

骨移植の血管新生に関する実験的研究

(本論文の要旨は第26回日本整形外科学会において発表した。)

岡山大学医学部第一(陣内)外科教室(指導 陣内教授)

医学士 道 岡 博

[昭和 28 年 7 月 25 日受稿]

(内 容 目 次)

第1章 緒 言	第2節 実験成績
第2章 文献的考察	第1項 自家海綿骨移植の場合
第3章 実験方法ならびに観察方法	第2項 自家緻密骨移植の場合
第1節 実験方法について	第3項 同種緻密骨移植の場合
第2節 観察方法について	第4項 同種保存緻密骨移植の場合
第4章 骨移植後における局所充血の肉眼的ならびにレ線学的研究	第5項 自家煮沸緻密骨移植の場合
第1節 実験成績	第3節 小 括
第2節 小 括	第6章 総括ならびに考按
第5章 各種移植骨における血管新生の組織学的研究	第7章 結 論
第1節 文献的考察	主 要 文 献
	附図説明ならびに附図

第1章 緒 言

すべて遊離移植が行われる場合、移植片に対する血行供給の良否は、その着床成績を左右する重要な因子となつてゐる。

骨移植の場合においても、このことはすでに古くから注目せられており、1860年 Ollier¹⁾ は移植骨と移植床との間に、早期に脈管性ならびに線維性結合を生ずることが、移植骨の生着に必要であることをのべている。また Lexer²⁾ は骨移植後における血行の重要性を強調し、骨の再生には必ず局所充血の存在、とくに骨膜性充血を伴ふことが必要であつて、これによつて移植骨片への新生血管の侵入と早期の栄養供給とが行われ、移植骨は移植床と癒合するとなした。

それ以後においても、骨移植後における脈管学的修復過程の研究は Nemiloff³⁾、Bertini⁴⁾、Rubaschewa⁵⁾、May⁶⁾、Kiehn⁷⁾ らにより行われているが、骨移植後における一般的

な脈管学的修復過程はいかなるものであるか、その修復に当つて骨膜血管ならびに骨髓血管のいずれがより重要であるか、また自家骨以外の移植骨片を使用した場合、その脈管学的修復は自家骨に比していかなる差異を示すか、あるいは緻密骨と海綿骨とでは、その過程にどの程度の遅速が認められるか等の諸問題に当面するとき、上記諸氏の研究によつても、その細部にわたつてはいまだ明瞭な解答を欠いており、今日なお追求すべき点が多いことを感ずる。私はこれらの諸点を究明すべく実験的研究を試みた。

第2章 文献的考察

骨移植における血行供給の問題は、臨床的にも重要な基礎的事項であるにかゝらず、これに対する研究は意外に少い。

1899年 Marchand⁸⁾ は犬について、頭蓋骨

を切除し、これをその位置に復植後血管内に色素を注入し、15日後には骨髓腔ならびに Havers 管（以下「ハ」管と略記する）内に色素が侵入していることを認めている。それとともに氏は皮下に移植せる同種尾骨片についても観察し、3ヶ月後には移植骨内の血管は完全に再生していたとしている。

1914年 Petrow⁹⁾ はその実験において、移植2日後には移植骨々膜血管内に、注入色素を認めたとなし、移植骨「ハ」管内にも骨内外両膜（以下単に骨膜と記した場合は骨外膜を指す）より、広く血管が侵入するとのべている。

人体についての観察は1908年 Læwen¹⁰⁾ によりはじめて行われている。氏は上腕骨の肉腫切除後、その部に自家緻密骨を移植し、78日後再発のため切断した肢に色素を注入し、組織学的に検索した結果、移植骨全体にわたり血管の新生がみられ、またこれらの血管は周囲組織の血管とも密に連絡しているのを認めた。しかしながら全体的には新生骨部分に比し、移植死滅骨部分の方がいまだに多量に認められたとしている。

Lexer²⁾ も脛骨の肉腫切除後他側の脛骨片を移植し、4年後再発のため切断した肢に水銀テルベン油を注入し、レ線学的に観察している。それによると再生せる栄養動脈とメタフィーゼ血管との間の吻合がみられ、移植骨々膜血管は少く、移植骨は細小なる動脈枝により血行を受けており、骨の改築は完了しているのが認められた。このような所見より Lexer は骨修復機転完了後には、移植骨内の血管はその数および大いさともに減少してゆくものとしている。

1914年 Nemiloff³⁾ は自家中足骨を有骨膜片、あるいは無骨膜片として軟部に移植し、色素剤注入により組織学的に検索しており、移植6日後には骨膜側に毛細血管が集中し、一部は移植骨内に侵入するのがみられ、また8日後には多数の血管が移植骨の深部にも侵入し、この関係は無骨膜片の場合でも同様であつた。30日後には血管は10日後頃に比し、かえつて

少くなり減弱したとのべている。

これについて1926年 Bertini⁴⁾ は家兎について、その腓骨を約1cm切除して左右交換して移植し、その経過を観察している。それによると5日後にはいまだ骨膜よりの血管侵入は認められず、10日後に至つて周辺より移植骨内え新生血管が侵入し、15日後には軟部組織より多数の血管が、移植骨中に穿通するのがみられ、母骨と移植骨との間の脈管的結合は30日後に至つてはじめて生じるが、しかしこの結合によつて移植骨内血行が、今までよりも増強されたという所見は認められない。50日後には周囲組織の血管網は退化しはじめ、移植骨は癒合して母骨よりの血行に依存し、今までのような血行の特異性はみられなくなるとのべている。

Rubaschewa u. Priwes⁵⁾ は骨移植後における脉管レ線学的変化について、最初の実験的研究を試みている。即ち、犬についてその大腿骨、ないしは脛骨より長さ1.5cmの有骨膜自家骨片をとり、これを左右交換移植して、移植後2～110日間にわたり、血管内に鉛糖パラフィン・テルベン油を注入して観察している。その結果によれば、レ線上まず変化を現わすのは骨膜血管であつて、10日後より増強して血管網を形成し、かゝる骨膜血管網は15日後に最高となり、移植骨全周を被覆したのち30日後より減弱しはじめる。周囲組織よりする移植骨内えの血管の侵入も、15日後より認められるが、これも45日後より漸次少くなる。一方骨髓血管の変化は骨膜血管のそれに著しくおくれ、30～35日後に至つてはじめて栄養動脈より分岐する数本の小枝が認められるが、これらの小枝も骨の置換の完了とともに漸次退化するとしている。しかしながらこの研究では組織学的検索はなされていない。

Rubaschewa について May⁶⁾ もこれに類似した研究を発表している。即ち、犬についてその橈骨を摘出し、これを左右交換移植して5週～10ヶ月間にわたり、血管内に水銀テルベン油を注入し、レ線学的ならびに組織学的に観察している。May はその成績について、

最初の10週間を血管新生期とよんでおり、まず骨膜側より骨全体に小血管が侵入し、これはとくに骨端軟骨附近に多い。血管新生の極期は10週後にみられ、それ以後においては骨体部に強力な血管が侵入して、一定の走行を有するようになるとしている。

最近においては1952年 Kiehn⁷⁾ は、鼠の背部皮下に新鮮ならびに煮沸自家腸骨片を移植し、同時に放射性磷 (P_{32}) を血管内に注入して、その血管新生の経過を追求した結果、新鮮自家腸骨片の場合には、7日後より微細血管が移植骨片に向つて集中しはじめ、まもなくその数を増加し、11日後には骨辺縁部に侵入しており、14日後には血管の新生は全体におよび、その数、口径ともに増大している。これに反して煮沸自家腸骨片では血管は骨に集中するが、骨内には侵入せず、15日後には充血は著明となつて、骨周辺部より漸次包裹されてくるのが認められたとのべている。

第3章 実験方法ならびに観察方法

第1節 実験方法について

実験動物には成長期にある犬を用い、老犬はさけた。

移植骨としては臨床上可及的多く使用せられると考えられる5種類の骨を選んだ。即ち、自家海綿骨、自家緻密骨、同種緻密骨、同種保存緻密骨、ならびに自家煮沸緻密骨である。このうち海綿骨は腸骨より、緻密骨は有骨膜有骨髓片として、すべて脛骨より採取した。また保存骨としては骨片を滅菌生理的食塩水中に、2~4°C で2週間氷室に保存したものをを用い、煮沸骨は熱湯で約10分間煮沸したものを使用した。

手術方法は3%塩酸モルヒネ液にて麻酔した犬の下腿前面に、約5cmの皮膚切開を加え、脛骨粗面の下方約1cmの部位にて、電気鋸を用いて長さ約1.5cm、幅0.5cmの骨髓に達する欠損部をつくり、この欠損部に上記各種の移植骨片を接着せしめて創を閉じた。手術肢の固定は行わなかつた。

