

## ●原 著

## 高気圧酸素療法の人工歯根植立への応用

澤井俊宏\* 新美 敦\*\* 上田 実\*

放射線照射骨または血管柄のない遊離移植骨はインプラント植立母床としては条件が悪い。一方、高気圧酸素療法(HBO)は骨治癒を促進する働きがある。本研究においてわれわれは、放射線照射骨に植立したインプラントに対するHBOの効果を経験統計において(1)、移植骨に植立したインプラントに対するHBOの効果を実験により(2)検討した。

(1)日本および米国の44名の患者において放射線照射を受けた上顎または下顎に植立した228本のインプラントの調査を行った。下顎において、インプラントの生存率はHBO施行群が97.8%、HBO非施行群が98.3%であった。上顎においては、施行群が80%、非施行群が60%であった。

(2)移植骨に植立したインプラント

ウサギの両側下顎骨に腸骨移植を行い、移植骨にインプラントを植立した。20匹はHBOを施行し、20匹はHBOを施行しなかった。計80本のインプラントについて検索した。骨結合率を組織標本上で計測したところ、HBO非施行群と比較してHBO施行群は有意に高い骨結合率が認められた。

キーワード：骨結合型インプラント，放射線照射骨，骨移植，骨結合率，高気圧酸素療法

### The Application of Hyperbaric Oxygen Therapy to Osseointegrated Implants

Toshihiro Sawai\*, Atsushi Niimi\*\*, Minoru Ueda\*

\* Department of Protective Care for Masticatory Disorders, Head and Neck and Sensory Organ Medicine, Nagoya University, Postgraduate School of Medicine

\*\* Department of Dentistry and Oral Surgery, Chyū-nichi Hospital

The irradiated bone and non-vascularized grafted bone is not good bed for implant placement. On the other hand hyperbaric oxygen therapy (HBO) can accelerate healing of bone. Therefore, we investigated the effect of HBO on the implants placed in irradiated bone by a clinical survey (1) or in grafted bone by an animal experiment (2).

(1) Implants placed in irradiated bone

A survey was undertaken to analyze 228 osseointegrated implants placed in irradiated maxillae and mandible of 44 Japanese and U.S. patients. In mandible, the survival rate of HBO group and non-HBO group were 97.8% and 98.3%, respectively, and in maxillae, it were 80.0% and 60.0%, respectively.

(2) Implants placed in grafted bone

Eighty implants were placed in the bone grafted from iliac crest to bilateral mandible of 20 rabbits with HBO and 20 rabbits without HBO. The bone-to-implant contact was measured on histological specimens. The bone-to-implant contact was significantly higher in the HBO group as compared to the non-HBO group.

#### Keywords :

osseointegrated implant  
irradiated bone  
bone graft  
bone-to-implant contact  
HBO

1969年にBrånemark<sup>1)</sup>が骨に植立した純チタンスクリューは治癒期間を経た骨と強固に結合すると報告して以来、チタンスクリューは骨結合型の人工歯根(インプラント)に応用されている。世界中で様々な歯牙欠損症例に対し従来の義歯に代わって用いられ、高い予知性および機能性が報告されている<sup>2)</sup>。

近年、顎顔面領域の悪性腫瘍切除術後に生じた広範な組織欠損に対して、骨結合型インプラント

\*名古屋大学大学院医学研究科，頭頸部・感覚器外科学講座，咀嚼障害制御学

\*\*中日病院歯科口腔外科

Table 1 Correlation Between Location of Implant and Survival Rate

	HBO	Patients treated	Implants placed	Implants buried	Implants removed	*Survival rate (%)
Maxilla	(-)	9	42	7	14	60.0
	(+)	4	17	2	3	80.0
Mandible	(-)	26	119	2	2	98.3
	(+)	10	50	4	1	97.8

$$* \text{Survival rate} = \frac{(\text{no. of implants placed no. of implants buried} - \text{no. of implants removed}) \times 100}{\text{no. of implants placed} - \text{no. of implants buried}}$$

が応用されている。しかし、悪性腫瘍の治療においては放射線療法を併用することが少なくなく、また、骨を広範に切除した場合骨移植を行うことが多い。どちらもインプラントの植立母床としてインプラント周囲の治癒能力低下が考えられる。

