

【施設紹介】

琉球大学病院での高気圧酸素治療の実際

合志 清隆¹⁾ 上江洲 安之¹⁾ 砂川 昌秀¹⁾
新垣 澄子¹⁾ 西表 由紀子¹⁾ 斉藤 末美¹⁾ 井上 治^{1,2)}
琉球大学医学部附属病院 高気圧治療部¹⁾
江洲整形外科クリニック²⁾

キーワード 集中治療, 治療センター, 根拠に基づく医療

【Information】

Practice of hyperbaric oxygen therapy at University Hospital of the Ryukyus

Kiyotaka Kohshi¹⁾, Yasuyuki Uezu¹⁾, Masahide Sunakawa¹⁾, Sumiko Arakaki¹⁾, Yukiko Iriomote¹⁾, Suemi Saitoh¹⁾, Osamu Inoue^{1,2)}

1) Center for Hyperbaric Medicine and Environmental Health, University Hospital of the Ryukyus

2) Esu Orthopaedic Clinic

keywords intensive care, treatment center, evidence-based medicine

はじめに

潜水関連の漁業が基幹産業でもある沖縄県では、減圧障害 (decompression illness, DCI) は日常的に遭遇される疾患である。この職業性疾患の対策として、琉球大学病院に高気圧酸素 (hyperbaric oxygen, HBO) 治療装置が設置されて40年以上が経過している。開設当初から20年間ほどは潜水漁業者が主な治療の対象者であったが、その後はレジャーダイバーも含まれて、今日まで潜水医学の救急・集中医療に診療の主眼が置かれてきた。酸素再圧治療は従来からDCIの唯一ないし主たる治療法であることに異論はないが、その中心的な診療を沖縄県では琉球大学病院が担ってきている。さらに近年では、これに加えて外科手術後の創傷治癒を目的としてHBO治療が用いられると同時に、がん治療や再生医療などへの新たな応用も加わり、現在では高度先進医療を目指した「高気圧医療センター」となっている。多少の変遷はあるにせよHBO治療の件数は現在まで増加を続けており、最近の琉球大学病院での治療の実際や実績などを含めた診療状況について紹介する。

治療設備

HBO治療装置は1人用と多人数用がそれぞれ1台ずつ設置されていたが、前者は使用頻度が極めて低いことから2012年に廃棄とされた。後者の装置は1984年の病院移転の際に新設されたもので14名が治療可能であるが、実際の治療は許容人数が10名の主室で主に行われており、副室は治療中の急変の患者の対処用として用いられてきた。ここでの装置の特徴はドアの間口が100cmであることから病棟用ベッドが搬入可能なことである。特に手術翌日からのHBO治療開始になることが多いなかで、この治療装置はベッドから移動が困難な整形外科疾患での治療に適している。しかし、ICUのベッドは間口幅をわずかに超えるサイズのものに変更され、重症患者を専用ストレッチャーに移し替えざるをえない。また、治療に使用するコンプレッサーは6ATAまで加圧可能なもの2台が交互に作動しているが、この10年間は3ATAを超える治療圧は使用されていない。DCIの治療で3ATAを超える治療圧での治療に否定的な報告があることから¹⁾、今後の新病院構想のなかでコストの面も考慮したコンプレッ

サーに変更する必要がある。

装置内のME機器は使用制限されるが、医療者が同室しながらバッテリー内蔵の輸液ポンプを使用している。この10年ほどは輸液ポンプの誤作動はないが、その可能性も否定できないことから、少なくとも使用薬剤の確認と機器の監視は必要である。さらに装置内での人工呼吸器使用では、5つの機種を試みたなかでガスの圧変化で駆動する従量式の人工呼吸器のみが使用可能であったが、それでも換気量だけでなく呼吸数の設定が大きく変わることが問題であった。その機種も電源を要するものに変更になり、装置内での人工呼吸器の使用は制限されたままであった。今後はバッテリー内蔵の人工呼吸器使用を検討する必要がある。

