腹部大動脈瘤に対する人工血管置換術後に合併した 下肢麻痺に対する高気圧酸素治療の効果

小 林 繁 夫   高 橋 英 世   矢 野   孝*   池 澤 輝 男*
桜 井 恒 久*

腹部大動脈瘤の人工血管置換術後に発症した下肢の知覚・運動麻痺を伴う 3 症例に対して高気圧酸素治療を施行した。これらの症例のうち 2 例は腰髄の、1 例は下肢の虚血による低酸素性神経障害であると考えられた。それぞれの症例に対して 2 絶対気圧 75 分間および 3 絶対気圧 90 分間の高気圧酸素治療を、連日、各 1 回の条件で施行し、全例、自立歩行が可能となるまでに回復させることができた。従来、本手術後の下肢麻痺は治療に難渋するものが多く、可及的早期に診断を確定し、高気圧酸素治療を開始することによって良好な結果を得ることができる。

Keywords: 腹部大動脈瘤, 人工血管置換術, 術後脊髄障害, 術後下肢麻痺, 高気圧酸素治療

腹部大動脈瘤術後の合併症としての脊髄障害または末梢神経障害による下肢麻痺は、きわめてまれではあるが、もし発症すれば従来は積極的に対処する方法がなかった¹⁻⁵⁾。われわれは、最近、腹部大動脈瘤の人工血管置換術後に下肢麻痺を発症した 3 症例に対して高気圧酸素治療を施行して良好な結果を得たので、若干の考察を加えてその概要を報告する。

対象および方法

1989 年 4 月から 1991 年 1 月の間に、名古屋大学第 1 外科で腹部大動脈瘤の人工血管置換術が施行され、術後に下肢麻痺を発症した 3 例を対象とした。

高気圧酸素治療(hyperbaric oxygenation, 以下 HBO と略記)は、大気圧(1 絶対気圧。以下絶対気圧を ATA と略記)よりも高い気圧環境、通常は 2~3 ATA で高濃度の酸素吸入を継続させ、通常の酸素療法では改善の困難な各種の低酸素症を迅速、確実に改善することができる特殊な酸素療法である⁶⁾。この症例に対する HBO には、名古屋大学の大型高気圧治療装置 KHO-405 型(以下、装置と略記)を使用した(図 1)。

直径 4.5 m, 長さ 11 m の横置型耐圧鋼鉄製円筒の装置本体内部は主室と副室とに区分され、重症患者には

HBO 中、医師が装置内で他の治療行為を併行して行うことも可能で、加圧には清浄圧縮空気を使用し、高気圧環境内で患者だけに純酸素を投与する。治療圧力、治療時間など治療条件が同じであれば、通常 16 名、最大 20 名までの患者を同時に治療することも可能である。

HBO は、疾患および症例によって最適の治療条件を選択しなければならないが、著者らは従来、急性低酸素症による重症の脊髄神経疾患に対して、初期には 2 ATA, 75 分間および 3 ATA, 90 分間の治療条件で連日、各 1 回の治療を行って良好な成績を得ていたため、下記の症例にもこの治療条件を適用した。

症例および結果

症例 1: 59 歳、男性。

家族歴：特記するものはない。

既往歴：39 歳で胃潰瘍に罹患し、内科的治療によって治癒した。56 歳時、過労後の前胸部痛と呼吸困難を自覚し、心筋梗塞と診断され、内科的治療を受けて症状は消失した。57 歳から前立腺肥大の薬物治療を続けていた。

現病歴：49 歳ごろ、腹部の腫瘤に気づき、10 年近く放置していたが、USG, CT, DSA などによって腹部大動脈瘤と診断された。

入院時所見：身長 165 cm, 体重 65 kg, 血圧 107/70 mmHg, 臍部に小手掌大の拍動性の腫瘤が触知された。両側下肢末梢動脈の拍動は、すべて触知可能であった。大動脈瘤は DSA および大動脈造影で腎動脈分岐部より 4 cm 末梢から両側総腸骨動脈の内・外腸骨動脈分岐部

