

特別掲載

静脈—動脈灌流法による補助循環，とくに大動脈弁近傍送血に
よる循環動態への影響と病理学的変化について

東京女子医科大学 第二外科学教室 (主任：織畑秀夫教授)

ムラ 村 セ 瀬 シゲル 茂

(受付 昭和59年3月21日)

**Experimental Evaluation of Assisted Extracorporeal Circulation
by the Venoarterial Perfusion
—Special Reference to Hemodynamic and Histological Changes with
Arterial Infusion Near by the Aortic Valve—**

Sigeru MURASE

Department of Surgery (Director: Prof. Hideo ORIHATA)
Tokyo Women's Medical College

Effects of the assisted extracorporeal circulation on the hemodynamics of corporeal circulation were studied in 20 mongrel adult dogs with venoarterial perfusion using membrane oxygenator and roller pump. Twenty dogs were divided into four groups by blood infusing sites. The following results were obtained:

- 1) After the start of the perfusion, arterial pressure decreased sharply and the decreased gradually with duration of the perfusion.
- 2) Pulse pressure decreased gradually with duration of the perfusion.
- 3) The left atrial pressure increased in relation to decrease in the arterial pressure. Histopathological examination showed congestion of the lung. This change is slightly observed in the animals whose blood infusing sites were long way from the aortic valve.
- 4) Blood infusion in the site just above the aortic valve is most effective to supply oxygenated blood to the coronary artery and brain artery.
- 5) It was demonstrated the sufficient supply of the oxygenated blood to the coronary artery and common carotid artery by blood infusion in the site just above the aortic valve with venoarterial perfusion method is required and is effective for respiratory failure, however this method has disadvantages to cause lung congestion.

Therefore, in order to overcome those disadvantages, synchronous infusion of the blood during diastolic stage or blood infusion directly to the coronary artery or common carotid artery should be considered.

目 次

緒言
実験目的
実験方法

1. 実験動物
2. 麻酔と管理
3. 灌流準備
4. 灌流方法

5. 血行動態の測定
6. 血液ガス分析
7. 病理組織学的検査

実験結果

1. 血行動態の変動
 - 1) 動脈圧
 - 2) 脈圧
 - 3) 心拍数
 - 4) 左心房圧
2. 血液ガス分析の結果
 - 1) 右総頸動脈血酸素分圧の変動
 - 2) 右総頸動脈血炭酸ガス分圧および Base Excess
3. 病理組織学的所見
4. 小括

考察

結論

文献

結 言

重症肺炎、ショック肺、肺水腫などの急性あるいは慢性呼吸不全に対し、酸素療法、理学的療法、レスピレーターによる補助呼吸等、各種の治療法がみられているが、それらの内科的療法を施行しても救命できない Adult Respiratory Distress Syndrome に対し、生体の回復を待つ間、肺呼吸を代行する膜型人工肺を用いた補助循環、すなわち Extracorporeal Membrane Oxygenation (以下 ECMO と略称する)が行なわれるようになり、臨床での成功例が未だ少数ではあるが報告されている^{1)~4)}。

補助循環を行なう場合、静脈—動脈灌流は酸素付加率の面より、静脈—静脈灌流より有利である。しかし前者では灌流が長時間におよぶと循環動態に与える影響が少なくない⁵⁾。これに対し、静脈—静脈灌流ではより生理的な循環動態は得られるが⁶⁾⁷⁾、右心負荷を軽減できない短所がある。

教室の里村⁸⁾は、大動脈弁直上から送血する静脈—動脈灌流法が心筋への酸素付加の面から呼吸不全犬に対する補助循環として有効であると報告した。しかしこの実験において、大動脈弁直上送血による補助循環を行なう際に、予備実験中2例において実験開始後比較的短時間のうちに実験動物の血圧の急激な低下をきたし、心停止にいたる

のを認めている。

著者はこのことに注目し、大動脈弁直上送血による補助循環の血行動態に及ぼす影響を詳細に知る必要を痛感した。

実験目的

呼吸性低酸素の際に大動脈弁直上より酸素加血を送血し、心筋に十分な酸素を送ることが有効であることは証明されているが、少数例ではあるが、実験中に急速に悪化死亡する例のあることは臨床応用をする際には重大であるので、その原因を明らかにするために、次の実験を行なった。

実験方法

1. 実験動物

体重14~20kgの雑種成犬20頭を使用した。実験犬はすべて犬舎において1週間の観察を行ない、病的状態あるいは栄養状態の悪いと思われるものは除外した。

2. 麻酔と管理

麻酔は Pentobarbital 20mg/kg を静脈内に投与し、実験中の維持は、体動や反射の出現した時、これらが消失するまで Pentobarbital を少量ずつ緩徐に追加投与した。

呼吸は#20~30のカフ付きチューブを気管内に挿管し、毎分20回、1回換気量20~30ml/kgの間歇的陽圧調節呼吸とした。

左大腿静脈を露出し、エラスター19Gを挿入後、乳酸加リンゲル液を4ml/kg/hの割合で輸液を行なった。カテーテルの挿入に先立って、ヘパリン1.5mg/kgを静注した。

3. 灌流準備

右大腿動脈を露出切開し、外径16F、内径14Fの塩化ビニール製チューブ(アーガイル社製)を挿入、これを送血用とした。チューブの先端は、大動脈弁直上、大動脈弁より上方へ2cm、4cm、および6cm各々離れた部位に固定した。これらのチューブの先端の位置は、胸骨縦切開による開胸にて確認し、大動脈の右総頸動脈分岐部を大動脈弁より上方2cmの部位とし、これより大動脈弁側へ2cmを直上に、これより末梢に2cmと4cmを大動脈弁より4cmと6cmとすることで統一した。