医療スタッフ

医師、看護師と臨床工学 (medical engineer, ME) 技士からなるが、医師は常勤と非常勤の1名ずつの体制であり、看護師は看護部からの派遣で1名が配属されている。ME技士は2名の専門技師であるが、このうちの1名は血液浄化部にも所属しており当部署には「応援」の形式が採られている。その業務は当部署のみに留まるものでないが、実際の機器操作と患者監視業務のみでは大きな支障はない。これに対して看護師は看護部からの派遣の形式が採られていることもあって数名の部署担当者の育成が進んでおり、この部署の最も重要で円滑な日常診療の基本となっている。

現在の医療スタッフの問題は医師の不足と技士の流動性がないことである。医師が診療だけではなく学生の教育も担当してきており、さらに救急疾患の初期対応を依頼されることも重なり、同部署の医師は常時1名のなかでHBO治療の実務に通じた専門医の育成や他部署との連携が喫緊の課題であろう。医師や看護師に比べるとME技士の業務には余裕があるが、それでも緊急時や時間外のオンコール体制を創っていく必要がある、他部署のME技士との業務連携は遅々として進んでいない。同部署のなかで看護師業務が最も支障なく進められているが、通常の治療時間が遅くなるのが日常的ななかで、看護師の業務が感染対策から治療終了後の滅菌と消毒まで広がっている。これは

看護業務に過重な負担が加わっている可能性があり、今後は看護部との連携と検討が必要である。

治療方針

精神科や麻酔科を含めた全ての診療科から治療依頼を受けているが、可能な限り科学的根拠を示していることが特徴である。例えば、どの程度の有効性が何回のHBO治療で得られるのかを、主にCochrane Libraryから出されているランダム化比較試験のメタ解析を各疾患で示すことが基本である。ここに示した返書の例文は突発性難聴と末梢血管障害に関したものであるが(付紙-1, 2)、これは担当医から患者や家族の説明にも用いられている。さらに、HBO治療の禁忌事項を教科書的に示すだけではなく、その症例の病状や治療内容を担当医と検討して、具体的に起こり得る有害事象を示すことも要点の1つである。なかでも特に問題になるのは胸部や頭部の手術後に行うHBO治療であり、その際には手術法やその後の検査所見を慎重に検討する必要がある。例えば、耳鼻科と脳外科での共同手術での術後創感染の紹介例では、手術記事と術後の検査から硬膜損傷が疑われると、HBO治療にて気脳症が誘発され死亡例の報告文献を引用して^{2, 3)}、この状態での同治療が危険であることを紹介元の診療科でも検討してもらおう。しかし、単にHBO治療を行わないと返答だけではなく、これに代えて常圧下酸素吸入 (normobaric oxygen, NBO) 療法を具体的に紹介し、その後にNBO療法による治療効果を確認している。このNBO療法は数例の重症感染症での試みにおいて良好な治療結果の印象である。また、治療の途中経過では、電子カルテ上の電子メールを用いて担当医と連絡を取り合うことも重要である。これは外来診療で最も頻繁に活用されており、例えば口腔外科や整形外科領域の骨髄炎では抗菌剤の中断やHBO治療の回数の漸減や終了時期などを検討することに有用である。退院後の外来でのHBO治療では、患者は高気圧治療部へ連日受診することになり、彼らの主な訴えは同治療部のスタッフに対してなされ、これに加えて病状変化は電子メールを介して担当医へ伝わり、その時々での治療を検討することに用いられている。

治療の実際

琉球大学病院での標準的なHBO治療は2.4絶対気圧 (atmospheres absolute, ATA) の60分間であり、前後の加圧と減圧の時間を入れると約90分間の所要時間になる。この治療時間は国際的に広く用いられているものよりも短い⁴⁾。しかし、これは患者側から治療時間と食事時刻などで要望があり、さらに医療者側にも都合のよい治療時間でもある。例えば、平均した1日の治療予定患者数は30数名で、そのなかのストレッチャーやベッドでの患者は3~4割程度であることから(図-1)、1日の治療回数が5回になることも頻繁になっているからである。しかし、最終の治療終了時間が遅いことは食事時間だけではなく病棟勤務に影響することは明らかである。この患者数を効率よく治療するには、その前後の患者群の入れ替え時間の短



