

消化器疾患および腹腔内膿瘍に対する高気圧酸素療法 (HBO) の有用性 —特に感染性疾患に対する効果と栄養改善効果について—

矢野充泰, 平井一郎, 蜂谷 修, 渡邊利広, 手塚康二, 菅原秀一郎, 木村 理

山形大学大学院医学系研究科外科学第一講座
(平成29年12月5日受理)

抄 録

【背景】 消化器領域では腸閉塞症 (イレウス) や腸間膜気腫症に対するHBOの報告はあるが、その他の疾患、特に腹腔内膿瘍などの感染性疾患に対しHBOを用いた報告はほとんどない。今回、消化器領域疾患に対して施行したHBOについて検討したので報告する。

【対象と方法】 2絶対気圧に加圧して100%酸素で60分投与を連続する複数日行った際に1クールと数えた。当科で施行した消化器疾患関連の90例に対し94クールのHBO治療を行った。対象臓器は食道、胃、十二指腸、小腸、肝胆膵、大腸、直腸、痔瘻、腹壁膿瘍などであった。

感染性疾患では発熱からHBO開始までの日数、HBO開始後38℃未満に解熱した日数、HBO前後での白血球数、CRP値の変化を検討した。

すべての症例でHBO前後での栄養評価として小野寺prognostic nutritional index (PNI) を計算し統計学的に検討した。

【結果】 1症例につき平均10.9±5.3日間 (2~28日間) HBOを行っていた。94クールのHBOで77クールが有効であり、17例が無効で手術的ドレナージなどの他の治療が必要であった。よってHBOは81.9%の症例で有効であった。

食道癌術後の縦郭炎症例、麻痺性イレウス、腸間膜気腫症、虫垂炎後の遺残膿瘍や肝膿瘍、肝切除後の離断面感染に特にHBOは有用であった。一方、腸管と交通のある症例や癒着性イレウスにはあまり有効でなかった。

感染性疾患に対するHBOでは発熱からHBOまでの開始日数は平均5.2±6.5日であった。HBO開始直前に38℃以上の発熱のあった42例では、HBO開始後38℃未満に解熱するまでの日数は平均3.1±3.9日であった。

感染性疾患に対するHBO88クールではHBO直前のWBCは平均11,843/ μ lからHBO終了時の平均7,188/ μ lと有意に減少した ($p<0.001$)。またCRP値も平均10.7mg/dlからHBO終了時のCRPは平均2.2mg/dlと有意に減少した ($p<0.001$)。

94回すべてのHBOで小野寺栄養評価指数 (PNI) はHBO前の平均35.4からHBO後に39.4へ有意に改善した ($p<0.001$)。

【結論】

1. HBOは他の治療手段の補助的な治療法である。特に虫垂炎術後遺残膿瘍などの消化管との交通のない腹腔内膿瘍、液状化していない肝膿瘍、ドレナージ困難な後腹膜膿瘍は非常に良い適応と考えられる。一方、消化管内腔と交通のある症例は効果が期待できず、早期の外科的介入が必要と考えられた。
2. 平均11日間のHBOで82%の症例に有効であった。感染性疾患では94%が有効で、38℃以上の発熱例では平均3.1日で解熱した。
3. HBOは嫌気性菌のみならず、好気性菌にも有効である。
4. 抗生剤、ドレナージなどで改善が得られない場合にはHBOの併用も考慮すべきである。
5. HBOは小野寺PNIを有意に改善し、栄養状態を向上させることが初めて示された。

キーワード：高気圧酸素療法、腹腔内膿瘍、小野寺栄養評価指数、腸間膜気腫症

【緒 言】

高気圧酸素療法 (Hyperbaric oxygen therapy, HBO) は潜水による減圧症に対して、関節内の窒素による疼痛を治療するために開発された治療法である¹⁾。HBOは大気圧よりも高い2気圧以上の状態で100%の酸素吸入を行うことによって、組織の浮腫が軽減され、通常の大気圧では不十分な組織に十分な酸素を供給することができる²⁾。100%酸素で2～3気圧の状態の動脈酸素濃度は2,000mmHgを超え、組織酸素濃度は400mmHgになると言われている³⁾。

HBOにはさまざまな適応疾患があり、一酸化炭素中毒、重症空気塞栓症、難治性潰瘍、放射線性潰瘍、特発性難聴、網膜動脈閉塞症などがある。中でもガス壊疽を代表とする重症感染症にHBOは極めて効果的である。しかし消化器領域では腸閉塞症 (イレウス) や腸間膜気腫症に対するHBOの報告はあるが、その他の疾患、特に腹腔内膿瘍などの感染性疾患に対しHBOを用いた報告はほとんどない⁴⁾。

