

【資料】

高気圧酸素療法(HBO)を行ったミエロパシィ(脊髄症)の検討 —78例20余年の経験から—

井上 治¹⁾ 野原 博和²⁾ 我謝 猛次²⁾ 黒島 聡²⁾ 六角 高祥²⁾ 金谷 文則²⁾
 稲福 齊³⁾ 國吉 幸男³⁾ 久木田 一郎⁴⁾
 琉球大学医学部附属病院 高気圧治療部¹⁾
 同 整形外科²⁾
 同 第2外科³⁾
 同 救急部⁴⁾

HBO (hyperbaric oxygen therapy) を行った脊髄症 (myelopathy ; 以下, ミエロパシィ) 78例を原因疾患別に分け, 脊髄除圧術などの併用効果, HBOが主体となる治療効果などを検討した。髄内腫瘍では10例中9例で脊髄麻痺を残したが, 悪性グリオーマ1例ではHBO直後に増感照射を行い, 腫瘍の消失と麻痺の回復が得られた。硬膜内髄外腫瘍11例や, 脊椎症13例, 脊椎脱臼骨折7例, 環軸椎亜脱臼5例など圧迫性ミエロパシィの経験によりHBOは特に術後麻痺の改善に有効と考えられた。脊髄動静脈奇形および血管腫6例, 解離性大動脈瘤7例などに合併した脊椎梗塞9例では手術適応が無く, HBOが主体的治療となり, 自然経過との比較が必要であるが, 麻痺の改善が約半数で得られた。化膿性脊椎炎など11例に対し, HBOは感染の鎮静化と麻痺の回復に不可欠と思われ, 癌脊椎転移6例では日常生活動作 (ADL) の早期回復に有用と考えられた。

キーワード 脊髄症, 高気圧酸素療法, 脊髄腫瘍, 脊髄動静脈奇形, 脊髄梗塞

【Information】

Evaluation of Myelopathy Treated by Hyperbaric Oxygen Therapy (HBO) — Experience of 78 Cases over 20 years —

Osamu Inoue, Hirokazu Nohara, Takeshi Gaja, Satoshi Kuroshima, Takahiro Rokkaku,
Fuminori Kanaya, Satoshi Inahuku, Yukio Kuniyoshi, Ichiro Kukita

keywords hyperbaric oxygen therapy, spondylotic myelopathy, spinal cord tumor, spinal cord arteriovenous malformation, spinal cord infarction

I. 背景と目的

急性期の脊髄症 (myelopathy ; 以下, ミエロパシィ) に対する高気圧酸素療法 (hyperbaric oxygen therapy, HBO) は, 本邦では保険適応であり, HBOの有効性を支持する臨床報告や総説論文があるが¹⁻⁷⁾, 欧米の代表的学会であるUndersea Hyperbaric Medical Society (UHMS) やEuropean Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) では適応には挙げられて

いない⁸⁾。一方, 欧米でも急性期の脊髄損傷に対するHBOの有効性を支持する臨床報告⁹⁻¹²⁾や動物実験^{10, 12-17)}がある。Gamacheらは(1981年), 無作為比較試験 (randomized controlled trial ; RCT) を急性脊髄損傷50例に行い, HBOを発症から平均7.5時間で開始した群では, HBO非施行群と比較して予後に差はなかったが, 麻痺の回復は早かったと報告している¹¹⁾。したがってミエロパシィに対するHBOは, 急

性期には治療効果が期待されるが、HBOの条件（開始時期や治療圧、回数など）によっては予後も改善し得ると解釈される。今日まで、Gamacheら以外の比較試験は報告されておらず、多様で多因性であるミエロパシィを疾患別に挙げ、HBOとの関連で検討した臨床報告は少ない。一方、HBOにはミエロパシィの緩和作用とは別に、抗感染作用や放射線照射（以下、照射）の増感作用、リハビリとの相乗効果などに関する基礎および臨床研究の蓄積があり⁸⁾、ミエロパシィに対しHBOを選択する場合の合理的根拠となっている。

ミエロパシィに対する脊髄除圧術（椎弓切除、前方除圧固定など）は重要な手術手技であるが、術後一時的に麻痺が悪化する場合もあり、当院ではHBOが補助療法として行われてきた。これらの手術が適応とならない急性期の脊髄動静脈奇形（spinal cord arteriovenous malformation；以下、AVM）や解離性大動脈瘤などに合併する脊髄梗塞に対するHBOは、重篤な後遺症を軽減し得る数少ない治療法である可能性がある。また髄内病変によるミエロパシィは多くの場合、髄外病変によるミエロパシィより機能的予後（以下、予後）が悪く、さらに病変あるいは病因が腫瘍性、脊椎症性、感染性、外傷性、血管性などで治療法や予後が異なるため、HBOの適応や適宜な適用などが十分に論議されていない。そこでHBOが適応となり得るミエロパシィの病因を列挙、分類し、それぞれの疾患に対するHBO効果を手術療法などとの関連で評価する必要があると考えた。尚、減圧症に起因するミエロパシィは再圧治療の絶対的適応であり⁸⁾、ここでは触れなかった。

II. ミエロパシィの分類と評価方法

1989～2009年に当部で治療した全てのミエロパシィ78例を3つの病因に基づいて大別し、病因ごとに3疾患群（以下、疾患）、計9疾患をHBOが適応となり得るミエロパシィとした。すなわち脊髄自体に病因がある場合（脊髄因性）、脊椎の病因が脊髄を障害する場合（脊椎因性）、あるいは脊髄・脊椎以外の病因が脊髄を障害する場合（脊髄・脊椎外因性）に大別し、それぞれミエロパシィを来す疾患を挙げ、対象症例を提示した。

ミエロパシィは、障害の軽いラディクロパシィ（radiculopathy；脊髄神経根障害）と区別し、脊髄の錐体路系障害（long tract sign）による歩行障害や上肢の巧緻障害などをミエロパシィの全身的障害度の指標とし、ミエロパシィの改善度で治療効果を判定した。ミエロパシィの重症度は、フランケル（Frankel）分類¹⁸⁾を参照し5段階に分けた。すなわち高度四肢麻痺；上肢が完全麻痺か不全麻痺で実用性なく、下肢は歩行不能。不全四肢麻痺；上肢が不全麻痺である程度使え、補助具にかかわらず下肢はなんとか歩ける。高度対麻痺；上肢は正常範囲、下肢は歩行不能。不全対麻痺；補助具にかかわらずなんとか歩ける。シビレ・疼痛；明らかな運動・知覚障害は無いがラディクロパシィを含めた症状。また、頸部脊椎症性脊髄症治療判定基準（日本整形外科学会、1996年）^{19, 20)}に基づき、ミエロパシィの重症度を完全四肢麻痺の0ポイントから麻痺なしの17ポイントとし、術前あるいはHBO施行前の重症度と、一連のHBO施行後の重症度と比較し評価した。術直後にミエロパシィが増悪したが減少したポイントが明らかでない場合（カルテ記載が無いなど）は、麻痺の増悪あるいは新たな麻痺の出現は2ポイントの減少、シビレ・疼痛が発生した場合は1ポイントの減少とした。ミエロパシィの重症度は発症時、手術が行われた場合は術前および術後、退院（多くは転院、以下略）時、退院後の経過観察時で評価した。また治療経過が特異と思われる症例などを提示した。

