

## ●原 著

## 褥創に対する OHP の治療効果について

桜木康晴\* 横田晃和\* 藤原恒弘\*\*  
 藤原久子\*\* 大森 繁\*\*\*

難治性の褥創患者15名と熱傷患者2名の治療に、高気圧酸素治療を併用し、すべての症例において治癒促進効果を認めた。

その治癒機転としてOHP中はreservoir-bag付きのOHP用マスクを顔に密着させて、10~11 l/minの酸素吸入をすることにより、PaO<sub>2</sub>が700mmHg以上に、PTO<sub>2</sub>が430~450mmHgにまで上昇していたことから、阻血性の難治性病変においても酸素が血行を介して組織に十分に供給され得ることが判明した。

キーワード：褥創，経皮組織酸素分圧，サーモグラフィ，リザーバーバッグ付きOHP用マスク

## The effect of OHP on decubitus

Yasuharu Sakuragi\*, Terukazu Yokota\*, Yasuhiro Fujiwara\*\*, Hisako Fujiwara\*\*, Sigeru Ohmori\*\*\*

\*Kosei General Hospital, Dept. Anesth

\*\*Kosei General Hospital, Dept. Surg

\*\*\*Kosei General Hospital, Section OHP

15 cases of decubitus ulcer and 2 cases of post-burn ischemic wounds were treated with OHP, and the clinical improvement in healing process of the ulcer was noted in all cases. The elevation of regional PTO<sub>2</sub> secondary to the marked rise in arterial O<sub>2</sub> tension (PaO<sub>2</sub>) due to the inhaled O<sub>2</sub> in high pressure must have alleviated the chronically anoxic state of the ischemic lesions.

## Keywords :

Decubitus ulcer

Transcutaneous O<sub>2</sub> tension(PTO<sub>2</sub>)

Thermography

Mask with reservoir-bag

## はじめに

高齢者重症患者が増加するにともない、褥創の発生する症例も増加している。特に中枢神経系障害などで長期の意識障害があり、自発的体動のない場合は褥創の発生率は高く、その予防もさることながら治療にも難渋することの多いのが現状である。我々は、このような褥創、すなわち虚血性難治性潰瘍の治療の一助として、従来よりの治療法(頻回の体位変換、局所の消毒、清拭、薬剤投与など)に加えて高気圧酸素療法(OHP)を併用して、好い結果を得ているが、その症例報告とともに、その治癒機転として高気圧酸素が、虚血性病変組織に対する物理的直接作用により組織酸素分圧(PTO<sub>2</sub>)を上昇させるのか、あるいは血流の乏しい組織であってもやはり血行を介して、すなわち吸入酸素濃度(FIO<sub>2</sub>)および動脈血酸素分圧(PaO<sub>2</sub>)の上昇の結果PTO<sub>2</sub>の上昇がもたらされるのか、もしそうであればPaO<sub>2</sub>の上昇を得るための効果的な酸素吸入法はどのように実施すべきかなどについて若干の検討を行ったので報告する。

\*医療法人里仁会興生総合病院麻酔科

\*\*医療法人里仁会興生総合病院外科

\*\*\*医療法人里仁会興生総合病院高気圧治療室

## 対象と方法

### 1. 対象症例

いわゆる寝たきりの状態の患者で、難治性の潰瘍壊死を伴う褥創（小池<sup>1)</sup>、徳永<sup>2)</sup>らによる一般的な褥創の分類で“Grade 2～4”に相当するもの）が多発し、栄養状態が悪く、意識障害もあるが自発呼吸と循環動態の安定しているもの15名と、2～3度の熱傷患者で受傷後1～3週間目に中間層皮膚移植を受け全身状態が一応安定しているもの2名であった。

### 2. OHPの方法

第一種または第二種の高気圧酸素治療室を使用し、空気加圧（2 ATA）下での100%酸素吸入とし、1回60分間の加圧で、1日1～2回から2～3日に1回の頻度で局所病巣がほぼ治癒するまでOHPを反復した（表1）。

