

腱の骨内固定に関する実験的研究

岡山大学医学部整形外科教室（主任：田辺剛造教授）

明 石 英 夫

（昭和59年9月22日受稿）

Key words：腱骨内固定

走査型電顕

ニワトリ屈筋腱

緒 言

腱の骨内固定は、手指屈筋腱修復術や腱移行術などに行われる重要な手術手技の一つである。その癒合過程の実験的研究は、腱縫合に関するものが古くから数多くあるのに比べて比較的少ない。著者が知り得た範囲では、Gallie (1922)⁶⁾の報告に始まり、Kernwein (1938, 1942)^{8,9)}、Whiston (1960)¹⁸⁾、Forward (1963)⁵⁾ら、また本邦では谷 (1959)¹⁴⁾、安部 (1965)¹⁾、田平 (1971)¹²⁾らの報告がある。これまでの報告では、骨内に固定された腱は骨髄組織からの骨芽細胞の侵入により化骨し、骨と癒合するという点においては意見が一致している。しかし、腱と骨との間に新生結合組織が介在するかどうかについては意見が分れている。また、すべて光学顕微鏡（以後、光顕と略す）による観察であり、微視レベルでの検討がなされていない。そこで著者は光顕と走査型電顕を使って、骨内に固定した腱が骨と癒合していく過程を観察する目的で以下の実験を行った。

実験材料および方法

A. 実験動物

生後2ヵ月、体重2～3kgのプロイラー幼鶏16羽を使用した。プロイラーの足指は各指の指骨の数が1個多いこと、浅指屈筋腱に相当するものを2本有する点などで、人の手指と違いがあるが、足指が太く、解剖学的に人の手指屈筋腱と非常に構造が類似しており^{2,16)}、かつ腱が軟かく実験的に操作しやすい特徴を持っている。

深指屈筋腱は第4指節骨基部に付着し、また第3, 4指節骨間隙側にある掌側板と vincula breva によって連絡しており、この点においても人の手指屈筋腱と構造が類似している。

B. 実験方法

プロイラーを無麻酔下で手術箱に腹臥位に固定し、その小孔より右足を出し水洗した後エスマルヒ駆血帯をかけ、次にヒビテンアルコールで足指を十分消毒し、以下の手術操作を行った。第3足指趾側にL字切開を皮膚に加え、腱鞘を縦切する。深指屈筋腱は骨付着部で鋭利に切離し、この腱端より1.5mmのところ両端針付ステンレスワイヤー No.36（クラウンジュン河野製作所製）を横にかけ、18ゲージ注射針で末節骨の骨付着部より背側に穴を開け、腱端が骨内に少し入り込むようにして、引き抜き鋼線法で固定する（図1）。腱鞘は縫合せず皮膚縫合のみ

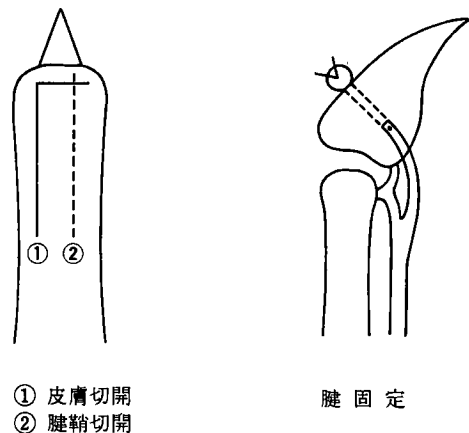


図1. 実験方法

行う。以上の操作の後、全指屈曲位でボクシング・グローブ型ギプス固定を屠殺するまで続けた。

C. 試料作製法

術後4日、1週、2週、3週、4週、6週、8週、12週で順次屠殺し、腱固定部をカミソリで切断し、その半分ずつを光顕と走査型電顕の標本とした。標本は縦断と横断のものを作成した。光顕用標本は10%ホルマリン液で固定し、ヘマトキシリン・エオジン染色、マッソン・トリクローム染色、鍍銀染色を行った。走査型電顕用標本は磷酸緩衝液で洗浄し、2.5%グルタル・アルデヒドと、1%オスミウム酸で二重固定の後、アルコール系列で脱水を行い、次いでCO₂による臨界点乾燥、金・パラジウムで蒸着を行った。走査型電顕はJSM-U3(日本電子製)を使用した。なお、固定した腱が抜けたり、感染を起こした例はみられなかった。

実 験 結 果

A. 正常腱の観察

1) 光顕所見

末節骨の骨膜の線維は、腱線維に比して線維が細く、線維の密度が高い。また、線維細胞が豊富である。腱は末節骨に達すると、末節骨全体に広く付着しているが、骨膜のある部分では、腱線維は骨膜と層状になっている(図2)。また、

骨の近くまでたどれる線維があり、骨膜を貫通して付着していると思われる。骨膜のない部分では腱線維が直接骨に侵入している。

2) 走査型電顕所見

腱線維と骨膜の線維が層状になっている部分を観察すると、骨膜の膠原線維束は腱の膠原線維より細い(図3-A)。さらに高倍率で観察すると、骨膜の膠原線維間の吻合が著明である。腱線維の骨付着部では、骨内に侵入したいわゆるシャーピー線維がその尖端で枝分れしながら骨に付着している(図3-B)。

B. 骨内固定腱の観察

1) 光顕所見

4日後：腱先端に層状に炎症細胞が浸潤し、また腱先端と骨梁との間の骨髄組織の中には、炎症細胞浸潤と線維芽細胞の増生が認められる。骨内の腱周囲にも線維芽細胞が増生している。骨破壊部には少数の骨芽細胞が出現している。

1週後：腱先端においては炎症細胞の浸潤が著明であり、わずかであるが腱線維間にも炎症細胞が侵入している。腱先端と骨の間、骨内の腱周囲の炎症細胞も4日後のものよりさらに増し、肉芽組織が形成されている。骨破壊部の骨芽細胞も増生を見る。

