

新生児の経皮的酸素分圧連続測定に関する検討

日大小児科 井村 総一
馬場 一雄

呼吸障害のある新生児に酸素治療は不可欠の手段であるが、過剰の酸素投与は網膜（未熟網膜症）や肺の障害を招き、逆に制限しすぎれば脳障害の頻度が増加することは周知の事実である。したがって、未熟児に対する適正な酸素治療を行うにはまずこれらの事実をふまえた上で、その投与量を調節しなければならない。

酸素投与は動脈血酸素分圧（ PaO_2 ）を指標として行うことが最も適確な方法と考えられる。未熟児に対して安全と考えられる PaO_2 値は正確にはわかっていないが、アメリカ小児科学会勧告（1971）では「 PaO_2 は 100 mmHg をこえるべきではなく、 $60 \sim 80 \text{ mmHg}$ に維持すべきである」としている。すなわち、 PaO_2 が $60 \sim 80 \text{ mmHg}$ の範囲に維持されるように吸入気体の酸素濃度（ FiO_2 ）を調節することになる。このためには頻回の PaO_2 の測定が必要となるが、採血の技術的困難もさることながら、児の PaO_2 は経時的に変動しているので、間欠的に採血して PaO_2 を測定しても、その値が正確にその後の児の状態を反映しているとは限らない。また動脈血の採血にあたって、ductal shunt に関する問題があり、とくに低酸素状態にある場合には shunt 量が増加するので、側頭動脈や右手の動脈から採血を行わない限り、測定値があてにならない。

このような困難を克服するためには PO_2 の連続記録を行う方法が望まれ、すでにこれまでにいくつかが方法が開発されている。このうち電極を皮膚につけて経皮的に酸素分圧を測定する方法は非観血的で児に対する侵襲がなく、未熟児には最も適した優れた方法と考えられる。

経皮的な酸素分圧連続測定には Marburg の Huch らによって開発された装置と Roche 研究所の Eberhard らによって開発された装置があり、Roche のものは製品化されて、すでに市販されている。

両者はいずれも poldrograph の原理を応用したもので、Huch の装置は微小白金電極を使用しているのに対して、Roche の装置は直径 3 mm の大きな金電極を使用していることが両者の間で最も異なる点である。

今回、我々は Roche の Oxygen Monitor 5300 を用いて、経皮的に酸素分圧（ tcPO_2 ）を連続測定し、本装置の臨床使用上の問題点および無呼吸、啼泣、哺乳、人工換気などが PO_2 （ tcPO_2 ）に及ぼす影響を検討した。

I 対象と方法

昭和49年10月より Roche の装置を用いて臨床的な検討を行っているが、今回は昭和50年9月より昭和51年2月までに入院した未熟児25例を対象とした。出生体重は 900 g から 2480 g 、測定開始時間は生後12分から生後41時間である。同時に呼吸数、心拍数のモニターを全例に行った。

電極は使用前に sensor conditioner (stabilizer) にて予備安定化させ、次いで calibration chamber にて安定化させた後、N₂ガスを chamber 内に bubbling させて zero calibration を行い、密閉 chamber 内にて気圧、気温、気湿とから air calibration を行った。

電極温は 44°C に設定し、電極を全例、右鎖骨下胸壁に接着した。電極を見に接着後は 4~5 時間で recalibration (air) を行った。

児の動脈血酸素分圧 (PaO₂) の測定はこれまで右 骨動脈穿刺によって採血した動脈血を用いて行っていたが、今回は hyperoxia 域での比較を行うため啼泣による影響の少ない腹大動脈内に留置した臍カテーテルより採血した動脈血を用い、Radiometer 社 micro PO₂ electrode (BGA 3D-MK₂) で PaO₂ を測定し、tc PO₂ と比較した。

II 測定成績

1. 電極に関する基礎的な測定成績

(1) 電極温

これまでの電極温 42°C による測定成績では tc PO₂ はほとんどが実測 PaO₂ 値より低く、よい相関が得られていない。43°C にすると相関が増すが、44°C で最もよい相関が得られ、効果的な皮膚血流の hyperemia が電極温 44°C で得られることを示している。45°C では熱傷の危険が大きい。

