

未完成歯再植に関する実験的研究

岡山大学医学部口腔外科学教室（指導：西嶋克巳教授）

長 畠 駿 一 郎

（昭和53年5月31日受稿）

緒 言

近年、臓器移植に関する進歩、発展はめざましく、各分野で臨床的、実験的研究が数多く報告され注目をあびている。口腔外科領域においても、歯の欠損を補填する方法の一つとして歯の再植、移植による生物学的補填法が古くより行われていたようである。

歯の再植とは外傷などにより脱臼、脱落した歯、あるいは何らかの原因により抜去した歯を再びもとの歯槽窩に植えることであり、移植とは歯の欠損部に別の歯を植えることによって審美的、機能的回復を計る方法である。

歯の再植、移植に関する歴史はScheff (1924)¹⁾、斉藤 (1939)²⁾、常葉 (1964)³⁾、園山 (1969)⁴⁾ によれば、最初の記載者は Ambroise Paré (1594) であると報告されている。その後、特に18世紀頃には完成歯を用いた歯の再植、移植が盛んに行われていたようである。しかし、これらは術後まもなく脱落したり、あるいは一時的に骨植堅固になっても数年後には歯根に吸収を起し動揺、脱落する運命にあったため、その後歯の移植術はかえりみられなくなり、わずかに外傷などによって歯が脱落した場合に再植術が用いられていた。ところが Apfel (1950)⁵⁾ (1956)⁶⁾ が歯根発育途上の下顎第3大臼歯を下顎第1大臼歯部に自家移植したところ、移植歯はその後生着し、X線所見で歯根の発育がみられたと報告して以来、多くの人々によって追加報告がなされ、良好な成績が相次いで発表され、再び移植が脚光をあびるようになってきた。

未完成歯に関する臨床報告は内外において多くなされ^{7)~21)}、実験的研究としては Fleming (1956)²²⁾、Agnew & Fong (1956)²³⁾、Waite (1956)²⁴⁾、宮川 (1957)¹³⁾、伊藤・宮川 (1960)²⁵⁾、Rothschildら (1969)²⁶⁾、永野 (1972)²⁷⁾、Skoglundら (1978)²⁸⁾ 等の報告がみられるが、これらのほとんどは病理

組織学的に観察したものである。

西嶋 (1970)²⁹⁾ (1974)³⁰⁾ は顎口腔領域手術創の治癒過程を検索する目的で、口腔粘膜、歯、顎骨および外頸動脈結紮と大別し、正常血管像および手術後の血管像の変化について比較検討している。

歯の再植、移植に際して、一旦栄養補給をたれた歯髓および歯根膜の血管がどのようにして再生され、栄養が保たれていくのか、血管新生の面から追求することは重要なことと思われる。教室の石田 (1972)³¹⁾ は完成歯再植術後の治癒過程に関して、特に歯根膜およびその周囲組織の経日的な血管像の変化を詳細に報告している。

そこで私は、幼犬を用い、未完成歯再植術を施行し、再植術後の歯根膜およびその周囲組織の血管像の変化を完成歯の場合と比較検討し、さらに歯髓内の血管の再生についても観察した。またX線学的、病理組織学的にも観察し、若干の知見を得たので報告する。

なお、ここに述べる未完成歯とは歯冠の形成を終り、X線像で歯根が形成されつつある過程のいわゆる発育途上の歯を意味したものである。

実験材料ならびに実験方法

実験材料：実験動物は生後3~4カ月、体重3~5kgの健康な幼犬30頭で、左右下顎第2切歯、右上顎第2切歯の未完成歯（歯根形成1/2~2/3程度）を用いた。

実験方法：5%ネンブタール 0.5 ml/kgの静脈内麻酔を施し、手術野をイソジン綿球にて消毒し、歯および周囲組織に可及的損傷を与えないように注意深く右上下顎第2切歯を抜去した。抜去歯は坑生剤（ペニシリン G）を加えた生理食塩液中に15分間放置。抜歯窩は生理食塩液およびペニシリン G 溶液で洗滌し、歯髓および歯小囊を保存した状態で再植した。再植歯の固定には、萌出歯の場合は即時重合

レジンにて隣在歯と約3週間固定，未萌出歯の場合は歯肉を唇舌的に絹糸で縫合固定し，5日後に抜糸した(図1)．術後一定期間経過後，実験動物を屠殺し，透明標本および病理組織標本を作製し観察した．



図1 再植後の固定と創面保護

左右下顎第2乳切歯抜歯後，さらに右側第2切歯除去し，再植．左側第2切歯は対照．

透明標本作製方法：透明標本における血管像の観察には西嶋ら(1972)³²⁾のクロロパーチャ血管注入法を応用した．再植後一定期間を経過した犬を5%ネブタール0.5 ml/kg 静脈麻酔のもとに，両側の総頸動脈および内頸静脈を露出させ結紮後，その上方で一部切断．次いで両側総頸動脈より16ゲージの注射針を挿入し生理食塩液約400 mlで灌流後，クロロパーチャ(クロロホルム液500 g + ガッタパーチャ150 g)を約200 ml注入した．口腔粘膜，歯肉，舌，眼瞼結膜が淡灰赤色に変色したのを確認後，クロロパーチャの流出を防ぐため両側の総頸動脈，内頸静脈を上方で結紮し1日間放置．その後上下顎を切断，10%ホルマリンで2日間固定，5%硝酸ホルマリンで約10日間脱灰し，右下顎第2切歯(実験側)，左下顎第2切歯(対照側)より約1mmの唇舌的切片を採取した．中和，水洗後，通法に従ってアルコールで脱水，テトラリンで透明標本を作製し，実体顕微鏡で再植後の血管像の変化を形態的，立体的に観察した．

病理組織標本の作製方法：脱灰した上顎骨の右上顎第2切歯部を通法に従ってCelloidin包埋し，唇舌的薄切片標本を作製，ヘマトキシリン・エオジン重染色を施し病理組織学的に観察した．

実験成績

1. X線所見

再植直後より10日目頃までは，再植歯と再植床の

間に明らかな幅広い病的X線透過像がみられ，歯根膜腔が全体的に異常拡大し，完全脱臼の像がみられた(図2)．

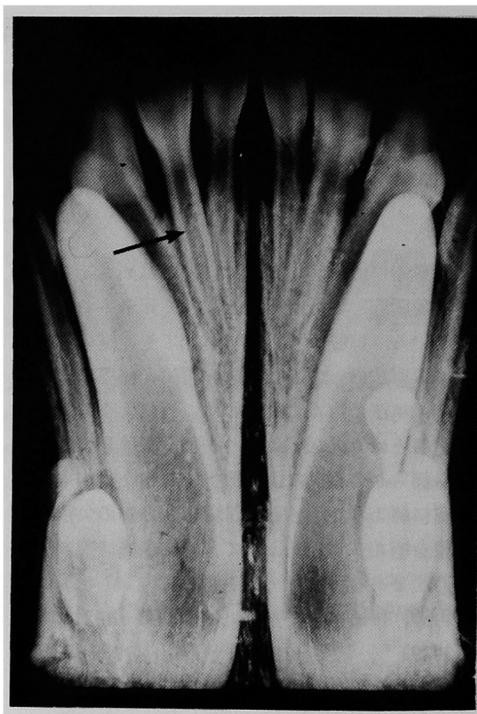


図2 再植後3日目

矢印：再植歯

20日目の所見では歯根膜腔の拡大は依然として認められたが，歯槽硬線部は特に根端部において粗造で，不明瞭となった．また歯根膜空隙の歯槽骨側ではX線不透過像，骨梁の配列不正が出現し，歯槽骨側からの骨の新生を思わせる所見がみられた(図3)．

30日目，歯根膜腔の間隙は20日目に比較し狭く一樣となってきたが，正常歯に比較すると幅広く認められ，特に根端部で顕著であった．また歯槽硬線と思われる像が著明に認められた(図4)．

60日目，歯根膜腔の異常な拡大はみられなくなり，正常像に近い像がみられた(図5)．

90日目の所見は60日目と同様で，骨性癒着を思わせるような歯根膜腔，歯槽硬線の消失はみられなかった(図6)．

2. 透明標本所見

1) 正常な下顎第2切歯の歯髓および歯の周囲の血管像

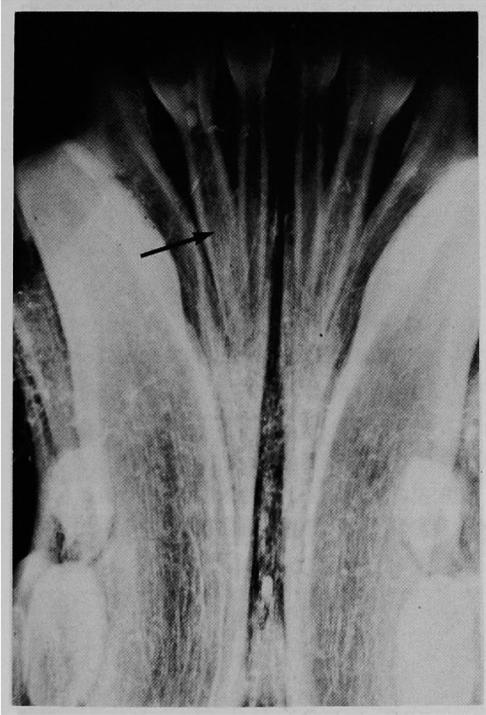


図3 再植後20日目

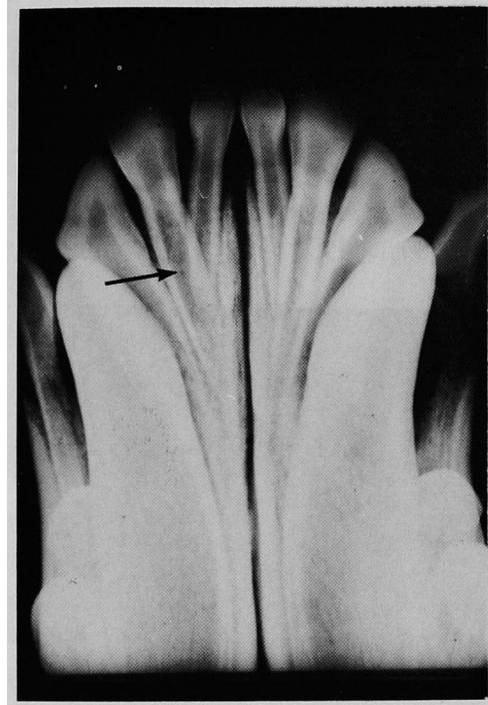


図5 再植後60日目

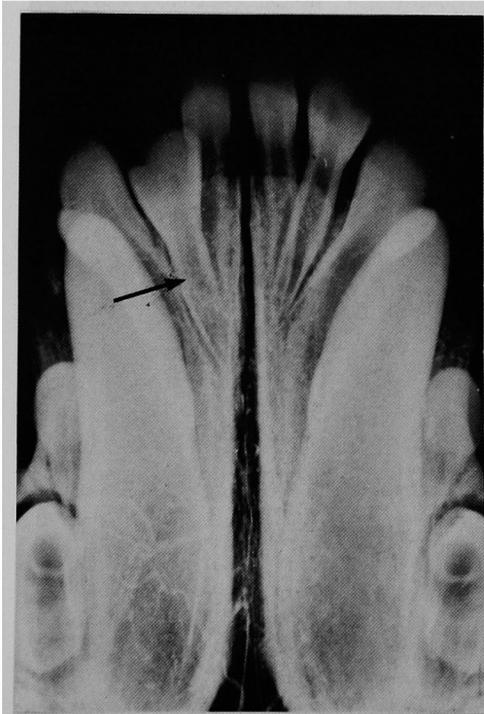


図4 再植後30日目

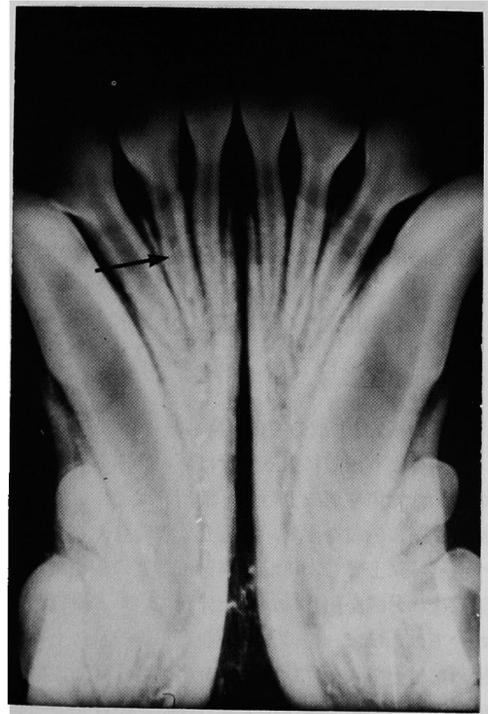


図6 再植後90日目

(1) 歯根1/2形成のもの(図7).

