

減圧病 Decompression Illness (Seminar) The Lancet, Jan 8, 2011

H26.9 西伊豆病院早朝カンファランス 仲田和正

著者

Richard D Vann, PhD, Prof. Richard E Moon

デューク大学医学センター麻酔科、高圧医学、環境生理学、米国

Frank K Butler MD

米軍外科学研究所、サンアントニオ、テキサス州、米国

Simon J Mitchell

オークランド大学麻酔科、ニュージーランド

先日、元東海大学救急部教授の山本五十年先生に当院で「減圧病」の講義をして頂きました。

今まで減圧病は国内どこでも再圧治療ができるものだとばかり思っていたのですが、国内で唯一、即応態勢ができていのはなんと伊豆半島だけだということです。

減圧病の初期治療は 100%酸素投与、根治的治療は 100%酸素+再圧です。

伊豆半島でのダイビングで減圧病が発生した場合、西海岸からはヘリで静岡市の済生会へ、東海岸は神奈川県相模原市の東海大学へ搬送することになっています。

減圧病患者を乗せてヘリが 300m以上浮上するのは危険なので天城山系を横断しないように住み分けているのです。

東名高速御殿場インター付近も標高 454mあり東名の使用も危険です。

10 年以上前、患者さんをヘリで静岡へ搬送した時のこと。当院のドクターが付き添ったのですが毛布などを持ち帰る為、ナースが黒いゴミ袋を渡しました。

ヘリで駿河湾を横断、15 分かけて済生会へ到着したところ「どうも御苦労さまでした」とそのまま放り出されてしまいました。ゴミ袋を片手にスクラブ、サンダル履きで新幹線、バスを乗り継ぎ 5, 6 時間かけて帰ってきたのですが満員だというのに横の座席に誰も座ってくれなかったとのことでした。

関西地方は紀伊半島も含め即座の再圧治療体制ができておらず何と新幹線で東京まで行ってもらうこともあるそうです。

若狭湾なら舞鶴に自衛隊病院の再圧装置があります。

沖縄の離島では自衛隊の航空機で沖縄本島へ送りますが軍用機の為、機内を 1 気圧に加圧できないということです。というわけで皆様、ダイビングは是非、伊豆半島でどうぞ。

1. 減圧病最重要点 3 つ

山本五十年先生のレクチャーの要点は次の 3 点です。要するに「皮膚症状だけなら再圧不要、それ以上の症状なら再圧せよ」ということです。

1 人用の再圧装置は急変時の対応ができませんので四肢型(筋肉痛、関節痛)の時のみ適応です。多人数用再圧装置なら医師、ナースが同伴できます。

- ・皮膚型(皮膚のかゆみ、紅斑、蕁麻疹様丘疹、浮腫)は再圧の適応なし
- ・四肢型(筋肉痛、関節痛)は全身状態良好なら 1 種装置(1 人用)で治療可
- ・中枢神経型、脊髄型、内耳型、呼吸循環型、動脈ガス塞栓症は直ちに 2 種装置(多人数用)で再圧せよ。

めまいなどの内耳型減圧病は耳鼻科でも診断困難です。

ダイビング後のめまいは減圧症を考え即座に再圧治療が必要です。

The Lancet, Jan 8, 2011 に減圧病(Decompression Illness)のセミナーがあったのを思い出してまとめてみました。

著者の一人はテキサスの米軍外科学研究所のドクターです。

この研究所のホームページを見たらなんと戦傷治療のガイドラインがありました。

http://www.usaisr.amedd.army.mil/clinical_practice_guidelines.html

(United States Army Institute of Surgical Research,
Clinical Practice Guideline)

この中の新鮮全血輸血の項目を見たところ、大出血、凝固障害を起こした兵士に対しては RBC、新鮮凍結血漿、血小板を 1:1:1 で投与することを勧めていました。

イラク紛争(Operations Iraqi Freedom)、アフガン紛争(Operations Enduring Freedom)での経験では成分輸血よりもこの方法が一番成績が良かったとのことでした。

ただし血液型は一致しなければなりません。

2. 浮上による肺破裂の危険

下記にポテトチップの袋を富士川サービスエリアから富士山 5 合目、更に富士山頂まで運んだ動画があります。富士山頂では気圧低下によりパンパンに膨れ上がります。

なお富士山頂には大正 9 年に高層科学研究所が設置され航空医学の研究が行われました。

今でもこの研究所の土台が山頂に遺されています。

<https://www.youtube.com/watch?v=hMe3TiYqKsc>

(富士山頂でのポテトチップの袋)