III. HBO

HBOは、第2種高気圧酸素治療装置（収容人員14人、昭和59年羽生田鉄鋼社製）を用い、当初、2.0ATA、治療圧60分、加・減圧各15分（以下、60分）で行っていたが、1997年より2.4ATA、60分、2001年より2.8ATA、60分を行っている。おもに急性期（最初の一週間など）は一日1回連日に、以降は週5回行った（以下、HBOとのみ記）。またHBOは、退院（転院）まで、あるいは症状がほぼ固定化するまでリハビリとの併用で継続した。

IV. 症例ならびに治療経過

A. 脊髄因性ミエロパシィ

1. 脊髄内腫瘍

[症例] 10例の内訳は、男性 (以下、男) 5例、女性 (以下、女) 5例で、比較的若い22~61歳 (平均35歳) の年齢層であった。9例は脊髄原発の腫瘍で、悪性グリオーマ4例 (glioblastoma 1例, astrocytoma 2例, ependymoma 1例), 良性腫瘍5例 (lipoma, haemangioblastoma 各1例など) であり、1例は軟骨肉腫の脊髄転移であった。病変部位は、頸髄1例、胸髄8例、腰髄1例で、術前症状は不全四肢麻痺1例、高度対麻痺1例、不全対麻痺8例であった (表1)。

[治療経過] 椎弓切除により良性腫瘍では摘出術が5例、悪性グリオーマでは部分切除術が2例、生検のみが2例に行われ、転移の1例では手術は行われなかった。HBOは2例では術前から、4例では術翌日から、術後5,6,8及び13日から各1例で開始し、3~39回 (平均15回) 施行した。良性腫瘍5例では術前の麻痺は軽度で、術後、3例で麻痺が増悪したがいずれもミエロパシィの改善が得られた。悪性グリオーマ4例では術前より高度のミエロパシィを呈し、術後も3例では麻痺は増悪したが、HBO直後に照射を行った1例 (後述) のみミエロパシィがほぼ軽快し、腫瘍の再発は見られなかった。手術も照射も行われなかった脊髄転移1例はミエロパシィに変化はなかった (表1, 図1)。

[症例提示] 悪性グリオーマ4例に放射線照射 (以下、照射) が行われたが、HBOとのタイミングが異なっていた。〔36歳女性; 胸髄astrocytoma (WHO grade

3)。図1-①, 図2〕。高度対麻痺となり、生検後、LINAC分割照射45Gy (1.8Gy/日, 25回) を合志方式 (HBO直後に照射)²¹⁾で行った。照射終了時にはMRIの著明な改善と共に杖歩行が可能となった。5年後、独歩可能で時に下肢痛を訴えるが主婦業に支障はない。〔24歳女性; 胸髄glioblastoma (WHO grade 4)。図1-②〕。生検後、不全対麻痺となり、合志方式で分割照射50Gy (2Gy/日, 25回) を行うも髄内播種により四肢麻痺で死亡した。〔37歳男性; 胸髄ependymoma (WHO grade 3)。図1-③〕。歩行障害と下肢のシビレが出現し、切除後、対麻痺が悪化した。術後5日よりHBOを開始し、分割照射45Gy (3Gy/日, 15回) を同日 (午前HBO, 午後照射) に行ったが、高度対麻痺で転院した。〔22歳男性; 頸髄astrocytoma (WHO grade 3)。図1-④〕。左上肢麻痺、痙攣性歩行があり、他院で、切除と術中照射15Gyが行われた。術後、脊髄浮腫を来しHBO3回のみで中絶し、気管切開による人工呼吸管理となり転院した。

2. 硬膜内髄外腫瘍および、くも膜嚢胞 (以下、嚢胞)

[症例] 11例の内訳は、男6例、女5例、年齢は14~80歳 (平均53歳) であった。いずれも硬膜内髄外原発の良性腫瘍あるいは嚢胞で、神経鞘腫3例 (ダンベル型1例)、髄膜腫2例、嚢胞2例、脂肪腫1例などであり、病変部位は頸髄4例、胸髄7例で、高度四肢麻痺1例、不全四肢麻痺4例、高度対麻痺3例、不全対麻痺3例であった (表1)。

[治療経過] 椎弓切除と同時に、良性腫瘍9例では摘出術、嚢胞2例では摘出術あるいは穿刺が行われ、4

表1 脊髄因性ミエロパシィの治療経過と転帰

	原因	前症状	術式	術後症状	HBO	放射線照射	転帰
脊髄内腫瘍 10例	悪性グリオ4例	不全四肢麻痺1例	摘出5例	麻痺悪化5例	3~39回	HBO直後照射2例	高度四肢麻痺1例
	良性腫瘍など5例	高度対麻痺1例	部分切除2例	麻痺出現2例	平均15回	HBO同日照射1例	高度対麻痺2例
	脊髄転移1例	不全対麻痺8例	生検のみ2例			術中照射1例	不全対麻痺6例
			手術なし1例				ほぼ回復1例
硬膜内脊髄外 腫瘍 11例	神経鞘腫 3例	高度四肢麻痺1例	摘出10例	麻痺悪化4例	3~19回	照射例なし	不全四肢麻痺4例
	髄膜腫2例	不全四肢麻痺4例	穿刺1例		平均10回		高度対麻痺1例
	頸髄4例	嚢胞2例					不全対麻痺5例
	胸髄7例	脂肪腫1例など					ほぼ回復1例
脊髄内血管異常 6例	動静脈奇形 5例	不全四肢麻痺1例	血管結紮1例	麻痺増悪1例	12~41回	照射例なし	不全四肢麻痺1例
	血管腫1例	高度対麻痺3例	塞栓術1例	塞栓失敗1例	平均26回		高度対麻痺1例
	胸髄6例	不全対麻痺2例	硬膜切11例	脊髄浮腫1例			不全対麻痺3例
			血腫除去1例				シビレ疼痛1例

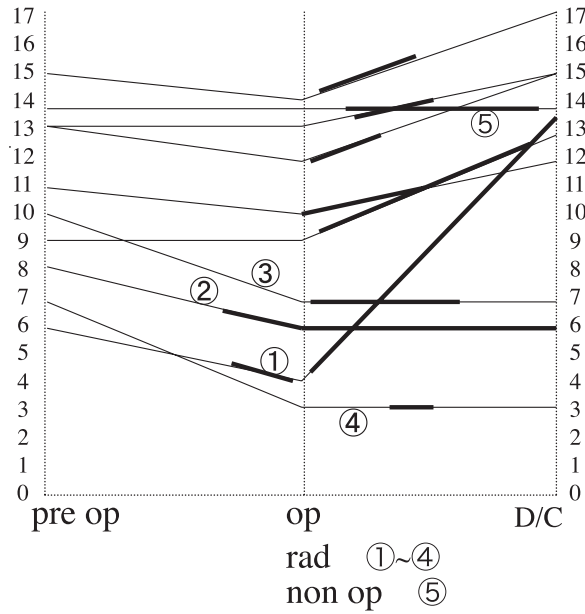


図1 脊髄内腫瘍10例におけるミエロパシの経過

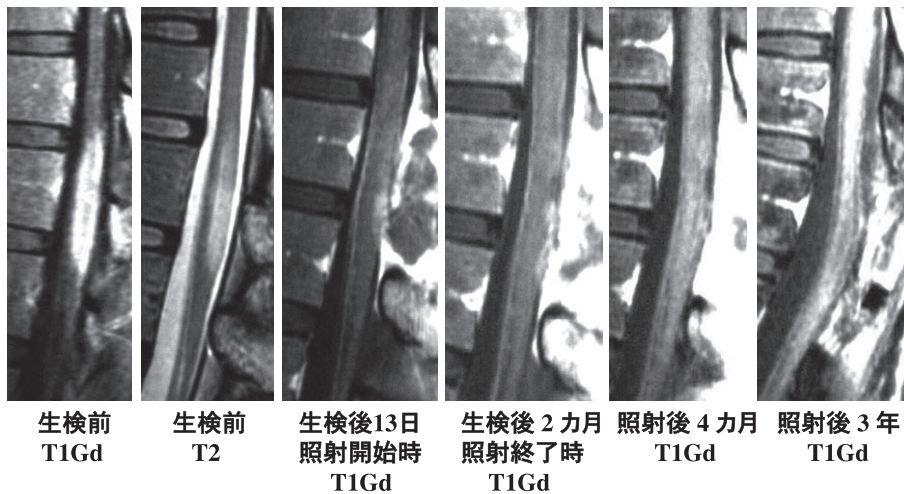


図2 36歳女性；胸髄 astrocytoma (grade 3), 治療経過のMRI画像 (図1①)

