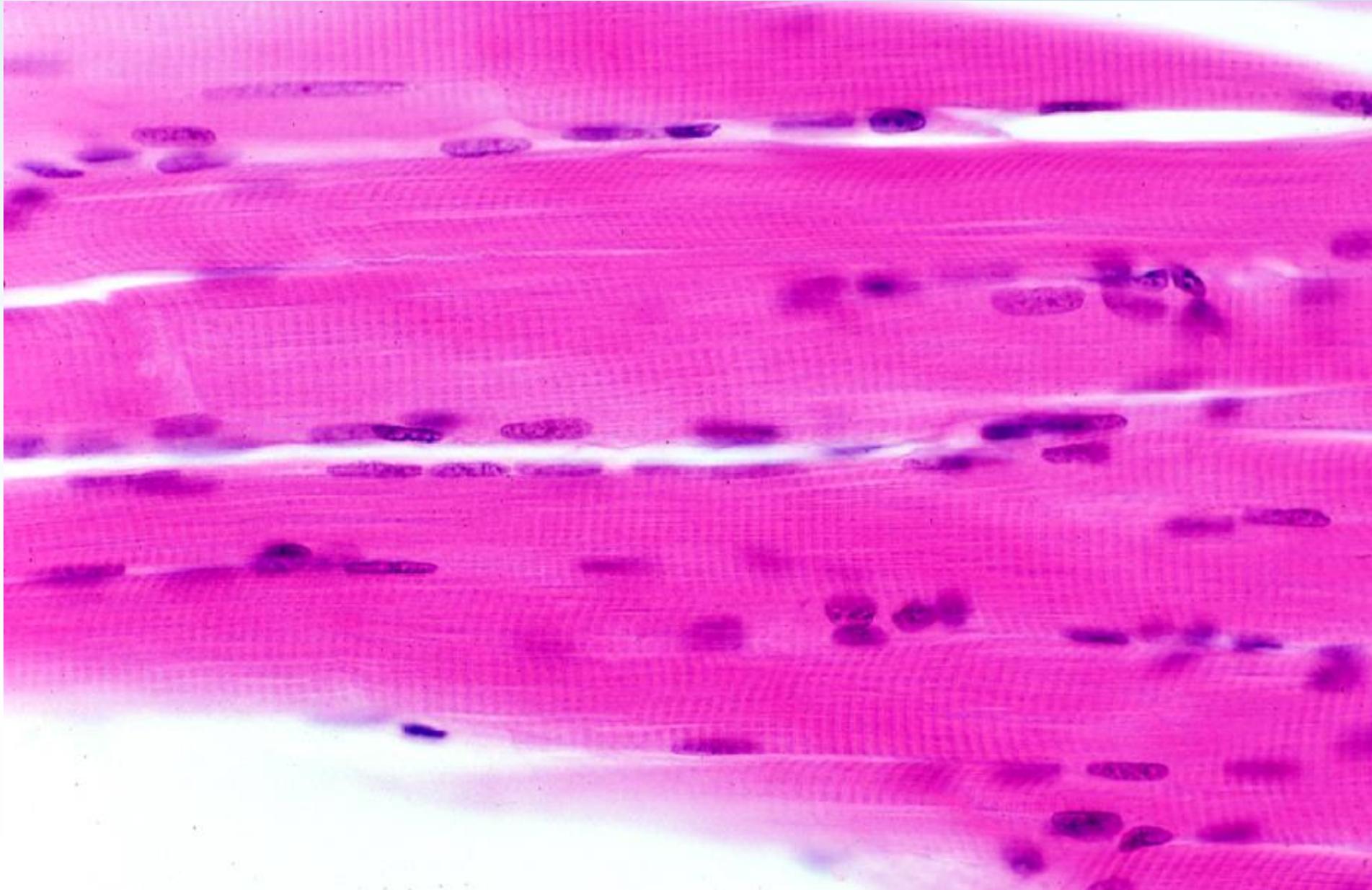


04 筋組織

04 筋組織 Menu

- 04 [筋組織](#)
- 04-001 [骨格筋](#)
- 04-01 [骨格筋 縦断 1. ヒト. H-E染色. X 130.](#)
- 04-02 [骨格筋 縦断 2. サル. H-E染色. X 250.](#)
- 04-03 [骨格筋 縦断 3. ヒト. H-E染色. X 400.](#)
- 04-04 [骨格筋 縦断 4. ラット. 鉄ヘマトキシリン染色. X 500.](#)
- 04-05 [筋原繊維 の電子顕微鏡像 模式図](#)
- 04-06 [骨格筋 横断 1. ヒト. H-E染色. X 500.](#)
- 04-07 [骨格筋 縦断 鍍銀 1. ヒト. X 250.](#)
- 04-08 [骨格筋 縦断 鍍銀 2. ヒト. X 250.](#)
- 04-09 [骨格筋 横断 鍍銀. ヒト. X 400.](#)
- 04-10 [筋紡錘 横断 1. ヒト. H-E染色. X 64.](#)
- 04-11 [筋紡錘 横断 2. ヒト. H-E染色. X 160.](#)
- 04-12 [筋紡錘 縦断. ラット. 抗原抗体反応. X 130.](#)
- 04-13 [運動神経終板 1. サル. 鍍銀法. X 64.](#)
- 04-14 [運動神経終板 2. サル. 鍍銀法. X 160.](#)
- 04-15 [運動神経終板 3. サル. 鍍銀法. X 400.](#)
- 04-16 [骨格筋 血管注入. ネコ. X 100.](#)
- 04-17 [筋腱結合 1. サル. H-E染色. X 160.](#)
