

心臓の仮腱索に関する組織学的・電子顕微鏡的研究

岡山大学医学部第一解剖学教室 (指導: 大塚長康教授)

高 木 哲 弘

(昭和61年9月3日受稿)

Key words: 仮腱索, 肉眼的, 光学顕微鏡的,
電子顕微鏡的観察

緒 言

仮腱索は Browicz¹⁾ により, 心室内にみられる異常な索状構造物として詳しく報告された。その後, 仮腱索は異常な状態におかれたときに生じるものと考えられた^{13,17)}。一方, Tawara¹⁵⁾ は仮腱索は決して異常なものではなく, ウシやヒツジやイヌでは心室腔内に必ずみられる構造で, その大部分のものに刺激伝導系の, Purkinje 線維が関係していることを観察した。さらに Holl⁴⁾ は, ヒトやウシではその肉眼的解剖においても刺激伝導系の房室系と仮腱索とは深い関連があることをみとめている。現在では, 仮腱索は心内膜下の Purkinje 細胞の研究材料として検索されていることが多い。

そこで, 本研究においては, 仮腱索がどの動物にも必ず存在するものかどうか, また, どの動物でも必ず Purkinje 線維を含んでいるか, さらに仮腱索の中に神経がみられるかどうかということなどを考えて, この仮腱索が機能的にいかなる働きをしているかということを検索した。

材 料 と 方 法

材料としてはウシ (2例), ブタ (2例), イヌ (5例), サル (2例), ウサギ (5例), ラット (5例) およびマウス (5例) を用いた。このうち, ウシとブタは屠殺場からできるだけ新鮮なものをえた。サル, イヌとウサギはラボナール麻酔下で, ラットとマウスは無麻酔下で断頭し, いずれの動物もただちに開胸し, 心臓を取りだし, 心室から組織片を摘出し, 光学顕微鏡による検索は, ホルマリンで固定した。パラ

フィン切片を作製し, ヘマトキシリン・エオジン染色, マッソン・ゴールドナー染色, PAS 染色を行った。また凍結切片を作製し, Bielschowsky 神経渡銀法を行った。

一方, 電子顕微鏡による検索には, 組織片を 3% グルタルアルデヒド液 (Millonig 緩衝液で pH 7.4 に調製) で固定し, その後, 1% 四酸化オスミウム液で 1 時間固定し以下, 冷却アセトン系列で脱水, ついで Luft 法にしたがってエポン 812 で包埋した。超薄切片をウラニールと鉛で二重染色した後, 電子顕微鏡 (JEM 100 CX) で観察した。

結 果

(1) 肉眼的観察

ウシの心臓の右心室や左心室の内面には, 網状に交叉する多くのかたまりがみられ, これを肉柱といい, そのほかなお数個の円錐状に隆起する乳頭筋がみられた。これらの乳頭筋は前, 後及び中隔乳頭筋からなり, 通常隣り合う 2 枚の房室弁の中間の下方にあって, その先端からでる多くの細い腱索によって, 相対する 2 枚の弁の辺縁とその下方に付着していた。右心房と右心室の間にある右房室口には中隔尖, 前尖, 及び後尖の三種類からなる三尖弁があった。左心房と左心室のあいだには, 左房室口があり, そこには, 二尖弁すなわち, 僧帽弁があった。この僧帽弁は前尖と後尖からなり, そして前, 後二本の乳頭筋があった。乳頭筋の先端からは, 腱索がでて隣接する二つの弁に付着していた。

この肉柱と肉柱の間には両者を橋渡しするような, 構造物がみられた。これが仮腱索である。

すなわち仮腱索は相対する肉柱の間を結ぶ索状物である。一見すると腱索とよく似ているが、腱索は、乳頭筋から弁の辺縁部位に存在しているが、仮腱索は肉柱と肉柱の間、あるいは、若干、離れた肉柱と肉柱の間を結ぶ索状物である。

ブタの仮腱索の分布状態は、ウシのものとはほとんどかわらなかった。

イヌの右心室においては、前乳頭筋の起始部と肉柱との間にかなり太い仮腱索が1〜3本みとめられた。その他の仮腱索の分布状態は、ウシとあまりかわらなかった。左心室においても仮腱索はウシとほとんどかわらない分布を呈していた。

サルやウサギの仮腱索も、イヌの分布状態とよく類似していた。

ラットの右心室や左心室においては、肉眼的には仮腱索をみることは難しく、マウスでは観察できなかった。

(2) 光学顕微鏡的研究

ウシの仮腱索をマッソン・ゴールドナー法で染色すると仮腱索の最表面には心内膜の内皮細胞が一層おおっていた。これら周辺部の結合組織は内部に向かって入り込み、そのところどころで、仮腱索の中心部をはしる Purkinje 細胞をとりかこんでいた。Purkinje 細胞は一般心筋細胞に比べて大型で卵円形をしており、細胞質は明るく染色された。仮腱索の横断像をみると Purkinje 細胞は、2〜数十個が集まり、その集団は仮腱索の太さにもよるが多いところでは大、小30数個に結合組織で仕切られていた。縦断像では、仮腱索の走行に一致して Purkinje 細胞が2〜数十個が連結して走り不規則ではあるが線維構造を呈していた。渡銀法で仮腱索を観察すると、Purkinje 細胞の間のところどころと、周辺の結合組織の中に細い神経線維が認められたが、神経細胞はみつからなかった。PAS 染色標本で仮腱索を検索すると、Purkinje 細胞のみが強陽性反応を呈して、他の細胞は染まっていなかった。また一般心筋細胞を含んだ仮腱索はわれわれの検索範囲ではみられなかった。

ブタの仮腱索をウシと同様にマッソン・ゴールドナー法で染色すると、その内部にはウシに比べ、やや小型ながら明るく染まる Purkinje 細

胞が線維性の結合組織によって包まれていた。仮腱索の太い部分の横断像では、2〜数十個の Purkinje 細胞の集団が結合組織によって仕切られ多い所では大、小20数個の断面像が観察された。また縦断像では、2〜数十個の細胞が縦に並び不規則ながら線維構造をしていた。PAS 染色では仮腱索を構成している細胞の中で Purkinje 細胞のみが、強陽性反応を呈していた。しかし、一般心筋細胞は、われわれのみたどの仮腱索にもふくまれていなかった。また、渡銀法で観察したが、細い神経線維は Purkinje 細胞や結合組織の間にとところどころ認められたが神経細胞はどこにもみられなかった。

