

〈原 著〉  
 脊椎麻酔下予定帝王切開術における酸素投与の  
 臍帯静脈血酸素分圧におよぼす影響

大阪赤十字病院 麻酔科

山岡 久泰, 橋本まち子

Effect of Oxygen Administration during Spinal Anesthesia  
 for Elective Cesarean Section on Umbilical Venous  $P_{O_2}$

Hisayasu Yamaoka, Machiko Hashimoto

Department of Anesthesia, Osaka Red Cross hospital

〒543 大阪市天王寺区筆ヶ崎5-53

Tel. 06-771-5131

Abstract

To examine the effect of oxygen administration on umbilical venous  $P_{O_2}$  (UV $P_{O_2}$ ), we divided 49 patients undergoing elective cesarean section under spinal anesthesia into 3 groups: (1) room air (RA) 21, (2)  $O_2$  3l/min. by simple vinyl mask ( $O_2$  3 VM) 14 and (3)  $O_2$  6l/min. by mask through anesthesia machine ( $O_2$  6 AM) 14 and measured maternal arterial  $P_{O_2}$  (MAP $P_{O_2}$ ) and UV $P_{O_2}$ .

The UV $P_{O_2}$  value of  $35.7 \pm 2.3$  mmHg in  $O_2$  6 AM group was significantly higher than those of other two groups,  $24.2 \pm 1.3$  mmHg in RA and  $25.2 \pm 1.9$  mmHg in  $O_2$  3 VM, and a linear correlation between UV $P_{O_2}$  and MAP $P_{O_2}$  was obtained, i. e.  $UV_{P_{O_2}} = 0.031 MAP_{P_{O_2}} + 19.7$  ( $r = 0.617$ ,  $P < 0.001$ ).

We conclude that UV $P_{O_2}$  increases in proportion to the increase in MAP $P_{O_2}$  and that the extra margin of oxygen in the fetus could be expected by the administration of oxygen to the mother.

要 旨

脊椎麻酔下の帝王切開術患者のルーム・エアー (RA) 群21名,  $O_2$  3l/分をビニール・マスクにて投与する ( $O_2$  3 VM) 群14名及び $O_2$  6l/分を麻酔器よりマスクにて投与する ( $O_2$  6 AM) 群14名の三群に分け, 母体動脈血 $P_{O_2}$  (MAP $P_{O_2}$ ) および臍帯静脈血 $P_{O_2}$  (UV $P_{O_2}$ ) の変動を検討した。

UV $P_{O_2}$  は, RA群 $24.2 \pm 1.3$  mmHg,  $O_2$  3 VM群 $25.2 \pm 1.9$  mmHg,  $O_2$  6 AM群 $35.7 \pm 2.3$  mmHgであり,  $O_2$  6 AM群のみ他群に比較して有意 ( $P < 0.01$ ) に増加した。全測定値では,  $UV_{P_{O_2}} = 0.031 MAP_{P_{O_2}} + 19.7$  ( $r = 0.617$ ) と有意 ( $P < 0.001$ ) の相関が得られ, 母体に酸素を投与すればUV $P_{O_2}$  はMAP $P_{O_2}$  の増加とともに直線的に増加し, 胎児の酸素備蓄の増大が期待できる。

は じ め に

帝王切開術では, 麻酔や手術操作の影響により胎児の酸素欠乏をひきおこす可能性があり, 胎児への酸素供給の増大を期待して, 母体に酸素を投与することが多い。母体への酸素投与によって母体動脈血 $P_{O_2}$  (MAP $P_{O_2}$ ) を上昇させれば, 臍帯静脈血 $P_{O_2}$  (UV $P_{O_2}$ ) も上昇することは認められているが<sup>1,2)</sup>, MAP $P_{O_2}$  とUV $P_{O_2}$  の間の相関性については, MAP $P_{O_2}$  が高値になればUV $P_{O_2}$  が低下するとするもの<sup>3)</sup>, プラトーに達するとするもの<sup>4,5)</sup>, 両者の間には正の相関が認められるとするもの<sup>6,7)</sup>などと議論がわかれている。そこで, 脊椎麻酔下の予定帝王切開術中に, 母体への酸素の投与方法を種々変えてMAP $P_{O_2}$  を変動させた時, 胎児へ供給される臍帯静脈血の $P_{O_2}$  にどのような影響を与えるかを検討した。