1991 年 8 月 9 日受付, 1992 年 7 月 1 日採用
名古屋大学医学部附属病院高気圧治療部, * 第 1 外科
〒466 名古屋市昭和区鶴舞町 65

本論文の要旨は第 27 回中部外科学会総会 (1991 年 9 月, 松本) および第 26 回日本高気圧環境医学会総会 (1991 年 11 月, 東京) において発表した。

図1 名古屋大学の新しい大型高気圧治療装置

に達することが確認された。内腸骨動脈は左側は明瞭には造影されず、右側はまったく造影されなかった。心電図に陳旧性の心筋梗塞が認められたが、心筋シンチグラムで新しい虚血部は認められず、心エコーグラムでも駆出率58%で心機能は正常範囲内であった。

手術：大動脈は左腎動脈直下で左方へ強度に彎曲して左右6.5×前後5×全長12cmの瘤化を示し、両側総腸骨動脈にも2~3cmの範囲に瘤化がみられた。下腸間膜動脈は開存していたが、内腸骨動脈壁の石灰化は両側とも著明で拍動は触知できず、両側外腸骨動脈の後壁の硬化も著明であった。3,000単位のヘパリンの静脈内投与後、腎動脈直下で大動脈を遮断、瘤を切開して血栓を除去、第IV腰動脈と思われる一対の動脈の出血を大動脈内腔から閉鎖、止血した。アルブミン処理を行ったDacron® Y型グラフトで中枢側は端端吻合、末梢側は両側外腸骨動脈との端側吻合によって置換した。右内腸骨動脈は起始部で結紮、左側は外腸骨動脈からの血流が内腸骨動脈へも流入する位置で総腸骨動脈を結紮した。

大動脈の血流遮断時間は3時間22分、術中血圧は大動脈遮断中も含めて収縮期圧で90~130mmHgと安定しており、大動脈遮断解除による変動もみられなかった。総出血量は4,080ml、総輸血量は3,200mlであった。

術後経過：麻酔覚醒直後から両側下肢の知覚・運動障害を訴え、約8時間後、これらが増悪したため留置していた硬膜外カテーテルを抜去した。抜去約2時間後、右下肢の運動障害は軽快したが異常知覚はなお残存し、左側では下腿の自発運動がごくわずかに回復しただけで知覚脱失は改善されなかった。この経過からみて、これらの症状は脊髄の循環障害によるものと考え、術後第1病日、ステロイド剤を併用しHBOを開始した。

術後第1病日、3ATA、90分間、100%酸素吸入で施行した初回のHBO終了後から右足趾の圧覚が回復し、膝関節の屈曲もわずかに可能になったが、左下肢の筋力は極度に低下したままであったので、初回HBOの1時間後、さらに2ATA、75分間のHBOを追加した。このHBO後には右膝関節の屈伸はほぼ正常になったが、右足部の知覚鈍麻、左下腿の知覚鈍麻と膝関節の屈伸障害が残存した。第2病日以降も連日、2ATA、75分間および3ATA、90分間のHBOを施行し、第3病日、6回のHBO終了後には右足趾の知覚は回復したが、左膝蓋腱反射とアキレス腱反射は低下したままで、左下腿の知覚鈍麻も改善されなかった。しかしHBOの続行によって症状は徐々に軽快し、第7病日、11回のHBO後には左下腿屈側に知覚鈍麻が残っていたが歩行を開始できるまでに改善された。第11病日、20回のHBO後には知覚鈍麻は左足趾だけに限局し、自立歩行が可能になり、第15病日、25回のHBO後にはスリッパでの歩行が可能になった。第18病日、なお左足趾に軽度の知覚鈍麻を残していたが、下腿筋群の機能は完全に正常化したので30回でHBOを終了した。

症例2：57歳、男性。

家族歴・既往歴：特記するものはない。

現病歴：3か月前、腹部の拍動性の腫瘤に気づき、CTで腹部大動脈瘤を指摘された。

入院時所見：身長174cm、体重74kg、血圧130/80mmHg。四肢の脈拍は右尺骨動脈を除き触知できた。臍部に小手術大の腫瘤を触知し、DSAで左腎動脈直下から両側の総腸骨動脈に及ぶ大動脈瘤で、横径が約5cmであることがCTで確認された。