2週後：1週後まで多く見られていた炎症細胞はほとんど消失し、これにおきかわるよう

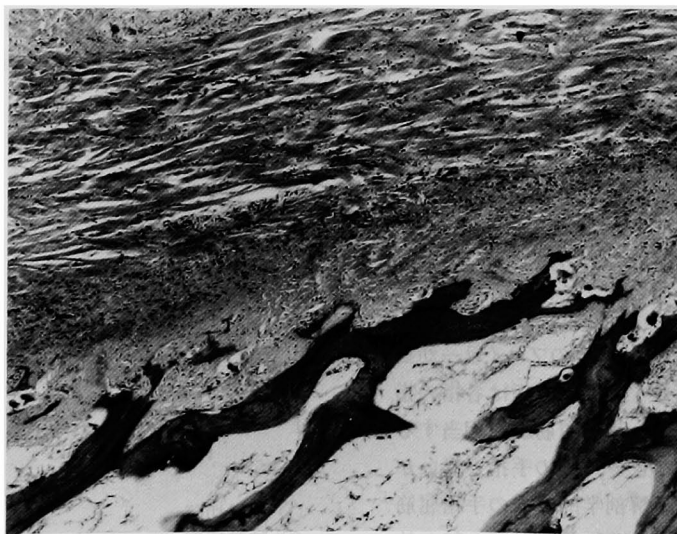


図2. 正常腱の骨付着部。H・E染色(×63)

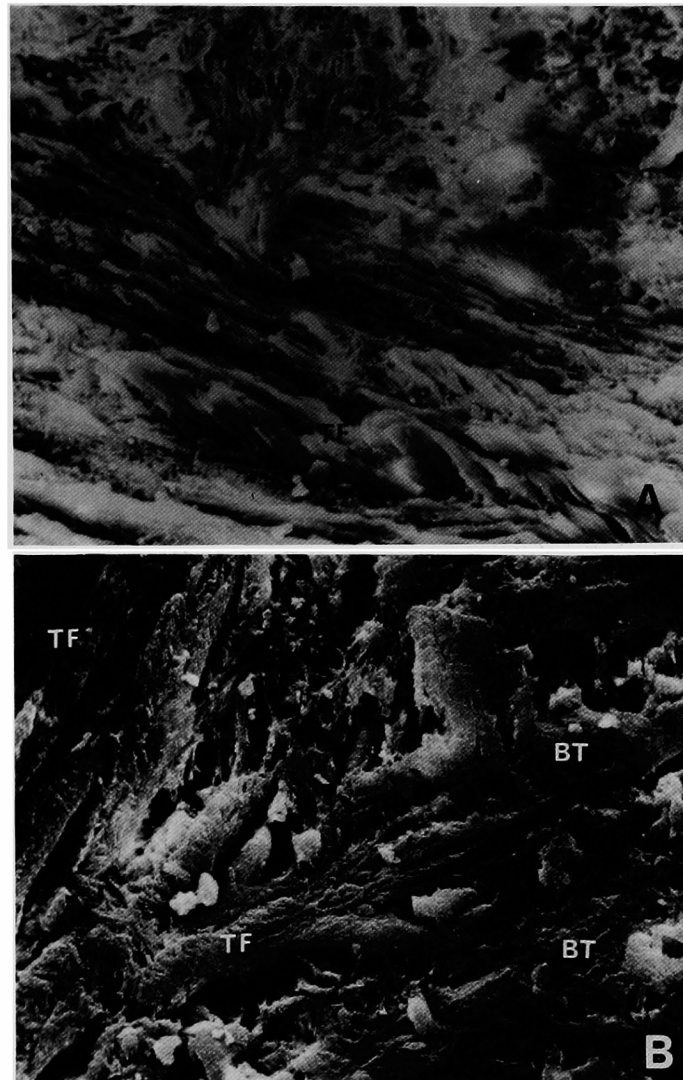


図3. 正常腱の骨付着部. 縦断面

A. 腱線維と骨膜の線維が層状になっている (×600)

B. 腱線維からさらに細い線維が枝分れして骨組織に付着している (×1,000)

BM: 骨髄 PF: 骨膜線維 TF: 腱線維 BT: 骨組織

線維芽細胞の増生が著明である。腱と骨との間は肉芽組織により満たされている。肉芽組織は線維芽細胞間でコラーゲンの走行が少なく、まだ成熟していない。したがって、腱と骨の結合は幼若な線維性結合である。腱を取り囲む骨の周辺には骨芽細胞がさらに増え、骨に接して骨新生が起き始めている (図4)。

3週後：炎症細胞は全て消失し、腱と骨との

間の肉芽組織は線維の走行が少し規則正しくなっている。また、コラーゲンの量が増加し、腱と骨の結合がしっかりしてきているといえる。腱線維間の線維芽細胞は腱中央にまで侵入し、腱辺縁の境界は不明瞭になる。腱を取り囲む骨周辺では骨芽細胞が著明に増え、骨新生が進んでいる。

4週後：腱先端と骨との間では、肉芽組織の

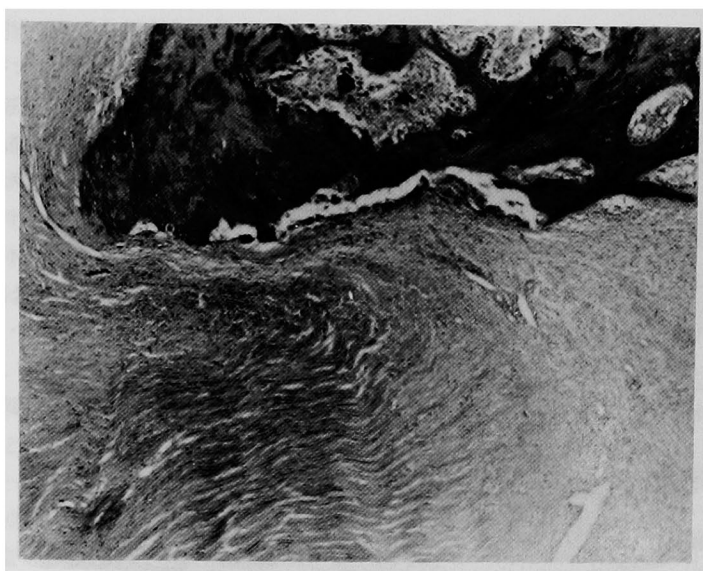


図4. 2週後、腱先端部、H・E染色(×63)

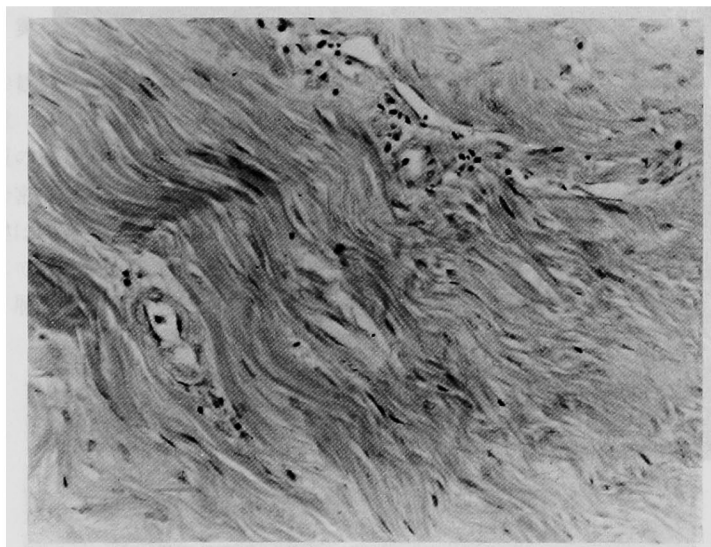


図5. 4週後、腱先端(左上)と新生結合組織
(右下)の移行部、H・E染色(×160)