図-1 通常患者の治療風景

1回の治療では8~9名の患者が対象になるが、歩行可能な患者は少なくストレッチャーやベッドさらに車椅子での移動が主である。

縮と前述の時間での治療が必要である。

重症ないし難治性疾患では日に2回の治療を行うようにしているが、それ以外に治療回数が問題となるような疾患や病状では在院日数の短縮につながっている。例えば、骨・軟部組織の放射線障害ではHBO治療は30回以上で治療効果に差が示されているので⁵⁾、入院初期からHBO治療は数多く実施するが、これによって短期間に病状改善の有無が明らかになると同時に外来治療への誘導が円滑に進められる。

治療前の患者の状態チェックは他の施設と同様であるが、琉球大学病院の特徴は耳管通気を促す点鼻薬をほぼ全例に使用することである。これによって初回治療でも加圧中の耳痛で治療が中断されることは稀である。1回目の治療は8:50ごろから開始され、2回目は10:30ごろになるので、その前には状態のチェックと処置を済ませた患者の待機となり、前後8~10名ずつの患者交換をスムーズに行う必要がある。3回目の治療は12:40ごろからで、ベッドやストレッチャーでの患者が大半を占めるようになり、処置が必要な際には医師、看護師ないしME技士が同室する。5回目の治療の終了は18:00前になるが、その後に紫外線による20分間の殺菌、装置内の掃除、翌日のマスクや患者衣の準備などが看護師によってなされている。

以上が日常業務であり、さらに月に1~3回の土曜日や時に夜間と休日の治療が組み込まれる。また、集中治療室に入室の患者治療では事前にチェックを行い、点滴ルートを最小限にすることと、その場で鼓膜やカフエアなどの処置を済ませることが必要である。重症患者の治療では基本的に2~3回は当部署の医師が担当医と同室するが、これによって特殊環境下での集中治療を理解してもらうようにしている(図-2)。

このような治療スケジュールでの問題は、放射線治療との併用では両者の治療時間を合わせる必要があり、救急疾患での緊急対応が困難なことである。これには治療装置を増やす以外にないが、限られたスタッフ数のなかで解決は難しい。

治療件数

開設当初から患者数と治療件数は徐々に増加しており、後者の件数を最近の10年間でみると3,000~



図-2 重症患者の治療風景

呼吸管理では血中炭酸ガスを低めにすることが重要であり⁶⁾、動脈ラインの調整や各種薬剤投与、ME 機器の調整や監視などが必要になる。HBO 治療に同室した医療者に気泡が確認されていることから⁷⁾、なるべく医療者の酸素吸入を行うようにしている。

4,500 件であったが、2012 年には 6,886 件と急に伸びたように見える。しかし、同年の患者数は 258 例と例年と比べて顕著に増加しておらず、これは日に複数回の治療の影響かと考えられる。紹介された時点での患者数の内訳では、入院治療が 207 例で外来治療が 51 例であり、耳鼻科、口腔外科と整形外科が多かった(図-3)。耳鼻科や口腔外科の疾患では入院治療から外来治療へと移ることが多く、前者の主な疾患は突発性難聴であり、後者では抜歯や腐骨の除去手術を目的とした入院であった。さらに、疾患別でみると末梢血管障害や突発性難聴が大多数を占めていた(図-4)。また、同一日 2 回の HBO 治療は重症・難治性疾患に優先され、その代表例は皮弁形成を行った整形外科