### 3. 酸素吸入法についての検討

平圧下において、マスクの種類としてポリヴィニール製の普通マスクと、OHP用のreservoir-bag付きマスク（以下OHP用マスクと呼ぶ）を比較しながら、種々の酸素流量（O<sub>2</sub>flow）における吸入酸素濃度（FIO<sub>2</sub>）および組織酸素分圧（PTO<sub>2</sub>）を測定し、OHP中の効果的な酸素吸入法について検討した。

すなわちFIO<sub>2</sub>はTeledyne酸素濃度計、PTO<sub>2</sub>はスイス・ロシュ製O<sub>2</sub>-monitor Module632型の経皮酸素電極センサーを患者及び被験者の前額部皮膚に貼布して測定した。

### 4. 効果判定に関する検討法

次のような所見および測定値につき検討を行った。

#### 1) 褥創および熱傷の肉眼的所見

病巣の大きさ、深さ、肉芽の再生状態などについて、OHP治療の施行回数とともに検討した。

#### 2) Thermography 所見

褥創および熱傷部とその周辺の局所循環を調べるため、日本電気三栄製Thermograph装置を用いて、各OHP治療の直後に、すなわち高気圧治療室より患者を搬出したところで、病巣とその周辺の皮膚温を測定記録した。

表1 対象並びにOHPの方法

症例：

寝たきり褥創患者15名。熱傷患者2名。虚血性、難治性潰瘍、壊死の多発例。  
意識障害はあるが、自発呼吸のあるもの。  
血圧、脈拍など一応安定状態のもの。

OHPの方法：

第一種または第二種の高気圧治療室で、100%酸素吸入、空気加圧2 ATA、60分間。1日1～2回から2～3日に1回の頻度でほぼ治癒するまで反復。

効果判定

- 1) 褥創周囲の皮膚組織 PTO<sub>2</sub>測定。
- 2) 同部の皮膚温を Thermography で測定。

### 3) PTO<sub>2</sub>および PaO<sub>2</sub>値

OHP治療中の患者のPaO<sub>2</sub>および病巣部のPTO<sub>2</sub>の上昇を確認するため、まず前述のPTO<sub>2</sub>電極センサーを、患者の褥創または熱傷部にすぐ隣接する末梢側の皮膚に貼布し、続いて患者に顔マスクを装着し、100%酸素吸入下にOHP室に収容し、PTO<sub>2</sub>電極よりの導線をOHP室外の同装置に接続した。このようにしてOHP治療前、中、後に亘って連続的に病巣部のPTO<sub>2</sub>を測定記録した。

PaO<sub>2</sub>は、一部の患者においてOHP前およびOHP室内において酸素吸入時、加圧開始時、および2 ATA30分の頃に動脈血を採取し、直ちにラジオメーター社製血液ガス分析装置で測定した。

## 結 果

### 1. 褥創の肉眼的所見

病巣の程度、すなわち大きさ、深さ、肉芽の再生状態などは、概してOHP10回目頃より改善傾向がみられ、同20回目頃には褥創の直径が約3分の2に減少、深さは約半分と、明らかな改善が認められた（図1a, b, c）。