手術：大動脈瘤は腎動脈下から両側総腸骨動脈に達し、大動脈部で直径約5cm、総腸骨動脈部で両側ともに直径約3cmであった。ヘパリンを4,000単位投与後、腎動脈下と両側総腸骨動脈の瘤部直下で血流を遮断、瘤を縦切開し、下腸間膜動脈と内膜側から二対の腰動脈を縫合、止血した。瘤部をDacron® Y型グラフトで置換、瘤壁で包埋した。

大動脈遮断中も含めて術中の収縮期圧は、110~150mmHgの範囲で維持された。大動脈遮断時間は3時間25分、遮断解除に伴う血圧低下はみられなかった。総出血量は3,900ml、総輸血量は3,200mlであった。

術後経過：術後第1病日、両下肢とくに左側に著明な弛緩性麻痺と両下肢の知覚麻痺が出現、脊髄の中心部梗塞を疑いHBOの適応と考え、術後第1病日に3ATA、90分間のHBOを行い、右下腿の知覚と右側下肢の自

発運動は顕著に改善された。第2病日、胸・腰髄部のMRIで脊髄梗塞は否定され、同日3 ATAのHBO後、両側下腿の知覚鈍麻はほとんど消失し、両下肢の自発運動もほぼ正常に回復した。第3病日以降は2および3 ATAのHBOを連日各1回、第9病日までに合計15回施行し、両足趾にわずかに知覚鈍麻を残したが、両下肢の筋力は改善されて起立、歩行が可能になりHBOを終了した。

症例 3: 81歳、男性。

家族歴：特記するものはない。

既往歴：20年来、高血圧症、高脂血症で加療中であった。

現病歴：約1か月前、腹部大動脈瘤を指摘された。

入院時所見：身長170 cm、体重72 kg、血圧140/70 mmHg、両頸部、四肢の脈拍はすべて触知できた。DSAで動脈瘤は腎動脈下から両側総腸骨動脈におよび、腎動脈像は両側とも不明瞭で、左腎迷走動脈と思われる血管像を認めた。CTで動脈瘤は最大径6 cm、瘤壁に石灰化を、また瘤内腔には血栓形成を認めた。

手術：動脈瘤は腎動脈下から6.5×5×全長10 cmの紡錘型で、総腸骨動脈では右2.5×2.5 cm、左1.8×1.8 cm、左内腸骨動脈にも3×3 cmの瘤化を認めた。4,000単位のヘパリン投与後、瘤を切開して血栓を除去、三対の腰動脈を大動脈内腔から閉鎖した。Dacron® Y型グラフトで動脈瘤を置換し、右内腸骨動脈をグラフト右脚に端側吻合し、左内腸骨動脈は起始部で結紮、切離した。瘤から分岐する腎迷走動脈は、自家静脈でグラフト左脚と端側吻合して再建した。総出血量は5,490 ml、総輸血量は2,400 mlであった。大動脈および右総腸骨動脈の遮断時間は2時間9分であったが、腎迷走動脈の再建のため左外腸骨動脈を5時間35分遮断した。

術後経過：全身状態は安定していたが、大量出血による貧血と肺の間質性浮腫によると思われる低酸素血症を認め、輸血と気管内挿管の補助呼吸を継続した。術後第1病日、左下肢に著明な浮腫、知覚鈍麻、筋力低下によると思われる運動麻痺を認めたが、臀部の筋力、挙拳筋反射、膝蓋腱・アキレス腱反射は両側とも正常であった。第2病日には左下肢の痛覚は回復し始めたが、運動は膝関節と足趾のわずかな屈伸だけが可能となるにとどまった。原因として、腎迷走動脈血行再建のための約5時間半の左外腸骨動脈血流遮断が血流再開後に compartment syndrome を惹起し、結果として組織に発生した浮腫が循環障害を増悪させ、さらに吸入気酸素濃度60%の補助呼吸によっても動脈血酸素分圧が130