HBO前後での栄養評価についての報告は検索しえた限りない。今回、消化器領域疾患に対して施行したHBOについて検討したので報告する。

【対象と方法】

対象は2007年12月～2017年7月までに山形大学 第1外科でHBO治療を90例に対し94クール行った症例である。男性が66名、女性が24名、年齢の中央値は62歳 (17～88歳) であった。2絶対気圧に加圧して100%酸素で60分投与を連続する複数日行った際に1クールと数えた。94クールのうち88クールは感染性疾患に対して行ったが、抗生剤投与で治癒しない場合にHBOの併用を行った。抗生剤は培養可能な感染巣であれば感受性のあるもの、腹腔内などの培養不能な感染巣であれば広域スペクトラム抗生剤 (カルバペネム系や第4世代セフェム系など) を使用していた。基本的にHBO開始前後での抗生剤増量や変更は行っていなかった。閉所恐怖症などによる不穏のためHBO治療が継続困難な症例が2例あったが、これらは除外した。

内訳は食道疾患が8例であった (表1)。胃疾患は7例であり、6例は胃癌術後の腹腔内膿瘍であった。胃癌手術では膵臓周囲のリンパ節郭清を行うため、術後膵液瘻の感染や十二指腸切離断端部の縫合不全による感染などが含まれている。

十二指腸の後腹膜への穿通症例は2例であった。小



図1. 第1種高気圧装置で2ATA、100%酸素、60分を1回とした。

腸疾患は3例あり、虚血性腸炎穿孔後の腹腔内膿瘍、潰瘍性大腸炎術後の回腸嚢炎、子宮頸癌に対する放射線照射後の骨盤内瘻孔症例であった。

イレウスは5例であり、内訳は麻痺性イレウス2例、癒着性イレウス3例であった。腸管気腫症は3例であった。

虫垂疾患は12例で急性虫垂炎術後、腹腔内膿瘍8例、急性虫垂炎で保存的治療を希望もしくは炎症が強すぎるため、まずは保存的治療を行った3例、虫垂粘液種、後腹膜膿瘍1例であった。

大腸・直腸疾患は10例であり、7例が術後の腹腔内膿瘍、3例が憩室炎に対する保存的治療目的にHBOを行った。痔瘻は2例であった。

肝膿瘍・肝切除後の離断面の膿瘍は16例であった。内訳は肝膿瘍13例、肝切除後の離断面の胆汁漏による感染例が3例であった。胆管炎1例、胆嚢炎2例であった。膵臓関連は16例で、膵頭十二指腸切除術 (PD) 後の腹腔内感染7例、膵体尾部切除術切除 (DPS) 後の感染7例、膵炎2例であった。

その他、脾膿瘍1例、皮下・腹壁膿瘍4例であった。

HBOは第1種装置 (BARA MED, Koike Medical, 東京) を用いて15分で2絶対気圧 (2ATA) まで加圧し、60分間100%酸素の状態を保ち、15分で大気圧まで減圧し、これを1回とした (図1)。

2群間の検定にはt検定を用い、p値0.05未満を有意差ありとした。

消化器疾患に対する高気圧酸素療法

表1. 高気圧酸素治療の対象疾患

疾患	HBO 症例	内訳	HBO 無効例	
食道	8	食道癌術後縦郭・腹腔内膿瘍	6	0
		食道穿孔, 縦郭膿瘍	1	0
		放射線性食道気管支瘻	1	0
胃	7	胃癌術後(早期・晩期含む)	6	1
		胃穿孔, 腹腔内膿瘍	1	1
十二指腸	2	十二指腸穿孔	2	0
小腸	3	虚血性腸炎穿孔後, 膿瘍	1	0
		潰瘍性大腸炎後, 回腸囊炎	1	0
		子宮癌放射線後, 骨盤内瘻孔	1	1
イレウス	5	癒着例イレウス	3	3
		麻痺性イレウス	2	0
腸間膜気腫症	3			1
虫垂	12	急性虫垂炎術後, 腹腔内膿瘍	8	0
		急性虫垂炎, 保存的治療	3	0
		虫垂粘液種, 後腹膜膿瘍	1	0
大腸・直腸	10	大腸直腸術後, 腹腔内膿瘍	7	1
		憩室炎	3	3
痔瘻	2			0
肝膿瘍・肝切離面膿瘍	16	肝膿瘍	13	0
		肝離断面膿瘍	3	0
胆嚢炎・胆管炎	3	胆嚢炎	2	0
		胆管炎	1	1
膵臓	16	膵頭十二指腸切除術後, 感染	7	1
		膵体尾部切除術切除後, 感染	7	2
		膵炎	2	1
脾膿瘍	1			1
腹壁膿瘍	4			0
化膿性脊椎炎・骨髄炎	2			0
計	94回			17回