脱血用チューブは大動脈を露出切開し、送血

用のものと同じチューブを挿入，中心静脈に先端を固定した。

人工肺は膜型人工肺(Kolobow型)を使用し，体外循環回路の充填液には同種新鮮血，乳酸加リンゲル液を4mg/100mlのヘパリンを加えて用い，全体の稀釈率が20%になるようにし，約1,000mlの充填液を用意した。

4. 灌流方法 (図1)

灌流は人工心肺体外循環装置のローラーポンプ2台で脱血および送血を行なった。

酸素流量は2~4l/minで静脈血を酸素加し，灌流中は送血温を熱交換器で約37℃に保った。

充填血液が減少した時には，その都度補充し，3時間の静脈-動脈灌流を行なった。

実験中は間歇的陽圧調節呼吸を終始持続した。

送血量は灌流開始後15分までは徐々に増量し， 30.0 ± 5.0 /kg/minで維持した。

送血部位の相違により20頭を4群に分けて実験を行なった。

第1群：5頭，送血部位を大動脈弁直上とした。

第2群：送血部位を大動脈弁より末梢へ2cmとした。

第3群：送血部位を大動脈弁より末梢へ4cmとした。

第4群：送血部位を大動脈弁より末梢へ6cmとした。

5. 血行動態の測定

実験中の血行動態の指標として，右総頸動脈圧，

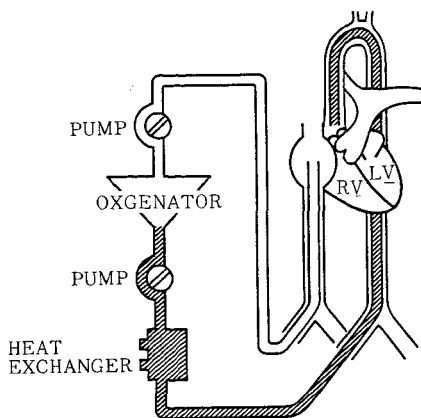


図 1

心拍数，左心房圧を測定した。

1) 右総頸動脈を露出し，血管内にレーマン7Fカテーテルを挿入後，圧トランスデューサー(MPU 0.5-290型，三栄測器 K.K.)に接続した。

2) 左心房圧測定のために左心耳より左心房内に7Fカテーテルを挿入後，圧トランスデューサーに接続した。

6. 血液ガス分析

右総頸動脈を採血部位とした。灌流前と灌流開始後30分，60分，90分，120分，150分，180分に採取し，測定は自動血液ガス分析装置(ABL-1，ラジオメーター社)を使用し，動脈血酸素分圧(以下 PaO₂と略す)，炭酸ガス分圧(以下 PaCO₂と略す)，Base Excessを測定した。

7. 病理組織学的検査

実験終了後，肺，肝，心臓を摘出し，10%ホルマリン液に固定し，ヘマトキシリン・エオジン染色と Masson 染色による病理組織標本を作成した。

実験結果

実験開始から終了までの経過は，灌流開始を0分とし，灌流終了を180分とする。

1. 血行動態の変動

各血行動態の指標は灌流前と灌流開始後180分間を30分毎に測定し，灌流前値を100%とし，それぞれの平均値を比較した(表1)。

1) 動脈圧

全群とも灌流開始とともに急激に低下し，30分後までに70%程度まで低下した。以後動脈圧を保つように脱血量と送血量を調節したが，第1，第2群は灌流時間の経過とともに漸次低下傾向を示した。第3，第4群は比較的変動が少なかった。また第1，第2群に期外収縮が灌流時間の経過とともに頻発した(図2)。

2) 脈圧

全群とも灌流時間の経過とともに低下したが，120分以後は第3，第4群が比較的安定した(図3)。

3) 心拍数

灌流時間の経過とともに全群とも軽度に低下したが著明な変動はみられなかった。また各群間に

表1 血行動態(%)

	灌流前	灌流開始後					
		30分	60分	90分	120分	150分	180分
動脈圧 (収縮期)							
第1群	100	68.8±2.6	66.0±1.7	63.28±2.0	56.5±2.0	49.5±6.3	48.9±4.6
第2群	100	68.1±2.6	67.8±3.1	65.8±3.2	57.0±3.7	56.3±2.7	52.7±3.5
第3群	100	70.4±2.3	67.4±3.3	67.1±3.6	65.4±4.0	62.2±6.9	60.5±5.7
第4群	100	70.6±5.6	68.1±3.4	66.4±2.5	63.9±3.8	64.2±2.9	60.6±4.5
脈 圧							
第1群	100	83.2±6.7	82.0±10.7	81.3±10.7	71.5±4.9	59.5±10.0	56.7±13.3
第2群	100	85.5±14.6	83.3±10.5	81.3±9.0	63.5±8.5	59.7±8.0	54.1±5.2
第3群	100	82.3±14.6	74.3±5.1	74.7±5.1	69.8±7.0	68.2±7.2	67.6±6.1
第4群	100	85.4±13.1	82.1±12.2	74.3±9.3	71.4±9.4	71.3±8.3	71.3±8.3
心拍数							
第1群	100	93.6±5.7	90.2±5.7	94.7±8.2	86.5±10.4	78.7±5.3	84.2±3.5
第2群	100	97.6±5.3	92.2±6.4	96.1±9.6	86.9±6.8	90.2±5.1	83.1±6.0
第3群	100	99.8±6.7	87.2±5.5	97.7±7.6	94.7±4.6	95.4±3.9	90.1±1.4
第4群	100	98.9±3.4	88.7±5.1	88.1±5.8	85.9±4.1	96.5±2.6	94.5±2.4
左房圧							
第1群	100	68.9±9.1	66.1±4.7	58.2±8.1	66.1±4.4	68.6±5.1	65.9±5.6
第2群	100	71.1±4.6	66.1±4.4	63.6±7.9	66.1±4.4	66.1±4.4	63.4±6.5
第3群	100	73.2±7.5	67.8±4.4	65.3±8.4	67.8±4.4	70.3±4.2	67.8±4.4
第4群	100	68.6±5.1	66.1±4.4	66.1±4.4	66.1±4.4	68.6±5.1	71.1±4.6

