

会員からの質問への回答 (2012年)

学術委員会：合志清隆*，川瀧眞之，鈴木一雄，鈴木信哉，堂籠博，別府高明，三谷昌光，柳下和慶，山本五十年
(*：委員長)

本学会は会員さらに非会員からも高気圧医学に関する質問を受け付けており、これに学術委員会が対処してきた。しかし、なかには質問者から早急な対応の要望もあり、その際の回答は個々の委員のみの経験則や知識が中心となり、学術的な科学的根拠の裏付けが不十分であった可能性も否定できない。

この回答集は2012年の1年間に寄せられた質問に対して学術委員会が答えたものである。その質問の内容からは、高気圧医学、なかでも高気圧酸素治療(HBO)に携わっている医療者が日頃から抱いている疑問と察せられる。その解決の一助になることを学術委員会として希望し、寄せられた質問と委員の回答を学会誌の紙面を借りて紹介することとした。

この種の回答集は高気圧酸素治療安全協会の「Q & A」もあるが、いくぶん異なることは報告論文やテキストなどから可能な限り「科学的根拠」を示すことに主眼を置いたことである。さらに、学術委員会の各委員の臨床領域は、呼吸器科、救急科、麻酔科、整形外科と脳神経外科であり、これらの専門性を基盤とした高気圧医学の回答であり、1つの質問に対して複数の委員から意見を聞いている。従って、各委員の経験則は最小限に止められ専門性の高い回答集と自負している。しかし、質問によっては科学的根拠を示すことが困難のこともあり、さらに委員の意見が一致しないこともあった。このことは現段階では明快な回答を示すことが困難な事例が存在することを物語っている。

この回答集が高気圧医学の臨床現場で活用されることを願っており、さらに今後も学術委員会として回答集の継続を考えている。

I. ME 機器関連

1. 輸液ポンプの使用は？

[回答]：第2種装置では輸液は可能ですが、輸液ポンプの使用は困難なものと同様なものがあります。しかし、メーカーはその使用を推奨しておりませんので、各施設で事前の機材のテストが必要です。安全性や正確な作動を確認した後も使用に際しては医療者の同室がより安全ですし、本人・家族への説明が必要と考えています。さらに、集中治療を要する際にも、治療中はポンプを用いた輸液や薬剤投与を最小限のルートにすることが重要です。また、硬膜外チューブ等から局所麻酔薬を注入する簡易型注入器は機材によっては気圧で変動しますので使用不可と判断しております。特に、陰圧で駆動する注入器はHBOの最中に流量の大幅な変動をきたすので使用できません。輸液ポンプのすべてに機材の事前確認が必要です、慎重な取り扱いが求められます。

〈参考文献〉

1. Story DA, et al: Performance of the Atom235 syringe pump under hyperbaric conditions. *Anaesth Intensive Care* 1998; 25: 193-195.
2. Dohgomori H, et al: The Accuracy and reliability of an infusion pump (STC-3121: Terumo Inst., Japan) during hyperbaric oxygenation. *Anaesth Intensive Care* 2000; 28: 68-71.

3. Dohgomori H, et al: Accuracy of a peristaltic finger-type infusion pump during hyperbaric oxygen therapy. J Anesth 2002; 16: 294-297.
4. Dohgomori H, et al: Accuracy of portable infusers under hyperbaric oxygenation conditions. Anaesth Intensive Care 2002; 30: 25-28.

2. 第1種治療装置での輸液は？

[回答]：第1種装置では外部からポンプで輸液が可能なものがありますが、その際に高圧での注入が必要になり装置の接続部分のトラブルが生じることがあり注意が必要です。内部に輸液ポンプも持ち込んで輸液や薬剤注入は行っておりません。これは機器の安全性の確認後でも、さらに患者の動きで誤作動の可能性があるだけでなく、スチール製の装置では輸液ポンプの確認さえできないからです。また、装置内へのME機器の持ち込みに関しては安全基準の第37、38条で規定されています。防爆構造に関しては安全基準には「装置の内部に取り付けるスイッチ」となっていますので、内部に持ち込む医療機器の全てを意味しているものではないと判断していますが、基本的には第1種装置内に電氣的な医療機器を持ち込まないようにしています。