イヌの仮腱索もやはり結合組織の鞘で覆われていた。その表面は心内膜のつづきの、内皮細胞が覆っていた。結合組織性の鞘は内部に向かって組織が伸びて、そこにある Purkinje 細胞をとりかこんでいた。Purkinje 細胞は、2〜20個の細胞が集団で線維性をなして仮腱索の長軸にそって走っていた。一般心筋細胞は仮腱索内にはみられなかった。また、Purkinje 細胞の間や結合組織の中には細い神経線維が、ところどころでみとめられた。しかし、神経細胞はどこにも見られなかった。仮腱索が心内膜に移行していくところでは、心内膜の内皮細胞をはじめ、結合組織性の鞘もまた心内膜上皮下の結合組織に移行していく像が認められた。また、仮腱索の中心部にある Purkinje 細胞の集団も心内膜下にある Purkinje 細胞に連絡しており一連の Purkinje 細胞網の形成にあずかっていた。

ウサギの仮腱索もイヌと同様に、心内膜内皮細胞で覆われた結合組織性の鞘が見られた。その内部では Purkinje 細胞の2〜10数個の細胞が並んで集合したグループをとりかこんでいた。その中にも一般心筋細胞は認められなかった。ウサギの場合も仮腱索の中に神経線維はみられたが、神経細胞は観察できなかった。また、仮腱索も他の動物同様に心内膜に移行していたが、そのなかにある Purkinje 細胞は、やはり心内膜下にある Purkinje 細胞とつながっていた。

ラットの仮腱索は細くて、やはりその外側には結合組織性の鞘に覆われていた。その内方へ

伸びた結合組織は、そこにある Purkinje 細胞の2~数個の集団をとりかこんでいた。この動物でも仮腱索の中に一般心筋細胞はわれわれによつては見られなかった。また、その仮腱索の中には神経線維はみられたが、神経細胞は認められなかった。また仮腱索は他の動物と同様に心内膜へと移行し、その中にある Purkinje 細胞も心内膜下の Purkinje 細胞と連なっていた。

マウスにおいては、我々が観察した範囲では仮腱索を見つけることができなかった。

次に光学顕微鏡的に見た各種動物の仮腱索内の Purkinje 細胞の大きさと、PAS 反応における染まり方を次の表にした。

	Purkinje細胞の大きさ(平均)		PAS反応
	縦断面(μ)	横断面(μ)	
ウシ	55.4	44.6	+++
ブタ	68.1	43.3	+++
イヌ	41.7	29.2	++
サル	44.9	21.5	++
ウサギ	24.8	15.9	+
ラット	22.5	13.2	+
マウス	—	—	—

(3) 電子顕微鏡的研究

ウシの仮腱索を電子顕微鏡で観察した。その結果、ウシの仮腱索をその外表面からみると、右と左の心室の内腔面には、卵形ないし球形の核をもった単層の多角形な扁平細胞でおおわれていた。これらの細胞は、一連の基底板上にならんでいた。この内皮細胞の下には厚い結合組織層がみとめられた。この部位には、多数の線維細胞や膠原線維また弾性線維がみとめられた。この結合組織は仮腱索の内部にまで達し中心部の Purkinje 細胞を取り囲んでいた。ウシやブタの Purkinje 細胞は、立方形ないし円柱状の巨大(44μ)なものであった。核は、通常1個、ときにはそれ以上あり細胞のほぼ中心にみられた。この細胞は end to end と side to side に接合をくりかえし、全体としてやや太い細胞索を形成していた。したがってその中心近くにある細胞はしばしばその周辺を完全に他の Purkinje 細胞にとりまかれていた。また、筋形質における細胞内小器官のしめる割合は非常に少なかった。

た。すなわち、ミトコンドリアは、小さく、卵円形をしたものが筋形質内に散在するものが多かった。筋原線維は一般心筋細胞とは違って、その数も少なく、配列も不規則で細胞の中心部より辺縁部に散在性に分布することが多かった。ゴルジ装置は核の近くの筋形質内にあまり発達していない状態で認められた。筋小胞体は広く、散在性に分布していたが粗面小胞体はあまり認められなかった。グリコーゲン顆粒はとくに多くみとめられた。また、一般心筋細胞にみられる T管やT系は観察できなかった。その他、筋原線維周辺の細胞質には、多くの細線維が網状に走り、一部はデスモゾームに接していた。

Purkinje 細胞の細胞間の結合は、接着班(デスモゾーム)、接着帯(中間結合)、閉鎖帯(ネクサス)、単純隣接の4種類のもので観察できた。すなわち、この細胞間の結合で、その占める割合が多いのが、単純隣接であった。デスモゾームの分布も不規則であった。中間結合も一般に少なく、また小さく、一般心筋細胞におけるような複雑な凹凸面の形成は少なかった。これは筋原線維が、しばしば細く、少なく、不規則に走行することと、相応していた。また、ネクサス結合は対照的に比較的よく発達していた。

Purkinje 細胞周辺部の結合組織の間には血管や無髄神経線維が観察された。しかし、神経細胞や神経終末は認められなかった。

イヌの仮腱索の Purkinje 細胞はウシの Purkinje 細胞と比較するとかなり小さかった(30μ)。Purkinje 細胞は、しばしば end to end に結合しており、結合面は細胞の長軸を斜めに走る結合が多く、一般心筋細胞の介在板のように階段状に横断することは少なかった。Purkinje 細胞の結合面ではデスモゾームは不規則に散在してみられた。中間結合や単純隣接はかなり多いが、その凹凸面は一般心筋細胞の場合より起伏がゆるやかであった。ネクサスは、しばしばよく発達していた。また一般心筋細胞と異なりT管、T系は観察できなかった。ミトコンドリアは小さいものが多かった。また細長い形のものも認められた。筋原線維はしばしば、みじかくて、配列も乱れていた。その走行は細胞の長軸に沿って、走る割合が多かった。筋小胞体は筋原線維

の近くのみならず、筋原線維の少ない筋形質でも小円形ないし細長い管状構造としてよく発達しているものもあった。その他、グリコーゲン顆粒は筋形質内に多数分布していた。ゴルジ装置はあまり発達してなかった。

サルの仮腱索の Purkinje 細胞 (21.5 μ) はイヌの仮腱索の Purkinje 細胞と同じくらいの大きさで、細胞はしばしば end to end に結合していた。細胞間の結合はデスモゾーム、中間結合、ネクサス、単純隣接の4種類のものが観察できた。この結合状態は、イヌの場合と、ほとんどよく似た所見が得られた。すなわち、デスモゾームや中間結合などはあまり発達していなかった。ネクサスはしばしば認められた。単純隣接は小さいが、よくみられた。また、細胞内小器官の分布状態もイヌとほとんど変わらなかった。ただ筋原線維はサルのほうがイヌよりもやや疎であった。ミトコンドリアはサルではイヌよりも、細胞内分布密度がやや高いように思われた。ゴルジ装置もあまり発達はよくないが核の近くに見いだされることもあった。