歯槽骨より歯髓内へ侵入した血管は、ほぼ様な太さの多数の血管より形成され、歯冠部に向けて直線状に分岐を出しながら上昇し、歯頸部付近で吻合が多くみられ、数を減じて数条の血管が直線状に歯冠部歯髓に分布していた。

歯根膜周囲では歯槽骨側、歯根側の2層の血管が歯根に平行に走行していた。

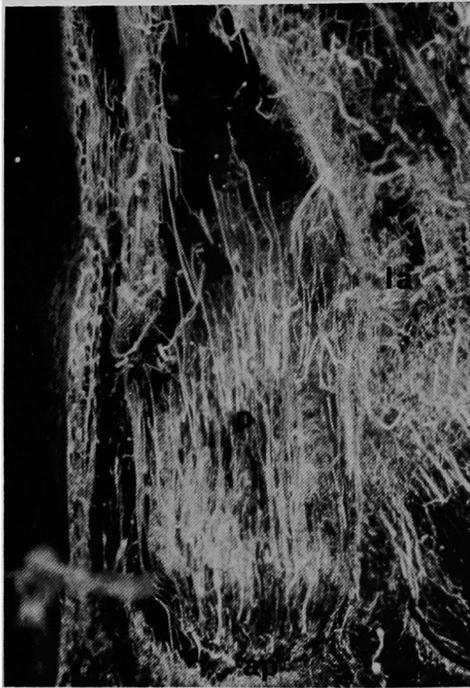


図7 透明標本による正常血管像(歯根1/2形成)
(×2.5倍)

p : 歯髓相当部, la : 唇側, li : 舌側, ap : 根端部

(2) 歯根2/3形成のもの(図8).

歯槽骨より歯髓内に入る血管は、根端部下方で2条の太い血管束を形成上行し、根端孔に達する前に一部歯根膜に分岐を出し、大部分は根端孔より歯髓内へ直線状に上昇し、それと平行に多数の細い血管が直線状に分岐を出しながら上昇していた。歯冠部においては、ほぼ様な多数の血管が直線状に上昇し、歯頸部付近でループ状の結合をして数を減じ、数条の血管がさらに直線状に上昇し歯冠部歯髓に分布していた。象牙質面に近い血管束からは、ほぼ直角的

に象牙質面に向う無数の極く細い毛細血管がみられ係路をなしていた。

歯根膜周囲の血管は、根端から歯髓に入る血管の分岐(歯根側)と歯槽壁のあらゆる高さから歯根膜に入って、ほぼ直角に曲って歯軸に平行に歯根膜内を上行する(歯槽骨側)2層の血管がみられ、互に小枝を出しながら歯根面にそって平行に走行していた。

(3) 歯根形成を完了したもの(図9).

根端部歯槽骨より2条の血管束が歯髓内へ侵入、上昇し、歯頸部付近でループ状の結合をなし、数を減じて歯冠部歯髓に分布していた。歯根形成2/3のものと比較すると、歯髓内の血管の数は著しく減少し、分岐も少なく直線状に走行していた。

歯根膜周囲の血管は、歯根側、歯槽骨側ともに歯根形成2/3のものに比べ、細く疎となっていた。

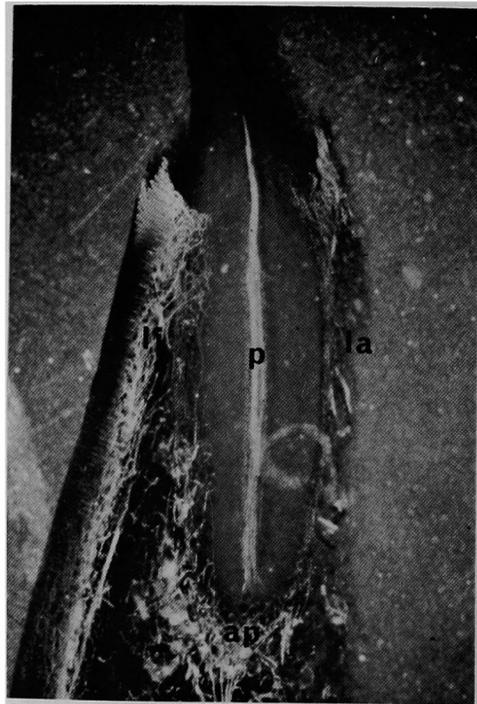


図9 透明標本による正常血管像(根端完成)
(×2.5倍)

2) 再植後の血管像

(1) 再植後1日目(図10)

根端部周囲の歯槽骨に細い密な毛細血管がみられ、根端孔より歯髓内に一部侵入していたが断裂し、歯

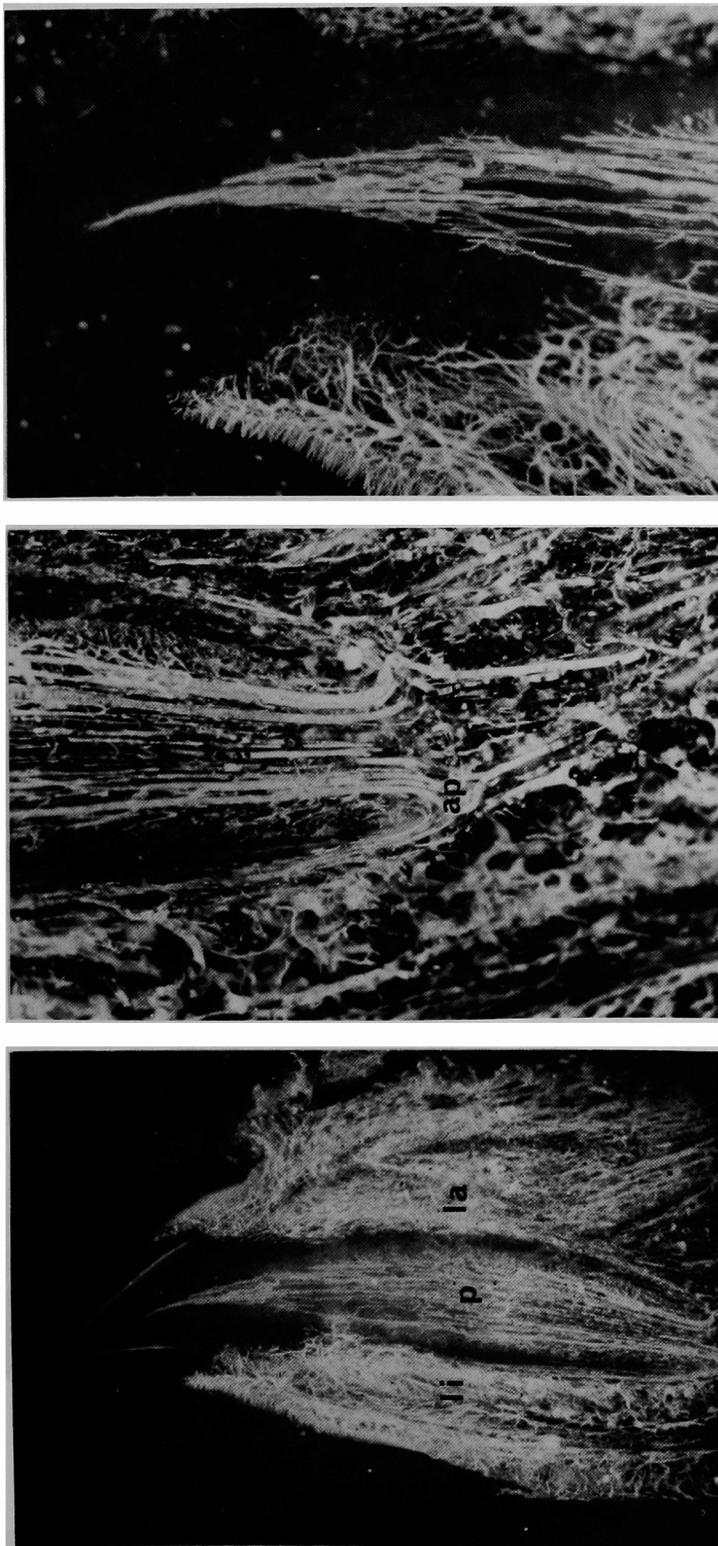


図8 透間標本による正常血管像 (歯根2/3形成)

- I 歯と周囲組織 (×2.5倍)
- II 歯根部拡大 (×6倍)
- III 歯冠部拡大 (×6倍)

髓腔内への血管はほとんどみられなかった。

歯根膜周囲では歯根側の血管が根端部付近にわずかにみられ、歯槽壁を貫通して歯根膜に入る血管は断裂していた。

(2) 再植後3日目(図11)

根端部周囲の歯槽骨に著しく毛細血管が増加し、互に吻合し、一部塊状に歯髓内に侵入し、それより多数の細い血管が歯髓内を比較的直線状に上昇し、一部では歯根1/2あたりまで侵入していた。しかしながら歯根部中央より歯冠部にかけてはクロロパーチャの注入はみられず、歯冠部への血行路は形成されていなかった。

唇側歯根膜周囲の血管は、一部歯根と平行に向う血管もみられたが、大部分は不規則となり断裂していた。歯頸部付近の歯根膜周囲の血管は、断裂した比較的太い血管がみられた。

(3) 再植後7日目(図12)

根端部周囲の歯槽骨より歯髓内へ密な毛細血管が侵入し、断裂しながら歯髓内を上昇していた。しか

し血管の侵入は歯根1/2あたりまでで、上方はクロロパーチャが塊状に注入されていた。

歯根膜周囲の血管は、歯槽壁より歯根膜に入る血管がみられ、3日目に比較すると歯軸に平行に走行していたが、多くは断裂していた。

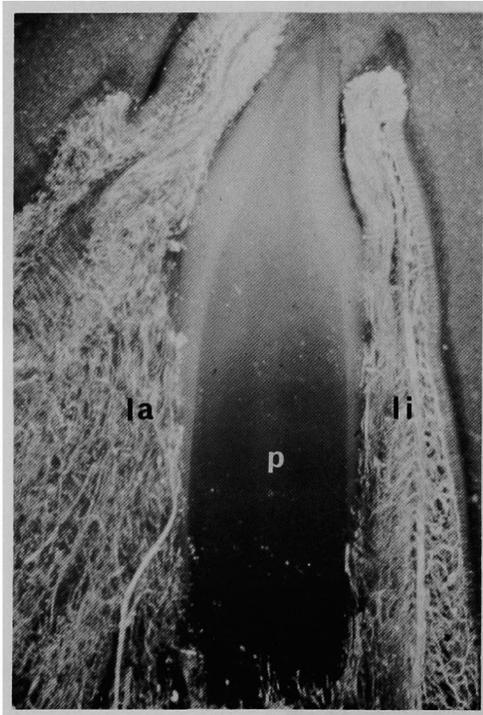
(4) 再植後10日目(図13)

大小不同の無数の毛細血管が、歯髓内に不規則に縦横に走行し上昇していた。特に歯頸部付近では蛇行した血管が多数認められた。

歯根膜周囲では、歯槽骨側、歯根側ともに血管の不同がみられ、比較的歯根に平行して走行していた。

(5) 再植後20日目(図14)

根端部はやや不明瞭であったが、歯槽骨からの大小不同の多数の血管が歯髓内に侵入し、互に吻合、分岐しながらも直線状に数条の太い血管が歯髓内へ侵入、上昇し、歯冠部歯髓に分布していた。また1条の太い血管が蛇行し、歯髓内に侵入していた。しかし髓室先端部はクロロパーチャが血管より湧出し、塊状に注入されたガッタパーチャ塊が認められた。



I

II

図10 再植後1日目透明標本

I 再植歯と周囲組織(×2.5倍)

II 歯根部拡大(×6倍)

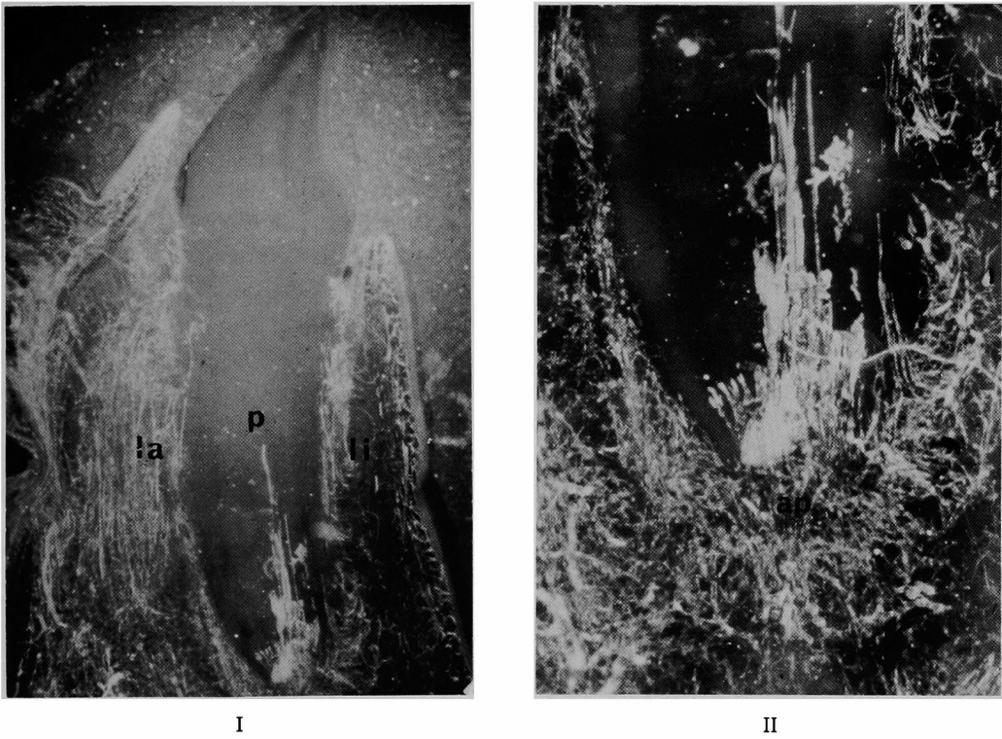


図11 再植後3日目透明標本 I 再植齒と周囲組織 (×2.5倍) II 齒根部拡大 (×6倍)

