完成歯再植後の治癒過程に関する実験的研究

九州歯科大学口腔外科学第1講座 (指導: 山田長敬教授)

村 田 始

昭和60年2月21日受付

An Experimental Study of Healing Process of Replanted Mature Permanent Teeth

Hajime Murata

First Department of Oral Surgery (Director: Prof. Nagayoshi Yamada)
Kyushu Dental College, Kitakyusyu, Japan.

A replantation experiment was conducted with use of 52 teeth with the completed root formation (upper and lower central and lateral incisors: $\frac{1}{1} \mid \frac{2}{2}$) of 14 matured Japanese monkeys, *Macaca fuscata* (1 in control group and 13 in experimental group) and pathohistologic investigation were made.

The results were as follows:

1. At the tears observed in the periodontal fibers and around the tears, fibroblasts actively proliferated from 3rd to 5th days after replantation. On 10th day, new minute collagen fibers were observed. From 15th to 20th days, tears became unclear and presented conditions like those of normal periodontal tissue, from 30th to 45th days.
2. From 3rd to 10th days after replantation, a decreasing tendency of fibroblasts and degenerative changes such as hyaline degeneration were seen in part of the periodontal fibers. However, hyalinization of the fibers gradually decreased thereafter.
3. Partial resorption of the root surface was seen in all the specimen on and after 5th days after replantation. The extent of resorption varied from as shallow as to cementum to as deep as to dentin.
4. Resorption cavities on the root surface were repaired by deposition of secondary cementum in all cases beginning on 15th day after replantation.
5. Resorption of the alveolar bone began on 3rd day after replantation and was marked from 5th to 10th days. From 15th to 20th days, osteoblasts appeared in the resorpted region and formation for restoration was seen.
6. Ankylosis between tooth and alveolar bone was observed in only one each on 15th, 45th, and 75th days after replantation.
7. Healing on the basis of restoration to normalcy of the periodontal membrane was seen in 49 of the 52 cases.

Based on the foregoing, replantation appears to be an effective method and healing by normal periodontal membrane can be expected provided the following conditions are met: preservation of the periodontal membrane, freshness, replantation of the tooth within 15 minutes after extraction and proper treatment of the pulp.

Key words : *Replantation/Healing process/Japanese monkey/Incisor*

緒 言

歯牙再植とは、脱落または抜去した歯牙を再びもとの歯槽に植立し、歯と歯槽骨との線維性結合の回復を計ることである¹⁾。

再植の試みは古くより行なわれており最初に報告したのは、Ambroise Paré (1575)²⁾ であると言われている。その後、臨床的、実験的に多数の報告があり、再植歯の運命は、正常な歯根膜による生着、歯槽骨との癒着および吸収による脱落のいずれかであると言われている。

再植を成功させるためには、つまり正常な歯根膜での生着による回復は、歯根膜の残存、再植歯の口腔外放置時間などによる歯根膜への影響や根完成歯では歯髓処置などが関与すると言われている。

歯根膜の残存について臨床的には、森 (1928)³⁾、Talin ら (1966)⁴⁾、Bielas ら (1959)⁵⁾、実験的には Hammer (1934)⁶⁾、Løe ら (1961)⁷⁾ の報告があり、いずれも歯根膜の必要を述べている。

さらに歯根膜の生存性、歯根の吸収、歯根と歯槽骨の強直(癒着)に関しては再植歯の口腔外放置時間に大きく影響を受けることが、Løe ら (1961)⁷⁾、Flanagan ら (1958)⁸⁾、Andreasen ら (1966)⁹⁾、Edwards (1966)¹⁰⁾、Söder ら (1977)¹¹⁾、Reichltd ら (1977)¹²⁾ により研究され、再植までの時間は短いほど良いと報告している。つまり、歯の再植には歯根膜の存否と鮮度に重要な鍵があるようである。もう一つの大きな要因として根完成歯では、歯髓処置が問題になり、Andreasen ら (1966)⁹⁾、Edwards (1966)¹⁰⁾、Knight ら (1964)¹³⁾、Barbakow ら (1977)¹⁴⁾、Michel ら (1982)¹⁵⁾ により根充処置した方が良好な結果が得られると述べられている。さらに歯根膜の障害が著しくない場合には、線維性組織で完全に治癒し歯の正常な支持が回復することが、Hammer (1934)⁶⁾、Michel ら (1982)¹⁵⁾、Andreasen (1972)¹⁶⁾、Nasjleti ら (1975)¹⁷⁾ の病理組織学的研究で報告されている。

しかしこれらの実験結果は、実験動物の種類、年令、

実験方法、観察方法および観察期間などが異なるため一致した見解が得られていない。むしろ再植歯の運命を左右する歯根膜線維の新生機転に関しての定説はなく、不明の点や種々の問題を多く残しているようである。

そこで著者は、ヒトに最も類似したニホンザルの完成歯を用いて再植の実験を行ない若干の知見を得たので報告する。

実験動物ならびに実験方法

I. 実験動物

実験には、ニホンザル (*Macaca fuscata*) 14頭を使用し、そのうち対照群1頭、実験群13頭とした。年令は、桐野ら (1964)¹⁸⁾ のニホンザルの歯牙年令に準じ、第3大臼歯が十分に萌出した完全な永久歯列弓を有する8歳の成猿を使用した。実験動物は1週間観察飼育し、健康を確認した後実験に供した。