Purkinje細胞の周辺や結合組織には脈管や無髄神経線維がみられたが、シナプスのような構造はみとめなかった。

ウサギおよびラットの仮腱索の Purkinje 細胞はイヌやサルよりもさらにちいさかった (16 μ)。その細胞間の結合はイヌやサルでみたと同様な所見を得た。また細胞内小器官もイヌとほとんど変わらない分布状態を呈していた。ただ筋原線維はイヌやサルと比較するとウサギの方が多かった。この筋原線維は、仮腱索の長軸に平行に走るものが多く認められ、一般心筋細胞に近い像を呈するものもあった。また、細胞の周辺には、脈管、結合組織や無髄神経線維がみられたが、神経細胞や神経終末 (シナプス) のようなものは観察できなかった。

マウスについては、仮腱索に見られる特長的な構造は、よくわからなかった。

考 察

仮腱索は Tawara による刺激伝導系が明らかにされるまでは、異常な腱索と考えられていた。すなわち Rossle¹³⁾ は萎縮した筋肉により構成さ

れていると推察した。また Winkler¹⁷⁾ は、心内膜炎の産物であるとした。しかし、Tawara の刺激伝導系の研究によって、仮腱索は異常なものではなくて、ウシ、ヒツジやイヌでは心室腔内には、つねにみられるものであり、その仮腱索の大部分のものは刺激伝導系の Purkinje 細胞がその構造の中心になっていることを明らかにした。その後、Mönckeberg¹¹⁾ は腱索を次のように分類した。1) 特殊心筋からなるもの 2) 一般心筋からなるもの 3) 特殊心筋と一般心筋からなるもの 4) 線維性組織からなるものである。この中で4) が腱索であって1) 2) 3) は仮腱索であると報告した。また Holl⁴⁾ はウシやヒトではその肉眼的解剖によって刺激伝導系の房室系と仮腱索とは深い関係があることをみとめた。その後も研究がつづけられるにしたがって仮腱索は刺激伝導系の一部であり、心室内における興奮の伝達に重要な働きをしていることがわかった⁸⁾。

電子顕微鏡の時代に入ると、心臓もとくに刺激伝導系の電子顕微鏡による観察が行われてきた。とくに房室束以下の心室内の特殊心筋の電子顕微鏡像は、主として仮腱索で検索されているものが多い。また、仮腱索内の特殊心筋細胞は、一般心室筋細胞とは違い、房室束、左右の脚束、また心内膜下のそれぞれの特殊心筋とほぼ共通の微細構造をもち、これらは共通に Purkinje 細胞と呼ばれてきた。その微細構造は動物、種属の間でかなり異なっているが、今のところ偶蹄類 (ウシ、ヒツジなど)^{2,8,14)} と、その他の動物 (イヌ、ウサギ、モルモット、ラット、マウス、ヒト、サル)^{5-10,12,14,16)} の2群の型に大別された。そこで我々は光学顕微鏡と電子顕微鏡の両方もちいて各種動物の仮腱索を比較検討した。

所見のところで述べたごとく、仮腱索の外側は、表面を内皮細胞におおわれた結合組織に取り囲まれていた。さらに、この内部には Purkinje 細胞がおたがいに接しながら並んでいた。仮腱索の中心部の Purkinje 細胞は大型の細胞で PAS 反応に強陽性を呈していた。このように刺激伝導系がどの部位においても PAS 反応が強陽性反応を呈するということが一つの、一般心

筋細胞と特殊心筋細胞との組織化学的な鑑別法^{6,7)}と考えられていることから仮腱索にみられる細胞は Purkinje 細胞であるということが確かめられた。また、仮腱索には PAS 反応に強陽性を呈する Purkinje 細胞以外の細胞が認められなかったので、仮腱索内にはわれわれのみた動物では一般心筋細胞は含まれていないものと思われた。

Purkinje 細胞は結合して、より大きな細胞索となつて、仮腱索の構成にあずかっていた。その細胞間の結合は、デスモゾーム、中間結合、ネクサス、単純隣接の4種類のもが認められた。この結合部の状態を洞房⁷⁾ならびに、房室結節⁷⁾と比較すると、デスモゾーム、中間結合、単純隣接は、結節部と Purkinje 細胞では、どちらも同じぐらゐの分布状態を呈していたが、ネクサスは Purkinje 細胞で、よく発達していた。このことは、仮腱索の興奮の伝達が速いことを示唆している。

仮腱索の Purkinje 細胞と神経との関係に対してはまだ明らかにされていないところがおおかつた³⁾。そこで我々の使用した動物を渡銀法により検索した結果、そのすべてにおいて無髓神経線維を認めた。しかし、いずれのものも、その神経線維は細く、数も少なかった。仮腱索の外側をとりまいて結合組織の中には、やや太い神経線維がところどころにみとめられた。さらに Purkinje 細胞のある部位では、ごく少数の細い無髓神経線維が、細胞間を走っていることがわかつた。電子顕微鏡で観察すると仮腱索の結合組織の中に無髓神経線維がみとめられた。その形態は一個のシュワン細胞の中に数本の Axon を含んだものが集まつて、一つの神経線維束をつくっていた。一方、神経終末は仮腱索の中にはそのどこにおいても認められなかった。

このような所見から、仮腱索と神経との関係を考えてみた。すなわち、仮腱索内の無髓神経線維は、ただ通過するだけであり Purkinje 細胞ともシナプスを作らないことから、仮腱索内の Purkinje 細胞は神経の支配をうけないのではないかと思われた。一方、仮腱索の起始部に神経細胞が存在しており、この細胞から出た

Axon が、仮腱索を通過しているという報告もあるが³⁾、我々の観察したものは、このような所見は認められなかった。また電子顕微鏡により仮腱索を検索した研究は多いが、仮腱索と神経との関係を調べた報告がこれまでなかった。これらのことから刺激伝導系の洞房ならびに房室結節は強い自律神経支配をうけているが、房室束になると神経支配も弱くなり Purkinje 細胞で神経支配をほとんどうけていないのではないかと考えられた。仮腱索の外側にある結合組織や Purkinje 細胞の間には、多くの毛細血管がみられたが、洞房結節や房室結節の一部にみられるような有窓性ではなく、すべてのものが無窓性の毛細血管であつた。