±: Standard Error

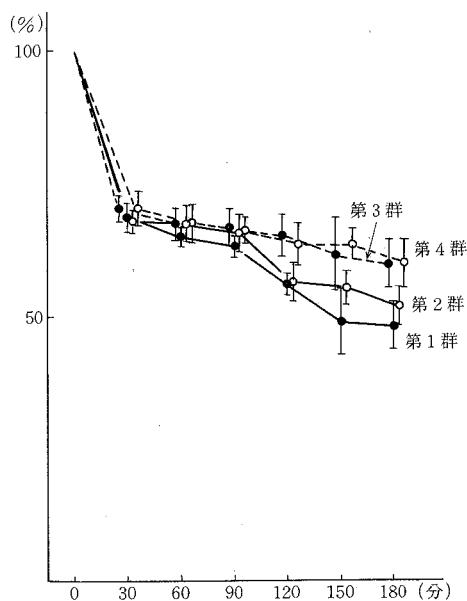


図2 動脈圧(収縮期)

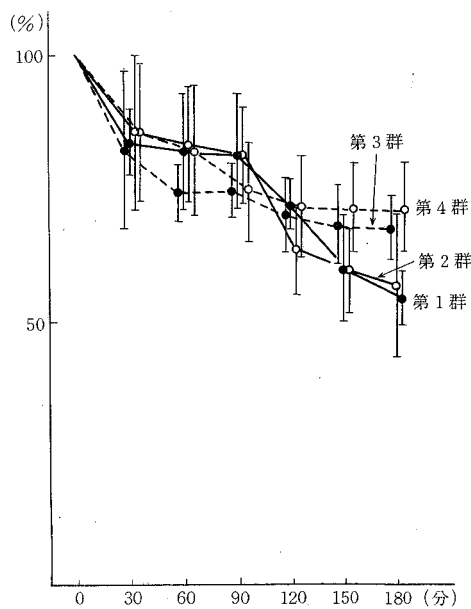


図3 脈 圧

明らかな差は認めなかった(図4)。

4) 左心房圧

全群とも灌流開始とともに、脱血により低下、70%程度になったが、以後著明な変動はなかった(図5)。各群において左心房圧と右総頸動脈圧の経過をみると(図6)、各群とも灌流開始とともに左心房圧、右総頸動脈圧は70%程度に低下し、その後右総頸動脈圧は漸次低下したのに対し、左心房圧は比較的低下が少なく、相対的な左心房圧上昇の傾向がみられた。これは第1群で著しかった。

