

〔原 著〕

各種酸素吸入法のオキシグラフ的考察

東京女子医科大学小児科学教室 (主任 磯田仙三郎教授)

東京女子医科大学第1生理学教室 (主任 箕島 高教授)

大学院学生 小 泉 と し
コ イズミ大学院学生 山 崎 香 栄 子
ヤマザキ カネ子

(受付 昭和37年5月21日)

I 緒 言

小児科臨床で日常酸素吸入を行なわなければならない場合は非常に多い。酸素吸入方法には種々の方法があるけれども最も多く用いられているのが経鼻カテーテル法であり、その他にマスク、テント等が用いられている。ところで100%の酸素吸入を行なった場合の動脈血酸素飽和度の研究を見ると1948年 Fowler, Comroe¹⁾ は100%酸素吸入時の血液酸素濃度の変化をオキシメーターを用いて分析を行なっている。また100%酸素吸入時の呼吸、脈搏の変化については Dripps および Comroe²⁾, Alverdy および Brody³⁾ が報告を示している。EKGの変化については Whitehorn および Bean⁴⁾ が報告を示している。また100%の酸素吸入時皮内酸素濃度変動については Montgomery⁵⁾ がポーラログラフ法を用いた成績を報告している。

100%酸素吸入を行なった場合の人体に見られる変化については上記の如くそれぞれ、オキシメーターによる動脈血飽和度、皮内酸素濃度変動、呼吸数、脈搏数、血圧については今迄いろいろ報告されている。

著者らはオキシグラフを用いて皮内酸素濃度変動から一般に用いられている酸素吸入方法のうち5種類の吸入方法について実験を行ない、比較検討を試みたのでその成績に考察を加えた。

II 実験方法

1) 実験装置

i) オキシグラフ

実験には箕島、望月の考案になる、島津OXII型オキシグラフを用いた。オキシグラフII型については、オキシグラフによる小児心肺機能の研究第3報に詳述してあるのでここでは省略する。

正負の電圧は負-0.5V、正+0.7Vを与え、陰極相7秒、短絡相2秒、陽極相3秒、短絡相3秒、計15秒で1週期としたもので、記録紙は1分間1cmで走らせたものである。

ii) 酸素吸入方法

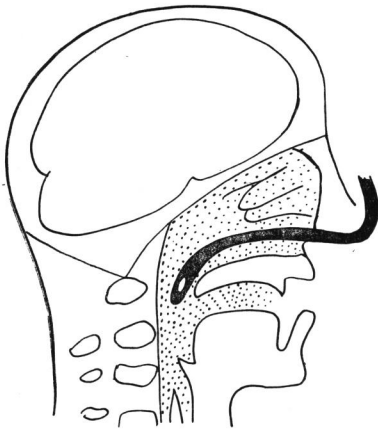
a) 経鼻カテーテル浅部法(鼻入口部) 第1図に示すように直径0.3cmのゴムカテーテルを鼻入口部に絆創膏固定し、流量計につなぎ、酸素ボンベに接続する方法で分時5lの酸素を流して酸素吸入を行なった。

b) 経鼻カテーテル深部法(鼻入口部より7~8cmの部) 第2図に示す如く、鼻入口部より7~8cm鼻腔内に入れて、口を開けた時カテーテルの先端が見える程度に

Teshi KOIZUMI, Kaeko YAMAZAKI (Department of Pediatrics, Tokyo Women's Medical College):
The oxygraphic investigation of various oxygen inhalation methods.