結 語

ウシ、ブタ、イヌ、サル、ウサギ、ラット、マウスの心臓に見られる仮腱索を、光学ならびに電子顕微鏡で観察し、次の結果を得た。

ウシ、ブタ、イヌ、サル、ウサギ、ラットの仮腱索を肉眼的に観察した結果、仮腱索は、これら各種の動物において、心室内腔面に索状構造物として認められた。

マウス以外の検索した動物の仮腱索は光学顕微鏡の観察では、外表面は心内膜面と同じ内皮細胞に覆われていた。この内皮細胞の下には、厚い結合組織層が見られた。さらに、この中心部には、Purkinje 細胞が数列の細胞束を作りながら走っていた。この細胞束の間は、結合組織が認められた。この結合組織の中には、血管や無髓神経線維が、ところどころに見られた。また、マウスでは、仮腱索を見いだすことができなかった。

仮腱索の Purkinje 細胞の微細構造は、動物種属のあいだで、かなり異なっており今までのところ、偶蹄類(ウシなど)と、その他の動物(サル、イヌ、ウサギ、ラットなど)の2群の型に大別された。

ウシやブタの偶蹄類では、他の動物と比べて Purkinje 細胞が大きく、筋形質における細胞内小器官の占める割合が非常に少なかった。

細胞間の結合は、デスモゾーム、中間結合、

ネクサス、単純隣接の4種類のもが認められた。この中で、ネクサスが結節部や一般心筋の細胞に比べて多くみられた。

仮腱索において、神経線維はすべて無髄であった。この神経も仮腱索の中を通過するのみで、仮腱索内には、神経終末のようなものは認められなかった。また神経細胞は、仮腱索のどの部分にも見られなかった。

以上の結果から、仮腱索は興奮を伝達する器

官として役割を果たしているものと思われた。

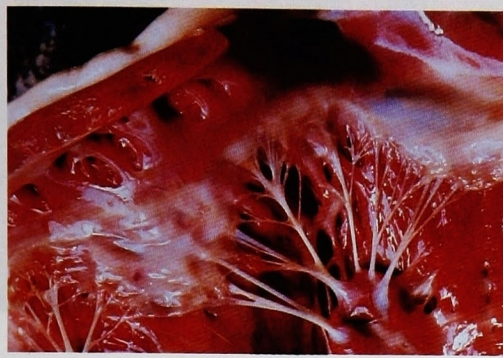
謝 辞

稿を終わるに当たり、御懇切なる御指導御校閲を賜りました大塚長康教授に深甚なる謝意を表します。又、直接研究の御指導を戴いた荻田成人先生、御援助を戴いた佐々木順造助教授、水川公直講師、渡辺久美子女史及び第一解剖学教室の各位に深謝致します。

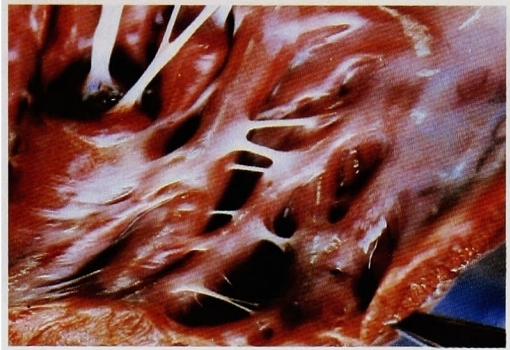
参 考 文 献

1. Browicz, C.: Über anomale Sehnenfäden in Herzen und deren evtl. Bedeutung. *Vierchows Arch. Pathol. Anat.* **145**, 649-660, 1896.
2. Caesar, R., Edwards, G.A. and Ruska, H.: Electron microscopy of the impulse conduction system of the sheep heart. *Z. Zellforsch.* **48**, 698-719, 1958.
3. Engel, I.: Beitrag zur normalen und pathologischen Histologie des Atrioventrikulärbündels. *Beitr. Pathol. Anat.* **48**, 499-525, 1910.
4. Holl, M.: Makroskopische Darstellung des atrioventrikulären Verbindungsbündels am menschlichen und tierischen Herzen. *Denkschr. d. math. nat. Kl. d. Akad. Wiss.* **Bd. 87**, Wien, 1911.
5. Johnson, E.A. and Sommer, J.R.: A strand of cardiac muscle. Its ultrastructure and the electrophysiological implications of its geometry. *J. Cell Biol.* **33**, 103-129, 1967.
6. Kawamura, K.: Electron microscope studies of the cardiac conduction system of the dog. I. The Purkinje fibers. *Jpn. Circ. J.* **25**, 594-616, 1961.
7. Kawamura, K.: Electron microscope studies of the cardiac conduction system of the dog. II. The sinoatrial and atrioventricular nodes. *Jpn. Circ. J.* **25**, 973-1013, 1961.
8. Kawamura, K. and James T.N.: Comparative Ultrastructure of cellular junctions in working myocardium and conduction system under normal and pathologic condition. *J. Mol. Cell, Cardiol.* **3**, 31, 1971.
9. Legato, M.J.: Ultrastructure of the atrial, ventricular and Purkinje Cell, with special reference to the genesis of arrhythmias. *Circulation*, **47**, 179-192, 1973.
10. Mandelman, N., Stuckey, J.H., Hoffman, B.F. and Herman, L.: Comparative electron microscopy of Purkinje fibers and ventricular muscle of dog heart. In *Surgical Forum, Clinical Congress of the American College of Surgeons* Vol. 13, pp. 202-204, 1962.
11. Mönckeber, J.G.: Über die sog. abnormen Sehnenfäden im linken Ventrikel des menschlichen Herzens und ihre Beziehung zum Atrioventrikulärbündel. *Verh. Dt. path. Ges.* **12 Tgg. Kier.** 1906 S 160. G. Fischer Jena.
12. Muir, A.R.: Further observation on the cellular structure of cardiac muscle. *J. Anat.* **99**, 22-46, 1965.
13. Rossle, D.: Über abnorme Sehnenfäden des Herzens: *Deutsches Arch. F. Klin. Med.* **Bd. 74**, 1902.
14. Sommer, J.R. and Johnson, E.A.: Cardiac muscle. A comparative study of Purkinje fibers and ventricular fibers. *J. Cell Biol.* **36**, 497-526, 1968.
15. Tawara, S.: Das Reizleitungssystem des Säugetierherzens. G. Fischer. Jena 1906.
16. Torii, H.: Electron microscope observation of the S-A and A-V nodes and Purkinje fibers of the rabbit. *Jpn. Circ. J.* **26**, 39-77, 1962.
17. Winkler, G.: Endocarditis foetale. *Verhandlungen des deutschen pathol. Ges. in Kiel*, p. 247, 1903.