II. 実験方法

実験は該動物を塩酸ケタミン注射液7.5mg/kgにて全身麻酔し、通法のごとく手術器具ならびに手術野の消毒を行なった。ついで2%エピレナミン添加塩酸リドカイン注射液にて浸潤麻酔を併用し、 $\frac{1}{1} \mid \frac{2}{2}$ を可及的に周囲組織、特に歯根膜組織を損傷しないようにして通法に従って抜歯した。根完成歯であることを確認した後、抜去歯牙の歯根膜を出来るだけ損傷しないようにし、通法により抜髓と根充を施し再植した。以上の操作中は、抗生剤加生理食塩水浸漬ガーゼにて歯牙を把握した。根充は、ガッタ・パーチャーと亜鉛華ユージノールセメント (キャナルス®)を用い、再植歯の固定は隣在歯を利用し0.3mmの18-8ステンレス線にて二歯結紮した。その上、固定を確実にして再植歯の脱落を防止するためレジンにて隣在歯と再植歯の唇面を被覆した。再植歯への刺激を避けるため、切端を削除した。抜歯から再植固定までのすべての操作は15分以内で完了した。術後感染予防のため、ペニシリンGゾル30万単位を術後7日まで連日筋肉内投与した。

III. 観察方法

実験後, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 75, 90, 120, 150, 180, 210日目にてそれぞれをペントバルビタールナトリウムにて薬殺し, 断頭後, 10%ホルマリン液にて固定した。固定後, 再植歯部を採取し, 5%硝酸液にて脱灰した後, 通法に従ってセロイジン包埋し約15 μ mにて唇舌(口蓋)的な連続切片標本を作製, ついでヘマトキシリン・エオジン重染色, アザン・マロリー染色を行ない鏡見した。

所 見

正常所見

上顎中切歯ならびに側切歯

ヒトと同様に唇側歯槽骨は口蓋側に比して薄く, 歯槽縁の高さは唇側の方が口蓋側よりも下方に位置している。歯槽骨の内壁はヒトと同じく線維骨と層板骨よりなっている。

歯槽骨の内壁面は, 1~2層の線維骨で被覆されており, その表面には骨新生が著明に認められる(写真1)。

唇側歯槽縁から歯根膜側に面する歯槽内壁面と歯槽外壁面には, 単層の骨芽細胞の配列が認められ骨新生が観察される。根尖側1/3に対する歯槽骨内壁面には部分的に浅い吸収窩が見られる。

口蓋側の歯槽縁から根尖までに至る歯槽内壁面には骨芽細胞が多数認められ, 骨新生像が伺われる(写真2)。

セメント質表面にはセメント芽細胞が規則正しく配列している(写真3)。

唇側歯根膜においては歯槽頂線維束の発達が著明で, 全体的に斜走線維の発達が良く線維芽細胞に富んでいる。水平線維の発達はほとんど見られず, わずかに歯槽縁下に認められるのみである。

口蓋側は歯槽頂から根中央部に掛けて水平線維が発達し, 根尖側1/3の部において斜走線維の発達が見られる。

根尖部では, よく発達した根尖部線維が放射状に走っている(写真4)。

歯根膜線維はセメント質と歯槽内壁面では, それぞれ太い束をなしているが, セメント質側では歯槽内壁側よりやや細い。歯根膜腔の中間の線維束は細くなり, 互いに双方から線維束と連続している。

歯根象牙質表面には薄い無細胞セメント質が認められ, 根尖側1/3の根部には, さらに第2セメント質の添加があり肥厚している。口蓋側における第2セメント質の添加はさらに厚い。

下顎中切歯ならびに側切歯

ヒトと同様, 歯槽縁の高さは, 唇・舌側ともほぼ同じで薄い。唇側の歯槽骨は歯槽頂から歯槽縁にかけて骨の吸収窩がわずかに認められる。歯槽骨の外壁面には骨芽細胞が多数存在し, 若干の骨新生が見られる。舌側歯槽内壁においては, 歯槽頂から歯槽縁部にかけて骨の新生が見られる。

舌側歯槽外壁には軽度の吸収窩が認められ, ところどころ, 深部骨髓腔面にも吸収窩が認められる。また舌側根尖側1/3に相当する歯槽内壁にも吸収窩が観察される。

セメント質表面にはセメント芽細胞が認められる。

唇側歯槽縁部における水平線維の発達が良好で, 細い線維群は弛緩し, ゆるやかな波状を呈している。歯根中央部より根尖側1/3に相当する部における, 斜走線維の発達も著明である。

歯根象牙質表面は薄い無細胞セメント質に被われ, 吸収所見は見られない。

以上, 上・下顎切歯所見は, ヒトのものと類似している。

再植実験3日目所見

a. 歯根膜

歯根膜組織には, 全体的に炎症細胞の浸潤が認められ, さらに骨髓内においても炎症細胞の浸潤が認められる。

歯根膜線維には, 歯根膜腔の全周にわたり不規則な断裂像が明瞭で, その部は挫滅と出血巣として認められる。断裂した歯根膜線維には, 線維芽細胞をはじめ骨芽細胞, セメント芽細胞の減少と消失傾向が認められる。また部分的には硝子変性も観察される。これは口蓋側において著明である。断裂部周囲には, 逆に線維芽細胞の増殖が見られる(写真5~7)。

b. 歯槽骨

層板骨のハバース管は拡大傾向を示す。また, ハバース管内は骨の新生した部や血管の拡張と充血が認められる。歯槽骨の吸収は, 口蓋歯槽骨外壁に見られるのみである。

c. 歯根

歯根の吸収は, どこにも認められない。

再植実験5日目所見

a. 歯根膜

歯根膜組織には, 前期例と同じく全体的に炎症細胞の浸潤が認められる。

歯根膜線維の断裂部は3日目よりやや不明瞭になる。

この部の出血巣は、全体的に減少傾向にある。

断裂した歯根膜線維には、唇・口蓋側とも全周において骨芽細胞、セメント芽細胞の減少と消失傾向が見られ、また線維芽細胞の減少と融解も認められる。なお、3日目まで部分的に観察された硝子変性の領域は減少傾向にある。

