

## ●原 著

Diabetic Footに対する高気圧酸素治療  
併用療法の効果

永芳郁文\*<sup>1)</sup> 佐々木誠人\*<sup>1)</sup> 吉田公博\*<sup>1)</sup>  
川島真人\*<sup>1)</sup> 田村裕昭\*<sup>2)</sup>

糖尿病性足病変36例49足の検討を行った。Wagner Gradeによる内訳は、Grade 1, 11足, Grade 2, 13足, Grade 3, 5足, Grade 4, 18足, Grade 5, 2足であり、治療成績は良24足, 可6足, 不可19足であった。Grade 1, 2, 3の早期例では、良及び可が96%であった。大腿部または下腿部切断は8足(16.3%)であった。

本症に対して、HBO併用療法は、感染の制御、創傷治癒の促進、及び切断部を最小限度にとどめることを可能にするなど有効な手段になると思われた。

キーワード：高気圧酸素療法，糖尿病性足病変

### The Effect of Hyperbaric Oxygen Therapy on Diabetic Foot

Kawashima Orthopaedic Hospital  
Ikufumi Nagayoshi, Hiroaki Tamura,  
Kimihiro Yoshida, Mahito Kawasima

A clinical study was performed on 36 patients with the diabetic foot.

Forty-nine of diabetic feet were investigated, according to Wagner-Grade.

There were 11 feet of grade 1, 13 feet of grade 2, 5 feet of grade 3, 18 feet of grade 4, and 2 feet of grade 5.

Results were as follows : good 24 feet, fair 6 feet, and poor 19 feet.

In early stage (grade 1,2,3), 96 per cent were good and fair. Major amputation (transtibial or higher amputation) did not avoid in 8 feet (16.3 per cent).

HBO should be used for diabetic foot to control the infection, to promote the early wound repair, and to prevent the transtibial or higher amputation.

### Keywords :

Hyperbaric Oxygen Therapy (HBO)  
Diabetic Foot (HBO)

### はじめに

近年の糖尿病患者の増加に伴い、糖尿病が増悪して四肢末梢の潰瘍や壊疽などを合併した状態で受診する患者も増加している。糖尿病患者の特に足部に生じる水疱、潰瘍、壊疽などの病状は、Diabetic foot(糖尿病性足病変)と総称され、進行性であったり、再発性であったり、またその予後は様々で、切断を余儀なくされる場合や、重症感染症のため極めて重篤な合併症によって不幸な転機をとる場合もある。本症に関しては本邦でも多くの診療科から報告が行われているが、対象とされた症例の潰瘍や壊疽の症状、重症度などが一様でなく、