- 04-18 [筋腱結合 2. サル. H-E染色. X 160.](#)
- 04-002 [心筋](#)
- 04-19 [心筋 縦断 1. ヒト. H-E染色. X 250.](#)
- 04-20 [心筋 縦断 2. ヒト. H-E染色. X 250.](#)
- 04-21 [心筋 縦断 3. ヒト. MG染色. X 250.](#)
- 04-22 [心筋 横断 1. ヒト. H-E染色. X 160.](#)
- 04-23 [心筋横断 2. ヒト. MG染色. X 250.](#)
- 04-24 [心筋 刺激伝導系 1. ヒト. MG染色. X 64.](#)
- 04-25 [心筋 特殊心筋繊維 1. ウシ. H-E染色. X 64.](#)
- 04-26 [心筋 特殊心筋繊維 2. ヒト. MG染色. X 160.](#)
- 04-27 [心筋 特殊心筋繊維 3. ヒト. H-E染色. X 250.](#)
- 04-28 [心筋 特殊心筋と作業心筋. ヒト. H-E染色. X 160.](#)
- 04-003 [平滑筋](#)
- 04-29 [平滑筋 縦断 1. ヒト. H-E染色. X 160.](#)
- 04-30 [平滑筋 縦断 2. サル. H-E染色. X 250.](#)
- 04-31 [平滑筋 縦断 3. ヒト. 鍍銀法. X 250.](#)
- 04-32 [平滑筋 横断 1. ヒト. H-E染色. X 160.](#)
- 04-33 [平滑筋 横断 2. サル. H-E染色. X 400.](#)
- 04-34 [平滑筋 横断 3. ヒト. 鍍銀法. X 250.](#)

