

## ●シンポジウム：減圧症の治療

## 高気圧酸素治療と再圧治療

杉山 弘行\*

これまで再圧治療は高気圧酸素治療と同じ範疇で解釈されていた。しかし、最近の再圧治療の進歩により、再圧治療が高気圧酸素治療と違う点が明らかになってきた。再圧治療では治療圧力に関して、最大治療圧力を定義することは出来るが、減圧に伴う全ての点が治療圧力であるということ、また、治療時間は加圧開始した点から減圧終了時点までであること、酸素投与の仕方もAir Breakが取り入れられ、中枢神経系の酸素中毒の予防が行われていることなどである。これらの事実から、医療保険上も新たな取り組みが必要である。

キーワード：高気圧酸素治療，減圧症，再圧治療，SI

**Hyperbaric Oxygenation Therapy and Recompression Therapy**

Hiroyuki Sugiyama\*

\*Dept. of Neurosurgery and Hyperbaric Medicine, Metropolitan Ebara Hospital

The recompression therapy is considered to be in the same entity as the hyperbaric oxygenation therapy. Recently, according to developing of the recompression therapy, it has been clear that the recompression therapy differs from the hyperbaric oxygenation therapy. For example, we can define only the maximum treating pressure of the recompression therapy. All points during decompression are treating pressures. We should define the treating time as the time from beginning to the end of the recompression therapy. To prevent the central nervous system intoxication, multiple air breaks are used. From these points, it is necessary to differentiate the recompression therapy from the hyperbaric oxygenation therapy in the medical insurance.

**Keywords :** \_\_\_\_\_

Hyperbaric Oxygenation Therapy

Decompression sickness

Recompression Therapy

SI

## はじめに

これまでは高気圧酸素治療と同じ意味で再圧治療、つまり減圧症の治療が理解され、行われてきた。しかし、以下に述べるように再圧治療と高気圧酸素治療は種々の面で異なっている。どのように違うのか、理解を高める為に、この二つをいっしょにした概念を広義の高気圧酸素治療として、その中に再圧治療と狭義の高気圧酸素治療（これをここではHBOと略す）があるとする。この再圧治療とHBOの差違を示すのがこの論文の目的である。

ここで示されていることは、全て日本高気圧環境医学会の安全対策委員会が現在進めている安全基準の改定作業中に討議された内容である。この論旨は、その改定安全基準の補足説明のために書かれたものである。

## 1. 用語について

HBOも再圧治療も同じような治療装置を使う。当然、高気圧酸素治療としては同じであるが、詳細に検討すると、HBOでは加圧が重要であるが、再圧治療では減圧が重要となっている。以下、両者に使われる用語の整理をする。

---

\*都立荏原病院 脳神経外科・高気圧酸素治療室

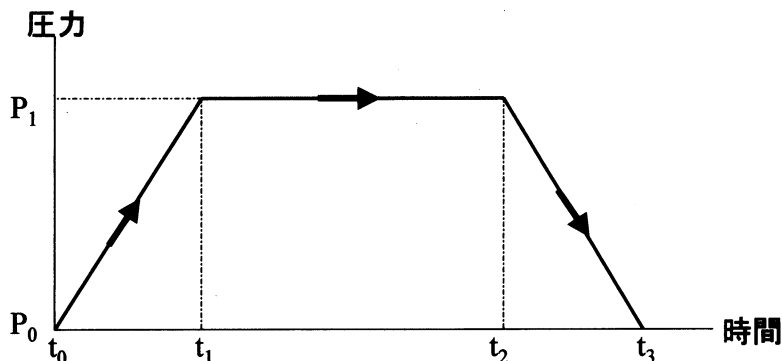


図1 狭義の高気圧酸素治療表

治療圧力は $P_1-P_0$ であるが、単位がゲージ圧であるために、 $P_0$ はゼロ点となる。  
治療時間は治療圧力に達した $t_2-t_1$ である。

### 1) 再圧治療について

再圧治療が対象とする疾患は、減圧症と空気塞栓症である。このうち、空気塞栓症は心臓外科手術などの際に血液中に空気が混在して発生する場合もあり、再圧治療が対象とする空気塞栓症は減圧に伴う空気塞栓症となる。これらの疾患の診断の詳細、再圧治療の歴史的経緯については、第35回日本高気圧環境医学会総会におけるシンポジウム『減圧症の治療』の中の鈴木信哉氏、眞野喜洋氏の報告を参照していただきたい。

### 2) 圧力単位について

圧力（気圧）の単位は、これまではキログラム毎平方センチメートル（ $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）あるいは絶対気圧であった。しかし、国の指導により、この圧力単位をSI（国際単位）に変更をしなければならない時期になっている（平成11年10月1日より<sup>3)</sup>。しかし、実際に気圧あるいは $\text{kgf}/\text{cm}^2$ をパスカルに換算すると色々な問題が発生する。その一つに、パスカルに変換した場合にパスカル値の切り下げあるいは切り上げが必要となる。例えば、 $1 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ は $0.1082 \dots \text{Mpa}$ （メガパスカル）であり、切り下げて $0.1 \text{ Mpa}$ となる。つまり、 $1 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ は約 $0.1 \text{ Mpa}$ となる。しかし、これからはパスカル単位が主となる為に、 $0.1 \text{ Mpa}$ は約 $1 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ となる。今までは $\text{kgf}/\text{cm}^2$ で物事が決められている為に、過渡期である現在は、当分の間、混乱が続くことになる。再圧治療ではアメリカ海