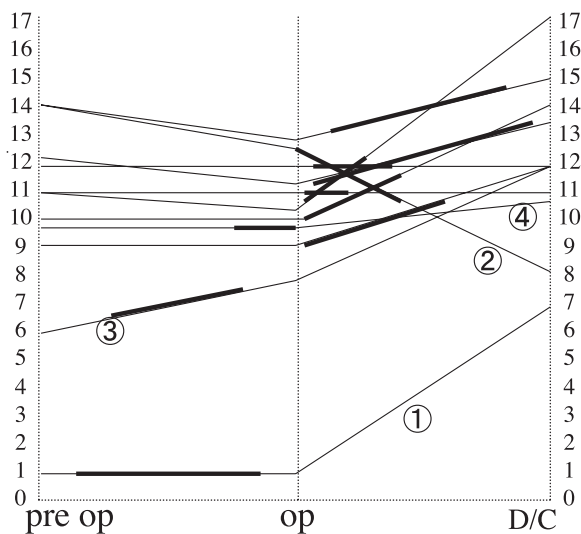


図3 硬膜内髄外腫瘍11例におけるミエロパシの経過

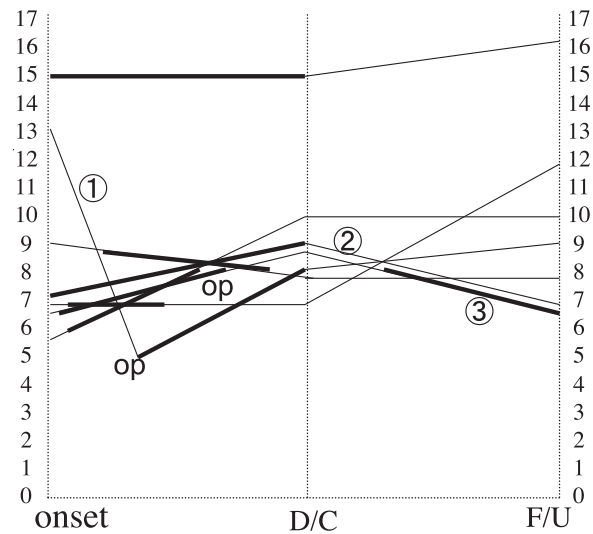


図4 脊髄内血管異常6例におけるミエロパシの経過

例で麻痺が悪化した。HBOは3例では術前から、5例では術翌日から、3例では術後2、2、5日から総計3～19回 (平均10回) 行い、ミエロパシィは11例中8例で改善した (表1, 図3)。

〔症例提示〕〔69歳男性；髄膜種。図3-①〕他院での摘出術後、高度四肢麻痺となったが、HBOを14回を行った後、血腫除去術を行い、麻痺は改善した。〔47歳女性；脂肪腫。図3-②〕脊髄背側から発生し、他院で可及的切除が行われたが、麻痺が増悪した。翌日よりHBOを9回行ったが水頭症 (hydrocephalus) を合併し、脳外科で髄液ドレナージを受けるも歩行障害を残した。

3. 脊髄内血管異常

〔症例〕6例の内訳は、男4例、女2例、年齢は16～50歳 (平均31歳) の比較的若い年齢層で、AVM5例、血管腫1例であった。いずれも病変部位は胸髄で、1例は出血の拡大により不全四肢麻痺を呈し、高度対麻痺3例、不全対麻痺2例などで来診した (表1)。

〔治療経過〕HBOは3例では、発症後早期 (翌日2例、発症3日後1例) に、3例では発症から3、4週後、2年後 (一度、緩解) に開始し、12～41回 (平均26回) 行い、1例では再発時に58回追加した (後述)。また異常血管結紮術1例、塞栓術1例、硬膜切開 (病巣確認のみ) 1例が行われ、1例はHBO2クール後に血腫除去術が行われた (後述)。6例中4例で麻痺の改善が得られた (表1, 図4)。

〔症例提示〕〔39歳男性；胸髄AVM。図4-①〕出血後、

急速に麻痺が増悪したため異常血管の結紮術が行われ、術後HBOを36回行い、杖歩行が可能となった。〔16歳女性；胸髄血管腫。図4-②, ③〕髄内出血直後からHBOを32回行い、麻痺の改善が得られたが出血が再発した。さらにHBOを17回施行後、血腫除去術が行われ麻痺の改善が得られたが、再出血しHBOを41回行ったが歩行不能となった。

B. 脊椎因性ミエロパシィ

1. 変性脊椎症

〔症例〕13例の内訳は、男7例、女6例で、年齢は42～83歳 (平均60歳) の中高年であった。後縦靱帯骨化症 (ossification of posterior longitudinal ligament, 以下, OPLL) 4例、黄色靱帯骨化症 (ossification of yellow ligament, 以下, OYL) 2例 (OPLLとの合併1例)、頸椎椎間板ヘルニア3例、頸椎症性脊髄症3例、頸部脊椎管狭窄1例によるミエロパシィであった。病変部位は頸椎11例、頸椎～胸椎2例 (OPLL) で、高度四肢麻痺4例、不全四肢麻痺8例、高度対麻痺1例であった (表2)。

〔治療経過〕椎弓切除が8例に、前方除圧固定が2例に、硬膜外電極留置が1例に行われ、術後血腫などにより7例で麻痺が一時的に悪化した。HBOは、手術を行わなかった1例では増悪時から行い、2例は術前から、4例は術翌日から、術後5、6、7、12、18、41日より各1例に3～29回 (平均16回) 行った。ミエロパシィは、症状が軽度であった2例でほぼ回復し、

表2 脊椎因性ミエロパシィの治療経過と転帰

	原因	前症状	術式	術後症状	HBO	転帰
変性脊椎症 13例	後縦靱帯骨化 4例	高度四肢麻痺4例	椎弓切除 8例	麻痺悪化 7例	3～29回	高度四肢麻痺2例
	黄色靱帯骨化 2例	不全四肢麻痺 8例	前方除圧固定 2例		平均16回	不全四肢麻痺 8例
	椎間板ヘルニア 3例	高度対麻痺 1例	硬膜外電極 1例			高度対麻痺 1例
	頸椎症 3例		手術なし 2例			シビレ疼痛 2例
	脊椎間狭窄症 1例					
脊椎脱臼骨折 7例	脱臼 (骨折) 3例	高度四肢麻痺 2例	後方 (除圧) 固定 4例	麻痺悪化 3例	17～30回	高度四肢麻痺 2例
	破裂骨折 2例	不全四肢麻痺 1例	前方固定 1例		平均22回	不全四肢麻痺 2例
	環軸椎 1例	圧迫骨折2例	シャント形成1例			高度対麻痺2例
	頸椎 2例、胸椎 1例	不全対麻痺1例	手術なし 1例			不全対麻痺 1例
	腰椎 3例					
環軸椎亜脱臼 5例	齒状突起骨 4例	不全四肢麻痺 4例	後頭頸椎固定 3例	麻痺悪化 3例	7～15回	不全四肢麻痺 4例
	脳性麻痺 1例	シビレ疼痛1例	環軸椎固定 2例	シビレ改善1例	平均11回	シビレ改善1例

