

## 組織酸素分圧測定の意味

帝京大学医学部麻酔科 菊田 好 則

岡田 和 夫

Harbor-UCLA メディカルセンター麻酔科 福永 敦 翁

### 1. 組織酸素分圧 ( $PtO_2$ ) とは

$PtO_2$ を規定する因子の関係を模式的に示すと図1のよ

#### DETERMINANTS OF TISSUE $PO_2$

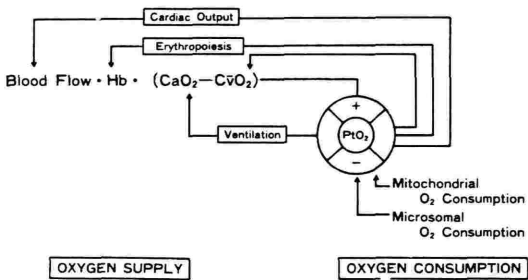


図 1

うになる。つまり、 $PtO_2$ は血液による組織への酸素供給量と組織での酸素消費量のバランスによって規定される。ところで、酸素供給量は組織への血液量とその血液中の酸素含量で決まるため、酸素消費量が一定で、酸素含量（又は動脈血酸素分圧 ( $PaO_2$ )）が変化しなければ局所組織の血流状態を反映することになる。また、循環動態が安定している時には $PaO_2$ の変動を反映することになる。このように $PtO_2$ はいくつかの因子によって決定されるため、 $PtO_2$ の変動をモニターする時にはどの因子の影響によるものかを理解する必要がある。

### 2. 現在使用されている $PtO_2$ 測定装置

#### ① 眼瞼結膜酸素分圧 ( $PcjO_2$ ) モニター

$PcjO_2$  モニター (Biomedical Sensors Inc.) は酸素分圧 ( $PO_2$ ) を連続的に表示する部分と眼瞼結膜裏内に装入するセンサー部分 (図2) から成っている。結膜裏内に入れる部分に付いている双極電極が側頭上方の眼瞼結膜と接触するようになっている。図3はヒトの右眼にセンサーを装入したところである。

まず動物実験例を紹介する。雑種成犬を用いて全麻下に $PcjO_2$  モニターと総頸動脈に超音波血流計をそれぞれ

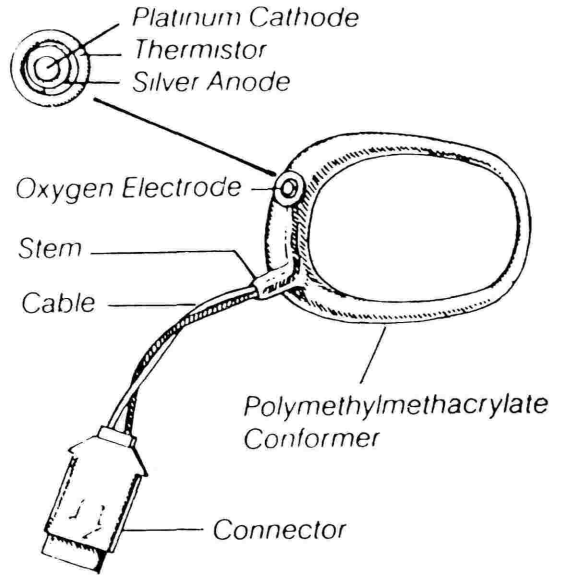


図 2

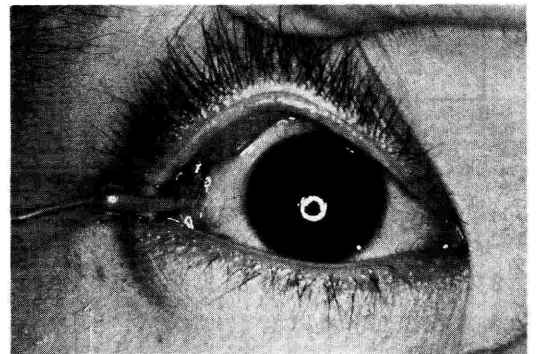


図 3

装着した後、30分掛けて脱血し、平均血圧 (MAP) を50 mmHgになるように調節して、その血圧を150 分間維持した時の $PcjO_2$  と頸動脈血流量 (CaBF) の変動を観察した。その結果、図4に示すように脱血開始直後からCaBFの減少に平行して $PcjO_2$  の低下が認められ、MAP が50mmHgに維持されてからも両者は同じ様な変動を示した。 $PcjO_2$  とCaBFの相関をみると、図5のように有意な正の相関が