ゼロ戦パイロットのエース坂井三郎の「大空のサムライ」では、サイダーをゼロ戦の機内に持ち込み、開けた途端、機内に飛び散り風防ガラスに付着して周囲が見えなくなってしまったことが書かれています。

コーラやビールなどは約 2 気圧で瓶詰されており水深 10m(2 気圧)で開栓すると泡が立たないのだそうです。

海中でも海底から急浮上すると体内の空気は同じことが起こります。

浮上時、決して息を止めたり急浮上してはなりません。その時の肺ボリュームが TLC(total lung capacity)に近いと何とわずか 1mか 1.5mの浮上でも肺が破裂、気胸を起こす可能性があるとのこと。喘息や blebs, cysts, bullae があると特に危険です。

西伊豆にも海女さんがいるのですが海面で磯笛(いそぶえ)という独特な呼吸をします。

海面で口を細くしてゆっくり大きく息を吐いて二酸化炭素を減らし、(肺で CO₂ が 4%を越えると呼吸欲求が出る)次に口を細くして大きく息を吸い込み酸素を増やします。この時口笛のような音がするので磯笛といえます。

なぜ口を細くするのかよくわかりませんが COPD のときのように口すぼめ呼吸によって気管支の虚脱を防いでいるのでしょうか。

また海女歴数十年の方の耳を覗くと外耳道骨腫ができていて外耳道が非常に狭くなっていることがあります。人体の適応なのでしょう。縄文時代人にもこれがよく見られるとのこと。つまり大昔からダイビングは行われていたのです。

磯笛も数千年の歴史があるのでしょうか。70 代、80 代の杖をついたお婆さんに変形性膝関節症があっても海の中では痛くないので普通に潜っています。

航空機での減圧病発生は 0.1%未満程度で、軽症のことが多く動脈ガス塞栓は稀で、脳症状が出た場合は普通減圧症(DCS: Decompression Sickness)だとのこと。

しかし高空 21,000m を飛行する米軍 U2 偵察機では脳症状が見られたそうです。

1960 年に U2 がシベリア上空を偵察(reconnaissance)中にミサイルで撃墜され国際問題になったことがありました。

この総説によると航空機での DCS は、前もって潜水、或いは戦闘機などの 5500m 以上の急速上昇でなければ起こらないそうです。

高空での静脈ガス塞栓閾値は 3600m、減圧症閾値は 5500m です。

この 3600m と 5500m は覚えた方がよさそうです。

ただし前もってダイビングしていると高度 2500m 以下でも DCS は起こりえます。

以前、家内と鹿児島知覧の特攻平和会館を見学しました。

特攻隊員達は知覧を飛び立ち、知覧のすぐ南、薩摩半島南端の美しい円錐形の開聞岳に敬礼しつつ祖国と最期の別れをして沖縄まで 2 時間の飛行だったとのこと。

その間どんなことを考えていたんだろうなあと思います。

数多くの遺書が展示されていて胸を打たれます。外に次のような碑がありました。

「帰るなき機をあやつりて征きし はや開聞よ母よ さらばさらばと」

敵艦を発見すると2km手前を攻撃開始点として、高度1,000mから急降下あるいは水平攻撃を行いました。

急降下の場合、角度35度から40度、時速300km、水平攻撃は海面から20m以下、時速300kmで行い所要時間はいずれも10秒でした。

外来に特攻機桜花の搭乗員だった方がいましたが翼面が小さくて操縦が難しかったとのことでした。また敵艦は周囲ぐると垂直近く弾幕をあげてしまうためほとんど敵艦に辿りつけなかったと言っていました。

現在、パイロットになるのに身体検査でどういう要件があるのか調べてみました。

http://www.aeromedical.or.jp/manual/manual_2.htm#2-1

(パイロットの身体検査、航空医学研究センター)

喘息、COPD、気胸の既往歴があるとパイロットにはなれないようです。

気胸の既往歴がある者は胸部X線とCT画像提出が義務付けられています。

小生の外来に戦時中、帝都防衛厚木航空隊通信兵だった方がいます。

この方のお話だとB29は当初高度1万mの高度から東京を空襲した為、ゼロ戦などでは全く対応できなかったとのことでした。B29は現在の旅客機同様、機内を0.9気圧に加圧していました。しかし1万mの高度では命中精度が低いため米軍は戦闘機が活躍できない夜間、2,000mから3,000mの高さから焼夷弾を落とすようになりました。