例えば、図1に示す症例75歳男性の右殿部の褥創では、来院時の大きさは80×60mm、深さ15mmで、壊死性の肉芽組織で被覆されていたが（図1a）、

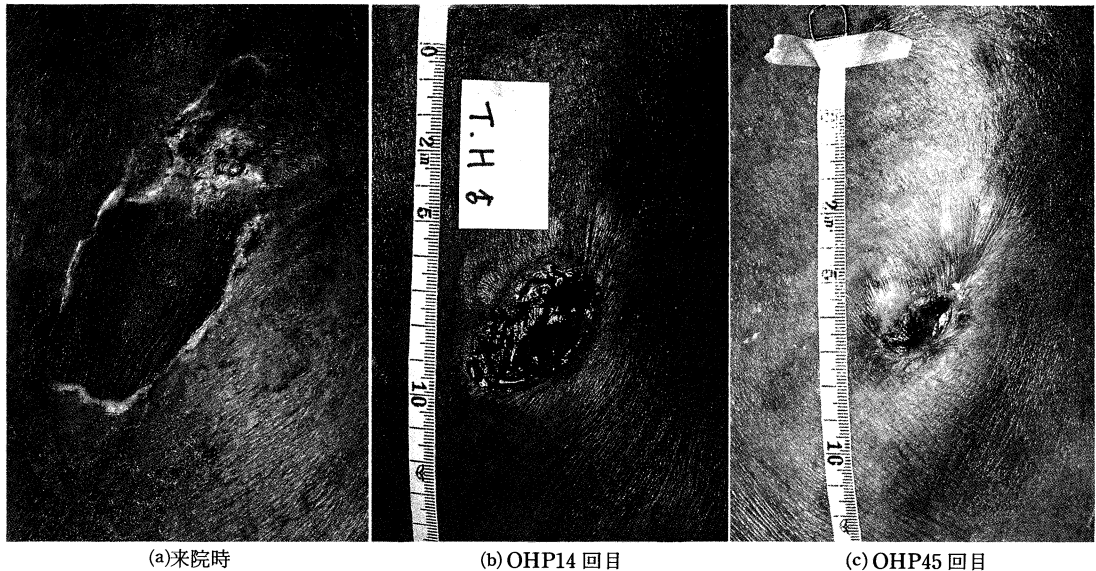


図1 褥創の治癒所見

約2週間のOHP14回施行時には大きき55×40mmに減少し、肉芽組織も活発な再生像を呈し(図1b)、その後約3カ月目のOHP45回施行時には大きき15×23mm、深さ5mmと、著明な改善の所見を呈していた(図1c)。

## 2. Thermography 所見

図2のごとく上段のOHP10回の時に比し下段の20回の時には、例えば下肢の褥創ではその長さが短縮し、潰瘍の深さ、幅が明らかに減少していることがわかる。褥創およびその周辺の温度変化については、OHP治療開始時に比し、20回施行後には平均して約2度の皮膚温上昇がみられた。特に褥創より中枢側の温度上昇が著明であった。

## 3. 酸素吸入法

通常のポリヴィニール製の普通マスクおよびOHP用マスクによる各 $O_2$ -flow時の $FIO_2$ および前額部皮膚の $PTO_2$ 値の変動は表2および図3のごとくであった。

すなわち、普通マスクでもOHP用マスクでも、 $O_2$ -flowが1ℓ/minから1ℓずつ増加するに従って $FIO_2$ もほぼ比例的に増加し、全 $O_2$ -flowにおいてOHP用マスクの場合の方が普通マスクよりも $FIO_2$ 値が高かった。

その差は $O_2$ -flowが1~2ℓ/minと低流量の時は約10%、3~11ℓ/minでは15~20%と開き、また12ℓ/min以上の高流量になると10~12%であった。

$O_2$ -flowが13ℓ/minのときの $FIO_2$ は、普通マスクでは70~72%、OHP用マスクでは79~82%であったが、それ以上の $O_2$ -flow(15~20ℓ/min)でも $FIO_2$ は普通マスクで74%まで、OHP用マスクで84%までの上昇に留まり、それ以上の上昇はみられなかった(表2)。

図3は、 $PTO_2$ 電極をair-calibrationによって158mmHgに設定した後、患者の前額部皮膚に貼布して、平圧下で酸素吸入させたときの $PTO_2$ 値の変動を調べた記録である。まず平圧下空気呼吸中は $PTO_2$ が46~48mmHgであるが、普通マスクで $O_2$ -flow5ℓ/min( $FIO_2$ は41~43%)にすると $PTO_2$ は65~70mmHgとなり、そこでOHP用マスクに交換して $O_2$ -flowを7ℓ/min( $FIO_2$ 約70%)にすると $PTO_2$ は140mmHgとなった。さらにこの状態で $O_2$ -flowを11ℓ/min( $FIO_2$ 約80%)に増加すると $PTO_2$ は173mmHgに上昇した。

