

減圧症治療に 酸素 欠かせない

「減圧症はチャンバー」がダイバーの常識となっていますが、なぜ、減圧症には高気圧酸素治療が効果的なのでしょう？ 減圧症の治療と酸素、高気圧酸素治療について、説明します。

監修/山見信夫(東京医科歯科大学大学院健康教育学助教授)



医療用酸素	酸素100%
家庭用高濃度酸素供給器	酸素30%
空気	酸素21%



高気圧酸素治療

圧力をかけ、高圧化で純酸素(100%)を吸う



酸素供給

大気圧(1気圧)で純酸素(100%)を吸う

家庭用高濃度酸素供給器

大気圧(1気圧)で高濃度酸素(30%程度)を吸う

一般でも注目されている酸素
 最近、高濃度酸素を供給する家電やサービスが登場し、酸素の健康効果が注目されています。家電や酸素バーとDAN酸素供給法で使用される酸素、そして高気圧酸素治療はどう違うのでしょうか？

酸素濃度が異なります

DAN酸素供給法や高気圧酸素治療で使用する酸素は、医療用酸素で酸素100%になります。家電や酸素バーの酸素は、通常の空気の酸素濃度21%よりも高い濃度ですが、吸入時に呼吸などによって30%程度に薄められてしまい、医療用酸素に比べると体内に入る酸素の量も少なく、その効果も害も格段に低くなります。そのため、家庭でも問題なく利用できるのです。

酸素と圧力

液体に溶けるガスの量は、そのガスの分圧に比例します(ヘンリーの法則)。従って、分圧が高いほど、液体に溶けこむガスの量は多くなります。そのため、大気圧下で酸素を吸うよりも高気圧酸素治療のほうがより多くの酸素を体内にとりこむことができ、劇的な効果をあげるのです。高気圧酸素治療に比べて、家庭用の高濃度酸素供給器は圧力も酸素濃度も低いため、体内に入る酸素の量は格段に少なく、その効果も害も少なくなります。

Q&A

Q 減圧症の治療に、家庭用の高濃度酸素吸入器は有効でしょうか？

A 純酸素に比べると、酸素濃度が低いので、大きな効果は期待できません。減圧症が疑われる場合は、家庭用の高

酸素の役割

酸素は、おもに赤血球のヘモグロビンとくっつき、体内の隅々に運ばれ、エネルギー産生を行います。体内エネルギー発生量の90%には何かしら酸素が関係しています。摂取した酸素の約25%を消費しているのが脳で、通常、脳に酸素が3分間供給されないと致命的な状態に陥ります。酸素がないと人は生きていけません。

濃度酸素吸入器などにたよらず、速やかに医師の診察を受けるようにしてください。
 ただし、通常のダイビング後に高濃度酸素を吸えば、普通の呼吸よりも若干は窒素の排泄効果を高めるとも考えられます。治療目的ではなく、健康維持のための利用ならよいでしょう。

減圧症に欠かせない酸素

結合型酸素と溶解型酸素

空気呼吸時、肺胞に入った空気中の酸素は、肺胞を取巻く毛細血管中の赤血球のヘモグロビンと結合します（結合型酸素）。また、一部は血清中に溶解します（溶解型酸素）。そして、この2つの型の酸素が血流によって、体内の各組織（心臓や脳など）に送られます。普通の呼吸で取り入れられるのは、ほとんどが結合型酸素で、溶解型酸素はごくわずかです。

血液を構成しているもの
 赤血球
 白血球
 血小板
 血清(水分)

結合型酸素において、血液中のヘモグロビンが酸素と結合できる量は限りがあり、決められた量以上、酸素の量は増えません。これに対し、溶解型酸素は、圧力が高ければ高いほど血清中に溶けていきます（ヘンリーの法則）。液体の中に溶けるガスの量は、そのガスの分圧に比例する。この性質を利用すると、より多くの酸素を体内に取り込むことができます。大気圧下、空気呼吸時の動脈血酸素分圧が100 mmHgであるのに対して、2気圧下、純酸素吸入時では1000 mmHg以上へと大きく増やすことができます。