これに対し帝都防衛隊は斜め機銃の付いた夜間戦闘機月光でB29の下に忍び寄って撃墜したとのことでした。下から見上げた方が月明かりや地上の火災でB29の視認がしやすいからです。しかし硫黄島陥落後はB29に米軍戦闘機の掩護が付くようになり昼間に空襲するようになりました。

この通信兵だった方は戦後、漁船の通信士だったのですが、なんと昭和40年の漁船7隻沈没、209人が亡くなったマリアナ諸島沖台風を経験されていました。

当時小生、小学生でしたが、夫を亡くした婦人が焼津の海岸で泣いている写真が新聞に掲載されよく覚えています。沈んだのは焼津と西伊豆戸田の漁船7隻で、戸田は小さな村ですが一度に79人の働き手を失いました。

気圧920ヘクトパスカルまで低下し、風速70から80mになると波さえ飛ばされて海に波が立たなかったと言います。船が風に対し横になるとひとたまりもないので、シーアンカーを打って船を風と平行にしてひたすら台風の過ぎるのを待ったとのことでした。

このような時は鋼鉄船より木造船の方が安全だったそうです。

3. 動脈ガス塞栓と減圧症

減圧病(decompression illness) は次の 2 つの病態があります。

減圧病 (illness)と減圧症 (sickness)の違いに注意して下さい。

減圧病 (illness)は動脈ガス塞栓と減圧症 (sickness)を含めています。

- ①動脈ガス塞栓:ガス膨張で肺泡毛細管が破れ(肺圧外傷)動脈にガスが入るか、
静脈ガスが卵円孔開存などから動脈に入るもの。正常人の 27%で卵円孔開存があります。
- ②減圧症 (decompression sickness) :溶解している不活化ガスが低気圧で気泡になり起こります。

ダイビング後の意識障害、昏迷、単症状、痙攣は動脈ガス塞栓による脳症状を疑います。

動脈ガス塞栓は主に脳を障害するのです。動脈ガス塞栓は潜水の深度、時間とは関係がありません！ 1.5 から 2m の急浮上でも肺の bleb などが破裂すれば起こりうるからです。

ダイビング中、少量の静脈ガスが発生しますが大方は肺で濾過されます。

静脈ガス自体は 3.6m の潜水で見られエコーで判ります。

静脈ガスが増えると咳、呼吸困難、肺浮腫を起こします。

正常人の 27%で卵円孔開存あるいは右左シャントがあり動脈に入り動脈ガス塞栓を起こします。動脈ガス塞栓はごく浅い深度からの浮上でもおこりえます。

動脈ガス塞栓で中枢神経以外の臓器も障害され得るけど中枢神経所見がないと断定ができません。

一方、減圧症 (DCS)は 6m以下の単回ダイブではまず起こらないし長時間でもおこらないそうです。10m 以下でも稀です。1 日から 3 日の複数ダイブで 6m でも起こります。

「複数ダイブだと 6m 潜水で減圧症が発生する」ことは覚えておいた方がよさそうです。

静脈ガスが検出されるのは 3.6m 潜水からです。

ダイバーの潜水時間が長く窒素溶解が多い場合は動脈ガス塞栓と重症 DCS 合併の可能性があり、この場合脊髄症状が主になります。

外来に来ている素潜りの海女のおばあさんに「減圧病になったことがあります？」と聞いたところ、「深さ 7m か 8mしか潜らないけど一度もない」とおっしゃっていました。

なぜ海女になったか聞いたところ、「そりゃ、農業なんかやるよりよっぽど稼ぎがいい」からだそうです。彼女らは高給取りです。先日もさざえをどっさり頂きました。

4. 減圧病の症状

血管壁内に気泡ができるのと内皮障害、漏出、血液濃縮を起こし、ひどいと低血圧を起こします。また血小板活性化、凝集、白血球の内皮癒着、血管閉塞が起こります。

血管外組織の気泡形成では痛みが起こります。DCS での筋肉痛、関節痛をベンズ(Bends)と言います。これは潜水作業で減圧病の人達が筋肉痛、関節痛で前かがみになって歩き、当時有名だった俳優の Grecian Bend の歩き方に似ていたからだそうです。