コラーゲン走行はさらに増え、コラーゲン線維は規則正しく並び、成熟した線維組織(以後、新生結合組織と呼ぶ)になっている。この新生結合組織は腱と骨を密に連絡している。腱線維間の線維芽細胞は減少し、線維細胞が増えている。新生結合組織と腱との境界は腱辺縁でははっきりしているが、腱先端では少し不明瞭であ

る(図5)。腱を取り囲む骨周辺では、3週後と同じく骨芽細胞が多数存在している。

6週後：腱先端と骨との間の新生結合組織は4週後よりさらに成熟し、腱との境界が不明瞭になっている。新生結合組織、腱線維の間の線維芽細胞はよく成熟し、線維細胞になっている。腱を取り囲む骨組織では骨芽細胞が多く、なお

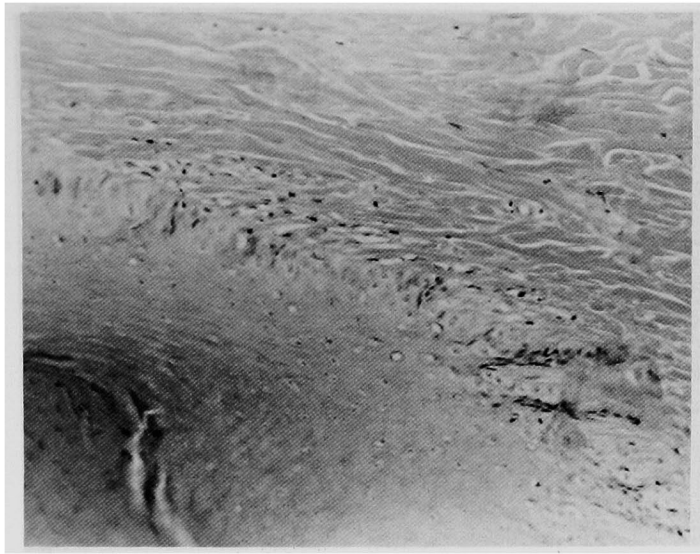


図6. 8週後、腱先端の骨付着部。H・E染色(×160)

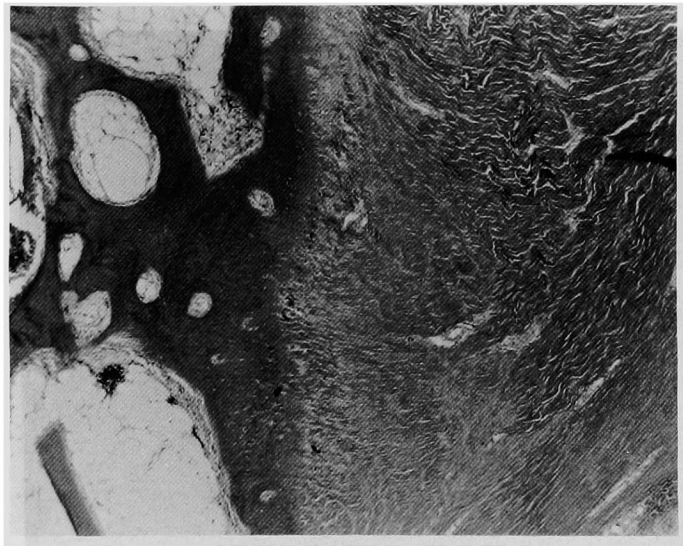


図7. 12週後、腱先端の骨付着部。H・E染色(×63)

骨新生が進んでいる。

8週後：腱先端と新生結合組織の区別はつかなくなり、腱線維がシャープ線維のごとく骨に付着し、線維軟骨層が形成されている(図6)。場所によっては骨付着部の線維間に骨芽細胞が多数浸潤している。

12週後：骨への付着の状態は8週後と同様であるが、付着部線維間の骨芽細胞は減少してお

り、骨新生能は低下している。付着部の骨は骨新生により平坦になっている(図7)。

2) 走査型電顕所見

4日後：腱先端の膠原原線維が手術操作のため走行の乱れを示しているが、中枢側では平行に走っている。腱周囲と骨には変化は見られない。

1週後：腱先端部には腱線維の膠原原線維と思われる約 0.2μ 径の線維が見られる。また、そ

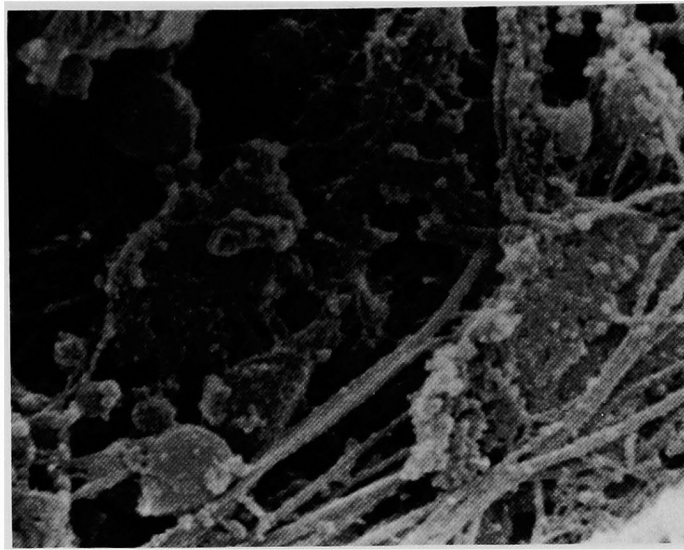


図8. 1週後, 縦断面

腱先端近くの膠原線維(右下)と細線維(左上),
細線維上に顆粒様物質が集積している($\times 10,000$)