またこのような $PTO_2$ 値の上昇をさらに確認するため、被験者で同様に平圧下で測定した前額部皮膚の $PTO_2$ 値は、表2の右端の項に示した数値

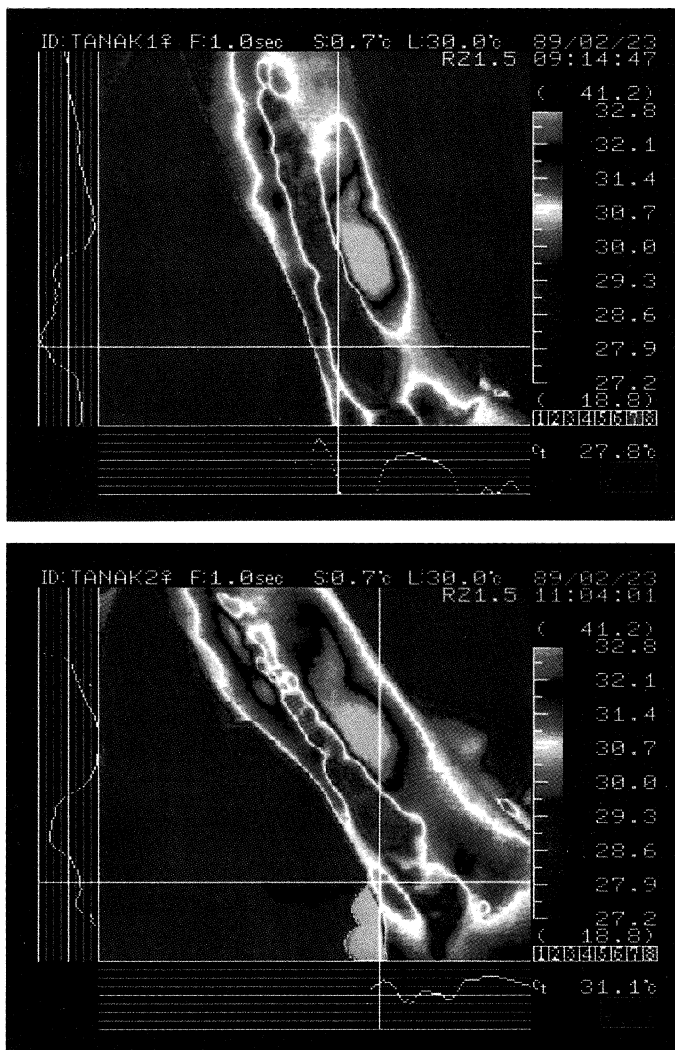


図2 OHP10回(上段)と20回(下段)施行時の褥創潰瘍とその周辺部の Thermography

のような変動であり、患者の  $PTO_2$  値とほぼ同様の値を示した(表2)。

#### 4. $PTO_2$ および $PaO_2$ 値の推移

褥創および熱傷患者の OHP 治療前、中、後の  $PTO_2$  および  $PaO_2$  値の平均の変動については図4に示す通りであった。

すなわち、平圧下で空気呼吸しているとき、褥創周辺の皮膚組織の  $PTO_2$  は平均30~40mmHgにある。そこで、マスクによる酸素(10 l/min)吸入を開始すると、 $PTO_2$  は5分後に112mmHg、

10分後に141mmHg、15分後には約150mmHgに上昇する。

さらに、ここで OHP 室に収容し  $O_2$  吸入のまま加圧を開始すると  $PTO_2$  は5分で208mmHg、10分で287mmHg、15分で355mmHgと上昇し、2 ATAに達した後も約20分間上昇を続け、430~450mmHgになる。

その後、減圧を始めると  $PTO_2$  も下がり始めて、1 ATAになったとき260mmHg、なお酸素吸入を続けていると160mmHgに下がり、これは加圧前の数値とほぼ同じであるが、酸素吸入を終了す

表2 平圧下における酸素吸入時の O<sub>2</sub>-flow と FIO<sub>2</sub>, PTO<sub>2</sub>

O <sub>2</sub> flow (ℓ/min)	普通マスクによる FIO <sub>2</sub> (%)	OHP用マスクによる FIO <sub>2</sub> (%)	被験者前額部皮膚 PTO <sub>2</sub> (mmHg)
0	20~21	20~21	40~45
1	25~27	34~35	47~50
2	30~32	40~42	67~70
3	34~35	50~52	79~80
4	37~38	58~60	100~110
5	41~43	64~65	120~123
6	47~49	67~68	125~128
7	48~52	70~73	150~155
8	54~56	72~74	168~170
9	57~60	74~75	168~171
10	60~62	76~79	168~174
11	62~64	77~79	174~176
12	64~68	78~81	175~183
13	70~72	79~82	175~183
14	74~78	81~83	184~187
15	70~75	82~84	188~189
16	73~74		190~191
20	72~73	82~84	192~194