mmHg以上に上昇しなかった術後の肺機能障害も加わって、末梢神経障害を発生したと考え、第2病日からHBOを開始した。3 ATA、90分間の初回のHBO後、大腿部の痛覚は回復傾向を示し始めたが、膝関節の屈曲運動は不可能であった。第3病日、3 ATA、90分間のHBO後、膝・足関節の自発運動が回復し始め、下腿中枢側2/3の知覚も回復した。第4病日以降は2および3 ATAのHBOを続行し、同日夜、膝関節の自発的な屈伸が可能となり、下腿の痛覚も完全に回復した。第5病日、5回のHBO後、膝関節の自発的屈曲は90°以上となり、全足趾の痛覚も回復した。しかし足関節の自発運動は完全には回復せず、背屈だけがわずかに可能であった。第6病日、吸入気酸素濃度を45%に減少しても動脈血酸素分圧を130 mmHg以上に維持できるようになったので補助呼吸を中止し、第10病日から2 ATAのHBOを毎日1回に変更、理学療法の併用を開始した。HBOは合計26回施行し、足関節に運動麻痺と足趾に軽度の知覚鈍麻を残していたが、杖歩行が可能になって退院した。

考 察

腹部大動脈瘤の術後合併症としての脊髄障害の発生率は非破裂性症例の待機手術では約0.23%で、破裂性または緊急手術では非破裂性の10倍に達する³⁾とされ、とくに非破裂性の場合にはまれな術後合併症である。名古屋大学第1外科の症例においても、術後に下肢麻痺を合併した症例は、この報告の3例だけであるが、最近になって比較的短期間に相次いで発生した原因について検討することは重要と考える。

脊髄表面には前正中裂に沿って1本の前脊髄動脈が、また後外側溝に沿って2本の後脊髄動脈が縦走する。これらの中枢側は前椎骨動脈および左右の後椎骨動脈と交通し、末梢側は腰膨大下端部で吻合するほか、鎖骨下動脈から正中仙骨動脈に至るまで多くの動脈からも血液の供給を受け、腰仙髄部では第XII後肋間動脈、第I・II腰動脈などのいずれかから分岐するAdamkiewicz動脈から血液を供給される^{7,8)}。これらの分枝は脊髄表面に動脈網(arterial vasocorona)を形成して自質内部に穿通枝を分岐し、白質のほぼ全体と前角、側角、後角の辺縁を栄養する。また前脊髄動脈から分岐する中心枝は後角を除く灰白質とそれに接する白質など脊髄深部へ、後脊髄動脈からは後角へ分岐する^{4,7,8)}(図2)。

3例とも脳、上肢、軀幹の神経障害および膝蓋腱反射などの亢進がなかったことからみて、症例1では前脊髄

図2 脊髄の血管系 (Lazorthes ら⁷⁾から引用, 改変)

1: Adamkiewicz の動脈, 2: 前脊髄動脈, 3: 後脊髄動脈, 4: 前脊髄動脈からの中心枝, 5: 動脈網 (arterial vasocorona).

動脈の中心枝, 腹側の動脈網から脊髄内へ分布する穿通枝, 右後脊髄動脈の内側分枝および左後脊髄動脈の外側分枝の血流障害が, 腰髄の両側前角と前索, 左側索の背側領域および右後索領域の虚血性障害を発生したと考えられる (図3). 症例2では前脊髄動脈の中心枝と動脈網から分岐する穿通枝の血流障害が, 腰髄の両側前角と前索から側索の腹側領域を障害したと思われる (図4). 症例3では5時間以上の左外腸骨動脈の血流遮断に加えて, 血流再開後の反応性充血による浮腫が左下肢の循環障害を増悪させ, さらに肺機能低下による低酸素症も末梢神経障害を改善できなかった一因と推測される.

大動脈瘤手術時の脊髄や下肢の循環障害の原因としては, 大動脈などの血流遮断の部位と時間, ヘパリン投与量の不足による血栓形成, 大量出血による低血圧などがあげられている^{3,9)}が, これら3例はすべて腎動脈下の大動脈瘤で, 血流遮断は腎動脈下で行われ, ヘパリンの投与量も適正で, また大動脈遮断中を含めて術中の血圧は安定しており, 血流遮断解除に伴ういわゆる de-clamping shock は認められなかった. しかし, 大動脈の血流遮断時間が長く, このことが腰髄および下肢の神経組織へ虚血による低酸素性障害を及ぼす一因となった可能性は否定できない.