術後は4日後、7日後、10日後、14日後、

25日後、40日後および60日後の各時期に動物を屠殺し観察を行つた。

第2節 観察方法について

1) 水銀微細粒子注入法について

血管造影剤としては津下および私¹¹⁾ が、さきに創案したつぎのごとき方法で行つた。

即ち、水銀 50g に脱水ラノリンを 10g の割合に加えて乳鉢ですり、水銀を微細粒子となし、注入時にはこれにテルペン油 15cc を混じて攪拌後たよちに注入した。注入後は動脈を結紮して暫時放置し、軟部組織を丁寧に除去したのちレ線撮影をなし、またこれを組織標本に作製した。

2) 墨汁注入法について

水銀は各分子間の凝集力が強く、周囲組織との粘着力を欠くため、水銀注入法のみでは微細血管の検索には、なお不十分に思われたので、墨汁注入法を単独に、あるいは水銀注入法に併用して行つた。即ち、良質の固形墨をすつて、これに5%の割にゲラチンを加えてフランネルで濾過したものを注入した。また水銀注入法と併用する場合には、まず墨汁を注入し、ついで水銀テルペン油を注入した。

注入後の骨標本はホルマリン液にて固定後、10%塩酸液中にて電気脱灰をなし、ツエロイジン包埋後ヘマトキシリン・エオジン染色を施した。また一部は無染色透明切片として観察した。

第4章 骨移植後における局所充血の肉眼的ならびにレ線学的研究

実験成績をのべるにさきだち、骨血管系について簡単に一言するならば、Lexer¹²⁾ は長管骨々血管をつぎの4系統に大別し、(1) 骨膜血管系、(2) 栄養動脈系 (骨体部血管系)、(3) メタフィーゼ血管系 (以下「メタ」血管系と略記する)、(4) エピフィーゼ血管系としている。

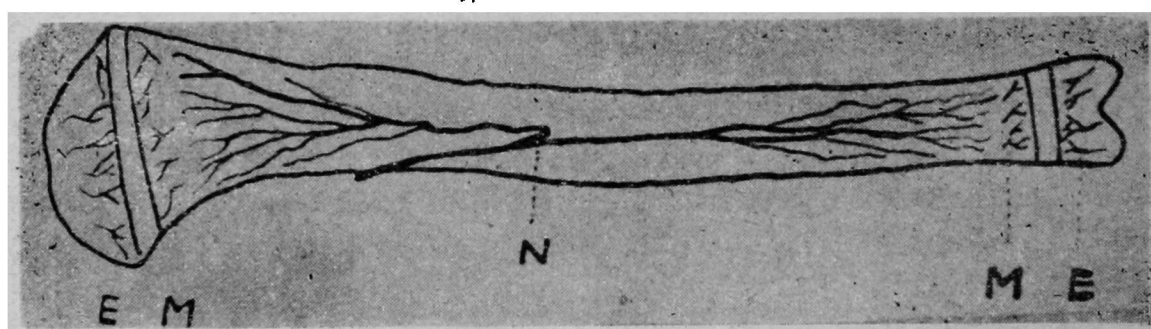
骨膜血管は通常網状をなして骨体部をとりまき、正常の場合その血行はきわめて貧弱であり、Johnson¹³⁾ によれば骨膜血管は骨皮質

外半を栄養するのみとしている。栄養動脈は皮質を斜に貫いて骨髓内に進入し、こゝで両骨端に向つて上行および下行の2枝にわかれ、さらに骨髓内においてそれぞれ数枝に分岐してメタフィーゼにおよぶ。「メタ」血管系は関節囊の附着部附近より、皮質を貫いて骨内に侵入し、主として骨端軟骨に向つて分枝し、一部は栄養動脈と微弱な吻合をいとなむが、この吻合は成長期には多く、老年期になれば少い。Johnson¹³⁾によれば骨皮質内半は、栄

養動脈ならびに「メタ」血管系によつて栄養されるとしている。そして正常の場合骨皮質をとおしての骨膜血管と、栄養動脈ならびに「メタ」血管系との間の吻合は、直接にはないとのべている。エピフィーゼ血管系は関節囊および靱帯におこり、骨端軟骨にむかつている。

これらの骨内血管系を犬の脛骨について図示すると第1図のごとくである。

第 一 図



N.....栄養動脈

M.....メタフィーゼ血管系

E.....エピフィーゼ血管系

第1節 実験成績

骨移植後における局所充血の状態は、各種移植片使用によつても、その間に大なる差異を認めえなかつたので、便宜上各時期における所見を一括してのべることにする。なお本実験に使用した肢は82例である。

4日後所見（実験例数14例）

肉眼的所見：移植部は血腫に包まれており、その周辺部は一部肉芽化され、注入剤による着色を認める。

レ線所見：移植部周辺骨膜には不規則な点状散在性陰影を認め、骨膜血管の損傷によるためと思われるが、同時に移植部辺縁においては、骨膜血管陰影はすでに多少とも増強しており、また数例においては移植部の中枢側骨膜より、移植部被覆血腫中に、微細血管が新生しているのを認めた（附図1. 参照）。栄養動脈には変化はない。

7日後所見（実験例数12例）

肉眼的所見：移植骨は肉芽組織で被覆され、肉芽中への注入剤の侵入は良好である。母骨全周にわたり骨膜血管が明瞭に認められる。

レ線所見：骨膜血管は粗な血管網を形成して、母骨全体にわたつて増強している。また移植部においても被覆組織中には小枝の侵入がみられた。移植骨と移植床間の肉芽組織の形成による澄明なる空隙部には、不均等な点滴状陰影として微細血管の発生をみる（附図2. 参照）。栄養動脈にはいまだ変化は認められない。

10日後所見（実験例数16例）

肉眼的所見：移植部は周辺の筋膜および皮下組織と疎性に癒着する。移植部被覆肉芽の中心部では注入剤による着色は、周辺部に比しなお微弱である。

レ線所見：移植部辺縁においては骨膜血管は不規則に蟄集し、密な血管網を形成するが、移植部中心部における血管網の形成はいまだ微弱である。栄養動脈は一般に充血像を呈しており、その上行枝より移植床に向い、多数の微細血管が分岐するのがみられ、これら微細血管は骨膜血管よりのそれと混じて、移植骨と移植床間の空隙部に集中しているのがみられる（附図4. 参照）。また骨端軟骨下の

血管陰影，即ち「メタ」血管系の骨内侵入部が著しく増強し，また栄養動脈上行枝の末梢部も拡大しており，「メタ」血管系と栄養動脈との間の吻合の増強を思わせる（附図 3. 参照）。

14日後所見（実験例数10例）。

肉眼的所見：移植部を中心として周囲組織には著明な充血を認め，母骨とくにその中枢側半分には豊富な骨膜血管網をみる。また剥離の際周囲組織より移植部肉芽中に侵入する多数の小枝を認めえた。

レ線所見：骨膜性充血は著明で，移植部中枢側において広汎にわたり，密な血管網をもつて移植骨を包囲するが，移植部は周辺部に比しなお微弱である。栄養動脈上行枝の内腔はやゝ拡大してみえ，移植床に向つて分枝する微細血管陰影を認め，「メタ」血管系も陰影増強が高度である（附図 5. 参照）。

25日後所見（実験例数11例）

肉眼的所見：移植部と周囲組織とはかなり強固に癒着しており，周囲組織より移植部に穿通する小枝が認められる。移植部中枢側の充血はやゝ減弱している。

レ線所見：骨膜性充血は依然著明であるが，その瀰漫性は失われ移植部に局限化する傾向がみられる。栄養動脈上行枝はいまだ充血像を呈しているが，「メタ」血管系の陰影はやゝ減弱している。また骨膜は移植部において瀰漫性に肥厚し，その影像是増強して化骨像を呈し，移植骨と移植床間に認められた澄明空隙部も不鮮明となつて，移植床肉芽組織の骨化を思わせる（附図 5. 参照）。

40日後所見（実験例数11例）

肉眼的所見：周囲組織と移植部の間には，なお数本の小血管枝による連絡をみる。

レ線所見：骨膜血管網は著しく減弱し，わずかに移植部のみに局限して散在性に認められる。栄養動脈よりの分枝小血管は，その数を著しく減じているが，個々の血管は太く，且つ一定の走行を有しており，かゝる数本の太い血管が栄養動脈より整然と分枝し，移植部を灌漑するのがみられる（附図 7. 参照）。

60日後所見（実験例数 8 例）

肉眼的所見：移植部は陥凹してふれ，移植骨の萎縮を認める。周囲組織と移植部とは殆んど癒着なく，これを連絡する小枝も微弱である。骨膜血管はもはや認めえない。

レ線所見：骨膜血管網は移植部に局限してなお微弱に認めうる。栄養動脈より移植部に向う分枝はいまだ鮮明に認められるが，その内腔はもはや縮小しつゝあり，「メタ」血管系との吻合も殆んど認めえない。移植骨は影像淡明となり，識別しがたくなる（附図 8. 参照）。