高木 哲 弘 論 文 附 図



1) ウシ. 心室内面の肉眼的観察. 右心室内の乳頭筋と三尖弁を結ぶ腱索.



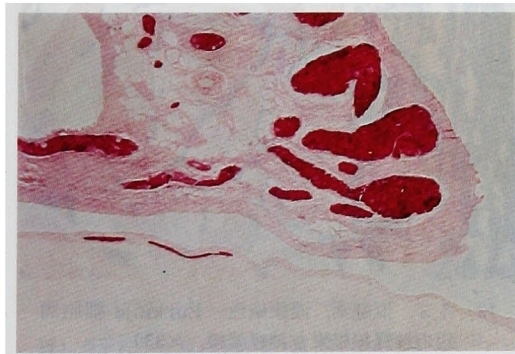
2) ウシ. 心室内面の肉眼的観察. 左心室内の肉柱間を結ぶ仮腱索.



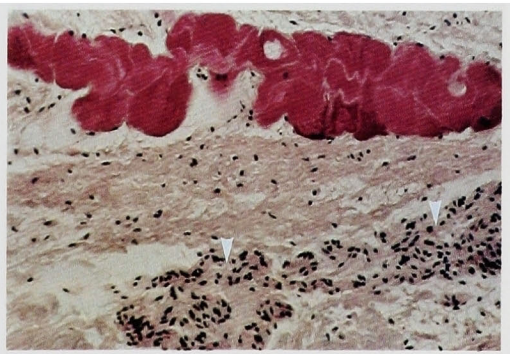
3) ウシ. 仮腱索(横断像). マッソン・ゴールドナー染色. 周囲を結合組織に取り囲まれた大, 小の Purkinje 細胞の集団が束をなして走る. ×25



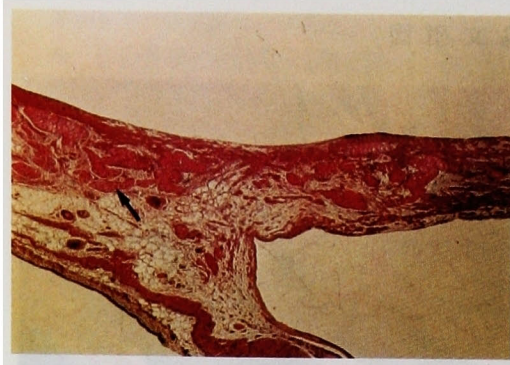
4) ウシ. 仮腱索(横断面). PAS 反応. 大, 小の集団を形成する Purkinje 細胞が強陽性に反応. ×22



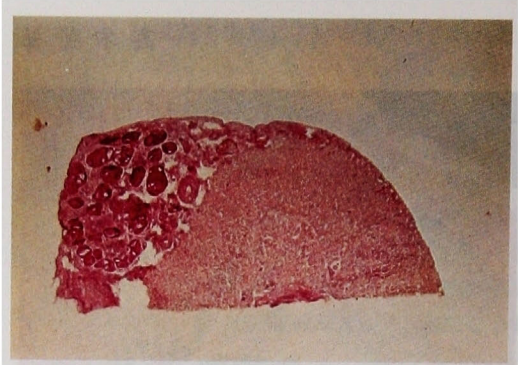
5) ウシ. 仮腱索(分岐部位). Purkinje 細胞が強陽性に反応. ×31



6) ウシ. 仮腱索(縦断面). PAS 反応と H・E 染色. 結合組織の中走る Purkinje 細胞が陽性に反応. その下方には神経線維束(矢印)が観察される. ×12



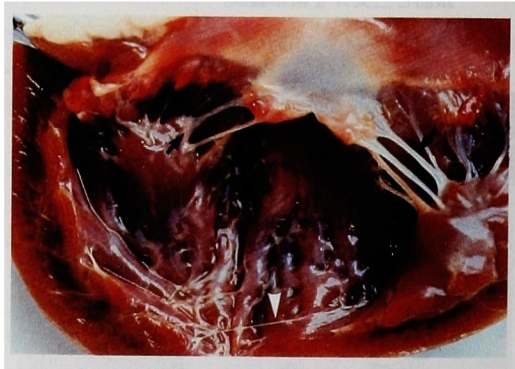
7) ブタ. 仮腱索(起始部の横断像). H・E染色. 上部の明るく染色されているのが Purkinje 細胞(矢印), 下部には一般心筋細胞も観察される. ×87



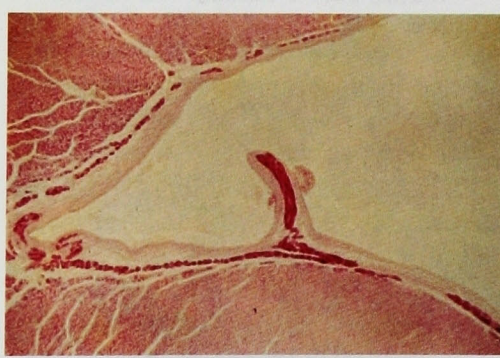
8) ブタ. 仮腱索(横断像). PAS反応. Purkinje 細胞の集団が束をなす断面. ×25



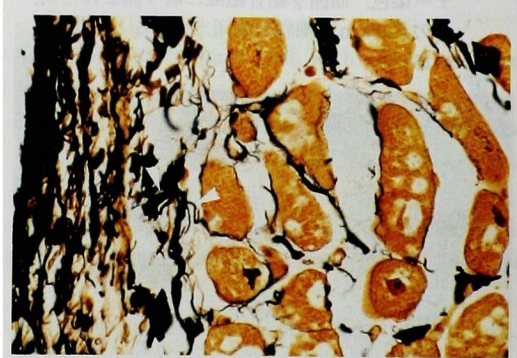
9) ブタ. 仮腱索. 渡銀染色. 神経線維(矢印)が Purkinje 細胞間を走る. ×308



10) イヌ. 左心室内面の肉眼的観察. 乳頭筋と僧帽弁を結ぶ腱索(黒矢印)と肉柱間を走る仮腱索(白矢印).