ると PTO<sub>2</sub> は徐々に平常の値 30~40mmHg へと戻って行く。

またこのときの PaO<sub>2</sub> 値は、平圧下での空気呼吸時には平均 80mmHg であるが、マスクによる酸素吸入 (10 ℓ/min) を開始すると 425mmHg, OHP 用マスクを顔に密着させて O<sub>2</sub>-flow 10 ℓ/min にすると PaO<sub>2</sub> は 510mmHg となり、その状態で高気圧室に入れて 2 ATA に加圧すると、PaO<sub>2</sub> は加圧開始 5 分で 702mmHg, 2 ATA で 30 分頃には平均 750mmHg の値に上昇した (図 4)。

この PaO<sub>2</sub> 値の変動も、PTO<sub>2</sub> 値のそれとほぼ平行したものであり、平圧時の酸素吸入開始から 2 ATA 加圧中 PaO<sub>2</sub> は PTO<sub>2</sub> より約 300mmHg の差で高値を維持していた。

#### 考 察

OHP は、環境大気と吸入気に加圧によりその酸素分圧が上昇し、そのため呼吸機能に異常がなければ、血液中の溶解酸素量が増加することにより血液の PaO<sub>2</sub> が著明に上昇し、組織細胞への酸素補給が増加するものとして、低酸素性病変、虚

血性難治性疾患などの治療に応用されているものである。

PTO<sub>2</sub> の上昇は、血液中の PaO<sub>2</sub> の上昇によって血行的にもたらされるものと、環境大気中の酸素分圧 (PO<sub>2</sub>) の上昇から物理的拡散によって起こる組織への溶解酸素の増加、すなわち直接作用とが考えられるが、いずれにせよ PTO<sub>2</sub> の上昇そのものは、長期間の低酸素状態のため障害され続けている組織呼吸にとっては重要な酸素供給をもたらすことになる。

中山ら<sup>3)</sup>が述べているように、組織におけるガス交換においては、組織液の酸素分圧 (PTO<sub>2</sub>) は細胞の代謝活動によってかなり変動する。すなわち、大気圧下では PTO<sub>2</sub> は平均 40mmHg で、PaO<sub>2</sub> との間には 50~60mmHg の分圧差がある。組織の酸素分圧は、毛細管を去る静脈血の PVO<sub>2</sub> とほぼ同値で代謝が盛んなときは PO<sub>2</sub> が低下して圧差が大となるばかりでなく、毛細管が拡張して血流が増加し、大量の酸素を組織に与えることになる。