第2節 小 括

以上の実験成績を小括すると，

1) 骨移植後における骨血管系の示す原則的態度は，移植骨の種類をとわず同一であり，各種移植骨間に差異は認めなかつた。

2) 骨移植後の脈管学的修復には骨膜血管および栄養動脈が主体をなし，「メタ」血管系ならびに周囲組織よりの新生血管もこれに関与するのが認められた。またこれらの血管による局所充血は14日～25日後にもつとも顕著であり，以後は漸減した。

3) 骨膜血管は4日後より漸次増強し，密な骨膜血管網を形成して，その持続は14日～25日後にわたり顕著で，且つ瀰漫性であるが，以後は移植部に局限するとともに減弱した。

4) 栄養動脈は10日後より変化が認められ，多数の微細血管を分岐するが，これは25日以後には少数の太い血管にかわつて移植部を灌漑する。

5) 「メタ」血管系も10日後より栄養動脈との間の吻合の増強が認められるが，25日以後より漸次減弱してゆく。

6) 周囲組織より移植部に向う新生血管は，14日後より多数の小血管として認められ，これは40日後には少数となり，以後は消失するに至る。

第5章 各種移植骨における血管新生の組織學的研究

第1節 文献的考察

Lexer²⁾は自家骨移植の場合の正常経過をつぎの3時期にわかつて説明している。即ち、(1)萎縮期 (Stadium d. Atrophie), (2)生着的改築期 (Stadium d. lebenden Umbaus), (3)機能的改築期 (Stadium d. funktionellen Umbaus)で、萎縮期は最初の3ヶ月間にあたり、この時期には血管新生が行われ、移植骨は吸収せられて萎縮するとともに、新生骨の石灰塩沈着が行われ、生着的改築の基礎となる。生着的改築期は3~4ヶ月後にみられ、骨はレ線透明に認められて、4ヶ月以後にみられる機能的改築期に向うとともに、骨影は増加し、1年以内の間に新生骨髄腔を生ずるとしている。

つぎに移植骨の運命に関しては、種々論争のあるところであるが、今日ほゞ2つの見解がみられる。その一つはBarth¹⁴⁾およびMarchand¹⁾の潜行的置換説であつて、移植後には骨の全要素はすべて死滅するものであり、死滅骨は新生骨によつて置換せられるが、その際骨の吸収にさき立つて、常に幼若骨芽組織が形成せられ、死滅骨細胞は直接に骨芽細胞により置換されるとなす説である。これに対してAxhausen¹⁵⁾をはじめとして、Brooks¹⁶⁾, Haas¹⁷⁾, Ham¹⁸⁾, Rohde¹⁹⁾, Phemister²⁰⁾, Mayer s. Werner²¹⁾, Albee²²⁾らは、移植後には移植骨の大部分は死滅するが、骨膜および骨髄の一部は超生し、また置換は骨の吸収が先行し、これについて新生骨の添加が加わつて行われるものであるとした。Lexer²⁾は潜行的置換はもつとも好条件下に行われるものであつて、通常は吸収とこれにつぐ添加の形式をとるとしている。

移植骨ならびに母骨の骨内外両膜の作用についても、種々なる論争がなされている。1885年 Ollier²³⁾は移植骨は有骨膜片の場合にのみ生着することを観察し、移植骨々膜は移植骨と移植床との間の血行、ならびに癒合の生成を仲介するものであるとした。移植骨々膜にもつとも重要な意義をおいたのはLexer²⁾であつて、移植骨の骨内外両膜は骨床の場合には勿論、軟部床に移植せられた場合でも、骨

の吸収を防ぐとともに、骨再生の根源をなすとした。

一方 Baschkirzew u. Petrow²⁴⁾は骨膜がなくとも移植骨は充分生着しうることを認め、また Mayer s. Werner²¹⁾はこれを説明して、たとえ骨膜を剝離しても、その深層たる線維弾性板は移植骨にのこるから、これより骨は再生されるとしている。

Matti²⁵⁾, Kartaschew²⁶⁾, Willich²⁷⁾らは、とくに海綿骨移植の場合において、骨内膜よりの強い再生を認め、骨内膜は骨外膜よりも再生力が強いとした。また Reynolds s. Oliver²⁸⁾および Abbott²⁹⁾らは移植骨の修復は、母骨の骨内膜側のみに認められ、移植骨の骨外膜の有無はほとんど修復過程には関係しなかつたとしている。河村^{30), 31)}は移植骨に骨外膜の存在する場合の方が、骨内膜の存在する場合よりも、一般的には造骨作用は旺盛であるが、移植床が骨床であり、しかもそこに母骨々髄が存在する場合には、骨内膜性造骨は骨外膜よりのそれに比し、はるかに旺盛であるとしている。

このように移植骨ないしは母骨の骨内外両膜の必要性の有無、ならびにその造骨作用の優劣については、いくたの説があり、Bahls³²⁾はこれらの意見を綜合して、移植骨としては有骨膜有骨髄片で新鮮自家骨であるものがもつとも望ましく、骨新生にあたつては、緻密骨の場合は主として骨外膜が、海綿骨の場合には骨内膜が主体をなし、両者の間に優劣はないと考えるのが至当であろうと述べている。

つぎに各種移植骨における移植効果の比較についても、比較的多数の研究が行われている。まず自家骨と同種骨の差異に関しては、Axhausen¹⁵⁾, Lexer²⁾らはその間に本質的な差異は認めず、同種骨においてはその置換はおくれるが、これは量的な差異にすぎないとしている。Brooks¹⁶⁾は犬について、その着床成績を比較し、同種骨の場合その着床率は75%であつたが、自家骨では86%の着床を示したと報告している。また Reynolds³³⁾はその

実験において、同種骨は自家骨に比し初期の回復はおくれるが、10週後にはその間にもはや顕微鏡的差異は認められなかつたとのべている。

保存骨の臨床的応用は Smith³³⁾, Incelan³⁴⁾ にはじまり、その効果については Kreuz³⁵⁾, Wilson³⁶⁾, Reynolds³⁷⁾, 河村³⁸⁾ らの報告がある。Marrangoni³⁹⁾ は同種保存骨を自家骨と比較した場合、その経過は自家骨と異なることはないが、修復は約50%おけると報告している。

海綿骨は1932年 Matti²⁵⁾ により、その優秀性が認められてより、今日広く使用せられている。Fehr⁴⁰⁾ は海綿骨の特性として、つぎの2点を指摘している。即ち、移植に対して超生しやすく、その再生も著しく速かである。また感染に対する抵抗が強く、緻密骨のごとく容易に腐骨化することはないとしている。また Abbott²⁹⁾ は海綿骨と緻密骨を比較した場合、海綿骨の修復は著しく速かで、その修復過程より考えて、海綿骨内への新生血管の侵入は少くとも10~15日以内には行われるであろうとのべている。このような速かな修復より Matti²⁵⁾ は、海綿骨々細胞は超生しうるとのべたが、Ham¹⁸⁾ によれば Gordon はその実験より、海綿骨々細胞は超生しえないとしており、それ故に Ham¹⁸⁾, Abbott²⁹⁾ らは、海綿骨々梁はその表面積が緻密骨に比し大であり、したがってその表層細胞が著しく多く、これらが移植に際して超生しうるために、その修復は速かであるとしている。

煮沸骨は Orell⁴¹⁾ により、その臨床的成功例が報告されたが、Reynolds²⁸⁾, Kiehn⁷⁾ らはその修復は新鮮骨の場合に比し、著しくおけるとしている。

第2節 実験成績

本実験に使用した肢は123例である。

第1項 自家海綿骨移植の場合

1) 4日後所見：(実験例数5例) 骨髓腔ならびに海綿骨々梁間隙は血腫で充され、血腫の周辺部にはすでに毛細血管の新生をみる。Chip-Bone とした場合には、骨髓腔周辺部に

位置する骨片中には、すでに血管の侵入を認める(附図9および10. 参照)。

2) 7日後所見：(実験例数7例) 骨髓腔血腫中には多数の毛細血管の侵入による器質化の進行を認め、これらの血管の周囲には類骨組織の発生をみる。海綿骨の移植床に接する部には、すべて血管の骨内侵入をみる。

3) 10日後所見：(実験例数4例) 血管の移植骨内侵入は骨の内半に著明で、外半ではいまだ微弱である。血管の侵入した部の移植骨々梁内血腫は器質化されており、骨梁内骨細胞も染色性良好であるが、血管の微弱な骨膜側では、骨細胞の染色性は不良で変性に陥っている。

