

## 高気圧環境下体外循環の研究

名古屋大学医学部第1外科

○高橋英世, 榊原文作, 城所 仁, 鷺津卓爾, 川村光生, 榊原欣作  
名古屋大学病院高気圧治療室

小林繁夫, 小西信一郎, 浅井れい子

高気圧環境下に高分圧酸素を投与しておこなう高気圧下手術は, 血液中の高分圧溶解酸素の利用による末梢の低酸素症の予防改善, 心拍停止をはじめとする合併症の防止などの点で心臓外科の一部の適応例に対して有効であるが, 一方ではわれわれの実験的検討からも明らかなように単純な高気圧酸素呼吸下に完全心血流遮断をおこなった場合, とくに中枢神経系を中心とする生体機能を完全に回復させるための安全限界は, 3.8ATAの条件下においても10分間が限界である。この時間的制約を解除して複雑な心奇型の修復や心筋硬塞の直接的外科手術にまで高気圧下開心術の適応を拡大するためには体外循環という補助手段が必要となるが, 高気圧環境という異常な特殊条件下では生理学的にも, 工学的にも特別の配慮が要求される点で通常体外循環装置・方法との相違点が生じ, ここに高気圧下体外循環法の確立が必要となる。本研究は, 空気駆動の拍動型血液ポンプを中心に新たに開発された人工心肺装置を使用して, 高気圧下に体外循環を施行する際の至適条件の確立を目的とするものである。

本研究に使用した人工心肺装置の主要構成部分は, まず血液を直接駆出するポンプヘッド部, 中間の液体系を介してヘッドを遠隔駆動する空気駆動のペロフラムシリンダ, 制御ユニット, 人工肺, およびその他の付属機器である。ポンプヘッド部はゴム製の血液駆出用サックの外側を硬質透明の plastic housing でおおったもので, この両者の間は等張生食水で満たされペロフラムシリンダと直結した vinyl tube 内の液体系にシリンダの往復運動エネルギーを伝達し, ヘッド部の弁の作用で血液を一定方向へ駆動するものである。本装置の開発は体外循環装置の簡略小型化を目指す一方として, 血液回路を短縮して充てん血液量を節減するとともに, 空気駆動の拍動型血液ポンプの採用により, 小型化のみならず拍動流の生理的利点をあわせ活用することを意図したもので, 末梢への拍動流の伝達効果を確認する基礎実験もおこなわれた。一方本装置は高気圧環境下で電気駆動系によらず完全に流体により駆動制御されるもので, この点高気圧環境下の安全性に対するわれわれの要求を満たすものである。

実験は対象に体重10~12kgの雑種成犬を使用しておこなった。thiopentobarbital 腹腔内投与による麻酔下にSCCを投与し, レスピレータによる調節呼吸を完全体外循環開始までおこなった。装置の人工肺にはさきにわれわれの開発した小児用回転円板型人工肺を使用し, この駆動源にはエアモータを使用した。人工肺への酸素吹送量は5 l/minを原則とした。開胸後, 上下両大静脈に脱血用カニューラを, 一侧の大腿動脈に送血用カニューラを各々挿入して生体と装置を連結した。体外循環中のとくに末梢領域のかん流状況を評価するための種々の物理的・生化学的指標があるが, われわれは高気圧環境という特殊な環境下において即座に測定が可能であり, かん流条件の修正に有用な indicator として血液ガス動態に着目し, 一定間隔で反復するILメータによる gasmetry により, とくに静脈系の血液ガスの変動を生理的範囲内にとどめることを目標とした。このほか中枢神経系の指標として脳波に着目, かん流中その記録を心電図と併行しておこなった。初期充てん液には実験当日採血したヘパリン血800~1000mlを使用し, 希釈による血液ガス動態への影響を避けるため積極的な血液希釈はおこなわなかった。実験はまず大気圧下に100 ml/kg/minの常温下高流量かん流をおこない, 10分間隔で施行する2~3回の data 採取ののち, そのままの血液流量を維持しつつ環境気圧を2ATAとし2回の gasmetry をおこなう。そののち2ATA下に送血流量を50 ml/kg/minに半減し2~3回の data 記録ののち1ATAに復帰する。この間60~80分間の完全体外循環中, 熱交換器によるかん流血液の温度調節をおこない, 酸塩基平衡の修正は必要

最小限度にとどめた。対照として同一の装置で大気圧下におこなった常温下高流量かん流実験例（100 ml/kg/min）では血行動態安定後の動静脈血の酸素含有量較差は 8 vol% 前後で安定したかん流状況であった。図 1, 2 は高気圧下体外循環の実験例から血液ガス動態の変動を示したものである。1 ATA から 2 ATA に環境圧を上昇させると、これに伴い動静脈血とも  $PO_2$  は上昇し、動脈血  $PO_2$  は 600~800 mmHg, 静脈血でも 55~60 mmHg の高値を示した。この上昇傾向は  $PCO_2$  についても同様に見られ、動脈血で 30~40 mmHg, 静脈血では 50~60 mmHg となる。つぎに流量を半減すると動脈血  $PO_2$  には著明な変化はないが、動脈血  $PCO_2$ , 静脈血の  $PO_2$  および  $PCO_2$  は減少の傾向を示す。図 2 はこの変化を酸素飽和度および動静脈血酸素含有量較差から見たもので、1 ATA 下で 70% の酸素飽和度を示す静脈血は、2 ATA 下では 80% に上昇するが流量の半減により 60~70% に復帰する。動静脈血酸素含有量較差では、最初 1 ATA 下では 4~4.5 vol% であり、2 ATA 下では 3 vol% となるが血液流量の半減後は 5~6 vol% と生理的範囲に復帰する。また EEG, ECG などの諸指標には 2 ATA 下における血液流量の半減は影響を与えないことを知った。

今回の装置は高気圧環境下においても安全に使用でき、また操作の容易確実さの点でも満足できるものである。このかん流方式による実験成績は、人工心肺装置を小型化して充てん血液量を節減する一方で、人工肺の酸素付加能力を高分圧酸素投与により補う方式の有用性を示すものと思われる。

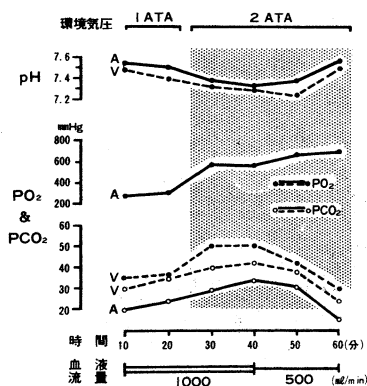


図 1

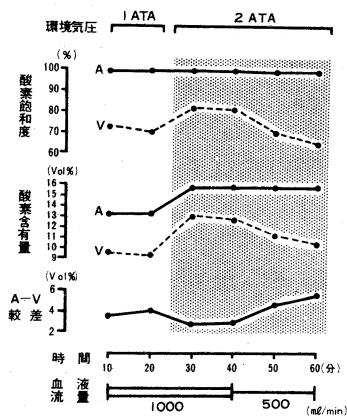


図 2

高気圧環境下体外循環と血液ガス動態