

## ●原 著

## 脳脊髄疾患における高圧酸素療法の臨床意義

龍村俊樹\* 古野利夫\* 辻本 優\*\* 美濃一博\*\*  
東出慎治\*\* 栗林秀樹\*\*\* 伊藤祐輔\*\*\*\* 高久 晃\*\*\*\*\*

脳脊髄疾患を対象に高圧酸素療法(HBO)の臨床経験の詳細な検討を行った。

脳疾患は、脳梗塞、クモ膜下出血後状態、低酸素脳症に分けて検討した。脳幹部梗塞を除く新鮮な脳梗塞は、30例中23例に改善(76.7%)が認められ、発症早期のHBOに意義があると思われた。また、低分子デキストランとウロキナーゼの併行群(75.0%)では非併行群(35.7%)に比して有効率が高く、HBOとこれら薬物療法との相乗効果が推測された。クモ膜下出血後の脳血管攣縮に対するHBOの有効率(25.0%)は低く、HBOの血管攣縮作用がこの点に関わってくると思われ、今後の研究課題として残された。低酸素脳症に対するHBOの有効率(28.6%)は低値であったが、発症早期にHBOを行えなかったことに起因するものと思われた。

脊髄疾患は、急性脊髄症と慢性脊髄症に分けて検討した。前者は脊髄損傷や脊髄梗塞を対象とし、HBOにより運動機能の改善が著明に認められる症例がみられた。後者では、感覚機能が自覚症状の改善という形で認められる症例が多かった。HBOの脊髄疾患に対する補助療法としての意義は、十分あると思われた。

キーワード：高気圧酸素療法、虚血性脳血管障害、脊髄症

### Clinical significance of hyperbaric oxygen therapy(HBO) in the treatment of cerebro-spinal diseases

Toshiki Tatsumura\* Toshio Furuno\* Masaru Tsujimoto\*\* Kazuhiro Mino\*\* Shinji Higashide\*\* Hideki Kuribayashi\*\*\* Yusuke Itoh\*\*\*\* Akira Takaku\*\*\*\*\*

\*Department of Emergency, Toyama Medical & Pharmaceutical University

\*\*Department of Surgery, Toyama Medical & Pharmaceutical University

\*\*\*Department of Japanese Oriental Medicine, Toyama Medical & Pharmaceutical University

\*\*\*\*Department of Anesthesiology, Toyama Medical & Pharmaceutical University

\*\*\*\*\*Department of Neurosurgery, Toyama Medical & Pharmaceutical University

Clinical experiences with hyperbaric oxygen therapy (HBO) in the treatment of cerebro-spinal diseases were studied.

Cerebral diseases included cerebral infarction, subarachnoid hemorrhage and hypoxic cerebral diseases in this series. Twenty three of the 30 cases of cerebral infarction revealed marked response (76.7%) to the therapy, and a better response was observed in those cases who were treated earlier after the onset of the disease with HBO. Moreover, to those who received HBO and combined with infusion of low molecular dextran added Urokinase showed a better response of 75.0% than those are not with 35.7% response rate. The response of subarachnoid hemorrhage cases were unfavorable of 25.0%, further study into this subject is necessary. The response of those with hypoxic cerebral diseases were also poor of 28.6%, it is believed that late in starting of HBO is the main reason for the low responses of this group.

\*富山医科薬科大学救急部

\*\*富山医科薬科大学第一外科

\*\*\*富山医科薬科大学和漢診療部

\*\*\*\*富山医科薬科大学麻酔科

\*\*\*\*\*富山医科薬科大学脳神経外科

There are 25 cases of spinal cord diseases in present series. Evaluation of the therapeutic efficacy of HBO was made according to the progression of the disease into acute and chronic stages. In the former group it consisted of spinal cord injury and spinal infarction cases. A good response of 72.7% of these cases revealed remarkable improvement of the motor disturbances, for those who have chronic diseases other than the former showed a response rate of 50.0% to HBO, which evaluated as improvement of the sensory disturbances.

It is clear from present studies that HBO is of significant clinical value as adjuvant therapy for betterment of motor and sensory disturbances attributed to cerebro-spinal diseases.