4) 14日後所見：(実験例数3例) 血管は移植骨外半にもおよび、ほぼ全体に波及する。また類骨組織は密な梁状をなして骨髓腔を充滿して、骨性閉鎖の所見を呈し、これを圍繞して豊富な毛細血管網が迂曲、吻合するが、骨外膜はほぼ移植骨を被覆しているのみで、いまだ線維性であり血管も微弱である。

5) 25日後所見：(実験例数3例) 移植骨々梁は漸次肥厚しつつあり、骨梁内血管は豊富で、移植骨は梁状仮骨を介して母骨と癒合する。骨外膜は線維性に肥厚しており、移植骨辺縁部において微弱な外梁状仮骨をみる。

6) 40日後所見：(実験例数2例) 移植骨々梁は著しく肥厚し、ために骨梁間隙はせまくなつて、その中の血管は少数となり、散在性に口径の大なる血管がみられる(附図21参照)。移植骨辺縁部における外梁状仮骨は豊富で、その中では血管が網状をなしているが、移植骨直上部ではいまだ外仮骨の形式は貧弱である。

7) 60日後所見：(実験例数2例) 移植骨はもはや新生内外仮骨と全く癒合し、血管はきわめて少い。

第2項 自家緻密骨移植の場合

1) 4日後所見：(実験例数6例) 骨髓腔内血腫の周辺部には、骨膜ならびに骨髓両血管より新生せる毛細血管の並列をみる(附図12. 参照)。1例においては移植骨「ハ」管

内に、注入粒子が顆粒状に侵入しているのを認めた。

2) 7日後所見：(実験例数7例)移植骨床側では残存血腫に接して毛細血管が並び、移植骨辺縁部においては、骨膜および骨髓血管よりの新生毛細血管の接触が認められ、血管周囲には島嶼状に類骨の発生をみる(附図15. 参照)。また3例においては床側よりする骨髓血管の移植骨内への侵入とともに、側面部よりする骨膜血管よりの侵入を認めえた(附図13. 参照)。

3) 10日後所見：(実験例数6例)4例において移植骨床側の「ハ」管より侵入する新生血管を認め、うち2例では骨の内半部には豊富な侵入血管がおよんでいる。骨髓腔梁状類骨は漸く移植骨に密着し、多数の血管により纏絡、圍繞される。

4) 14日後所見：(実験例数4例)床側の「ハ」管にはすべて新生血管が侵入しており、骨の内半には豊富であるが外半ではいまだ少い。骨外膜は新生して移植部を被覆するが、繊細なる血管が少数に認められるのみである。

5) 25日後所見：(実験例数4例)移植骨内半の「ハ」管腔は拡大しており、一部では管腔は崩壊して多数の血管が侵入し、これら血管による平滑吸収が著明である(附図14. 参照)。移植骨は母骨と梁状仮骨を介して癒合する。

6) 40日後所見：(実験例数2例)血管は移植骨全体におよび、骨外膜側よりの侵入も著明となる。また骨は多孔性亀裂状を呈しており、口径の大なる血管を少数に認める(附図19. 参照)。

7) 60日後所見：(実験例数2例)移植骨は一部をのこして置換せられており、残存骨を挟んで内外仮骨が接し、骨膜ならびに骨髓血管の吻合は完全で、多少ともすでに減弱化しつつある。

第3項 同種緻密骨移植の場合

1) 4日後(実験例数3例)および7日後(実験例数4例)所見：全例血管の移植骨内への侵入を認めない。

2) 10日後所見：(実験例数4例)移植骨床側には毛細血管の並列がみられ、2例では侵入は認められないが(附図11. 参照)、他の2例では微弱に認めうる。

3) 14日後所見：(実験例数4例)1例では血管侵入は豊富であり、1例では微弱ながら侵入しているが、その他の2例ではいまだ侵入を認めない。

4) 25日後所見：(実験例数4例)1例では侵入血管はきわめて強力で、すでに「ハ」管腔の拡大ならびに平滑吸収像を認めるが、(附図17. 参照)、1例ではいまだ微弱であり、また他の2例では殆んど認めえない(附図18. 参照)。

5) 40日後所見：(実験例数2例)血管の侵入良好なる場合にはほぼ移植骨全体に血管の波及を認め、骨外膜側よりの血管侵入が著明となり、移植骨外半よりする置換の進行も認められる。

6) 60日後所見：(実験例数2例)移植骨はほぼ外半をのこして置換されており、骨髓腔内仮骨はやゝ減量し、その中の血管も減弱している。

第4項 同種保存緻密骨移植の場合

1) 4日後所見：(実験例数6例)2例においてのみ移植骨の床側面よりの微弱な侵入を認めた。

2) 7日後所見：(実験例数6例)3例に床側ならびに側面部よりする微弱な侵入を認める。

3) 10日後所見：(実験例数7例)4例に移植骨内への血管の侵入を認め、いずれも床側面に著明である。しかし侵入血管はいまだ微弱である。その他の3例には侵入は認めえない。

4) 14日後所見：(実験例数4例)移植骨内への血管侵入は全例に認められ、1例では豊富で移植骨内半におよぶが、他の3例ではいまだ微弱であつた。

5) 25日後所見：(実験例数3例)1例では血管の侵入は著明で、移植骨の大部分におよんでおり、「ハ」管は拡大著しく移植床側よ

り崩壊しつつあり、この部には大なる血管の侵入を認める(附図 20. 参照)。しかし他の 2 例では侵入血管はなお比較的微弱であつた。

6) 40日後(実験例数 2 例)および60日後(実験例数 2 例)所見: 血管は移植骨全体におよんで、散在性に太い血管として諸所に認められ、漸次減弱の傾向にある。60日後には移植骨はほぼ外殻をのこして置換されている。

第5項 自家煮沸緻密骨移植の場合

(実験例数14例) 10日後には移植床側において、煮沸により空虚となつた「ハ」管内に血管の侵入を認め、14日～25日後には漸次波及して、40日後にはほぼ全体におよぶ場合もあるが、はじめより血管は移植骨内に侵入することなく、25日後より移植骨は豊富な血管を伴う結合組織で包裹せられてしまう場合も認められた(附図 16. 参照)。いずれの場合も移植骨は、不変の骨質片のごとき状態を維持し、置換の進行が殆んどみられない。

第3節 小 括

以上の実験成績を小括すれば、

1) 移植骨の脈管学的修復はすべての場合移植床側(骨髄側)に旺盛で、骨外膜側では貧弱である。

2) 移植骨内への新生血管の侵入は、すべての場合まず移植床側にはじまり、骨外膜側よりのそれはおくれる。

3) 移植骨自体の脈管学的修復過程は、移植骨の種類により多大の差異が認められる。

4) 自家海綿骨では新生血管の侵入は、通常の場合7日を要するが、これを Chip-Bone とした場合には4日後には侵入をみる。また修復の進行も各種移植骨中もつとも速かである。

5) 緻密骨では新生血管の侵入は、すべて海綿骨の場合に比しおくれる。

6) 自家緻密骨では新生血管の侵入は 7～14日後にみられ、修復の進行も他の緻密骨のいずれよりも速かである。

7) 同種緻密骨では血管侵入は多少とも自家緻密骨におくれ、且つ侵入時期が不定の傾向を有する。また侵入血管も一般に自家骨の

場合に比し、比較的微弱である。

8) 同種保存緻密骨の場合の経過は同種緻密骨の場合にほぼ近似するが、血管侵入はこれよりやや早くみられ、且つ侵入時期は同種緻密骨の場合ほど不定ではない。

9) 自家煮沸緻密骨ではその修復は著しくおくれ、血管侵入をみるも置換は進行せず、あるいは結合組織により包裹せられて、不変の骨質片のごとき状態を維持する。

第6章 総括ならびに考按

Rubaschewa³⁾ は骨移植後の経過のレ線学的所見は、一つの無菌的炎症像に他ならないとしている。実際さきの私のレ線学的所見においても、その経過は局所性充血の増強ならびに減弱という大きな曲線を示していると思われるのである。

私は肉眼的ならびにレ線学的研究において、その主要な変化として骨膜血管網の増強、栄養動脈より移植部に向う微細血管の新生、「メタ」血管系と栄養動脈との間の吻合の増強ならびに周囲軟部組織より移植部に向う細小なる血管の新生等を認め、これらはすべて14日～25日後にわたつてもつとも強度に持続し、以後は漸減するのを認めた。またこのような変化の生成時期ならびにその強弱は、移植骨の種類をとわず同一であり、その間に全く差異を認めなかつた。即ち、これらの局所性充血は、移植に対する生体の反応とみなしうるのであり得るのである。