【結 果】

①HBO実施回数

当科ではHBOは連続する毎日施行している。1症例につき平均10.9±5.3日間(2~28日間)HBOを行っていた。

②各疾患別のHBOの有効例と無効例

通常の抗生剤のみの投与で軽快しなかった発熱症例がHBO後に解熱したり、CTで膿瘍が縮小して退院できた場合を有効例とした。HBOでは治癒せず手術的なドレナージ、イレウス癒着剥離術、胆管ドレナージなどの他の治療が必要であった場合を無効例とした。

食道関連疾患の8例ともにHBOが有効であった(表1)。胃疾患の5例には有効であったが、2例はHBOで軽快せず、後日ドレナージ手術が必要となった。十二指腸関連の2疾患ともに1~2回のHBOで解熱し、最終的に9回、14回のHBOで手術を必要とせず、保存的に治癒した。小腸疾患では虚血性腸炎穿孔後の腹腔内膿瘍、潰瘍性大腸炎術後の回腸囊炎の2例にはHBO有用であったが、放射性腸炎の1例には無効であった。

麻痺性イレウスの2例にはHBOが有効であったが、癒着性イレウス3例とも再手術が必要であった。腸管気腫症の2例はHBOで治癒したが(図2)、1例は小腸穿孔を合併しHBOは無効であった。

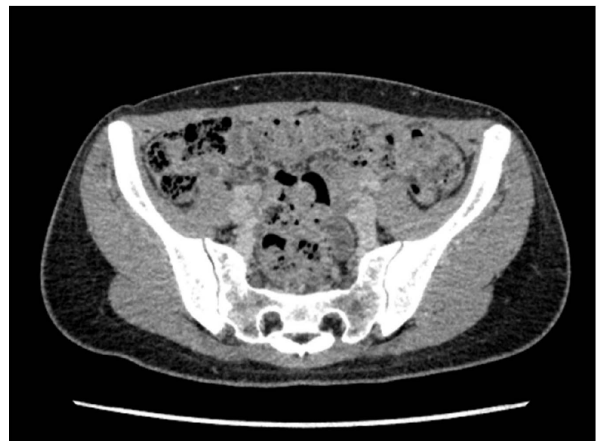
虫垂疾患の12例中11例にはHBOが有効であった



図2. 腹腔内遊離ガス(矢印)を伴う腸間膜気腫症はHBO 8回で軽快し、食事摂取可能となった。



a



b

図3a. HBO前の虫垂炎のCT。虫垂に周囲造影される膿瘍形成を認めた(矢印)。保存的に抗生剤投与するも改善なかった。

図3b. HBOを開始したところ翌日より腹痛軽快し、7日で退院した。HBO後のCT。腫大した虫垂を認めない。

(図3 a, b)。ただし虫垂粘液種の後腹膜膿瘍例では発熱はHBO後2日で解熱したが、腫瘍性のため後日、回盲部切除が必要であった。

大腸・直腸疾患では高リン脂質関連虚血性S状結腸壊死の術後腹腔膿瘍の1例には無効であったが、残りの9例にはHBO有効であった。痔瘻では1例は肛門周囲膿瘍の切開ドレナージにHBOを併用した。他の1例は潰瘍性大腸炎症例であったが複雑痔瘻がHBOで軽快した。

肝膿瘍・肝切除後の離断面の膿瘍16例すべてでHBOが有効であった(図4 a - d)。胆嚢炎2例はHBOで治癒したが、胆管炎は無効で経鼻的胆管ドレナージが必要であった。

脾切除後の腹腔内感染に対しドレナージを行っているが、ドレインの入っていないスペースに液体が貯留して、感染してしまうことがある。脾頭十二指腸切除術の1例は無効であった。軟らかい脾臓に対して脾頭十二指腸切除術後の長期化した脾液漏に対し持続洗浄、オクトレオチド投与などの前治療を56日間継続した後、HBOを14日間併用したところ治癒した症例もあった(図5)。

脾体尾部切除術切除の2例は難治性脾液瘻の感染例であったが、再手術ドレナージが必要となっ

た。アルコール性膵炎の仮性嚢胞には有効であったが、Groove膵炎症例には有効でなかった。

胃癌に対し幽門側胃切除術を施行後に脾膿瘍が発症した。この症例に10回HBOを行ったが、軽快せず、経皮的にドレナージチューブを挿入したところ治癒した。皮下・腹壁膿瘍の4例ともにHBOで軽快した。腹壁癒痕ヘルニアの難治性感染例にHBOが有用であった。