(2) 安定化

膜装着後 calibration chamber で電極の安定化を行うが、電極温 44°C においては安定化に 6~8 時間を要する。安定化に要する時間が短いと drift が大きくなる。air と N₂ gas を bubbling させた calibration chamber 2 個を 44°C の恒温槽内に入れ、電極 (44°C) を交互に chamber 内に移しかえて PO₂ air と PO₂ zero とを繰返し行わせると安定化に要した時間が 6 時間以内の電極では定常状態への到達が遅れ、また levelling off が大きい (図 1, 図 5)。

(3) calibration

Zero 点調整について、電極を取りはずして行う electric zero と電極を装着し、N₂ ガスを bubbling させて行う

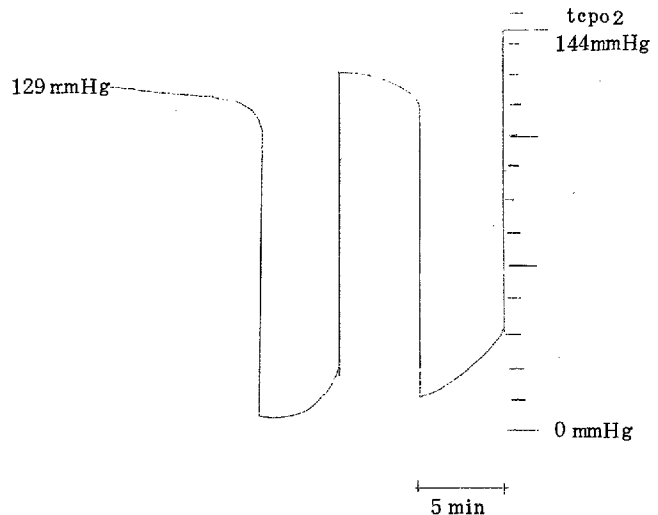


図 1 44°C 恒温槽内における PO₂ air, PO₂ zero の反復測定 (電極安定化 4 時間, PO₂ air 144 mmHg, N₂ zero)

N₂ zero とを比較
 するとその差は44°
 Cの恒温槽において
 は4.8 ± 1.2 mmHgで
 おおよそ4 ~ 6 mmHg
 の差が出来る。これ
 は残余電流によって
 生じる差である(図
 2)。

air calibration
 については cham-
 ber内の飽和水蒸気
 圧を電極温と同じ空
 気温(44°C)の水蒸
 気圧とするか、室温
 の水蒸気圧とするか
 によってPO₂に差
 が出来る(図4, 5)
 これは水蒸気圧
 (P^S_{H₂O})が温度と
 ともに変化するため

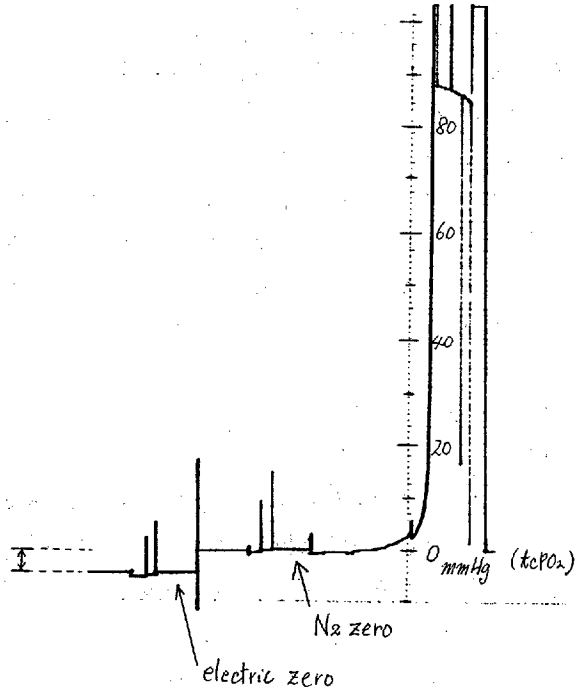


図2 N₂ zero と electric zero の比較
 (電極安定化10時間, 44°C恒温槽N₂ zero, electric zero)