かかる反応性充血の成因については、Schäfer⁴⁾ は傷害のさい同時に植物神経の刺戟が血管終末部に加わり、ために小動脈が麻痺して、毛細血管に強い鬱血がおこるためであるとしており、Lexer⁴⁾ はかかる充血は、傷害された組織の膠質化学的变化によつて惹起されるのであらうとしている。またこのような充血の骨傷治癒におよぼす意義については、Lexer⁴⁾ は傷害部における側行循環の確立と、骨芽組織の栄養保持の二つにあるとした。即ち、骨傷害部を通じて骨膜血管と骨髄血管との間に、側行循環を生ずることが、骨傷治癒

のためにはきわめて必要であるとしている。

私の実験においては、レ線学的に最初に変化を認めえたのは骨膜血管であつて、この点では Rubaschewa⁵⁾ の成績と一致しているが、その発現時期については、Rubaschewa は10日後としている。しかし私の所見では、すでに4日後には移植床辺縁において増強し、一部では被覆血腫中に侵入しているのを認めた。また10日後よりは増強して骨膜血管網を形成し、広汎にわたり移植部を包囲し、この状態は25日後まで持続し、以後は移植部に局限するとともに漸次減弱するのを認めた。

つぎに栄養動脈の変化については、Rubaschewa⁵⁾ の実験においては、30~35日後に至つてはじめて認められ、移植部に向つて数枝の小血管がみられたとしている。私の所見では移植床に向う微細血管の新生は、すでに10日後より認められ、40日後にはその数は著しく減少するかわりに、個々の血管は太くなり、これが移植部を灌漑しているのがみられ、Rubaschewa がのべた所見とは相違している点が認められた。

「メタ」血管系の変化も10日後より認められ、栄養動脈との間の吻合の増強は、レ線上骨端軟骨下における血管陰影、即ち、「メタ」血管系の骨内侵入部の陰影濃化、ならびに栄養動脈末梢枝の拡張として認められた。この吻合の増強は14日~25日後にわたつてみられ、25日以後は減弱した。この「メタ」血管系の吻合増強については、Lexer²⁾ がすでに人体切断肢について認めたところである。

また軟部組織より移植部に向う細小なる血管の新生については、Bertini⁴⁾ は18日後に認めたとなし、May⁶⁾ は5週後に多数の血管をみているが、私の研究ではその消長は、骨血管による反応性充血とほぼ軌を一にして認められ、Rubaschewa⁵⁾ が骨膜性充血に平行して推移したとのべた所見には一致している。

つぎに組織学的にこれら各種移植骨を通じて、新生血管の移植骨内への侵入は、常にその移植床側にはじまつており、その進行も床側より骨外膜側に向つて認められ、したがつ

て移植骨外半の修復は内半に比し必ずおくれる。また骨髓腔においては、早期より新生血管は豊富で、速かに梁状類骨が形成せられるに反し、骨外膜側では移植骨内への血管侵入は、骨の側面部に認められるのみで、外面部にはほとんどみられず、外仮骨の形成も内仮骨に比し著しくおくれ、且つ微弱であつて長い間線維性の状態にあつた。

それではこれがいかなる事情によるものであるかといへば、まず考えられるのは移植時における母骨々外膜の損傷による欠損で、これが新生修復されるにはおよそ14日を要するのが認められ、骨膜性充血の最盛期においても、移植部血管網の形成はなお周辺部に比し微弱である。したがつて骨膜血管は骨髓血管に比し、それだけ修復への関与がおくれるといえる。

つぎに考えられるのは骨膜血管と骨髓血管の量的差異である。Johnson¹⁸⁾ によれば骨血管のうちでは骨髓血管、とくに栄養動脈がもつとも血流量が豊富であつて、骨膜血管は著しく少く、したがつて骨膜血管による修復は、骨髓血管よりのそれに比し、著しく劣るとしているが、私の成績においても骨膜側よりの修復が、骨髓側よりのそれに比し圧倒的に劣っている事実は、やはり骨髓血管血流量と骨膜血管血流量との量的差異をもつてしなければ、説明がつかないように思われるのである。

骨移植時における骨外膜が、血行の仲介として重要な意義を有することは、Ollier²³⁾ ならびに Lexer²⁾ によつてのべられたところであり、また Kolodny⁴⁴⁾、東条⁴⁵⁾、May⁶⁾ らも、仮骨形成の過程よりその必要性を認めているが、私の成績では脈管学的修復過程よりみて、骨膜血管が骨髓血管より、より有意義であるとの所見はついに認めえなかつた。この点

Reynolds²⁸⁾、Abbott²⁹⁾ らが、移植骨の修復は骨髓側のみ認められ、骨外膜の有無は全く関係しなかつたとのべた成績、あるいは Johnson¹⁸⁾ が骨膜血管性修復が、骨髓血管のそれに比し著しく劣るとした事実は、十分に

肯かれるのである。

また緻密骨においてその外半における修復がおくれるのは、一つは骨膜血管の貧弱性によるものであることは疑いないが、他の一半の原因として、緻密骨では移植骨々外膜面に開口する Volkman 管が、移植骨側面部および骨髓面に開口する「ハ」管に比し少い点があげられる。しかも骨内えの新生血管の侵入は、これら既存の管状機構を通じてなされるわけであるから、「ハ」管よりする侵入血管は、Volkman 管よりする侵入に比し多いのは当然であり、また骨膜血管よりする移植骨内えの侵入も、早期より移植骨側面部においてみられることよりして、移植骨の外半における修復の遅延は、骨の管状機構にもその原因があるといえよう。

さきに Læwen¹⁰⁾ は人体について、78日後に移植骨全体えの血管波及を認めており、Johnson¹³⁾ は骨欠損部を通じこの骨膜および骨髓血管の連絡は、4週後でなければ生じないとし、Bertini⁴⁾ もこれを30日後としている。私の成績よりみても、早期の移植床中における骨膜および骨髓両血管の連絡は別として、移植骨内における連絡は、海綿骨の場合はすでに14日後でも認められるに反し、緻密骨の場合は40日後でなければ明瞭に認められないのは、やはり骨膜血管の貧弱性以外に緻密骨の不浸透性も考慮すべきであろうと思われる。しかしながら海綿骨の場合でも、その修復は骨の内半より外半に向つて進行する点よりみて、骨膜血管の回復の遅延ないしは貧弱性が、骨外半の修復が遅延する有力な要因であるといえる。

移植骨そのものの脈管学的修復過程は、骨の種類により多大の差異が認められた。

まず自家海綿骨えの血管侵入には通常7日を要するが、Chip-Bone とした場合には、最初の侵入は4日後に認められ、Abbott²⁹⁾ が推定した10～15日後、あるいは Kiehn⁷⁾ が軟部えの移植において、12日後に認めた侵入よりもかなり速かである。Ham¹⁸⁾ はこのような早期の血管侵入は、全くその構造、即ち、海

綿状機構にあるとしている。またその修復も速かで、14日後には侵入血管は骨片全体に波及し、40日後には脈管的修復は完了しており、Fehr⁴⁰⁾ が置換の終了を認めた6～8週間の時期には一致している。

自家緻密骨の血管侵入については Nemiloff³⁹⁾ は6～8日後、Bertini⁴⁾ は10日後としているが、私の場合には7日後一部の例に侵入を認め、10日後ではこれが相当にみられ、14日後には全例に認められた。したがつてその侵入時期は7～14日以内であるといえよう。またその後における血管波及の進行も比較的一定しており、25～40日後で骨片全体に波及するのを認めた。Wilkinson⁴⁶⁾ によれば犬の脛骨に自家緻密骨を移植した場合、4週後ではいまだ「ハ」管のすべてに、注入色素は認めえないとしている。

また海綿骨と緻密骨を比べた場合、その修復過程の遅速の著明な差異は、Ham¹⁸⁾、Abbott²⁹⁾ らのいうように、海綿骨では骨梁表面に多数に存在する幼若細胞が、早期の血管侵入によつて超生しうるためであるということも充分考えられるところであるが、それよりもむしろ新生血管の移植骨内侵入後における骨片全体えの血管波及の遅速が、決定的要因であるように思われる。

同種緻密骨では自家緻密骨に比し、移植骨内えの血管侵入は多少ともおくれ、14日～25日後に至つて比較的良好に血管侵入を認める例もあるが、一方血管侵入が認められない例もあり、自家骨に比して血管侵入の時期が、比較的不定であるといえる。また侵入血管も自家骨に比し、比較的微弱であつた。したがつてその血管侵入良好なる場合には、自家緻密骨とは同様の経過を示すが、侵入不良なる場合には、半ば異物のごとき反応が認められるものもあつた。Brrooks¹⁶⁾ も同種骨移植の場合には、その良好なる着床は75%に見られ、のこり25%にはこれを認めえないとしており、また Reynolds²⁸⁾ も同種骨では、その初期の修復が不定であることを認めている。