今回94クルのHBOで77クルが有効であり、17例が無効で手術的ドレナージなどの他の治療が必要であった。よってHBOは81.9%の症例で有効であった。

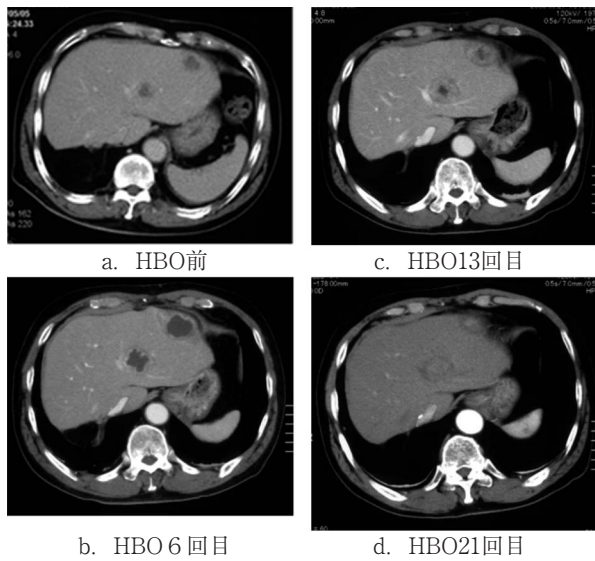


図4 a-d. 抗生剤で軽快しなかった肝膿瘍がHBOの併用で治癒した症例のCT画像所見。

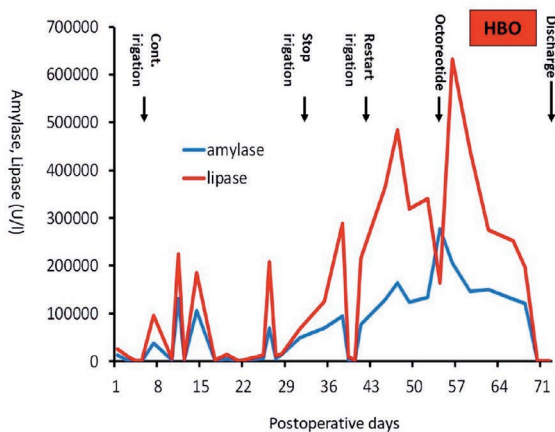


図5. 膵頭十二指腸切除術後の膵液漏に対してHBOが有効と考えられた症例。

③感染性疾患の解熱効果

イレウス、腸間膜気腫を除くと88クルのHBOを感染性疾患に対して行った。発熱した当日にHBOを行った場合は発熱からHBO開始日数は0日とした。感染性疾患であるが発熱がなかった例を除く62例では、発熱からHBOまでの開始日数は平均 5.2 ± 6.5 日(0~37日)であった。

HBO開始直前に 38°C 以上の発熱のあった42例では、HBO開始後 38°C 未満に解熱するまでの日数は平均 3.1 ± 3.9 日(0~23日)であった。 38°C 未満になるまでに23日必要とした症例はHBOが有効でなかったと考えられた。

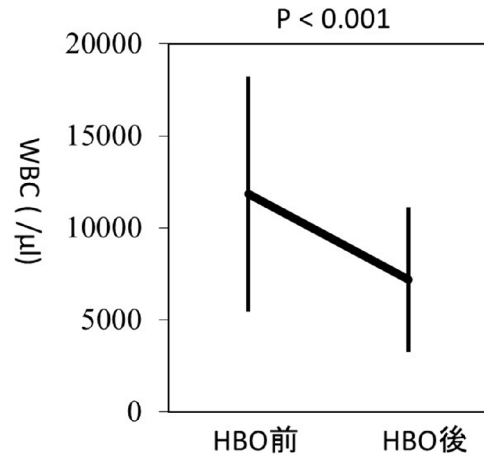


図6. HBO前後でのWBC数の変化。HBO後に有意にWBC数の減少を認めた ($P < 0.001$)。

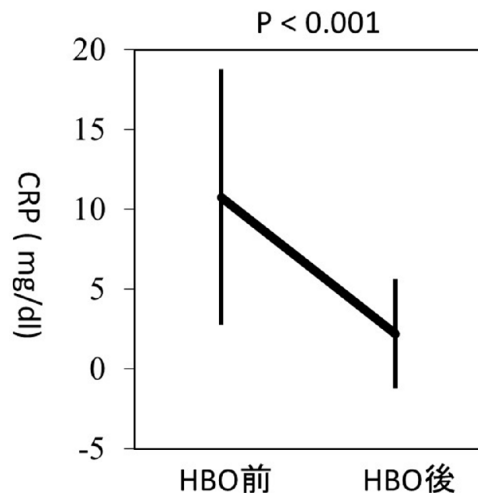


図7. HBO前後でのCRP値の推移。HBO後に有意にCRP値の減少が得られた ($p < 0.001$)。

④HBO前後でのWBC、CRPの変化

感染性疾患に対するHBO88クルではHBO直前のWBCは平均 $11,843 \pm 6,383 / \mu\text{l}$ であった。HBO終了時のWBCは平均 $7,188 \pm 3,945 / \mu\text{l}$ であり、有意にWBC数の減少が得られた ($p < 0.001$) (図6)。