#### Keywords :

Hyperbaric oxygen therapy  
Ischemic cerebrovascular diseases  
Myelopathy

#### はじめに

高圧酸素療法(Hyperbaric oxygen treatment, HBO)は、高気圧下で高濃度の酸素を吸入させることにより動脈血中の酸素濃度を溶解酸素の形で上昇させ、低酸素に陥った組織の酸素濃度を改善することにより損傷組織の修復を図ろうとする治療法である。神経系に対するHBOの作用機序としては、組織の動脈血酸素分圧を上昇させることにより、酸素不足に陥った神経細胞のミトコンドリアにおいてATP産生を可能にし、活動性の低下した神経細胞を賦活化させるのではないかと考えられている<sup>1)</sup>。Hyperbaric Medicine Committee of the Undersea Medical Societyによると脳脊髄障害はinvestigative groupとして分類されており<sup>2)</sup>、各施設でHBOの効果に関する検討が進められている。本稿では、当施設における脳脊髄疾患の症例を対象にし、これら症例に対するHBOの効用と問題点について述べる。

#### 対象と方法

脳疾患患者54例を対象にし、うち男性34例、女性20例で平均年齢は64.6歳である。脳梗塞は単発性で新鮮な梗塞と多発性梗塞に分け、また脳幹部

梗塞およびSTA-MCA shunt術後は別に扱った。さらにクモ膜下出血後の血管攣縮に起因すると思われる症状を有する症例、および様々な原因による低酸素脳症の意識状態の回復にHBOを試みた(表1)。脊髄疾患は25例あり、男性16例、女性9例で平均年齢は53.7歳である。脊髄損傷6例、脊髄梗塞3例、癒着性クモ膜炎3例、悪性腫瘍の脊椎転移2例、ALS2例、脊髄小脳変性症2例、その他7例である(表2)。

HBOは、ビッカーズ社製第一種装置(純酸素加圧)を用い、2.0-3.0ATAO<sub>2</sub>にて40分から60分のプラト-時間を保ち、1日1回の頻度で、脳疾患では合計1-40回(平均9.9回)行い、脊髄疾患では1-49回(平均15.6回)行った。判定は、同一人物が初回と各HBO終了時に神経学的症候を観察し、脳疾患では神経学的所見を運動障害、感覚障害、言語機能、意識状態の4つに分け、各項目につき一つでも完全に消失したものを著効、明らかに改善したものを有効、軽度改善したものをやや有効、変化が認められなかったものを無効とし、有効以上を有効率として表した。脊髄疾患では日本整形外科学会脊髄症治療判定基準に準じて行った。しかしながらこの基準で1点以上の改善がみられない症例でも徒手筋力テスト、腱反射、皮膚知覚領域検査などの他覚検査や自覚症状の改善がみられる例では、総合的に判断し、改善例に含めた。

#### 結果

##### 1. 脳疾患

##### 1) 脳梗塞

脳梗塞症例は39例あり、脳幹部梗塞4例、およびSTA-MCA shunt術後3例を除いた明らかな神経症状の脱落発作を有する新鮮な脳梗塞30例と発作の明らかでない多発性小梗塞に分けて検討した。その結果、脳幹部以外の新鮮な脳梗塞のHBOによる症状の改善例は30例中23例で76.7%と高値であるのに対し、多発性小梗塞や脳幹部梗塞は改善例は少なかった(表3)。また、術前にHBOを施行し、改善が得られなかった1症例に対し、STA-MCA shuntを施行するも症状の改善は得られなかった。これら明らかな脳梗塞30例をさらに分析してみると(表4)、発症よりHBO開始までの期間は0-20日(平均3.1日)で、ほとんどの

表1 脳疾患症例

症例数	54例
男女比	34:20
年齢	31~87歳 平均64.6歳
HBO 最高圧力	2.0~3.0ATAO <sub>2</sub>
維持時間	40~60分
回数	1~40回 平均9.9回
疾患別分類	
脳梗塞	
単一梗塞(新鮮梗塞)	26例
多発梗塞	6
脳幹部梗塞	4
STA-MCA shunt 術後	3
SAH 術後	8
低酸素脳症	7

(富山医薬大救急部1988.4~1989.12)

表2 脊髄疾患症例

症例数	25例
男女比	16:9
年齢	21~76歳 平均53.7歳
HBO 最高圧力	2.5ATAO <sub>2</sub>
維持時間	40~60分
回数	1~49回 平均15.6回
疾患別分類	
脊髄損傷	6例
脊髄梗塞	3
癒着性クモ膜炎	3
悪性腫瘍の脊髄転移	2
ALS	2
脊髄小脳変性症	2
脊柱管狭窄症	2
脊髄空洞症	1
頸椎症	1
靭帯骨化症	1
その他のミエロパチー	2

(富山医薬大救急部1988.4~1989.12)