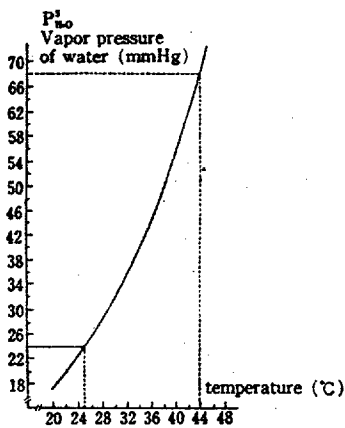


図3 温度と水蒸気圧の関係

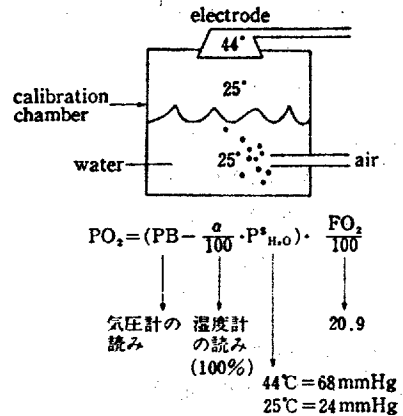


図4 Chamber内の空気温の差による水蒸気圧と酸素分圧の変化

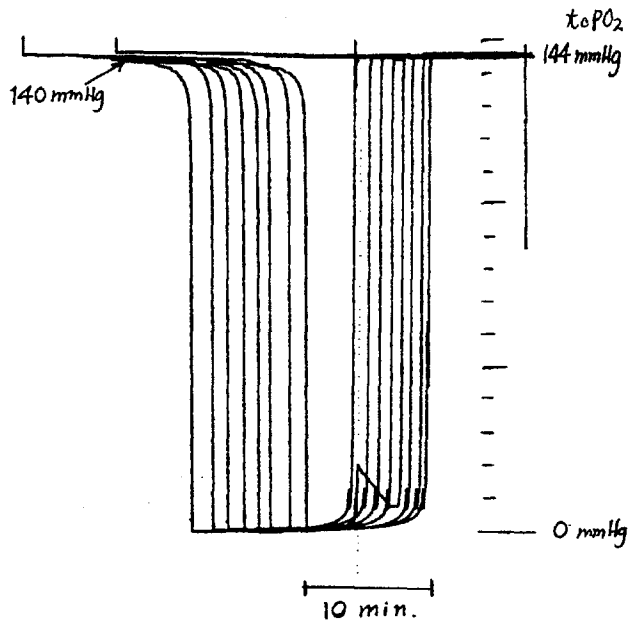


図5 44°C恒温槽内における PO_2 air, PO_2 zero の反復測定
 (電極安定化14時間, 10分間隔30分毎, PO_2 air 144 mmHg, N_2 zero)