感染性疾患に対するHBO88クルではHBO直前のCRPは平均 $10.7 \pm 8.0 \text{ mg/dl}$ であった。HBO終了時のCRPは平均 $2.2 \pm 3.4 \text{ mg/dl}$ であり、有意にCRP値の減少が得られた ($p < 0.001$) (図7)。

また、HBO開始までに7日以上抗生剤投与などの前治療を行った感染性疾患12例に絞ってWBC、CRPの変化を検討すると、前治療開始時とHBO直前の値は有意差が出なかったものの、

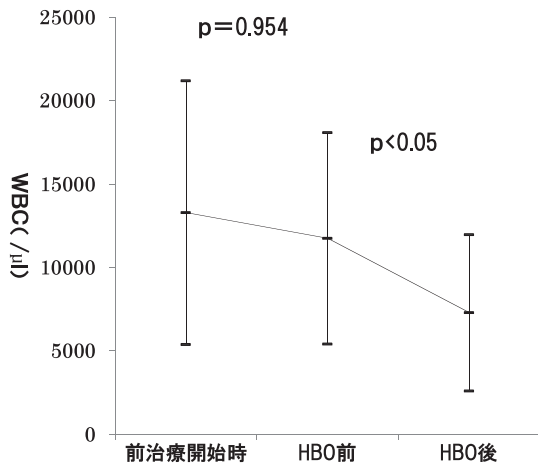


図8. 7日以上の前治療を行った感染性疾患12例でのWBC数の変化。目治療開始時とHBO直前は有意差がなかったが、開始前後では有意に減少。

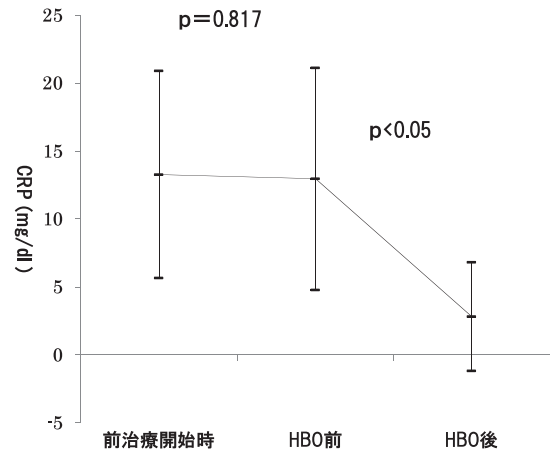


図9. 7日以上の前治療を行った感染性疾患12例でのCRP値の変化。目治療開始時とHBO直前は有意差がなかったが、開始前後では有意に減少。

HBO前後では有意に減少していた ($p<0.05$) (図8, 9)。

⑤HBO前後での小野寺栄養評価指数 (PNI) の推移

94回すべてのHBOで小野寺PNIを計算した。HBO前に総リンパ球数を測定していなかった2例を除くとHBO前の小野寺PNIの平均値は 35.4 ± 7.3 であった。HBO後に総リンパ球数を測定していなかった4例を除くとHBO後の小野寺PNIは平均 39.4 ± 8.9 で有意にHBO後に小野寺PNIの改善を認めた ($p<0.001$) (図8)。

【考 察】

①HBO実施回数

1症例につき平均 10.9 ± 5.3 日間 (2~28日間) HBOを行っていた。HBOを中止する明確な基準はないが、終了の目安はHBOで症状の改善を認めて症状が安定した時点。あるいは、それ以上HBOを続けても改善が見込めず、別の治療手段が必要と判断した場合と考えている。

②各疾患別のHBOの有効例と無効例

食道癌術後の縦郭炎にはHBOが有効であった。食道破裂による縦郭内ガス壊死にHBOが有効であった報告がある⁵⁾。

麻痺性イレウスに対するHBOの有効率は92%、癒着性イレウスは85%と報告されている⁶⁾。自験例でも麻痺性イレウスにはHBO有効であった。しかし癒着

性イレウスには手術的治療が必要となったため、イレウスに対してはいたずらに長期間HBO行うべきでないと考えられる。繰り返す開腹手術後や癒着部位が多数あって、すぐにイレウス解除術を行うことがためられる場合にHBOをまず行ってみる方法はあるかもしれない。

腸管気腫症に対するHBOは有効であった。HBOは腸管気腫症および門脈ガス血症に有効と報告されている⁷⁾。

自験例では放射線性腸炎症例には有効でなかったが、一般的には放射線照射後の出血性膀胱炎、腸炎、骨壊死などにHBOは有効と報告されている^{8), 9)}。放射線性の難治性潰瘍には数十回のHBOが必要となる。

虫垂炎の術後の遺残膿瘍や重度の大腸憩室炎に対してはHBOが非常に有効であり、解熱、WBC、CRP値の減少、CTでの膿瘍の縮小が得られた。一方、小腸や大腸で腸管内腔と交通のある症例ではHBOの効果はあまり認められなかった。消化管と交通のある腹腔内膿瘍には消化管切除を伴うドレナージ手術や人工肛門造設術が必要と思われる。