一般に細胞内は外液よりも酸素分圧が低く平均 6 mmHg とされ、拡散によって酸素は組織液に

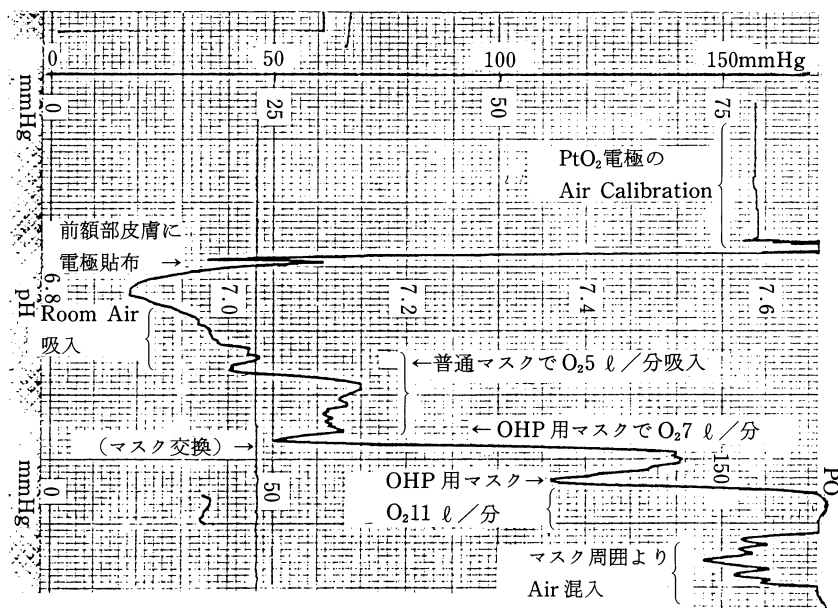


図3 酸素吸入法による PTO<sub>2</sub>値の変動

入るので、細胞内代謝が順調に行われるには、1～5 mmHg の PTO<sub>2</sub>が必要とされている。

一方 Jacobson ら<sup>4)</sup>は、2 ATA の空気加圧による OHP において100%酸素吸入により脳血流が約25%減少したとし、Miller, J.D.ら<sup>5)6)</sup>は同様の OHP により頭蓋内圧が約30%減少、脳血流が約20%減少したと報告しているが、その原因として OHP 中の PaO<sub>2</sub>と PTO<sub>2</sub>が1000mmHg 以上に著明に上昇したため生じた脳の血管収縮 (vasoconstriction) が指摘されている。

このように血流の豊富な臓器では高気圧下の酸素吸入により、PTO<sub>2</sub>が著明に上昇し vasoconstriction を生じて組織への血流はかえって低下することが考えられる。しかし、褥創や難治性潰瘍のごとく、阻血性で血流途絶が原因の病変組織では、PaO<sub>2</sub>は上昇しても vasoconstriction を生じるような PTO<sub>2</sub>の上昇をもたらすとは限らない。

従って、このような場合まず PaO<sub>2</sub>を十分に上昇させて、少しでも多くの酸素が組織細胞に供給されるようにできるだけ PTO<sub>2</sub>の上昇を図ることが治療上重要である。

この PTO<sub>2</sub>の上昇を得るためには、まず吸入気の酸素濃度 (FIO<sub>2</sub>) を上げ、それを高圧下に吸入

させて PaO<sub>2</sub>を十分に上昇させるとともに、病巣組織への血流を増加させることが重要である。

そしてこの血流増加のための処置としては、病巣部の加温、血管拡張剤 (PGE<sub>1</sub>など) の投与や、交感神経の遮断などが実際的方法であろう。

まず FIO<sub>2</sub>を効果的に増加させるためには、空気加圧下 OHP 中の酸素吸入そのものが大変重要である。普通のマスクを漫然と顔に当てて酸素を呼吸させるのではなく、OHP 用の reservoir-bag 付きマスクを患者の顔に十分に密着させることにより、同じ O<sub>2</sub>-flow での FIO<sub>2</sub>は10～20%も上昇することが判明した (表2)。

O<sub>2</sub>-flow については、通常成人の分時呼吸量 (minute volume) が8～10 l/min であるので、大体10 l/min 以上の flow であればマスクの reservoir-bag は流入酸素および呼気で常時膨らんだ状態になり、吸気時にもマスクの呼気孔からの空気混入 (air-mix) が防止され、呼気停滞による CO<sub>2</sub>貯留もほとんど問題にならない。

FIO<sub>2</sub>は、表2のごとく、O<sub>2</sub>-flow の増加にほぼ比例して上昇し、O<sub>2</sub>-flow が多いほど良いわけであるが、O<sub>2</sub>-flow が12～13 l/min で FIO<sub>2</sub>約80%に達した後はそれが15～20 l/min に増加しても