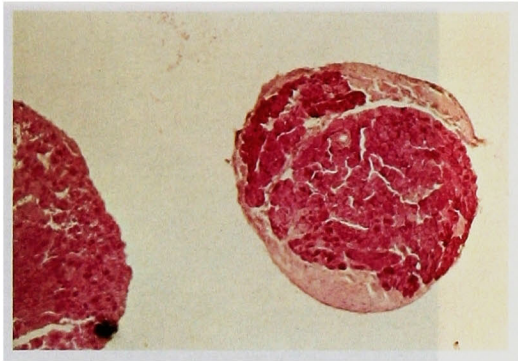
11) イヌ. 左心室内面の PAS 反応. 心室内面から仮腱索に連絡する Purkinje 細胞が陽性に反応. ×28



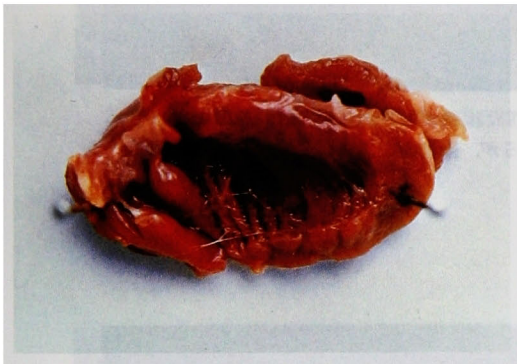
12) イヌ. 仮腱索. 渡銀染色. Purkinje 細胞周辺の神経線維束と神経線維. ×330



13) サル. 心室内面の肉眼的観察. PAS反応. 陽性に反応した假腱索(矢印)が心尖部を網状に走る.



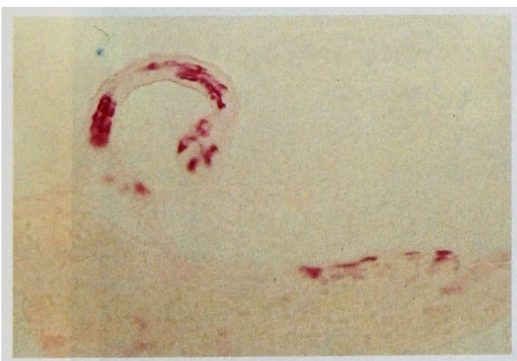
14) サル. 假腱索(横断面). PAS反応. Purkinje細胞が陽性に反応. ×70



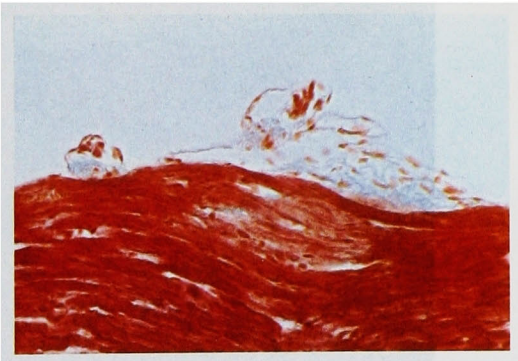
15) ウサギ. 心室内面の肉眼的観察. 心室内面の肉柱間を走る假腱索.



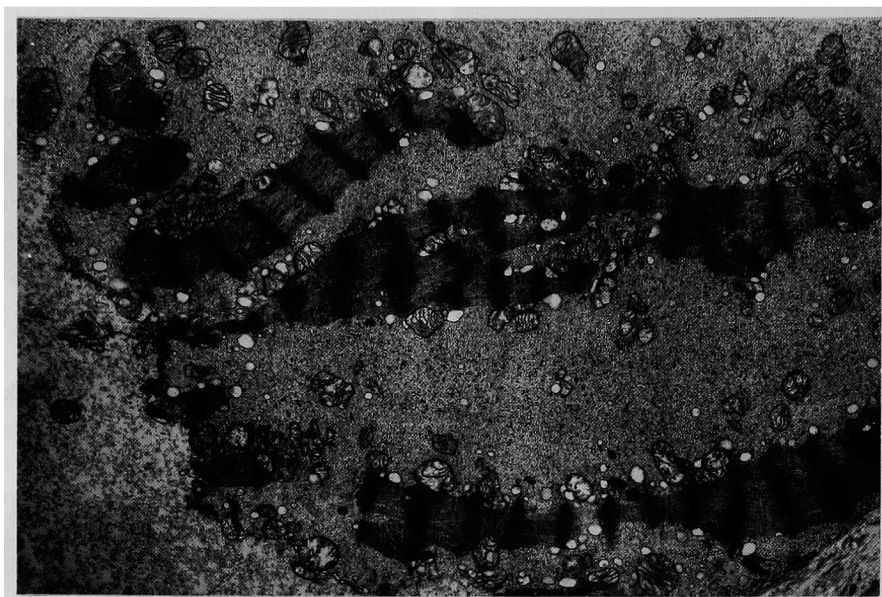
16) ウサギ. 心室内面の假腱索とその起始部. PAS反応. Purkinje細胞が陽性に反応. ×25



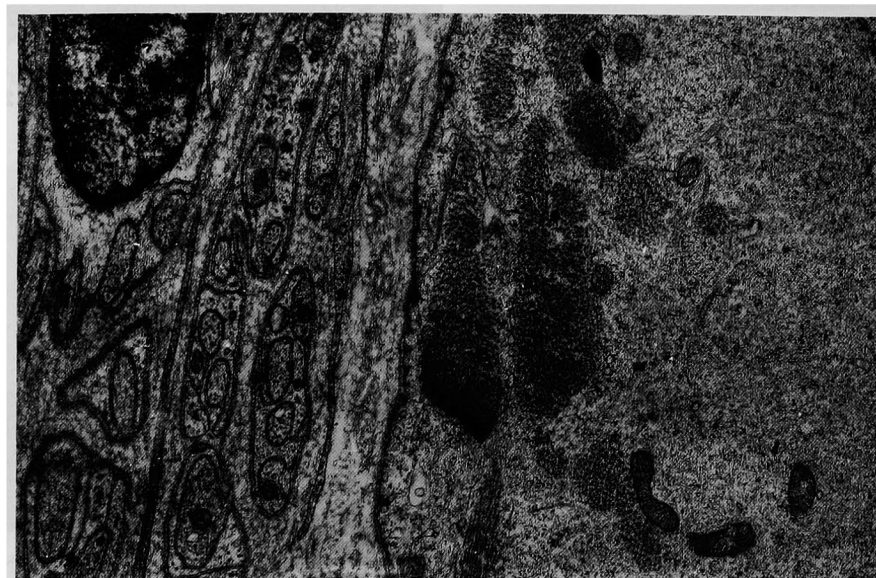
17) ラット. 心室内面の假腱索. PAS反応. Purkinje細胞が陽性に反応. ×73