軍の治療表<sup>2)</sup>を使用しているために、feetにより圧力が表現されている。これをパスカルに表現すると、上述の混乱が起こる。このように、どうしても今までの単位を変えると混乱が生ずる場合は、十分な考慮が必要である。

元々高気圧酸素治療装置で使われる圧力は全てゲージ圧である。これは大気圧をゼロとした装置内の圧力である。この標示がパスカル標示となるために、大気圧のパスカル標示との混同に注意が必要となる。

### 3) 治療表上の用語

現行の安全基準の用語の項をみると<sup>1)</sup>、治療圧力は $P_1-P_0$ となっている（図1）。この場合、 $P_0$ は治療を開始した時点での圧力であり、 $P_1$ は治療に必要な圧力に達した時点での圧力となっている。しかし、上述したように、HBOではゲージ圧を採用しているので、この $P_0$ は大気圧としての0点となる。つまり、治療圧力は $P_1$ となる。酸素加圧である通常のHBOでは $P_1$ は $0.1 \text{ Mpa}$ となる。ここでは治療圧力はその値を持続する為に、HBOでの治療圧力は $0.1 \text{ Mpa}$ といえる。一方、再圧治療では最初の段階で、最大の治療圧力を取るため、最大治療圧力（図2では $P_2$ ）という表現が必要となり、以後、減圧が行われ、治療圧力は継続的に変化する。但し、最初の加圧は酸素吸入をしない治療表もあり、この最大治療圧力は、最大酸素治療圧力が正確な表現となる。

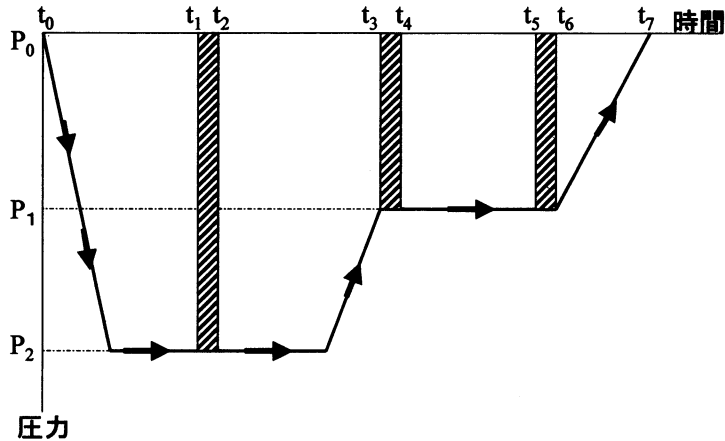


図2 再圧治療表

治療圧力は $P_1$ 、 $P_2$ と連続的にある。最大治療圧力が $P_2$ である。加圧は通常水面下を意味する為に、図のように下向きに治療表が作られるようになって来た。図のように、治療時間は $t_0$ から $t_7$ まで連続的である。 $t_2-t_1$ 、 $t_4-t_3$ 、 $t_6-t_5$ はAir Breakで、その他のところは連続的に酸素吸入を行っている。

治療時間は治療圧力に達した時点から、治療圧力を脱するまでの時間 ( $t_1-t_2$ ) とされている。これはHBOでは理解できるが、再圧治療では治療圧力は最後の大気圧に戻るまでを意味し、治療時間は最後 ( $t_6-t_7$ ) までとなる。

#### 4) 高気圧酸素治療装置と再圧装置

ここで問題となることは、減圧症の治療が高気圧酸素治療装置（厚生省管理）でも再圧装置（労働省管理）でも行われている実態である。この労働省管理の再圧装置はもちろん高気圧酸素治療装置の稼働を許されている医師／看護婦／臨床工学技師は稼働させることができるが、その他、労働安全衛生規則に則った<sup>4)</sup> 特殊教育を受けた者も稼働させることができる。この場合、産業医が介在することにより、医薬品である酸素を使った、酸素再圧を行うことができる。しかし、再圧装置をいくら稼働させても医療とはならない。この論文で、対象としている再圧治療は高気圧酸素治療装置で治療を行った再圧治療である。

## 2. 治療圧力の意義

上述の用語の使い方に注意をしながら、治療圧力の意義を考える。HBO対象疾患では高濃度酸素

による低酸素組織の活性化あるいは、酸素毒性による組織の正常化が行われている。このために、疾患により治療圧力差があるが、通常は一定以上の圧力が必要とされている。このことは、常に治療圧力は加圧を意味し、減圧は治療の終了を意味する。