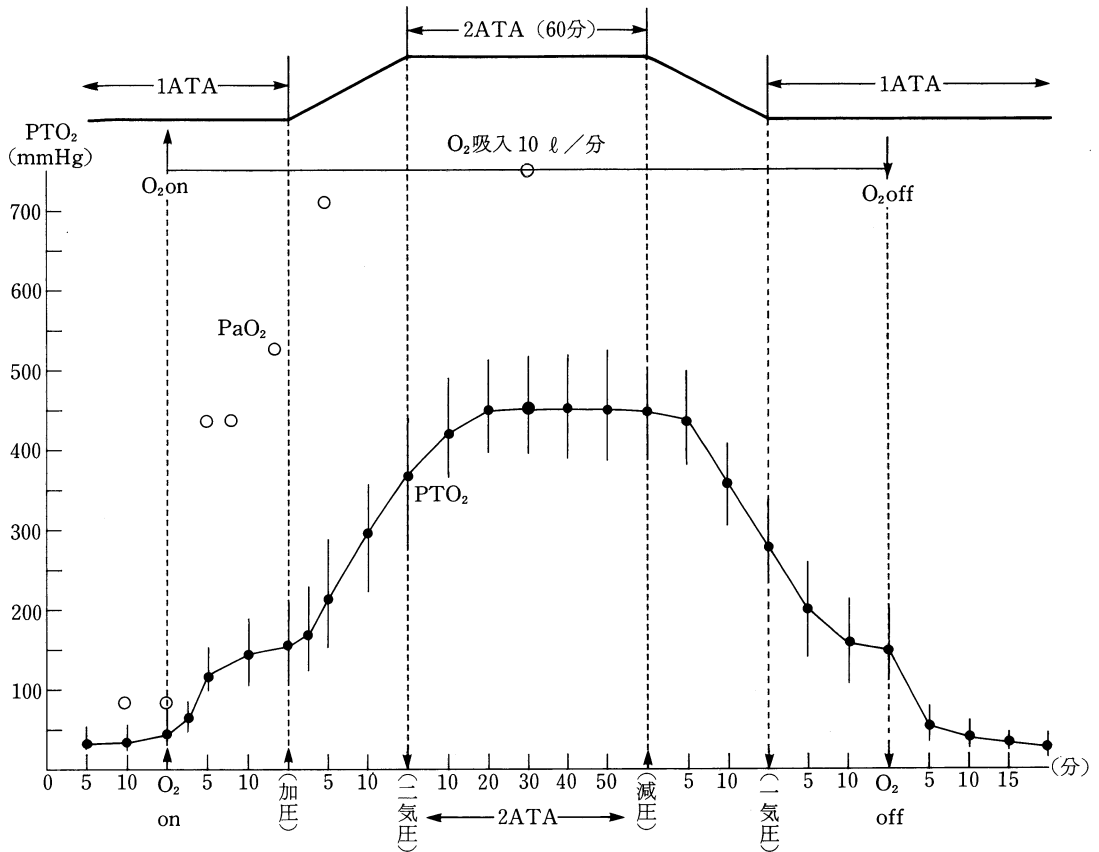


図4 褥創および熱傷患者のOHP前、中、後のPTO<sub>2</sub>、PaO<sub>2</sub>の変動

FI<sub>O</sub><sub>2</sub>の上昇は80~85%までの頭打ち状態となる。そして酸素が高流量になればなるほど口腔や鼻咽腔に酸素の強い風が当たって粘膜の乾燥を始め種々の不快感が生じるなど、かえって弊害をとまなう。

したがって、実際的なOHP中のO<sub>2</sub>-flowとしてはOHP用マスクを使用し、FI<sub>O</sub><sub>2</sub>が大体80%に近づき、気道に当たる不快感が最小限の数値として、酸素の経済性も考慮し、10~11 l/minが適当であろうと考えている。実際この方法でOHPを実施しているが、平圧下酸素吸入中および2 ATA加圧中のPaO<sub>2</sub>およびPTO<sub>2</sub>値の上昇は図4のごとくであった。すなわち、慢性的に阻血性で低酸素性の褥創組織などのPTO<sub>2</sub>は常時30~40 mmHg以下であるが、この方法による酸素吸入とOHPにより、PTO<sub>2</sub>は300~400 mmHg以上の値

になり、実に著明な上昇を生じている。しかもこのPTO<sub>2</sub>の上昇には効果的な酸素吸入による血液中の酸素含有量や、PaO<sub>2</sub>が先行したものであり、PaO<sub>2</sub>とPTO<sub>2</sub>の間には約300 mmHgの差が保持されていることが判明した(図4)。

次に末梢血流の増加を図るためには、前述のごとく病巣患部の加温、血管拡張剤投与と共に、病巣部を支配する交感神経の遮断と鎮痛を目的とする硬膜外ブロックが有効であるが、患者のリスクや末梢血管の器質的変化などもあって同ブロックを全OHP時に全例に施行することはできない。同ブロックの適応があり、その効果の期待し得るものに対して、OHP治療の直前になるべく同ブロックを施行することとしている。