## 対象と方法

脊椎麻酔下に予定帝王切開術をうける, 呼吸・循環器系に異常のない患者を無作為に, ルーム・エア (RA) 群21名, O<sub>2</sub> 3l/分をビニール・マスクにて投与する (O<sub>2</sub> 3VM) 群14名およびO<sub>2</sub> 6l/分を麻酔器よりマスクにて投与する (O<sub>2</sub> 6AM) 群14名の三群に分けた。各群の年齢および体重は表1に示し, 帝王切開術の適応理由は表2に示した。患者には研究の内容を説明し, 母体動脈血および臍帯血の採取の同意を得た。

表1. 対象三群の例数と年齢および体重

群	例数	年齢(歳)	体重(kg)
ルームエア (RA)	21	31.5±3.4	66.9±9.3
O <sub>2</sub> 3l/分(O <sub>2</sub> 3VM) ビニール・マスク	14	31.7±5.5	63.5±7.8
O <sub>2</sub> 6l/分(O <sub>2</sub> 6AM) 麻酔器	14	32.5±5.0	66.0±14.6

平均±標準偏差, 有意差なし

表2. 予定帝王切開術の適応と各群の例数

	RA群	O <sub>2</sub> 3VM群	O <sub>2</sub> 6AM群
前回帝切	12	6	6
C P D	3	3	1
骨盤位	2	3	2
高年初産婦	0	1	2
子宮筋腫	2	0	1
子宮頸管癌	0	1	1
軟産道強靱	1	0	0
前期破水	0	0	1
その他(脳AVM術後)	1	0	0
(合計)	21	14	14

患者を麻酔前投薬なしで手術室に入室させた後, 18Gカテーテルにて静脈路を確保し, 25%アルブミン50mlを加えた乳酸加リンゲル液500mlを, 脊椎麻酔施行直後までに終了出来るよう急速輸液を開始した。血圧は橈骨動脈に挿入された21Gカテーテルに接続した圧トランスジューサー(トランスパック, ダイナボット)にて, 心拍数はECGにて測定し, 患者監視装置(ライフスコープ11, 日本光電)上にモニターした。患者を右側臥位にしてクモ膜下穿刺を行い, 0.24%ジブカイン高比重液(ネオペルカミンS)1.5~2.0mlを注入して脊椎麻酔をした後, 体位を仰臥位に戻し, 酸素投与群には酸素投与を開始した。用手にて子宮を左方に偏位させながら麻酔レベルをチェックし, 無痛域がT-10に達した時点で術野の消毒を許可, 直ちに手術ベッドを左下に約5度傾斜させた後手術に移行した。輸液は上記のアルブミン入り乳酸加リンゲル液の急速輸液の後, 乳酸加リンゲル液のみとし, 血圧の変動に応じて速度を調節した。収縮期血圧が100mmHg以下, ないしは脊椎麻酔開始前の値の25%以上低下した時はエフェドリン5~10mgの静注にて対処した。児娩出後直ちに母体動脈血を橈骨動脈ラインより, また臍帯静脈・動脈血をダブルクランプされた臍帯より採血し, 直ちにそれぞれのpH, Pco<sub>2</sub>, BEおよびPo<sub>2</sub>を自動血液ガス測定装置(ABL-300, ラジオメーター)にて測定した<sup>8)</sup>。脊椎麻酔導入(局麻薬のクモ膜下注入)より児娩出まで(Induction-Delivery, I-D)の時間, 皮膚切開より児娩出まで(Skin incision-Delivery, S-D)の時間および娩出1分および5分後の児のアプガー・スコアも測定, 記録した。

測定値は, 年齢, 体重については平均±標準偏差にて, 他は平均±標準誤差にて表し, 統計的処理は一元配置分散分析, t-検定にて行い, P値0.05以下を有意差有りとした。

## 結 果

対象患者の年齢, 体重は, 三群間に有意差はみられなかった(表1)。手術は全例脊椎麻酔のみで行えたが, 児娩出後はドロペリドール1.25mgおよびジアゼパム2.5~5.0mg

表3. 各群の脊椎麻酔導入から児娩出まで(I-D)および皮膚切開から児娩出まで(S-D)の時間

	RA群	O <sub>2</sub> 3VM群	O <sub>2</sub> 6AM群
I-D時間(分)	16.5±0.7	15.5±1.5	14.7±1.0
S-D時間(分)	8.2±0.5	8.7±1.3	7.3±0.7