例が48時間以内に HBO が開始されている。なお発症状況より血栓症と塞栓症に分け検討すると、有効以上例では両者間に差はみられなかった。また、当施設では、脳の微小循環を改善する目的で低分子デキストランとウロキナーゼ(6万単位)の併用療法を行っているが、併行群では75.0%、

非併行群では35.7%と併行群において HBO の有効率が高かった。また、脳血管造影を行っている17例のうち、主幹動脈に狭窄や閉塞が存在する例は10例、存在しない例は7例で、その有効率はそれぞれ50.0、71.4%であった。

## 2) クモ膜下出血

表3 脳梗塞のHBOにおける改善率

	例数	改善例数	改善率
発作の明らかな脳梗塞	30例	23例	76.7%
発作の明らかなでない多発性脳梗塞	2	0	0
脳幹部梗塞	4	1	25.0
STA-MCA shunt 術後	3	1	33.3
計	39	25	64.1

表4 脳梗塞症例の検討

症例数						30例	
男女比						19:11	
年齢						40~87歳 平均67.0歳	
HBO 開始までの期間						0~20日 平均3.1日	
最高圧力						2.5~3.0ATAO <sub>2</sub>	
維持時間						40~60分	
回数						1~18回 平均8.7回	
			著効	有効	やや有効	変化なし	有効率
血栓症	24例	3	11	4	6		58.3%
塞栓症	6	1	2	2	1		50.0
低分子デキストラン+ウロキナーゼ6万単位/1週間投与併用							
施行群	16	3	9	1	3		75.0
未施行群	14	1	4	5	4		35.7
主幹動脈の狭窄又は閉塞の有無(17例に血管造影を行っている)							
有群	10	0	5	1	4		50.0
無群	7	3	2	1	1		71.4

クモ膜下出血後症例は8例あり、原因疾患はいずれも脳動脈瘤の破裂であるが、クリッピングなどの根治術を行った後、血管攣縮などにより意識レベルの低下や麻痺などの症状が出現した症例である(表5)。なお、手術よりHBO開始までの期間は、平均6.1日で、治療回数は1~18回、平均7.3回であった。血管造影が行われた3例中2例に血管攣縮が確認された。著効が1例みられているが、これは血管造影で攣縮が確認されなかった症例である。攣縮の認められた2例のうち1例はやや有効であったが、他1例は著明な攣縮が認められ、HBOに対して改善を示さなかった。全体の有効率は25.0%と低値であった。

### 3) 低酸素脳症

低酸素脳症は7例あり、心タンポナーゼ、ハン

ギングなどが原因で心停止となり、蘇生されたが意識障害の残った症例に対しHBOを施行した。7例中2例(28.6%)のみが有効であった(表6)。

### 2. 脊髄疾患

全体の改善率は60.9%で、これらを急性脊髄症と慢性脊髄症に分けて検討した(表7)。脊髄損傷や脊髄梗塞などの急性群においては改善率が72.7%であるのに対し、慢性群の改善率は50.0%で、やや低い傾向であった。また、急性脊髄症である脊髄損傷や悪性腫瘍の脊椎転移例に対しては、障害部位の除圧を早期に行っており、HBOは術後の機能回復が目的であるが、初回の治療中に明らかに運動機能の改善をみる例も認めている(表8)。これに対して慢性脊髄症では、しびれ感や異常感覚を訴えることが多く、有効例では治療回数

表5 クモ膜下出血術後状態症例

症例数	8例	
男女比	4:4	
年齢	40~86歳 平均63.3歳	
HBO	手術より開始までの期間	1~15日 平均6.1日
	最高圧力	2.0~2.5ATAO <sub>2</sub>
	維持時間	60分
	回数	1~18回 平均7.3回
	間隔	1回/日
効果判定	著効	1例
	有効	1
	無効	6
有効率	25.0%	

表6 低酸素性脳症例

症例数	7例	
男女比	5:2	
年齢	31~78歳 平均55.1歳	
原因	開心術、心タンポナーゼ、 ハンギング、窒息、肺炎	
HBO	心蘇生後より開始までの期間	4~30日 平均8.9日
	最高圧力	2.0~3.0ATAO <sub>2</sub>
	維持時間	60分
	回数	1~32回 平均16.6回
	間隔	1回/日
効果判定	著効	0例
	有効	2
	無効	5
有効率	28.6%	