\*1) 医療法人 玄真堂 川島整形外科病院

\*2) 医療法人 玄真堂 かわしま整形外科クリニック

受付日 2001年12月25日

採択日 2002年4月25日

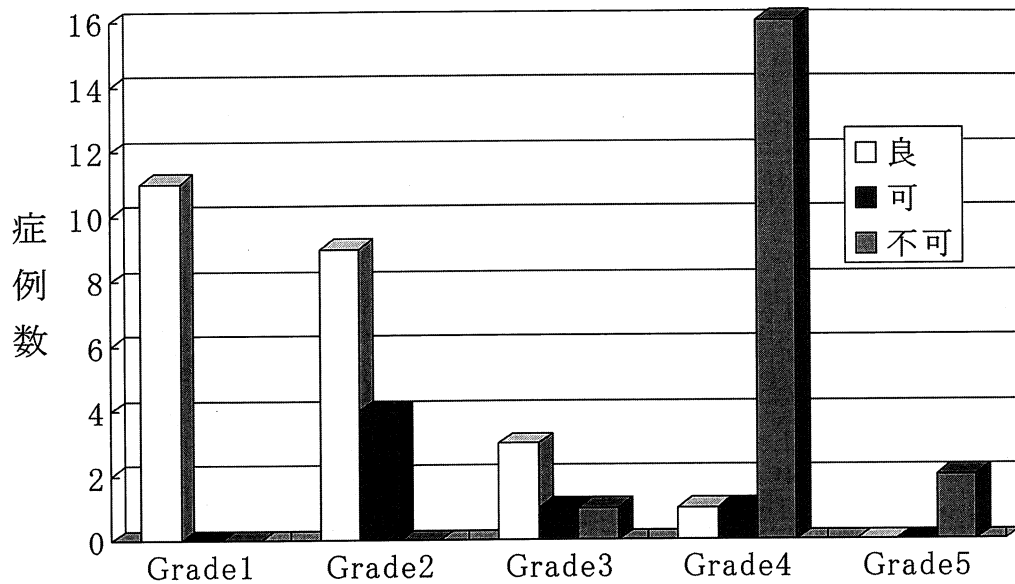


図1 治療成績

Gradeが進行すると治癒率は低下する傾向にあった。

またこれらに対する治療法も様々でその治療成績も同等に比較し難いのが現状である。

今回我々は、本疾患に対して施行している高気圧酸素治療（以下、HBOと略記）を併用した治療結果を検討し、糖尿病性足病変の重症度とHBOの効果について検討を行った結果を報告する。

#### 対象および方法

1987年5月から2001年5月までの5年1ヵ月間に、当院で治療した糖尿病性足病変52症例63足から、糖尿病を基礎疾患としてガス壊疽を発症した14症例を除いた、38症例、49足を対象とした。なお、糖尿病性壊疽や潰瘍は、神経障害によるものと閉塞性動脈硬化症（以下、ASOと略記）によるものとに分けて論じられる場合もあるが、実際には両者が混在した症例も多く認められることから、明確なグループ分けは困難である。そこで本研究では糖尿病に合併した足病変を糖尿病性足病変と総称し、そのうち主幹動脈の閉塞を伴ったものをASO合併例として取り扱った。

症例の内訳は、男性32例、女性6例で、年齢は37歳～88歳（平均62.4歳）、ASO合併例は22足（44.9%）であった。

Wagner Grade<sup>1)</sup>による糖尿病性足病変49足の内

訳は、Grade 1（表在性潰瘍）11足、Grade 2（深い潰瘍）13足、Grade 3（膿瘍、骨髓炎）5足、Grade 4（前足部壊疽）18足、Grade 5（足全体の壊疽）2足であった。またASO合併例のものはそれぞれ、2足、6足、2足、11足、1足ずつであり、壊疽に陥ったGrade 4の占める割合が最も多い傾向にあった。

治療法は、病変足の安静をはかるために装具の使用や免荷を指導し、薬剤療法として抗凝固剤やプロスタグランジン製剤（PGE 1）を投与した。感染のある場合はセフェム系抗生物質などの広域スペクトルのものから開始し、起因菌確定後に感受性のあるものへ変更し使用した。

HBOは第2種大型高気圧治療装置を用い2絶対気圧まで加圧し、純酸素をフェイスマスクにて60分吸入する方法で1日1回行い、20～30回を1クールとし、必要があれば病巣搔爬、持続洗浄、遊離植皮などの外科的処置を適宜追加し、薬剤療法と共に創の閉鎖を認めるまで続行した。

効果判定はHBO期間中に行い、創の治癒が得られたものを良、創の50%以上の縮小を認めたものを可、創の縮小率が50%未満または悪化したものを不可とした。なお、切断に至ったものは創の閉鎖を認めても不可とした。