3症例に共通するまた一つの問題として1~数対の腰動脈が犠牲とされているが, 通常, 腎動脈分岐部よりも末梢の大動脈瘤手術では, 腰動脈の閉鎖が脊髄障害を

右 左
図3 症例1の腰髄病変部模式図
斜線部は障害の推測部位

右 左
図4 症例2の腰髄病変部模式図
斜線部は障害の推測部位

発生することは通常はない¹⁾. 3症例とも, 瘤内壁には大量の血栓が付着し一部の腰動脈開口部は閉塞され, また内腔から閉鎖した腰動脈にも代償性の拡張は認められなかった. しかしそれにもかかわらず, 現実にこのような障害を発生した理由として, 症例1および2では基礎疾患としての動脈硬化性病変によって腰動脈による脊髄への血液供給が阻害されたため, 脊髄への血液供給が腰動脈末梢の背筋枝, 内・外腸骨動脈からの背筋群への分枝などによって形成された側副血行路に依存し, これらが腰動脈の閉鎖, その他の手術操作によって障害されたと考えられた. また症例3では, 長時間の左外腸骨動脈の遮断による急行血行障害が, 低酸素性末梢神経障害を惹起したと推測された. この推測は, これらの症例に対して行われた HBO が劇的に奏効し, 短期間に症状を改善しえた事実によっても裏づけられる.

脊髄循環障害に対する HBO の効果について, 脊髄に一定の外傷を作成したイヌで, 脊髄の酸素分圧を正常部

と外傷部で比較した Kelly ら¹⁰⁾は、1 ATA・純酸素呼吸によって正常部の酸素分圧は上昇するが外傷部では上昇せず、2 ATA の HBO では外傷部でも著明に上昇し、HBO 中は酸素分圧の上昇が維持されたと報告し、また対照犬では脊髓外傷を作成した全例に後肢の麻痺を認めたが、HBO 例では軽度であったとして脊髓外傷による低酸素症に対する HBO の有効性を示唆した。Sukoff¹¹⁾は脊髓外傷を作成したネコを用いた実験で同様の事実を認め、症状に差がある脊髓外傷 5 例に HBO を行って、知覚障害の改善は得られたが、運動麻痺は 1 例にわずかの改善を認めたにとどまり、実験と臨床成績には差異があると報告した。Yeo ら¹²⁾は脊髓障害の発症から HBO が開始されるまでの時間が HBO の有効性を左右する重要な要素になることを指摘した。

この 3 症例において比較的短期間にほぼ完全な機能の回復が得られた理由は、諸家の報告からみて、脊髓に直接の外傷がなく、また麻痺発生直後から HBO が開始されたことによるところが大きいと考えられる。また HBO の他の奏効機序として、過剰な酸素の血管収縮機序が脊髓または下肢の血流量を減少させ浮腫を改善した機序¹³⁾も加わったと考えられた。

結 論

われわれは腹部大動脈瘤の人工血管置換術後に下肢の麻痺を発症した 3 症例に対し、HBO を施行して社会復帰させることができた。HBO の奏効機序として、HBO が障害発生後早期から開始され、組織の低酸素症と浮腫を迅速に改善したことがあげられる。HBO は腹部大動脈の人工血管置換術後の早期合併症としての脊髓障害および下肢末梢神経障害にきわめて有用な治療法と考えられる。

文 献

1) Adams, H. D. and van Geertruyden, H. H.: Neurologic complications of aortic surgery. *Ann. Surg.* **144**: 574-610, 1956,