を重ねるごとにそれらの自覚症状が改善する傾向がみられた。

## 考 察

### 1. 脳 疾 患

#### 1) 脳 梗 塞

脳梗塞は、閉塞血管の灌流領域の虚血により生じる病態であり、HBOは脳虚血巣に十分な酸素を供給することにより、脳代謝を改善するとともに脳機能の回復や脳細胞の不可逆的变化を阻止する働きが有るのではないかと考えられている<sup>3)</sup>。Astrup<sup>4)</sup>は、Ischemic Penumbra という概念を提

唱している。つまり壊死に陥った部分は回復の見込みはないが、可逆性を有する脳組織の部分である Penumbra に対しては、早期治療によりその回復が期待できるというものである。小暮<sup>5)</sup>は脳虚血の生化学的 stage を4期に分類しており、中川<sup>6)</sup>らはHBOが有効なのは2期までの段階であろうと述べている。このことは発症早期からのHBO施行が有効である理由の一つとも考えられ、諸家の一致した見解である。我々の症例をみても平均発症後3.2日でHBOを開始しており、有効率が高かった。しかしながら、解剖学的に副側血行路の発達が悪く、血液供給の乏しい中大脳動

表7 脊髄疾患のHBOによる改善率

急性脊髄症	
脊髄損傷	
緊急除圧術施行(+)	3例(2例)
〃 (-)	3(2)
脊髄梗塞	3(2)
悪性腫瘍脊椎転移	2(2)
計	11(8)72.7%
慢性脊髄症	
癒着性クモ膜炎	2(1例)
ALS	2(1)
脊髄小脳変性症	2(0)
脊柱管狭窄症	2(1)
脊髄空洞症	1(0)
頸椎症	1(1)
靱帯骨化症	1(1)
その他のミエロパチー	1(1)
計	12(6)50.0%
総計	23(14)60.9%

・カッコ内は改善例数

・総数は耳痛により中止となった2例を除く

脈閉塞などでは、早期にHBOを開始しても高濃度溶解酸素の病巣への到達が困難となり、HBOによる改善は期待できないと考えられている<sup>6)</sup>。我々の症例でも中大脳動脈に閉塞のある症例では有効率が低く、これらの症例では、STA-MCA shuntなどのsurgical revascularizationが優先されるべきである。また、HBOにより脳血管が収縮し血流が減少することは、Jacobson<sup>7)</sup>らにより報告されている。しかし、2ATAO<sub>2</sub>下でHBOを行うとPaO<sub>2</sub>は1110mmHgまで上昇し<sup>7)</sup>、HBOにより血流の減少を補って組織の酸素量は増加し、神経細胞が賦活化されることが推察される。そしてMiller<sup>8)</sup>らは、病巣部の血管がautoregulationを失うという考えをもとに、HBOにより健常部の脳血管が収縮を起し、それによって病巣部の血流は増加し(Inverse-Steal現象)、病巣部の組織の酸素濃度がさらに増加するので有用であろうと述べている。我々の施設では、脳の微小循環を改善する目的でウロキナーゼと低分子デキストランの併用療法を行っている。これらの併行群と非併行群でHBOの有効性を比べたところ、併行群で

の有効性が高かった。波出石<sup>9)</sup>らはHBOはあくまで血中酸素濃度を高めることを目的とした治療法で、脳循環の改善をもたらすものではないと述べており、ウロキナーゼと低分子デキストランの併用療法が脳循環の改善をもたらし、HBOとの併用によりその相乗効果を生むものと推測される。一方、Neubauer<sup>9)</sup>らは、脳血管障害に対しては1.5-2.0ATAO<sub>2</sub>が良好であったとしており、我々の施設でも脳梗塞に対しては全例2.0ATAO<sub>2</sub>で行っており、良好な結果を得ている。また我々は、脳梗塞を血栓症と塞栓症に分けて検討したが、有効率に大きな差はなかった。脳幹部梗塞は、早期にHBOを開始したにもかかわらず有効率が低く、梗塞の部位別に分けた検討が、今後必要と思われる。脳幹部梗塞を除く新鮮な脳梗塞に対するHBOの有効率が高いのに対し、発作の明らかでない多発性小梗塞では効果が得られなかった。慢性期の梗塞に対し、HBOを行い神経症状の改善がみられた症例は、surgical revascularizationの有効性が高いとの報告があり<sup>10)</sup>、今後これについても検討したい考えである。