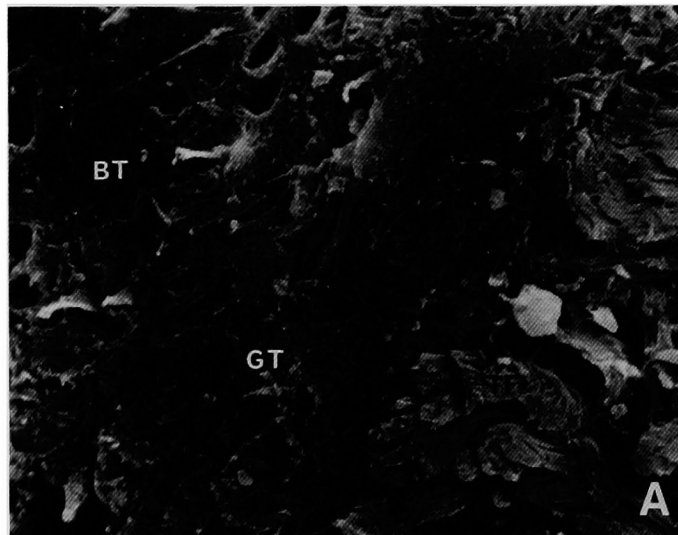


図9. 2週後, 横断面

A. 腱と骨の間に肉芽組織が形成されている($\times 1,600$)

BT: 骨組織 GT: 肉芽組織 TF: 腱線維

の間には約 0.1μ 径の細線維が不規則な網目を形成している。この組織は光顕所見との比較より、肉芽組織と思われる。その肉芽組織の細線維上に 0.2μ 径前後の顆粒様物質が集積している(図8)。

2週後: 腱と骨の間は肉芽組織で埋っている。

肉芽組織の骨に接している部分では、表面が無構造な物質で覆われ、光顕で見られる化骨と思われる(図9-A)。高倍率で観察すると、表面が顆粒様に見え、骨に比べて均一でなく、化骨はまだ完成されていない(図9-B)。腱自体に

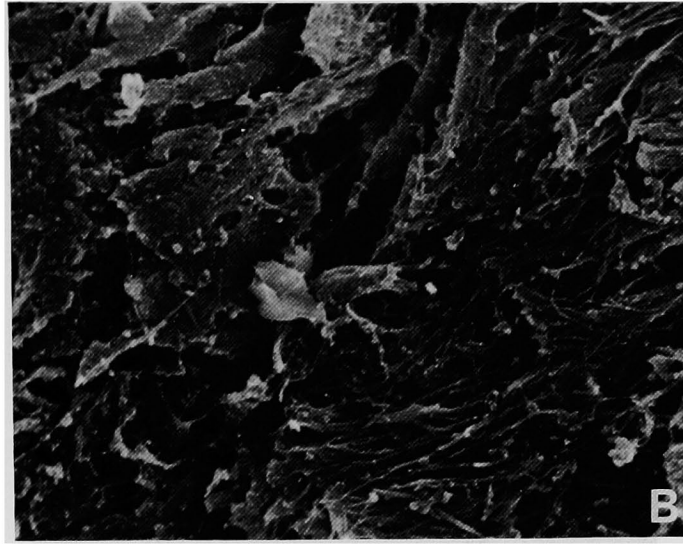


図9. 2週後, 横断面

B. 肉芽組織の骨に近い部分は顆粒様物質で覆われている ($\times 5,000$)

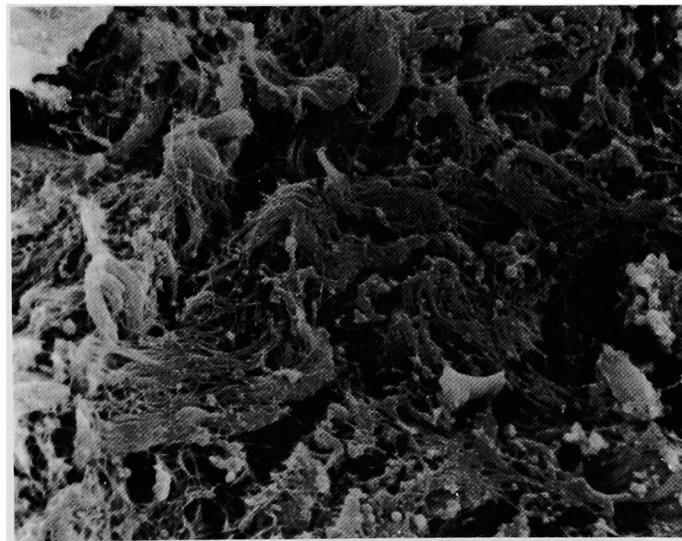


図10. 3週後, 縦断面

腱と骨の間の肉芽組織 ($\times 3,000$)

は変化はない。

3週後：腱と骨の間の肉芽組織では，膠原原線維束の量は増えているが，その走行は不規則で波打っている（図10）。腱辺縁と肉芽組織との境界は，観察される膠原原線維の太さなどから