平均±標準誤差, 群間有意差なし

静注にて鎮静した。手術終了時の無痛域は, 全例T-4~T-8の範囲内にあった。I-D時間およびS-D時間は, 三群間に有意差はみられなかった(表3)。MAPo<sub>2</sub>は, RA群103.4±2.6mmHg, O<sub>2</sub> 3VM群183.0±8.3mmHg, O<sub>2</sub> 6AM群524.1±26.0mmHgと有意(P<0.01)に増加した。UVPo<sub>2</sub>は各群それぞれ, 24.2±1.3mmHg, 25.2±1.9mmHg, 35.7±2.3mmHgであり, O<sub>2</sub> 3VM群はRA群と比較して有意な増加はみられなかったが, O<sub>2</sub> 6AM群はRA群および

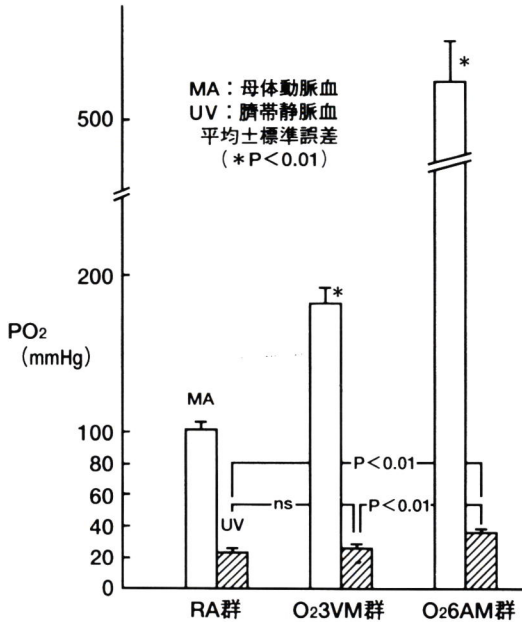


図1. 各群の母体動脈血および臍帯静脈血のPO<sub>2</sub>レベルの比較

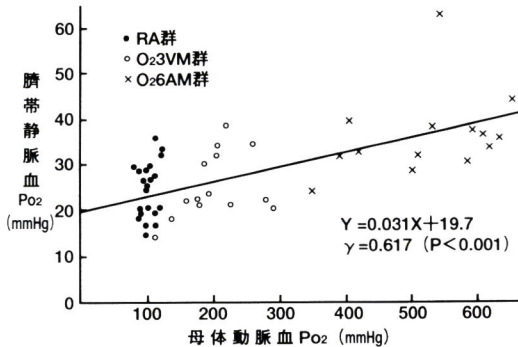


図2. 母体動脈血PO<sub>2</sub> (X軸) と臍帯静脈血PO<sub>2</sub> (Y軸) との相関関係を表すプロット図

表4. 児娩出まで収縮期血圧が100mmHg以下に低下した群と100mmHg以上に維持された群との臍帯静脈血PO<sub>2</sub>レベルの比較

	SBP < 100mmHg	SBP ≥ 100mmHg	
RA 群	23.8 ± 1.8 (11)	24.7 ± 1.9 (10)	ns
O <sub>2</sub> 3VM 群	24.1 ± 2.4 (10)	28.0 ± 2.9 (4)	ns
O <sub>2</sub> 6AM 群	34.7 ± 3.6 (9)	37.6 ± 1.8 (5)	ns
全体	27.2 ± 1.7 (30)	28.8 ± 1.6 (19)	ns

平均±標準誤差, ( )内は例数を表す  
SBP: 収縮期血圧, ns: 有意差なし

O<sub>2</sub> 3 VM群と比べ有意 (P < 0.01) に増加した (図1)。全測定値をプロットしてみるとUVPO<sub>2</sub> (Y) とMAPO<sub>2</sub> (X) にはY=0.031X+19.7 (r=0.617) と正の相関が有意 (P < 0.001) にみられた (図2)。脊椎麻酔後, 児娩出までに収縮期血圧が100mmHg以下に低下した群と, 100mmHg以上に維持されていた群のUVPO<sub>2</sub> には有意差はみられなかった (表4)。母体の酸・塩基平衡では, 各群とも過換気状態であったが, O<sub>2</sub> 6 AM群がRA群に比べ有意に呼吸性アルカローシスの傾向がみられた (表5)。