閉塞性黄疸のRatにHBOを行いbacterial translocationが減少し、感染や敗血症が減少すると報告されている¹⁰⁾。またHBOは肝の虚血再灌流障害を改善する¹¹⁾。肝細胞癌に対する肝切除でHBOは輸血量、合併症を減らし、免疫を改善する¹²⁾。自験例では肝膿瘍や肝切除後離断面の感染症例すべてでHBOが有効であった。生体肝移植後の肝障害や胆汁うっ滞にHBOが有効で¹³⁾、肝再生率が良好になったと報告されている¹⁴⁾。

臍頭十二指腸切除術や臍体尾部切除後には臍離断面の細い分枝臍管から臍液漏が生じる。ここに感染すると腹腔内膿瘍が生じたり、血管が消化されれば後出血で致命的となりうる。Kimuraらは本邦の8,575例の臍頭十二指腸切除術の成績をまとめ、2.8%の入院死亡率があることを報告した¹⁵⁾。木村らは臍切除後にはドレナージが重要であり、また持続洗浄の有用性を報告している^{16)~18)}。臍切除後の腹腔内感染症が抗生剤で炎症所見がなかなか下がらない場合にHBOを併用するとより早く炎症の改善が得られた。また急性臍炎に対してもHBOが有用という報告もある¹⁹⁾。

皮下・腹壁膿瘍の4例ともにHBOで軽快したが、HBOは糖尿病や動脈硬化による下肢の血行障害、皮膚移植片の血行、蜂窩織炎などの軟部組織障害を改善する^{20), 21)}。

フルニエ壊死は会陰部に発生し急速に進行する死亡率16%の壊死性軟部組織感染症である。HBOはフルニエ壊疽に有効と言われている²²⁾。自験例ではフルニエ壊死ではないが、類似した肛門周囲膿瘍や痔瘻の感染に有効であった。ドレナージが困難な複雑痔瘻症例にHBOは有効と考えられる。

③感染性疾患の解熱効果

HBO開始日の当日から38℃以下に下がることはよく経験される。抗生剤を平均5.2±6.5日投与しても改善しなかった症例に対し、HBO開始直前に38℃以上の発熱のあった42例では、HBO開始後38℃未満に解熱するまでの日数は平均3.1±3.9日であった。HBOによる局所低酸素の改善や好中球による活性酸素による殺菌の促進(30~40 mmHg以上)、局所の循環不全の改善により、抗生剤が到達しやすくなることが考えられている¹⁾。

HBOでは好気性菌が増殖してしまうことが危惧されるかもしれないが、2 ATA以上では嫌気性菌のみならず好気性菌の殺菌作用が報告されている³⁾。

④HBO前後でのWBC、CRPの変化

感染性疾患86例のうち81例(94%)でHBOが有効であった。HBOによる炎症の改善の数値化の報告は少ないが²³⁾、HBOによる上記の殺菌効果がWBC、CRP値の低下につながったものと考えられた。また、抗生剤投与などの一般的治療抵抗性の症例に対しても効果が得られる可能性が示唆された。

⑤HBO前後での小野寺PNIの推移

栄養に関する指標はいくつかあるが本邦では小野寺

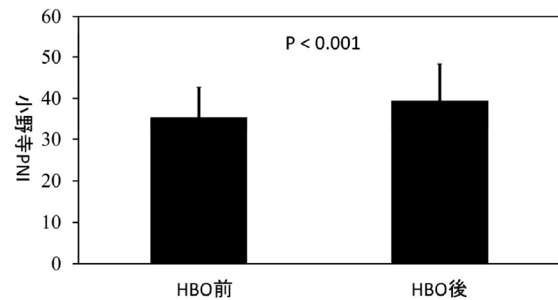


図10. HBO前後での小野寺prognostic nutritional index (PNI) の変化。
HBO後には有意に小野寺PNIが良好となっていた($p < 0.001$)。

の指数 (prognostic nutritional index, PNI) が有名である²⁴⁾。PNI = $10 \times$ アルブミン値 (g/dl) + $0.005 \times$ 総リンパ球数 (/mm³) で計算される。小野寺の指標は大腸手術における危険性を予測するもので、PNI 40以下で切除や吻合は禁忌であり、40を越える場合は可能とされている。この指標は大腸以外でも広く使用されている。

今回の検討でHBO前の平均小野寺PNIは35.4であった。HBO後平均39.4と有意に栄養状態の改善が得られた(図10)。検索しえた限りではHBOによる栄養評価の報告はなかった。HBOでアルブミン値や総リンパ球数が増加した理由には、HBOによる肝機能の改善効果^{10), 11), 14)} および免疫能改善¹²⁾ によると考えられる。