II. ME 機器以外の付帯物

1. 酸素加圧の第1種装置で「おむつ」や「シート」の使用は？

[回答]：安全基準の35条と36条に装置内への持ち込みの制限が記載されています。帯電防止能、すなわち静電気抑制が木綿以上とありますので、持ち込み衣類などが、この程度になります。静電気防止用おむつも開発されているようですが、それが木綿程度であるかどうかを販売業者に問い合わせさせていただくことだと思います。廃液シートも同様であり、多種多様の物品や機材のなかで「静電気防止」を検討して、HBOでの使用の有無を回答することは困難です。

2. リストバンドの持込み？

[回答]：酸素加圧方式での第1種装置では付帯物をなるべく外すことが重要ですが、院内の患者取り違えの問題が生じ、この両者のリスクを勘案すると「必要性」が高いように判断しています。しかし、これはHBOに関連した付帯物の可燃性や可燃性を個々で検証した結果がありませんので、「科学的根拠」として学術的に示すことは困難です。

III. 点滴に関して

1. 点滴量の変化は？

[回答]：液体の圧縮はありませんし、実際に装置内で点滴量を検討した経験がありますが、変化はありませんでした。HBOの最中にはソフトバックを用いますが、その点滴では加圧と減圧中にair trapの動きから微妙な変化は考えられます。しかし、基本的にはHBOに際して点滴量の変化はないと判断してよいと考えます。

2. 点滴の問題点は？

[回答]：第2種治療装置での点滴では、重大なトラブルが生じる可能性がありますのでソフトバック以外は用いないことが重要です。点滴ビンの使用は過去の重大な事故事例から使用不可と考えます。装置内での補液では第2種装置内でソフトバックの自然落下で問題はありませぬ。しかし、装置内で輸液回路のair trapの液面の変動を

調節すると減圧時の空気膨張によりトラブルを招く可能性がありますので、治療中の点滴回路は不必要に扱わないようにすることも一案と考えます。しかし、この際は air trap の液面の確認が不十分になりますので、点滴量の確認ができないのが難点です。エア針一体型の点滴セットは、空気が加圧中点滴バック内へ一方向性に入るため、減圧時に空気が点滴ライン内を逆流して、極めて危険ですので、このエア針一体型の点滴セットの使用は禁忌と考えます。

〈参考文献〉

1. 山見信夫, 他: 高気圧治療によって生じる可能性のある身体内への空気混入についての点滴シミュレーション実験. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2006; 41: 37-38.

IV. 副作用ないし薬剤関連

1. 肺酸素中毒に関する7日以上や1ヶ月の基準は?

[回答]: 肺酸素中毒量単位 (UPTD) は、あくまでも肺酸素中毒に関するものであり、肺以外に対して安全であるとは言い切れませんし、肺自体に於いても個人差が大きいために一応の目安として考えるべきものです。肺以外の臓器の安全性について、例えば末梢神経の過敏性や視覚器に対する影響についても HBO を長期に続ける場合は、考慮する必要があります。HBO を20回超したあたりから手指の尺側領域にしびれや異常感覚が出ることがあり、そのメカニズムは不明ですが、HBO をやめると4から6週間で消失すると Kindwall の著書にあります。また、600UPTD の酸素を使う潜水でも10日目あたりから末梢神経の過敏性が出てくるのが Sterk により報告されており、減圧症の治療を継続しているときには区別が困難となることもあります。

〈参考文献〉

1. 山元浩治, 他: 高気圧酸素治療が末梢神経に及ぼす影響に関する実験的研究 (第2報). *Peripheral Nerve* 2011; 22: 322-323.
2. Kindwall EP: Contraindications and side effects to hyperbaric oxygen treatment. In: Kindwall EP, Whelan HT (eds): *Hyperbaric Medicine Practice*, 2nd ed. Flagstaff, AZ; Best Publishing, 1999, pp.83-98.
3. Donald KW: *Oxygen and the diver*. Harley Swan, U.K.: The SPA Ltd, 1992; pp.112-113.
4. Sterk W, Schrier: Effects of intermittent exposure to hyperoxia in operational diving. In: Ornhagen H, ed. *Proceedings, XIth Annual Meeting of EUBS on Diving and Hyperbaric Medicine*, held in Goteborg, Sweden, Aug 21-23, 1985, Sweden; National Defence Research Institute, 1985; pp.123-131.