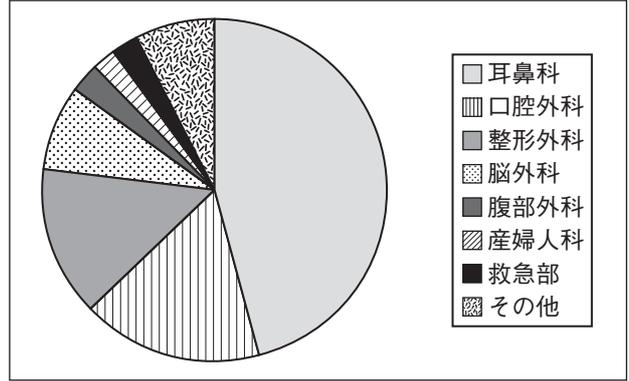


図-3 依頼科別にみた患者数：2012年度
依頼を受けた患者総数が258症例であり、その依頼診療科は耳鼻科(116)、口腔外科(44)、整形外科(37)、脳外科(20)の順であった。

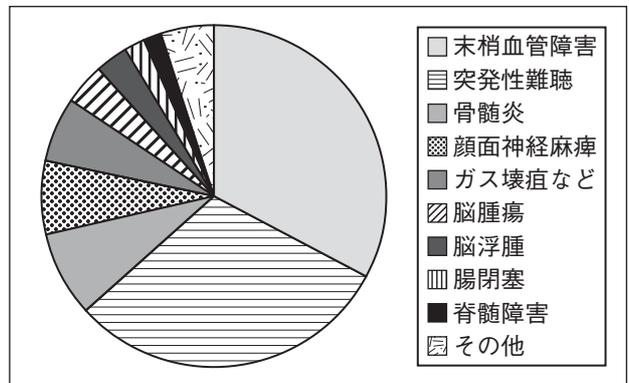


図-4 疾患別でみた患者数：2012年度
患者総数は258名であり、その病初期の診断名は末梢血管障害(84)、突発性難聴(77)、骨髄炎(21)、顔面神経麻痺(18)の順であった。

や頭頸部外科の術後状態、軟部組織の重症感染症、放射線障害による消化管穿孔や腹腔内膿瘍などになる。このような疾患では他と比べて長期の入院となり、同時にHBO治療の回数も多くなる傾向である。したがって、1日の治療患者数は前述の患者群が多くを占めることになる。さらに搬送患者数は少ないが、減圧障害や一酸化炭素中毒なども前述した日に複数回の治療法が標準化している。さらに、週の後半での入院治療になれば休日の治療も連続して行う必要があり、この対処には医師を含めた医療スタッフの流動化の検討が重要である。

おわりに

琉球大学病院でのHBO治療の診療状況と課題について紹介したが、診療の基本は科学的根拠に基づいたHBO治療の実践である。しかし、比較的重症度の高い患者の治療件数が増え続けるなかで、現在の装備や医療スタッフ数では限界に達している。スタッフのなかで技師の流動化が必要であると同時に、今後は専門職の育成が重要な課題である。

参考文献

- 1) Vann RD, Bulter FK, Mitchell SJ, Moon RE: Decompression illness. Lancet 2011; 377: 153-164.
- 2) Lee LC, Lieu FK, Chen YH, Hung TH, Chen SF: Tension pneumocephalus as a complication of hyperbaric oxygen therapy in a patient with chronic traumatic brain injury. Am J Phys Med Rehabil. 2012; 91: 528-532.
- 3) Lee CH, Chen WC, Wu CI, Hsia TC: Tension pneumocephalus: a rare complication after hyperbaric oxygen therapy. Am J Emerg Med. 2009; 27: 257 e1-e3.
- 4) 合志清隆, 溝口義人, 下河辺正行, 他: 高気圧酸素治療の適応基準と治療費の国際比較. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌 2009; 44: 205-217.
- 5) Hampson NB, Corman JM: Rate of delivery of hyperbaric oxygen treatments does not affect response in soft tissue radionecrosis. Undersea Hyperb Med 2007; 34: 329-334.
- 6) Kohshi K, Yokota A, Konda N, Kinoshita Y, Kajiwara H: Intracranial pressure responses during hyperbaric oxygen therapy. Neurol Med Chir 1991; 31: 575-581.
- 7) Walker M, Capps R, Pirone C, Ramsay R: Doppler detection of circulating bubbles in attendants, decompressed on oxygen, following routine hyperbaric treatments. SPUMS J 1995; 25: 62-64.