2) Ferguson, L. R. J., Bergan, J. J., Conn, J., Jr. et al.: Spinal ischemia following abdominal aortic surgery. *Ann. Surg.* **181**: 267-272, 1975.
 3) Sutton, J. and Nesbit, R. R., Jr.: Spinal cord ischemia following surgery for aortic occlusive disease. *J. Vasc. Surg.* **1**: 697-699, 1984.
 4) Picone, A. L., Green, R. M., Ricotta, J. R. et al.: Spinal cord ischemia following operations on the abdominal aorta. *J. Vasc. Surg.* **3**: 94-103, 1986.
 5) Hollier, L. H. and Rutherford, R. B.: Infrarenal aortic aneurysms. In *Vascular Surgery*. Vol II, 3rd ed. ed. by Rutherford, R. B., pp. 909-927. W. B. Saunders Co., Philadelphia/London/Toronto/Montreal/Sydney/Tokyo, 1989.
 6) 榊原欣作：高気圧酸素治療の生理学的基礎。最新医学 **41**: 225-229, 1986.
 7) Lazorthes, G., Gouaze, A., Zadeh, J. O. et al.: Arterial vascularization of the spinal cord; Recent studies of the anastomotic substitution pathways. *J. Neurosurg.* **35**: 253-262, 1971.
 8) Dublin, A. and Djindjian, M.: Angiography of the spine and spinal cord. *Neurological Surgery; A comprehensive Reference Guide to the Diagnosis and Management of Neurosurgical Problems*. 3rd ed. ed. by Youmans, J. R., pp. 405-419. W. B. Saunders Co., Philadelphia / London / Toronto / Montreal / Sydney / Tokyo, 1990.
 9) Zuber, W. F., Gaspar, M. R. and Rothschild, P. D.: The anterior spinal artery syndrome—A complication of abdominal aortic surgery: Report of five cases and review of the literature. *Ann. Surg.* **175**: 909-915, 1970.
 10) Kelly, D. L., Jr., Lassiter, K. R. L., Vongsvivut, A. et al.: Effect of hyperbaric oxygenation in tissue oxygen studies in experimental paraplegia. *J. Neurosurg.* **36**: 425-429, 1972.
 11) Sukoff, M. H.: Central nervous systems; Review and update; cerebral edema and spinal cord injuries. *HBO Review* **1**: 189-195, 1980.
 12) Yeo, J. D. and Lowry, C. J.: The use of hyperbaric oxygen in recent spinal cord injury. *HBO Review* **5**: 54-59, 1984.
 13) Yeo, J. D., Stabback, S. and McKenzie, B.: Experimental spinal cord injury. *Proc. 6th Int. Con. on Hyperbaric Medicine*. ed. by Smith, G., pp. 223-232, Aberdeen University Press, Aberdeen, 1977.

Clinical Experience in Hyperbaric Oxygenation for Paralytic Lower Extremities after Abdominal Aortic Surgery

Shigeo KOBAYASHI, Hideyo TAKAHASHI, Takashi YANO*, Teruo IKEZAWA* and Tsunehisa SAKURAI* (Department of Hyperbaric Medicine, University Hospital of Nagoya, and First Department of Surgery*, University of Nagoya School of Medicine, Nagoya, Japan)

Three patients, who received infrarenal aorto-iliac bifurcation grafts, complained of flaccid and insensible feeling on lower extremities immediately after surgery. These symptoms were supposed due, in two cases, to spinal cord ischemia or, in remaining one case, to ischemic change

of the peripheral nerve. In former cases, spinal cord hypoxia might be caused by interrupted blood supply through spinal artery as it was intercepted temporarily but for about three and a half hours during surgical procedures. In the latter case, cramping of the left iliac artery lasted for five and a half hours, which might result in anoxic damage of the peripheral nerve. Hyperbaric oxygenation (HBO) at two atmospheric absolute (ATA) pressure for 75 min and 3 ATA for 90 min were repeated everyday for them. In all cases, almost complete sensorimotor recovery was obtained after 15 to 30 instances of HBO, which was combined with physical therapy. HBO seemed to have improved early hypoxic and edematous damages of the spinal cord or peripheral nerve. As an unfavorable complication of abdominal aortic surgery, incidence of sensorimotor disturbance of the extremities is infrequent and/or unpredictable, however, once it occurs, no effective therapeutic maneuvers were developed yet. Through these clinical data, HBO should be introduced more actively for such disorders. One of the key issues to enhance the effect of HBO is that, HBO should be introduced as soon as possible once post-operative neurologic disorders were diagnosed.