7例で術前以上の改善が得られた(表2, 図5)。

[症例提示]〔58歳男性；頸椎椎間板ヘルニア。図5-①〕術後の痙性斜頸に対し他院で硬膜外電極設置術が行われたが完全四肢麻痺となり，直ちに電極が抜去され，6日後からHBOを21回行ったが不全四肢麻痺を残した。

2. 脊椎脱臼骨折

[症例] 7例の内訳は，男5例，女2例，年齢は15～71歳(平均40歳)であった。新鮮脱臼骨折によるミエロパシィは5例で，破裂骨折2例，圧迫骨折，前方脱臼，後方脱臼各1例で，病変部位は，環軸椎1例，

頸椎2例，胸椎1例，腰椎3例であった。また環軸椎脱臼骨折1例では外傷性脊髓空洞症による不全四肢麻痺を来し(後述)，腰椎圧迫骨折1例では遅発性ミエロパシィとなった。術前症状は高度四肢麻痺2例，不全四肢麻痺1例，高度対麻痺3例，不全対麻痺1例であった(表2)。

[治療経過] 緊急手術として後方除圧固定4例，前方除圧固定1例が行われ，遅発性脊髓空洞症1例には椎弓切除とシャント形成術が行われた。術直後，3例で麻痺が悪化し，HBOは6例に術後2，3，4，10，14，30日から17～30回(平均22.1回)施行した。遅

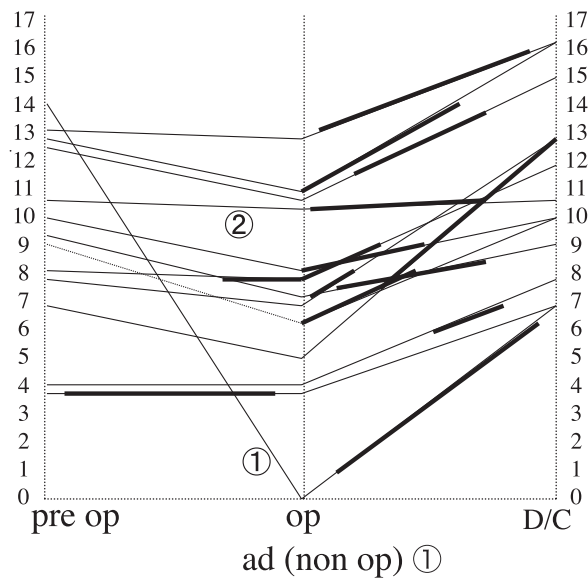


図5 変性脊椎症13例におけるミエロパシィの経過

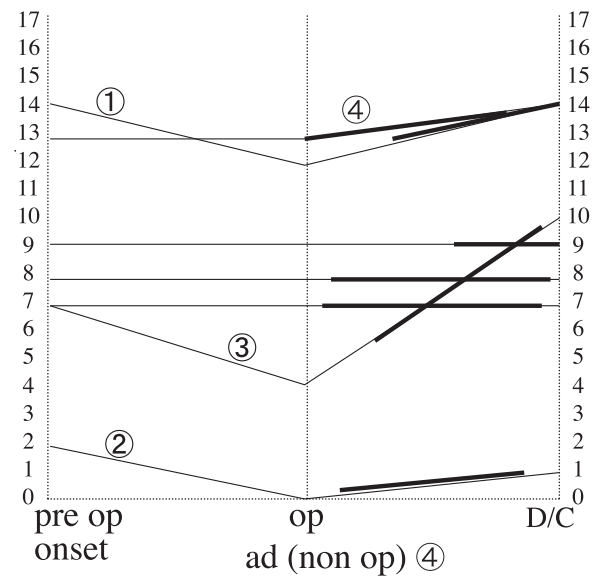


図6 脊椎脱臼骨折7例におけるミエロパシィの経過

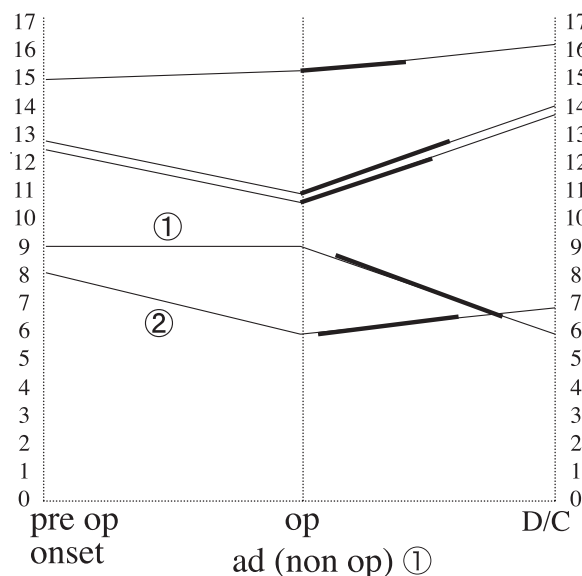


図7 環軸椎亜脱臼5例におけるミエロパシィの経過

発性ミエロパシィ1例では手術は行われず、HBOを19回行った(後述)。ミエロパシィの重症度は1例を除いて、ほとんど変わらなかった(表2, 図6)。

[症例提示] [38歳男性; 頸椎椎弓・椎体骨折。図6-①] 骨折後、後彎が進行し、後方固定が行われたが、肩の挙上が困難となった。HBOを20回行い、麻痺の改善が得られた。[15歳男性; 頸椎後方脱臼。図6-②] 後方除圧固定が行われたが麻痺が悪化し(1髄節上行), HBOを19回行い、上肢機能がわずかに回復した。[25歳男性; 外傷性脊髓空洞症。図6-③] 他院でのシャント形成術後、麻痺が増悪したが、椎弓切除を行い、HBO20回後、杖歩行が可能となった。

3. 環軸椎亜脱臼

[症例] 5例の内訳は、男1例、女4例、年齢は36～67歳(平均55歳)で、4例は先天性歯状突起骨により、1例は脳性麻痺により、数十年の経過で環椎との間で上位頸髄が狭窄されミエロパシィを発症した。除圧固定を目的として入院し、術前症状は4例で不全四肢麻痺を呈し、1例ではシビレ・疼痛のみであった(表2)。
[治療経過] 5例中、後頭・頸椎除圧固定が3例に、後方環軸椎固定が2例に行われたが、術直後に麻痺が3例で悪化し、1例のみシビレの改善が見られた。HBOは、術翌日から3例に、術後4、6日から各1例に7～15回(平均11回)行い、退院時、ミエロパシィの重症度はほとんど変わらなかったが、歩行改善4例、シビレ改善1例であった(表2, 図7)。

[症例提示] [67歳女性; 環軸椎亜脱臼。図7-①] 頸椎の後彎変形により不全四肢麻痺となりHBOを15回行ったが、麻痺は進行し手術を受けることなく転院した。[58歳女性; 環軸椎亜脱臼。図7-②] 後頭・頸椎固定術が行われたが硬膜外血腫により麻痺が悪化した。血腫の除去術後、HBOを14回行ったが、麻痺は術前レベルまで回復しなかった。