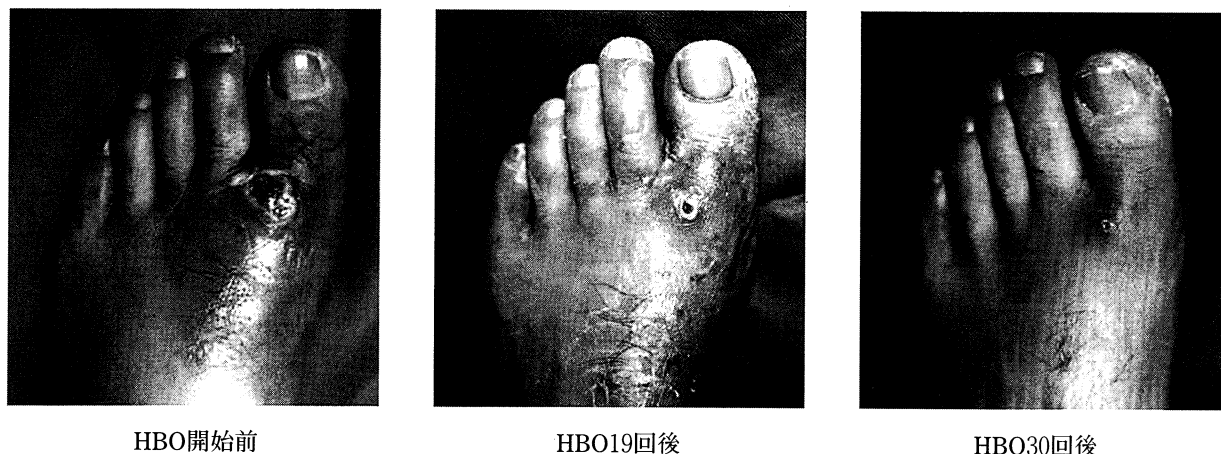


図2 治療良好例

(症例1) 44歳 男性(DM暦4年)

発病13日後よりHBO開始し、30日にて著名な改善を認めた。

表1 ASO合併の有無と成績

ASOの合併症では、不可が11足(50%)と有意な治療成績の低下を認めた。  
切断部位もASO合併群では大腿部や下腿部での切断が増加する傾向にあった。

|         | ASO 非合併群 (n=27) |   |    | ASO 合併群 (n=22) |   |    |
|---------|-----------------|---|----|----------------|---|----|
|         | 良               | 可 | 不可 | 良              | 可 | 不可 |
| G-1※    | 9               | 0 | 0  | 2              | 0 | 0  |
| G-2     | 6               | 1 | 0  | 3              | 3 | 0  |
| G-3     | 2               | 1 | 0  | 1              | 0 | 1  |
| G-4     | 0               | 0 | 7  | 1              | 1 | 9  |
| G-5     | 0               | 0 | 1  | 0              | 0 | 1  |
| 総数      | 17              | 2 | 8  | 7              | 4 | 11 |
| 部分切断    | 6               |   |    | 5              |   |    |
| 大腿、下腿切断 | 2               |   |    | 6              |   |    |

※G-1: Wagner Grade1の略

これらの症例に対し、WagnerのGrade別にみた治療結果、ASOの合併の有無と治療結果および切断部位の差異、感染例における起因菌の種類について検討し、また受診時の糖尿病コントロール状態の指標として、空腹時血糖値 (BS) とヘモグロビンA1C値 (HbA1C) を、検査可能であった30足で調査した。

## 結 果

糖尿病性足病変49足の治療成績は良24足(49.0%)、可6足(25.0%)、不可19足(38.8%)であった。WagnerのGrade別にみるとGrade 1, 2,

3を合計した29足のうち良及び可は28足(96%)であるのに対し、Grade 4, 5では20足のうち、不可が18足(90%)を占め、Gradeが進行するほど治癒率は低下する傾向にあった(図1, 2)。

またASOの合併の有無で比較すると、ASO非合併群27足では良17足(63.0%)、可2足(7.4%)、不可8足(29.6%)であるのに対し、ASO合併群22足では良7足(31.8%)、可4足(18.1%)、不可11足(50.0%)であり、 $\chi^2$ 検定にてASO合併群で有意な治癒率の低下( $p < 0.05$ )を認めた(表1)。

切断術は、糖尿病性足病変49足中、不可の19足(38.8%)で施行されており、その内訳は部分切断

表2 検出菌の種類と頻度

| Diabetic Foot 49足中 感染例35足 (72%) |                           |    |
|---------------------------------|---------------------------|----|
| 検出菌<br>(陰性 6例)                  | Pseudomonas aeruginosa    | 6例 |
|                                 | Enterococcus faecalis     | 3例 |
|                                 | Candida albicans          | 2例 |
|                                 | Candida tropicalis        | 2例 |
|                                 | Streptococcus pyogenes    | 1例 |
|                                 | Streptococcus agalactiae  | 3例 |
|                                 | B- Streptococcus sp       | 2例 |
|                                 | Serratia marcescenes      | 1例 |
|                                 | Neisseria sp              | 1例 |
|                                 | Staphylococcus aeruginosa | 2例 |
|                                 | Staphylococcus epidermis  | 6例 |
|                                 | Staphylococcus aureus     | 4例 |
|                                 | MRSA                      | 3例 |