ヘモグロビンの大きさは約8ミクロン。血管の約99%が、ヘモグロビンよりも3割も細い毛細血管までできており、末梢の血管には酸素が届きにくい場所があります。また、加齢や病気によって血管が詰まったような場合も、酸素が送りこめなくなり、酸素不足になります。しかし、溶解型酸素は液体にガス化して溶け込んだ酸素なので、

細い毛細血管にも酸素を送ることができます。また、血管のないところにも体液を介して酸素を送り届けることができます。

高気圧酸素治療

高気圧酸素治療とは、高い圧力の環境をつくり、そこで100%の酸素を吸って、たくさん酸素を体に取り込んでもらう治療です。患者はチャンバーと呼ばれる圧力がかかることのできるタンクに入り、純酸素を吸います。この治療を受けると、肺内の酸素分圧が著しく高くなり、それに伴って血液中へ溶解する酸素の量が増加しますので、身体のすみずみまで酸素が行きわたります。

減圧症の治療に高気圧酸素治療が有効な理由

- ① 血管、関節、脊髄、脳などにできた気泡を、再度圧力をかけて溶かす（再圧）。
- ② 再圧後、時間をかけて減圧する。ダイビングと同じように減圧したのでは、また気泡ができてしまうので、時間をかけて減圧します。

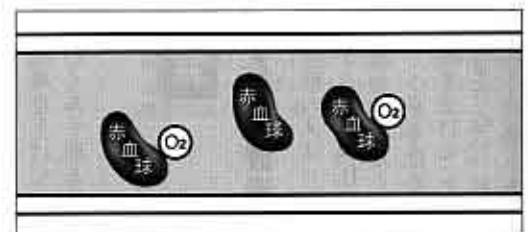
米海軍再圧治療表のテーブル6では、18 m圧から9 m圧まで減圧するのに、30分かかります。減圧に時間をかけるため、減圧症の高気圧酸素治療は、他の高気圧酸素治療よりも大幅に時間がかかります。

- ③ 減圧中に純酸素を吸って、窒素の排出を促す（ガス交換・酸素窓効果）

減圧症の場合、血液の中の窒素は過飽和状態で、血液中の窒素が多くなっています。純酸素を吸うことで肺の中が酸素で満たされます。気体は、常に分圧の高いところから低いところに流れる性質を持っています。そのため、