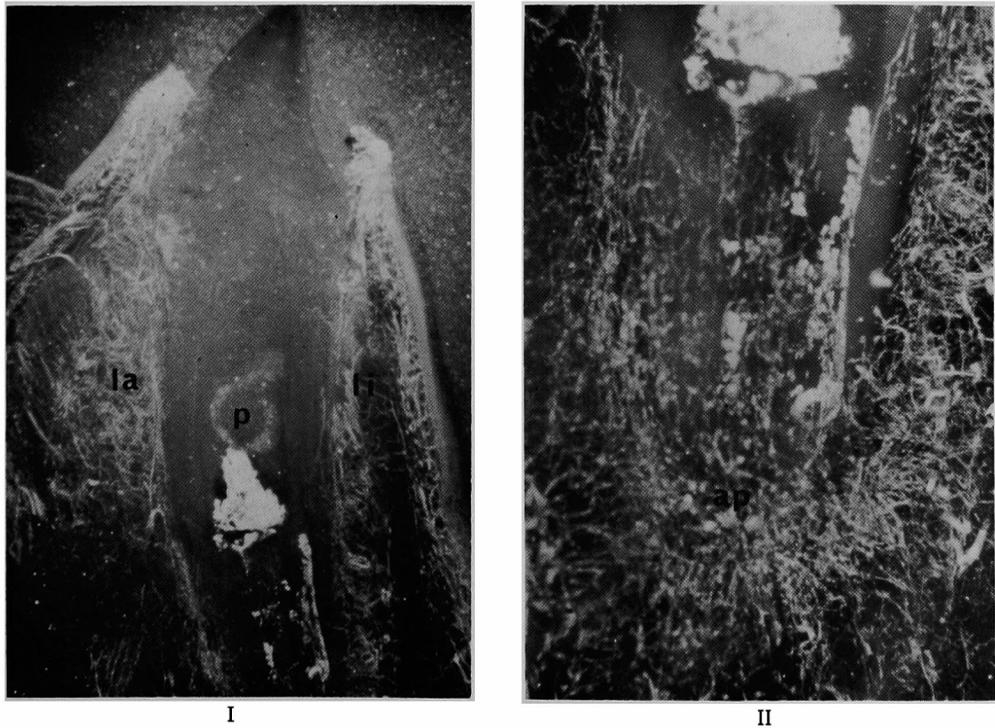


図12 再植後7日目透明標本 I 再植齒と周囲組織 (×2.5倍) II 齒根部拡大 (×6倍)

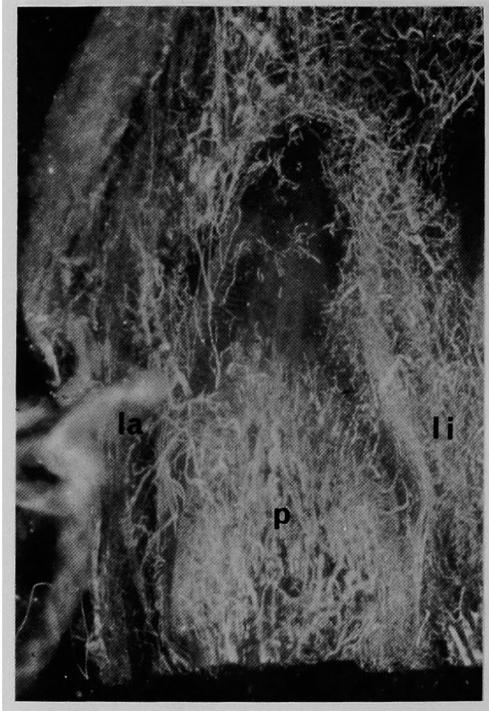


図13 再植後10日目透明標本(×6倍)

歯根膜周囲の血管は、歯槽骨側は比較的歯根に平行に走行していたが、歯根側では係蹄をつくり、蛇行しながら歯根にやや平行に走行していた。

(6) 再植後30日目(図15)

歯槽骨から歯髓内へ侵入し上昇する血管は、20日目に比較し太くなったものが増加し、血管数は減少し、さらに直線状の血管が多く、整然とされてきた。しかし対照と比較すると依然として毛細血管の数は多く、吻合や蛇行も多く認められた。

歯冠部歯髓は、全域に血管網の形成がなされ、根端部から髓室まで血行路が形成されていた。

(7) 再植後60日目(図16)

根端部より2条の太い血管と数条の細い血管がやや弯曲、蛇行しながらも歯の長軸に平行に上昇し、それを取り巻いて細い血管が吻合、分岐しながら比較的直線状に上昇していた。また歯冠部の一部を除き歯髓全体に血管の新生がみられ、歯冠部歯髓の間でループを形成し終枝していた。

歯根周囲の血管網は、唇側で一部平行に走行している部分もみられたが、大部分は不規則な格子状を形成していた。

(8) 再植後90日目(図17)

60日目に比較し、数を減じ、太さを増した血管が密に、さらに直線状に歯髓内を上昇し、吻合や蛇行も少なくなり、歯髓腔は狭窄されてきた。

歯根周囲の血管は、歯牙面側に平行に比較的整然と走行していた。

(9) 再植後135日目(図18)

90日目に比較し、歯槽骨から歯髓内へは非常に細くなった血管が数本、直線状に歯冠部歯髓にまで上昇しており、正常のものに比べ歯髓腔は狭く、血管は細くなっていた。また象牙質面に近い血管からはほぼ直角に小枝を出し、分岐しながら象牙質面に向う毛細血管がみられたが、正常(対照)に比べると非常に疎となっていた。

歯根周囲の血管は、比較的疎で歯牙面側にそって規則正しく走行していた。

3. 病理組織学的所見

1) 再植後1日目(図19)

歯根膜の歯槽骨側の結合織は断裂し、歯肉上皮と歯との附着部は剝離した状態で、全周にわたり歯根膜の断裂と同時に出血がおこっていた。特に根端部に出血とフィブリンの析出が強く、歯根膜の血管は怒張していた。歯髓組織の変性は少なく、歯髓は固有の構造を保っていた。ガッタパーチャは全体においてよく注入されていたが、歯髓内への注入はほとんど認められなかった。

2) 再植後3日目(図20)

歯根膜の結合織の癒合は多少おこっていたが、ほとんどは離断したままの状態の間隙を残し、粘膜上皮の断端の再生像は未だ認められなかった。根端部では、特に出血、フィブリンの析出が強度で浮腫状を呈し、浸出した血球細胞が存在していた。歯髓内にはびまん性の出血がみられ、特に歯冠部歯髓の血管は拡張、充血し、フィブリンの析出もみられたが、壊死性の変化はみられなかった。また象牙芽細胞は変性を起こしていた。ガッタパーチャは根端部より全体の1/3程度まで部分的に注入されていたが、それも散在して認められる程度であった。

3) 再植後7日目(図21)

歯肉上皮の歯への附着部は、下方に再生してきていたが、未だ密着はしていなかった。断裂していた歯根膜の結合織は再生癒着し、大小不同の血管が走行し、炎症はあまりみられなかった。また歯根膜内には骨破片がみられ、骨破片の吸収と同時に歯槽骨が部分的に再生増殖している像が認められた。歯槽骨の再生は特に根端部付近に強くおこり、歯髓の結

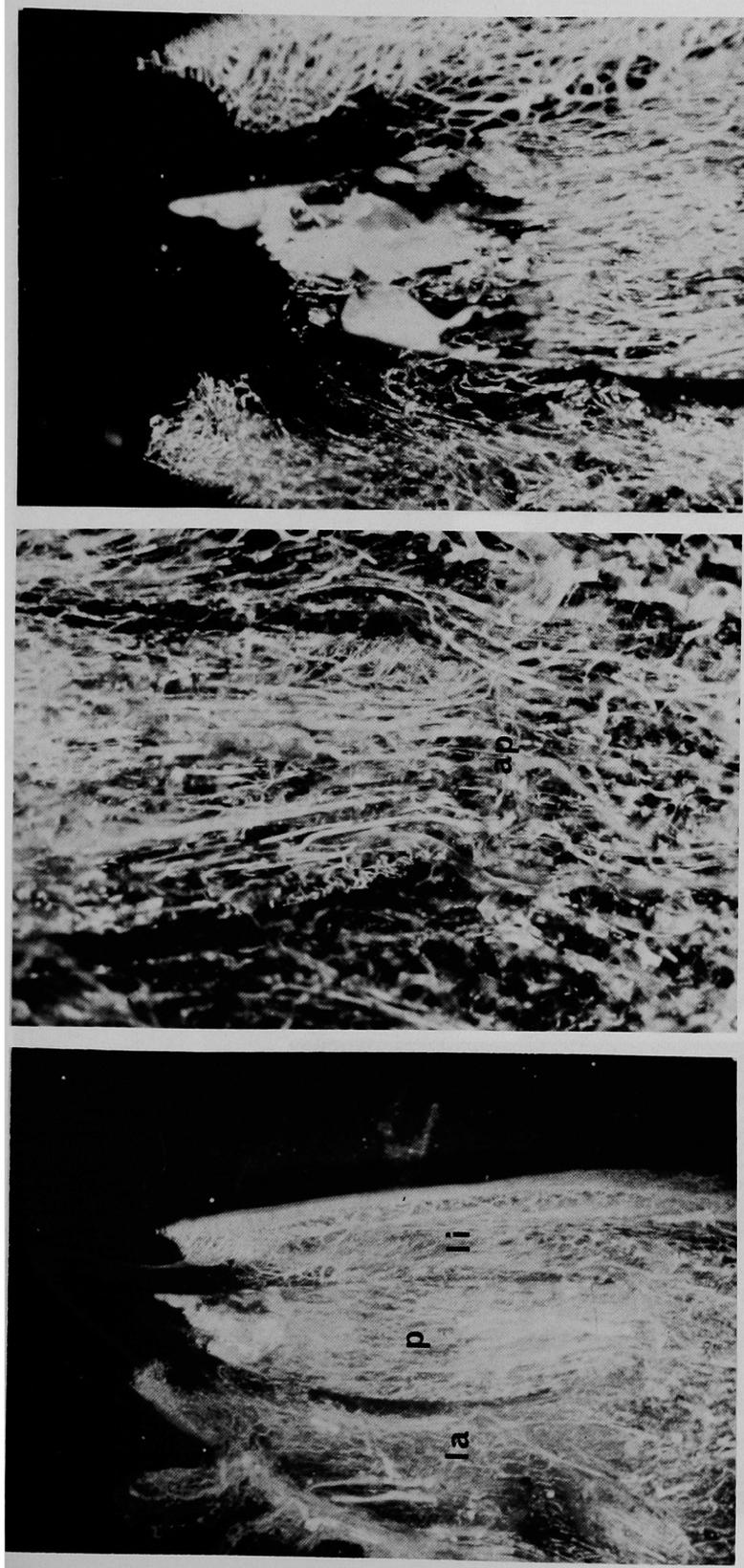
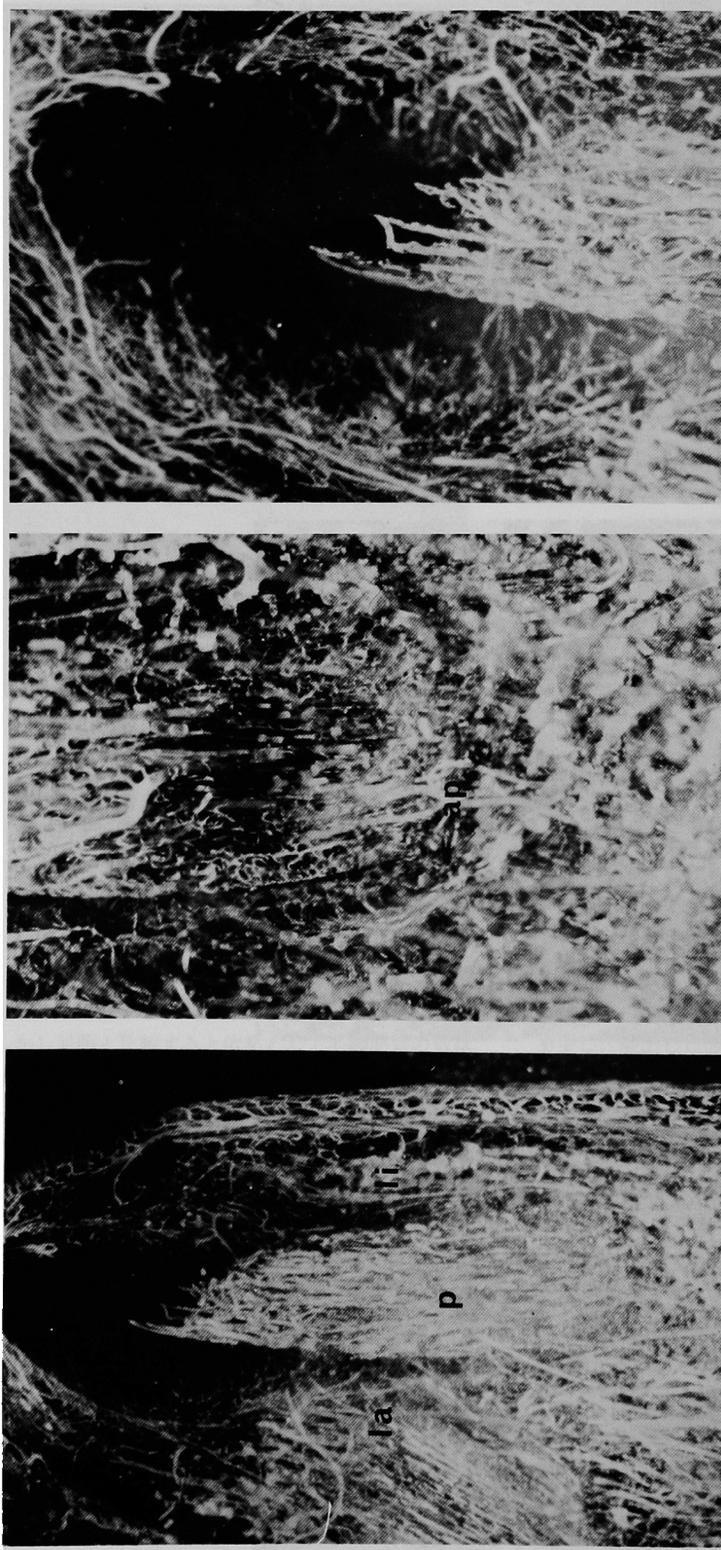