診断: 突発性難聴 (x月x日発症)

概要: この疾患に対する高気圧酸素治療では、発症14日以内を対象とした7つのランダム化比較試験のなかで、良質の2つを検討したメタ解析の結果から以下のことが述べられています¹⁾。純音聴力検査における閾値の50%の改善率では有効性が示唆されており (RR: 1.53, 95%CI: 0.85-2.78, p=0.16), 閾値の25%の改善率では明らかな有意差を認めています (RR: 1.39, 95%CI: 1.05-1.84, p=0.02), 統計学的には22%の改善の可能性があるとしています。さらに、何らかの改善までの治療回数は平均して5回とあり (95%CI: 3-20), さらに平均した改善の聴力程度は15.6dB (95%CI: 1.5-29.8, p=0.03) が示されていますが、中等度以上の聴力障害において改善度が顕著になっています。平均した治療回数は10-25回が行われています。また、発症から10日以内の治療開始とそれ以降では改善度に差が生じるとした報告もあり、前者が65.9%に対して後者が38.9%とあります²⁾。

この高気圧酸素治療を除いて、混合ガス、プロスタグランジン製剤、ステロイドや低分子デキストランなどでランダム化比較試験がありますが、これらの比較対象が十分ではなく有効性の評価が困難とされています³⁾。したがって、この疾患において現在のところ高気圧酸素治療が科学的根拠で有効性が明確な治療法といえると判断されます。

1) Bennett MH. Cochrane Database Syst Rev 2012 : CD004739

2) Holy R. Undersea Hyperb Med 2011; 38 : 137

3) Aqarwal L. Cochrane Database Syst Rev 2009 : CD003422

琉球大学病院 高気圧治療部

医師: 合志清隆

診断: 急性末梢血管障害, Burger病

概要: 病棟日誌の記載では, 術前にエコー検査で血管狭窄による血流障害が確認されており, 術後の皮膚の状態は下腿部の血流障害が進行していることが伺われるものです。以上の術前と術後の状態から高気圧酸素治療の保険診断名は「急性末梢血管障害」以外には考えられず, この保険診断名にて治療を行います。

急性期の創傷治癒で当該治療の効果を検討したランダム化比較試験(RCT)は3つあり, その1つはcrush injuryを対象としたもので, 創傷治癒の改善促進(RR:1.70, 95%CI:1.11-2.61), 再手術の頻度の抑制(RR: 0.25, 95%CI: 0.06-1.02), 組織壊死の抑制(RR: 0.13, 95%CI: 0.02-0.90)と, 当該治療の効果は非常に高いことが示されています¹⁾。さらに, 急性期から慢性期に創傷治癒が移行するなかで, 慢性期での検討では9つのRCTで8つは糖尿病性の潰瘍を対象としていますが, そのなかで良質のRCT3つをメタ解析した結果では, 6週後の創傷治癒率の改善(RR: 5.20, 95%CI: 1.25-21.66, p=0.02)と, これも極めて良好な結果です²⁾。以上のRCTの結果は急性期から慢性期の創傷治癒に当該治療が有効であることを示したものです。さらに, 血流障害における当該治療の効果は一酸化窒素を介したstem/progenitor cellsの動員と定着によることが分かってきましたので³⁾, この疾患に創傷治癒後も当該治療を続けることでneovascularizationが期待できると考えられます。

1) Eskes A. Cochrane Database Syst Rev 2010 : CD008059

2) Kranke P. Cochrane Database Syst Rev 2012 : CD004123

3) Milovanova TN. J Appl Physiol 2009; 106 : 711

琉球大学病院 高気圧治療部

医師: 合志清隆