下記のウィキペディアに Grecian Bend の絵があります。

リクレーションダイバーでは腕の関節痛が、飽和潜水では膝関節痛が多いとのこと。

http://en.wikipedia.org/wiki/Grecian_bend

(Grecian Bend、ウィキペディア)

ダイビング後の DCS は典型的には疼痛、軽度の神経障害(しびれ)です。

DCS 診断はほとんど臨床症状に基づきます。

「減圧後のどんな新たな症状も DCS の可能性を考えよ」とのことです。

ダイコン(dive computer)のリミットを越えていけばなおさらです。

1980 年代に dive computer が出来て浮上の目安ができました。

減圧病(Decompression Illness)の分類は次の通りです。

- Arterial gas embolism
- Type 1 DCS: 疼痛、皮膚症状、全身症状(倦怠、嘔吐など)
- Type 2 DCS: しびれ、筋力低下、麻痺、精神症状、運動症状

Arterial gas embolism と Type 2 DCS では積極的治療を要します。

しかし陽性理学所見はふつう見つからないし治療選択に重要ではありません。

DCS 診断はほとんど臨床症状に基づくのです。疑ったらとりあえず「100%酸素と再圧」を行えばよいわけです。

減圧病の初期症状と出現頻度は以下の通りです。疼痛(ベンズ)としびれが圧倒的なのだなとわかります。デルマトームに一致しないしびれに注意です。

主訴が痛みやしびれの場合、症状は毎日変動することが多いそうです。

腰痛は脊髄障害の可能性がありますので要注意です。めまいは減圧症の内耳症状を考える必要があります。めまいは air diving より heliox diving(酸素+ヘリウム)で多いとのこと。

45m 以上のダイブでは窒素中毒を防ぐため窒素の代わりにヘリウムを用います。

【減圧病の初期症状と頻度】

- 疼痛 40.6%
 - 関節痛 58%、筋肉痛 35%、腰痛(girdle pain) 7%
 - 腰痛は脊髄障害の可能性あり
- しびれ 27.4%
- Constitutional(頭痛、フラフラ、疲労、吐気、嘔吐、食欲不振) 13.6%
- めまい 6.1%
- 運動麻痺 3.8%

- ・皮膚症状(rash) 3.4%
- ・筋肉不快感(筋肉痙攣、stiffness) 1.3%
- ・精神症状 1.2%
- ・呼吸困難、咳 0.9%
- ・小脳失調 0.8%
- ・意識障害 0.4%
- ・耳の症状 0.3%
- ・リンパ浮腫 0.3%
- ・膀胱直腸症状 0.04%
- ・心血管症状 0.04%

DCS の発症時間は 42%潜水後 1 時間、60%3 時間、83%8 時間、98%24 時間以内です。
 ですからほとんど 24 時間以内発症です。

ただし中枢神経 DCS は発症が早く 1070 例中、56%が 10 分以内、90%4 時間以内です。

5. 減圧病の検査

血管内皮細胞からの漏出で血液濃縮が生じますので Hb、Ht を測れとのこと。

肺圧外傷による重症動脈ガス塞栓で理由は書いてありませんが CPK が上昇し DCS と鑑別できるそうです。

しかし再圧は両者に適応ですからあまり鑑別の意味はありません。

動脈ガス塞栓疑いで胸部 X 線は気胸検出に有用です。

関節や脳の気泡は X 線、MRI、CT でめったに見つかりません。

要するに再圧を行うか否かに画像診断は役に立ちません。

脳出血疑いでない限り画像診断で再圧を遅らせるべきではないとのこと。

DCS の鑑別は偶発的に起こった合併症、特に脳血管疾患です。

以前、当院にダイビング中意識障害となった方がいましたが、CT を撮ったらクモ膜下出血でした。

6. 減圧病の治療

潜水マニュアルで、世界で最も権威のあるのが下記の米国海軍ダイビングマニュアルです。

国内でもよく使われている治療プロトコールの US Navy Table 6 などはこれに記載されています(20 章 41 ページ)。

http://www.usu.edu/scuba/navy_manual6.pdf

US Navy Diving Manual , Revision 6 (2008) (992 頁ある！)