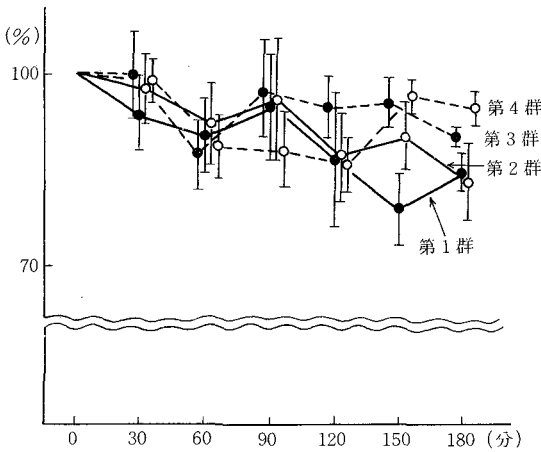


図4 心拍数

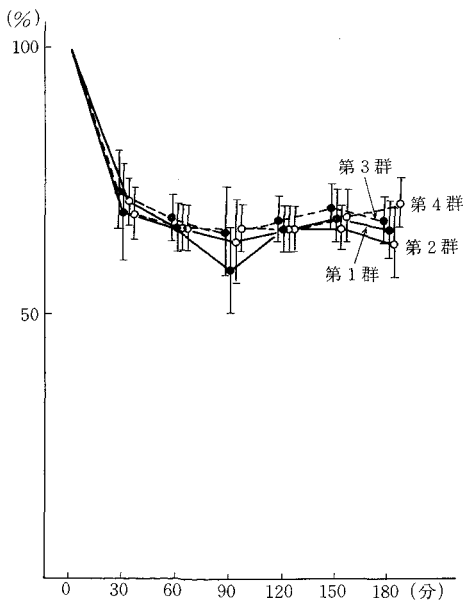


図5 左心房圧

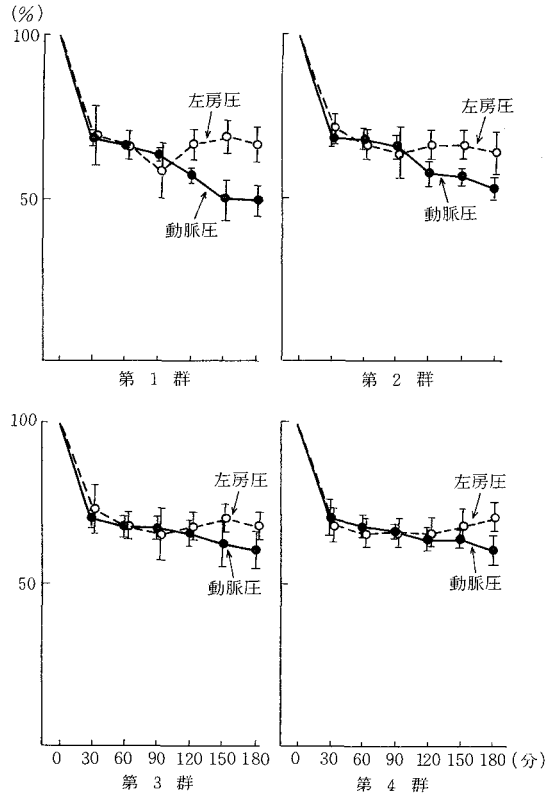


図6 各群の右総頸動脈圧と左心房圧の経過の比較

2. 血液ガス分析の結果

血液ガスは灌流前と灌流開始後180分間を30分毎に測定した。送血回路の血液酸素分圧は300~500mmHgであった。

1) 右総頸動脈血液酸素分圧の変動

灌流前は第1群 81.7 ± 17.6 mmHg, 第2群 68.3 ± 12.8 mmHg, 第3群 70.1 ± 13.2 mmHg, 第4群 78.9 ± 18.6 mmHg, であった。灌流開始とともに PaO_2 は上昇したが、採血部位が右総頸動脈であるため、30分後では第1群 223.5 ± 54.8 mmHgと上昇するが、第2群 192.8 ± 45.5 mmHg, 第3群 167.3 ± 48.5 mmHg, 第4群 149.2 ± 44.0 mmHgと低下した。120分後でも第1群 226.1 ± 56.7 mmHg, 第2群 175.7 ± 39.9 mmHg, 第3群 162.7 ± 23.5 mmHg, 第4群 161.1 ± 38.8 mmHgと同じような傾向であった(図7)。

実験犬の心拍出量、人工肺通過後の送血回路の血液酸素分圧を一定として計算すると、各群の人

工肺で酸素加された血液が右総頸動脈に流入する量は、第1群を1とすると60分では第2群0.84, 第3群0.67, 第4群0.49, 120分では第2群0.71, 第3群0.62, 第4群0.57の割合になった。すなわち第1群が量も多く第2群, 第3群, 第4群と減少しており, 60分より120分に著明である。

2) 右総頸動脈血炭酸ガス分圧および Base Excess

灌流前より4群とも低CO₂血症を呈し, 灌流開始後も低CO₂血症が進行した(図8)。Base Excessは4群とも灌流前より低値で, 灌流終了時には-18mgEq/lに達した。調節呼吸と人工肺を用いた補助循環が過剰換気となり, 炭酸ガス分圧の低値を招来したと考えられる。また低CO₂血症は血液酸素解離曲線を左方に移動し, 臓器への酸素供給を障害する結果アチドーシスを増強する誘因になったと思われる。