表5. 各群の母体動脈血のpH, PCO<sub>2</sub> およびBEの比較

	RA 群	O <sub>2</sub> 3VM 群	O <sub>2</sub> 6AM 群
pH*	7.424 ± 0.005	7.463 ± 0.017	7.468 ± 0.007
PCO <sub>2</sub> *(mmHg)	29.6 ± 0.8	28.5 ± 1.5	25.1 ± 0.6
BE**(mEq/L)	-4.5 ± 0.3	-3.5 ± 0.3	-4.8 ± 0.3

平均±標準誤差

\* pH & PCO<sub>2</sub>: RA 群 vs O<sub>2</sub>6AM 群 P < 0.002

\*\* BE: O<sub>2</sub>3VM 群 vs O<sub>2</sub>6AM 群 P < 0.01

臍帯動脈血(UA)では, pH, PCO<sub>2</sub>は三群間に有意差なく, BEは正常範囲内でO<sub>2</sub> 3 VM群とO<sub>2</sub> 6 AM群間で有意差 (P < 0.05) がみられた。PO<sub>2</sub>はO<sub>2</sub> 6 AM群のみ他群より有意 (P < 0.01) に高かったが, MAPO<sub>2</sub> (x) とUAPO<sub>2</sub> (y) との間には, y=0.015 x+10.4 (r=0.571) とゆるやかではあるが, 有意 (P < 0.01) な正の相関がみられた。1分後のアプガー・スコアは, 三群間に有意差はみられなかった (表6)。

表6. 各群の臍帯動脈血のpH, PCO<sub>2</sub> およびBEとアプガー・スコアの比較

	RA 群	O <sub>2</sub> 3VM 群	O <sub>2</sub> 6AM 群
pH	7.299 ± 0.005	7.320 ± 0.011	7.313 ± 0.011
PCO <sub>2</sub> (mmHg)	51.1 ± 1.1	50.4 ± 1.7	47.5 ± 1.3
BE*(mEq/L)	-1.4 ± 0.3	-0.4 ± 0.3	-2.0 ± 0.5
<sup>a</sup> PO <sub>2</sub> ** (mmHg)	12.8 ± 1.2	12.5 ± 1.2	18.2 ± 1.3
アプガー・スコア (1分)	8.5 ± 0.2	8.3 ± 0.2	8.9 ± 0.1

平均±標準誤差, pH, PCO<sub>2</sub>, アプガー・スコア: ns

\* BE: O<sub>2</sub>3VM 群 vs O<sub>2</sub>6AM 群 P < 0.05

\*\* PO<sub>2</sub>: O<sub>2</sub>6AM 群 vs 他群 P < 0.01

a) : UAPO<sub>2</sub>=0.015 MAPO<sub>2</sub>+10.4 (γ=0.571, P < 0.01)

## 考 察

今回研究の対象となった三群間の年齢, 体重に差がなく (表1), 帝王切開の適応理由 (表2) についても, 前回帝切およびCPD以外の適応理由の症例でも分娩過程に異常なく, また麻酔や手術操作の状況を示唆するI-D時間