表8 HBOにおける脊髄損傷症例の検討

年齢	性	骨変化および病型	手術およびその他の処置	受傷よりHBO開始迄の期間	最高圧力HBO持続時間回数	HBO治療中の症状の変化	判定
22	男	C <sub>6</sub> 圧潰骨折完全型	即日前方固定術	28日	2.5ATAO <sub>2</sub> 60分 49回	書字可能 二本杖で階段昇降可能 軽度の知覚障害残る	著効
22	女	T <sub>7</sub> 圧潰骨折不完全型	即日前方固定術	24日	2.5ATAO <sub>2</sub> 60分 26回	ほとんど変化なし	無効
68	男	頸椎症(+) 不完全型	2日 脊柱管拡大術	17日	2.5ATAO <sub>2</sub> 60分 14回	右手握力改善 下肢筋力正常に回復	有効
21	女	T <sub>9</sub> 圧潰骨折不完全型	保存的固定	13日	2.5ATAO <sub>2</sub> 40分 4回	変化なし	無効
68	女	骨変化(-) 中心型	保存的固定	31日	2.5ATAO <sub>2</sub> 60分 25回	上肢しびれ感軽減	やや有効
43	女	骨変化(-) 中心型	保存的固定	1日	2.5ATAO <sub>2</sub> 40分 13回	上肢筋力改善(治療中) 左手しびれ感軽減	有効

## 2) クモ膜下出血

クモ膜下出血術後の攣縮期にHBOを8例に行ったが、有効率は低く、逆に悪化する症例がみられている。馬淵<sup>11)</sup>らは血管攣縮の発症早期にHBOを行えば、かなり高い有効率が得られると述べており、また合志<sup>12)</sup>らも、循環血液量負荷(volume expansion)、高血圧療法を併用しながら多人数用高圧酸素治療装置を用いてHBOを施行すれば、8例中6例が有効であったとしている。我々の施設では、一人用治療装置を用いており、循環血液量負荷、高血圧療法を中断したことが、有効率を下げる結果につながったと推測される。しかしながら、HBOの脳血管収縮作用が、症状悪化の方向に働いている可能性も否定できず、HBOのクモ膜下出血に対する適応は、慎重に選択する必要があると思われる。

## 3) 低酸素脳症

低酸素脳症は7例あり、この群では重症例が多く、治療開始までの待機期間が長いことが有効率を下げた原因と考えられた。

太田<sup>13)</sup>らは、術中心停止に陥り早急に蘇生したが、意識障害の残った症例に対し、早期(70時間以内)よりHBOを施行し、完全回復がみられた例を報告している。我々の症例では蘇生後全身状態

が安定せず、第一種装置で治療するには危険が伴い、治療開始が遅れ(平均8.9日)、そのためにも有効率が低かったものと思われる。

## 2. 脊髄疾患

脊髄疾患に対するHBOの報告は少なく、HBOの有用性に関しては不明な点が多く残されている。我々の数少ない経験ではあるが、比較的有効であったという印象を持っている。特に急性脊髄損傷に対しては、受傷後早期に減圧術を行い得た症例では、著効1例を含めて66.7%の改善率が得られた。Kelly<sup>14)</sup>らも動物実験ではあるが、HBOの有効性を報告しており、Yeo<sup>15)</sup>も受傷後14時間以内にHBOを開始すれば、回復が良好であったと報告している。しかし、Gamache<sup>16)</sup>らは、HBOは症状の回復を早めるが、最終的改善度は他の治療法と変わらなかったとしており、control studyの必要性が示された。また、脊髄梗塞3例にHBOを行ったところ2例に神経症状の明らかな改善を認めている。これらの症例は、発症早期にHBOを開始していないにもかかわらず有効であった。この点は脳梗塞と異なっており、今後も症例を重ね検討して行きたいと考える。

また、慢性群では、しびれ感や異常知覚の減少が主な改善症状であるが、これはあくまでも患者

の自覚症状の改善という形で評価されたものである。辛<sup>17)</sup>らも慢性脊髄症例に対する HBO の有用性を報告している。しかしながら、これらの症状の完全消失をみることは少なく、HBO の中止にもなって症状が再び治療前に戻る症例もみられ、治療を HBO にのみ委ねることは困難であると思われる。しかし、補助療法としての HBO の価値は、十分にあると考える。

副作用に関しては、クモ膜下出血後の 1 例が初回の HBO 終了後、全身状態が悪化し中止となっている。これが HBO によるものかどうかは明らかでない。また、急性酸素中毒の初期症状と思われる口周囲の攣縮が認められた 1 例と耳痛の 2 例が中止となった以外は治療を最終段階まで行い得た。

