N Eng J Med 285 447~451 (1970)
- 14) 元木良一: Swan-Ganz catheter. 救急医学 16 181~187 (1979)
- 15) 松井隆夫: 一般外科疾患に於ける術前術後血行動態に関する研究. 福島医学雑誌 29 95~111 (1979)
- 16) 石田詔治・訳: Standards and guidelines for cardionary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). JAMA 244(5) (1980)

- 17) 日本救急医学会：「救急蘇生法の指針」案について，医学のあゆみ 98 25～50 (1976)
- 18) 近藤 孝・他：心肺蘇生法，診断と治療 68 1297～1304 (1980)
- 19) 清野誠一・他：救急蘇生，救急医療ハンドブック 00 4～14 (1982)
- 20) 栗原正典：出血状態における「補助マッサージ」の効果に関する研究，東女医大誌 47(5) 576～593 (1977)
- 21) ウイ・キムイ：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心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)
- 22) 井上 正：Thermodilution 法—その基礎と開心術後の心機能評価に対する応用，現代外科学大系，臓器別各論/循環器 00 107～123 (1978)
- 23) 山村秀夫：心蘇生法の新しい考え方，呼と循 29 381～385 (1981)
- 24) Taylor, G.L., et al. : Importance of prolonged compression during cardiopulmonary resuscitation in man. *New Engl J Med* 296 1515 (1977)
- 25) Babbs, C.F., et al. : Influence of compression duration and compression rate upon cardiac output during CPR in dogs. *Crit. Care Med* 8 248 (1980)
- 26) Harkins, G.A. and Bramson, M.L. : Mechanized external cardiac massage for cardiac arrest and support of the failing heart. *J Surg Res* 1 197～200 (1961)
- 27) 渥美和彦・他：体外式心マッサージ機，第2回日本人工臓器学会 59～61 (1965)
- 28) 桜井靖久：機械による心臓蘇生法—体外式心臓マッサージ機—，臨床外科 20 1116 (1965)
- 29) 土屋喜一：心臓マッサージマシン，東女医大誌 44(2) 202～210 (1974)
- 30) Weale, F.E. and Rowhwell-Jackson, R.L. : The efficacy of cardiac massage. *Lancet* 1 990～992 (1962)
- 31) Baringer, J.R., Salzman, E.W., Jones, W.A., et al. : External cardiac massage. *New Eng J Med* 265 62～65 (1961)
- 32) 日比紀一郎・他：心肺蘇生後脳障害の予防と治療，救急医学 22 879～884 (1979)
- 33) 新井達潤：心蘇生後の脳循環—蘇生後の経過，昇圧剤と脳圧，no-reflow phenomenon. 第8回麻酔とReanimationセミナー 1～20 (1977)
- 34) 山口佳晴：心停止蘇生後の肺機能，第8回麻酔とReanimationセミナー 21～33 (1977)
- 35) Mackenzie, G.L., Taylor, S.H., McDonald, K.W., et al. : Hemodynamic effects of external cardiac compression. *Lancet* 1 1342～1345 (1964)
- 36) 土肥修司・岩崎 寛・寛・他：心マッサージ時の循環動態，第7回日本集中治療学会，名古屋(1980)
- 37) Chandra, N., et al. : Augmentation of crotid flow during cardiopulmonary resuscitation (CPR) in the dog by simultaneous compression and ventilation with high airway pressure. *Am J Cardiol* 43 422 (1979)
- 38) Stein, L., et al. : Pulmonary edema during volume infusion. *Circulation* 52 488～489 (1975)
- 39) Calson, 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
- 40) Safar, P. : Cardiopulmonary-cerebral resuscitation (CPCR). *Advances in Cardiopulmonary Resuscitation*, p. 195, Springer-Verlag, New York (1977)
- 41) Vries, J.K., Sullivan, H.G. and Becker, D.P. : Blood flow and metabolism in the brain. Churchill Livingstone (1975)
- 42) Hossmann, K.A., et al. : Reversibility of ischemic brain damage. *Arch Neurol* 29 375 (1973)
- 43) Drewes, L.R., et al. : Metabolic alterations in brain during anoxic-anoxia and subsequent recovery. *Arch Neurol* 29 385 (1973)
- 44) Ames, A., et al. : Cerebral ischemia. II. The no-reflow phenomenon. *Am J Pathol* 52 437 (1967)
- 45) Bell, J.A. and Hodgson, H.J.F. : Coma after cardiac arrest. *Brain* 97 361 (1974)
- 46) 相沢豊三：脳の循環と機能，中外医学社 (1964)
- 47) 永井 肇：心停止と脳循環，第8回麻酔とReanimationセミナー，67～81 (1977)
- 48) 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)