3. 病理組織学的所見

(1) 肺: 実験犬全群での主な変化は, 気管支, 肺動脈壁周囲の浮腫, リンパ管拡張, 出血等肺うっ

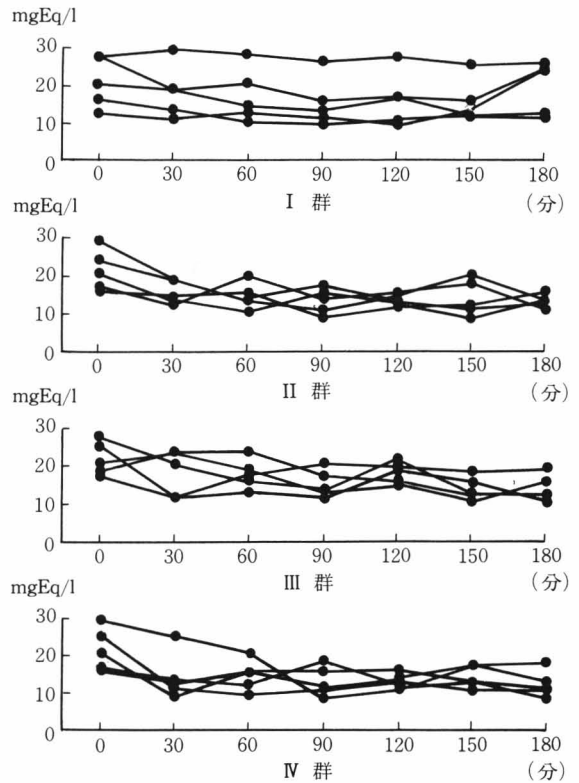


図8 右総頸動脈血炭酸ガス分圧の変化

血を示す所見であった。一部においては小血管内に血液充満, 血栓が認められた。これらの変化は第4群において比較的軽度であった(写真1, 2)。

(2) 心臓: 一部に心筋細胞の好酸性の増加が認められたが, 各群において心筋細胞はほぼ正常であり, 各群間に特徴的な差はなかった(写真3)。

(3) 肝臓: グリソン鞘の浮腫, リンパ管拡張,

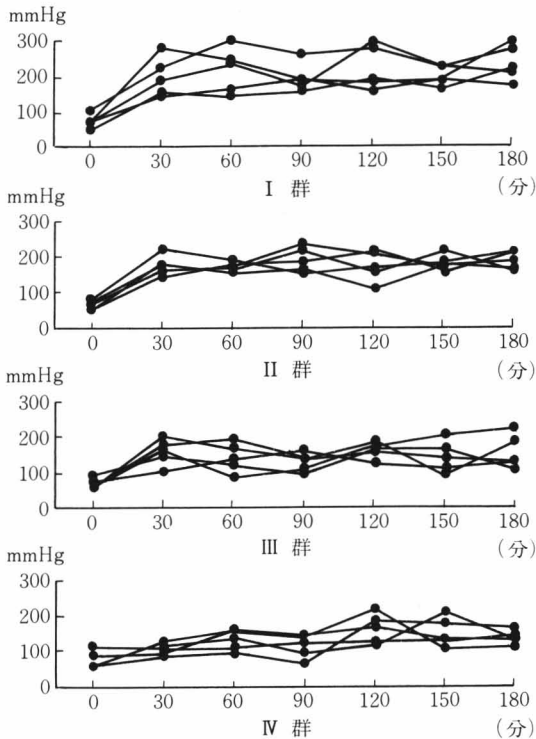


図7 右総頸動脈血酸素分圧の変化

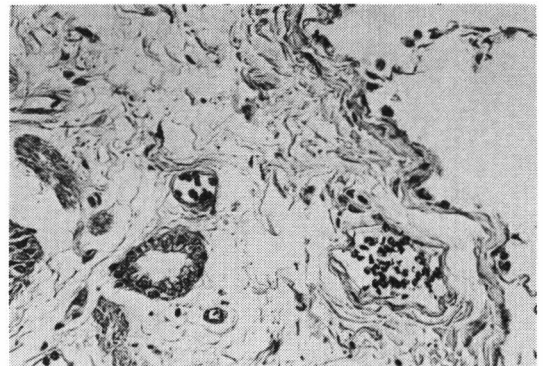


写真1 第2群の肺病理所見。細気管支壁の浮腫がみられる。

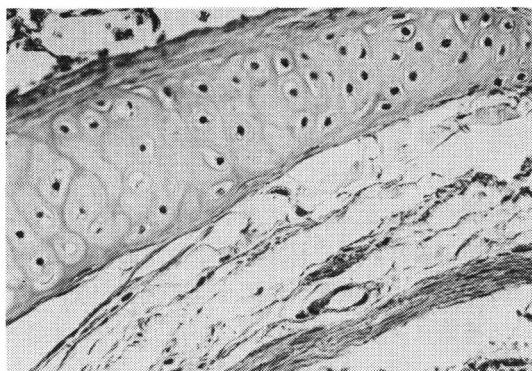


写真2 第4群の肺病理所見。気管支壁の軽度の浮腫がみられる。

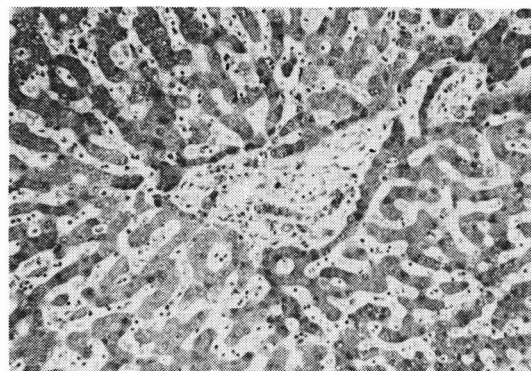


写真5 第4群の肝病理所見。類洞の拡張と円形細胞浸潤がみられる。

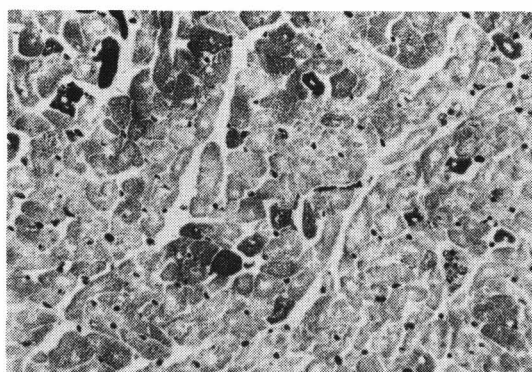


写真3 第2群の心臓病理所見。心筋細胞の巣状の好酸性増加がみられる。

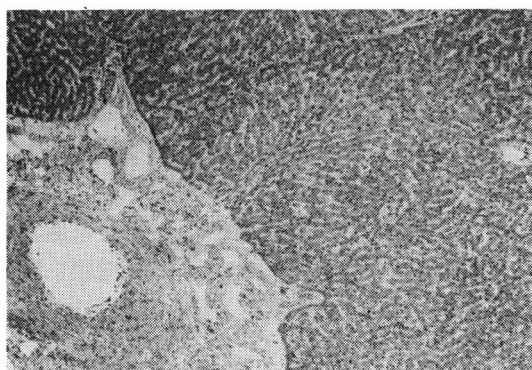


写真4 第2群の肝病理所見。類洞の軽度の拡張とグリソン鞘のリンパ管拡張がみられる。

類洞の拡張を認め、肝臓のうっ血を示した(写真4, 5)。

4. 小括

本実験によると、静脈—動脈灌流法による補助

循環を施行した実験犬は、灌流開始初期に著明な、その後緩徐な動脈圧の低下と、脈圧の低下が認められた。これらの変化は送血部位が大動脈弁に近い程、著しい傾向にあった。

左心房圧は中心静脈での脱血のため灌流開始直後より、70%程度に低下し以後各群間に差はなかった。動脈圧と比較して経過をみると、灌流開始とともに左心房圧、動脈圧は急激に低下、その後動脈圧は漸次低下したのに対し、左心房圧は比較的低下が少なく、相対的な左心房圧上昇の傾向がみられ、肺うっ血の因子となっていると考えられ、この傾向は第1群で著しかった。