# CHANGES IN CAROTID BLOOD FLOW AND CONJUNCTIVAL $P_{O_2}$

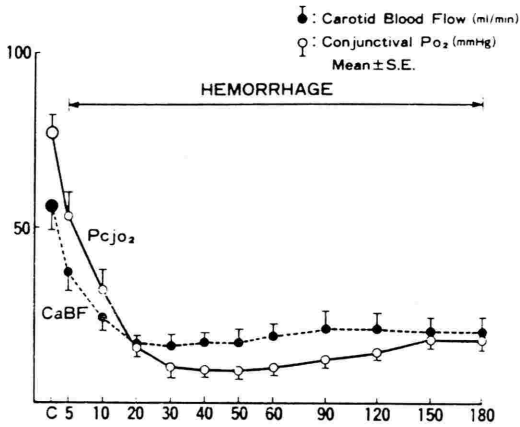


図 4

## CORRELATION BETWEEN CaBF AND $P_{c_j}O_2$

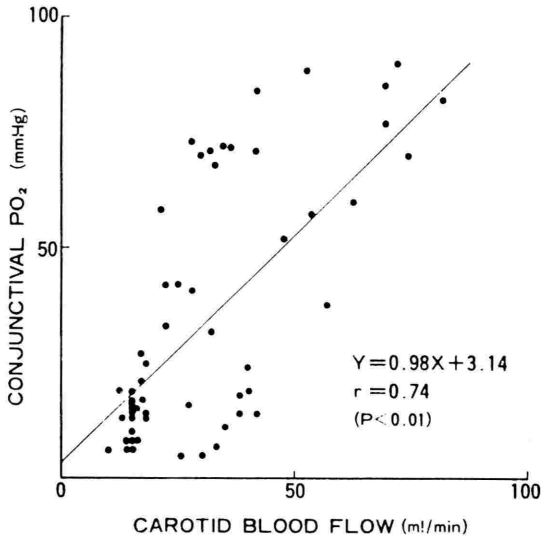


図 5

認められた。実験中、 $PaO_2$ とヘモグロビン濃度 (Hb) に大きな変動がなかったことから、 $P_{c_j}O_2$  の低下は脱血による心拍出量 (CO) 減少に伴うCaBFの減少、さらには結膜の組織血流量の減少に起因するものと考えられる。また、図 6 に示すように実験中 $P_{c_j}O_2$  が低い時、生理食塩水を急速に輸液した結果、CaBFの増加に平行した $P_{c_j}O_2$  の増加が認められた。さらに図 7 はフェニレフリンを静注した時のCaBFと $P_{c_j}O_2$  の変動をみたものであるが、フェニレフリンによる結膜の血管収縮がおこり、そのため血流量が減少し $P_{c_j}O_2$  の低下が認められた。次に、 $P_{c_j}O_2$  モニターの臨床応用例を図 8 に示す。食道癌の手術中に

# CHANGES IN $P_{c_j}O_2$ AND CaBF DURING FLUID(0.9% NaCl) INFUSION

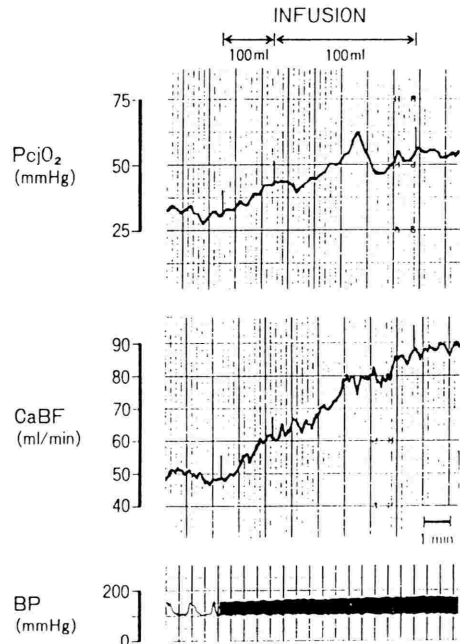


図 6

# CHANGES IN $P_{c_j}O_2$ AND CaBF DURING PHENYLEPHRIN INFUSION

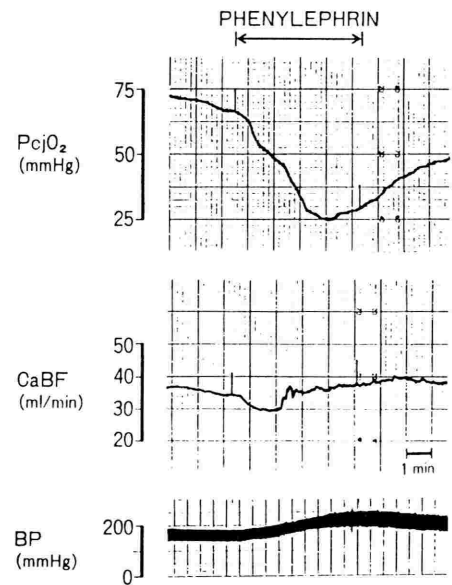


図 7

手術操作により心臓が圧迫され、 $4.5l \cdot min^{-1}$  あったCOが $2.4l \cdot min^{-1}$  まで低下した結果、結膜の血流量が減少し、 $P_{c_j}O_2$  が60mmHgから30mmHgまで低下したと考えられ

## PCjO<sub>2</sub> DECREASE BY LOWER CARDIAC OUTPUT

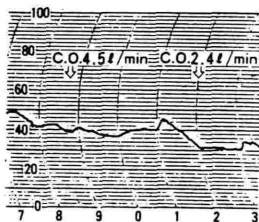


図 8

る例である。

以上の動物実験及び臨床例からPCjO<sub>2</sub> は、酸素含量が一定していれば結膜の血流を反映することが確認され、PCjO<sub>2</sub> モニターは例えばhypovolemic shock による末梢循環不全を早期に検知する有用な手段と成り得ることが示された。