区別可能であるが，両者間の線維の交叉はあまり見られない。

4週後：肉芽組織の膠原原線維の走行が規則正しくなり，成熟した線維組織（新生結合組織）になっている（図11—A）。高倍率で観察すると

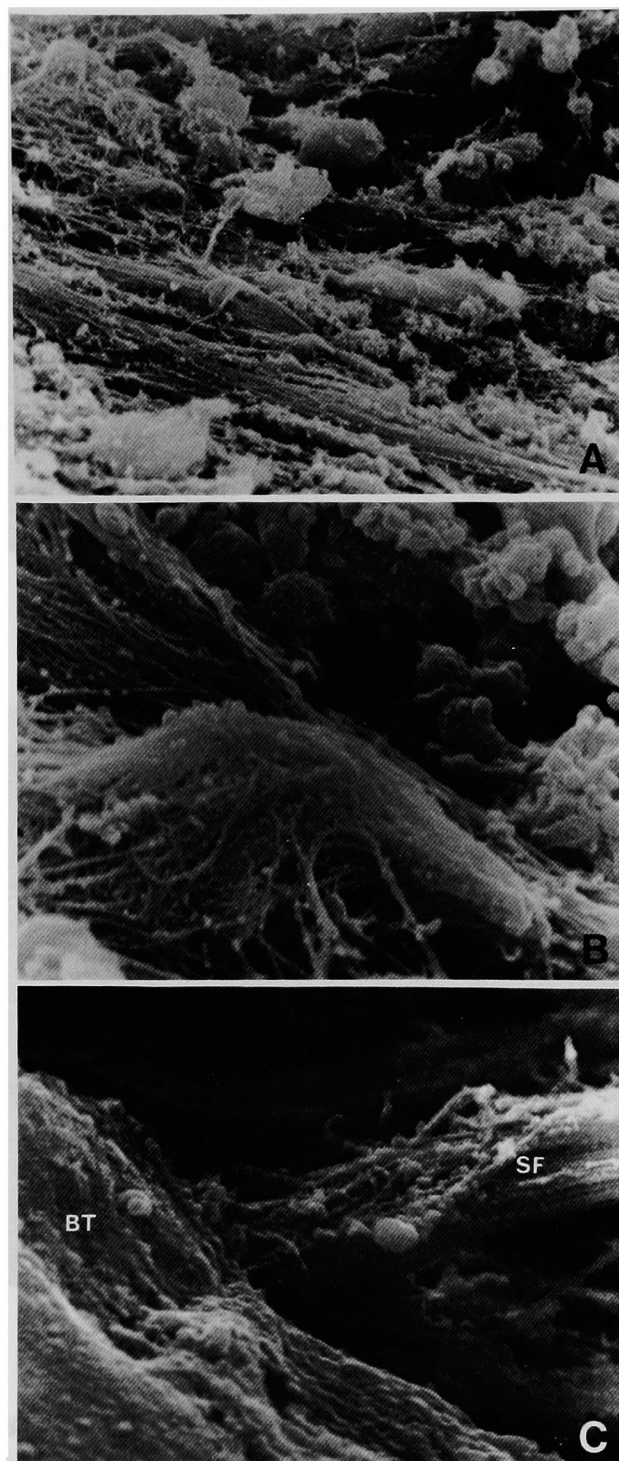


図11. 4 週後, 縦断面

A. 腱辺縁と骨の間の新生結合組織. ($\times 2,000$)

B. 細胞による膠原線維の隆起. その上方に顆粒物質が観察される ($\times 12,000$)

C. 新生結合組織の骨付着部 (シャープピー線維) ($\times 20,000$)

BT: 骨組織 SF: シャープピー線維

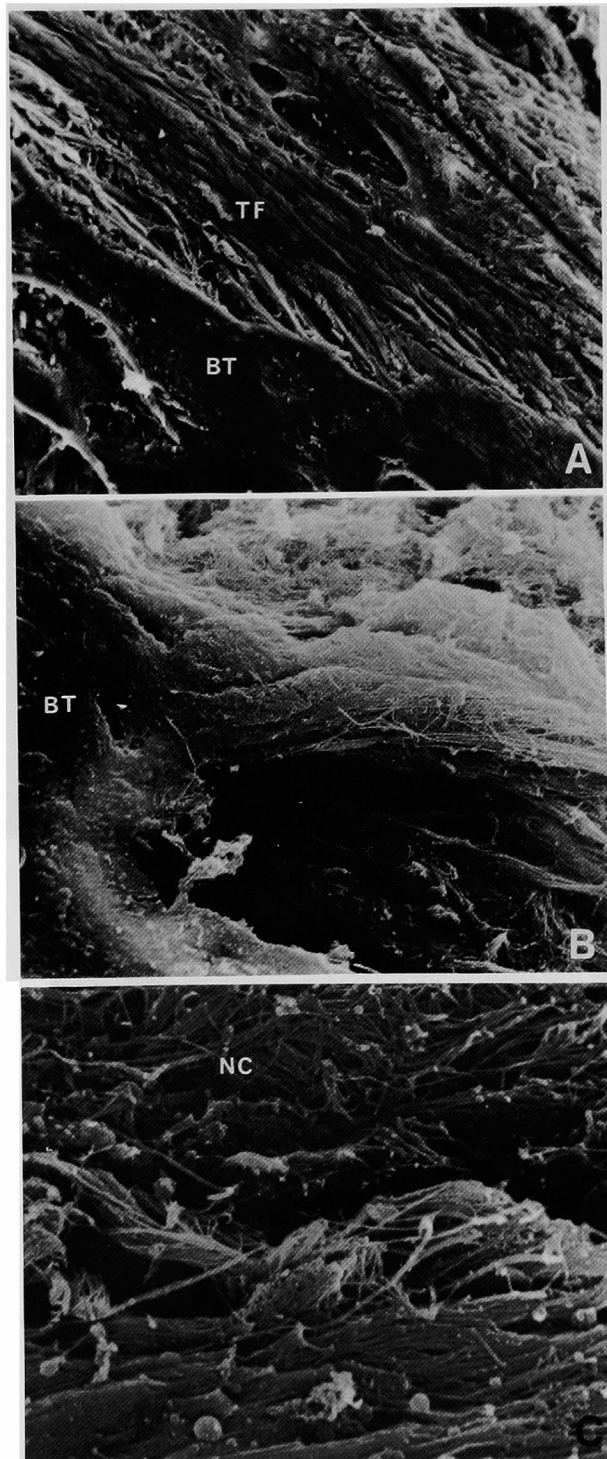


図12. 6 週後, 縦断面

- A. 腱と骨を新生結合組織が結合している (×200)
 B. 新生結合組織の骨付着部 (シャープビー線維) (×2,000)
 C. 腱辺縁と新生結合組織の境界 (×6,000)
 TF: 腱線維 BT: 骨組織 NC: 新生結合組織