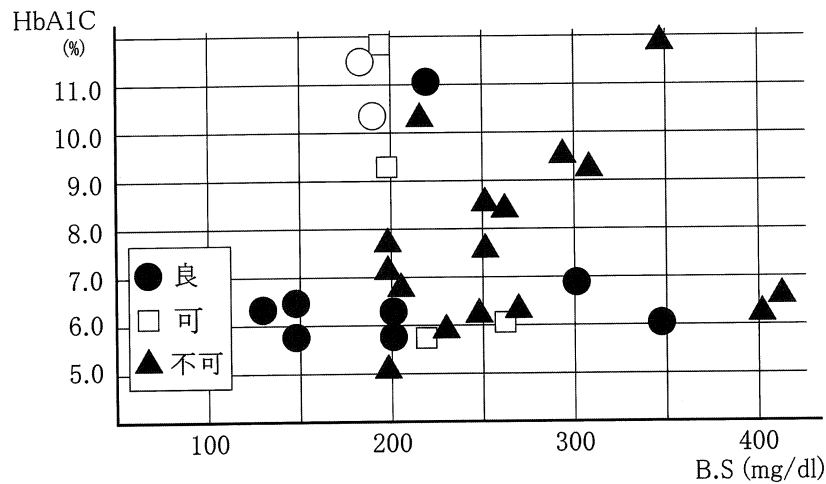


図3 来院時の血糖コントロール状態と治療成績

血糖コントロールが不良のものでは、創治癒率が低下する傾向にあったが、逆にHbA1Cが6.5%以下でも、またBSが200mg/dl以下でも発症を認めた症例が存在した。

が11足 (22.4%)、大腿部または下腿部で切断を行ったものは8足 (16.3%)であった。切断部位をASOの合併の有無で比較すると、ASO非合併群では、8足中、部分切断6足、大腿部または下腿部切断が2足であったが、ASO合併群11足ではそれぞれ5足、6足で、ASO合併群ではより高位での切断を施行せざるをえない傾向にあった(表1)。

受診時の糖尿病コントロール状態は、BSとHbA1Cはそれぞれにばらつきが大きく、治療成績と明らかな相関を認めることはできなかったが、HbA1Cが6.0%以上かつBSが200mg/dl以上のものでは不可に含まれる症例数が増加する傾向にあ

り、逆にHbA1Cが6.5%以下でも、またBSが200mg/dl以下でも発症を認めた症例があり、血糖値コントロールの重要性のみならず、コントロールが良好であっても発症しうる可能性があることが示唆された(図3)。