右総頸動脈血の酸素分圧は、終始調節呼吸を続けてECMOを施行したので、全群とも高酸素分圧であり、灌流された酸素加血の量は第4群では第1群の約半分に低下している。すなわち送血された酸素加血は弁直上に近くに送血される方が、総頸動脈中の血液に多量の酸素が送られることを意味し、送血部が弁から遠ざかるに従って酸素が減少するわけで、心筋へ冠動脈から酸素加血を送る場合および脳へ総頸動脈を介して酸素加血を送る場合を考えると弁直上に近い送血の方が有効であることを証明している。

ECMO施行後の各臓器の病理組織学的変化については、肺、肝において浮腫とうっ血が認められたが、第4群において比較的軽度であった。これらは前述の左心房圧の比較的上昇という肺うっ血の因子による所見である。

考 察

急性肺炎、ショック肺、肺梗塞などの種々の原因により発生し、死亡率の高いことで臨床家の注目を集めている acute respiratory failure, acute pulmonary insufficiency, あるいは adult respiratory distress syndrome などと呼称されている急性呼吸障害では、各種強化集中治療をもってしても救命し得ないような重度の急性呼吸不全患者に対して、最近 ECMO による治療が注目されている^{1)~4)9)10)}。

ECMO に対する適応として、1972年 Hill¹¹⁾は次のような基準を設けている。即ち「人工呼吸器による呼吸管理や、あらゆる内科的治療にもかかわらず、1) 動脈血酸素分圧が35mmHg 以下、2) 低酸素血症による脳障害の出現、3) 低酸素血症による心血管障害の出現、4) これらの危機を乗り越えれば肺の回復を待って救命できるという期待を持てる場合」の4つの条件をあげている。

また1974年の National Heart Lung Institution の呼吸不全に対するプロトコール¹²⁾によると、吸気酸素濃度を60%、PEEP を15cmH₂O に維持しても、PaO₂が50mmHg 以下、肺内シャント率が30%以上の時を ECMO の適応としている。

ECMO の禁忌としては

- 1) 不可逆性中枢神経障害
 - 2) 出血が激しい時、すなわち出血をコントロールしてから適応となる。
 - 3) 終末期悪性疾患(悪性腫瘍、中枢神経変性疾患)
 - 4) 広範囲熱傷
- などがあげられる¹²⁾。

Hill¹¹⁾が1972年初めて外傷性急性呼吸不全症例に対して ECMO による治療を行なって以来、1976年までに約250人が本法で治療された。しかし成功例はわずかに20人(8%)であった¹³⁾。このような成績であったのは、非常に状態の悪い症例に対して ECMO が施行されるということもあるが、補助循環が長期にわたることをはじめ、その方法に問題があるためである。

これら補助循環の問題点として、i) 人工肺の種類、ii) 灌流方法、iii) 灌流量、iv) 出血の制御が

挙げられる。特に大きな問題は ii) の灌流方法である。

灌流方法には大別して3通りある。すなわち、動脈-静脈灌流、静脈-静脈灌流、静脈-動脈灌流である。

動脈-静脈灌流法は送血ポンプが不要で充分な脱血が得られるが、反面静脈血酸素加の目的からは効率が悪く静脈脱血に劣り、ポンプを使用しないと患者自身の心臓に負担がかかるので、心機能低下がある場合は危険がある⁵⁾¹⁴⁾。したがって、臨床応用上の価値があるのは静脈-静脈灌流法と静脈-動脈灌流法である。

1) 静脈-静脈灌流法は ECMO の臨床にはじめて使われた方法で、生理的な補助循環である。装置が簡単で低圧、低流量で灌流が行なえ、動脈切開などの手技上の煩雑がない¹¹⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。

この灌流方法では血液が右心系に戻されるので肺動脈、体動脈に酸素飽和度の様な血液が流れることになり、かつ拍動流が得られ、心機能、体循環、組織灌流に与える影響が少ない^{6)7)17)~20)}。

欠点としては、脱血量が多くなると酸素加された血液の一部が再び脱血用のカニューレに取り込まれることがある。このような場合には、送血用のカニューレの先端を三尖弁を越えて右心室内に位置させなければならない。

肺血流量は減少しないので、肺高血圧は持続し、右心への負荷は軽減しない²¹⁾。したがって肺自身の疾患により生じた呼吸不全を改善するには本法は不適當で、広範な肺動脈塞栓症の時にはかえって有害である¹⁴⁾²²⁾。

酸素加血が肺毛細管に運ばれた場合に肺胞との間に酸素の逆勾配が生じ、肺胞毛細血管膜に障害を与えるのではないかという懸念がある¹⁶⁾。また実験的な低酸素血症犬で血液中より肺胞へ酸素の逆拡散、すなわち肺毛細血管で脱酸素現象が生じるといふ報告がある⁵⁾。