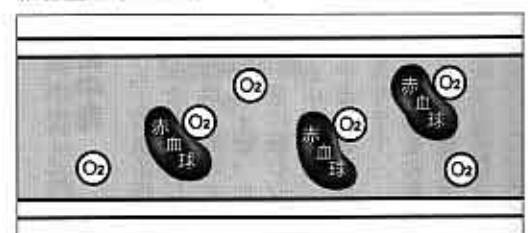
大気圧での酸素吸入

酸素がヘモグロビンとくっつく
 結合型酸素



高気圧酸素治療

酸素が血清にも溶ける
 結合型酸素+溶解型酸素

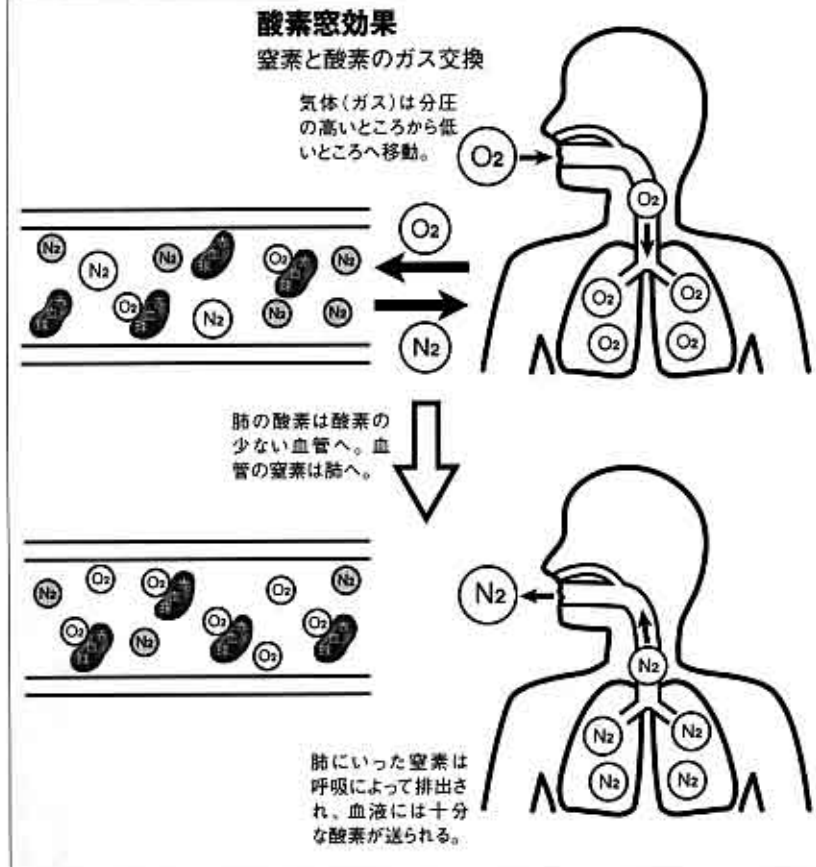


ヘモグロビンにくっつききれない余った酸素が血清に溶け、体の隅々まで酸素が行き渡る

酸素窓効果

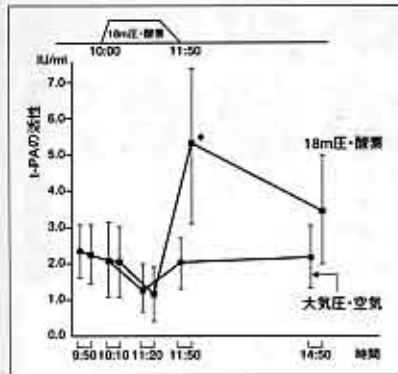
窒素と酸素のガス交換

気体(ガス)は分圧の高いところから低いところへ移動。

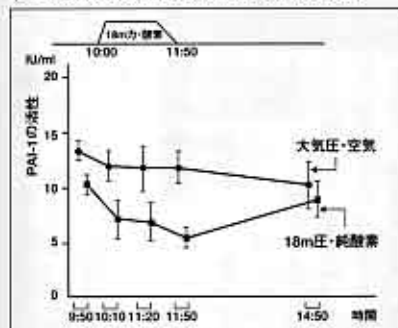


減圧症に欠かせない酸素

高気圧酸素治療によって
 t-PA(血液中の線溶系の酵素)が活性化する



高気圧酸素治療によってPAI-1
 (t-PAを抑制する酵素)の活性が抑えられる



18m圧・110分の高気圧酸素治療によって、血液中の線溶系の酵素t-PAが活性化し、t-PAを抑える酵素PAI-1の働きが抑えられる。従って血液はサラサラになる。
 Alterations of Fibrinolytic Activity in Human During and After Hyperbaric Oxygen Exposure 山見信夫 1996

高気圧酸素治療が慢性化した減圧症に効果を上げる理由

気泡ができてくる急性の減圧症に対して、再圧して気泡を消すことができ、高気圧酸素治療が効果をあげることが非常によくわかります。しかし、高気圧酸素治療は、気泡が消えていると考えられる慢性化した減圧症にも効果があります。それはなぜでしょうか？

減圧症を引き起こす原因となる気泡は、時間の経過とともに溶けていき、組織に吸収されます。しかし、痛みやだるさ、重さ、しびれといった減圧症の症状が残る場合があります。これが、慢性化した減圧症です。

減圧症に対する高気圧酸素治療は、発症から治療開始までの時間が短いほどよいといわれています。時間がたつ

肺の酸素は血液や組織に行き、血液中の窒素は肺へと集まり、肺から排出されます。つまり、過剰な窒素を排出し、低酸素状態の血液や組織に酸素を供給するという、減圧症にとって理想的なガス交換が行われるのです。

以上のような効果で、急性の減圧症に高気圧酸素治療は劇的な効果を上げます。

減圧症は気泡がすべての症状を引き起こしているわけではありません。減圧症を発症するような場合、血管内には微小な気泡がたくさんできています。体はこの微小な気泡を異物ととらえ、血液は気泡にぶつかると固まってしまうのです。このようにして微小な気泡をもとに微小な血栓ができます。たくさんさんの気泡があればたくさんさんの血栓ができます。痛みやしびれ、重さなどの悪さを起こしているのは、実はこの微小な血栓が原因であることが多いのです。気泡はなくなっても血栓は残ります。だから、気泡はなくなっても症状が残ると考えられます。