創部の感染は35足71%に認められ、起因菌は表-2に示したように多種にわたっており、混合感染例が多かった。

考 察

糖尿病性足病変は、創傷治癒の遷延化や創の拡大を生じやすく、また感染の温床となるだけでなく、

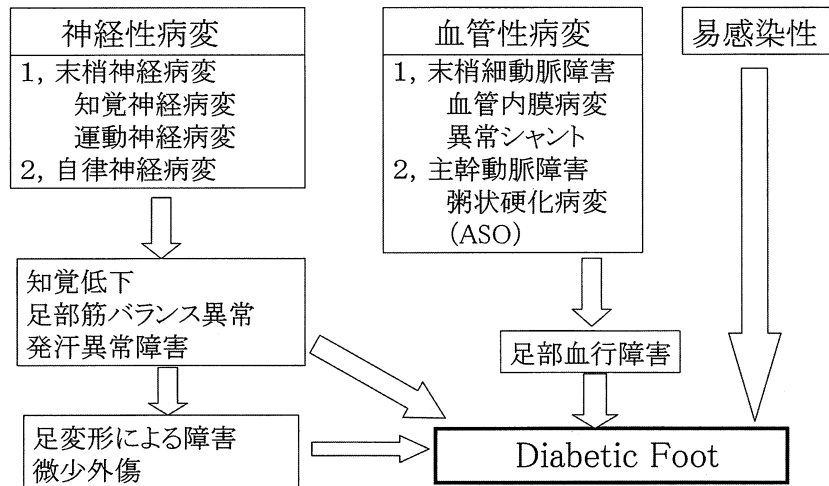


図4 Diabetic Footの成因

ガス壊疽のような重症感染症も合併しうる。本症の成因としては神経性病変、血管性病変、感染症の3つを考慮することが重要であると思われる(図4)。

糖尿病患者の下肢末梢の神経性病変は知覚神経の障害のみならず、運動神経の障害も存在する。これによって生じる筋のバランス異常は足の変形をきたす原因となり、荷重応力の変化や、皮膚障害を発生させる原因ともなりうる。また皮膚障害を生じる別の原因として、自律神経障害に伴う発汗減少による皮膚状態の悪化や異常シャントなども挙げられる。神経性病変による足変形、皮膚障害、知覚低下は、微小外力による創の発生の要因となると考えられ、さらに感染を起しやすいことは、足病変を悪化させる複合因子として極めて重要であろうと考えられる。

血管性病変に関しては、末梢細動脈病変(血管内膜病変)によるものと、主幹動脈病変(粥状硬化病変によるASO)が存在する。末梢細動脈障害の場合、壊疽があっても足背動脈の脈拍が触知可能である。著者らは微小循環動態を把握するために経皮的酸素分圧(TcPo<sub>2</sub>)測定を行っている。また超音波ドップラー検査によって下肢動脈の収縮期血圧が上肢のそれより低下していれば主幹動脈の狭窄や閉塞が疑われ、また主幹動脈の中樞側に閉塞が存在する場合には血流波形が平坦化し单相波が、神経障害が原因となった場合は陰性波の消失がみられるため、病因の鑑別診断に有用なことが報告<sup>2)</sup>

されている。

神経性病変、血管性病変、感染症の3つ以外にも、コラーゲンの糖化や白血球の機能障害による線維芽細胞の成長とコラーゲン合成阻害などによって創傷治癒が遅延化することも報告<sup>3)4)</sup>されている。また、従来、血糖のコントロールは非常に重要であると報告されているが、自験例でみると血糖のコントロールが不良のものでは、創治癒率が低下する傾向にあったが、逆にHbA1Cが6.5%以下でも、またBSが200mg/dl以下でも発症を認めている症例があり、充分コントロールされていれば糖尿病性足病変の発生を防止できるというものではないので、この点充分な注意が必要と思われる。

糖尿病性足病変に対するHBOの治療成績について、Orianiら<sup>5)</sup>はWagner Grade 3, 4で切断率はHBO群5%, 非HBO群33%であり、切断率を減少させようと報告している。Abidiaら<sup>6)</sup>は難治性潰瘍の治癒率は12週でHBO群96%, 非HBO群41%であり、HBOはhealing potentialを増強させると述べている。またStraussら<sup>7)8)</sup>はHBOによる創傷治癒能力の改善を強調しており、Wagner Grade 4, 5においても80%に、高位(大腿, 下腿)切断の回避が可能であったと報告している。自験例でも30足(61.2%)に改善を認め、大腿部または下腿部における切断は8足(16.3%)にとどめることができていた。

本症に対するHBOの作用機序は、感染制御作用と、損傷組織の修復促進作用が考えられる。すなわ

ち、酸素自体の静菌作用や白血球の食作用増強による殺菌作用のほか、局所循環の改善による浮腫の軽減、創傷治癒の促進などが挙げられ、極めて有効な手段になると思われる。また、糖尿病性病変自体を改善する効果も諸家により報告されている。Abidiaら<sup>9)</sup>はHBOにより、糖尿病群で細小血管内皮細胞の機能改善や、自律神経機能の改善により組織酸素分圧が増加すると報告し、Linnら<sup>10)</sup>は早期の糖尿病性足病変(Wagnerの分類のGrade 0, 1, 2)では30回のHBOによってHbA1C値の低下とTcPo2およびドップラースキャンニング(LDPS)の増加に有意差を認め、早期の糖尿病性足病変に対しては、直接的、間接的に血管機能を改善し、病変の増悪防止や合併症抑制などに有効であると述べている。