第1図 経鼻カテーテルによる酸素吸入方法



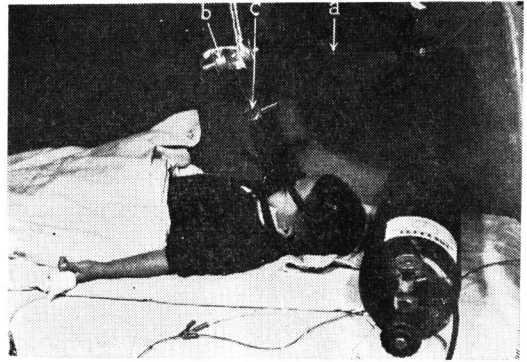
第2図 経鼻カテーテル（鼻人口部より7~8cm挿入する場合）



第3図 金属マスク

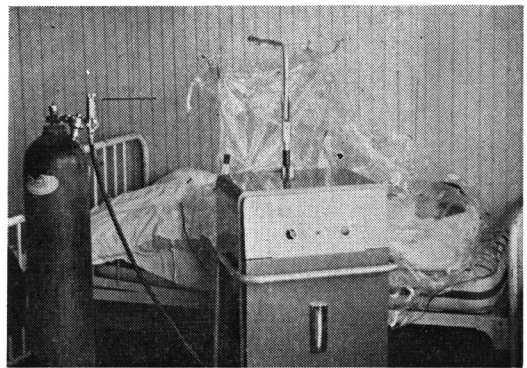
挿入した場合で、同様5 lの分時流量で酸素を流す。

c) 金属マスク法. 第3図の如き金属のマスクを鼻口部にのせて5 l分時の流量で酸素を吸入させた。



第4図 Oronasal Mask

Ⓐ ゴムバルーン Ⓔ Jバルブ Ⓒ 3方活栓



第5図 酸素テント

d) Oronasal Mask 法. 第4図に示す如く head band で鼻口部を覆つて顔面に密着させる. 吸気は図aのゴムバルーンより, 呼気は図bのJバルブより排泄させる方法で, 図Cの3方活栓により室内空気より100%の酸素吸入に切り換える事ができる. 酸素分時流量7~8 l流した.

e) 酸素テント法. 第5図に示す如く, Hindbrink oxygen tent を用いた. この酸素テントでは, 分時酸素流量15 lで10~30分後に酸素濃度は45~55%の濃度が得られた. テント内酸素濃度測定にはアトム式酸素濃度測定器を用いた.

iii) 電極

電極は陰極に直径0.3mmの白金電極を, 焼付カシュー塗料で絶縁し, 使用に当つては約45°に缺をもつて切断して用いた. 陽極には縦1.5, 横1.5cmの銀板を銀塩化銀電極として用い, これをリンゲル氏液に浸したガーゼで, 白金電極挿入側の指に巻きつけ, 上よりビニールカバーを施した.

2) 被検者

4才から16才迄の健康児および腎炎軽快患児30名を用いた。

3) 実験順序

被検者をベッドに仰臥位とし、右前膊屈側に0.2ccのキシロカインの皮内注射を行ない、白金電極をアルコールにて消毒後注射針抜去後の誘導孔より、出血していないことを確かめた後静かに挿入する。これをセロテープで動かぬように固定する。陽極の銀一塩化銀電極は、右母指又は示指にリンゲル氏液で浸したガーゼでくるみ、上よりビニールでカバーする。

酸素吸入方法は次の順序で行なった。

① 経鼻カテーテルを鼻入口部に固定し、始め室内空気呼吸時の皮内酸素濃度を記録し、次に分時5 lの流量で100%の酸素吸入を開始し5分後には中止し、再び室内空気を5分間呼吸する。

② 次に耳鼻間の距離を測定し、(約7cm~8cm)奥迄カテーテルを一方の鼻孔より挿入し絆創膏で固定する。同様分時流量5 lで100%の酸素吸入を開始し5分

後には中止し、再び室内空気を5分間呼吸する。

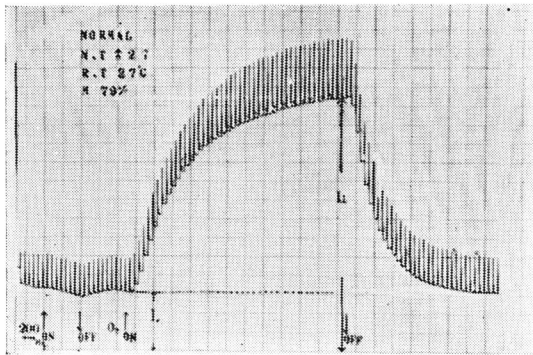
③ 次にOronasal Maskをhead bandにより顔面に密着させ、第4図Cの3方活栓を室内空気呼吸に切り換えて、最初室内空気呼吸を行ない、その間ゴムパルーンに酸素を貯えておいて3方活栓を切り換え、100%の酸素吸入に移る。酸素の流量は分時8 lである。次に再び3方活栓を切り換えて室内空気呼吸を行なう。