2) 静脈-動脈灌流法は静脈血の吸引効果により、静脈圧が低下し、肺血流量が減少し、肺動脈圧は低下するので、肺毛細血管における静水圧も下がり、肺血管内水分の血管外への移行が少なくなり、肺水腫が改善するといわれている。したがっ

てこの方法は肺高血圧症と右心不全をもつ呼吸不全患者に適している^{23)~25)}。

また、この灌流方法では気道内分泌物の吸引や気道内洗浄が低酸素血症をあまり心配することなく実施できる。肺胞蛋白症による呼吸不全に対し、ECMOを行ないつつ肺胞内洗浄を行ない、肺の病変を改善させることができる。

酸素加率も良好であるが、酸素加された血液が大腿動脈に戻される場合には、脳や冠動脈には主に肺を通ってきた酸素飽和度の低い血液により灌流されることになる¹¹⁾²⁰⁾²⁶⁾²⁷⁾。

古謝²⁶⁾は低濃度酸素の強制換気による呼吸不全犬の実験で、大腿動脈送血法は上行大動脈の酸素飽和度を増加させることができなかつたと報告している。補助循環を行なう場合、冠動脈、脳動脈などの重要臓器の機能保持の血管に酸素加血を充分に供給するように配慮すべきである。

無呼吸犬または非常に強い肺不全犬を作成して大動脈弁直上送血の有効性を示した報告は過去にみられる。

岡田²⁷⁾は実験的な低酸素血症犬に心拍出量の30%の送血を大動脈弓部から行なったところ、冠動脈には心拍出された低酸素血が殆んど灌流していたため、心電図上早期から虚血性変化が出現したのに反し、大動脈弁直上からの同量の送血では4~8時間のECMOを施行し、生存犬が得られたと報告している。

教室の里村⁸⁾の実験によると、5頭の実験犬を無呼吸状態とし、30分間灌流を行なったところ、大腿動脈よりの送血では灌流中に2頭が心停止し、残りの3頭も灌流終了後5分以内に心停止した。それに反し、大動脈弁直上よりの送血では、灌流中実験犬5頭全例が生存して灌流終了後15分~30分以内に全例が心停止し、大腿動脈送血群より延命効果が認められた。

呼吸不全時には送血された酸素加血と心拍出された血液の均等な混合を図り、冠動脈に十分な酸素加血を流すためには、できるだけ大動脈弁に近い部位より送血すること、および灌流量を増加させることの2つが必要である。

著者の実験においては、灌流量が増えれば中心

静脈から吸引する血液量が増えるので、それだけ心拍出量が減少する。また大動脈弁直上から持続的に注入される血液が心収縮期の動脈弁開放時に逆流を生じる。この2つの事実から灌流後に急激な動脈圧低下とある程度の脈圧低下をきたしたものと考えられる。

このような血圧の急激な低下は循環障害をきたす危険があるが、ある程度酸素分圧の高度化により補われているものと考えられる。

また大動脈弁開放時の送血による逆流は、左心室の負荷を増大し、大腿動脈圧の低下と逆に比較的左心房圧の上昇をきたし、肺のうっ血、浮腫をきたす因子となっている。

またこれらの変化は送血部位が大動脈弁に近い程著しい傾向にあった。

臨床上肺不全より離脱するまで長時間補助循環を続ける必要があることを考えると、このような左心室の負荷の増大とそれに伴う肺うっ血は好ましくないことになる。また急激かつ著明な血圧低下は、酸素分圧が増すとはいえ不利な条件である。

一方大動脈弁直上から遠ざかるほど、流入血液の総頸動脈への混入が減少している事実を認めているが、これは冠動脈、頸動脈への酸素加血供給の目的からみれば、大動脈弁に近い送血が有利であることを示している。

いかなる灌流法を用いるにせよ、心拍出量がある限り、冠動脈血流はこれに大きく影響される。この血流の酸素飽和度が高ければ高いほど心筋に対して有利であるので、静脈一動脈灌流では、大動脈弁直上より高流量で灌流すればこの目的は果される反面、体循環動態へのマイナスの影響が大きくなる。

したがって、静脈一動脈灌流法による補助循環においては、冠動脈、頸動脈に重点的に酸素加血を送り、しかも心臓および肺に対する負荷を無くすことが必要であることが明らかとなった。

このことを考慮した結果、次の2つのことが考えられる。第1は左室の拡張期のみ送血する間歇的心拡張期送血であり、第2は送血カニューレを冠動脈内へ挿入することである。

結 論

雑種成犬に対し膜型人工肺とローラーポンプを用いた静脈—動脈灌流法による補助循環が体循環動態に及ぼす影響について、実験犬20頭を用い、大動脈弁近傍の送血部位により4群に分けて実験し、次の結果を得た。

1) 動脈圧は灌流開始とともに、急激に低下し、その後緩徐に低下した。

2) 脈圧は灌流時間とともに徐々に低下した。

3) 左心房圧は動脈圧の低下と比較すれば、相対的な上昇を示し、それを原因とする変化として病理組織学的に肺のうっ血が認められた。これらの変化は送血部位が大動脈弁に遠いほど軽い傾向を示した。

4) 送血された酸素加血の総頸動脈に流れ込む量は、弁直上が最も多く、弁から遠ざかるほど減少し、冠動脈、脳動脈へ酸素加血を送るには弁直上が最も有効である。

以上のように呼吸不全において静脈—動脈灌流法により、大動脈弁直上より送血し、冠動脈、総頸動脈に十分な酸素加血を送ることは必要であり、有効ではあるが、肺うっ血の欠点があることが明らかになった。したがって、これらの欠点を除くためには、間歇的心拡張期送血、あるいは冠動脈と総頸動脈への直接送血を考慮する必要がある