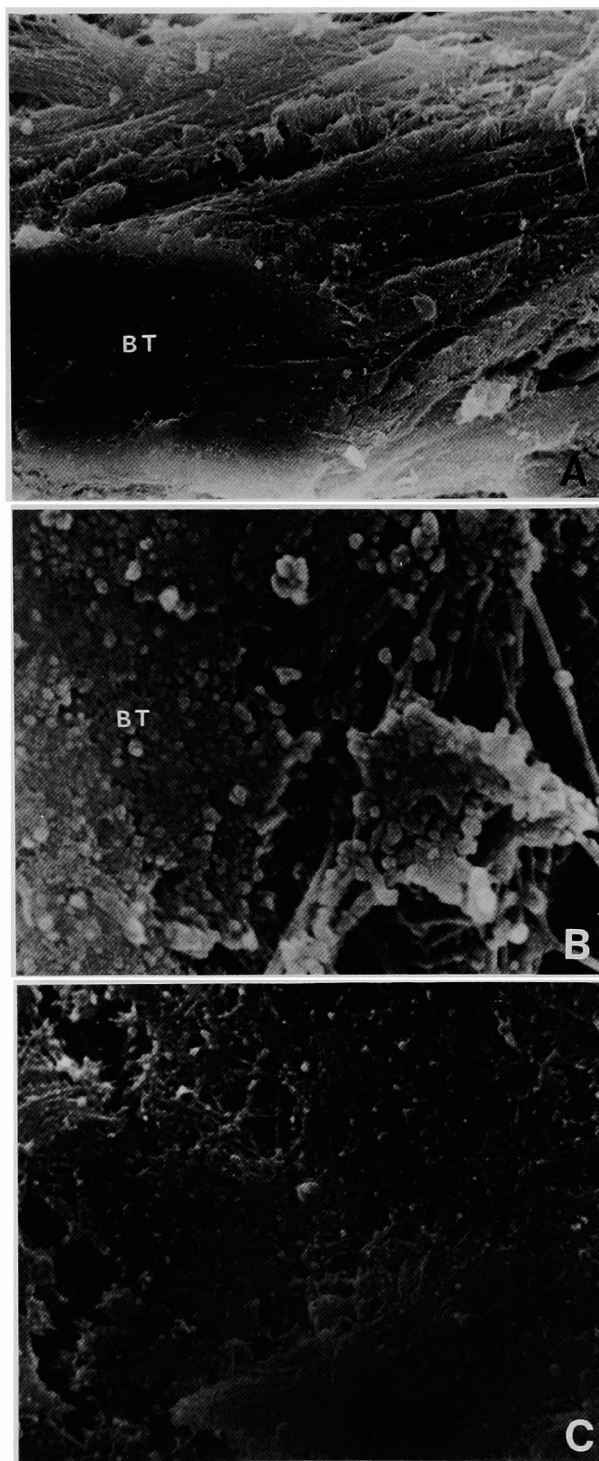


図13. 8週後, 縦断面

- A. 腱線維の骨付着部 (シャープビー線維) ($\times 7,000$)
B. 腱線維の付着部の骨が顆粒様物質で形成されている ($\times 24,000$)
C. 骨付着部の膠原原線維間を顆粒様物質が埋めている ($\times 7,000$)
BT: 骨組織

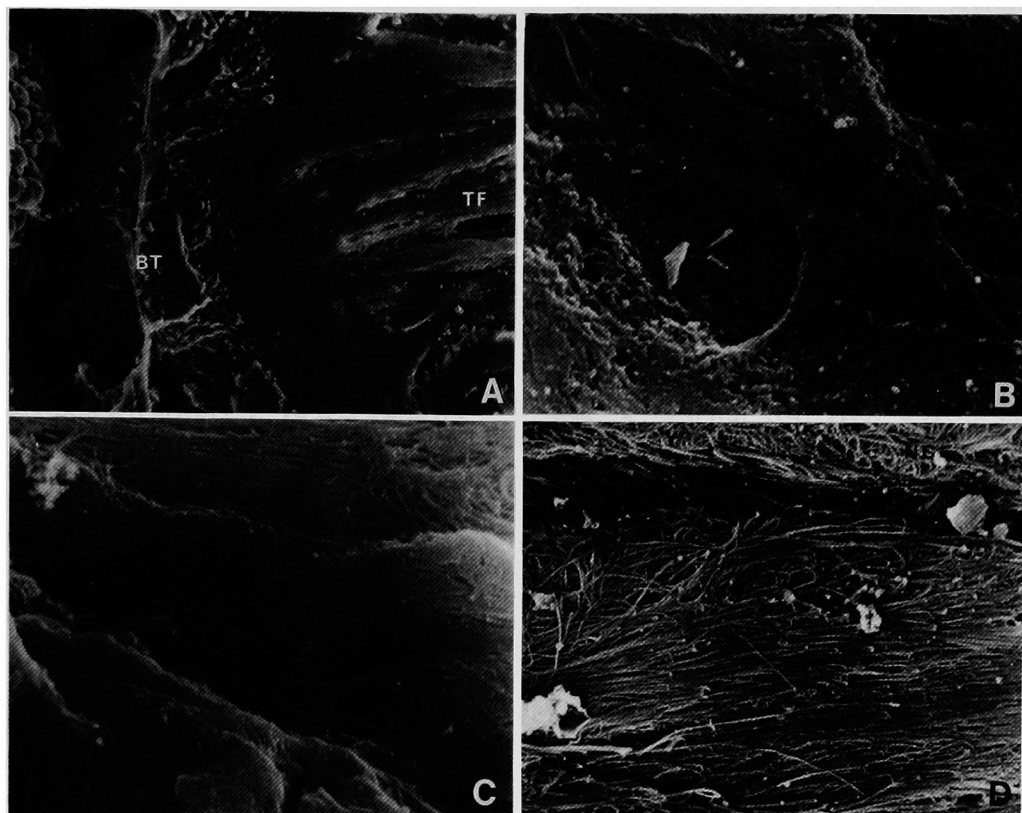


図14. 12週後. 縦断面

A. 骨付着部 (×200)

B. 付着部の化骨している部分 (×10,000)

C. 付着部の膠原線維 (×10,000)

D. 腱辺縁と新生結合組織の境界 (6,000)

BT: 骨組織 TF: 腱線維 NC: 新生結合組織

膠原線維と思われる細い線維に覆われた隆起が見られ、これは線維細胞によるものと考えられる。その周辺に多くの顆粒物質が観察される(図11-B)。腱端と骨の間の新生結合組織の膠原線維に顆粒様物質が沈着し、線維間の大部分を埋めている。一方、新生結合組織はシャープな線維のごとく骨に埋入している(図11-C)。骨に接して生じている化骨の一部は、低倍率では骨と区別がつかないほど完成されている。しかし、高倍率で観察すると線維組織が見え、新生結合組織が化骨したといえる。腱側は切断時に生じたと思われる膠原線維の走行の乱れが多少見られるが、他は特に変化はない。腱辺縁の境界は3週後と比較すると、腱と新生結合組織の膠原線維の交叉が見られる分だけやや不

明瞭になっている。

6週後：新生結合組織が腱と骨とを結合している。この新生結合組織は腱に対しても、骨に対しても境界なく移行している(図12-A)。骨に移行する部分の骨に近い所は化骨しており、無構造に見える。骨から離れると線維組織が露出してくる(図12-B)。これを高倍率で観察すると、互いに癒合し規則正しく走っているが、顆粒様物質が沈着している部分もある。腱自体には変化は見られない。腱と腱辺縁を併走する新生結合組織とは、膠原線維が吻合交叉している(図12-C)。

8週後：線維組織が整然と骨に付着し、光顕所見と同じく腱線維と考えられる(図13-A)。その部の骨の高倍率観察では、 0.2μ 径前後の顆

粒様物質の集合体であることがわかる(図13-B)。場所によっては骨付着部の線維間をほとんど埋めるように同様な顆粒様物質が沈着している(図13-C)。腱と腱辺縁を併走する新生結合組織との関係は、6週後と同じく線維は交叉しているが、境界は識別可能である。