C. 脊髄・脊椎外因性ミエロパシィ

1. 化膿性脊椎炎

[症例] 11例の内訳は、男6例、女5例で、幅広い年齢層の19～89歳(平均54歳)であった。感染原因は、手術後の感染(前方固定2例、後方除圧固定3例)、硬膜外チューブ留置、星状神経節ブロック、レーザー治療各1例などの医原性であったが、また椎間板炎、硬膜外膿瘍、化膿性髄膜炎各1例では原因不詳(神経ブロックなどが行われた可能性あり)であった。病変部位は頸椎2例、胸椎7例、腰椎2例で、高度四肢麻痺3例、高度対麻痺6例、不全対麻痺2例であった(表3)。

[治療経過] 11例では、いずれも感染時に高度のミエロパシィを合併していたが、抗菌剤が投与され、術後は感受性に基づいて投与されていた。脊髄の除圧と病巣搔爬(排膿)が、前方除圧固定4例、後方除圧3例、抜釘1例で行われたが、3例では手術は行われなかった。HBOは2例では術前から、4例では術翌日か

表3 脊髄・脊椎外因性ミエロパシィの治療経過と転帰

	原因	前症状	術式	術後症状	HBO	転帰
化膿性脊椎炎など 11例	前方、後方除圧術後5例	高度四肢麻痺3例	前方除圧固定4例	麻痺悪化1例	6~41回	高度四肢麻痺2例
	ブロックなど医原性3例	高度対麻痺6例	後方除圧3例		平均21回	不全四肢麻痺1例
	頸椎2例	神経ブロック疑 3例	抜釘1例			高度対麻痺3例
	胸椎7例		手術なし3例			不全対麻痺4例
	腰椎2例					シビレ疼痛1例
癌脊椎転移 6例	乳癌、直腸癌、膀胱癌	高度四肢麻痺1例	後方除圧固定4例	疼痛改善6例	7~14回	高度四肢麻痺1例
	前立腺癌、軟骨肉腫	高度対麻痺4例	椎弓切除1例		平均10回	高度対麻痺2例
	頸椎1例	喉頭癌 各1例	緊急照射1例			不全対麻痺3例
	胸椎4例、腰椎1例					
脊髄梗塞 9例	解離性大動脈瘤7例	高度四肢麻痺2例	人工血管置換6例	高度四肢麻痺8例	2~47回	高度四肢麻痺5例
	(上行2, 下行3, 腰部1,	不全対麻痺1例	バイパス1例	不全四肢麻痺1例	平均18回	不全四肢麻痺3例
	胸椎9例	グラフト破裂1)	肺葉切除1例		67回1例	高度対麻痺1例
		肺切除後1例	手術なし1例			
	特発性1例					

ら、2日後および20日後から各1例に行われた。他3例では手術は行われず、HBOのみを、発症の翌日、2日後、及び9日後の各1例に行った。HBO施行回数は6~41回(平均21回)であった。退院時、全例で感染は鎮静化し、11例中6例でミエロパシィの改善が得られた(表3, 図8)。

[症例提示] [35歳女性; 頸椎化膿性脊椎炎。図8-①]。星状神経節ブロックを他院で受けたが、急速に四肢麻痺を来し自発呼吸不能となった。緊急に前方除圧固定術が行われ、翌日よりHBOを9回行い、感染は鎮静化し、介助起立まで改善した。[49歳男

性; 頸椎椎間板ヘルニア。図8-②]。他院でレーザー治療が行われたが、2日後より化膿性椎間板炎を合併し高度四肢麻痺となった。2週間後に前方除圧固定術が行われ、翌日よりHBOを28回行い、杖歩行まで可能となった。[89歳男性; 胸椎硬膜外膿瘍。図8-③] 帯状疱疹の留置チューブ(疼痛緩和用)からの感染で、高度対麻痺となったが、椎弓切除とHBO19回により杖歩行まで可能となった。[62歳女性; 胸椎OYL。図8-④] 後方除圧固定が行われ、創感染により麻痺が出現したが、抜釘することなくHBOを38回行い、感染は鎮静化し歩行可能となった。

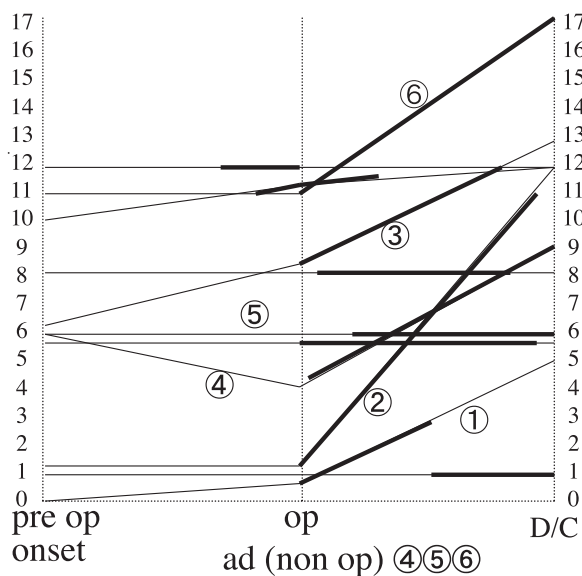


図8 化膿性脊椎炎など11例におけるミエロパシィの経過

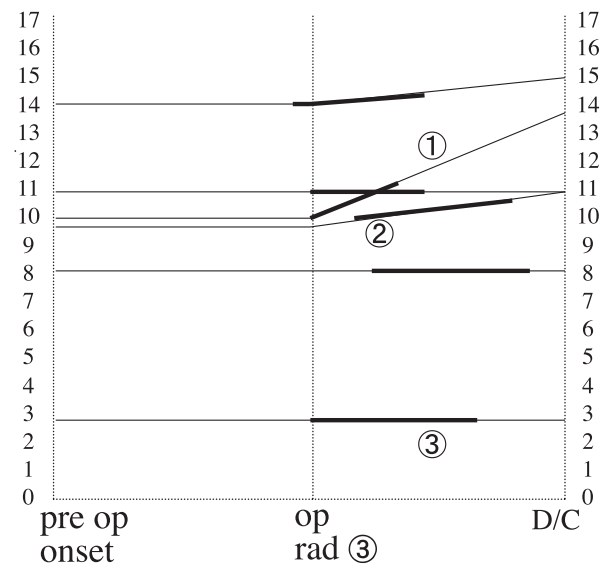


図9 癌脊椎転移6例におけるミエロパシィの経過

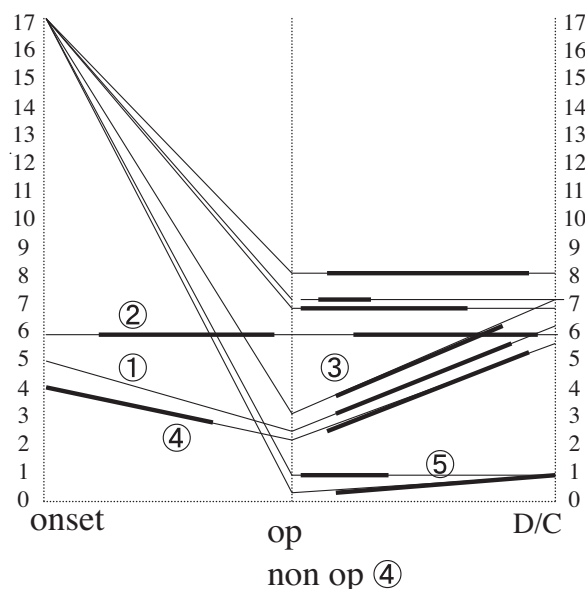


図10 脊髄梗塞9例におけるミエロパシィの経過

2. 癌脊椎転移

〔症例〕6例の内訳は、男5例、女1例で、中高年の41～64歳（平均53歳）であり、原発巣は乳癌、直腸癌、膀胱癌、前立腺癌、軟骨肉腫、喉頭癌各1例であった。転移部位は頸椎1例、胸椎4例、腰椎1例で、高度四肢麻痺1例、高度対麻痺4例、不全対麻痺1例であった（表3）。