残存歯根膜線維は、全周において数も少なく疎性化し、歯根膜線維の走行はほとんど見られない。

断裂部周囲には、逆に線維芽細胞の増殖が旺盛である。

b. 歯槽骨

唇側歯槽骨の歯槽頂から根中央部にいたる歯槽内壁には、連続した吸収窩が認められる（写真8）。

口蓋骨、骨髓内および根尖部に相対する歯槽骨部には、破骨細胞を伴ったハウシッ小窩が多く認められる（写真9, 10）。

c. 歯根

唇側歯頸部に近い部のセメント質表層に吸収窩が単独あるいは数個見られる。しかし、その吸収は浅く、象牙質におよんでも極く表層に限定される。

再植実験10日目所見

a. 歯根膜

歯根膜線維の断裂部は、5日目に比べ全体的にさらに不明瞭となっている。断裂部およびその周囲には線維芽細胞の増殖が認められる（写真11）。口蓋側根中央部に相当する部においては、極く一部ではあるが、細い膠原線維の新生が認められる（写真12）。

断裂した歯根膜線維には線維芽細胞の減少と消失傾向が見られ、骨芽細胞やセメント芽細胞は見られない。部分的に硝子変性も見られるが、5日目に比して減少傾向にある。いまだ歯根膜線維の連続は不十分である。

b. 歯槽骨

唇・口蓋側歯槽骨とも内外壁の表層はエオジンに淡染した骨新生が認められる。骨髓内の吸収窩も骨新生によって修復されている。

しかし、一部には破骨細胞も認められる（写真13）。

c. 歯根

歯根の吸収は、5日目とほとんど変化は見られない。

再植実験15日目所見

a. 歯根膜

歯根膜線維には、全体的に軽度の炎症細胞の浸潤が認められる。

歯根膜線維の断裂部は10日目より不明瞭になり、断裂部での歯根膜の連続は見られない。

歯根膜線維には、線維芽細胞の増殖が見られ、歯根膜線維の連続性も見られるようになるが、不規則な配列の部も認められる。10日目までに観察された硝子変性は、この段階にてほとんど認められない。

セメント芽細胞は、口蓋側根中央相当部に一部観察されるのみで、全体的にはほとんど見られないと言ってよい。

口蓋側歯槽縁より歯槽骨内壁に面して骨芽細胞が部分的に認められる（写真14～16）。

b. 歯槽骨

10日目に比べて歯槽骨の吸収は軽度である。口蓋側歯槽縁外壁には、破骨細胞を伴った吸収窩が認められるが、それ以外の部には骨芽細胞の増殖と骨新生の所見が見られる。唇側・口蓋側とも歯槽縁部の歯槽骨内壁にはエオジンに淡染した新生骨が認められる。

c. 歯根

歯根の吸収は、10日目より吸収窩が随所に認められる。唇側根尖側 $\frac{1}{3}$ の部には、また歯根と歯槽骨の強直が一部認められるところもある（写真17）。

再植実験20日目所見

a. 歯根膜

歯根膜線維の断裂部は15日目よりさらに不明瞭である。しかし全体的に歯根膜腔の線維の数は増し、小血管も認められるようになり、とくに唇側と根尖部において多く見られる（写真18～20）。

歯根膜線維の走行は、さらに規則正しくなる部が随所に見られる。この部の線維はセメント質および歯槽骨への進入状態も良好である。しかし、唇側根尖側 $\frac{1}{3}$ の部には、線維の疎性化が見られ、歯槽内壁の吸収部には線維の見られないところもみられる（写真21）。

セメント質表面には、規則正しく配列したセメント芽細胞が見られる。一部の根尖部周辺にはセメント芽細胞は認められない。

b. 歯槽骨

唇側歯槽骨の内外壁表面には、骨芽細胞を伴った骨新生が旺盛である（写真22）。特に歯槽縁部の骨新生が著明である。口蓋根尖側 $\frac{1}{3}$ に相当する歯槽内壁も骨新生が著明である。

骨髓内壁の骨新生も著明で、骨吸収像は見られない（写真23）。

c. 歯根

歯根の吸収部は全体的に第2セメント質により修復された像がみられる。

再植実験30日目所見

a. 歯根膜

歯根膜線維の断裂部は認められず、唇・口蓋側歯根膜線維の配列と走行は規則正しくなり、その連続性も良く保ち、セメント質および歯槽骨への進入も良好である。セメント質表面にはセメント芽細胞の配列が認められる(写真24, 25)。

b. 歯槽骨

唇側歯槽骨の内壁に面する部には、エオジンに淡染した新生骨が認められる。口蓋骨骨髓腔面には骨吸収が認められ、口蓋歯槽骨内壁の骨吸収部には新生骨が見られる。破骨細胞は認められない。

c. 歯根

唇側歯頸側 $\frac{1}{3}$ の歯根吸収部は、第2セメント質の添加により修復されている(写真26)。

再植実験45日目所見

a. 歯根膜

歯根膜腔は、30日目に比べて全体的に歯根膜線維の走行、連続性ともに良好である。唇側歯根膜の歯槽頂ならびに歯槽縁には弛緩した細い線維が配列しているが、やや不規則である。舌側歯根膜の歯槽頂には、発育良好な斜走線維が見られる。根尖部には、やや不規則ながら発達した線維が多い(写真27)。セメント質表面には全面にわたってセメント芽細胞が見られる。