12週後：低倍率で観察すると、光顕の所見と同じように腱線維が骨に付着している(図14-A)。付着部の化骨した部分を高倍率で観察すると、無構造に見えた部分は 0.2μ 径前後の顆粒様物質からなり、細胞が脱落した跡と思われる陥凹が見られる(図14-B)。化骨していない部分では、膠原原線維は規則正しく走り、線維間の吻合が著明である。部分的に化骨を思わせる無構造な断面が観察される(図14-C)。腱中枢側の膠原原線維は正常所見と比べて特に変化していない。腱辺縁では8週後と同様新生結合組織との境界は識別可能であるが、膠原原線維の交叉が見られる(図14-D)。

考 察

正常腱の骨付着部の形態に関する報告はあまりない。Sharpey (1856)³⁾は骨梁を貫通する線維を perforating fiber と記載し、この線維が骨膜、靱帯、腱を骨にしっかりと固定していると述べた。以来シャーピー線維という言葉が使われるようになった。

腱の骨への付着に関しては、Mollier (1937)¹¹⁾は骨膜を介して付着するものと、直接骨に付着するものの両者があり、主に骨膜を介して付着すると述べている。しかし、手指屈筋腱の観察では高杉(1978)¹³⁾、服部(1979)⁷⁾は骨膜を腱線維が貫通して付着すると述べている。今回のブローラー足指屈筋腱付着部の観察でも、腱線維は直接骨に付着していた。

付着部の詳細について、Dolgo-Saburoff(1929)⁴⁾は猫の、Cooper (1970)³⁾は犬の膝蓋腱の脛骨付着部を観察し、腱、線維軟骨、石灰化線維軟骨、骨の4つの層に分けられると述べている。高杉¹³⁾はヒトおよびニワトリの指屈筋腱付着部でDolgo-Saburoff⁴⁾らが述べた四層構造が観察されたと報告している。Vis (1975)¹⁷⁾、服部⁷⁾は腱、線維軟骨、骨の3つの層を観察している。また、服

部⁷⁾は走査型電顕による観察では線維軟骨層は観察されなかったが、腱線維は樹枝状に枝分れし、骨膠原線維に移行する像を観察している。著者の走査型電顕による観察では、服部⁷⁾の報告と同じく、腱線維からさらに細い線維が枝分れし、周囲の骨に付着していた(図4)。

骨内に固定した腱の癒合に関しては、既述のごとく著者が知り得た範囲ではGallie (1922)⁶⁾が最初に報告しており、腱と骨の癒合は両者に癒着する新生結合組織の形成によると述べた。Kernwein (1938, 1942)^{8,9)}は腱組織の化骨によって骨組織と癒合し、その化骨は骨芽細胞の侵入による置換と化生の2つの方法によってなされたと述べている。谷(1959)¹⁴⁾、Forward(1963)⁵⁾は周囲の骨髄組織より腱組織内に骨芽細胞が侵入し、化骨が生じ癒合するとし、一方、安部(1965)¹¹⁾、田平(1971)¹²⁾は骨内に移植された腱は周囲に形成された新生結合組織によって置換され、この置換された組織が骨髄組織よりの骨芽細胞によって化骨を生じ癒合すると述べている。また、Whiston (1960)¹⁸⁾は化骨についてはふれていないが、腱が変性し新しい腱に置換されて癒合するとしている。腱と骨の間に新生結合組織が存在するかどうかの違いはあるが、腱組織あるいは置換組織に化骨が生ずることによって腱と骨が癒合するという説が一般的であり、広く認められている。

光顕所見をまとめると、骨内に固定した腱と骨の間に線維芽細胞が浸潤して肉芽組織を形成する。4週後より肉芽組織は線維の走行が規則正しくなり成熟してくる。この状態を著者は新生結合組織と呼んだ。腱先端と骨との間の新生結合組織は、腱と骨とを結合し、次第に腱と区別がつかなくなってくる。腱を取り囲む骨周辺には、1週後から骨芽細胞が出現し、骨新生が進行する。8週後では腱と新生結合組織の区別はずかなく、腱が直接骨に付着しているように見え、線維軟骨層が形成されている。

光顕所見より腱と骨の癒合は次のようにしておこる。腱と骨の間に生じた肉芽組織が成熟して腱様となり、腱と骨を結合する。同時に骨側より化骨が生じ、術後8週で正常腱の骨付着部と同様な腱、線維軟骨、骨の三層を形成しより

強固なものとなっている。移植された腱には線維芽細胞の増生が見られるが、4～6週で消失しもとの腱組織に回復する。安部¹⁾、田平¹²⁾は、腱は変性に陥り、線維性結合組織に置換されると述べているが、著者の観察では腱は置換されず、もとの腱の状態に回復した像が見られた。本研究では *vincula breva* が温存されているためと考えられる。その他の点では、安部¹⁾、田平¹²⁾と同様な機序で癒合するといえる。

走査型電顕による観察では、骨内に固定した腱と骨の間に1週後から肉芽組織が観察され、2週後では肉芽組織が腱と骨の間隙を埋め、骨に接した部分に化骨が生じている。3週後では肉芽組織の線維の量は増えるが、まだ走行は不規則で波打っている。4週後から線維の走行が規則正しくなり、シャープな線維のごとく骨に付着する線維が見られるようになる。そして、骨に接した新生結合組織の化骨が進行し、低倍率では骨と区別がつかない部分も見られるようになる。6週後では、腱と骨を結合する新生結合組織はさらに整然としてくる。8週後、12週後になると光顕と同じく、新生結合組織と腱線維の区別はつかなくなるが、線維軟骨層は観察されなかった。

化骨していると思われる部分を高倍率で観察すると、0.2 μ 径前後の顆粒様物質が観察される(図9-B, 13-B, 14-B)。化骨はこの顆粒様物質が集積して形成されと考えられる。また、この顆粒様物質は大きさ、形状から豊島(1978)¹⁵⁾が述べている基質小胞に相当すると思われる。1週後に肉芽組織の細線維上に顆粒様物質が観察されたが、これは化骨初期の像と考えられる。骨に接した化骨は2週後あるいは3週後に見られるという報告が多いが、1週後に光顕では骨芽細胞が、走査型電顕では化骨初期の像が観察され、1週後から化骨が起き始めている。

走査型電顕より腱と骨の癒合は、腱と骨の間に肉芽組織が生じ、これが成熟して新生結合組織となり、腱と骨を結合する。同時に、新生結合組織が骨側より化骨してゆき癒合が完成するといえる。癒合過程は光顕所見と同様であるが、走査型電顕では肉芽組織に顆粒様物質が集積し、化骨が進行する過程が観察された。