〔治療経験〕後方除圧固定が4例、椎弓切除のみが1例、緊急照射が1例に行われた。術直後から、いずれも腰痛、シビレなどの改善が見られた。HBOは、1例では術前から、3例では術翌日から、術後7日及び8日後から各1例で、7～14回（平均10回）施行した。2例では歩行可能となり、全例で疼痛の緩和が得られたが、ミエロパシィの重症度は1例を除いてほとんど変わらなかった（表3、図9）。

〔症例提示〕〔41歳男性；膀胱癌の胸椎転移。図9-①〕椎弓切除・後方固定が行われ、HBO7回行い、背部痛の軽快と共に階段昇降も可能となった。〔53歳女性；乳癌の胸椎転移。図9-②〕転移による急性対麻痺に対し後方除圧固定が行われ、HBO10回を行い、徐痛と共に平地歩行が可能となった（図9-②）。〔64歳男性；喉頭癌の頸椎転移。図9-③〕転移による高度四肢麻痺に対し緊急照射が行われ、HBOを14回行ったが麻痺は変わらなかった（図9-③）。

3. 脊髄梗塞

〔症例〕解離性大動脈瘤が7例で、男5例、女2例、35～88歳（平均58歳）で、比較的若い年齢で発生していた。病変部位は上行大動脈2例、下行大動脈3例、腰部大動脈1例で、グラフト（人工血管）破裂が1例であった。いずれも腰背部痛や下肢のシビレで発症したが、1例では不全対麻痺を合併した。肺転移癌切除後1例（男、46歳）と原因不詳の後脊髄動脈症候群1例（女、41歳）では高度四肢麻痺を呈していた。解離性大動脈瘤7例に対し緊急手術として人工血管置換術が6例、バイパス術が1例に行われた。術前に麻痺が無かった6例で脊髄梗塞を発症し、いずれも高度四肢麻痺となった（表3）。

〔治療経過〕HBOは、術後2、5、6、9日から各1例、7、15日から各2例で開始し、2～47回（平均18.1回）行った。後脊髄動脈閉塞症1例ではミエロパシィ発症

直後からHBOを計67回行った。全9例中4例で麻痺の改善が得られたが、多くは高度なミエロパシィで退院した（表3、図10）。

〔症例提示〕〔35歳男性；腰部大動脈瘤解離。図10-①〕。胸痛発作と共に歩行不能となり、人工血管置換術後、麻痺はさらに悪化したがHBOを13回行い、平地歩行まで回復した。〔64歳男性；胸腹部大動脈瘤解離。図10-③〕。術後、高度四肢麻痺に陥ったが、術後15日よりHBOを9回行い、平地杖歩行可能となった。〔41歳女性；高位頸髄後脊髄動脈症候群。図10-④〕。発症直後からHBOを20回行ったが改善せず、さらにHBOを47回行い歩行可能となった。

V. ミエロパシィに対するHBO効果の集計的検討

本稿におけるミエロパシィは病因、発生部位、麻痺の程度など様々で、統計的意義は少ないが、ミエロパシィに対しHBOは補助療法としてどの程度、有効であったかを概算的に検討した。脊髄除圧療法（除圧）の補助療法としてHBOが行われた場合（除圧+HBO群）と、除圧が適応とはならずHBOが主体的治療として行われた場合（HBO主体群）、あるいは除圧が適応であったが行われずにHBOのみが行われた場合（除圧無しHBO群）の3群に分けて治療成績を比較した。椎弓切除などの除圧の効果が及ばない脊髄内腫瘍は除外した。また除圧+HBO群は、椎弓切除や前方除圧固定が主に行われた症例であるが、血腫の除去や膿瘍の搔爬、抜釘が行われた症例もこの群に含めた。頸部脊椎症性脊髄症治療判定基準（前述）によりHBO前後で評価した。除圧+HBO群では、44例中29例（66%）で1～7ポイント（平均3.3ポイント）の改善が得られた。HBO主体群では、16例中7例（44%）で1～5ポイント（平均2.7ポイント）の改善が得られた。除圧無しHBO群では、9例中3例（33%）でのみ1～6ポイント（平均3.3ポイント）の改善が得られた。これらのミエロパシィは、原因疾患が様々であるため有意差検定は行えなかった。

VI. 考察

本稿はミエロパシィに対するHBO効果の実証を意図するものではなく、当部で扱った多種多様なミエロ

パシィに対するHBOによる治療経過を総括した症例報告である。またHBOが適応となるミエロパシィを包括し、分類化することは、ミエロパシィを来す疾患(群)ごとに、手術療法などの一般的治療法に付加されたHBOの治療効果を一定のパターンとして明示できる意義があった。またミエロパシィの回復過程が各疾患ごとに異なることからHBOが行われない場合や、ミエロパシィの自然経過を推し測れるのではと考えた。一方、症例の多くは、術後にミエロパシィが増悪したことで当部を紹介されたことから術後合併症の発生頻度が高い印象があるが、HBOを行った症例は手術が行われた症例の一部であり、軽度のミエロパシィ症例や術後経過が良好な症例はHBOが行われなかった可能性が大きい。

脊髄は、解剖学的に狭くて硬い脊椎管内に格納され、脊髄自体の腫脹や脊髄外からの圧迫により障害を受け易く、ミエロパシィの治療の多くは手術的に脊髄の圧迫を除去する除圧術、すなわち椎弓切除(後方から椎弓を切除し脊椎管を開放する)や前方除圧固定(椎体を前方から垂直摘し、除圧後は骨移植などで椎間固定する)などが行われるが、脊髄自体の障害を直接、緩和することは不可能である。ミエロパシィとはやや異なるが中枢神経障害である急性脳浮腫や脳出血、脳梗塞に対するHBOの有効性が基礎研究やRCTを含めた臨床報告で示されていることから、脊髄の浮腫や出血による神経障害においてもミエロパシィを緩和し得る合理性があると考えられる²¹⁻²⁷⁾。またHBOの急性脊髄損傷に対する有効性が動物実験やRCTでも報告されている(前述)⁹⁻¹⁷⁾。

そこで以下、ミエロパシィを来す疾患ごとに、HBOを行う合理性とHBOによる治療結果からHBOの適切な適用を検討した。髄内腫瘍では脊髄内の病変を摘出するなど、手術侵襲により麻痺が増悪する場合が多く、さらに脊髄原発の悪性グリオーマでは根治的切除が困難であり、再発や播種によりミエロパシィの増悪のみならず生命的予後も極めて不良である。近年、合志らは、脳グリオーマ(WHO grade 3, 4)にHBO直後に放射線照射を行う増感法による画期的な治療成績を欧米誌に報告し^{21, 29, 30)}、別府らや小川らの追試でもHBOの有効性が支持されている³¹⁻³³⁾。われわれ