以上、我々の施設における脳脊髄疾患に対する HBO の治療経験を文献的考察を加えながら論じた。

## 結 語

1. 脳疾患 54 例、脊髄疾患 25 例について HBO の臨床的意義を検討した。
2. 脳梗塞では、発症早期に HBO を施行することにより、また、低分子デキストランとウロキナーゼの併用療法を行うことにより良好な結果が得られた。
3. クモ膜下出血後の血管攣縮期に HBO を施行したが、有用性は低かった。また、重症の低酸素脳症に対しても満足できる効果は得られなかった。
4. 脊髄疾患に対しては比較的有用性が高く、特に、脊髄損傷や脊髄梗塞に対しては良好な結果が得られた。脊髄疾患に対する HBO の補助療法としての意義は、十分あると思われた。

## 〔参 考 文 献〕

- 1) 中川 翼, 都留美都雄, 河東 寛, 北岡憲一: 脳虚血に対する高気圧酸素療法. 北海道医学雑誌, 59(4): 397-411, 1984
- 2) Myers R. A. M.: Hyperbaric Medicine U.S.A. 1986. 日高圧医誌, 22(1): 1-15, 1987
- 3) 金谷春之, 鎌田 桂, 斎藤春雄: 脳血管障害における高気圧酸素治療. 最新医学, 41(2): 253-259, 1986
- 4) Astrup J.: Thresholds in Cerebral Ischemia The Ischemic Penumbra. Stroke, 12(6): 723-

- 725, 1981
- 5) 小暮久也: 血行再建と脳エネルギー代謝. 脳神経外科, 8: 313-329, 1980
- 6) 波出石弘, 鈴木明文, 安井信之, 日沼吉孝, 鈴木英一: 脳虚血に対する高気圧酸素治療—その適応と限界について—. 日高圧医誌, 24(3): 169-175, 1989
- 7) Jacobson I., Haper A. N., McDowall D. G.: The Effects of Oxygen under Pressure on Cerebral Blood Flow and Cerebral Venous Oxygen Tension. Lancet, 2: 549, 1963
- 8) Miller J. D., Fitch W., Ledinghan I. N., Jennett W. B.: Effects of Hyperbaric Oxygen on Intracranial Pressure and Cerebral Blood Flow in Experimental Cerebral Edema. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat., 33: 745-755, 1970
- 9) Neubauer R. A., End E.: Hyperbaric Oxygenation as an Adjunct Therapy in Strokes Due to Thrombosis. Stroke, 11(3): 297-300, 1980
- 10) Holbach K. H., Wassmann H., Hohelchter K. L.: Reversibility of the Chronic Post-Stroke State. Stroke, 7(3): 296-300, 1976
- 11) 馬淵正二, 中川 翼, 木野本均, 秋野 実, 都留美都雄, 高村泰雄, 後藤 聡, 先山隆司, 北見公一, 沢村 豊: 脳血管攣縮による急性期虚血性病変に対する高気圧酸素療法の有用性. 脳血管攣縮 (第11回脳卒中の外科研究会講演集), にゅーろん社, pp.314-319, 1982
- 12) 合志清隆, 横田 晃, 梶原秀彦, 石川忠廣, 松岡成明, 大川真治, 上村彦彦, 今田育秀: 虚血性脳血管障害に対する高気圧酸素療法の有効性と限界. 日高圧医誌, 24(2): 65-73, 1989
- 13) 太田助十郎, 鈴木樹正大, 盛 直久, 西野京子, 鈴木紀行, 渡部美種: 心肺蘇生後の意識障害に対する高気圧酸素療法の効果. ICC と CCU, 7(12): 1235-1241, 1983
- 14) Kelly D. L., Lassiter R. L., Vongsivut A., Smith J. M.: Effects of hyperbaric oxygenation and tissue oxygen studies in experimental paraplegia. J. Neurosurg. 36: 425-429, 1972
- 15) Yed J. D.: The Use of Hyperbaric Oxygen in Recent Spinal Cord Injury. HDB Review, 5: 54-59, 1984
- 16) Gamache F. W. Jr., Myers R. A. M., Duker T. B., Cowley R. A.: The Clinical Application of Hyperbaric Oxygen Therapy in Spinal Cord Injury: A preliminary Report. Surginal Neurology, 15(2): 85-87, 1981
- 17) 辛 龍雲, 八木博司, 小山正信: 脊髄疾患に対する高気圧酸素療法の有効性について. 日高圧医誌, 25(1): 34, 1990