④ 次に酸素テントを用いて酸素吸入を行なう場合は、始め分時15 lの流量で酸素を流し、20分後にアトム式酸素濃度測定器でテント内の酸素濃度を測定し、50%~60%の濃度が得られるようにする。被検者は始めテントなしに室内空気を呼吸し次にテント内に入れ、5分~10分間酸素吸入を行ない、再びテント外に出るようにした。

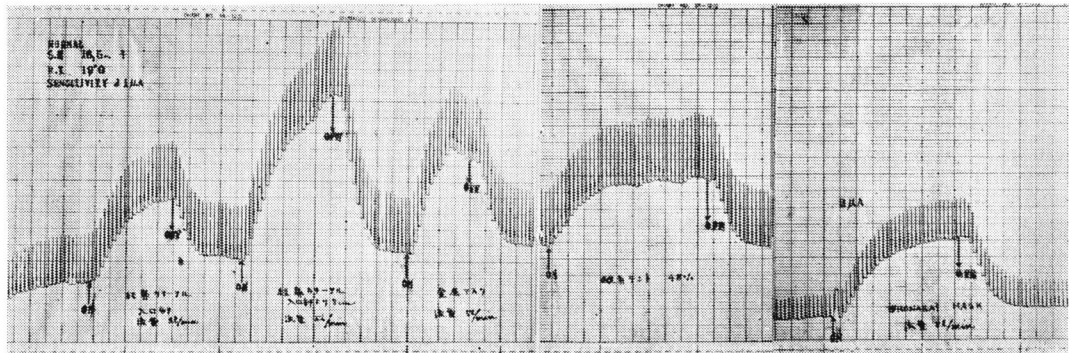
III 実験成績

酸素吸入開始と同時に、皮内酸素濃度は漸次上昇し、やがて定常態に達し、酸素吸入中止と同時に皮内酸素濃度は漸次減少し、5分後には定常態に達する。第7図の如く、吸入前の皮内酸素濃度を電流値 I_0 とし、酸素吸入後最高値に達した時の電流値を I_1 として、 $I_1/I_0 \times 100$ にて酸素吸入後の皮内酸素濃度上昇率を求める事ができる。また上記順序で実験を行なったところ第8図に示す如くになった。

第1表には I_0 および I_1 の値、および上昇率を(1) 経鼻カテーテル浅部法、(2) 経鼻カテーテル深部法、(3) 金属マスク法、(4) 鼻口マスク法(Oronasal mask)、(5) 酸素テント法の順に並べたものであるが、(1)の場合にはその上昇率は118%~343%、平均194%である。(2)



第6図 酸素吸入時皮内酸素濃度変動曲線



第7図 酸素吸入方法と皮内酸素濃度曲線

の場合には 104%~ 317%, 平均 193%, (3)の場合には 114%~ 236%, 平均 199%の上昇率を示し, (4)の場合には 179%~ 616%平均 369%の上昇率を示し, (5)場合には130~210%, 平均 204%の上昇率を示した.

これを図示すると第8図の如くなり, 経鼻カテール浅部法(1), 経鼻カテール深部法(2), 金属マスク法(3), 酸素テント法(5)は殆んど同じ上昇率でその範囲も同じようである. Oronas-

al Mask 法(4)の場合は上昇率は(1)(2)(3)(5)の場合と比較し難い上昇率を示している.

上昇率の平均値についてこれを図示すると第9図の如く(1), (2), (3), (5)共に殆んど同じ上昇率を示し, (4)のOronasal Mask の場合が高い上昇率を示した.