今回の検討結果から、HBO併用療法は、早期の糖尿病性足病変には極めて有効であることが示唆されたが、WagnerのGrade 4, 5のように病状が進行した症例では、治療が極めて困難となることもまた事実であった。したがって予防、早期発見、早期治療の重要性を再認識する必要があると考えられた。また、ASO合併であったりWagnerのGrade 4, 5で切断を余儀無くされる症例であっても、そこに低酸素状態があると考えられるかぎり、切断を最小限度に止めるため積極的にHBO併用療法を用いるべきであると考えられた。

不幸にして切断を回避できない場合は、われわれは経皮的酸素分圧(TcPo2)測定の結果から諸家の報告<sup>11)</sup>も参考にして、TcPo2値が大気圧下で40mmHg以上、2.0ATAのHBO下で300mmHg以上の部位で切断している。また、Wagnerは、超音波ドップラー法によるischemic index(下肢の収縮期血圧/上肢の収縮期血圧)が0.45以上あれば治癒に必要な血流が保たれている<sup>12)</sup>としている。

## 結 論

- 1, 糖尿病性足病変49足に対するHBOの効果を検討した。
- 2, 30足(61%)に改善を認め、19足が不良で、特にWagner Grade 4, 5では不可が90%であった。
- 3, 72%に感染の合併を認めた。
- 4, ASO合併例は45%で、Grade 4, 5の割合が増加し、治療成績も低下する傾向にあった。

- 5, 切断を回避できなかった19足中、11足58%は部分切断にとどめることが可能であった。
- 6, HBO併用療法は、感染の制御、循環改善と創傷治癒の促進、及び切断部を最小限度にとどめることを可能にするなど有効な手段になると思われた。

## 〔参 考 文 献〕

- 1) Bowker JH ; Role of lower limb amputation in diabetic mellitus., ed. by Levin ME, O'Neal LW, Bowker JH: The Diabetic Foot, 5th ed., St. Louis, Mosby-Year book INC, pp434 1993
- 2) 筒井理裕, 武部和夫, : 末梢血管障害, 臨床と研究, 72巻: 89-92, 1995
- 3) Delbridge L, Ctercteko K, Fowler C: The aetiology of diabetic neuropathic ulceration of the foot., Br. J. Surg. 72:1-6, 1985
- 4) Goodson WH, Hunt TK: Diabetic collagen formation by obese mice in a standard wound model. Am. J. Surg. 138 : 692-694, 1979
- 5) Oriani G : Hyperbaric oxygen therapy in diabetic gangrene. J. Hyperbaric Med. 5 : 171-175, 1990
- 6) Abidia A, Kuhan G, Laden G, Bahia H, Johnson B : Hyperbaric oxygen therapy for diabetic leg ulcers- A double blind randomised control trial. Undersea and Hyperbaric Med., 28 : 64, 2001
- 7) Strauss MB, Hart JD, : Delayed Healing of Failed Flaps in problem wounds after hyperbaric oxygen and surgery. Undersea and Hyperbaric Med., 28:65, 2001
- 8) Strauss MB, Pinzur MS, : Treatment strategies for problem diabetic foot wound. Undersea and Hyperbaric Med., 28:69, 2001
- 9) Abidia A, Kuhan G, Laden G, Bahia H, Chetter I: Hyperbaric oxygen normalised microvascular reflexes inpatients with peripheral arterial disease. Undersea and Hyperbaric Med., 28: 33, 2001
- 10) Lin TF, Chen SB, Niu KC: The vascular effects of hyperbaric oxygen therapy in treatment of early diabetic foot. Undersea and Hyperbaric Med., 28 : 67, 2001
- 11) 野呂純敬, 川島真人, 田村裕昭, 高尾勝浩, 吉田公博: Diabetic foot に対する高気圧酸素療法, 臨整外, 31巻: 147-152, 1996
- 12) Wagner FW : Transcutaneous doppler ultrasound in the prediction of healing and the selection of surgical level for dysvascular lesions of the toe and forefoot. Clin Orthop. 142 : 110, 1979