图14 再植後20日目透明標本
I 再植歯と周囲組織 (×2.5倍)
II 歯根部拡大 (×6倍)
III 歯冠部拡大 (×6倍)

III

II

I

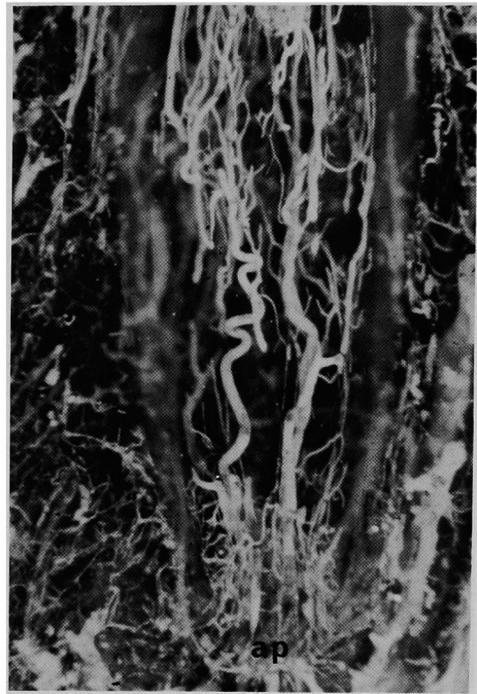
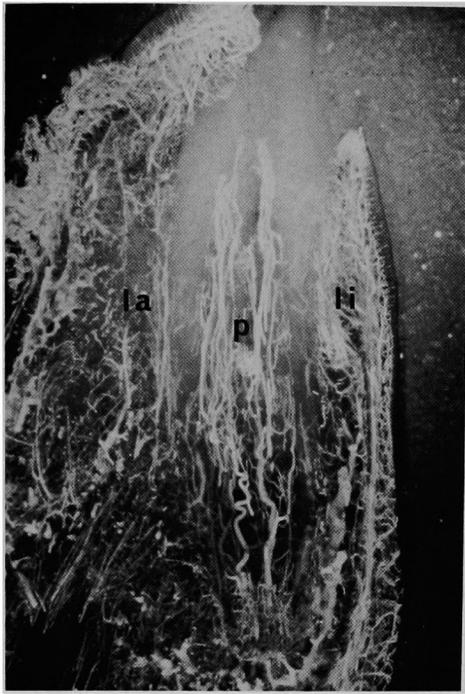


I

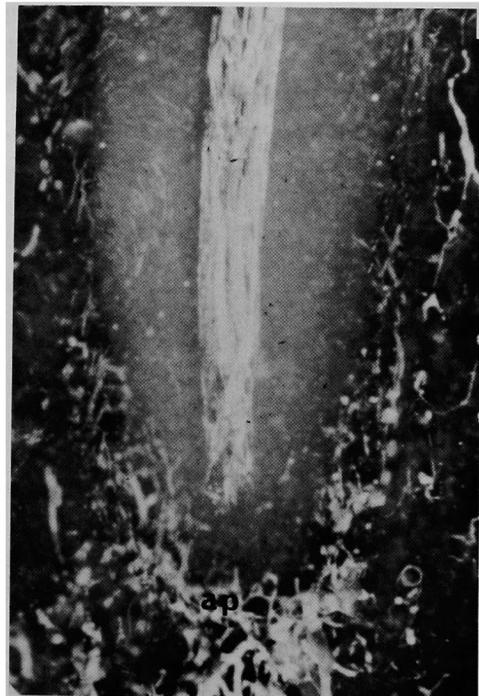
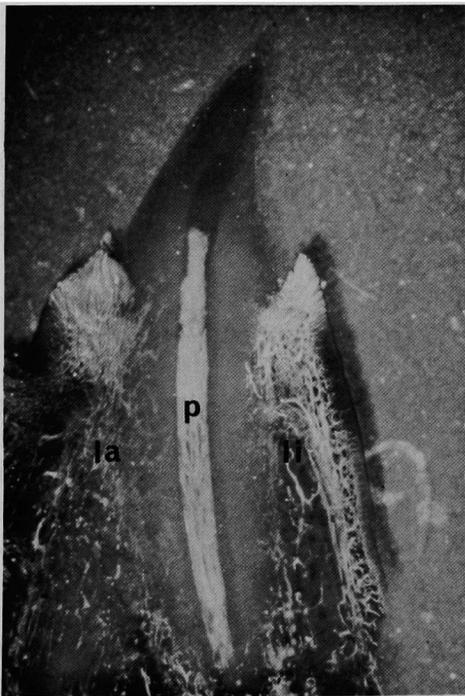
II

III

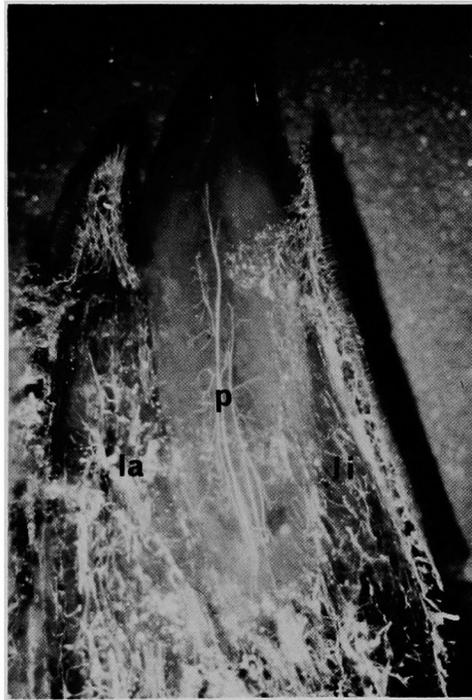
図15 再植後30日透明標本
 I 再植歯と周囲組織 (×2.5倍)
 II 歯根部拡大 (×6倍)
 III 歯冠部拡大 (×6倍)



I
II
図16 再植後60日目透明標本 I 再植歯と周囲組織 (×2.5倍) II 歯根部拡大 (×6倍)



I
II
図17 再植後90日目透明標本 I 再植歯と周囲組織 (×2.5倍) II 歯根部拡大 (×6倍)



I



II

図18 再植後 135日目透明標本

I. 再植歯と周囲組織 (×2.5倍)

II 歯根部拡大 (×6倍)

合織と歯槽骨の完全な癒合がおこり連続していた。歯髓内は、歯根部で細い血管、線維芽細胞が縦走し、炎症性細胞浸潤、浮腫が強くおこっていた。歯冠部では出血、フィブリンの析出がみられ、歯髓組織は浮腫状を呈していたが、炎症性細胞浸潤は歯根部ほど強くなかった。

4) 再植後30日目 (図22)

歯肉の粘膜上皮および断裂していた歯根膜の結合織はほぼ全周にわたり歯との間に密な接合を保ち修復を示し、血管は細くなっていた。歯髓組織は、歯冠部上方で変性、壊死に陥って融解していた。歯髓中央部では炎症細胞の浸潤が非常に強くみられ、膿瘍を形成し、周囲に大食細胞が多く出現していた。歯根部歯髓は炎症性肉芽(結合織増殖、炎症細胞浸潤、血管増生)を形成し、怒張した太い血管が蛇行しながら上昇していた。また象牙芽細胞は消失し、根端部付近には骨様硬組織が不規則、梁状に増生していた。

5) 再植後90日目 (図23)

歯肉粘膜上皮の再生、密着は完了し、歯根膜は緻

密な結合織で完全に再生され、血管は細くなっていた。歯槽骨は吸収、再生を完了し、正常組織と類似した像を呈していた。歯髓は結合織で満たされ、太い血管の不規則な走行とリンパ管の拡張が認められた。歯髓内に炎症はみられず、一部に骨様硬組織の島状の新生がみられた。

4. 再植後未萌出例 (術後180日目)

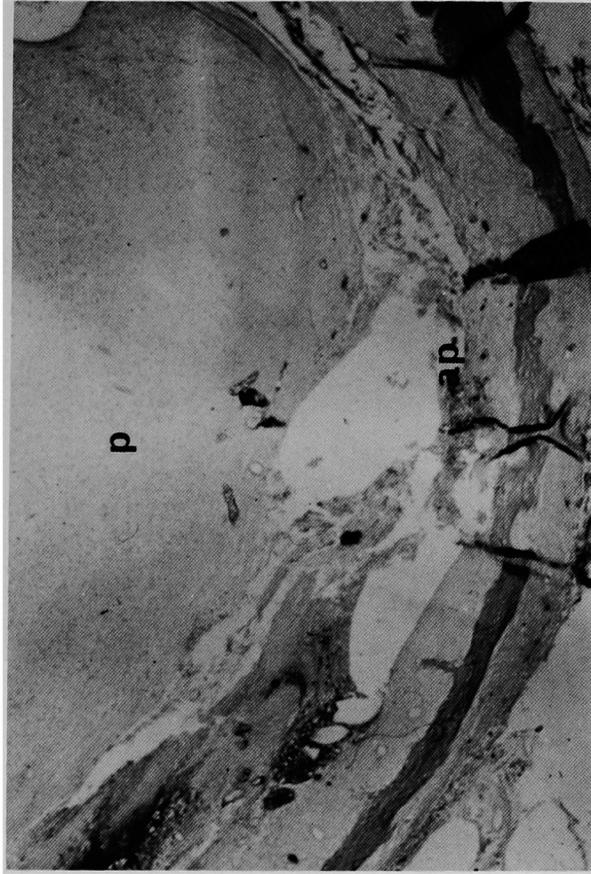
30頭中3頭において再植歯の未萌出がみられた。

1) X線所見

再植歯は未だ顎骨内に埋伏したままの状態、これに隣在する切歯に移動がみられ歯間が離開していた。歯根膜腔の異常拡大はみられず、歯槽硬線と思われる像も認められたが、対照側と比較すると歯根長は短かく、歯髓腔の狭窄とX線不透過像が増していた(図24-I)。

2) 透明標本所見

歯髓内へは2つの束状をなして血管が侵入、直線状に上昇しながら歯根中央部より数を増し、歯冠部歯髓まで上行して、さらに樹枝状に小枝を出し分布していた。歯根膜周囲の血管は細く疎で、歯根下方



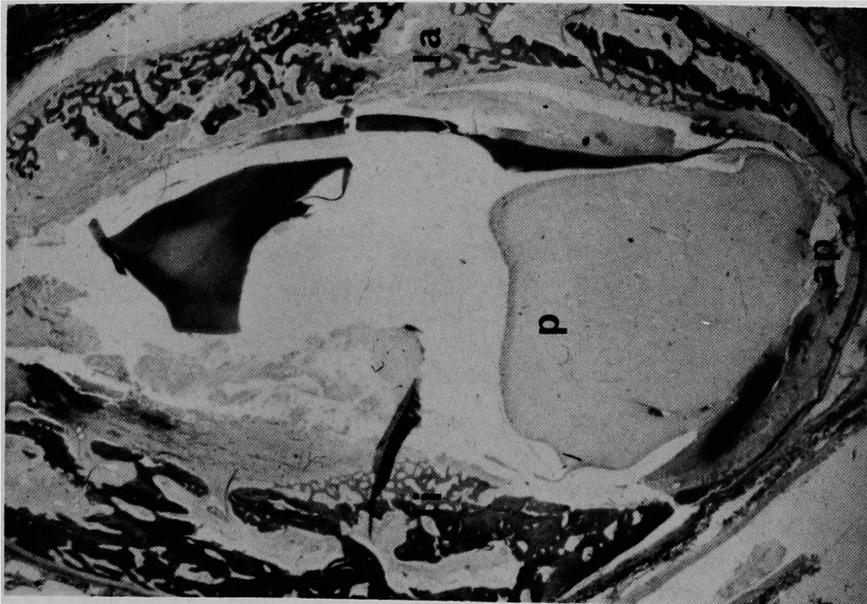
II

図19 再植後1日目病理組織

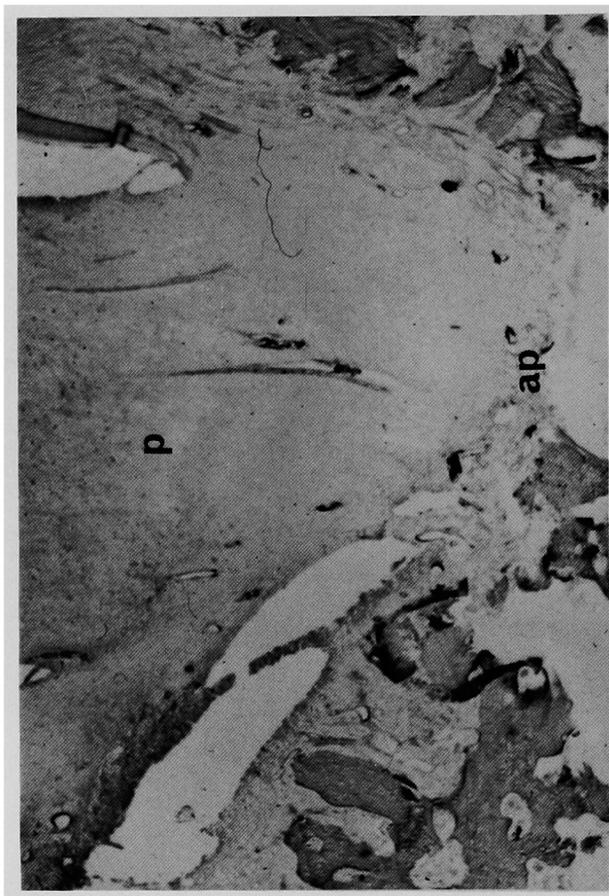
p : 歯髓, la : 唇側, li : 舌側, ap : 根端部

I 再植歯と周囲組織 (×3倍)