IV 考 按

尾山⁶⁾によれば酸素吸入方法として経鼻カテール, マスク, テントの3者を比較し, 経鼻カテ

第1表 酸素吸入時皮内酸素濃度上昇率
Percent Rise of the Skin Oxygen

| No. | Name | Age | Sex | Method 1 | | | Method 2 | | |
|-----|------|---------|-----|------------------------------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| | | | | I ₀ (10 ⁻⁷) | I ₁ (10 ⁻⁷) | Percent rise | I ₀ (10 ⁻⁷) | I ₁ (10 ⁻⁷) | Percent rise |
| 1 | M A | 6Y 2m | ♀ | 2.65 | 3.75 | 141.0% | 2.9 | 5.50 | 189.9% |
| 2 | O H | 6Y 3m | ♂ | 2.45 | 6.60 | 269.4 | 3.2 | 6.40 | 200.0 |
| 3 | M H | 8Y 8m | ♂ | 5.50 | 7.10 | 129.0 | 6.3 | 12.20 | 193.7 |
| 4 | M N | 6Y 8m | ♂ | 3.30 | 6.40 | 188.2 | 3.1 | 8.00 | 254.9 |
| 5 | S Y | 5Y 9m | ♂ | 3.80 | 4.60 | 121.1 | 3.4 | 5.95 | 181.1 |
| 6 | K M | 7Y 6m | ♂ | 1.60 | 5.05 | 315.6 | 1.8 | 5.70 | 316.7 |
| 7 | S O | 6Y 11m | ♂ | 2.70 | 3.90 | 144.4 | 2.7 | 3.40 | 125.2 |
| 8 | M H | 7Y 6m | ♀ | 5.80 | 9.30 | 162.2 | 5.6 | 7.60 | 135.7 |
| 9 | H K | 11Y 5m | ♀ | 5.40 | 7.80 | 144.4 | 5.5 | 8.65 | 157.3 |
| 10 | K T | 6Y 11m | ♀ | 5.05 | 10.40 | 204.4 | 6.6 | 12.70 | 192.4 |
| 11 | O T | 8Y 7m | ♂ | 2.30 | 7.90 | 345.4 | 2.8 | 8.60 | 314.4 |
| 12 | U K | 4Y 0m | ♂ | 7.80 | 17.50 | 224.4 | 8.7 | 18.70 | 216.1 |
| 13 | H T | 13Y 6m | ♂ | 5.40 | 8.30 | 153.6 | 4.6 | 10.50 | 223.9 |
| 14 | N K | 13Y 7m | ♂ | 8.20 | 12.40 | 151.2 | 8.4 | 16.00 | 190.5 |
| 15 | K S | 6Y 3m | ♀ | 2.30 | 5.80 | 252.1 | 3.0 | 6.40 | 213.3 |
| 16 | I N | 7Y 0m | ♀ | 4.40 | 7.40 | 168.2 | 3.80 | 6.50 | 171.1 |
| 17 | S Y | 12Y 2m | ♀ | 6.70 | 8.55 | 127.3 | 6.75 | 7.05 | 104.4 |
| 18 | S K | 9Y 3m | ♀ | 2.20 | 5.15 | 278.6 | 2.20 | 4.80 | 218.2 |
| 19 | S I | 8Y | ♀ | 1.30 | 3.10 | 238.4 | 1.750 | 3.10 | 177.1 |
| 20 | T Y | 10Y | ♂ | 3.15 | 5.50 | 174.6 | 3.30 | 6.50 | 197.3 |
| 21 | M S | 12Y 7m | ♂ | 5.60 | 6.60 | 117.9 | 5.90 | 9.10 | 154.2 |
| 22 | S E | 16Y 5m | ♀ | 2.00 | 4.60 | 230.0 | 2.80 | 8.10 | 289.3 |
| 23 | A E | 5Y 6m | ♂ | 2.60 | 7.60 | 253.8 | 3.30 | 8.10 | 245.5 |
| 24 | M K | 12Y | ♀ | 3.50 | 7.30 | 208.6 | 3.20 | 5.50 | 171.9 |
| 25 | K M | 13Y 5m | ♀ | 1.50 | 3.25 | 216.7 | 2.30 | 3.80 | 165.2 |
| 26 | S Y | 16Y | ♀ | 4.30 | 6.95 | 161.6 | 3.90 | 5.45 | 139.7 |
| 27 | Y T | 10Y 9m | ♂ | 4.50 | 7.95 | 176.7 | 4.40 | 8.00 | 181.0 |
| 28 | K T | 12Y 11m | ♂ | 2.75 | 5.10 | 192.8 | 3.80 | 5.75 | 125.0 |
| 29 | O M | 11Y 3m | ♂ | 3.60 | 7.30 | 202.8 | 3.70 | 5.30 | 143.2 |
| 30 | A Y | 11Y | ♂ | 6.00 | 7.30 | 121.6 | 7.10 | 13.40 | 188.7 |
| MV | | | | | | 193.8 | | | 192.6 |