腱を骨内に固定した時の抗張力の増加について、安部¹⁾は第1、第2週では認めるべき抗張力の増加は認めないが、第4週で著明な抗張力の増加を認め、第6週、第8週とともに抗張力は増すと述べている。田平¹²⁾は経時的に抗張力は増加し、第3週では固定部で剥離しなかったと述べている。Mason (1941)¹⁰⁾は腱縫合の実験ではあるが、抗張力は19日から21日で最大になると述べている。走査型電顕の所見では、2週後で腱と骨との間隙が肉芽組織で埋まり、骨に接した肉芽組織が化骨している。まず骨と肉芽組織の結合から強固になっていくと考えられる。3週後では肉芽組織の線維の量が増えるが、シャープな線維のごとく骨に付着する線維は4週後で初めて観察される。したがって、経時的に抗張力は増すが、腱と骨が強固に結合されるのは4週後からと推定される。

結 論

- 1) ブロイラー幼鶏足指屈筋腱は直接骨に付着している。骨に埋入した腱線維は、さらに細い線維に枝分れして周囲の骨に付着している。
- 2) 腱の骨内固定実験によると腱と骨の癒合は、腱と骨の間にできた肉芽組織が成熟して新生結合組織、さらに腱組織となり両者を結合し、同時に骨側から化骨が生じてなされる。
- 3) 骨内に固定された腱の付着部は、8週後で腱、線維軟骨、骨の三層を形成し、正常と同じ構造となる。
- 4) 化骨は基質小胞と思われる0.2 μ 径前後の顆粒様物質が集積して形成される。
- 5) 腱と骨が強固に癒合するのはシャープな線維が出現する4週後からと推定される。

稿を終るにあたり、ご指導、ご校閲を賜った恩師田辺剛造教授に深謝いたしますとともに、ご助言をいただきました井上一講師に謝意を表します。また、直接ご指導、ご鞭撻をいただいた高杉仁講師に厚くお礼を申し上げます。

文 献

1. 安部鉄夫：腱の骨内移植に関する実験的研究。医学研究, **35**, 437—455, 1965.
2. Beckham, C., Greenlee, T.T.Jr.: Chick vincula: elastic structures with a check-rein mechanism. *J. Anat.* **199**, 295—308, 1975.
3. Cooper, R.R., Misol, S.: Tendon and ligament insertion. *J. Bone Joint Surg.* **52-A**, 1—20, 1970.
4. Dolgo-Saburoff, B.: Über Ursprung und Insertion der Skelettmuskeln. *Anat. Anz.* **68**, 80—87, 1929.
5. Forward, A.D., Cowan, R.J.: Tendon suture to bone. *J. Bone Joint Surg.* **45-A**, 807—823, 1963.
6. Gallie, W.E., Le Mesurier, A.B.: A clinical and experimental study of the free transplantation of fascia and tendon. *J. Bone Joint Surg.* **4**, 600—612, 1922.
7. 服部憲明, 大野正明, 森 義明, 上村正吉：腱及び靱帯の走査電子顕微鏡による観察（骨附着部を中心として）, 整形外科基礎科学, **6**, 93—96, 1979.
8. Kernwein, G., Fahey, J., Garrison, M.: The fate of tendon, fascia and elastic connective tissue transplanted into bone. *Ann. Surg.* **108**, 285—290, 1938.
9. Kernwein, G.A.: A study of tendon implantations into bone. *Surg. Gynecol. Obst.* **75**, 794—796, 1942.
10. Mason, M.L., Allen, H.S.: The rate of healing of tendons (An experimental study of tensile strength). *Ann. Surg.* **113**, 424—459, 1941.
11. Mollier, G.: Beziehungen zwischen Form und Funktion der Sehnen im Muskel-Sehnen-Knochen-System. *Morphol. Jahrb.* **79**, 161—199, 1937.
12. 田平浩也：腱の骨内移植に関する実験的研究。久留米医誌, **34**, 549—571, 1971.
13. 高杉 仁, 西原建二, 多田寛也, 花川志郎, 赤堀 治：腱の再生、癒着に関する研究（第6報 腱の骨付着部の観察）, 整形外科, **29**, 1292—1294, 1978.
14. 谷太三郎：腱縫合及び移植の修復に関する研究。岡山医誌, **71**, 603—621, 1959.
15. 豊島良太：正常ならびに OA 関節軟骨における石灰化（その微細構造と元素分析）, 日整会誌, **52**, 93—100, 1978.
16. 鵜田征夫, 山屋彰男, 矢部 裕：指屈筋腱損傷の修復と滑走に関する実験的研究（第1報 滑膜性腱鞘内における縫合腱の態度）, 日整会誌, **48**, 1—21, 1974.
17. Vis, J.H.: Histological investigations into the attachment of tendons and ligaments to the mammalian skeleton. *Koninkl. Nederlandsch Akad. van Wet.* **60**, 147—157, 1950.
18. Whiston, T.B., Walmsley, R.: Some observations on the reaction of bone and tendon after tunnelling of bone and insertion of tendon. *J. Bone Joint Surg.* **42-B**, 377—386, 1960.

Experimental study on intra-osseous fixation of flexor tendons in chickens

Hideo AKASHI

Department of Orthopaedic Surgery, Okayama University Medical School

(Director ; Prof . G. Tanabe)

Intra-osseous fixation of transplanted flexor tendons has been used widely in clinical practice, but the anchoring process has not been elucidated well. In the present study, tendon fixation was observed histologically in chickens whose flexors are similar anatomically to human tendon. Right deep flexors of the third digits were cut at the insertion, and then reanchored to the distal phalanx by a pull-out method. Sixteen young chickens (2-3 months after hatching) were used for the study and sacrificed 4 days to 12 weeks after the procedure. Histological changes at the re-anchored area were examined by light and scanning electron microscopy. A control study confirmed that deep flexor tendons of young chickens directly anchor to the bone tissue, where fine fibrils are dispersed in the bone matrix. Deep flexors re-anchored to the distal phalanx showed a healing process between the tendon and bone. Granulation tissue surrounding the tendon pulled through the anchor hole matured as newly formed connective tissue which connected the tendon and bone, and simultaneously ossification appeared from the bone marrow side. The point of insertion of the re-anchored tendon was made of three layers, consisting of tendon, fibrocartilage and bone, 8 weeks after the operation, similar to the normal anchorage. Ossification seemed to proceed with small granules, about 0.2μ in size, which may correspond to matrix vesicles. It was indicated that firm fixation between tendon and bone is achieved at about 4 weeks when Sharpey's fibers appear histologically.