血液には線溶系という溶かす(サラサラにする)働きと、凝固系という固

めら(ドロドロにする)働きを兼ね備えていて、状況に応じて、溶かしたり、固めたりしています。血液サラサラばかりがよいように思われていますが、出血が多いときにサラサラだと血が止まらなくなります。場合によっては血を固める必要も出てくるのです。

高気圧酸素治療には線溶系の酵素を活性化し、血液をサラサラにする効果があります。このために血栓が溶け、血行がよくなって、症状が改善すると考えられます。

血をサラサラにする

血管内に気泡ができると、その周囲の組織は組織を異物から守るためにむくみます。むくみによって、神経や血管が圧迫され、痛みやしびれ、麻痺、知覚異常などの症状が現れます。

酸素には、血管を収縮させる作用があります。血管を収縮させるといって、血行が滞るように思われるかもしれませんが、血管が細くなり炎症が落ち着くことによって、滞っていた血液や体液が流れ出し、むくみや腫れを消します。スポーツ障害の治療に高気圧酸素治療が顕著な効果を上げていく理由の一つに、このむくみを取る作用が上げられます。

酸素の功罪

体を傷つける活性酸素

高気圧酸素治療のメリットを述べるように、減圧症以外にも高気圧酸素治療を受けたくありません。しかし、ビタミン剤を飲むように、高気圧酸素治療を受けることはできません。施設があまりない、料金が高い、といった現実的な問題もありますが、

それ以上に酸素のメリットと表裏一体となって存在する副作用が、問題となるからです。

健康番組などで、活性酸素という言葉が耳にしたことがあるでしょう。呼吸によって取りこまれた酸素は、ヘモグロビンとくっついて体のすみずみまで運ばれますが、その内の約2%は毒性の強い活性酸素となります。活性酸素は、血管内の気泡や細菌を殺すのに役立ちますが、正常な細胞も傷つけ、老化、変性させます。目で見てわかるのは日焼けや老化によるシミなどで、体内でも動脈硬化や細胞のガン化を進めることが知られています。

しかし、人間の体には活性酸素の毒を消すSODという酵素が備わっています。40歳を過ぎるとSOD活性は低下します。若いころは、活性酸素が大量に発生しても、SODがその毒を消しますが、40歳を過ぎ、年を重ねていくと、活性酸素の毒が体を傷つける可能性が高くなります。SODがうまく機能しないことによって、動脈硬化や糖尿病等の生活習慣病やガンを引き起こすこともあり得ると考えられています。

酸素中毒

高気圧酸素治療では、体に取りこまれる酸素が増加します。そのため、当然活性酸素も増え、酸素中毒の危険性が増大します。高気圧酸素治療では、酸素中毒に細心の注意を払います。

酸素中毒には、脳症状を起こす急性酸素中毒と肺症状を起こす慢性酸素中毒があります。

酸素中毒を引き起こすのは、酸素分圧×吸入時間です。健康な人の場合、大気圧下で純酸素(100%)を吸入しても、6時間程度であれば、臨床的

減圧症に欠かせない酸素

高気圧酸素治療

第1種治療装置(一人用の治療装置) 多くの場合、純酸素で装置内を加圧します。

第2種治療装置(多人数用の大型装置) 装置内は空気で加圧し、患者はマスクを通して酸素を吸入します。装置内の酸素濃度は23%以上にならないように調節してあるので、火災などの危険はありません。ただし、点火源となる物品(マッチ、ライター、カイロ類)を持ち込んではいけません。