2. 経皮吸収による気管支喘息の治療薬の使用は?

[回答]: 気管支喘息に使う皮膚吸収性の薬剤には、ツロブテロールテープ (商品名: ホクナリンテープ) がありますが、この薬剤の使用で副作用が出るかどうかの質問として回答します。

皮膚吸収性の薬剤については、投与経路の一般的な考え方として、Kindwall の著書の中で、HBO は正常組織では血管収縮を起こし、20%までの血流低下となるため、筋肉注射や経皮投与では薬剤の吸収が妨げられると記載があります。しかし、実際の血中濃度をみた検討は少なく、筋肉注射での検討は Emerson らにより鎮静薬 midazolam (ドルミカム) で報告されていますが、予想に反して 2.8ATA 酸素吸入のほうが大気圧下酸素吸入よ

りも早く血中濃度がピークになるという結果であり、HBOによる血管収縮で薬剤吸収が必ずしも悪くなるわけではないようです。

ツロブテロールテープ (商品名: ホクナリンテープ) を使った場合の血中濃度を検証した論文がありませんので、一般的な観点からの判断となります。即ち、皮膚からの吸収が悪くなると予想されますが、場合によっては吸収が早くなる可能性も否定できません。

ツロブテロールテープ (商品名: ホクナリンテープ) は $\beta 2$ 選択性の薬剤ですが、成人常用量2mgでも動悸や手の震えが出る場合がありますので、半量の1mgから使用されてはいかがでしょう。常用量の半分の1mgを貼付して様子を見て、副作用が出ないのを確認してから、常用量を使用するという対処ではいかがでしょうか。気管支喘息の治療薬を使用しないでHBOの最中に発作を起こすよりは、薬を使用して喘息発作を起こさないようにすることのほうが、全体的にみてトラブルを起こすリスクは少ないと思います。

気管支喘息自体に対する加減圧については、加減圧速度が大きい潜水において症状がある場合は絶対禁忌です。しかし、Mathieuが述べているように、HBOにおいて絶対禁忌となるのは急性重度の気道攣縮状態のときであり、気管支喘息や慢性閉塞性肺疾患でも気管支拡張薬やステロイドによる治療で換気がコントロールされており、1-2m/分の減圧速度であれば注意深い観察のもとHBOは可能であると考えます。

〈参考文献〉

1. Kindwall EP: The use of drugs under pressure. In: Kindwall EP, Whelan HT, eds. Hyperbaric Medicine Practice, 2nd ed., AZ; Best Publishing Company 1999; pp.325.
2. Emerson G., Hackett P: Hyperbaric oxygen does not delay the absorption of intramuscular midazolam. Journal of the South Pacific Underwater Medicine Society 1998; 28:122-5.
3. Mathieu D: Contraindications to hyperbaric oxygen therapy. In: Neuman TS, Thom SR eds. Physiology and medicine of hyperbaric oxygen therapy, 1st ed., Philadelphia; Saunders 2008; pp.587-598.

3. 経皮吸収による狭心症の治療薬の使用は？

〔回答〕：内服ないし皮膚吸収性の薬剤とHBOに関しては、十分な検討が行なわれていないのが実情です。個々の薬剤によって、その反応が変わるものがあるようです。狭心症治療薬でも薬剤の種類によって循環に影響を及ぼすものと、そうではないものがあり、その点が下記の論文に記載されています。例えば、「1回の高気圧酸素(1.5ATA, 40min)と狭心症治療薬との関連では、ニトログリセリンは血流動態作用に影響を与えず、ニフェジピン(Ca拮抗薬)の間接的な同作用を抑制するが、プロプラノロール(β 遮断薬)は変時的さらに変力的に逆の作用が増強される」とあります。HBOは急性心筋虚血に対して有効とされる治療法ですので、HBOに際した狭心症治療薬の使用で不安があれば治療薬を除去してもかまわないと考えます。また、薬剤の経皮吸収の問題に関しては、「気管支喘息の治療薬」の項を参考にして下さい。

〈参考文献〉

1. Jain KK: Drug interactions with hyperbaric oxygen. In: Textbook of Hyperbaric Medicine, Jain KK ed, MA; Hogrefe & Huber, 2009; pp.81-84.
2. Seriakov VV, et al: Hyperbaric oxygenation and antianginal preparations: the effects of a single combined use on the functional indices of the state of the heart in patients with angina pectoris. Anesteziol Reanimatol 1992; 2: 9-13.