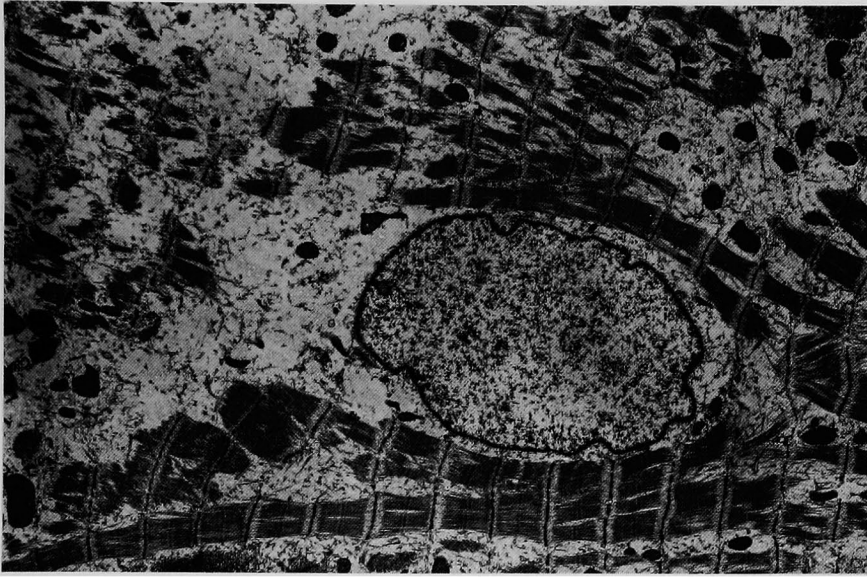
18) マウス. 心室内面. マッソン・ゴールドナー染色. 假腱索は確認できなかった. ×140



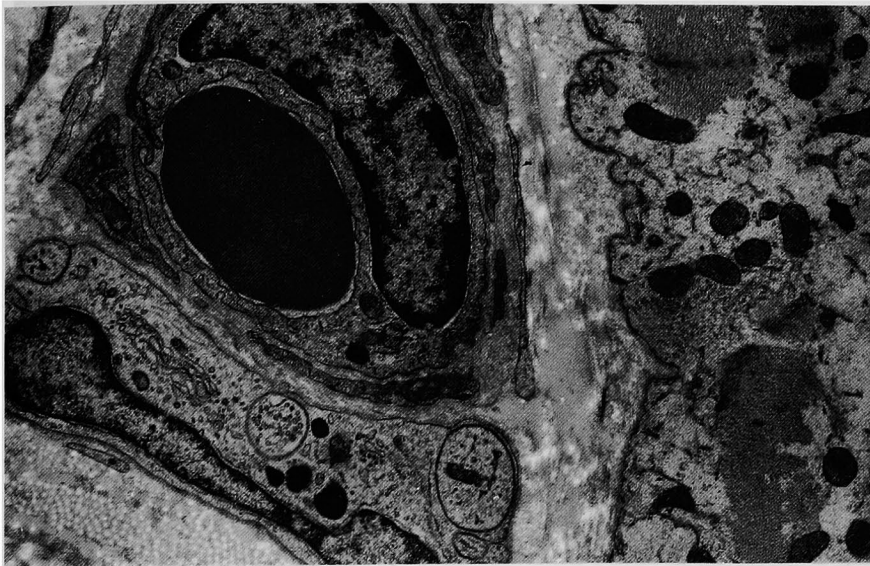
19) ウシ. Purkinje 細胞. 細胞内に少量の筋原線維が断片的に見られ, その周辺に小型のミトコンドリアがわずかに観察されるが, 細胞内小器官の発達は悪い. $\times 6800$



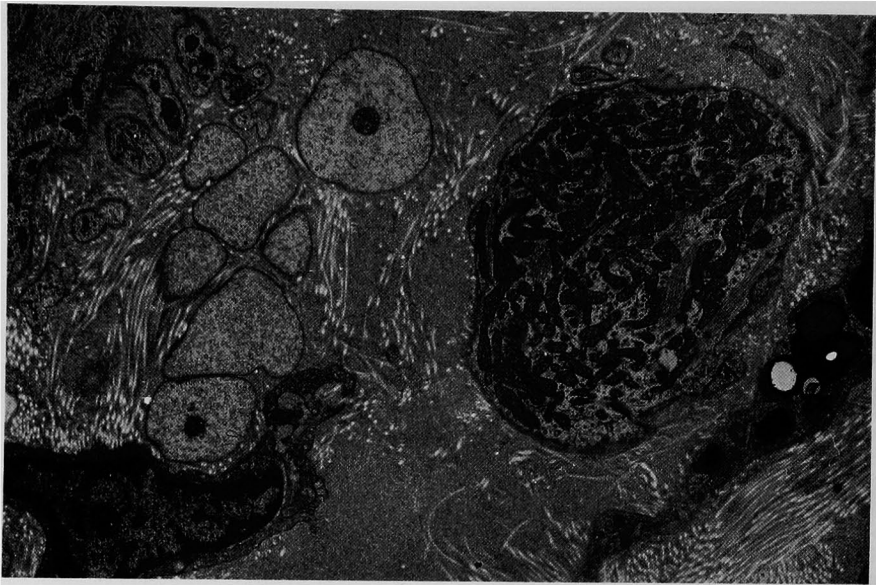
20) ウシ. Purkinje 細胞と周辺の無髄神経線維やシュワン細胞. $\times 12500$



21) イヌ. Purkinje 細胞. 細胞内小器官の発達は悪く, 断面的な筋原線維が観察される. $\times 4800$



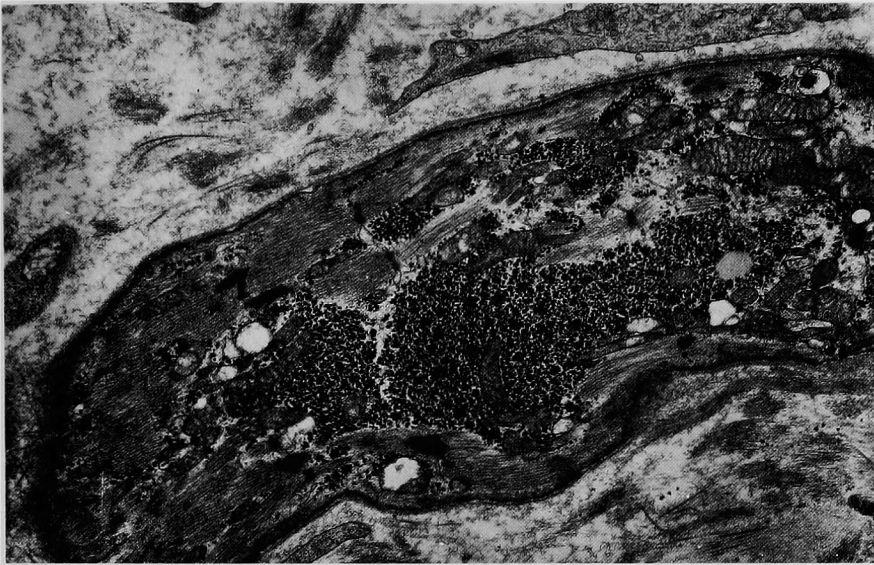
22) イヌ. Purkinje 細胞とその周辺の毛細血管やシュワン細胞. $\times 10500$