【結 語】

1. HBOは他の治療手段の補助的な治療法である。特に虫垂炎術後遺残膿瘍などの消化管との交通のない腹腔内膿瘍、液状化していない肝膿瘍、ドレナージ困難な後腹膜膿瘍は非常に良い適応と考えられる。一方、消化管内腔と交通のある症例は効果が期待できず、早期の外科的介入が必要と考えられた。
2. 平均11日間のHBOで82%の症例に有効であった。感染性疾患では94%が有効で、38℃以上の発熱例では平均3.1日で解熱した。
3. HBOは嫌気性菌のみならず、好気性菌にも有効である。
4. 抗生剤、ドレナージなどで改善が得られない場合にはHBOの併用も考慮すべきである。
5. HBOは小野寺PNIを有意の改善し、栄養状態を向上させることが初めて示された。

【参考文献】

1. 第5版高気圧酸素治療法入門. 日本高気圧環境・潜水医学会編. 東京
2. 榊原欣作: 高気圧酸素療法治療の基礎と臨床. 医学書院. 東京, 2009: p473-489, p503-506
3. Tibbles PM, Edelsberg JS: Hyperbaric-oxygen therapy. *New Engl J Med*. 1996; 334: 1642-1648
4. Hirai I, Kimura W, Watanabe T, Tezuka K, Moriya T, Fukumoto T, et al.: Hyperbaric oxygen therapy for pancreatic and gastrointestinal disease. *Pancreatic Dis Ther* 2013; S4: 006
5. Salo JA, Savola JK, Toikkanen VJ, Perhoniemi VJ, Pettila VYO, Klossner JA, et al.: Successful treatment of mediastinal gas gangrene due to esophageal perforation. *Ann Thorac Surg* 2000; 70: 2143-2145
6. Ambiru S, Furuyama N, Aono M, Kimura F, Shimizu H, Yoshidome H, et al.: Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of postoperative paralytic ileus and adhesive intestinal obstruction associated with abdominal surgery: experience with 626 patients. *Hepatogastroenterology* 2007; 54: 1925-1929
7. Ito M, Horiguchi A, Miyakawa S: Pneumatosis intestinalis and hepatic portal venous gas. *J Hepatobiliary Pancreat Surg* 2008; 15: 334-337
8. 松下晴雄, 根本健二, 小川芳弘, 有賀久哲, 武田賢, 坂谷内徹ほか: 放射線治療の晩期有害事象に対する高気圧酸素療法についての検討. *日放腫会誌* 2007; 19: 147-155
9. Marshall GT, Thirlby RC, Bredfeldt JE, Hampson NB: Treatment of gastrointestinal radiation injury with hyperbaric oxygen. *Undersea Hyperb Med*. 2007; 34: 35-42
10. Akin M, Erenoglu C, Dai A, Erdemoglu A, Elbuken E, Batkin A: Hyperbaric oxygen prevents bacterial translocation in rats with obstructive jaundice. *Dig Dis Sci* 2001; 46: 1657-1662
11. Kibara K, Ueno S, Sakoda M, Aikou T: Effects of hyperbaric oxygen exposure on experimental hepatic ischemia reperfusion injury: relationship between its timing and neutrophil sequestration. *Liver Transpl*. 2005; 11: 1574-1580
12. Ueno S, Sakoda M, Kurahara H, Iino S, Minami K, Ando K, et al.: Safty and efficacy of early postoperative hyperbaric oxygen therapy with restriction of transfusions in patients with HCC who have undergone partial hepatectomy. *Langenbecks Arch Surg* 2011; 396: 99-106
13. 島田光生, 藤井正彦, 居村暁, 森根裕二, 石橋広樹, 八木博司ほか: 生体肝移植における過小グラフトに対する高気圧酸素療法の有用性. *日臨高気圧酸素・潜水医学会誌* 2004; 1: 46-50
14. Suehiro T, Shimura T, Okamura K, Okada T, Okada K, Hashimoto S, et al.: The effect of hyperbaric oxygen treatment on postoperative morbidity of left lobe donor in living donor adult liver transplantation. *Hepatogastroenterology* 2008; 55: 1014-1019
15. Kimura W, Miyata H, Gotoh M, Hirai I, Kenjo A, Kitagawa Y, et al.: A pancreaticoduodenectomy risk model derived from 8575 cases from a national single-race population (Japanese) using a web-based data entry system: the 30-day and in-hospital mortality rates for pancreaticoduodenectomy. *Ann Surg*. 2014; 259: 773-780
16. 木村理, 柴田健一, 藤本博人, 神尾幸則, 竹下明子, 平井一郎ほか: 膵切除後のドレナージ. *手術* 2008; 62: 1545-1551
17. Kimura W: Strategies for the treatment of invasive ductal carcinoma of the pancreas and how to achieve zero mortality for pancreaticoduodenectomy. *J Hepatobiliary Pancreat Surg*. 2008; 15: 270-277
18. 木村理: 消化器癌併存症-周術期の対処法. 膵頭十二指腸切除術の周術期管理. *手術* 2012; 74: 1091-1095
19. Cuthbertson CM, Christophi C: Potential effects of hyperbaric oxygen therapy in acute pancreatitis. *ANZ J Surg*. 2006; 76: 625-630
20. Wang C, Schwaitzberg S, Berliner E, Zarin DA, Lau J: Hyperbaric oxygen for treating wound. *Arch Surg* 2003; 138: 272-279
21. Roeckl-Wiedmann I, Bennett M, Kranke P: Systematic review of hyperbaric oxygen in the management of chronic wounds. *Br J Surg* 2005; 92: 24-32
22. Rosa I, Guerreiro F: Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of Fourier's gangrene: a review of 34 cases. *Acta Med Port* 2015; 28: 619-623
23. Rossignol DA, Rossignol LW, James SJ, Melnyk S, Mumper E: The effects of hyperbaric oxygen therapy on oxidative stress, inflammation, and symptoms in children with autism: an open-label pilot study. *BMC Pediatr*. 2007; 7:1-13
24. 小野寺時夫, 五関謹秀, 神前五郎: Stage 4・5 (5は大腸癌) 消化器癌の非治療切除・姑息手術に対するTPNの適応と限界. *日外会誌* 1984; 85: 1001-1005