II 根端部 (×12倍)

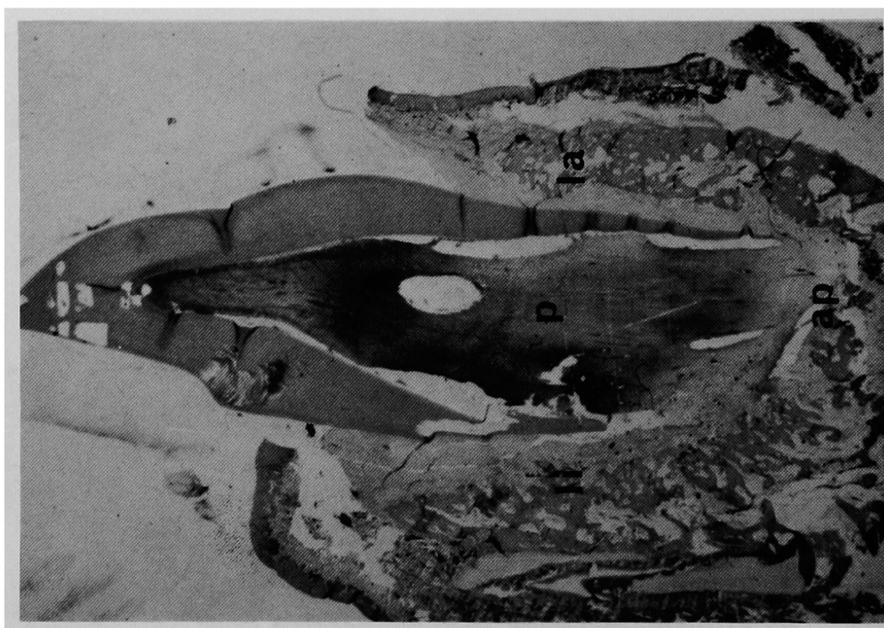


I



II

図20 再植後3日病理組織
I 再植歯と周囲組織 (×3倍)
II 根端部 (×12倍)



I

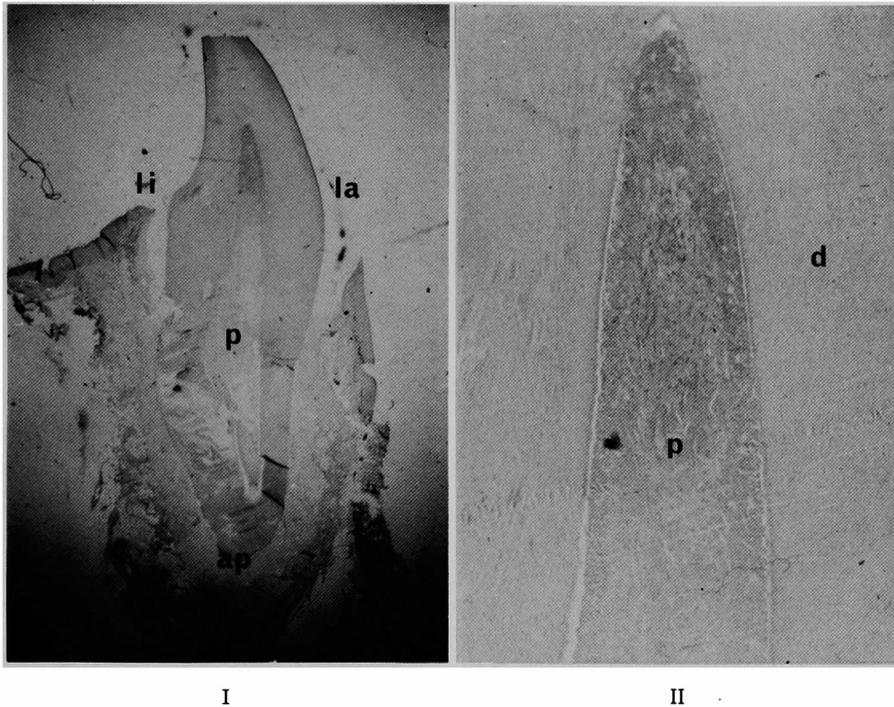


図21 再植後7日目病理組織
 I 再植歯と周囲組織 (×3倍)
 II 歯冠部歯髓 (×12倍)
 d : 象牙質

では一部血管のみられない部分もあった (図24-II)。

3) 病理組織学的 所見

歯冠先端は歯肉粘膜の下方に位置し、歯肉内縁上皮下の間質結合織には強い炎症細胞浸潤がみられた。埋没された歯は象牙質の塊状の増殖があり、歯髓腔に突出し象牙細管の走行もみだれていた。歯髓は浮腫状で一部に骨様組織が小さな小島状に現われ、また歯根端部も骨様組織で不規則に閉塞されており、その周囲で不規則な石灰沈着巣が散在性にみられた。歯根端部の歯根膜の血管は拡張しガッターパーチャを満たしていた (図24-III)。

考察ならびに総括

歯の再植術とは広義の歯の移植術の一方法であり、再植歯、移植歯の条件が歯胚、未完成歯、完成歯のいずれであるかにより、その運命は著しく異なってくる。歯根形成のみられない時期の歯胚移植の場合、歯乳頭は壊死に陥り、その後吸収、または排除され、臨床への応用は期待できない。^{13,25)} 完成歯の場合、移植歯は術後まもなく脱落したり、一時的に骨植堅

固になっても数年後には歯根の吸収をきたし脱落するため、今日では外傷などにより脱臼、脱落した歯、あるいは根端病巣のある歯などに対し、少しでも長く歯の機能を営ませる目的で再植術が行われている。

一方未完成歯の場合、適応症を選び再植術、移植術を行えば、歯の生着、歯髓の生存が可能で、恒久的な生物学的補填法として臨床に応用できることが明らかになっている。^{3,33,34)}

未完成歯移植に関する臨床的、実験的研究は数多く報告されているが、ほとんどがX線学的、病理組織学的研究である。血管新生の面より追求したものとしては、私の渉猟した範囲では、石田 (1972)³¹⁾ のクロロパーチャを用いた完成歯再植、永野 (1972)²⁷⁾ の墨汁を用いた未完成歯移植、Skoglund ら (1978)²⁸⁾ の硫酸バリウムを用いた未完成歯の再植ないし移植実験の報告がみられるに過ぎない。しかし、墨汁を用いた場合、微細血管まで注入され過ぎ、さらに切断された血管から組織内にも色素の浸潤、貯留がみられるため、新生血管の走行を形態的、立体的に観察するには不適當である。また、Skoglund ら²⁸⁾ は

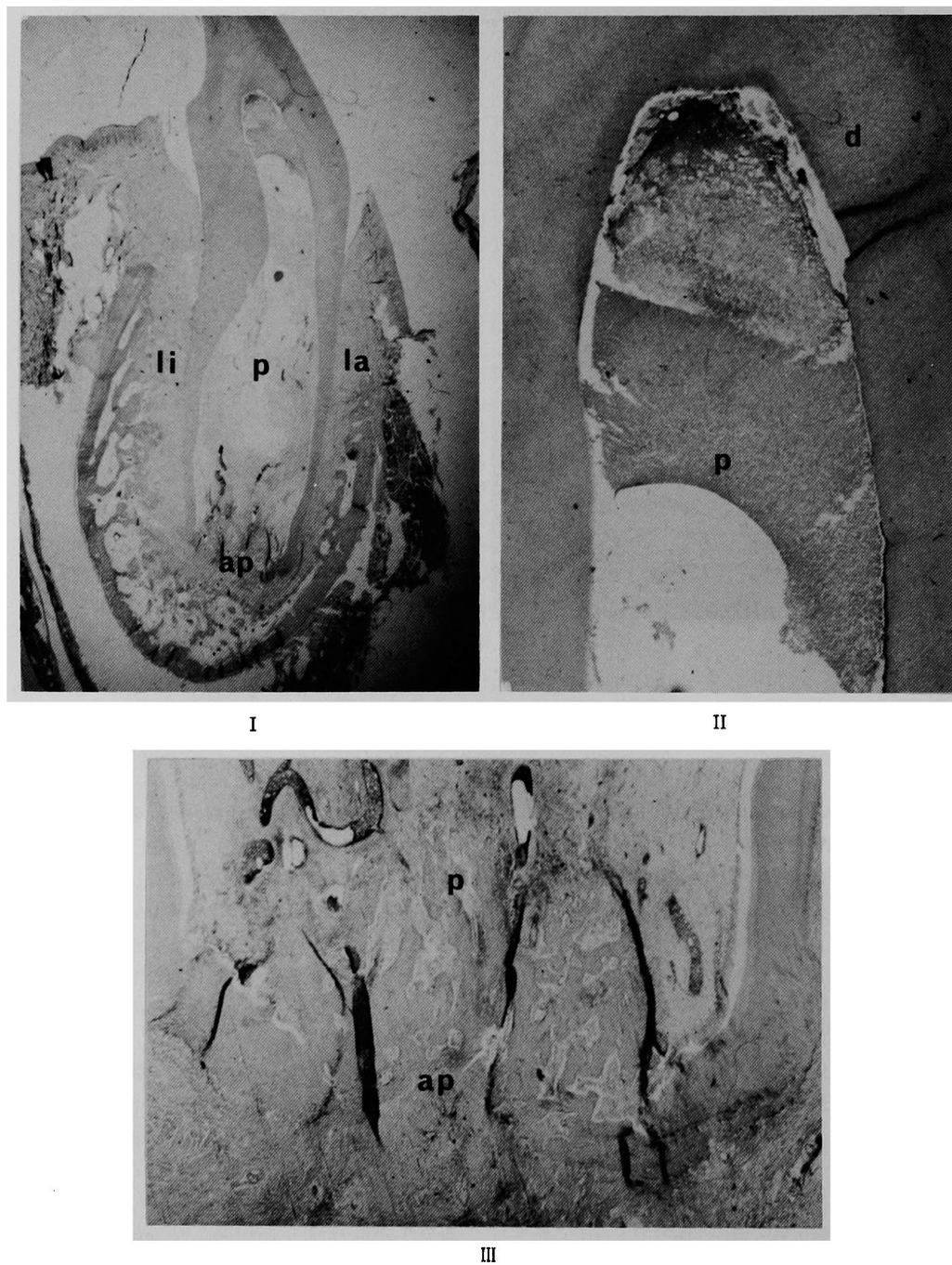


図22 再植後30日目病理組織

I 再植歯と周囲組織 (×3倍)

II 歯冠部歯髓 (×12倍)

III 根端部 (×12倍)