23) サル. Purkinje 細胞はその周辺の膠原線維, 線維細胞らの結合組織に取り囲まれる. $\times 8500$



24) サル. 仮髄索内に見られる無髄神経線維束. $\times 32000$



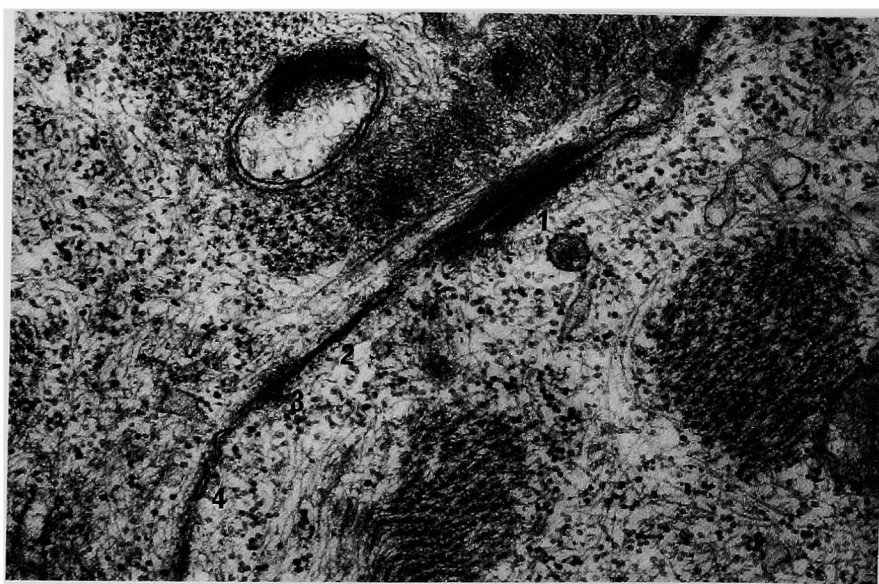
25) ウサギ. 仮腱索の Purkinje 細胞. 細胞内に多数のグリコーゲン顆粒が観察される.
×9500



26) ラット. Purkinje 細胞と無髓の神経線維束. ×9600



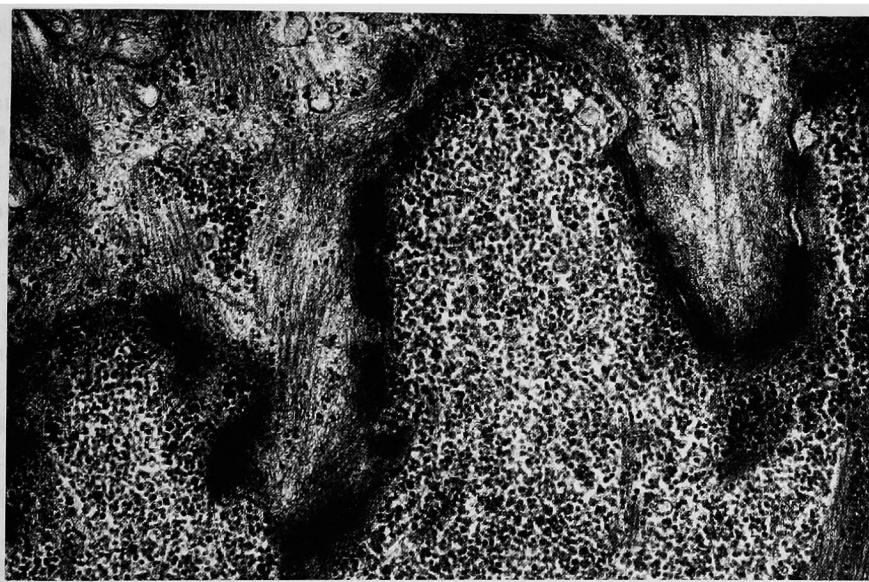
27) ウシ. Purkinje 細胞間の結合. よく発達したデスモゾームや単純隣接像が観察できる. $\times 24000$



28) ウシ. Purkinje 細胞間の結合. ① デスモゾーム ② ネクサス ③ 中間結合 ④ 単純隣接の各結合. 細胞質内に中間径線維が網状に走り, 一部でデスモゾームに接している. $\times 48000$



29) イヌ. Purkinje 細胞の結合. デスモゾーム, ネクサス, 単純隣接の結合像が観察できる. $\times 42500$



30) イヌ. 一般心筋細胞 (上部) から, Purkinje 細胞 (下部) への移行像. $\times 30000$

**Histochemical and electron microscopic study of the
false tendons in the heart of several mammals**

Tetsuhiro TAKAGI

Department of Anatomy, Okayama University Medical School, Okayama

(Director: Prof. N. Otsuka)

False tendons in the heart of several mammals were investigated by light and electron microscopies. False tendons were recognized macroscopically as chordal structures in the inner surface of the ventricles in the cow, pig, monkey, dog and rabbit.

The outer surface of false tendons were covered with the same endothelial cell layer as the endocardium. Under the cell layer, there was thick connective tissue whose center was occupied by several bundles of Purkinje fibers. Among Purkinje fibers, thin connective tissue was present, in which small vessels and non-myelinated nerve fibers were observed. False tendons were identified in rats by light microscopy, but they were not found in mice. Purkinje fibers in false tendons varied among species. In artiodactyla, Purkinje fibers were larger and had fewer cell organella than those of other animals. Three types of intercellular junctions, desmosomes, intermediate junctions and gap junctions (nexus), were observed. Nexuses were often observed. Nerve fibers in the false tendons were all nonmyelinated. These nerve fibers only passed through the false tendons, and nerve endings were not found. Nerve cell bodies were not found either.

From these results, the roles of false tendons in heart conduction were discussed.