このように血管侵入の時期ならびにその強

弱が、各骨片ごとに著しく異なるのは、Reynolds²⁸⁾ のいうように組織特異性にあることは、充分肯かれるところであり、その異物性が少ない場合は良好な経過を示すに反し、異物性が著しい場合は異物性炎症を惹起するものと思われる。なおまた侵入血管が比較的微弱であるのは、この組織特異性に多少とも影響されるためと考えられ、Kiehn⁴⁷⁾ も放射性燐 (P 32) を使用して、移植骨の代謝能力を調べた結果、同種骨の代謝は自家骨に比し多少劣っており、これは新生血管の骨内への侵入がおくれ、且つ微弱であるためとしている。

同種保存緻密骨の経過は同種緻密骨に似ているが、移植骨内への血管侵入はこれより早く、また自家緻密骨よりも速かな場合もあり、すでに4日後には一部の例では微弱に認められ、7日後には半数例近くにみられ、14日後には全例に認めるが、同種骨に似て多少とも血管侵入の時期ならびにその強弱に不定性が認められ、また侵入血管も同種骨と同じく、比較的微弱である。しかしその程度はいつでも同種骨におけるよりも軽度であつた。これは河村⁵¹⁾ がのべたごとく、保存骨では保存中に組織特異性が半ば失われるために、侵入時期ないしは血行波及が、むしろ自家骨に似て比較的安定になつたためと考えられる。

自家煮沸緻密骨ではその運命は二つの様相を示した。即ち、一つは新生血管が殆んど移植骨内に侵入せず、豊富な血管を伴う結合組織により包裹せられて、Kiehn⁷⁾ あるいはReynolds²⁸⁾ が認めたとき異物性反応を示す場合であり、他は空虚となつた「ハ」管内に10日後より血管が侵入し、漸次骨片全体に波及するが、骨吸収ならびに新生骨添加が殆んどみられず、不変の骨質片のごとき状態を持続する場合である。このような事実は稲葉・根本⁴⁸⁾、Kreuz³⁶⁾ らののべるごとく、煮沸により骨蛋白ないしは膠様物質の消失をきたし、したがつて移植床にあたえる造骨性刺激を全く欠如し、単なる骨質片に化している点にあると説明しうる。

これら各種の移植骨を通じてみると、移植

骨の脈管学的修復過程の遅速ならびに難易は、二つの条件に左右されているといえよう。即ち、その一つは骨の構造であり、他の一つは組織特異性である。海綿骨と緻密骨における差異を決定しているものは、前者が海綿状構造を呈するに反し、後者では不透過性の構造が、血管の侵入を妨げているといえる。またHoffmann⁴⁹⁾、Gorbunow⁵⁰⁾ らは小骨片の場合、骨細胞は生存しうることを認めており、河村⁵¹⁾、Keith⁵²⁾ も細骨片移植の場合、その仮骨形成が著しく速であることを指摘しているが、細骨片となした場合その血管侵入が容易であることは想像しうる所であり、この意味で私が海綿骨において、Chip-Boneとした場合すでに4日後には豊富な血管侵入を認めえた事実は、河村⁵¹⁾、Keith⁵²⁾ らの成績を実証しえたものといえよう。

組織特異性についてはすでにのべたごとく、同種骨の場合もつとも異物性が顕著であり、同種保存骨ではこれが半ば減弱して、ためにその脈管的修復が比較的容易であつたことより、同種骨を使用する場合、新鮮骨よりもむしろ一定期間保存後用いる方が、その着床にあたつて比較的安定した結果をうるのではないかと考えられる。

第7章 結 論

私は骨移植後の脈管学的修復過程を各種移植骨について、肉眼的・線学的ならびに組織学的に検索し、つぎのごとき結果をえた。

1) 骨移植後の脈管学的修復過程に示される生体の反応は、局所性充血としてみられ、これは移植骨の種類をとわず同一であり、その間に差異は認めなかつた。

2) 骨移植後にみられる反応性局所性充血は、骨膜ならびに骨髓血管、ないしは周囲組織血管に認められ、これら血管の充血は軌を一にして、14日～25日後に最高潮に達し、以後は漸次減弱した。

3) 骨膜血管は骨髓血管に比し、修復過程への関与は一般に微弱であり、これは両者の流血量の差異が主因であると思われる。

4) 移植骨自体の管脈学的修復過程は、骨の種類により多大の差異が認められた。海綿骨は緻密骨に比し、血管新生は著しく速くであり、緻密骨では自家骨が早く、同種保存骨ならびに同種骨がこれにつぎ、煮沸骨では著しくおくれる。

5) 移植骨内への血管侵入には、骨構造の粗密性ととも組織特異性が関係する。

稿を終るに臨み、御指導、御校閲を賜った恩師陣内教授に衷心より感謝の意を表するとともに、終始御助言を頂いた教室津下講師に深甚なる謝意を捧げる。

文 献

- 1) Ollier ; Jour. de physiol. Paris **3**, 88 (1860).
- 2) Lexer ; Neue Deut. Chir. Bd. **24**, (1924).
- 3) Nemiloff ; Weljamiloffs Chir. (russ.) (1914) cited from 5) and 6)
- 4) Bertini ; Arch. ital. Chir. **14**, 1 (1926)
- 5) Rubaschewa u. Priwes ; Beitr. klin. Chir. **156**, 299 (1932)
- 6) May ; Beitr. klin. Chir. **160**, 30 (1934)
- 7) Kiehn ; Ann. Surg. **136**, 404 (1952)
- 8) Marchand ; Verhandl. path. Gesellsch. 368 (1899)
- 9) Petrow ; Arch. klin. Chir. **105**, 915 (1914)
- 10) Lāwen ; Arch. klin. Chir. **90**, 469 (1909)
- 11) 津下, 道岡 ; 総合医学 **10**, 201 (1953)
- 12) Lexer, Kuliga, Türk ; Untersuchungen über Knochenarterien, Hirschwold, Berlin (1904)
- 13) Johnson ; J. Bone surg. **9**, 153 (1927)
- 14) Barth ; Arch. klin. Chir. **46**, 409 (1893)
- 15) Axhausen ; Arch. klin. Chir. **88**, 23 (1908)
- 16) Brooks ; Ann. Surg. **66**, 625 (1917)
- 17) Haas ; Surg. etc., **19**, 604 (1914)
- 18) Ham ; J. Bone Surg. **34** -A, 701 (1952)
- 19) Rohde ; Surg. etc., **41**, 740 (1925)
- 20) Phemister ; Surg. etc., **19**, 303 (1914)
- 21) Mayer s. Werner ; Am. J. Orthop. Surg. **12**, 213 (1914)
- 22) Albee ; Ann. Surg. **74**, 196 (1921)
- 23) Ollier ; Intern. Med. Kongr. Berlin (1891)
- 24) Baschkirzew u. Petrow ; Dtsch. Z. Chir. **113**, 490 (1912)
- 25) Matti ; Arch. klin. Chir. **168**, 236 (1932)
- 26) Kartaschew ; Arch. klin. Chir. **156**, 759 (1930)
- 27) Willich ; Beitr. klin. Chir. **136**, 102 (1926)
- 28) Reynolds s. Oliver ; J. Bone Surg. **32**-A, 283 (1950)
- 29) Abbott ; Surg. etc., **85**, 583 (1947)
- 30) 河村 ; 臨床外科 **1**, 11 (1946)
- 31) 河村 ; 日本整形外科学会雑誌 **26**, 249 (1952)
- 32) Bahls ; Beitr. klin. Chir. **166**, 535 (1937)
- 33) Smith ; Arch. of Surg. **34**, 687 (1937)
- 34) Inclan ; J. Bone Surg. **24**, 81 (1942)
- 35) Kreuz ; J. Bone Surg. **33**-A, 863 (1951)
- 36) Wilson ; Ann. Surg. **126**, 932 (1947)
- 37) Reynolds ; J. Bone Surg. **33**-A, 873 (1951)
- 38) 河村 ; 外科 **7**, 498 (1943)
- 39) Marrangoni ; Am. J. of Surg. **82**, 378 (1951)
- 40) Fehr ; Surg. etc., **90**, 587 (1950)
- 41) Orell ; J. Bone Surg. **19**, 873 (1937)
- 42) Schäfer ; Mschr. Unfallheilk. **41**, 233 (1934)
- 43) Lexer ; Arch. klin. Chir. **119**, 520 (1922)
- 44) Kolodny ; J. Bone Surg. **21**, 698 (1923)
- 45) 東条 ; 日本外科学会雑誌. **15**, 1120 (1913)
- 46) Wilkinson ; Am. J. Anat. **86**, 289 (1950)
- 47) Kiehn ; Ann. Surg. **132**, 427 (1950)
- 48) 稻葉, 根本 ; 日本整形外科学会雑誌. **26**, 245 (1952)
- 49) Hoffmann ; Arch. klin. Chir. **135**, 413 (1925)
- 50) Gorbunow ; Arch. klin. Chir. **161**, 651 (1930)
- 51) 河村 ; 外科. **6**, 525 (1942)
- 52) Keith ; J. Bone Surg. **16**, 314 (1934)