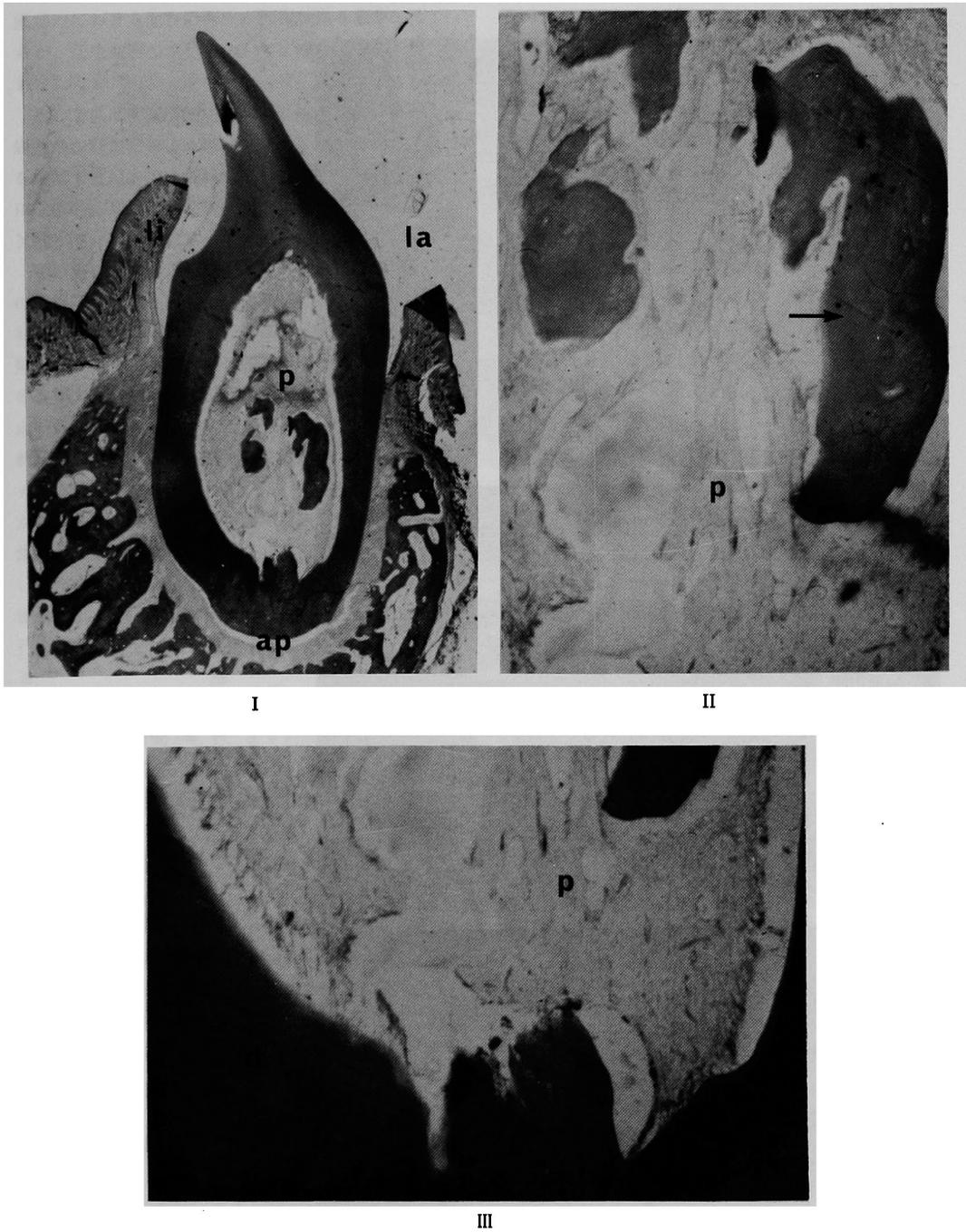


図23 再植後90日目病理組織

I 再植歯と周囲組織 (×3倍)

II 歯髄中央部 (×12倍)

矢印：歯髄腔内に出現した骨様硬組織

III 根端部 (×12倍)

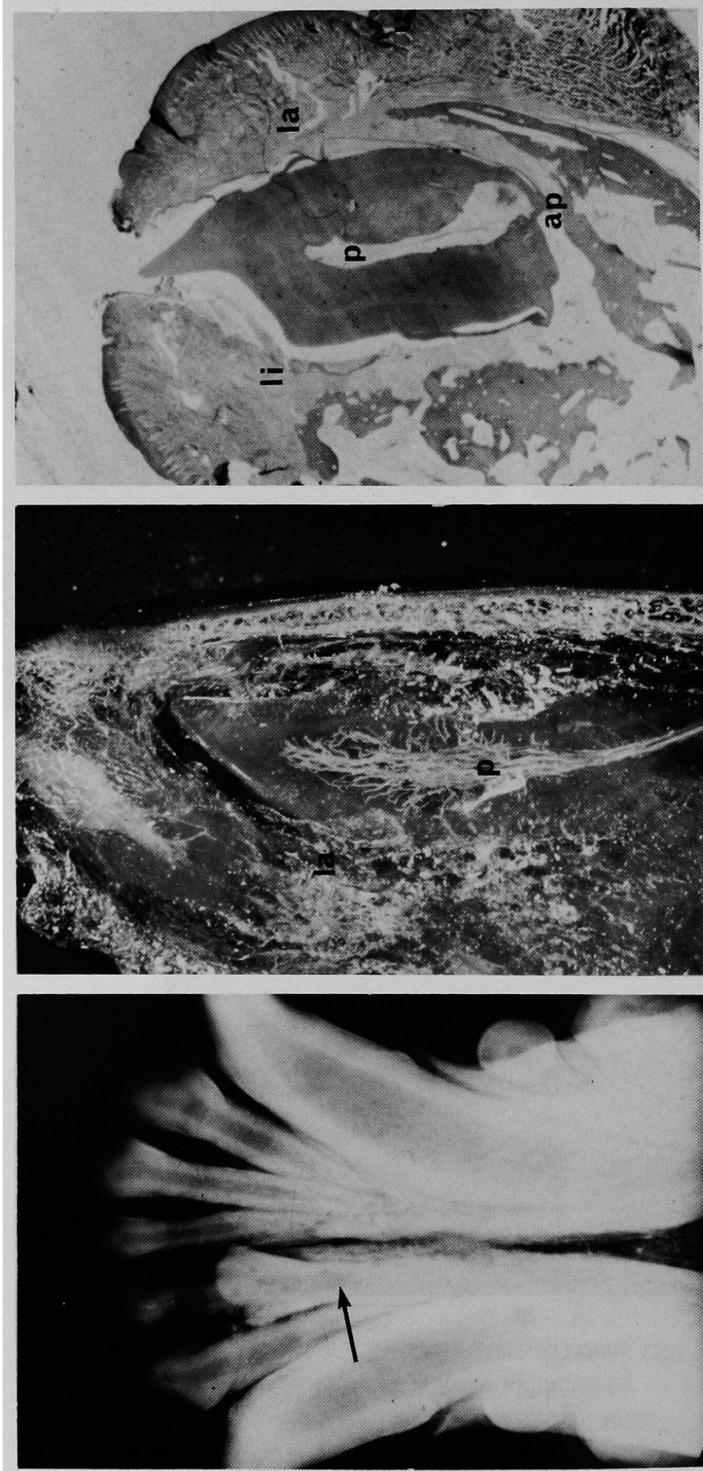


図24 再植後未萌出例 (術後180日目)

I X線像

II 透明標本 (×2.5倍)

III 病理組織 (×3倍)

I

II

III

歯髓内における血管の再生、回復状態を観察しているが、新生血管の走行についての詳細な報告はなされていない。

そこで私は未完成歯再植術後、歯髓および歯根膜周囲の血管がどのように再生され、機能を営むのかを検索する目的で、経日的な血管像の変化を、とくに形態的、立体的な新生血管の走行の面より観察し、X線学的、病理組織学的にも検討した。

顎口腔領域における血管を形態的に観察するための血管注入材料としては、色素剤、シリコン・ゴム、レジン、クロロパーチャ、セルロイド、X線不透過剤、インディア・インク、墨汁などがある。私たちの教室では、顎口腔領域手術創の治癒過程における血管像の変化あるいは放射線照射による顎骨および軟組織の血管像の変化を観察するため、クロロパーチャ血管注入法を応用している。西嶋ら(1972)³²⁾が検討したクロロパーチャ血管注入法は歯肉乳頭、歯槽骨、歯髓、歯根膜などでは、注入を行っていない正常の血管径と大差なく、また注入血管径の最小値は 2.5μ で、正常血管と同一値を示し、血管の走行を形態的、立体的に観察するのに適した方法である。

私は未完成歯再植術後の血管像の変化を観察するための基礎的研究として、まず対照歯および歯周組織の正常血管像を、歯根1/2形成、歯根2/3形成、歯根形成完了の3群に分類し観察した。顎骨より歯髓に入る血管は根端孔に達する前に一部歯根膜に分布し、大部分は根端孔から根管内に侵入し、多数の血管が直線状に歯髓内を上行、歯頸部付近で吻合、ループを形成し、数を減少させて歯冠部歯髓に分布していた。また象牙質面に近い血管束からは、ほぼ直角に象牙質面に向う非常に細い無数の毛細血管がみられ網状形態を呈していた。歯髓内の血管は、歯根1/2形成群では、ほぼ一様の太さの多数の血管より形成されていたが、歯根2/3形成群では、2条の太い血管束を形成し、それと平行に多数の細い血管が上行していた。歯根形成完了群では、2条の太い血管束を形成し、細い血管は目立たなかった。歯根膜の血管は、顎骨より歯髓に入る血管が根端孔に達する前に一部分岐し、歯根膜の歯根側(内層)を上行するものと、歯槽骨内の血管から歯槽骨壁を貫通し、歯根膜の歯槽骨側(外層)を上行するものの2層の血管がみられ、互に小枝を出して連絡していた。しかし歯根形成完了群では、歯根膜の血管は歯槽骨側からのものがほとんどで、根端部からのものは減少し、

細くなっていた。歯根膜の分布血管は未完成歯のものに比較すると細く疎で、内外2層の血管の区別は不明瞭であった。

歯根膜の血管について、佐藤(1952)³⁵⁾、藍原(1969)³⁶⁾、石田(1972)³¹⁾は内外2層に分類し、特に石田³¹⁾は完成歯再植に関する研究で、この内外2層の血管が再植術後出現するか否かが再植に際して歯根膜の必要か否かの決定上重要と思われるたと述べている。鈴木(1960)³⁷⁾は、歯根膜の栄養は歯の完成期までは根端部より進入し、歯根膜内をほぼ直線状に上行する血管であったが、完成後は歯槽骨より進入する血管であったと述べ、香川(1960)³⁸⁾は内外2層の血管はみられなかったとしている。中村(1967)³⁹⁾は、歯根膜の血液供給は大部分歯槽壁からのもので、根端からの血液供給は極く少量で、歯肉方向からは全く認められなかったと報告している。

本実験では歯根膜に分布する血管は、再植1日目には歯根側の血管が根端部付近にわずかにみられたに過ぎず、歯槽壁より歯根膜に入る血管は断裂していた。病理組織学的所見でも歯根膜の歯槽骨側の結合織は断裂し、全周にわたり歯根膜の断裂と出血がおこっていた。3日目、唇側で一部歯根と平行に向う血管もみられたが多くは断裂していた。病理組織所見では、歯根膜は根端部を除き離断した状態で間隙を残し、粘膜上皮の断端の再生像もみられなかった。7日目、歯槽壁より歯根膜に入る血管がみられ、3日目に比較すると歯軸に平行に走行していたが、多くは断裂していた。病理組織所見では、断裂していた歯根膜の結合織は歯肉上皮の歯への付着部付近を除き、再生、癒着し、大小不同の血管が認められた。また歯根膜内にみられた歯槽骨の残存骨片が吸収され、歯槽骨が部分的に再生、増殖している像が根端部で特に強く認められ、歯髓の結合織と歯槽骨の完全な癒合がおこり連続していた。10日目、歯槽骨側、歯根側ともに血管の不同がみられ、比較的歯根に平行して走行していた。20日目、30日目になると歯槽骨側は比較的歯根に平行に走行していたが、歯根側では係蹄をつくり、蛇行しながら歯根に沿って走行していた。また顎骨より歯髓に入る血管が根端孔に達する前に一部分岐し、歯根膜の歯根側を上行していた。30日目の病理組織所見では、歯肉の粘膜上皮および歯根膜の結合織はほぼ全周にわたり歯との間に密な接合を保ち、修復されていた。60日目、唇側で一部平行に走行している部分もみられたが、

大部分は不規則な格子状を形成していた。根端部から歯根膜に侵入し、歯根側に分布した血管は30日目と比較し、細く、疎となっていた。90日目、135日目になるに従って血管はさらに細く、疎となり、歯牙面側に沿って規則正しく走行していた。歯髓に侵入する血管の分岐として歯根膜に侵入、上行する血管はほとんど認められなくなり、大部分は歯槽骨壁を貫通して歯根膜に分布する血管であった。

石田(1972)³¹⁾は完成歯再植後の歯根膜周囲の血管像を観察し、7日目に密な血管網を形成、その後60日目まで数を減じながら太さを増し整然とし、150日目、270日目になるに従って血管の形態ならびに太さは正常像と変わらなくなったという。しかし90日目には一部で骨性癒着の像を呈し、120日目、270日目に経過するに従って部分的に血管のみられないところがあり、しだいに骨性癒着は著明になったと述べている。本実験の未完成歯においては、術後7日目までは断裂がみられたが、その後密な血管網を形成、太さを増し、整然と走行し、60日目、90日目、135日目に経過するに従って血管はしだいに細く、疎となり、正常完成歯の所見と同様になった(表1)。また歯根膜周囲の血管網は全周にわたり平等にみられ、完成歯の場合にみられたような骨性癒着は認められなかった。宮川(1957)¹³⁾も未完成歯の自家移植では、歯槽壁、歯根膜は再生し、歯根膜線維も機能的に配列、正常歯の場合と同様になり、歯根の吸収、骨性癒着は全くなかったと述べている。術後20日目、30日目、60日目の透明標本所見で、根端部から一部歯根膜に侵入し、上行する血管が明瞭にみられたが、歯が完成されるに従って根端部からの歯根膜への血管は不明瞭となっており、正常完成歯の歯根膜の血管と類似した所見がみられた。このように未完成歯再植後、根端部から歯髓に入る血管が一部分岐を出し歯根膜にも分布することが歯と歯槽骨の間に骨性癒着や歯根の吸収をおこさず、恒久的な生物学的補填法として利用できることと重要な関係があると推察される。

未完成歯移植の時期として、宮川(1957)¹³⁾は臨床的研究において、移植後6カ月以上経過したものの歯髓の生活反応を調べ、歯根形成が1/3以下のものでは33.3%、1/3~2/3では88.2%、2/3以上では25%の割合で陽性であり、移植歯の歯根形成は1/2前後のものが成績がよかったという。さらに犬を用いた実験的研究では、歯根未形成群と歯根2/3形成群について病理組織学的に研究し、前者では移植後異物とし