b. 歯槽骨

下顎唇側歯槽骨内壁は柱状にのびた新生骨が認められる。骨髓腔面も骨芽細胞を伴う骨新生が旺盛である。

c. 歯根

前期例所見とほとんど変わらない。

再植実験75日目所見

a. 歯根膜

45日目所見と著変は見られない。

歯根膜線維の連続性は、唇・口蓋側歯根膜腔ともさらに強固となり、走行、配列も正常に近い機能的配列を示す。

歯根膜線維のセメント質、歯槽骨への進入も良好である(写真28, 29)。

歯根膜線維は口蓋側の方がやや粗である(写真30)。根尖部線維の走行も規則正しく放射状に配列し、良好な

発育を示している。

セメント質表面には、セメント芽細胞がほぼ規則的に配列している。

b. 歯槽骨

唇側歯槽骨の内外壁とも骨新生が著明である。骨髓内の一部に、破骨細胞を伴う骨吸収が見られるところがある。

c. 歯根

歯根全面にわたって進行性の吸収は認められず、唇側の根尖側 $\frac{1}{3}$ の部の象牙質におよぶ吸収部は第2セメント質で修復されている。

再植実験90日目所見

a. 歯根膜

75日目所見とほとんど変化は見られない。

歯根膜線維の発達は全体的に良好で、走行、配列ともに正常に近い(写真31, 32)。

歯根膜線維のセメント質、歯槽骨への進入も正常とほとんど変わらない。

b. 歯槽骨

唇・口蓋側とも、歯槽骨内外壁に新生骨が認められる。

c. 歯根

75日目例と著変はない。

再植実験120, 150, 180, 210日目所見

前述所見と著変は見られない。歯根膜、歯槽骨および歯根所見とも全く正常所見を呈す(写真33~36)。

考察ならびに総括

歯牙再植に関する臨床的、実験的研究は比較的多数見られる。

再植術を成功に導くため、つまり正常な歯根膜を回復するためには、歯根膜を損傷させず、残存する歯根膜の生存が最も重要であると言われている³⁻¹²⁾。また、根完成歯の再植においては、歯髓処置が重要であることが報告されている^{9, 10, 13-15)}。

しかし、再植歯の運命として問題となっている歯根の吸収、歯槽骨の吸収、再植歯と歯槽骨の強直およびその治癒機転などについての定説はなく、不明の点や種々の問題を残しているようである。

そこで著者は、ヒトに最も類似しているニホンザルを用いて再植実験を試み、病理組織学的に検索して前述のような所見が得られた。これらの所見について文献と対

比しながら考察する。

再植歯の治癒過程について

酒井 (1919)¹⁹⁾ によるイヌの完成歯の再植実験によれば、1) 断裂した歯根膜の第一期癒合をするもの、2) 歯根面の吸収窩に肉芽組織が進入して結合するもの、3) 骨性癒着をするもの、の3型を挙げている。そして、これらは混在して見られると記載している。**Andreasen** (1971)²⁰⁾ は、1) 正常な歯根膜による生着、2) 歯槽骨との骨性癒着 (置換吸収)、3) 吸収による脱落 (炎症性吸収)、を述べ、いずれも1) の治癒が良いとしている。

再植歯の治癒は咬合機能上から1) の過程が望まれるが、これに関しては種々の具体的な研究がある。

臨床的に森 (1928)³⁾ は、歯根膜を保存したものと除去したものを比較して、前者の方が良い結果を得たと報告している。**Talin** ら (1966)⁴⁾、**Bielas** ら (1959)⁵⁾ も歯根膜の必要性を述べている。一方、実験的にも、**Hammer** (1934)⁶⁾、**Løe** ら (1961)⁷⁾ の報告が見られるが、同じく歯根膜の保存が良結果の条件として挙げている。

本実験の結果では、52例中49例の正常回復を見ているので、やはり歯根膜を保存することが必要条件であろうと考える。

再植するまでの口腔外放置時間については、**Flanagan** ら (1958)⁸⁾ はシリアンハムスターを用いて実験を試みている。30分、6時間、24時間、48時間放置した後の再植実験では、30分以内のものが最も予後良好であったと記述している。**Løe** ら (1961)⁷⁾ はイヌとサルで15分、20分、45分、120分と経時的に歯槽外時間を変えた実験を行なっている。その結果、15分が最も経過が良好であったと言う。**Andreasen** ら (1966)⁹⁾ も30分以内に再植されたものが結果が良いと報告している。また、**Edwards** (1966)¹⁰⁾ もイヌにおける実験で15分以内に再植したものが79%に回復が証明されたが、歯根膜が破壊されたグループは21%の回復のみであったと報告している。このように口腔外放置時間は、30分以内が良いというデータが多い。

口腔外放置時間による歯根膜細胞への影響について、**Söder** ら (1977)¹¹⁾ は、動物実験にて歯根膜の生存細胞の数は、乾燥時間の増大とともに急速に落ち込み、120分を越えると不可逆性の細胞の障害があると報告している。

歯根膜の細胞の培養実験について

Reichltd ら (1977)¹²⁾ は、サルの切歯を使用しての

培養実験で40分以内の乾燥時間であれば生存した細胞が見られると報告している。

再植歯の歯槽外時間は、歯根の吸収にも大きな影響があると言われている。**Andreasen** (1971)²⁰⁾ は再植歯の根吸収の原因として口腔外時間が密接に関与していると述べ、**Løe** ら (1961)⁷⁾、**Kaqueller** (1969)²¹⁾、**Ravn** ら (1966)²²⁾、**Cvek** ら (1974)²³⁾、**Lenstrup** ら (1959)²⁴⁾ らは、臨床的に進行性の骨吸収を記載している。**Reichltd** ら (1977)¹²⁾ は、40分以内に再植すれば根の吸収は予防できると報告している。これらの報告のように、再植を成功させる要因として歯根膜の保有性、歯根膜細胞の生存が重要であり、再植されるまでの時間が短い方が良いというのが通説である。