とS-D時間にも有意差がみられなかった(表3)。従って、これら三群の背景は均一とみなしてよい。

母体に酸素を投与した時の、胎児の酸素化の効果は古くから研究されている。Gareら<sup>1)</sup>は、経産分娩において、胎児 $P_{O_2}$ の低い時ほど母体への酸素投与の効果が大きく現れると報告しており、Foxら<sup>2)</sup>も、硬膜外麻酔下の帝王切開術での100%酸素投与で $UV_{P_{O_2}}$ の有意の上昇を認めている。一方でまた、母体に種々の濃度の酸素を投与した時の胎児の酸素化への影響にも興味もたれる。これについての研究は、プロトコールのたて易さや、均一性に優れているという点で全て予定帝王切開術で行われている。Rorkeら<sup>3)</sup>は、全身麻酔下で吸入酸素濃度を33%, 66%, 100%に分けて $UV_{P_{O_2}}$ を測定したところ、 $MAP_{O_2}$ がおよそ300mmHgまでは $UV_{P_{O_2}}$ の上昇がみられたが、それ以上の範囲ではむしろ $UV_{P_{O_2}}$ の下降がみられたと報告しており、Baraka<sup>4)</sup>およびMarxら<sup>5)</sup>は同様に4~5種類の濃度の酸素を吸入させて検討したところ、 $MAP_{O_2}$ が300mmHgをこえればもはや $UV_{P_{O_2}}$ は上昇せず、プラトーに達してしまうと報告した。これらの報告に対して、Newmanら<sup>6)</sup>は、胎児児頭毛細血管血 $P_{O_2}$ ( $FC_{P_{O_2}}$ )は、 $FC_{P_{O_2}} = 0.06MAP_{O_2} + 17.69$ と表され、 $FC_{P_{O_2}}$ と $MAP_{O_2}$ とには正の相関がみられたと報告した。 $FC_{P_{O_2}}$ は $UV_{P_{O_2}}$ より常に7~8mmHg低いといわれている<sup>16)</sup>ので、この報告は $UV_{P_{O_2}}$ と $MAP_{O_2}$ との正の相関を示唆するものである。またRamanathanら<sup>7)</sup>は、窒素ガスで希釈された21%, 47%, 74%の酸素または純酸素を、硬膜外麻酔下で吸入させて調べたところ、 $UV_{P_{O_2}}$ は $MAP_{O_2}$ の上昇と共に上昇し、両者の間には正の相関( $UV_{P_{O_2}} = 0.055 MAP_{O_2} + 23$ ,  $r = 0.90$ ,  $P < 0.001$ )が認められたと述べている。私どもの研究でも、 $UV_{P_{O_2}}$ と $MAP_{O_2}$ とには正の相関がみられた(図2)。しかし、 $UV_{P_{O_2}}$ の上昇の度合(直線の勾配)はRamanathanら<sup>7)</sup>の方が大きく、私どもの結果と比較して、 $MAP_{O_2}$  100mmHgの変化につき $UV_{P_{O_2}}$  2.4mmHgの差がみられている。この差は、脊椎麻酔は硬膜外麻酔に比べ、血圧低下の頻度が多く、その程度も大きく<sup>9)</sup>、そして血圧低下は子宮・胎盤の血流の減少をまねき、酸素の胎盤通過を阻害する<sup>2)</sup>ためであろうと考えられる。実際、脊椎麻酔下の私どもの結果では、統計学的には有意差がみられなかったが、収縮期血圧が100mmHg以下に低下した群において、100mmHg以上に保持された群と比べて $UV_{P_{O_2}}$ が低い傾向にあった(表4)。一方また、母体の呼吸性アルカローシスも母体の酸素解離曲線の左方移動と子宮血流の減少をもたらし、胎児への酸素移行を障害するが<sup>10)</sup>、呼吸性アルカローシスの程度は私ども(表5)と彼ら<sup>7)</sup>とでは差がみられなかったので、 $UV_{P_{O_2}}$ の上昇の度合の違いには呼吸性アルカローシスは関与していないものと思われる。

胎児血液は胎盤を通過する時、二酸化炭素と固定酸を母体血液に拡散し、母体血液のpHを低下させてヘモグロビンの酸素親和性を減少させ(Bohr effect)、一方、胎児血液のpHは上昇し、酸素解離曲線を左方に移動させる。さらに、胎児血液の酸素解離曲線は母体血液より左方に位置するため、胎児の酸素摂取能力は高められている<sup>12)</sup>。しかし、母体に酸素を吸入させた時に $UV_{P_{O_2}}$ が上昇するのは、これらの機序がより効果的に働くというのではなく、主として母体と胎児間の酸素分圧較差が大きくなって拡散が促進されるためであるといわれている<sup>2)</sup>。しかしながらこの時、 $UV_{P_{O_2}}$ は $MAP_{O_2}$ が上昇するのと同程度には上昇しない(図1および2)。これは、胎盤絨毛が絨毛間腔で酸素分圧の高い母体(子宮らせん)動脈血と直接には接していないためである。酸素吸入によって $MAP_{O_2}$ は上昇するが、酸素解離曲線上ではいずれも平坦部に位置しているため、酸素吸入によっても子宮らせん動脈血の酸素濃度は大きく上昇しない。そして、この子宮らせん動脈血が絨毛間腔に渦状に噴出し、酸素濃度の低い血液と遭遇するため酸素分圧が大きく低下して胎盤絨毛と接するから、母体の酸素吸入の効果が減弱されてしまう。しかし、効果は減弱されても酸素吸入によって母体と胎児間の酸素分圧較差は多少増大する。従って拡散に関するFickの法則<sup>11)</sup>により $UV_{P_{O_2}}$ は $MAP_{O_2}$ の上昇とともに比例的、直線的に上昇するものと思われる。