このマニュアルによると日本軍の真珠湾攻撃はハワイ時間 1941 年 12 月 7 日 7:55AM に始まりましたが、9:15AM には転覆した戦艦オクラホマの船底に穴を開けて救出活動が始まったとのこと。戦艦は 6 隻沈没しましたがこのうち 4 隻はサルベージされて戦列に復帰、戦艦アリゾナ、ユタは不能だったとのこと。

この頃から既に潜水作業が行われていたのです。

また太平洋戦争で撃沈した日本船から 50 万ドル回収したり、連合国に対する日本の防衛計画も回収することができたとのこと。そんなことがあったなんてこれを読んで初めて知りました。

日本の海上保安庁には現在、潜水士 129 名、その中から選りすぐった特殊救難隊隊員(とっきゅうたい)は 36 名います。海猿で有名になりました。

彼らは普段 40m まで潜水しますが訓練では 100m まで行うようです。

海面からの救出は機動救難士 48 名が行いますが彼らは 8m までの潜水です。

韓国のセウォル号沈没で安倍首相が協力を申し出ましたが特殊救難隊の派遣を考えていたのでしょうか。

一方、海上自衛隊には潜水艦救難母艦「ちよだ」と「ちはや」がありヘリオックス(酸素+ヘリウム)を吸入しながらベル(PTC: Personnel Transfer Capsule)を用い 300 メートルまでの飽和潜水(後で説明します)を行います。

PTC は釣鐘みたいな形なのでベルと言います。

45m 以上の潜水では窒素中毒を防ぐため酸素+ヘリウムを使用します。

2008 年に「ちよだ」の潜水員が 450m の日本新記録、世界 2 位の記録を作ったとのこと。

3 日かけて加圧し、長時間深海で作業し終了後は 11 日かけて減圧します。

ペルシア湾の機雷の掃海で大活躍したそうです。

<http://karano.exblog.jp/7611877/>

(潜水艦救難母艦ちよだ)

<http://page.freett.com/hartge/photo/jumc/jumc.htm#sensui>

(海上自衛隊潜水医学実験隊)

飽和潜水(saturation diving)って何かというと、生体に溶けるガスの量は一定です。

ある深度に一定時間いるとガスは飽和してそれ以上人体には溶け込みません。

ですから一度窒素が飽和すると、それ以上深く潜っても減圧時間は同じでよいわけです。

普通に水深 90m で 40 分作業すると安全な浮上には 6 時間半もかけるのだそうです。

前もって陸上で再圧装置(DCC: Deck Compression Chamber)で加圧し深海底までの往復はベル(PTC: Personnel Transfer Capsule)という加圧した気密カプセルで行えば深海底で作業してもすぐ地上に戻ってこられるわけです。

これが飽和潜水です。セウォル号ではベルを使ったけど失敗したとのことでした。

動物実験ではダイブ前に運動すると DCS や動脈ガス塞栓のリスクが減少するそうです。

機序はよくわかりません。

加圧下で潜水、運動、温環境は不活化ガスの up take が増加し DCS リスクが増加します。

海底で激しく動き回ると危険なわけです。ドライスーツで暑すぎると不活化ガスが体内に溶け込みます。逆に寒冷な水底で安静にしているとリスクは減少します。

ダイビング後に温泉などに飛び込んだり運動すると気泡が発生しやすいとのことです。
ダイブ後にビーチバレーなどするのは危険なわけです。

ネットで調べたところ理想的なダイビングは次のようなものです。
ダイビングの基本パターンは最初に最大水深(30m が限度)で後はゆっくりと浮上していくパターン。箱形、のこぎり型、リバース型は危険。反復潜水では必ず 2 本目、3 本目は最大水深を浅くする。
潜水時間は 45 分以内、平均水深は最初の日が 15m、翌日から 13m、11mと浅くしていく。
ダイビング終了 15 分前には水深 10mより浅いところに浮上しその後 10 分減圧、更に 5mで 3 分安全停止、残り 5mを 2 分近くかけて浮上。

20 年以上前、当、西伊豆病院でダイビングが流行って、インストラクターに病院に来てもらい皆で PADI の免許を取りました。

皆で土肥の海で潜水中、一人がパニックって急浮上してしまいました。

慌てて皆がそれに付いて行ったところ海面は潮の流れが速く一気に沖へ流されてしまいました。沖にあった生贄(いけす)にしがみついて必死で海岸に向かい手を振ったのですが誰も気づきません。皆、死を覚悟しましたが 1 時間程経ってやっと気が付いてくれて救出されました。あやうく皆でそろって土左衛門になるところでした。