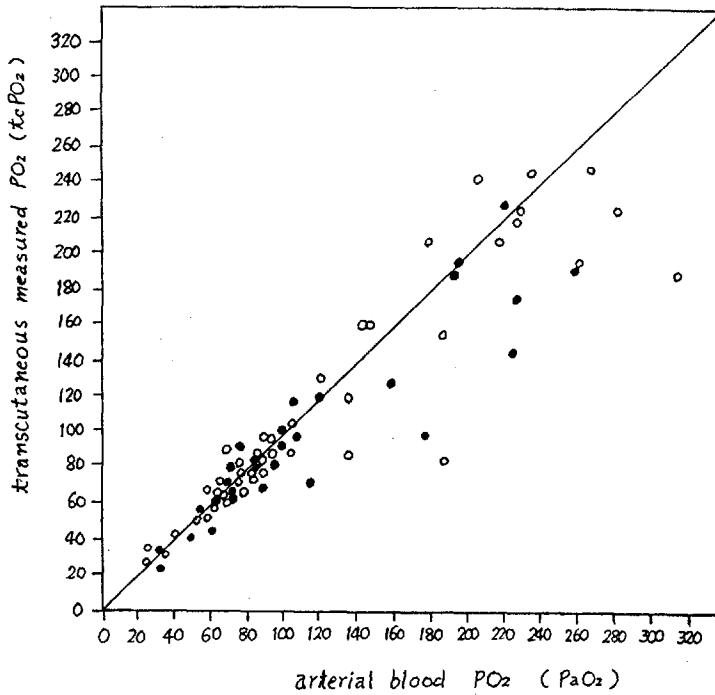
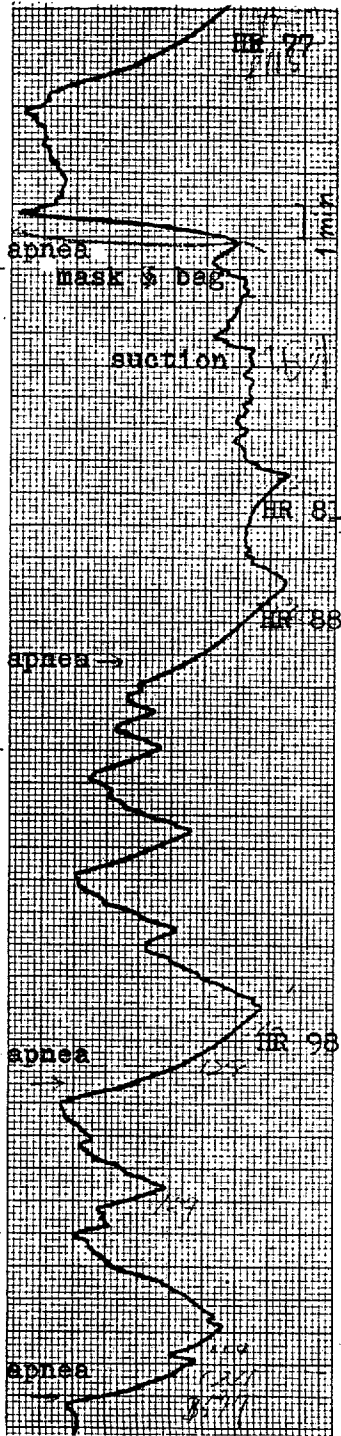