さらに、再植を行なう場合の今一つの大きな要因として歯髓処置が言われている。**Edwards** (1966)¹⁰⁾、**Knight** ら (1964)¹³⁾ らは、根管充填をした方が、しないよりも成功していると述べている。**Andreasen** ら (1966)⁹⁾ は、歯髓組織の壊死によって産生される毒素が、歯根の炎症性吸収を起こすであろうことを示唆している。このためには、根完成歯では歯髓処置が重要なものであると述べている。**Barbakow** ら (1977)¹⁴⁾ は32頭のサルを用いた実験で、根充したものと、しなかったものの歯根膜の治癒過程を1、2、4、8週間観察して、上皮の付着、根の吸収、骨性癒着などには差は見られなかった。そして、根充しなかったグループでは根尖部に膿瘍が発生したと述べ、早期の歯髓の除去と根充処置が必要であると結論している。**Michel** ら (1982)¹⁵⁾ も、イヌの実験で歯髓処置をした方が良結果を得たと述べている。このように根完成歯においては、臨床的にも実験的にも歯髓処置が必要であろうということは多くの研究者の一致した意見のようである。

著者の実験では、以上のようなことを考慮しながら抜歯から根管処置、再植までの操作を15分以内で完了するようにした。本実験においては、抜歯後歯根部を抗生剤加生食水に浸したガーゼにて歯根膜を可及的損傷させないように被覆して、抜歯、根充を行った。根充剤としては、日常臨床で用いられているガッタ・パーチャーポイントと亜鉛華ユージノールを用いた。以上のように先人の実験結果を参考にして処置を行なえば、もっとも良い結果を得ることが出来ることを確認した。

このことは、歯根膜の保存、再植歯の口腔外放置時間、歯髓処置などを考慮しながら可及的短時間のうちに再植術を行なえば行なうほど脱落歯を保存することは可能であると考ええる。

再植歯の根吸収、歯根と歯槽骨の強直あるいは周囲組織の影響についてみると、**Andreasen** (1971)²⁰⁾ は良好な治癒過程を経たものでも歯根表面の小範囲に表在性の吸収窩が見られ、後でセメント質の添加により修復されると述べている。酒井 (1919)¹⁹⁾ は、歯根の吸収は3日目より起こると述べ、吸収が著明に現われるところは、根端1/3部と歯頸部に近い部に多いと記載している。またこれら歯根の吸収の起こる部位としては、特に根尖1/3部と歯頸部に近い部に起こり易いと述べ、また歯槽に加わる不均等力により吸収が起こると述べている。この点に関する著者の実験においてもほとんど同様な所見を呈していたといえる。**Michel** ら (1982)¹⁵⁾ は、サルの歯牙について3分以内の再植実験を試み、21日目で歯根表面の一部に第2セメント質の添加が見られ、その他大部分の歯根面には修復も活動性の吸収も見られなかったと報告している。**Edwards** (1966)¹⁰⁾ は、根表面の吸収窩は広範囲の吸収でもセメント質の添加で修復されると述べている。また、**Nasjleti** ら (1975)¹⁷⁾ はサルの歯にて歯髄処置をした再植歯の固定期間の違いが、根吸収と骨性癒着の発生に相異が見られ、7日間の固定では、すみやかに歯根膜の回復が認められるが、30日目の例では歯根の吸収と歯根と歯槽骨との強直が促進されたと言う。また、**Andreasen** (1975)²⁵⁾ も短時間の固定を推奨している。**Barbakow** (1977)¹⁴⁾ は、歯髄処置歯と無処置歯の再植実験において、両群とも2週間で強直のきざしが見られ、無処置群では、セメント質に浅い吸収窩を4週目では象牙質まで進行した吸収窩が見られると述べ、両群とも同様な結果であり、さらに8週間で両群ともすべての例に強直を認めたと述べている。

著者の5日目実験例の標本では、歯根尖1/3部における吸収が多く、ついで歯根中央部よりやや上方に多かった。吸収は極めて小部分に限局して起こる場合や、広範囲にわたって起こることもあった。吸収の程度もセメント質のみの浅いものから象牙質におよぶものまでさまざまであった。なお、歯根表面の吸収窩の第2セメント質による修復は、15日から20日以後のもので観察された。この歯根部の吸収は酒井 (1919)¹⁹⁾ の実験成績よりやや遅く起こり、**Michel** ら (1982)¹⁵⁾ の吸収部における第2セメント質の添加より著者の実験の方が早く起こっている。これは、再植歯の抜歯創への適合と固定による再植歯の変位がなかったこと、固定期間を短くすることなどにより好結果を得たのであろうと思われる。