稿を終るにあたり、懇篤なる御指導、御校閲をいただいた恩師織畑秀夫教授、病理学的検索に懇切なる御指導、御協力をいただいた本学第2病理学教室、梶田昭教授、実験について御指導、御鞭撻をいただいた倉光秀磨助教授、鈴木忠講師、中谷雄三、里村立志、武田剛一郎の諸先生をはじめ教職員各位、ならびに本学附属日本心臓血圧研究所の阿部、中野両氏に深甚なる感謝を捧げる。

文 献

- 1) Hill, J.D. and T.G. O'Brien, et al.: Prolonged extracorporeal oxygenation for acute posttraumatic respiratory failure (shock "lung syndrome). *N Engl J Med* 286 629~634 (1972)
- 2) Sabiston, D.C. and F.C. Spencer: *Surgery of the Chest* third Edition. W.B. Saunders Com-

- pany, Philadelphia, 868~875 (1976)
- 3) Zapol, W.M.: Membrane lung perfusion for acute respiratory failure. *Surg Clin North Am* 55 603~612 (1975)
- 4) Kolobow, T. and E.W. Stool, et al.: Acute respiratory failure Survival following ten days support with a membrane lung. *J Thorac Cardiovasc Surg* 69 947 (1975)
- 5) 中山富太: 急性呼吸不全に対する膜型人工肺 (Landé-Edwards) による長期補助循環の実験的研究. *日外宝* 47 182~198 (1978)
- 6) Depp, D.A. and R.K. Hughers: Venovenous perfusion with a membrane oxygenator. *J Thorac Cardiovasc Surg* 62 658 (1971)
- 7) 鶴岡 明・鈴木孝雄・他: 膜型人工肺による急性呼吸不全の治療—新生児呼吸不全について—. *日胸外会誌* 22 553 (1974)
- 8) 里村立志: 急性呼吸不全に対する補助循環の実験的研究. *東女医大誌* 51(3) 322 (1981)
- 9) 角 隆一・江里健輔・他: 慢性呼吸不全に対する膜型人工型の応用による1治療例. *胸部外科* 27 413~416 (1974)
- 10) 瀬々 顕・古森正隆: 急性呼吸不全に対する長期補助循環の経験とその問題点. *人工臓器* 4 (Supplement) 159 (1975)
- 11) Hill, J.D. and M.R. de Level, et al.: Acute respiratory insufficiency. Treatment with prolonged extracorporeal oxygenation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 64 551~562 (1972)
- 12) National Heart and Lung Institute: Protocol for extracorporeal support for respiratory insufficiency. Collaborative program., May 15 (1974) [岩 喬: *日胸疾会誌* 16(12) 883~885 (1978) より引用]
- 13) Hicks, R.E. and T.R. Kinney, et al.: Successful treatment of varicella pneumonia with prolonged extracorporeal membrane oxygenation in a child with leukemia. *J Thorac & Cardiovasc Surg* 73 297~302 (1977)
- 14) 友沢尚文: 急性呼吸不全に対する補助循環の実験的研究—とくに灌流中および直後の血行動態について—. *日外宝* 48(2) 205~216 (1979)
- 15) Landé, A.J. and S.J. Dos, et al.: A new membrane oxygenator-dialyzer. *Surg Clin North Am* 47 1461~1470 (1967)
- 16) 岩 喬: 膜型人工肺による重症急性呼吸不全の治療. *日胸疾会誌* 16(12) 883~885 (1978)
- 17) Connolly, J.E., M.B. Bacaner, et al.: The effect of veno-arterial bypass on coronary blood flow. *Arch Surg* 18 58~60 (1960)
- 18) 松田光彦: 急性呼吸不全における体外循環の酸素分配について. *日外宝* 48(2) 134 (1979)

- 19) **Paul, J.C., W.G. Glenn, et al.:** Membrane lung oxygenation for temporary support of the failing transplanted lung. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 19 525~528 (1973)
- 20) 角 隆一: 急性呼吸不全に対する膜型人工肺 (Landé-Edwards) による補助循環の効果に関する実験的研究. *日外宝* 45 413~416 (1974)
- 21) **Gallenti, P.M.:** Experimental hear-lung bypass and assisted circulation. *Prog Cardiovasc Dis* 11 312~322 (1969)
- 22) **Hill, J.D., M.R. de Level, et al.:** Clinical prolonged extracorporeal circulation for respiratory insufficiency. Hematological effects. *Trans Am Soc Artiff Intern Organs* 18 546 (1972)
- 23) **Bartlett, R.H.:** Prolonged extracorporeal cardiopulmonary support in man. *J Thorac Cardiovasc Surg* 68 918 (1974)
- 24) **Soeter, J.R., J.T. Smith, et al.:** Distribution of oxygenated blood in femoral and brachial artery perfusion during venoarterial bypass in primates. *J Thorac Cardiovasc Surg* 65 825~836 (1973)
- 25) 吳 大順: Artificial oxygenation. *呼吸と循環* 24(5) 395~403 (1976)
- 26) 古謝景春, **C.M. Courves:** 急性呼吸障害に対する膜型人工肺による長期補助循環. *胸部外科* 30(10) 811~816 (1977)
- 27) 岡田忠彦: 膜型人工肺による肺補助ことにその至適灌流法に関する実験的研究一. *日胸部外会誌* 20 729~742 (1972)