図6 動脈血 PO_2 (臍動脈) と経皮的 PO_2 (右胸壁) の比較

電極温: 44°C 患者数: 25 測定検体数: 73 相関係数: 0.91

註: ●; CPAP, 人工換気施行例 ○; CPAP, 人工換気非施行例



AND COMPANY RUTHERFORD, NEW JERSEY 07070 MADE IN U.S.A. 7990

図7 無呼吸発作に伴う $tc PO_2$ の変化

在胎 27W. 出生体重 910g. 生後 19 hrs. FiO_2 0.21

註 HR: Heart Rate

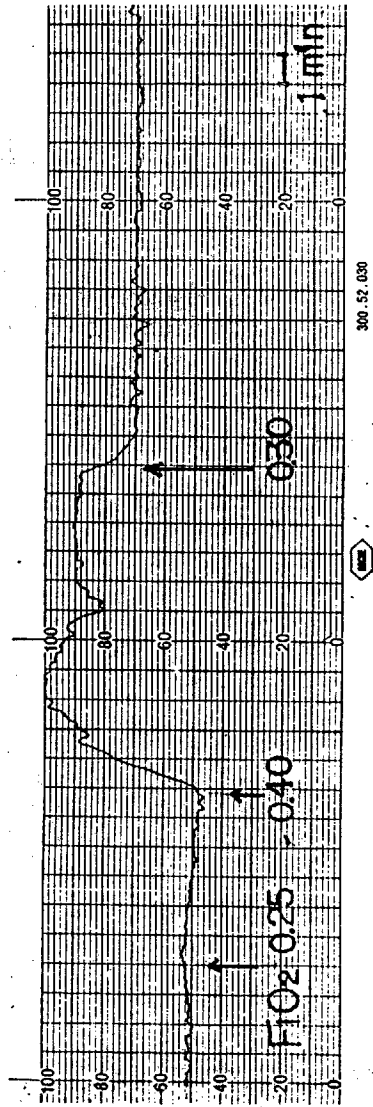


図8 吸入酸素濃度の変化に伴う $tc PO_2$ の変化

在胎 35W. 出生体重 2480g. 生後 17 hrs

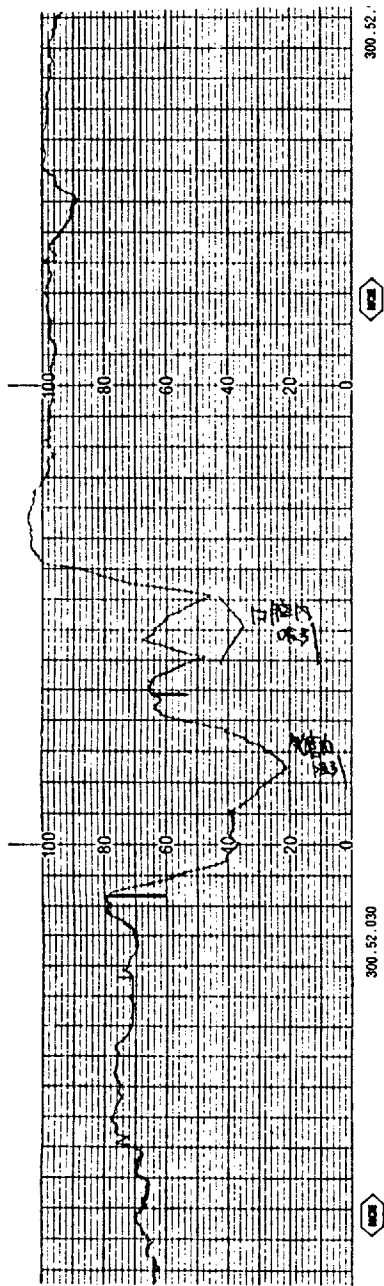


図9 人工換気中の気管内吸引に伴う変化
在胎 25W. 出生体重 900g 生後 7日. FO₂ 0.35

で、実際に44°Cおよび26°Cの恒温槽に chamber を入れて、O₂ 12.06%の標準ガスを bubbling させて記録紙上にあらわれる pO₂ の差をみると、気圧 749 mmHgでその差は計算値で4.2 mmHg、実測値で5.1 mmHg、気圧 753 mmHgで計算値5.0 mmHg、実測値6.1 mmHgであった。実際に室内においた chamber 内の温度は室温と考えた方がよく、電極温とすると実際より低い値で calibration を行うことになり誤差を生じる原因となる。

(4) drift

測定中および測定後の recalibration から PO₂値の変動を記録し、測定時間で除して単位時間当りの平均 drift 率をみると-0.92 mmHg / hrで、4時間で5%以下にある。

約10分間隔で、安定化の項で行ったと同様の方法で、安定化に14時間かけたのち、PO₂ air と PO₂ zeroとを10分間隔で交互に往復させ、30分毎に記録し、計5時間反復測定を行った際にも driftは少なく、5%以下にあった(図5)。

2. 臨床使用上の測定成績

(1) 実測 PaO₂ 値と tc PO₂ 値の相関

臍動脈血の実測 PaO₂ 値との相関は、検体数 73で相関係数 0.91 (p<0.01), 150 mmHg 以上の20検体では相関係数 0.76 (p<0.05) であった。この20検体のうち hyperoxia range にありながら、100 mmHg 以下の normoxia range に入っていたのは2検体(10%)であった(図6)。

(2) 臨床的变化に伴う tc PO₂ の相対的な変化

本装置の金電極は表面積が広いので、電極面での酸素消費を防ぐために酸素透過性の低い膜を使用している。このため電極の応答時間は

J 95% = 60 sec と遅い。この遅延によって、迅速な PO₂ の変化が消されてしまう可能性があるが、臨床使用上では児の oxygenation の変化がほとんど time lag を認めずに示された。

未熟児の場合、生後間もない時期は tcPO₂ にかんがりの変動を示すことが多いが、日令の経過とともに規則的な呼吸が持続するようになると tcPO₂ は安定した値を示すようになる。極小未熟児における周期性呼吸がよく記録され、無呼吸発作が起ると、tcPO₂ は急激に低下する(図7)。無呼吸発作例での tcPO₂ の下降率は 22~42 mmHg/mm で、tcPO₂ 値が 20 mmHg 以下になることも稀ではない。tcPO₂ 低下の程度は無呼吸時間の長さによっており、回復とともに急上昇する。また、純酸素で mask & bag resuscitation を行くと、ごくわずかの換気で急激に tcPO₂ が上昇し 100 mmHg を容易に越えるので、臨床に注意を要する点と思われる。