一方、高気圧酸素療法(HBO)は、骨の創傷治癒を促進することが古くから知られており<sup>3)</sup>、放射線性骨壊死または骨髄炎等の治療に用いられている。従って、放射線照射部位または骨移植部位へのインプラント植立に対しても効果が期待できる。そこで、放射線照射骨へのインプラント植立および骨移植部位へのインプラント植立という二点に関してHBOの効果を文献的考察を交え報告する。

#### 放射線照射骨へのインプラント植立

放射線照射により骨の治癒能力が低下することは多くの報告がなされている<sup>4)~6)</sup>。照射骨に植立したインプラントにおいても組織切片を観察すると骨との結合率が低く、力学的にも結合力が低下する。しかし、HBOを併用することにより有意に改善が認められるという動物を用いた実験報告があり<sup>7)8)</sup>、照射部位へのインプラント植立に対してHBOが有用であるといわれている。

臨床においてもGranström<sup>9)</sup>らは顔面領域に植立した258本のインプラントに関して放射線照射の有無、HBOの有無について検討している。HBO非施行群の脱落率は非照射部位においては17%、照射部位では38.4%であり、HBO施行群は照射の有無に関わらず0%と報告している。一方、顎骨においては、Andersson<sup>10)</sup>らが放射線照射された上下顎骨に植立した90本のインプラントにつ

いて検討した結果、HBOを併用することなく97.8%の成功率を報告している。

顎骨におけるHBOの効果を明らかにするため、われわれは放射線照射された顎骨に植立したインプラントに関する日米の多施設共同研究を行なった<sup>11)</sup>。日本の9施設および米国の2施設における、44名の患者に植立した228本のインプラントについて検討した。下顎骨と上顎骨それぞれについてHBO施行群とHBO非施行群に分け、成功率を算出した。

下顎においてはHBO施行群で97.8%、HBO非施行群で98.3%。上顎においてはHBO施行群で80.0%、HBO非施行群で60.0%であった(Table 1)。下顎については169本のインプラントを検討しているが、HBO施行群と非施行群間で成功率の差はなかった。この結果より放射線照射した下顎においてはHBOを用いなくともインプラントの成功率は十分高いことが示唆された。

一方上顎においては59本のインプラントを検討しているが、HBO非施行群において成功率は著しく低い。下顎と異なり上顎においてはHBOを施行することによって成功率に大幅な改善が認められており、上顎にはHBOは有用であると思われる。しかし、本研究の結果のみでは、検討したインプラントの数が少ないこともあり、結論を出すのは早いと思われた。

#### 骨移植部位へのインプラント植立

腫瘍切除に伴う骨欠損部位のみならず、高度歯槽堤萎縮症例において骨移植を行いインプラントを植立することは比較的多い。しかし、骨移植と同時にインプラントを植立すると骨結合率が低下

Table 2 Bone to Implant Contact (mean%±SD)

days	grafted bone		host bone	
	HBO	non-HBO	HBO	non-HBO
20	3±3.0	3±5.5	11±13.0	26±15.8
30	17±10.0	7±6.6	47±17.6	35±15.7
60	18±6.1	10±4.5	43±18.2	53±11.9
90	23±4.4	15±6.4	68±12.6	60±11.6
120	38±7.6	27±7.2	70±6.6	64±10.4

するという報告がある<sup>12)13)</sup>。血管柄のない遊離骨移植の場合、移植骨内は移植初期において血行がないため、そこに植立されたインプラント周囲の骨形成が遅延し、骨結合が低下すると推測される。

一方、HBOは低酸素部位における血管新生を促進し、組織治癒を促す効果がある。われわれはウサギを用いて遊離移植骨の治癒をHBOが促進することを報告した<sup>14)</sup>。同様の実験系を用いて自家腸骨移植部位へ同時に植立したチタンインプラントに対するHBOの効果を組織学的に検索した<sup>15)</sup>。

日本白色ウサギ40匹に対し、下顎切歯を抜歯して50日後に両側下顎骨下縁に6×5×4mmの骨欠損を形成した。骨移植部位へ同じ大きさの腸骨片を移植し、直径2.48mm長径8mmの純チタン製インプラントにて固定した。術後20回の高気圧酸素療法(2.4ATA, 60分)を施行した20匹をHBO施行群とし、HBOを施行しなかった20匹は対照群とした。20, 30, 60, 90, 120日後に屠殺し、非脱灰研磨標本作製し、骨とインプラント表面との接触率を母骨部位と移植部位に分けて計測した。

母骨部位においてはHBO施行群と対照群間には有意差は認められなかったが、移植部位においては両群間に有意差が認められた(**Table 2**)。しかし、母骨部位と比較して移植部位では骨結合率は低い値を示した。

