

組織酸素分圧測定の意義

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

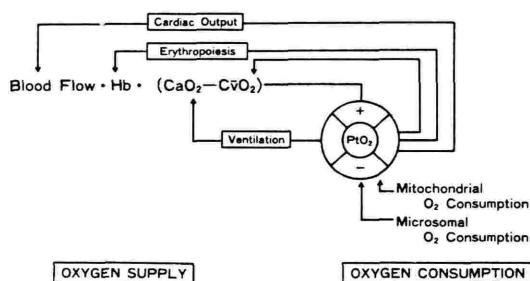


図1

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。

先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

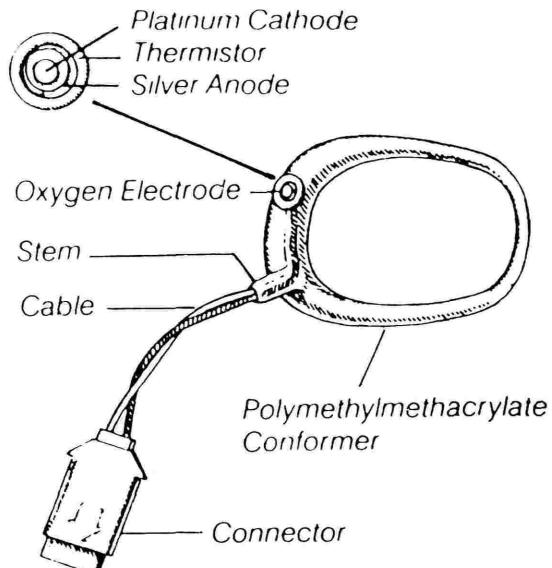


図2

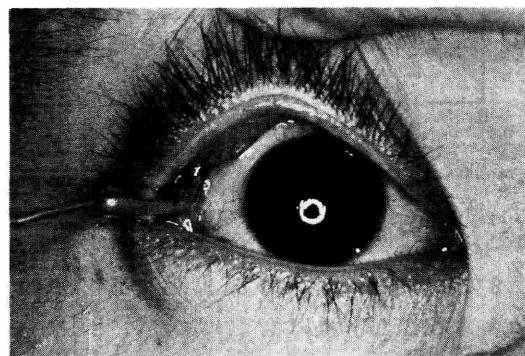


図3

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

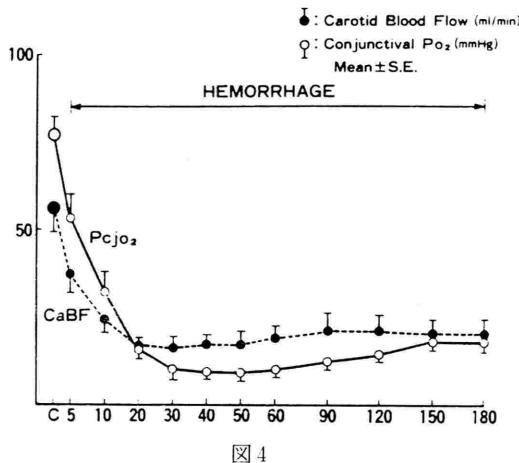
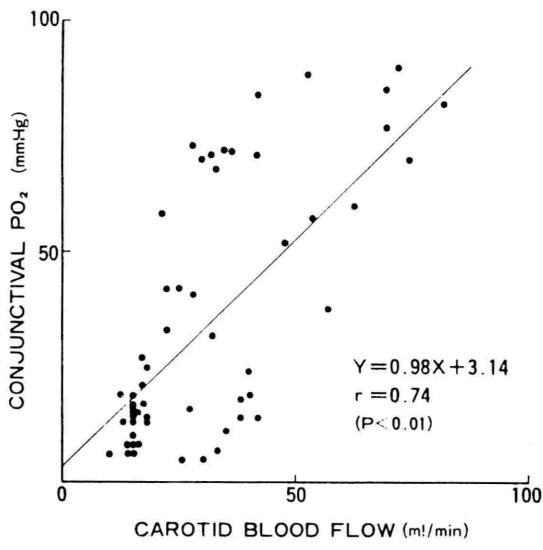
CHANGES IN CAROTID BLOOD FLOW AND CONJUNCTIVAL PO₂図4 CORRELATION BETWEEN CaBF AND PcjO₂

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、 PcjO_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 PcjO_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 PcjO_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 PcjO_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 PcjO_2 の低下が認められた。次に、 PcjO_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

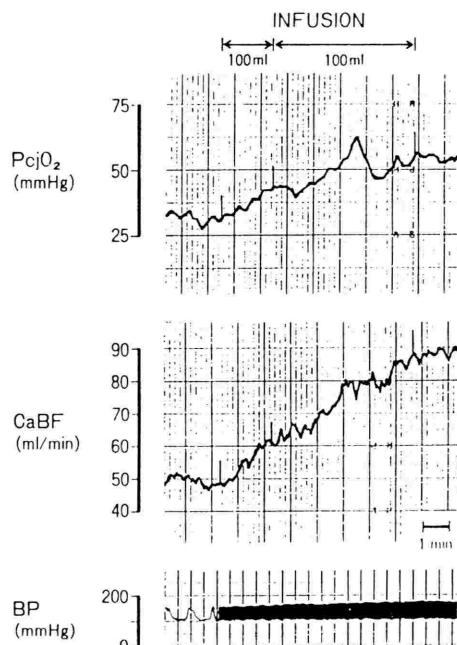
CHANGES IN PcjO₂ AND CaBF DURING FLUID(0.9% NaCl) INFUSION