て排出されるか、埋伏のまま留るか、あるいは歯冠がわずかにその一部を露出するに過ぎず、歯乳頭組織は壊死に陥っていたが、後者では歯槽壁、歯根膜、歯髓は再生し、生着したと述べている。Fong(1953)⁹⁾は歯根形成が1/3ないし1/4、中村(1958)¹⁴⁾(1960)¹⁶⁾、常葉・宮川(1960)¹⁵⁾、伊藤・宮川(1960)²⁵⁾は1/2~2/3、常葉(1964)²¹⁾、工藤ら(1972)²¹⁾は1/3~2/3、常葉(1969)³³⁾は1/3~1/2のものをいい好結果を得ている。本実験では、歯根1/2~2/3形成のものをいい良好な結果を得たが、1/2以下のものでは、歯乳頭は壊死に陥ったものが多く、歯髓の血行路が再生したのもでも180日間観察したが、歯は萌出せず結果は不良であった(図24)。

X線所見について、石田(1972)³¹⁾は完成歯の場合、25日目から30日目には一部骨の新生がみられ、60日目には一部骨性癒着を思わせ、150日、270日と骨性癒着が著明になったと述べている。本実験では、10日目頃までは幅広い病的歯根膜腔の拡大がみられ、完全脱臼の像を示した。しかし、20日目には歯槽骨側からの骨の新生を思わせ、30日目では歯槽硬線と思わせる像が出現した。その後60日目、90日目に経過するに従って歯根膜腔の異常拡大はみられなくなり、正常像と同様の所見となり、骨性癒着、歯根の吸収もみられなかった。未完成歯移植において、常葉・宮川(1960)¹⁵⁾は1カ月後移植床の辺縁から移植歯に向かって漸次骨の新生らしき所見がみられ、3カ月後には根端部近くまで充たされ、歯槽硬線も明らかになり、6カ月以上たてば正常な歯根膜腔とほとんど変わらない所見であったと述べ、中村(1960)¹⁶⁾は約2カ月目には歯槽骨の再生がみられ始め、4~5カ月で歯槽硬壁が形成され歯根膜腔の成立が認められたと報告している。本実験の未完成歯再植の場合、歯根膜腔の正常像への回復は常葉・宮川¹⁵⁾、中村¹⁶⁾の移植の場合に比較して早く認められた。またApfel(1950)⁵⁾、Hale(1956)⁴⁰⁾は移植時歯槽骨壁の完全な削除を行っているが、中村¹⁶⁾は歯槽骨壁の削除は特に必要なく、移植歯植入に好適な程度の骨削除でよいと述べている。本実験では、再植床の歯槽骨壁の削除は行わなかったが、30日目頃より歯槽硬線がみられ、90日目には歯根膜腔の異常拡大はみられず、正常像となった。

再植、移植後の歯根の成長、発育に関し、Apfel⁵⁾は未完成智歯を第1大臼歯の抜歯窩内に移植した19例中、10例はX線像で歯根の発育途上の

表 1 再植後の新生血管と病理組織変化

再植後	歯 髓		歯 周 組 織	
	新 生 血 管	歯 髓 組 織	新 生 血 管	歯 根 膜 再 生
1 日 目	—	ほぼ正常	—, 出血	断裂, 出血
3 日 目	±, 根端部付近	出血, 充血	±	断裂, 出血, 浮腫
7 日 目	+, 根端部より歯根1/2 まで	炎症強く, 歯髓は浮腫状 態	+ (大, 小不同の血管新 生)	再生, 癒着
30 日 目	++	膿瘍形成, 根端部付近に 骨様硬組織増生中	+ (細く密)	結合織再生 (密)
90 日 目	+	線維化再生, 一部骨様硬 組織の出現, 歯髓腔の狭 窄化	+ (細く疎)	..

ものを歯槽窩内に深く植入了結果、歯根は発育、成長し、歯槽硬線も形成された。しかし歯根の形成のみられなかった9例のうち、深く植入了なかった4例は歯根の形成がみられず抜歯、深く植入了した5例は歯根の形成はみられたが、部分的であったと報告している。Tomlin (1966)⁴¹⁾は10才の少年に埋伏していた4本の歯根未完成の第2小臼歯を歯槽窩内に深く再植したところ、その後全て萌出し、そのうち3本に歯根の形成がみられた症例、Stewartら(1974)⁴²⁾は13才の少年に埋伏していた未完成の第2小臼歯を再植し、歯根の成長、発育がみられた症例を報告している。しかし、Agnew & Fong (1956)²³⁾、Tam (1956)¹¹⁾は組織学的所見において歯根の成長は著明でなく、Hammer (1955)⁴³⁾は歯根の発育はみだされたが、歯は正常に萌出し、血行の回復、歯髓の生活がみられたと述べ、宮川(1957)¹³⁾は、歯根の延長は歯胚に Hertwig 上皮鞘がよく保たれた場合にのみ可能で、実際にはこのような場合は少なく、移植歯の長さは正常歯よりも短い場合が多かったと述べている。中村(1958)¹⁴⁾は移植後、歯根膜面にセメント質、歯髓側に象牙質が形成されて根端孔を形成し、Agnew & Fong、宮川の示した動物におけるよりも歯根の伸長においてかなり優っていたとし、常葉・宮川(1960)¹⁵⁾は歯根形成1/3以下15例、1/3~2/3 41例、2/3以上12例、計68例中明らかに歯根の延長を認めたものは5例に過ぎなかったと報告している。河合ら(1960)⁴⁴⁾は犬を用いた移植実験でセメント質の新生像は認められたが、著明でなく、正常な象牙質の新生像はほとんどみられず、歯根の成長もあまり認められず、30日~60日目の所見で歯根の吸収が軽度ながら9例中5例にみられた。これは他抜歯窩へ

の移植であったため周囲組織からみた場合に異物としての作用が一面において存するものと推察されたと述べている。工藤ら(1972)²¹⁾は、歯根の伸長は13例中9例に認められたが、そのうち明らかに発育成長によって完成したと思われるものは、歯根形成1/3のもの1例、1/2のもの3例、計4例に過ぎなかったと報告している。本実験においては、歯根の成長、発育はある程度みられたが、正常歯(対照側)に比較すると歯根の短いものが多かった。しかし歯根の吸収はみられなかった。

歯髓内への血管の新生は、1日目根端部周囲の歯槽骨に密な毛細血管がみられたが、歯髓内へ侵入する血管はほとんど認められなかった。病理組織所見では、歯髓組織の変性は少なく、歯髓は固有の構造を保っていた。3日目、根端部周囲の歯槽骨に毛細血管が著しく増加し、多数の毛細血管が歯髓内に侵入、上昇していた。しかし歯根中央部より歯冠部にかけては血管の新生はみられなかった。病理組織所見では、根端部に浮腫がみられ、歯髓内にはびまん性の出血がみられ、特に歯冠部歯髓の血管は拡張、充血し、フィブリンの析出がみられたが、壊死性の変化はなかった。象牙芽細胞は変性をおこしていた。7日目、密な毛細血管が断裂しながら歯髓内を上昇していたが、血管の侵入は歯根1/2あたりまでで、その上方はクロロパーチャが塊状に注入されていた。病理組織所見では、歯根部で細い血管が縦走し、炎症性細胞浸潤がみられ、歯冠部では浮腫、出血、フィブリンの析出がみられ、炎症性細胞浸潤が強くおこっていた。10日目、大小不同の無数の毛細血管が不規則に走行し、20日目では、大小不同の多数の血管が互に吻合、分岐しながら歯髓内を上昇し、1条の太

い血管が蛇行しながら根端部より歯髓内へ侵入していた。30日目、歯髓内の血管は20日目に比較し、太くなったものが増加し、数は減少し、直線状に走行する血管が多く整然となり、根端部から髓室まで完全な血行路が形成されていた。病理組織所見では、歯髓組織は、歯冠部上方では変性、壊死に陥って融解し、中央部では炎症細胞浸潤が強くおこり、膿瘍を形成し、大食細胞が出現していた。歯根部は炎症性肉芽を形成し、怒張した血管が蛇行し走行していた。象牙芽細胞は完全に消失し、根端部付近には不規則に骨様硬組織の新生がみられた。60日目、根端部より2条の太い血管束と数条の細い血管がやや弯曲、蛇行しながら歯の長軸に平行に上昇し、歯頸部付近でループを形成していた。90日目になると60日目に比較し数を減じ、太さを増した血管が密に、さらに直線状に上昇し、歯髓腔は狭窄されていた。病理組織学的所見では、歯髓は結合織で満たされ、炎症反応はみられず、リンパ管の拡張が認められた。また歯髓内には一部骨様硬組織の新生がみられた(表1)。

135日目になると根端部から歯髓内へは、非常に細くなった血管が数本直線状に歯冠部歯髓まで上昇し、象牙質面に近い血管から直角に小枝を出して象牙質面に向う毛細血管もみられた。しかし正常のものに比べると非常に疎となっていた。

未完成歯再植、移植後、歯髓が生活反応を有するようになることは異論のないところであるが、Henning (1965)⁴⁵⁾は5才10カ月の男児に打撲により脱落した上顎中切歯2本を、受傷後1時間以内に再植したところ、7年後の観察で歯髓反応は陽性で、歯根の発育も根端部が閉塞されるまで進んだが、歯髓の反応は上顎側切歯に比較して弱く、この原因は根端孔および歯髓腔の閉塞によるものであるとした。Andreasen & Hansen (1966)⁴⁶⁾は歯根形成が不完全5例と、根長は完全であったが根端孔の開大していたもの8例、計13例を再植した結果、7例は歯髓は生き残っていたようであったが、生活反応のみられたものは3例だけであったと報告し、これは歯髓腔が徐々に消失していったためであろうと推察している。工藤ら(1972)²¹⁾は、13例中12例が0.5~1年で陽転したが、5年目では3例が陰性で、残り10例中6例が経過年数とともに歯髓反応の値が低くなっていく傾向を示したと述べている。本実験においては、135日目の血管像で、歯髓内の血管は正常のものに比較して非常に細く、疎となり、歯髓腔も狭窄されており、このことが歯髓反応の低下を招くものと考え

えられた。

永野(1972)²⁷⁾は未完成歯移植後の歯髓血行路の再生過程について観察した結果、歯髓の栄養は、移植初期(3日頃まで)では移植歯髓の旧血行路の利用と液状成分の浸出により保たれ、移植中期(14日頃まで)では新生血管と旧血管を利用した血行路の両者により保たれ、移植末期(30日以降)では歯髓組織は新生結合織増生により置換され、新生血管により新血行路が完成されていたと報告している。

Skoglundら(1978)²⁸⁾は未完成歯再植、移植の実験的研究を行い、術後1日目では歯髓内に血管はみられなかったが、4日目細い血管が根端部付近にみられ、10日目になると歯髓内1/4~1/2程度まで血管が新生、30日目では歯髓内全体に血管がみられ、増加していたと述べている。本実験では、再植後根端部より歯冠部歯髓に向って徐々に血管の新生がみられ、永野(1972)²⁷⁾、Skoglundら(1978)²⁸⁾の報告と同様30日目には髓室まで完全に新生血管による血行路が再生され、結合織の増生がみられた。90日目、歯髓は新生された結合織で満たされていた。宮川(1957)¹³⁾は15日目の所見で上部歯髓は全く壊死に陥っていたが、根端部は新生血管をとともなう細胞成分の多い幼若肉芽組織が侵入して、萎縮した歯髓組織と置換しつつあり、40日後では、歯髓腔内の組織は粗性結合織で、その中央部に線維骨が形成されていたと述べている。本実験では、30日目の所見で歯髓組織は歯冠部上方で変性、壊死に陥っていた。河合ら(1960)⁴⁴⁾は10日目、著明な充血を伴って根端部に幼若な肉芽組織が侵入し、30~60日目では髓角部に充血、浮腫、出血がみられ、根端部は網様萎縮の状態で、広い根端孔より血管に富んだ幼若な結合織が侵入し、組織的に結合した像を認めている。中村(1958)¹⁴⁾は歯髓組織は新生された結合織で置換されるのではなく、歯髓組織中に膠原線維が生じたに過ぎなかったと述べている。

Tam(1956)¹³⁾は未完成智歯を移植し、1年後歯の萌出位置不良により抜去したものを病理組織学的に観察し、歯髓は生存していたが、象牙芽細胞は異常で、象牙質の異常形成を認めている。Miller(1956)⁴⁶⁾は2年半後抜去したものより、歯髓中に骨様象牙質の形成をみている。Agnew & Fong(1956)²³⁾は猿を用い、移植後4日、4週、4カ月、2年の計4例について組織学的に観察した結果、歯髓は血管の新生、侵入により再生し、象牙質の表面に骨様象牙質を形成、後に象牙芽細胞を生じて第2象牙質を形成するに至っ

たと述べ、中村(1958)¹⁴⁾も同様のことを述べている。宮川(1957)¹³⁾は、40日以上を経過したものは、歯髓壁象牙質の全面に骨様象牙質、4カ月および5カ月後のものでは、歯根中央部から根端部にかけて第2象牙質が形成され、歯髓腔は細くなる。第2象牙質は賦活された歯髓細胞から分化した象牙芽細胞により作られると考えられたが、骨様象牙質は賦活歯髓組織によって作られたのか、歯髓腔内に侵入した結合織から生じたものかは明らかでなかったと述べている。Fongら(1967)⁴⁶⁾は移植後8日に類骨組織の形成、河合ら(1960)⁴⁴⁾は30~60日目で歯髓壁象牙質面に骨様象牙質の添加、永野(1972)²⁷⁾は14日目に根端部に骨様硬組織の新生がみられ、30日目には歯髓腔内に間葉系の細胞が出現し、骨様硬組織の形成は活発に認められたと述べている。本実験では、30日目根端部付近に不規則な骨様硬組織の新生がみられ、90日目には歯髓腔内に骨様硬組織の新生がみられた。