附 圖 説 明

附図 1. (自家緻密骨 4 日後) 移植部辺縁における骨膜血管の増強ならびに被覆血腫中への新生骨膜血管の侵入 (↑印)。

附図 2. (自家煮沸緻密骨 7 日後, 移植部被覆肉芽除去後撮影) 移植部周辺の骨膜血管の増強, 移植部澄

明空隙間における点滴状血管陰影。

附図 3. (自家海綿骨10日後, 被覆肉芽除去後撮影) 栄養動脈ならびに骨膜血管よりの新生血管, メタフィーゼ血管陰影の増強と栄養動脈末梢枝の拡大。

附図 4. (同種緻密骨10日後, 移植部肉芽一部除去後撮影) 栄養動脈よりの微細血管の新生, 移植部辺縁における骨膜性充血。

附図 5. (自家緻密骨14日後) 移植部の骨膜血管網と, 栄養動脈ならびにメタフィーゼ血管および骨膜血管の強度の充血。

附図 6. (同種保存緻密骨25日後) 骨膜性充血の移植部えの限局化(↓印)ならびに骨膜の肥厚。

附図 7. (自家緻密骨40日後) 骨膜性充血の減退ならびに栄養動脈よりの太い数枝による移植部の灌漑。

附図 8. (同種緻密骨60日後) 栄養動脈よりの分枝の減弱化およびなお認められる微弱な局所性充血。

附図 9. (自家海綿骨 chip 4 日後, 水銀注入ヘマトキシリン・エオジン (以下ヘ・エと略) 染色, 3×5 倍) Chip とせる海綿骨々梁内に侵入せる骨髓新生血管。

附図 10. (自家海綿骨 4 日後, 水銀注入, ヘ・エ染色, 3×5 倍) Chip となさず移植せる海綿骨の場合で, 新生毛細血管は移植骨床側に並列するが, 侵入はいまだない。

附図 11. (同種緻密骨10日後, 墨汁注入ヘ・エ染色, 3×5 倍) 新生骨髓毛細血管の移植骨えの接近, 母骨 (左端) と移植骨間血腫の毛細血管による器質化。

附図 12. (自家緻密骨 4 日後, 墨汁水銀注入, 無染色, 3×5 倍) 移植骨側面部における豊富な骨髓毛細血管 (下方) と比較的微弱な骨膜毛細血管 (上方) の接触。

附図 13. (自家緻密骨 7 日後, 墨汁注入, ヘ・エ染色, 3×5 倍) 移植骨側面部における骨膜血管 (上部) および骨髓血管 (下部) の接触と, 両血管よりする移植骨内えの侵入ならびに血管周囲の島嶼状類骨の発生。

附図 14. (自家緻密骨25日後, 墨汁水銀注入, 無染色, 3×5 倍) 移植骨床側の「ハ」管腔の拡大ならびに崩壊, 侵入せる多数の血管。

附図 15. (自家緻密骨 7 日後, 墨汁注入, 無染色, 3×5 倍) 移植骨側面部における骨髓新生血管 (下方) と骨膜新生血管 (上方) の接触。この部においては早期より血管の移植骨内侵入を認めうる。

附図 16. (自家煮沸緻密骨25日後, 墨汁水銀注入, ヘ・エ染色, 3×5 倍) 骨膜 (上方) および骨髓 (下方) 両血管による移植骨の結合組織性包裹。血管は母骨 (右端) 境界部より微弱に侵入するのみである。

附図 17. (同種緻密骨25日後, 墨汁注入, ヘ・エ染色, 3×5 倍) 母骨 (左端) と移植骨 (右端) との癒合。移植骨内えの豊富な血管侵入と「ハ」管腔の拡大。豊富な骨髓腔内仮骨に比し骨膜側 (上端) は線維性で細小なる血管をみる。

附図 18. (同種緻密骨25日後, 墨汁注入, ヘ・エ染色, 3×5 倍) 附図 17, に比し骨髓腔内仮骨は同程度で骨梁間隙の狭少化をみる。移植骨 (右端) えの侵入はきわめて微弱である。

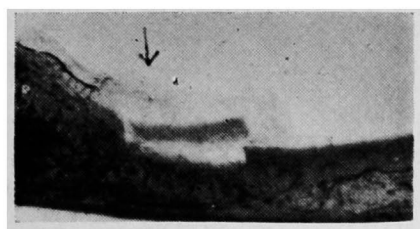
附図 19. (自家緻密骨40日後, 墨汁注入, ヘ・エ染色, 3×5 倍) 移植骨全体えの血管波及。骨膜側よりの血管侵入と少数の口径大なる血管。

附図 20. (同種保存緻密骨40日後, 墨汁注入, 無染色, 3×5 倍) 移植骨 (左端) 内半の崩壊。外半部では血管侵入はなお微弱である。上端は周囲筋肉内血管。

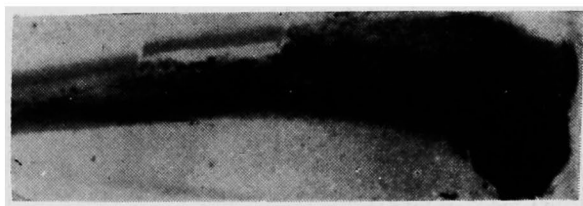
附図 21. (自家海綿骨40日後, 墨汁注入, ヘ・エ染色, 3×5 倍) 海綿骨々梁内血管の微弱化。移植骨 (上部) は母骨 (左端) と癒合し, 置換はほぼ完了している。