吸入気体の酸素濃度(FiO₂)を上げていくと、それにつれて tcPO₂ も上昇する(図8)。臨床的にチアノーゼのみられる児で、FiO₂ 0.40 とすると tcPO₂ が normoxia range を越えてしまうものがある。このことは FiO₂ 0.40 が必ずしも酸素療法上の安全限界ではないことを示している。

啼泣によっても tcPO₂ は低下する。20~30 mmHg の低下を示す場合もあるが、啼泣後には 2~3 分で元の値に戻る。この低下傾向は日令を経るとともに消失し、逆に啼泣によって上昇するようになる。

哺乳時にも tcPO₂ の著しい低下がみられることがあり、極小未熟児では経管栄養によって無呼吸発作が誘発される様子が観察される。

CPAP、機械的換気などの補助呼吸の施行に伴う oxygenation の改善、気管内挿管、気管内吸引、口腔内吸引などによる tcPO₂ の変化もよくとらえられる(図9)。

100%酸素を吸入させて hyperoxia test を行くと、10数秒で上昇がはじまり、200~400 mmHg にまで達する。しかし全ての未熟児が同じように反応するものではなく、臨床的に異常のない未熟児でも上昇率の少ない例がある。

以上のように PO₂ は多くの原因によって経時的に変動するので、個々の症例における FiO₂ の調節は容易ではない。

(3) 副作用

電極温 42°C、43°C のときにはみられないが、44°C では 5~6 時間以上に亘って同一部位で連続測定を行うと、皮膚潮紅、ときに水疱形成がみられることがある。この変化は可逆性であるが、後に色素脱失などを残す可能性もあるので注意を要する。

(4) 電極接着部位

preductal という点から右鎖骨下胸壁および側頭部が好ましいと考えられる。そこで本装置 2 台を用いて、電極温 44°C で右鎖骨下胸壁と側頭部において同時測定を行ったが、状態が悪く、補助呼吸を行っているような児でも両者の間にはほとんど差はない。また側頭部では剃毛を要し、均等な接着も困難なことが多い。

III 結語

1. 経皮的酸素分圧連続測定を行うには、血圧、末梢循環が保たれていることが基本的な条件と

なる。

2. 本装置での連続測定を行うにあたっては、十分な安定化を要し、最低6時間は必要と思われる。sensor conditioner (stabilizer) にて予備安定化を行った場合には chamber 内での安定化は通常短時間で済むので、あらかじめ予備安定化させておくことが推められる。

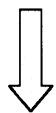
3. zero calibration は N_2 ガスで行い、air calibration にあたっては Chamber 内の温度を室温として水蒸気圧を算出して行うべきである。

4. 連続測定時間は drift, 皮膚の熱傷の問題からみて、4~5時間、長くても6時間が限度で、その時点で recalibration, 接着部位の変更を行うことが必要と思われる。

5. 電極温は $44^{\circ}C$ が経過温度と考えられる。

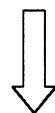
6. 電極温は装置の指針が green zone (指定温に達した際に指針がこの域に入る) に入っているても若干の誤差があるので、電極表面の電極温を電極毎に実測、確認する必要がある。

PO_2 の連続測定は、これまでの“点”の測定から“線”の測定へと変える画期的な方法であるが、長時間に亘って連続測定のみで PO_2 を推測することは危険で、その間に適宜観血的に PaO_2 を測定してチェックすることが必要である。また未熟児の酸素投与基準の設定には、種々の臨床状態における使用上の限界、条件などについて更に多数例での経験的検討を要するものと思われる。



検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



呼吸障害のある新生児に酸素治療は不可欠の手段であるが、過剰の酸素投与は網膜(未熟網膜症)や肺の障害を招き、逆に制限しすぎれば障害の頻度が増加することは周知の事実である。したがって、未熟児に対する適正な酸素治療を行うにはまずこれらの事実をふまえた上で、その投与量を調節しなければならない。