それ以後、当院ではダイビングは長いこと禁句でした。

減圧病は稀で **prospective RCT** は一つしかなく、治療は過去 60 年の経験、症例報告、動物実験、臨床判断によるものです。

初期治療は症状軽減しても 100%酸素を数時間投与します。

純酸素で不活化ガスが洗い流され組織から肺胞までの不活化ガス濃度勾配が急になり、また組織の低酸素が改善されます。

観察研究で現場で酸素投与されると以後の再圧での回復が早いことが確認されています。

動脈ガスが頭部へ行くのを防ぐに頭を下にすることが推奨されましたが効果はなく脳浮腫を助長する可能性があります。

コンセンサスは水平位にすることであり治療も楽になります。

輸液は特に血管内皮からの漏出のある重症例では重要です。

ブドウ糖入り輸液は神経損傷で高血糖をおこし、また脳浮腫を助長します。

再圧は典型的には人が付き添える **chamber** で行います。

100%酸素吸入しつつ再圧し不活化ガス分圧を減らします。

また高圧酸素により組織を酸素化し炎症反応を抑えられます。

初期治療で症状が軽減しても再圧しないと数日で再発することがあります。

再圧施設まで搬送するには低空でヘリ搬送するか重症なら航空機内を 1 気圧に加圧して送るのがよいと
のことです。症状が疼痛だけなら短時間の商業機移動は問題ないそうです。

再圧は出来る限り早く行うべきであり重症化してからの再圧は効果が少ないそうです。

一番よく使われる再圧スケジュールは米国海軍治療 (US Navy Treatment) Table 6 あるいは Royal
Navy のものです。

治療の詳細は下記の US Navy Diving Manual の第 20 章に載っています。

http://www.usu.edu/scuba/navy_manual6.pdf

US Navy Diving Manual , Revision 6 (2008) (992 頁ある！)

20 章 37 ページ:動脈ガス塞栓または重症 DCS 治療のフローチャート、

20 章 38 ページ:Type 1 DCS 治療のフローチャート

20 章 39 ページ:症状再発治療のフローチャート

20 章 40 ページから 46 ページに Table5 から Table9 が載っています。

US Navy Treatment Table 6 というのは chamber 内で 100%酸素吸入しつつ 2.8 気圧(水深 18mに
相当、脳に対する酸素中毒の影響が少ない)加圧、20 分純酸素、5 分空気を、3 回繰り返します。そのあと
純酸素で 30 分かけて 1.9 気圧(水深 9m 相当)に減圧して 15 分空気、60 分純酸素を 2 回繰り返した後、
30 分かけて 1 気圧に減圧します。

時間は患者の状態により調節します。

2.8 気圧以上にする場合は酸素中毒を避ける為、空気、窒素、ヘリウム等を加えます。

動脈ガス塞栓、重症減圧症が 2.8 気圧 20 分で反応しない場合は更に加圧することで症状軽減します。
しかし最初の再圧は水深 18m 以上が有利なエビデンスはありません。

もし 1 回の治療で症状回復が完全ならそれ以上の治療は不要です。

症状が残るようなら毎日再圧を短時間繰り返します。(US Navy Treatment Table5)。

大抵の神経症状を呈する患者は臨床的プラトーに達するまで 2, 3 回の治療が必要です。

運動麻痺などの重症例では 15、20 回繰り返してもプラトーに達しないことがあります。

この the Lancet 総説に減圧病は宇宙船の船外活動でも問題になると書いてあったので興味を引かれ
NASA のホームページで調べてみました。

http://www.nasa.gov/pdf/686339main_AP_ST_Bio_PrevDecompression.pdf

(NASA ホームページ、宇宙遊泳での減圧症予防)

国際宇宙ステーション (ISS: International Space Station) 内は 101.3kPa (1 気圧、窒素分圧は 80kPa)
にしてありますが船外活動を行う宇宙服 (pressurized extravehicular mobility unit suits) は
29.65kPa(0.29 気圧)です。

いきなり宇宙服で船外に出ると減圧病を起こすわけです。

船外に出る前に気密室に入り気圧を 70.3kPa(窒素分圧 48kPa)に減らし窒素分圧を減らします。
ここでトイレに行きたくなった時は 100%酸素を吸入しつつ船内に戻ります。
100%酸素 30 分吸入した後、吸入ガスを酸素 26.5%、窒素 73.5%にします。
更に酸素 46%、窒素 54%にし窒素濃度を下げます。
宇宙服内は 100%酸素で 50 分程度の活動を行います。

The Lancet、減圧病、最重要点は以下の 41 点です。

医療法人健育会西伊豆病院 仲田和正

.....