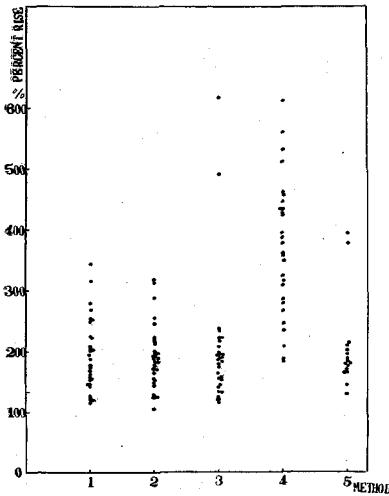
| No. | Method 3 | | | Method 4 | | | Method 5 | | |
|-----|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| | $I_0(10^{-7})$ | $I_1(10^{-7})$ | Percent rise | $I_0(10^{-7})$ | $I_1(10^{-7})$ | Percent rise | $I_0(10^{-7})$ | $I_1(10^{-7})$ | Percent rise |
| 1 | 3.0 | 4.20 | 140.0% | 3.20 | 6.65 | 207.8% | 5.5 | 10.0 | 181.8% |
| 2 | 2.85 | 4.40 | 154.3 | 2.30 | 7.20 | 313.0 | 2.45 | 4.7 | 191.4 |
| 3 | 5.8 | 12.0 | 206.9 | 5.90 | 21.1 | 357.6 | — | — | — |
| 4 | 3.3 | 7.80 | 236.3 | 3.05 | 15.6 | 511.1 | — | — | — |
| 5 | 2.3 | 3.10 | 134.3 | 2.40 | 10.4 | 433.3 | 3.95 | 6.15 | 175.7 |
| 6 | 1.95 | 3.75 | 192.3 | 1.95 | 8.70 | 446.2 | — | — | — |
| 7 | 2.80 | 5.45 | 194.6 | 1.85 | 11.40 | 616.2 | 4.4 | 8.15 | 185.2 |
| 8 | 3.75 | 7.10 | 189.3 | 5.50 | 10.10 | 183.5 | — | — | — |
| 9 | 5.60 | 7.20 | 128.6 | — | — | — | — | — | — |
| 10 | 6.8 | 12.2 | 179.4 | 6.80 | 12.20 | 179.2 | 3.0 | 4.4 | 146.7 |
| 11 | 3.1 | 19.2 | 619.7 | 3.40 | 14.40 | 423.5 | — | — | — |
| 12 | 8.7 | 18.7 | 215.0 | 7.50 | 24.20 | 322.7 | — | — | — |
| 13 | 4.3 | 21.1 | 490.1 | 8.70 | 39.70 | 456.3 | 2.9 | 11.4 | 393.1 |
| 14 | 9.5 | 16.6 | 174.7 | 10.0 | 28.70 | 287.0 | 3.1 | 6.5 | 209.9 |
| 15 | 3.0 | 5.80 | 193.3 | 2.80 | 11.00 | 392.8 | 3.1 | 5.1 | 164.5 |
| 16 | 4.20 | 8.10 | 192.6 | 4.4 | 15.7 | 356.8 | — | — | — |
| 17 | 6.80 | 11.00 | 161.8 | 7.1 | 21.4 | 301.4 | — | — | — |
| 18 | 2.60 | 4.70 | 180.8 | 2.1 | 9.4 | 447.6 | 3.1 | 5.35 | 172.6 |
| 19 | 1.50 | 3.30 | 220.0 | 1.6 | 5.4 | 337.5 | 2.4 | 4.8 | 200.0 |
| 20 | 3.50 | 6.75 | 192.9 | 3.4 | 12.9 | 379.4 | 1.4 | 5.2 | 371.4 |
| 21 | 6.60 | 14.70 | 222.3 | 7.3 | 21.1 | 289.0 | 10.5 | 18.5 | 176.1 |
| 22 | 3.00 | 5.40 | 180.0 | 1.6 | 6.8 | 425.0 | 3.1 | 50.5 | 162.9 |
| 23 | 3.65 | 5.70 | 156.2 | — | — | — | 3.75 | 6.6 | 176.0 |
| 24 | 3.80 | 8.80 | 231.6 | 2.5 | 14.0 | 560.0 | 4.1 | 8.4 | 210.0 |
| 25 | 2.60 | 4.00 | 153.8 | 2.75 | 6.4 | 232.7 | 2.75 | 3.6 | 130.9 |
| 26 | 3.95 | 4.80 | 121.5 | 1.9 | 14.0 | 531.1 | — | — | — |
| 27 | 4.70 | 6.80 | 144.7 | 5.7 | 6.4 | 386.0 | — | — | — |
| 28 | 4.00 | 5.50 | 137.5 | 5.0 | 10.7 | 268.0 | — | — | — |
| 29 | 3.80 | 4.60 | 121.1 | 4.4 | 29.0 | 431.8 | — | — | — |
| 30 | 3.20 | 3.65 | 114.1 | 5.6 | 13.8 | 246.4 | — | — | — |
| MV | | | 199.3 | | | 368.7 | | | 203.5 |