は脊髄原発の悪性グリオーマ2例に追試し、内1例では悪性腫瘍の根治とミエロパシィの緩解が同時に得られたことから、このHBO直後照射は、脊髄原発の悪性グリオーマに対する唯一の根治療法と考えられる。

脊髄内外の良性腫瘍においても、髄内腫瘍5例中3例と硬膜内髄外腫瘍11例中4例の術後に麻痺の増悪が見られ、手術侵襲による脊髄障害は不可避とも考えられるが、これらの7例中6例で麻痺の改善が得られたことからHBOは術後、麻痺が増悪した場合などに適用されるべきであろう。脊髄内に発生するAVMや血管腫では、急性の出血期における異常血管の結紮や塞栓術は適応とはなり難い。一方、HBOのみにより6例中3例(50%)で麻痺の改善が得られ、自然経過(緩解)との比較が必要であるが、数少ない保存療法の選択肢と考えられる。

整形外科領域では、OPLLやOYL、椎間板ヘルニア、脊椎管狭窄症などは圧迫性ミエロパシィと呼ばれ⁴⁾、多くは長期に及ぶミエロパシィであり、術後の18例中9例(50%)に麻痺の増悪があったが、いずれも術前レベル以上の麻痺の回復が得られた。また脊椎脱臼骨折では高度の脊髄損傷を合併し、さらに手術により麻痺が7例中3例で進行したが、HBOの併用で術前レベルに回復した。環軸椎亜脱臼によるミエロパシィは生来の病変による麻痺が長期間に進行し、手術(後方除圧固定)により麻痺が5例中3例で悪化した。HBOの併用でいずれも術前以上の麻痺の改善が得られ、圧迫性ミエロパシィや外傷を含め、HBOの有効性が示唆された。

化膿性の脊椎炎や椎間板炎、硬膜内外の膿瘍は、膿瘍による脊髄の圧迫が麻痺の原因であるが、感染が脊髄に及ぶと短時間で不可逆性のミエロパシィを来すことから、HBOの抗感染作用が重要となる。HBOは、白血球の酸素依存性殺菌能(oxidative killing)を賦活化し、嫌気性菌のみならず好気性菌にも抗感染作用を発揮し、作用機序が異なることから抗菌剤との相乗効果が得られ、耐性菌感染に対しても有効と考えられている³⁴⁻³⁸⁾。感染性ミエロパシィでは全例で早期に感染が鎮静化し、さらに11例中6例でミエロパシィの急速な回復が得られたことからHBOの絶対的適応と考えられる。

癌の脊椎転移に対し手術 (除圧と脊椎の固定) は、速やかな除痛とADLの獲得に重要である。またHBOは早期の創傷治癒に有効と考えられ、膠原繊維や新生血管の増生などの創傷治癒促進作用や骨形成促進作用を根拠としている^{39~42)}。さらにHBOは痙性麻痺を抑制し、運動後の乳酸の蓄積を軽減するなどリハビリにおけるパフォーマンスの改善に有効である可能性がある⁴³⁾。癌の脊椎転移6例ではいずれも除痛が得られ、2例で歩行も可能となったが、短い余命の中でHBOを行うことで早期にQOL (quality of life) を改善することは極めて重要と考えられる。

解離性大動脈瘤などにおける脊髄梗塞は、脊髄の主要な栄養動脈である大前根髄動脈 (artery of Adamkiewicz) の損傷や閉塞によりミエロパシィを来すが、下部頸髄と上部胸髄 (C5~Th7) がこの細い動脈のみで還流されているため高度の四肢麻痺を来すことが多い⁴⁴⁾。近年は、人工血管置換術などの術中に脊髄電位測定を行い、肋間動脈で再建を行うことにより、脊髄梗塞の発生率を10%未満に改善できるとされている⁴⁵⁾。脊髄梗塞に対する有効な治療法は見いだされていないが、HBOの併用で9例中3例で歩行まで可能となり、自然経過との比較が必要であるが、脊髄梗塞に対するHBOの有効性が示唆された。

様々なミエロパシィに対するHBOに共通することは、HBO効果の集計的検討 (前述)) によると、HBOを併用した除圧が最も治療効果が高いことであり、また除圧が適応とならない疾患においてもHBOのみで一定の治療成績が得られたことである。一方、除圧が適応となるミエロパシィにおいては、HBOの治療効果が発揮されるためには除圧療法が必須であり、高齢や末期癌などにかかわらず椎弓切除などの最小限の除圧療法が行われるべきであろう。

VII. まとめ

1. 高度のミエロパシィに対し、HBOを急性期に行うことにより麻痺が改善される可能性がある。
2. 手術侵襲などによりミエロパシィが増悪することもあるが、HBOは脊髄内外の浮腫を軽減し、ミエロパシィを緩和し得る。
3. HBO直後の増感照射 (合志方式) は、脊髄原発

の悪性グリオーマを根治し、同時にミエロパシィを改善し得る唯一の治療法と考えられる。

4. 化膿性脊椎炎などによるミエロパシィではHBOは抗菌剤との相乗効果で感染を鎮静化し、ミエロパシィを改善し得る不可欠の治療法と考えられる。
5. 脊髄の動静脈奇形や解離性大動脈瘤に合併するミエロパシィでは有効な治療法がなく、多くは重篤な後遺症を残すことから、HBOは行われるべきであろう。
6. HBOはミエロパシィの改善以外にも創傷治癒を促進し、疼痛や痙性を緩和することにより術後の回復を早めることから、多くの脊髄・脊椎手術後の補助療法として有用と考えられる。

文 献

- 1) 中川雅裕, 酒匂崇, 米和徳, 他: 脊椎疾患に対する高圧酸素療法の有効性. 整形外科と災害外科 1994; 43: 182-184.
- 2) 辛龍雲, 八木博司, 楠田憲治, 小山正信: 脊髄疾患に対する高気圧酸素療法の有効性について. 日本高気圧環境医学会雑誌 1990; 25: 113-117.
- 3) 龍村俊樹, 吉野利夫, 辻本優, 他: 脳脊髄疾患における高圧酸素療法の臨床意義. 日本高気圧環境医学会雑誌 1990; 25: 169-176.
- 4) 吉田恒丸, 山崎典郎, 田中秀昭, 杉山弘行, 神山喜一: 圧迫性ミエロパチーの治療に併用した高気圧酸素療法の評価. 日本高気圧環境医学会雑誌 1988; 23: 109-115.
- 5) 佐藤安一郎, 谷岡富美男, 本田謙一, 他: 脊髄疾患に対する高圧酸素療法の経験. 日本高気圧環境医学会雑誌 1981; 16: 217-219.
- 6) 野口照義, 勝本淑寛, 鈴木卓二, 他: 脊椎, 脊髄手術後の高圧酸素療法. 日本高気圧環境医学会雑誌 1977; 12: 58-59.
- 7) 見松健太郎, 村上英喜: 高気圧酸素治療の適応 脊髄外科への応用. 最新医学 1986; 41: 260-265.
- 8) 井上治, 久木田一郎, 合志清隆, 山見信夫, 鈴木一雄: Committee Report; 高気圧酸素療法 (hyperbaric oxygen therapy, HBO) における適応疾患の見直しと再編—特に国内の臨床報告と基礎研究, 及び国外のランダム化比較試験などからの提案—. 日本高気圧環境・潜水医学会雑誌別冊 2009; 44: 1-36.