Significance of hyperbaric oxygen therapy (HBO) for gastrointestinal disease and peritoneal abscess-especially usefulness for infection and nutrition

Mitsuhiro Yano, Ichiro Hirai, Osamu Hachiya, Toshihiro Watanabe,
Koji Tezuka, Shuichiro Sugawara, Wataru Kimura

First Department of Surgery, Yamagata University Graduate School of Medical Science

ABSTRACT

Background: Though hyperbaric oxygen therapy (HBO) is mainly used for ileus and pneumatosis cystoides intestinalis in gastrointestinal (GI) tract diseases, HBO seldom use for other GI tract disease. We studied the usefulness of HBO for GI tract disease.

Methods: Patients were treated once a day in a hyperbaric chamber at a pressure of 2.0 atmospheres absolute and received 100% oxygen. Ninety-four times of HBO were done for 90 GI tract patients, such as esophagus, stomach, duodenum, small intestine, liver, biliary tract, pancreas, colorectal, anal fistula and abdominal wall.

The clinical parameters were recorded for each infectious patient including the period between onset of fever (more than 38 degrees) and the start of HBO, number of sessions (days) of HBO, period between from the start of HBO to fever resolution (less than 38 degrees), white blood cell count, CRP level before and after HBO.

Onodera's prognostic nutritional index (PNI) was calculated for each patient of all HBO cases as nutritional index and statistically analyzed.

Results: The mean number of sessions (days) of HBO was 10.9 (range 2 to 28). Seventy-seven out of 94 times of HBO were clinically effective (81.9%). Seventeen cases of HBO were considered non-effective and required other treatment option, such as surgical drainage.

HBO was especially effective for mediastinal abscess after esophagectomy, paralytic ileus, pneumatosis cystoides intestinalis, remnant abscess after appendectomy, liver abscess and abscess after hepatectomy. On the other hand, HBO was not effective for abscess which connected with intestinal lumen and adhesional ileus.

The mean period between onset of fever and the HBO was 5.2 ± 6.5 days for infectious disease. In 42 cases which showed more than 38 degrees at initial HBO, the fever decreased to less than 38 degree within 3.1 ± 3.9 days.

The mean white blood cell count significantly decreased from 11,843 to 7,188/ μ l and CRP level from 10.7 to 2.2 mg/dl ($p < 0.001$) after HBO.

Onodera's PNI was significantly improved from 35.4 to 39.4 after HBO ($p < 0.001$).

Conclusions:

1. Though HBO is used in combination with other treatments, such as antibiotics and drainage, HBO is effective for management of refractory infections in the gastroenteric field. HBO is especially effective for infections that are difficult to drain, such as multifocal abscess, phlegmon and difficult to drain.
2. Mean number of HBO sessions (days) was 10.9. HBO was effective for 82% cases of infectious cases and fever decreased to less than 38 degrees at 3.1 ± 3.9 days.
3. HBO is effective for clearance of not only anaerobic but also aerobic bacteria.
4. HBO should be considered as an additional treatment for patients with infections that are refractory to standard antibiotics or drainage.
5. Onodera's PNI was improved with HBO. HBO is considered to improve nutritional state.

Key words: Hyperbaric oxygen therapy, Peritoneal abscess, Onodera's prognostic nutritional index, Pneumatosis cystoides intestinalis