### ② 生体内PO<sub>2</sub> 連続測定装置

もう一つのPtO<sub>2</sub>測定装置 (M・T 技研) は針型のPO<sub>2</sub> センサーと測定値をデジタル表示する本体部分から構成されている。図9にそのセンサー部分の模式図を示す。

### MEMBRANE-COVERED OXYGEN ELECTRODE

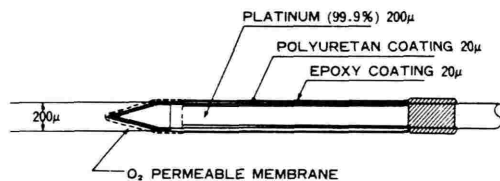


図 9

ポーログラフィーを利用した単極電極で、直径0.2 mmの白金電極の先端を酸素透過性の高分子膜で覆い、周囲はエポキシ樹脂で被覆してある。測定原理は組織内の関電極と他の部位に装着した不関電極の間に印加電圧を掛けて、生体の酸素を電気分解し、その電解電流からPO<sub>2</sub>を算出するようになっている。このPO<sub>2</sub> センサーを利用した動物実験例を述べる。雑種成犬を用い、全麻下に脱血して、MAP を75, 65, 55, 45, 35mmHgと低下させた場合の大脳皮質及び皮質下白質の PtO<sub>2</sub> (それぞれ PcxO<sub>2</sub>, PwmO<sub>2</sub>), PCjO<sub>2</sub>, CaBF, さらに各MAP に対応するCOを測定した。図10に針型PO<sub>2</sub> センサーを大脳に穿刺した状態を示す。図11にその結果を示す。なお実験中PaO<sub>2</sub>及びHbは一定に保たれていた。脱血に伴うCOの減少と平行してPCjO<sub>2</sub> は一気に低下したが、PwmO<sub>2</sub> は比較的緩やかに低下した。それに対し、PcxO<sub>2</sub> は血圧の低下にもかかわらずMAP 45mmHgまではほぼ一定に保たれていた。PcxO

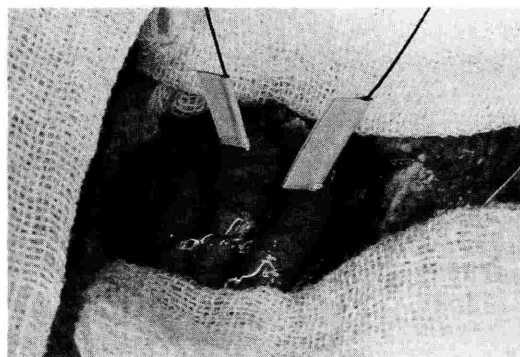


図10

### PERCENT CHANGES IN CEREBRAL CONJUNCTIVAL TISSUE PO<sub>2</sub> AND CARDIAC OUTPUT DURING HEMORRHAGIC HYPOTENSION

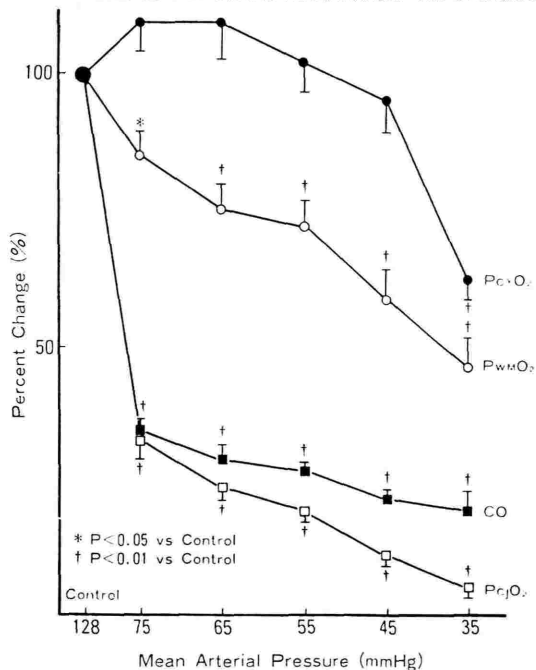


図11

2 が維持された理由は脳血管で言われているautoregulationにより、血圧低下に対して大脳皮質の血流量が保たれたためと考えられる。

以上から現在使用されているPtO<sub>2</sub>モニターはその測定部位の血流状態をよく反映することが示され、そのセンサーの安定性も明らかにされた。さらに数カ所のPtO<sub>2</sub>同時測定により、脱血という状態一つとっても各臓器によって、更に組織によって、その血流状態が異なることが分かった。よって、生体の反応が均一であって、局所の変化は問題にしないという。例えばPaO<sub>2</sub>測定のような今までのモニタリングの考え方から、今後は各組織での血流及び酸素化の状態が判定できるPtO<sub>2</sub>測定が臨床的にも行なわれるようになっていくと考えられる。