本実験における歯根と歯槽骨の強直をみるに、再植後15日所見ではじめて、一部強直が認められた。前述した

Barbakow (1977)¹⁴⁾ の所見と比較するには多少の難はあるが、ほぼ同時期に強直が見られたといえる。

以上の様に再植歯における歯根の吸収、強直についての所見は一定していないようである。一般的に歯根が吸収される場合は外傷によるセメント質の吸収、矯正力によるセメント質の吸収、再植歯や移植歯の歯根の吸収などが挙げられている。石川ら (1978)²⁶⁾ によると、再植歯ではほとんど完全に歯根膜の形成をなして正常に近い線維性結合を形づくるが、時として何らかの原因で破歯細胞によるセメント質の吸収を起こすことがある。さらに、その後著しい骨新生をきたし二次的に歯槽骨と骨性癒着、すなわち強直を起こすと述べている。何らかの原因については、いまだ不明な点が多い。歯根と歯槽骨の強直について、咬合機能を営んでいる歯ではセメント質の吸収や新生は歯槽骨よりも起こりにくい。また、根が歯根膜線維で可動性に歯槽内に結合されているのでセメント質や骨で癒着をきたすことは通常の場合はない。しかし例外的に機能歯でも歯根膜に強い壊死が広範囲に起こると二次的に強直をきたすことがある。つまり圧迫された歯根膜が広範な壊死を起こし、圧迫側の歯槽骨が吸収される時にセメント質も吸収を受けその後、新生された骨組織によって強直を起こしたとみなしている。戸村ら (1957)²⁷⁾ は壊死に陥った歯根膜は、しばしば石灰沈着をきたしセメント質と歯槽壁を結合させ、ついで障害をまぬがれた隣接骨髄から肉芽組織が増殖し、同時に壊死部の歯槽壁、セメント質および石灰化歯根膜などに改造吸収が起こり、ついで骨の新生が起こって歯根と歯槽骨の強直が完成すると述べている。石川ら (1978)²⁶⁾ は、再植歯や移植歯の強直の場合も時によっては歯根セメント質に吸収が起こらないで歯槽骨の増殖によってセメント質と骨性癒着を来たすことがあると述べている。

著者の実験における強直は15日目ではじめて認められた。強直は、小範囲に起こる場合や広範囲に起こる場合もあった。本実験群52本中3本に強直が見られた。この強直の起きた原因ならびに経過については、発現例が少ないため、前に述べた種々の原因により起こったのであろうと考える。このような所見について石田 (1972)²⁸⁾ は、歯と骨の違い、生体反応あるいは破骨細胞および造骨細胞の機能に対する考え方など、何か別の問題があるように思われ、今後さらに追求すべき重要課題であろうと述べている。

再植後周囲組織の病理組織学的な治癒過程についての実験的研究は、**Hammer** (1934)⁶⁾、**Michel** ら (1982)

¹⁵⁾, **Andreasen** (1972)¹⁶⁾, **Nasjleti** ら (1975)¹⁷⁾ の報告が見られる。1934年 **Hammer** は、幼若イヌを用いた実験で、歯根膜部の組織学的変化は、再植後間もなく、歯根側と歯槽骨側との間隙が埋められ、2週間後に膠原線維が新生し4週間後に治療が完了すると述べている。**Andreasen** (1972)¹⁶⁾ は正常治療したものは、2～3カ月後には正常な歯根膜組織内に発達した幼若な膠原線維が新生されるとしている。**Nasjleti** ら (1975)¹⁷⁾ はサルを用いて再植歯の治療過程をラジオオートグラフにて観察し、結合組織の増殖は、主に骨頂部および骨髓腔部から始まり、その活性は7日でピークに達し、若い結合組織で歯根膜は接着するが線維の配列と成熟は4カ月後に認めている。歯肉上皮は再植後直ちに増殖をはじめ、その活性は3日目でピークに達し、7日目後に新しい上皮による再付着が確立する。また、セメント芽細胞の出現は4週間まで見られないと述べている。また良好な治療が終るまでセメント芽細胞は出現しないと述べ、セメント芽細胞は二次的に線維の付着の役割をしていることを示唆している。

本実験において、3日目ではまだ断裂部は明瞭であった。再植後5日目では、断裂した歯根膜線維の細胞の減少が見られた。また、残存した線維の数も少なく疎性化していた。断裂した両歯根膜はともに硝子化が認められ、全体的に連続は見られなかった。再植後10日目では、断裂した両歯根膜には線維芽細胞の増加と一部細い膠原線維の新生が見られ、断裂部は次第に不明瞭化し、線維の走行もいまだ不規則であるが線維の発育も良好な部が見られるようになる。20日目では、線維の機能的配列が一部認められたが、早いものでは15日目でも認めることが出来た。線維の走行も規則正しくなり30～45日目では、歯根膜線維は正常な配列と成熟が見られ、線維の連続も良好となった。

再植後3～10日目では、断裂した歯根膜線維には線維芽細胞の減少と硝子化などの退行性病変が起こっていたが、線維の硝子化を観察した報告は、**Michel** ら (1982)¹⁵⁾, **Nasjleti** ら (1975)¹⁷⁾ のものが見られるのみである。

歯根膜線維の正常化については、**Hammer** (1934)⁶⁾ は、4週間で治療が完了したと報告し、**Nasjleti** ら (1975)¹⁷⁾ は線維の配列と成熟は4カ月後に認めている。また **Michel** ら (1982)¹⁵⁾ は、21日目ではまだ正常な線維の形態はなしていないと述べている。

本実験においては、30～45日目の例において、ほぼ線維の正常配列と成熟が認められ、諸家の報告より線維の

硝子化は少し遅く、歯根膜の正常化は少し早期より始まっていた。この点に関しては各動物の違い、実験方法の差異などで比較することはできないのではないかと考える。

歯槽骨の変化について、**石川**ら (1978)²⁶⁾ は、矯正による歯の移動時に見られる歯周組織の変化の中で、圧迫側で歯根膜の障害が軽い時（壊死、変性がない時）に歯槽壁面に破骨細胞が出現し骨が吸収される直接吸収と、壊死を生じた部では、直接吸収は起こらず隣接する生活歯根膜の骨面あるいは壊死部の歯槽骨を吸収除去する下掘れ吸収とがあり、再植においても歯槽骨は、これら両方の吸収変化があると述べている。**Michel** ら (1982)¹⁵⁾ は3日目に破骨細胞の出現、骨髓腔の下掘れ吸収を認め、7日目で骨髓腔の拡大と活動性の破骨細胞による吸収を、21日目では7日目より変化が大であったと報告している。