道岡論文附図

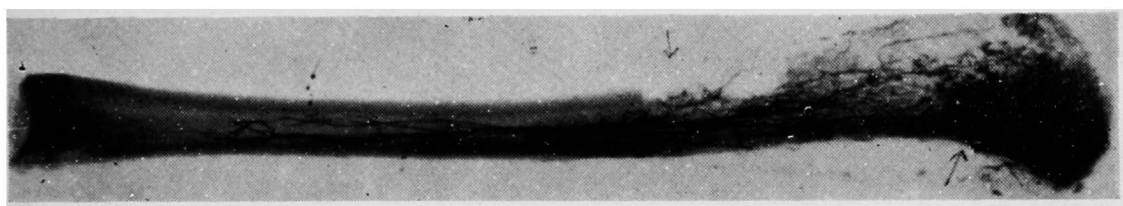
第 1 図



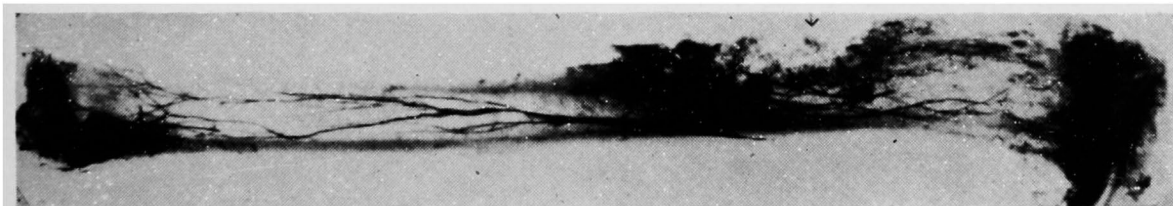
第 2 図



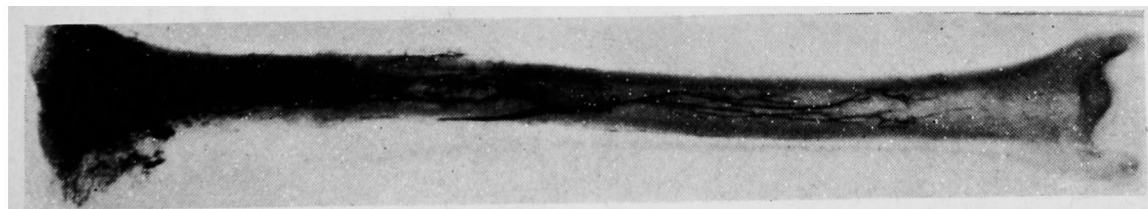
第 3 図



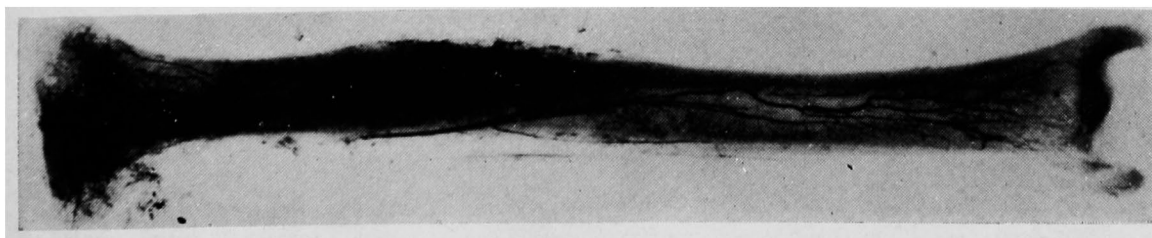
第 4 図



第 5 図

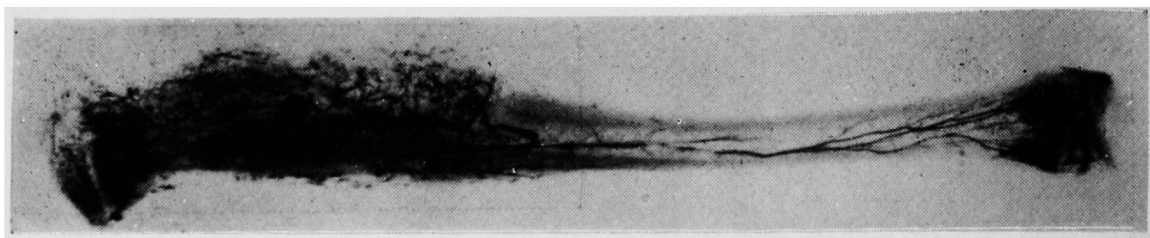


第 6 図

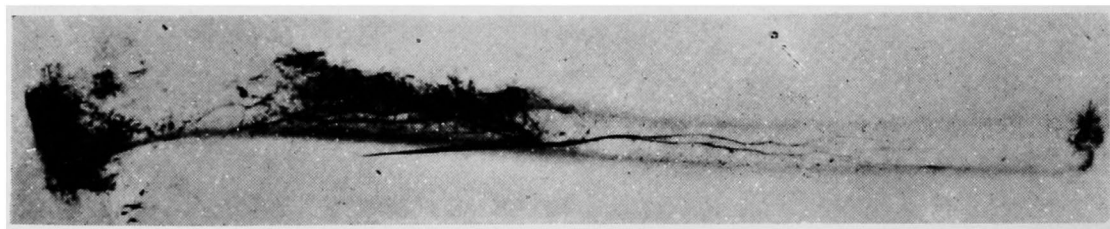


道 岡 論 文 附 図

第 7 図



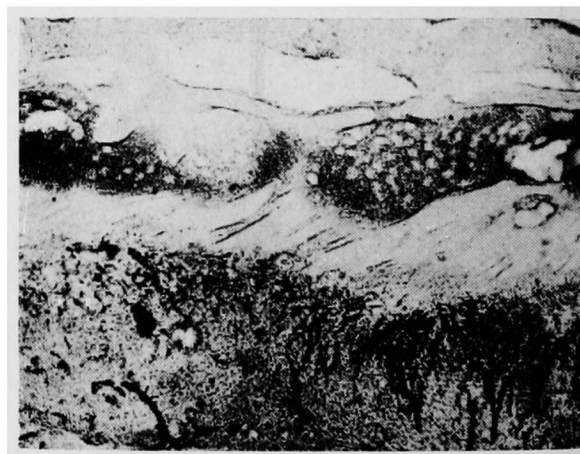
第 8 図



第 9 図



第 10 図

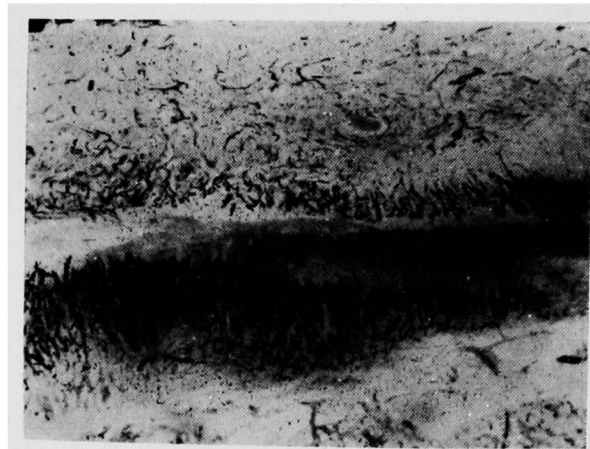


道岡論文附図

第 11 図



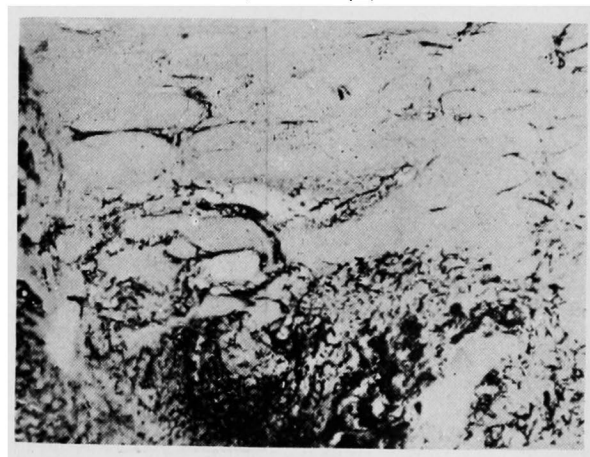
第 12 図



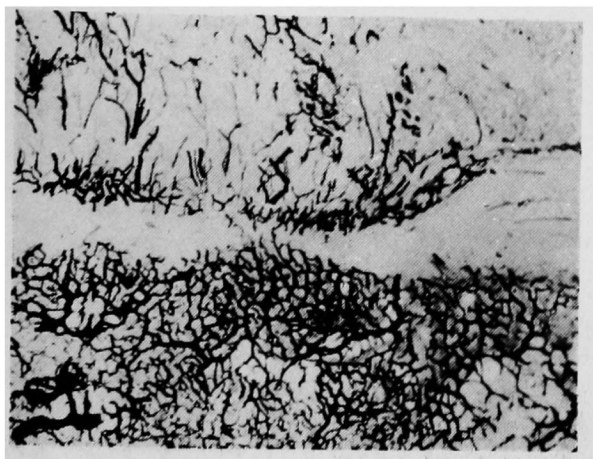
第 13 図



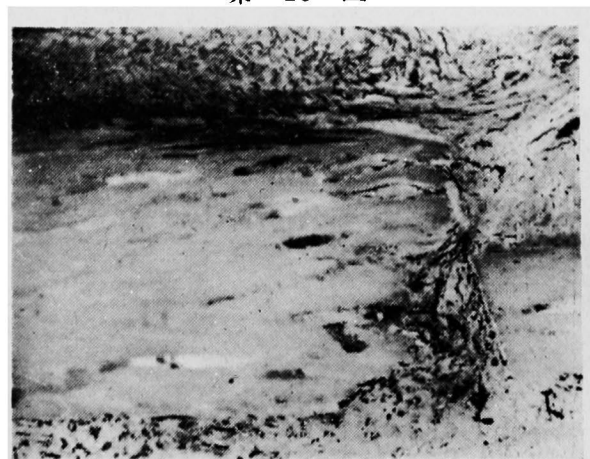
第 14 図



第 15 図



第 16 図

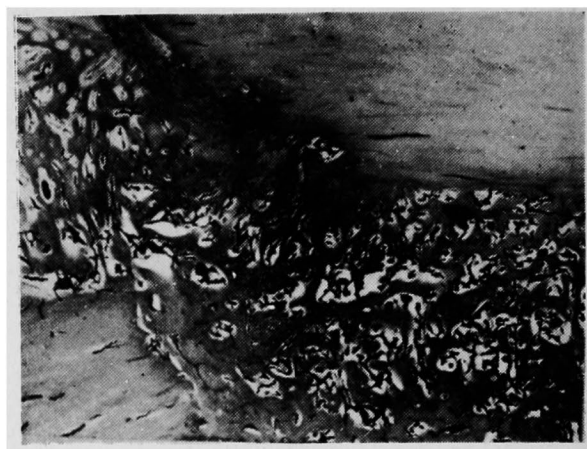


道岡論文附図

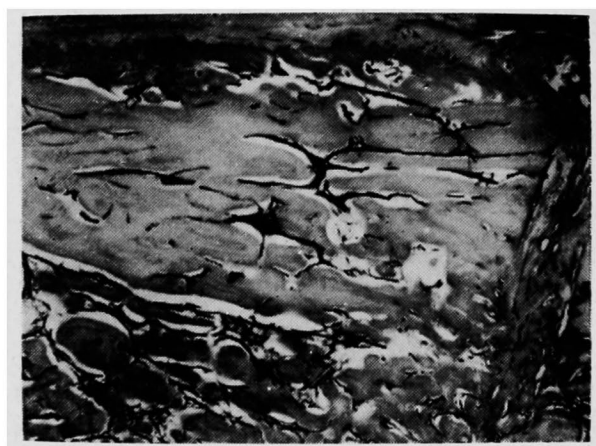
第 17 図



第 18 図



第 19 図



第 20 図



第 21 図