図6

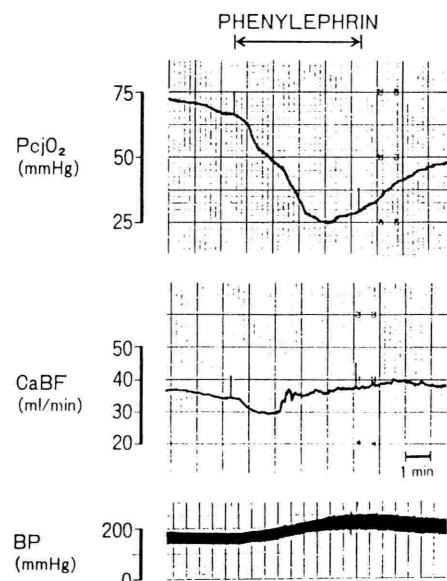
CHANGES IN PcjO₂ AND CaBF DURING PHENYLEPHRIN INFUSION

図7

手術操作により心臓が圧迫され、 $4.51 \cdot \text{min}^{-1}$ あったCOが $2.41 \cdot \text{min}^{-1}$ まで低下した結果、結膜の血流量が減少し、 PcjO_2 が 60mmHg から 30mmHg まで低下したと考えられ

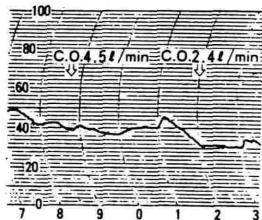
Pc_jO₂ DECREASE BY LOWER CARDIAC OUTPUT

図 8

る例である。

以上の動物実験及び臨床例からPc_jO₂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、Pc_jO₂モニターは例えれば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PO₂連続測定装置

もう一つのPtO₂測定装置（M・T技研）は針型のPO₂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。

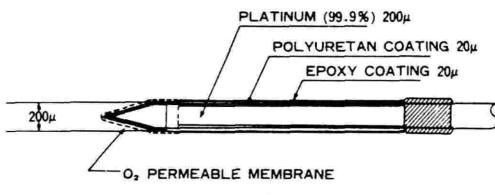
MEMBRANE-COVERED OXYGEN ELECTRODE

図 9

ポーラ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、周囲はエボ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PO₂を算出するようになっている。このPO₂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PtO₂（それぞれPc_xO₂, Pw_mO₂）、Pc_jO₂、CaBF₄、さらに各MAPに対応するCOを測定した。図10に針型PO₂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PaO₂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Pc_xO₂は一気に低下したが、Pw_mO₂は比較的緩やかに低下した。それに対し、Pc_jO₂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。Pc_xO₂

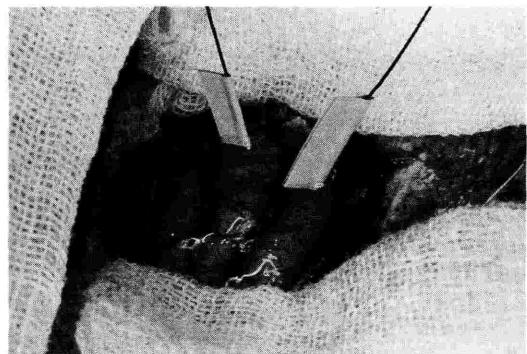


図 10

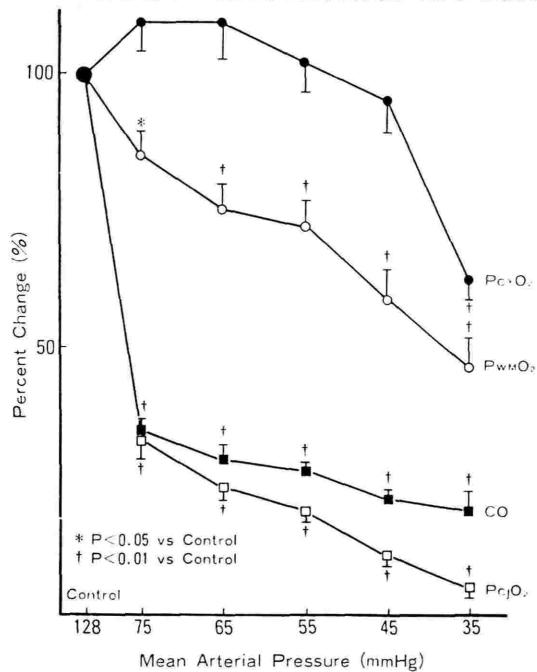
PERCENT CHANGES IN CEREBRAL CONJUNCTIVAL TISSUE PO₂ AND CARDIAC OUTPUT DURING HEMORRHAGIC HYPOTENSION

図 11

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PtO₂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PtO₂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PaO₂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PtO₂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。