また組織における酸素分圧上昇の直接的影響としては、恩地ら<sup>7)</sup>が述べているごとく、特に100%

酸素加圧において、皮下組織 1 cm 位の深さまで酸素の物理的溶解が増加するので、熱傷などにおける皮膚表層の難治性潰瘍や、血流に乏しい移植皮膚の治癒促進にも、OHP の併用は大変効果的であると考えられる。

以上のごとく OHP 治療は、酸素の物理的直接作用による PTO<sub>2</sub> の上昇の他、空気加圧下においても効果的な酸素吸入法によりまず PaO<sub>2</sub> の著明な上昇を生じ、その結果として PTO<sub>2</sub> の十分な上昇をもたらす得ることが判明した。

すなわちこのような OHP 治療は、PaO<sub>2</sub> と PTO<sub>2</sub> 両者の上昇を起こすので、褥創や熱傷などの難治性病巣のみならず、あらゆる全身性および局所性の慢性疾患、特に低酸素性、低循環性疾患に対して有用な治療法であると言える。

#### [参 考 文 献]

- 1) 小池和夫：薬剤学知見からの褥創治療。基礎と臨床, 22 : 408-410, 1980
- 2) 徳永恵子：褥創ケアの考え方, 進め方。EXPERT NURSE, 6 : 24-27, 1990
- 3) 中山昭雄：ガス交換。血液ガスとその運搬。呼吸の調節。換気障害, 中馬一郎編, 日本医事新報社, 東京, 1977, pp348-375
- 4) Jacobson I., Harper A.M., McDowall D.G., : The Effect of Oxygen under Pressure on Cerebral Blood-flow and Cerebral Venous Oxygen Tension. Preliminary Communications. Lancet, 14 : 549, 1963
- 5) Miller J.D., Ledingham I.M., Jennett W.B., : Effect of Hyperbaric Oxygen on Intracranial Pressure and Cerebral Blood Flow in Experimental Cerebral Edema. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr. 33 : 745-755, 1970
- 6) Miller J.D., Fitch W., Ledingham I.M., Jennett W.B. : The Effect of Hyperbaric Oxygen on Experimentally increased Intracranial Pressure. J. Neurosurg., 33 : 287-296, 1970
- 7) 恩地裕, 吉生人, 吉川 清, 太田宗夫, 栗野章彦 共著：第三章 高圧酸素の生理学的影響, 第四章 酸素毒性, 第八章 治療的応用, 第九章 臓器移植と高圧酸素療法, 高圧酸素療法, 東京, 永井書店, 1967, pp6-99
- 8) 橋内章：高圧酸素下での経皮的酸素分圧測定の臨床的応用。臨床麻酔, 5 : 247-251, 1981
- 9) 金谷春之：脳血管障害における高気圧酸素治療。最新医学, 41 : 253-259, 1986
- 10) Kurokawa T., Nonami T., Kuroe K., Harada A., Nakao A., Takahashi H., Sakakibara K., Takagi H. : Effect of Hyperbaric Oxygen-Therapy on Ischemic Liver Damage. J. Hyperbaric Med., 4 : 197-204, 1990
- 11) 高尾勝浩：末梢血行障害, 虚血性潰瘍に対する高圧酸素療法の治療経験。日本高気圧環境医学会雑誌, 20 : 251-254, 1985
- 12) 高尾勝浩：フード型酸素マスクについて。日本高気圧環境医学会雑誌, 22 : 235-238, 1987
- 13) 八木博司：四肢難治性潰瘍に対する高気圧酸素療法について。日本高気圧環境医学会雑誌, 22 : 27-39, 1987
- 14) 軽部俊二：褥創の病態と取扱方。手術, 34 : 1357-1360, 1985
- 15) 大島良夫：手術不能患者の管理処置。手術, 34 : 1361-1365, 1985
- 16) Fuson R.L., Saltzman H.A., Starmer C.F., Smith W.W., : Theory of hyperbaric oxygen: Nomogram for oxygen content, saturation and pressure at hyperbaric conditions. Anesthesiology, 27 : 176-179, 1966
- 17) 湯佐祥子：酸素中毒。臨床麻酔, 5 : 233-245, 1981