註 : Methode 1 : 経鼻カテーテル鼻入口部
 Methode 3 : 金属マスク
 Methode 5 : Hidebrink 酸素テント

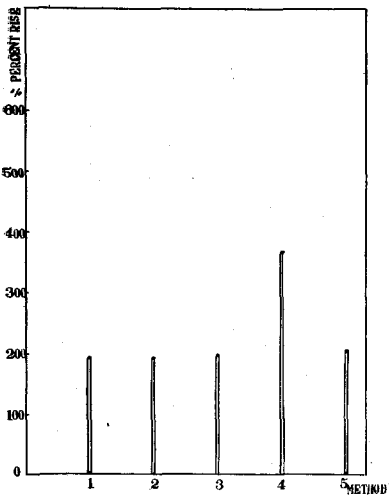
Methode 2 : 経鼻カテーテル深部法
 Methode 4 : Oronasal Mask

ーテルの場合は、酸素濃度%は25~55%、マスクの場合は35~100%、テントの場合には21~55%と述べている。著者らの実験の場合には酸素テントの濃度は50%の濃度のものを吸入したことはわかるが、他の経鼻カテーテル、金属マスクの場合には実際には室内空気と混合しているので何%のものかはわからないが吸入した結果としての皮内酸素濃度変化を見ると、経鼻カテーテル浅部法、

経鼻カテーテル深部法、金属マスク法、酸素テント法の場合には、皮内酸素濃度上昇率は殆んど同じ値を示しているのだからこれから考えれば分時5 l の流量で酸素吸入を行えば、経鼻カテーテル深部法も金属マスクを用いた場合も酸素濃度の%はほぼ50%程度のものを吸入した事に相当すると考えられる。従つてその長所、短所を考えると、先ず経鼻カテーテルの場合には今迄は鼻入口



第8図 各種酸素吸入方法による皮内酸素濃度上昇率の分布図



第9図 各種酸素吸入方法による皮内酸素濃度上昇率平均値の比較

部より7~8 cm挿入した方が良い⁶⁾と言われて来たが著者らの結果から云えば鼻入口部で結構その目的を達し得るとい結論に達した。鼻入口部にカテーテルを固定する場合には顔面にカテーテルを絆創膏で固定するという不快感のみである。それに応じて鼻入口部より7~8 cm奥に挿入する場合には、患者に意識がある場合は、くしゃみ、分泌物の増加等の作用があるので同濃度の酸素が得

られるという点では後者は省いた方が良いのではないかと思われる。

金属マスクの場合は、著者らは患児の顔面に殆んどマスクを密着して用いたものであるが、この場合の皮内酸素濃度は、殆んど経鼻カテーテルの場合と同値を示している。このマスクは実際には患者の顔面に密着させて用いると患者は煩らわしく、また少し顔面を動かしただけでマスクははずれて落ちてしまう欠点がある。また実際にマスクを用いる場合は、顔面より5 cm前後離して用いた場合は、酸素濃度の有効度は減少するものと思われる。

次に *Oronasal Mask* の場合は、実験中最も高い上昇率を得ているが、この上昇率の良いのは流量が他の方法に比べて増加していることにあるよりは、むしろマスクが顔面に密着し、外部より空気の入る隙が全然ないためであり、*pure* な100%の酸素吸入が行なわれ得るためと考えられる。したがってショック等の緊急を要する事態にはこのマスクを用いて高濃度の酸素を投与するには極めて有効と思われる。但し、頭部と顔面のマスクを *head band* を用いて密着させるので患者には極めて不快であるため長期の使用に耐えられない欠点がある。