保険が適応される治療

救急的なもの

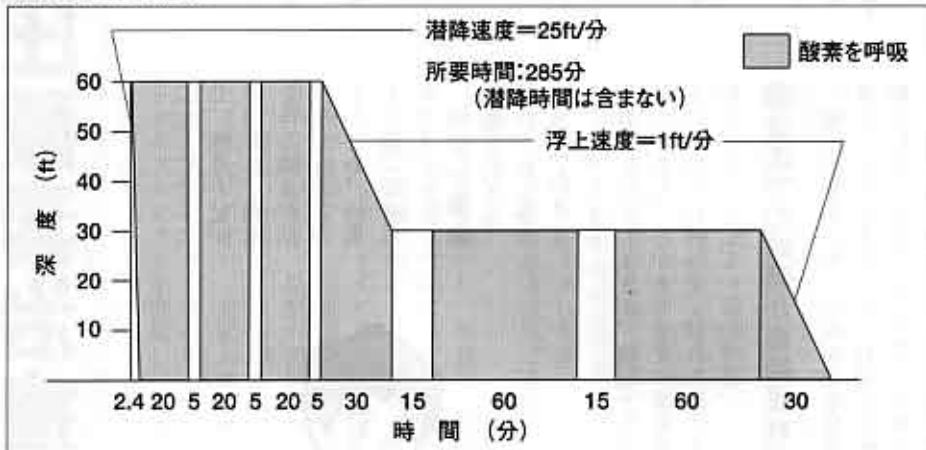
- ・急性一酸化炭素中毒その他のガス中毒(間歇型を含む)
- ・ガス壊疽
- ・空気塞栓または減圧症
- ・急性末梢血管障害
 - a 重症の熱傷または凍傷
 - b 広汎挫傷または中等度以上の血管断裂を伴う末梢血管障害
- ・ショック
- ・急性心筋梗塞その他の急性冠不全
- ・脳塞栓、重症頭部外傷、若しくは開頭術後の意識障害または脳浮腫
- ・重症の低酸素性脳機能障害

- ・腸閉塞
- ・網膜動脈閉塞症
- ・突発性難聴
- ・重症の急性脊髄障害

非救急的なもの

- ・放射線または抗癌剤治療と併用される悪性腫瘍
- ・難治性潰瘍を伴う末梢循環障害
- ・皮膚移植
- ・脳血管障害、重症頭部外傷または開頭術後の運動麻痺
- ・一酸化炭素中毒後遺症
- ・脊髄神経疾患
- ・骨髄炎または放射線壊死

米海軍再圧治療表6



減圧症の治療によく使われているのが、米海軍再圧治療表の5と6。重症の減圧症、II型減圧症の場合は再圧治療表6が使われることが多い。

毎分25ft(7.5m)で、60ft(18m)まで酸素を呼吸しながら潜降(加圧)。60ftに75分間とどまった後、毎分1ft(0.3m)で30ft(9m)に上浮(減圧)。30ftに135分とどまった後、毎分1ft(0.3m)で大気圧下まで上浮(減圧)。酸素を呼吸している間に5分ないし15分間の空気呼吸(エアブレイク)を設けているのは、酸素中毒を防ぐため。

酸素中毒には、死の危険がある場合や、下半身麻痺、排尿・排便障害といった重篤な後遺症が残る可能性がある。酸素の量を多くして、治療効果を上げようとする。もちろん、活性酸素の量も多くありますが、予測できない将来のリスクよりも、いまそこにある症状を治療するほうが重要だからです。

しかし、基本はたしかに米海軍再圧治療表なのですが、重症の減圧症の場合は、それをベースに減圧症の重篤度と酸素中毒の兆候を天秤にかけながら、微調整を行っており、医師の経験がものをいいます。

高気圧酸素治療による減圧症の治療という点、米海軍再圧治療表がマニュアルで、それに従えば誰でもできるというイメージを持っている人がいるかもしれません。

酸素中毒と高気圧酸素治療

酸素中毒にからないように酸素の量を制限することも肝心ですが、重症の減圧症は、酸素をたくさんとって、できるだけよい状態に治療することも重要です。重症の減圧症の場合は、酸素中毒になる手前のギリギリのところまで治療を行う場合もあります。

脳酸素中毒

▼

痙攣

肺酸素中毒

▼

胸がイガイガする
 胸の痛み・圧迫感
 呼吸困難

な危険性はないとされています。高気圧酸素治療では、3絶対気圧(20m圧)以上になると活性酸素の量が増え、酸素中毒の危険性も急激に増えます。