象牙芽細胞について、宮川(1957)¹³⁾は10日目の象牙芽細胞層は全体にわたり強く変性し、象牙芽細胞はほとんど消失、15日目になると全く消失していたと述べ、永野²⁷⁾も3日目、7日目の所見で、歯根中央部より歯冠部にかけて象牙芽細胞は変性消失していたと報告している。本実験においても3日目、象牙芽細胞は変性をおこし、30日目の所見では完全に消失していた。

結 論

未完成歯再植術後の治癒過程に関する実験的研究を生後3~4カ月、体重3~5kgの幼犬30頭を用い、上下顎の右側第2切歯を実験側、反対側同名歯を対照側として、X線学的、クロロパッチ血管注入法による歯髓ならびに歯根膜周囲の血管像の変化および病理組織学的に観察し、次の結果を得た。

1) X線所見では、術後10日目頃まで歯根膜腔は幅広い病的空隙がみられたが、20日目には歯槽骨側から骨の新生がうかがわれ、30日目には歯根膜腔は一樣となり、歯槽硬線を思わせる像が出現した。60日目、90日目になると歯根膜腔の異常拡大はしだいにみられなくなり、正常像と同様の所見となった。

2) 再植歯髓への新生血管は、1日目では根端部付近に限られていたが、7日目になると多数の毛細血管が断裂しながら歯根部歯髓1/2あたりまで上昇していた。しかし歯冠部歯髓には血管の新生はみられなかった。その後、大小不同の毛細血管および太さを増した血管が歯髓内を上昇し、30日目になると根

端部から髓室まで完全に新生血管による血行路が形成された。60日目、90日目になると血管の数はしだいに減少し、135日目では細くなった血管が数本直線状に歯髓内を上昇し、象牙質面に近い血管から象牙質面にほぼ直角に向う毛細血管がみられた。

3) 歯根膜に分布する血管では歯根側、歯槽骨側の2層がみられた。術後1日目では、歯根側の血管は根端部付近にわずかにみられ、歯槽骨壁より歯根膜に入る血管は断裂していた。7日目では歯槽骨壁より歯根膜に入る血管はしだいに増加し、一部では歯軸に平行に走行する血管もみられた。20日目、30日目では、歯槽骨側の血管は比較的歯根に平行に走行していたが、歯根側では係蹄をつくり、蛇行していた。60日目、唇側で一部平行に走行する血管もみられたが、多くは不規則な格子状を形成していた。90日目、135日目では歯根周囲は疎な血管が歯牙面側にそって規則正しく走行していた。

4) 病理組織学的には、歯髓組織は1日目、固有の構造を保っていたが、3日目ではびまん性の出血がみられ、象牙芽細胞は変性を起こしていた。7日目、歯髓内は浮腫を呈し、歯根部では細い新生血管が縦走していた。30日目、歯髓組織は歯冠部上方で変性、壊死に陥り、中央部では炎症細胞浸潤が強く、膿瘍を形成、歯根部は炎症性肉芽を形成し、拡張した太い血管が蛇行しながら上昇していた。また象牙芽細胞は消失し、根端部付近には不規則に骨様硬組織が増生していた。90日目、歯髓は結合織で満たされ、炎症はみられず、一部骨様硬組織が新生していた。

5) 歯根膜は1日目、全周にわたり断裂、出血がみられた。7日目になると断裂していた結合織は再生癒着し、大小不同の血管が認められた。また歯根膜内の歯槽骨の残存骨片が吸収され、同時に歯槽骨が部分的に再生増殖していた。30日目、歯肉付着部および歯根膜の結合織は再生を完了し、再植歯との間に密な接合を保ち、修復を示していた。90日目、歯根膜は緻密な結合織で完全に再生され、血管は細くなっていた。歯槽骨は吸収、再生を完了し、正常組織と類似した像を呈していた。

6) 未完成歯再植術後の治癒過程には、新生血管による血行路の再生、回復が重要に関与し、再植歯の運命には歯根膜および歯髓が重要な役割を果していることが認められた。

7) 以上、X線所見、血管像の変化、病理組織学的所見において、ある程度の相関関係が認められた。

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った主任西嶋克巳教授に衷心より深謝致します。また病理組織について御指導を賜った本学第二病理学教室小川勝士教授に深甚なる謝意を表し、あわせて御協力下さった口腔外科学教室員各位に感謝の意を表します。

本論文の要旨は、昭和46年12月第19回国際歯科研究会日本部会、昭和48年9月第2回日本歯科インプラント学会総会ならびに昭和49年11月第19回日本口腔外科学会総会において発表した。

文 献

- 1) Scheff, J.: Die Re-, Trans- und Implantation der Zähne, Handbuch der Zahnheilkunde, Urban & Schwarzen. II Bd., Wien, 718, 1924.
- 2) 齊藤祐之助: 歯牙移植に関する研究 第1篇 猿同属間に於ける歯牙移植(再植, 自己移植, 同種移植) 実験の肉眼的観察, 京医誌, 36: 39, 1939.
- 3) 常葉信雄: 未完成歯移植の臨床的価値とその応用, 歯界展望, 24: 333, 1964.
- 4) 園山 昇: 歯牙の再植, 歯界展望, 33: 635, 1969.
- 5) Apfel, H.: Autoplasty of enucleated prefunctional third molars, J. Oral Surg., 8: 289, 1950.
- 6) Apfel, H.: Transplantation of the unerupted third molar tooth, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 9: 96, 1956.
- 7) Colling, G.J.: Dual transplantation of third molar teeth, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 4: 1214, 1951.
- 8) McMahon, H. T.: Transplantation of a viable and incompletely formed third molar, J. Oral Surg., 10: 345, 1952.
- 9) Fong, C.C.: Transplantation of the third molar, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 6: 917, 1953.
- 10) Clark, H.B., Tam, J.C. & Mitchell, D.F.: Transplantation of developing teeth, J. Dent. Res., 34: 322, 1955.
- 11) Tam, J.C.: Autogenous transplantation of a partially formed tooth, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 9: 71, 1956.
- 12) Thoma, K.H.: The replantation of unerupted teeth involved in dentigerous cysts, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 9: 99, 1956.
- 13) 宮川喜光: 未完成歯移植の臨床的並びに実験的研究, 口病誌, 24: 343, 1957.
- 14) 中村正義: 未完成歯移植の臨床的並びに組織学的観察, 口病誌, 25: 172, 1958.
- 15) 常葉信雄, 宮川喜光: 未完成歯移植の臨床所見と成績, 口病誌, 27: 62, 1960.
- 16) 中村正義: 未完成歯移植の臨床成績, 口病誌, 27: 68, 1960.
- 17) 西嶋克巳, 石田利広, 池田 剛: 小児における歯の再植術, 歯界展望, 31: 1151, 1968.
- 18) 西嶋克巳, 石田利広: 歯の再植, 日歯評論, 337: 1378, 1970.
- 19) 西嶋克巳: 乳歯, 幼若永久歯の外傷(小児歯科の臨床), 歯界展望・別冊, 165, 1972.
- 20) 藤岡幸雄, 工藤啓吾, 本間隆義, 鈴木孝三, 中山栄雄: 未完成智歯自家移植の臨床的研究, 日口外誌, 18: 246, 1972.
- 21) 工藤啓吾, 藤岡幸雄, 大橋 靖, 福田興一, 関 重道, 吉田正孝, 平賀三嗣, 鈴木孝三: 歯牙自家移植に関する臨床歯科学的研究——とくに5年経過症例について——, 口科誌, 21: 510, 1972.
- 22) Fleming, H.S.: Experimental transplantation of teeth in lower animals, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 9: 3, 1956.
- 23) Agnew, R.G. & Fong, C.C.: Histologic studies on experimental transplantation of teeth, Oral Surg., Oral Med. & Oral Path., 9: 18, 1956.

- 24) Waite, D.E. : Animal studies on dental transplants, *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.*, **9** : 40, 1956.
- 25) 伊藤秀夫, 宮川喜光 : 未完成歯移植の実験的研究, *口病誌*, **27** : 79, 1960.
- 26) Rothschild, D.L., Goodman, A.A. & Blakey, K.R. : A histologic study of replanted and transplanted endodontically and nonendodontically treated teeth in dogs, *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.*, **28** : 871, 1969.
- 27) 永野彦磨 : 歯牙移植に関する実験的研究 とくに, 未完成歯移植時の歯髓血行路の再生について, *日口外誌*, **18** : 99, 1972.
- 28) Skoglund, A., Tronstad, L. & Wallenius, K. : A microangiographic study of vascular changes in replanted and autotransplanted teeth of young dogs, *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.*, **45** : 17, 1978.
- 29) 西嶋克巳 : 顎口腔領域手術創の治癒過程に伴う血管新生に関する研究 (宿題報告), *口科誌*, **19** : 291, 1970.
- 30) Katsumi Nishijima : Experimental studies on changes of vascular structure in the healing of postoperative wound in maxillofacial and oral region, the *Journal of International College of Dentists (Japan Section)*, **5** : 42, 1974.
- 31) 石田利広 : 完成歯再植術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, 1972.
- 32) 西嶋克巳, 中原浩一, 長畠駿一郎, 金平康弘, 田村淳一 : クロロパーチ血管注入法の検討, *口科誌*, **21** : 540, 1972.
- 33) 常葉信雄 : 歯の移植, *歯界展望*, **33** : 627, 1969.
- 34) 上野 正 : 歯の移植の臨床への応用, *口病誌*, **27** : 54, 1960.
- 35) 佐藤昌敬 : 山羊の下顎骨および歯牙における血管分布機構について, *久留米医学会誌*, **22** : 37, 1952.
- 36) 藍原繁樹 : 歯牙移動時における歯周組織の血管の動向に関する実験的研究, *歯報*, **69** : 1, 1969.
- 37) 鈴木 彊 : 実験的 (犬) 歯牙移植に関する基礎的研究 特に動脈枝と歯根膜との関係について, *口外誌*, **6** : 439, 1960.
- 38) 香川 亘 : 実験的 (犬) 歯牙移植に関する基礎的研究 特に歯髓・歯根膜の微細血管機構について, *口外誌*, **6** : 481, 1960.
- 39) 中村進治 : 歯根膜血管走向の矯正学的研究 第一報 血管注入法の検討と歯根膜血管走向の観察, *口病誌*, **34** : 330, 1967.
- 40) Hale, M.L. : Autogenous transplants, *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.*, **9** : 76, 1956.
- 41) Tomlin, A.J. : Reimplantation of four impacted second premolars, *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.*, **21** : 286, 1966.
- 42) Stewart, R.E., Merrill, R. & Porter, D.R. : Unusual sequelae to surgical repositioning of an impacted premolar, *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.*, **37** : 688, 1974.
- 43) Hammer, H. : Replantation and implantation of teeth, *Inter. Dent. Jour.*, **5** : 439, 1955.
- 44) 河合 幹, 入野和夫, 岡 光夫, 鈴木 彊, 伊藤 浩 : 実験的 (犬) 未完成歯移植における歯牙ならびに移植周囲組織 (場) の研究 第1編 特に歯槽内移植について, *口外誌*, **6** : 298, 1960.
- 45) Henning, F.R. : Reimplantation of luxated teeth, *Austral. Dent. J.*, **10** : 306, 1965.
- 46) Andreasen, J.O. & Hansen, E.H. : Replantation of teeth (I. Radiographic and clinical study of 110 human teeth replanted after accidental loss), *Acta Odont. Scand.*, **24** : 263, 1966.
- 47) Miller, H.M. : Transplantation and reimplantation of teeth, *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.*, **9** : 84, 1956.
- 48) Fong, C., Morris, M., Grant, T. & Berger, J. : Experimental tooth transplantation in the rhesus monkey, *J. Dent. Res.*, **46** : 492, 1967.

Experimental study on replantation of a developing tooth**Shunichiro NAGAHATA**

Department of Oral Surgery, Okayama University Medical School

(Director : Prof. Katsumi Nishijima)

In the field of oral surgery we apply replantation or transplantation of a tooth as one of the methods to supplement the defect of the tooth.

Using puppies experimental studies were conducted on the healing process of a developing tooth after its replantation, especially on the regeneration of blood vessels in the dental pulp and periodontium that had been once depleted of its nutrient, by morphological and three-dimensional observations after the intravenous injection of chloro-percha, as well as by roentgenological and histopathological observations. The results of the observations may briefly be summarized as follows.

1) Roentgenological findings: Up to the 10th day after replantation there could be observed a spreading of pathological abnormality in the periodontal space, but after 20 days the bone regeneration could be observed, after 30 days the lamina dura appeared, and after 90 days the findings seemed to be practically normal.

2) Regenerated blood vessels in the replanted dental pulp: Up to 20 postoperative days the regenerated blood vessels increased with many fusions and windings, but after the completion of new blood flow the number of blood vessels grew less and the blood flow also became orderly, thereafter the vessels became finer with the regeneration of bony hard tissue within the dental pulp making the pulp space more narrow.

3) There could be detected no bony adhesion or absorption as observable at the replantation of a complete tooth.

4) In the fate of replanted tooth the dental pulp and periodontium play an important role.

5) There could be recognized a certain correlation in the roentgenological findings, changes of vascular pictures, and pathohistological findings.