- 9) Holbach KH, Wassmann H, Linke D : The use of hyperbaric oxygenation in the treatment of spiral cord lesions. *Eur Neurol* 1977 ; 16 : 213-221.
- 10) Yeo JD : The use of hyperbaric oxygen to modify the effects of recent contusion injury to the spinal cord. *Cent Nerv Syst Trauma* 1984 ; 1 : 161-165.
- 11) Gamache RA, Myers RM, Ducker TB, et al : The clinical application of hyperbaric oxygen therapy in spinal cord injury : A preliminary report. *Surg Neurol* 1981 ; 15 : 85-87.
- 12) Hsu P : Hyperbaric oxygen therapy in spinal cord injury : Experimental and clinical studies. *J Hyperbar Med* 1991 ; 6 : 19-23.
- 13) Higgins AC, Pearlstein RD, Mullen JB, et al : Effects of hyperbaric therapy on long-tract neuronal conduction in the acute phase of spinal cord injury. *J Neurosurg* 1981 ; 55 : 501-510.
- 14) Kelly DL, Lassitter RL, Vongsivut A, et al : Effects of hyperbaric oxygenation and tissue oxygen studies in experimental paraplegia. *J Neurosurg* 1972 ; 36 : 425-429.
- 15) Maeda N : Experimental studies on the effect of decompression procedures and hyperbaric oxygenation for the treatment of spinal cord injury. *J Nara Med Assoc* 1979 ; 16 : 429-447.
- 16) Yeo JD, Stabback S, McKenzie B : A study of the effects of hyperbaric oxygen on the experimental spinal cord injury. *Med J Aust* 1977 ; 2 : 145-147.
- 17) Ducker TB, Salcman M, Lucas JT, et al : Experimental spinal cord trauma, II : Blood flow, tissue oxygen, evoked potentials in both paretic and plegic monkeys. *Surg Neurol* 1978 ; 10 : 66-73.
- 18) 緒川輪哉, 植田尊善. 上肢機能, 歩行機能の神経学的診断. *脊椎脊髄* 2003 ; 16 : 292-299.
- 19) 日本整形外科学会 : 頸部脊椎症性脊髄症治療判定基準. *日本整形外科学会雑誌* 1994 ; 68 : 490-503.
- 20) Yonenobu K, Abumi K, Nagata K, et al : Interobserver and intraobserver reliability of the Japanese orthopaedic association scoring system for evaluation of cervical compression myelopathy. *Spine* 2001 ; 26 : 1890-1895.
- 21) Koshi K, Kinoshita Y, Imada H, et al : Effects of radiotherapy after hyperbaric oxygenation on malignant gliomas. *Br J Cancer* 1999 ; 80 : 236-241.
- 22) 合志清隆, 井清司, 下河辺正行, 他 : 脳・脊髄 疾患の高気圧酸素治療—文献レビューからみた治療効果—. *日本高気圧環境医学会雑誌* 2001 ; 35 : 237-246.
- 23) 平川 亘, 門田 紘輝, 朝倉 哲彦, 他 : 1H-Magnetic resonance spectroscopyを用いた虚血脳の乳酸代謝の検討. *日本高気圧環境医学会雑誌* 1995 ; 30 : 101-108.
- 24) Kawamura S, Yasui N : Temporary effect of hyperbaric oxygen therapy for rat cerebral ischemia. *日本高気圧環境医学会雑誌* 1990 ; 25 : 177-182 .
- 25) Siokawa O, Fujishima M, Yanai T, et al : Hyperbaric oxygen therapy in experimentally induced acute cerebral ischemia. *Undersea Biomed Res* 1986 ; 13 : 337-344.
- 26) Konda A, Baba S, Iwaki T, et al : Hyperbaric oxygenation prevents delayed neural death following transient ischemia in the gerbil hippocampus. *Neuropathol Appl Neurobiol* 1996 ; 22 : 350-360.
- 27) Bennett MH, Trytko B, Jonker B : Hyperbaric oxygen therapy for the adjunctive treatment of traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2004 Oct 18 ; (4) : CD004609.
- 28) Bennett MH, Waisak J, Schnabel A, et al : Hyperbaric oxygen therapy for acute ischemic stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2005 July 20 ; (3) : CD004954.
- 29) Kinoshita Y, Koshi K, Kunugita N, et al : Preservation of tumour oxygen after hyperbaric oxygenation monitored by magnetic resonance imaging. *Br J Cancer*, 2000 ; 82 : 88-92.
- 30) Kunugita N, Koshi K, Kinoshita Y, et al : Radiotherapy after hyperbaric oxygenation improves radioresponse in experimental tumor models. *Cancer Letters* 2001 ; 164 : 149-154.
- 31) Beppu T, Kamada K, Nakamura R, et al : A phase II study of radiotherapy after hyperbaric oxygenation combined with interferon-beta and nimustine hydrochloride to treat supratentorial malignant glioma. *J Neurooncol* 2003 ; 61 : 161-170.
- 32) Beppu T, Kamada K, Yoshida Y, et al : A change of oxygen pressure tissue under various conditions. *J Neurooncol* 2002 ; 58 : 47-52.
- 33) Ogawa K, Yoshii Y, Inoue O, et al : Phase II trial of radiotherapy after oxygenation with chemotherapy for high-grade gliomas. *Br J Cancer* 2006 ; 95 : 862-868.
- 34) Babior BM. Oxygen dependent microbial killing

- by phagocytes (first of two parts) : N Engl J Med 1978 ; 298 : 659-668.
- 35) Knighton DR, Halliday B, Hunt TK : Oxygen as an antibiotic : comparison of inspired oxygen concentration and antibiotic administration on in vivo bacterial clearance. Arch Surg 1986 ; 121 : 191-195.
- 36) Horn DC, MacKay RD, Halliday B, Hunt TK : Effect of O₂ tension on microbicidal function of leukocytes in wounds and in vitro. Surg Forum 1976 ; 27 : 18-20.
- 37) Mader JT, Adams KR, Sutton TE : Infectious diseases : pathophysiology and mechanisms of hyperbaric oxygen. J Hyperbar Med 1987 ; 2 : 133-140.
- 38) Mader JT : Phagocytic killing and heperbaric oxygen : antibacterial mechanism. HBO Review 1981 ; 2 : 37-49.
- 39) Chan YS, Chen CY, Yuan LJ, et al : Effects of hyperbaric oxygen and platelet derived growth factor on medial collateral ligament fibroblasts. Undersea Hyperb Med. 2007 ; 34 : 181-190.
- 40) Inoue O, Kukita I, Isa S : Osteogenesis enhancement by hyperbaric oxygenation in the dog. In : Mano Y, ed. The 1st Panel on U.S./Japan Diving Physiology and Aerospace Medicine (Formerly UJNR) . Tokyo ; Japanese Society of Hyperbaric and Undersea Medicine. 2004 ; pp.95-97.
- 41) Kitakoji T, Takashi S, Ono Y, et al : Effect of hyperbaric oxygenation treatment on lengthened callus. Undersea Hyperb Med 1999 ; 165-168.
- 42) Sawai T, Niimi A, Takahashi H, et al : Histologic study of the effect of hyperbaric oxygen therapy on autogenous free bone grafts. J Oral Maxilofac Surg 1996 ; 54 : 975-981.
- 43) Jain KK : Effect of hyperbaric oxygenation on spasticity in stroke patients. J Hyperbar Med 1989, 4 : 55-61.
- 44) 山手昇, 武井裕, 池下正敏 : 脊髄機能と虚血傷害. 日本医科大学雑誌 J Nippon Med Sch 2001 ; 68 : 139-142.
- 45) 新沼廣幸 : 心・大血管への臨床応用 (64 列 MSCT 最先端臨床報告). INERVISION 2006 ; 21 : 8-11.