母体自身に低酸素血症の原因があれば、もちろん酸素投与の適応があるが、胎児側にとっても、母体の酸素投与によって少しでも $UV_{P_{O_2}}$ が上昇すれば、この $UV_{P_{O_2}}$ の値が酸素解離曲線の急峻部に位置しているため、臍帯静脈血の酸素濃度の上昇は大きく、酸素備蓄の増大が期待でき<sup>12,25)</sup>、分娩直後の無呼吸や、気道吸引による低酸素血症の際にも有利となる<sup>5)</sup>。また一方、 $UAP_{O_2}$ が $MAP_{O_2}$ の上昇とともに有意の上昇がみられた(表6)が、これは胎児により多くの酸素が供給されたためであり、この事実からも母体に酸素を投与することにより、胎児の酸素備蓄が増大されていることが示されている<sup>2)</sup>。

硬膜外麻酔による帝王切開術で、母体酸素投与群の方が胎児の酸・塩基平衡が良好であったという報告があるが<sup>2)</sup>、私どもでは、三群間にpH、 $P_{CO_2}$ の有意の差はみられず、BEも正常範囲内での差がみられたのみで、1分後のアプガー・スコアには全く有意差がみられなかった(表6)。これらは対象が予定帝王切開術患者であり、胎児の状態が良好で、かつ安定していたためと思われる。

母体に酸素を投与すれば、臍帯静脈血 $P_{O_2}$ にどの程度の影響をおよぼすかを検討するために、脊椎麻酔下の予定帝

王切開術の患者に種々の酸素投与法を行い検討したところ、母体動脈血 $PO_2$ の上昇とともに臍帯静脈血 $PO_2$ は直線的に有意に上昇した。従って、母体に酸素を投与すれば胎児の酸素備蓄の増大が期待できるものと思われる。

#### 文 献

- 1) Gare DJ, Shime J, Paul WM, et al. : Oxygen administration during labor. *Am J Obstet Gynecol* **105** : 954-961, 1969.
- 2) Fox GS, Houl GL : Acid-base studies in elective caesarean sections during epidural and general anesthesia. *Canad Anaesth Soc J* **18** : 60-71, 1971.
- 3) Rorke MJ, Davey DA, Du Toi HJ : Foetal oxygenation during caesarean section. *Anaesthesia* **23** : 585-596, 1968.
- 4) Baraka A : Correlation between maternal and foetal  $PO_2$  and  $Pco_2$  during caesarean section. *Brit J Anaesth* **42** : 434-438, 1970.
- 5) Marx GF, Mateo CV : Effects of different oxygen concentrations during general anaesthesia for elective caesarean section. *Canad Anaesth Soc J* **18** : 587-593, 1971.
- 6) Newman W, Mckinon L, Paterson P, et al. : Oxygen transfer from mother to fetus during labor. *Am J Obstet Gynecol* **99** : 61-70, 1967.
- 7) Ramanathan S, Gandhi S, Arismendy J, et al. : Oxygen transfer from mother to fetus during cesarean section under epidural anesthesia. *Anesth Analg* **61** : 576-581, 1982.
- 8) Paerregaard A, Nickelsen CNA, Brandt L, et al. : The influence of sampling site and time upon cord blood acid-base status and  $PO_2$  in the new born infant. *J Perinat Med* **15** : 559-563, 1987.
- 9) Crawford S : Spinal is better than epidural anaesthesia for elective caesarean section. Arguments against. *Controversies in Obstetric Anaesthesia No. 1*. Edited by Morgan B. Edward Arnold, London, 1990, p 12-19.
- 10) Levinson G, Shnider SM, deLorimier AA, et al. : Effects of maternal hyperventilation on uterine blood flow and fetal oxygenation and acid-base status. *Anesthesiology* **40** : 340-347, 1974.
- 11) Parbrook GD, Davis PD, Parbrook EO : Diffusion and osmosis. *Basic physics and Measurement in Anaesthesia*. 2nd ed. Edited by the same authors. Heinemann, London, 1985, p 92-95.

受付 平成7年5月9日