本実験では、3日目の例で歯根膜に面する歯槽骨部では、すでに吸収所見が認められ、口蓋側の外層面では破骨細胞を伴うハウシッ小窩が認められた。5日目では歯根に面する唇・口蓋歯槽骨は破骨細胞を伴う吸収窩が随所に観察され、骨髓腔内への影響も大で広範囲に破骨細胞を伴った吸収窩が見られた。若干の経日的な差はあるが、3～10日目が歯槽骨への影響が大であった。15～20日目では、歯槽骨周囲と骨髓腔内の骨芽細胞の増殖と骨新生が盛んであった。

結 論

成熟したニホンザル14頭（対照群1頭、実験群13頭）の根完成歯52本（上顎中切歯、側切歯および下顎中切歯、側切歯： $\frac{1}{1} \mid \frac{2}{2}$ ）を用いて再植実験を試み、病理組織的な検索を行なった。得られた主な知見は以下の通りである。

1. 歯根膜線維に見られる断裂部およびその周辺には、再植後3～5日目にかけて線維芽細胞のさかんな増殖が認められ、10日目では、細い膠原線維の新生が観察された。15～20日目にかけては、断裂部が不明瞭になり、30～45日目では、ほぼ正常な歯根膜組織の様相を呈していた。

2. 断裂した歯根膜線維の一部には再植後3～10日目にかけて線維芽細胞の減少傾向や硝子様変性などの退行性病変も認められた。しかし、この線維の硝子化はその後漸減した。

3. 歯根表面の部分的吸収は、再植後5日目以後の標本すべてに認められた。その吸収程度は、セメント質

のみの浅いものから象牙質にまで進行したものまでであった。

4. 歯根表面の吸収窩は、再植後15日目例よりすべて第2セメント質により修復されていた。

5. 歯槽骨の吸収は、再植後3日目より見られ、5～10日目で顕著であった。再植後15～20日目以後になると、そこに骨芽細胞が出現し、修復のため骨形成が見られた。

6. 歯根と歯槽骨の強直症例は、再植後15日目、45日目、75日目の各例に1本ずつしか認められなかった。

7. 歯根膜の正常回復によって治癒したと認められるものは52例中49例であった。

以上の結果より、歯牙再植術は歯根膜の保存、鮮度、15分以内の口腔外放置時間および、適切な歯髓処置が行

なわれれば、正常歯根膜による治癒が期待でき、有効な方法であると考えられる。

謝 辞

稿を終るに臨み、終始懇篤なる御指導と御校閲を賜りました九州歯科大学第1口腔外科学教室山田長敬教授、第2口腔解剖学教室嶋村昭辰教授に深甚の謝意を捧げます。

また日夜をいとわず種々御教示、御指導を戴きました野代忠宏博士に満腔の謝意を表わします。あわせて本研究に種々御協力を戴きました鈴木俊介、樋田謙二郎両先生はじめ第1口腔外科学の各先生に対し厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 石川梧朗・秋吉正豊：口腔病理学Ⅰ。永末書店，東京，1978，517—522。
- 2) Ambroise Paré (1575)：園山 昇（歯牙の再植，歯界展望33：635—638，1969）より引用。
- 3) 森 忠男：歯牙再植術の術式について。日本之歯界 93：12—20，1928。
- 4) Talin, S.T. and Antia, F.E.：A roentgenographic evaluation of reimplanted teeth. *O.S., O.M. and O.P.* 21：602—608，1966。
- 5) Bielas, I. *et al.* (1959)：28)より引用。
- 6) Hammer, H. (1934)：16)より引用。
- 7) Loe, H. and Wearhang, J.：Experimental replantation of teeth in dogs and monkeys. *Arch. Oral Biol.* 3：176—184，1961。
- 8) Flanagan, V.D. and Myers, H.L.：Delayed reimplantation of second molar in the Syrian hamsters. *O.S., O.M. and O.P.* 11：1179—1188，1958。
- 9) Andreasen, J.O. and H. Hanssen, E.：Replantation of teeth, I. Radiographic and clinical study of 110 human teeth reimplanted after accidental loss. *Acta Odont. Scand.* 24：263—286，1966。
- 10) Edwards, T.S.F.：Treatment of pulpal and periapical disease by replantation. *Brit. Dent. J.* 121：159—166，1966。
- 11) Söder, P.Ö., Otteskog, P., Andreasen, J.O. and Modeer, T.：Effect of drying on viability of periodontal membrane. *Scand. J. Dent. Res.* 85：164—168，1977。
- 12) Reichltdt, J., Andreasen, J.O., Söder, P.Ö. and Otteskog, P. (1977)：Cite by 11)。
- 13) Knight, M.K., Benjamin, J.G. and Joseph, C.C.：The effect of root canal therapy on replanted teeth of dogs. *O.S., O.M. and O.P.* 18：227—242，1964。
- 14) Barbakow, F.H., Austin, J.C. and Cleaton-Jones, P.E.：Experimental replantation of root-canal-filled and untreated teeth in the vervet monkey. *J. Endod.* 3：89—93，1977。
- 15) Michel, P.P. and Alan, M.P.：Repair in different zones of the periodontium after teeth reimplantation. *J. Periodont.* 53：379—389，1982。
- 16) Andreasen, J.O.：Traumatic injuries to the teeth. Munksgaard, Copenhagen. 1972，193—231。
- 17) Nasjleti, C.E., Raul, G.C., Walter, A.C. and James, A.H.：Healing after tooth reimplan-