3. Bennett MH: Hyperbaric oxygen therapy for acute coronary syndrome. Cochrane Database Sys Rev 2011: CD004818

4. 経皮吸収による麻薬の使用は？

[回答]：麻薬とHBOに関しては、米国のテキストに以下のような記載があります。「麻薬自体に一般的に呼吸抑制作用があり、HBOを一緒に行うとPaCO₂を上昇させ、これが血管拡張から酸素中毒を増強させる。meperidine (商品名：デメル)での動物実験があり、これでは変化がないし、モルヒネでも同様であるが、人では明らかではない」。恐らく何らかの呼吸抑制から酸素中毒の増強の可能性はあるでしょうが、よく分かっていないのが実情です。また、薬剤の経皮吸収の問題に関しては、「気管支喘息の治療薬」の項を参考して下さい。

〈参考文献〉

1. Jain KK: Drug interactions with hyperbaric oxygen. In: Textbook of Hyperbaric Medicine, Jain KK ed, MA; Hogrefe & Huber, 2009; pp.81-84.

5. 抗がん剤の投与の順序は？

[回答]：順序はよく分かっていません。多くは抗がん剤投与後にHBOが行われているようですが、それ以前の問題としてHBOによって作用が増強される抗がん剤が未だ明らかではありません。動物実験レベルでは効果増強が示されていても、臨床試験で有効性や安全性が確認されている薬剤やその投与方法が確立されていないのが現状です。

〈参考文献〉

1. 合志清隆: 悪性脳腫瘍の治療と高気圧酸素. 脳神経外科 2000; 28: 763-771.
2. Jain KK: Drug interactions with hyperbaric oxygen. In: Textbook of Hyperbaric Medicine, Jain KK ed, MA; Hogrefe & Huber, 2009; pp.81-84.

V. 適応疾患関連

1. 顔面神経麻痺は適用疾患か？

[回答]：この疾患は本学会の適応疾患とされています。その根拠としてHBOの有効性をランダム化比較試験で示した報告があります。その臨床試験では79例を9ヶ月間にわたって検討しておりますが、完全回復ではHBO群の42例のなかで40例(95.2%)に対して、ステロイドによる対照群の37例では28例(75.7%) (リスク比 1.26, 95% CI: 1.04-1.53)とあります。さらに、平均した回復も早かったとしています(22日に対して34.4日, $p < 0.001$)。

〈参考文献〉

1. Racic G, et al: Hyperbaric oxygen as a therapy of Bell's palsy. Undersea Hyperb Med 1997;24:35-38.

2. 大腸気腫性嚢胞症は適応疾患か？

[回答]：この疾患は腹部のX線写真で偶然発見されることが多いようです。治療法は原因にもよりますが、その

腹部症状のなかでも腹膜刺激症状があれば開腹手術が優先され、それ以外の腹部症状では酸素療法かHBOが行われて良好な治療結果が示されています。その際の保険診療の診断名は「腸閉塞」と判断しています。数年前に米国のメディケアと複数の民間保険会社が新たな適応疾患に承認したことが国際高気圧潜水医学会（UHMS）で紹介され話題になり、本学会誌に詳細が報告されています。

〈参考文献〉

1. Togawa S, et al: Evaluation of HBO2 therapy in pneumatosis cystoides intestinalis. Undersea Hyperb Med 2004; 31: 387-393.
2. 柳下和慶: UHMS2007年学術総会における“Hyperbaric Medicine Literature Update, The Year in Review”から。日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2008; 43: 7-10.
3. 合志清隆: 高気圧酸素による腸管気腫症の治療について。日本救急医学会雑誌 2011; 22: 243.

Ⅵ. 診療報酬関連

1. 純酸素加圧と診療収入は？

[回答]：第1種装置では酸素加圧は空気加圧方式に比べて酸素使用が多くなりますので、酸素の請求額は高くなりますが、この代金は都道府県で決められておりますし、この治療の処置料は変わるものではありません。