一方、再圧治療では、酸素による組織内の不活性ガスの洗い出しが目的である<sup>6)</sup>。必ずしも一定以上の治療圧力を必要としていない。治療圧力は加圧開始後最高となり、以後時間と共に漸減をする。この階段状の治療圧力の漸減する形が通常の治療表である。どの時点も治療圧力としては必要なものとなっている。同時に、減圧に伴う症状の改善である為に、治療圧力は水面下を意味し、治療表では最近では下向きに加圧がとられている。

このように、治療圧力はHBOと再圧治療ではその意味合いに大きな差がある。

## 3. 治療時間について

HBOでは低酸素に陥っている組織への酸素投与が目的である為に<sup>5)</sup>、一定の治療圧力が必要となっていると述べた。このことは、治療時間と規定された時間は、一定の治療圧力になってからの

経過時間となる。治療圧力に達するまでの加圧時間、治療圧力から常圧に戻るまでの減圧時間は、治療時間に入らない。治療圧力になっている間、持続的に酸素吸入を行うために、治療時間は中枢神経系酸素中毒予防の為に、60～90分間が適切であるとされている。

これに比べて、再圧治療では酸素による不活性ガスの洗い出しが目的である為に、一定の治療圧力が重要ではなく、治療時間が大切となっている。そのために、減圧時間そのものが治療時間となり、加圧開始から、常圧に戻るまで全てが治療時間となっている。Air Breakが必ず設けられているので、ダイバーの回復状態に応じて、治療時間の延長が行われている。

#### 4. 酸素投与法

HBOでは治療中、持続的に酸素吸入が行われないと、組織内の酸素濃度を高める意義が薄れてしまう為、また、対象患者の呼吸が弱い為、重症な患者も呼吸ができる、Air Breakのない、酸素加圧型あるいは、フリーフロータイプの酸素マスクが用いられる。

これに比べて、再圧治療では治療圧力の高さからも、持続的な酸素吸入は中枢神経系酸素中毒を起こす可能性があり、必ずAir Breakが必要となっている。空気加圧、デマンドタイプ酸素吸入が一般的である。不活性ガスの洗い出しの為に、酸素だけでなく、他の医療用ガスも使われることがある。もちろん、重症な減圧障害患者ではこのデマンドタイプマスクを使えない場合もあり、HBOと同じ酸素吸入法が取られることもある。

#### 5. 治療表について

HBOでは治療圧力0.1～0.2Mpa、治療時間60～90分の範囲内であれば、主治医の判断により、疾患別の治療表を作成することは可能である。これに比べて、再圧治療表の作成は非常に困難であり、精々出来るのは、現在ある治療表の改変だけである。作成を困難にしている理由は、長時間の治療であり、治療結果が明白に現れることによる。多数のコントロール群が必要となり、日本にはそれだけの減圧症ダイバーがいないこともある。また、治療表の中には、アメリカ海軍治療表4など治療

時間が1日以上要するものもあり、それだけ、治療そのものの困難性もある。

#### 6. 医療保険について

ここで、医療保険について言及することは、この文章の目的から外れているかもしれないが、逆に、これを抜きにしては最も重要なことを省くことにもなる。これまでは再圧治療を考慮することなく、通常のHBOの一環として行われてきた事実が問題であることは、既述の内容から明らかである。どう見てもHBOと同じ労力で、再圧治療が行われるとは思われない。HBOと再圧治療は、医療保険上は別物として考えるべきであると思われる。

以下は提案である。広義の高気圧酸素治療の中にHBOと再圧治療がある、そのうち医療保険上、HBOは治療圧力と治療時間で規定し、再圧治療に関しては最大酸素治療圧力と治療時間で規定する。例えば、アメリカ海軍治療表6は最大酸素治療圧力1.8Mpa、治療時間は約5時間とされている。このように、HBOと再圧治療の規定に関しては、治療圧力と治療時間を使うことで同じであるが、夫々、定義の仕方が異なっているため、注意が必要である。

#### 7. まとめ

HBOと再圧治療に関して、国際単位であるパスカル単位を用いて、その異同を論じた。治療圧力、酸素投与法、治療時間、治療表などは全く異なっている。再圧治療は現今の高気圧酸素治療の医療保険枠には適応されえず、治療圧力、治療時間など新たな医療保険枠を定める必要がある。

#### おわりに

ここに述べてきた内容は全て安全基準改定作業中に検討されてきた事柄である。安全対策委員会委員には深謝するとともに、今後、この論旨が改定安全基準に生かされることを切に希望するものである。

#### 【参考文献】

- 1) 日本高気圧環境医学会：高気圧酸素治療の安全基準、日高圧医誌 30：138-140, 1995
- 2) Diving medicine & recompression chamber opera-

- tion: US Navy Diving Manual, Vol 5, NAVSEA 0994-LP-001-9110, 1999
- 3) 平成8年4月: 日本計量協会「国際単位系の普及と促進のために」
  - 4) 昭和47年9月30日労働省令第40号改正 平成8年9月13日省令第35号: 高気圧作業安全衛生規則
  - 5) 高気圧酸素療法—最近の進歩— 最新医学 49: 1986
  - 6) 杉山弘行, 神山喜一: 不活性ガスと急性減圧症. 日高圧医誌 30 (3): 163-169, 1995