- tation in monkeys. A radioautographic study. *Oral Surg.* **39** : 361—375, 1975.
- 18) 桐野忠大・佐伯政友：高崎山野生ニホンザルの口腔内諸形態。〔高崎山の野生ニホンザル〕(伊谷純一郎・池田次郎・田中利男編) 勁草書房，東京，1964，124—135.
 - 19) 酒井撥一：再植術について。日本歯科医学会雑誌 **26** : 29—68, 1919.
 - 20) Andreasen, J.O. : Treatment of fractured and avulsed teeth. *J. Dent. Child.* **38** : 29—48, 1971.
 - 21) Kaqueller, J.C. and Masser, M. : Healing following tooth replantation. *J. Dent. Child.* **36** : 303—314, 1969.
 - 22) Ravn, J.J. en Helbo, M. : Replantation af akkidentelt eksartikulerede taenden. *Tandlaegeblad* **70** : 805—816, 1966.
 - 23) Cvek, M.G.L. and Hollender, L. : Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. III. Variation of occurrence ankylosis of reimplantation of teeth with duration of extra-alveolen period and storage environment. *Odont. Revy.* **25** : 43—56, 1974.
 - 24) Lenstrup, K. and Sküler, V. : A follow-up study of teeth replanted after accidental loss. *Acta Odont. Scand.* **17** : 503—509, 1959.
 - 25) Andreasen, J.O. : Periodontal healing after replantation of traumatically avulsed human teeth. *Acta Odont. Scand.* **33** : 325—335, 1975.
 - 26) 石川悟朗・秋吉正豊：口腔病理学Ⅰ. 永末書店，東京，1978，359—360，361.
 - 27) 戸村二郎・青田 保：高周波電波による歯髓処置に関する実験的研究(動物実験). 口病誌 **24** : 24—39, 1957.
 - 28) 石田利弘：完成歯再植後の治癒過程に関する実験的研究—特に血管像ならびにX線所見—. 口科誌 **21** : 625—651, 1972.

写真1 1| 対照群 (HE, ×40)
唇側歯根膜腔および周囲組織

写真3 1| 対照群 (HE, ×40)
上顎口蓋歯根膜腔および周囲組織
(根中央部)

写真2 1| 対照群 (HE, ×40)
口蓋歯根膜腔周囲組織および歯槽骨
(歯槽頂部)

写真4 1| 対照群 (アザン・マロリー, ×40)
(根尖部)

写真5 1 再植後3日（H E, ×40）
唇側歯根膜腔および周囲組織
（根中央部から根尖側 $\frac{1}{3}$ ）

写真7 1 再植後3日
（アザン・マロリー, ×200）
唇側歯根膜腔および周囲組織
（根中央部）

写真6 1 再植後3日（H E, ×100）
唇側歯根膜腔および周囲組織
（根中央部）

写真8 2 再植後5日（H E, ×100）
唇側歯根膜腔および周囲組織

写真9 |2| 再植後5日 (HE, $\times 100$)
口蓋側歯槽骨骨髓腔

写真11 |2| 再植後10日 (HE, $\times 40$)
口蓋歯根膜腔および周囲組織

写真10 |2| 再植後5日 (HE, $\times 40$)
根尖部歯根膜腔および周囲組織

写真12 |1| 再植後10日
(アザン・マロリー, $\times 200$)
唇側歯根膜腔断裂部
(根中央部)

写真13 1 再植後10日（HE, ×40）
唇側歯根膜腔および周囲組織

写真15 1 再植後15日（HE, ×40）
口蓋側歯根膜腔および周囲組織
（歯槽頂部）

写真14 1 再植後15日（HE, ×40）
唇側歯根膜腔および周囲組織
（歯頸部から根中央部）

写真16 1 再植後15日
（アザン・マロリー, ×200）
口蓋歯根膜腔断裂部
（根中央部）

写真17 1| 再植後15日 (H E, ×40)
唇側歯根膜腔および周囲組織
(根尖側 $\frac{1}{3}$)

写真19 1| 再植後20日
(アザン・マロリー, ×100)
唇側歯根膜腔

写真18 1| 再植後20日
(アザン・マロリー, ×40)
唇側歯根膜腔および周囲組織
(歯頸部～根中央部)

写真20 1| 再植後20日 (H E, ×40)
根尖部歯根膜腔および周囲組織

写真21 1 再植後20日
(アザン・マロリー, $\times 40$)
唇側歯根膜腔および周囲組織

写真23 1 再植後20日 (HE, $\times 100$)
口蓋歯槽骨骨髓腔

写真22 1 再植後20日 (HE, $\times 100$)
唇側歯根膜腔および周囲組織

写真24 1 再植後30日
(アザン・マロリー, $\times 40$)
唇側歯根膜腔および周囲組織
(歯頸部から根中央部)

写真25 1 再植後30日
(アザン・マロリー, ×100)
唇側歯根膜腔
(歯頸部)

写真27 2 再植後45日
(アザン・マロリー, ×40)
根尖部歯根膜腔および周囲組織

写真26 1 再植後30日 (H&E, ×100)
唇側歯根膜腔

写真28 1 再植後75日
(アザン・マロリー, ×40)
唇側歯根膜腔および周囲組織
(根中央部から根尖側 $\frac{1}{3}$)

写真29 1| 再植後75日
(アザン・マロリー, ×200)
唇側歯根膜腔
(根中央部) 強拡大

写真31 1| 再植後90日 (H E, ×40)
唇側歯根膜腔および周囲組織
(根中央部から根尖側1/3)

写真30 1| 再植後75日
(アザン・マロリー, ×100)
口蓋側歯根膜腔および周囲組織

写真32 1| 再植後90日 (H E, ×200)
舌側歯根膜腔

写真33 2 再植後120日 (H E, ×40)
口蓋側歯根膜腔および歯槽骨

写真35 再植後120日
(アザン・マロリー, ×40)
2 唇側歯根膜腔および歯槽骨

写真34 再植後120日 (H E, ×100)
2 根尖部

写真36 再植後120日
(アザン・マロリー, ×40)
2 口蓋歯槽頂部