The Lancet 減圧病(セミナー)最重要点

1. 減圧病(decompression illness) は動脈ガス塞栓と減圧症の 2 つの病態
2. 治療は現場では 100%酸素、根治的治療は 100%酸素+再圧
3. 最初の肺容量が全肺容量(TLC)に近いと 1.0 から 1.5m 浮上でも肺破裂。
4. 喘息や blebs, cysts, bullae があると起こる。
5. 潜水 3.6mでも静脈ガス塞栓が見られる。

6. 1-3 日のダイブで減圧症は 6mで発生する。
7. 高空では静脈ガス塞栓閾値は 3600m、減圧症閾値は 5500m である。
8. ダイビング後の DCS は典型的には疼痛、軽度の神経障害(しびれ)
9. 正常人の 27%で卵円孔開存あるいは右左シャントがあり動脈に入る。
10. 水に入ると venous pooling が減少し venous return と心拍出量増加。

11. ダイビングまたは飛行の病歴と理学所見が重要
12. ダイビング後の意識障害、昏迷、巣症状、痙攣は動脈ガス塞栓を疑う。
13. 潜水時間長いと動脈ガス塞栓と重症 DCS 合併の可能性あり脊髄症状が主
14. DCS 診断はほとんど臨床症状に基づく。
15. 減圧後のどんな新たな症状も DCS の可能性を考えよ。

16. 初期症状は疼痛 40.6%(関節痛 58%、筋肉痛 35%、腰痛 7%)しびれ 27.4%
17. 腰痛(girdle pain)は脊髄障害の可能性あり。
18. リクリーションダイバーでは腕の関節痛、saturation diver は膝が多い。
19. 聴覚前庭症状は air diving より heliox diving で多い。
20. DCS 発症は 42%潜水後 1 時間、60%3 時間、83%8 時間、98%24 時間以内。

21. 中枢神経 DCS は発症早く 1070 例中、56%10 分以内、90%4 時間以内。
22. テルマトームに一致しない知覚低下、体幹失調は神経学的 DCS で多い。
23. 失調は不釣り合いに侵され FTN、heel-toe walking、開閉眼立位歩行障害。
24. 再圧を行うか否かに画像診断は役に立たない。
25. 脳出血疑いでない限り画像診断で再圧を遅らせるべきではない。

26. DCS の分類は
 - Arterial gas embolism
 - Type 1 DCS: 疼痛、皮膚症状、全身症状 (constitutional symptoms)
 - Type 2 DCS: しびれ、筋力低下、麻痺、精神症状、運動症状
27. Arterial gas embolism と Type 2DCS では積極的治療を要する。
28. 動脈ガス塞栓は高空では稀で、ダイビングの深度、時間とも関係ない。
29. 動脈塞栓リスク軽減には息を止めない、急浮上しない、肺疾患者は潜水しない
30. 45m 以上のダイブではヘリウム混合ガスを使用し窒素中毒を防ぐ。

31. 減圧症は高空 5500m 以下の急速上昇では稀、それ以上でリスク大きくなる。
32. 前もってダイビングしていると 2500m 以下の上昇でも起こる。
33. 飛行機に乗る前、海拔 0m で酸素吸入すると搭乗が安全になる。
34. 減圧症の現場治療は症状軽減しても 100%酸素を数時間投与する。
35. 姿勢のコンセンサスは水平位で治療も楽。

36. 再圧施設搬送は低空でヘリ搬送か重症は航空機内を 1 気圧に加圧。
37. 症状が疼痛だけなら短時間の商業機移動で問題ない。
38. 軽症の神経所見ではダイビング後 24 時間の短時間フライトは安全。
39. 重症化してからの再圧は効果が少ない。
40. 再圧は出来る限り早く行うべきである。
41. 一番よく使われる再圧スケジュールは US Navy Treatment Table6