この結果よりHBOは遊離移植骨に同時埋入したインプラントの骨結合を高める効果があることが示唆された。

## 結 語

放射線照射骨へのインプラント植立および遊離

移植骨へのインプラント植立に対する高気圧酸素療法の影響に関して検討した。骨の条件が悪い部位に植立するインプラントの予知性を高めるために高気圧酸素療法は有用であると考えられる。しかし、高気圧酸素療法はすべての施設において可能ではなく、国際的にみると高価な治療法であるという点を考えると更なる臨床効果の評価を行いより明確な適応の検討が必要と思われる。

## 【参 考 文 献】

- 1) Brånemark, P.-I., Breine, U., Adell, R., Hansson, B.O., Lindström, J., Ohlsson, Å.: Intra-osseous anchorage of dental prostheses. 1. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 3: 81-100, 1969
- 2) Albrektsson, T., Dahl, E., Enbom, L., Engevall, S., Freiberg, N., Glantz, P.-O., Kjellman, O., Kristerson, L., Kvint, S., Köndell, P.-Å., Palmquist, J., Wern-dahl, L., Åstrand, P.: Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted nobelpharma implants. *J. Periodontol.* 59: 287-296, 1988
- 3) Johnson, R.P., Marx, R.E., Buckley, S.B.: Hyperbaric oxygen in oral and maxillofacial surgery. In: Worthington, P. & Evans, J.R. des. *Controversies in oral and maxillofacial surgery*, 1st edition, p.107. Philadelphia, PA: Saunders, 1994
- 4) King, M.A., Casarett, G.W., Weber, D.A.: A study of irradiated bone: 1. Histopathologic and physiologic changes. *J Nucl Med* 20: 1142-1149, 1979
- 5) Jacobsson, M., Jönsson, A.K., Albrektsson, T., Turesson, I.E.: Short- and long-term effects of irradiation on bone regeneration. *Plast Reconstr Surg* 76: 841-848, 1985
- 6) Marx, R.E., Johnson, R.P.: Studies in the radiobiology of osteoradionecrosis and their chemical significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 64: 379-

- 390, 1987
- 7) Larsen, P.E., Stroncsek, M.J., Beck, F.M., Rohrer, M. : Osteointegration of implants in radiated bone with and without adjunctive hyperbaric oxygen. *J Oral Maxillofac Surg* 51 : 280-287, 1993
  - 8) Johnsson, K., Hansson, Å., Granström, G., Jacobsson, M., Turesson, I. : The effects of hyperbaric oxygenation on bone-titanium implant interface strength with and without preceding irradiation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8 : 415-419, 1993
  - 9) Granström, G., Bergström, K., Thellström, A., Bråne-mark, P.-I. : A detailed analysis of titanium implants lost in irradiated tissues. *Int J Oral Maxillofac Implants* 9 : 653-662, 1994
  - 10) Andersson, G., Andersson, L., Bjelkengren, G. : Oral implant rehabilitation in irradiated patients without adjunctive hyperbaric oxygen. *Int J Oral Maxillofac Implants* 13 : 647-654, 1998
  - 11) Niimi, A., Ueda, M., Keller, E., Worthington, P. : Experience with osseointegrated implants placed in irradiated tissues in Japan and the United States. *Int J Oral Maxillofac Implants* 13 : 407-411, 1998
  - 12) Shirota, T., Ohno, K., Michi, K., Tachikawa, T. : An experimental study of healing around hydroxylapatite implants installed with autogenous iliac bone grafts for jaw reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 49 : 1310-1315, 1991
  - 13) Jensen, O.T., Sennerby, L. : Histological analysis of clinically retrieved titanium microimplants placed in conjunction with maxillary sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 13 : 513-521, 1998
  - 14) Sawai, T., Niimi, A., Takahashi, H., Ueda, M. : Histologic study of the effect of hyperbaric oxygen therapy on autogenous free bone grafts. *J Oral Maxillofac Surg* 54 : 975-981, 1996
  - 15) Sawai, T., Niimi, A., Johansson, C.B., Sennerby, L., Ozeki, K., Takahashi, H., Albrektsson, T., Ueda, M. : The effect of hyperbaric oxygen treatment on bone tissue reactions to c.p. titanium implants placed in free autogenous bone grafts. *Clin Oral Impl Res* 9 : 384-397, 1998