最後に酸素テントの場合であるが、これを使用する時は患者にとっては極めて快適で、長時間使用可能であるのが長所であるが、著者らの実験成績では、経鼻カテーテル、金属マスクの皮内酸素濃度と同値を得ている。これから考えると、同じ有効度の酸素を得るために一方は5 l分時流量で、テントの場合には分時15 lの流量で目的が達せたとすると両者の経済的開きは極めて大きいということになる訳である。

動脈血の酸素飽和度を測定する試みは *Van Slyke, Neil* 或は *Scholander* の方法であるが、これは *in vitro* で行なえるものである。次にオキシメーターを用いて動脈酸素飽和度を測定する試みが1948年 *Fowler* および *Comroe*¹⁾ は *rubber Mauspiece* と *Nase clip* を用いて100%の酸素吸入を行ない、吸入時変化をオキシメーターを用

いて検討しているが、それによれば平均増加率は372%と報告している。また Montgomery⁷⁾ はポーラログラフを用い前膊に25ゲージの白金電極を挿入し、指先をリンゲル液に浸し、銀一塩化銀電極を用い、Oronasal BLB マスクを用い、右左の短絡のない患者にポーラログラフについて行なつた実験で、皮内酸素濃度上昇率は最低130%から最高823%、平均327%の上昇値を報告している。

著者らの場合も Oronasal Mask を用いて100%酸素吸入を行なつた場合には368%で殆んど同値を示している。

今迄100%酸素吸入を行ないつゝ、生体の酸素濃度変動について報告している例は少なく、かゝる意味でオキシグラフを用いて生体の酸素吸入方法の相違を検討したことは有意義と思われる。

V 総 括

著者らは 簗島、望月の考案になる島津 OX-II 型オキシグラフを用い、100%の酸素吸入を次の5つの方法で効果の比較検討を試みた。すなわち、1) 経鼻カテーテルを鼻入口部に固定し、分時5 l 流量で酸素吸入を行なつた場合、2) 経鼻カテーテルを鼻入口部より7~8 cm奥迄挿入し、分時5 l の流量で酸素吸入を行なつた場合、3) 金属マスクを鼻口部にのせて5 l 分時の流量で酸素を吸入させた場合、4) Oronasal Mask を head band で顔面に固定し、ゴムバルーンに酸素を貯え分時流量8 l で酸素吸入を行なつた場合、5) 酸素テントを用い分時15 l でテント内の

酸素濃度が50~60%の濃度のものを吸入した場合の皮内酸素濃度変動を求めた。酸素吸入開始時前の電流値を I_0 、吸入開始後最高に達した時の電流値を I_i とし、 $I_i/I_0 \times 100$ によつて皮内酸素の上昇率とすると、1)は上昇率平均194%、2)は193%、3)は199%、4)は369%、5)は204%であつた。

以上の成績を総合すると、1)でも2)でも3)でも5)でも皮内酸素濃度は殆んど同じ上昇率が得られる。Oronasal Mask を Head band で固定した場合は分時流量8 l で極めて高い皮内酸素濃度値が得られた。

(稿を終るに当り、終始御懇篤なる御指導、御校閲を賜つた本学小児科学教室 恩師磯田仙三郎教授、第1生理学教室 簗島高教授ならびに草地良作助教授、本学小児科学教室 講師篠塚輝治先生に深謝致します。

本稿の要旨は第65回小児科学会総会において発表した。)

文 献

- 1) Fowler, W.S. & Comroe, J.H.Jr: J. Clin Invest. 27 327 (1948)
- 2) Dripps, R.D. & Comroe, J.H. Jr: Amer J. Physiol. 149 277 (1947)
- 3) Alveryd, A. & Brody, S.: Acta Physiol. Scand 15 140 (1947)
- 4) Whitehorn, W.V. & Bean, J.W.: Amer J. Physiol. 168 528 (1952)
- 5) Montgomery, H., Zimsser, H.F. Jr. & Horowitz, O.: Circulation 2 845 (1950)
- 6) 尾山 力: 酸素療法の実際 第1版 永井書店 大阪市 昭35 29頁