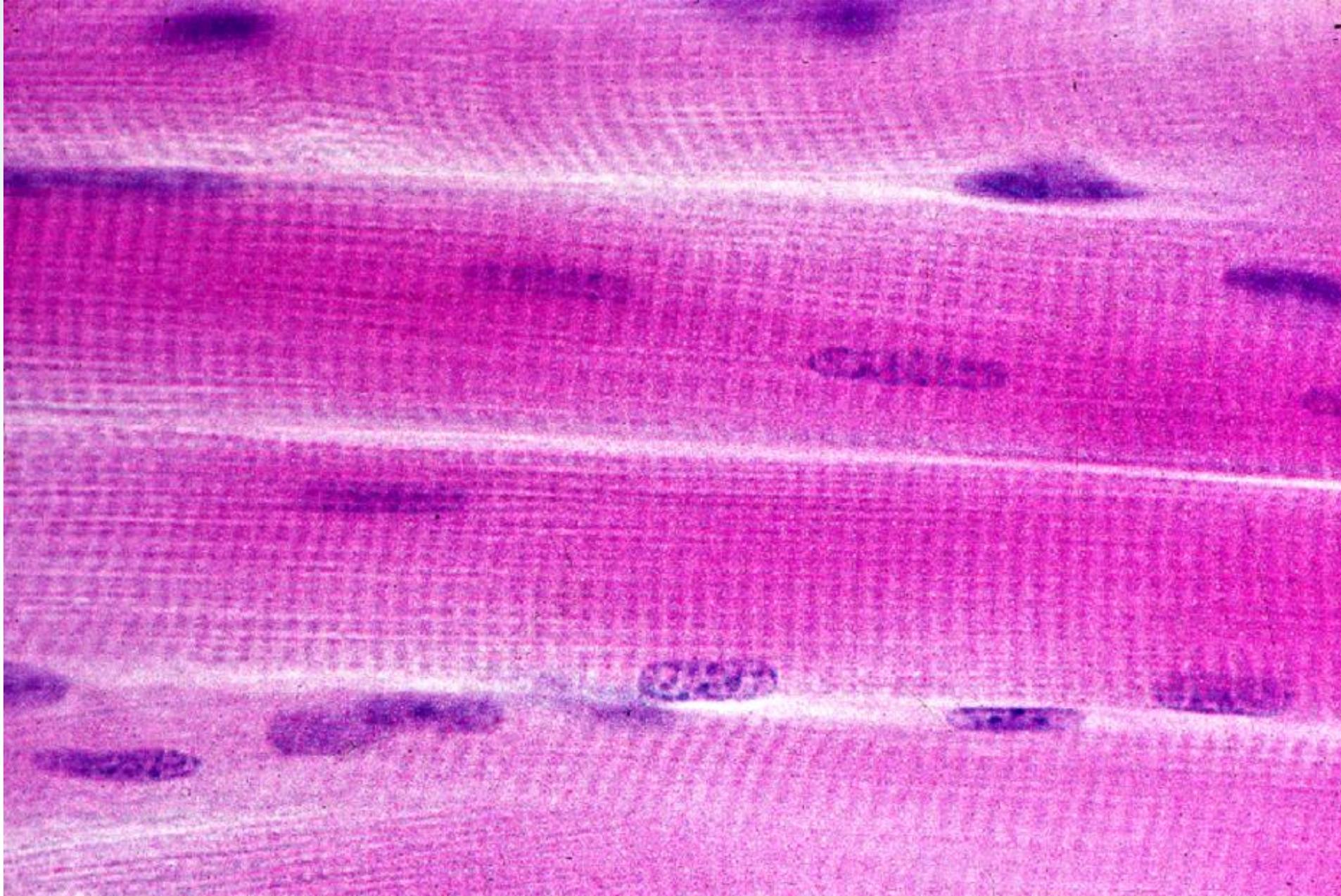
04-001 骨格筋



これはヒトの舌筋の一部である。骨格筋繊維は直径20~100 μm 、長さは数cmに達する 太くて長い円柱状の多核の細胞で、その全長にわたって、この図に見るように、規則正しい明暗の横紋が認められる。明るい部分は単屈折性でI帯(isotropic band)と呼ばれ、暗い部分は複屈折性でA帯(anisotropic band)と呼ばれる。A帯の長さは約1.5 μm と一定であるが、I帯の長さは筋繊維の収縮状態によって変動し、最も長い状態で約1.5 μm である。

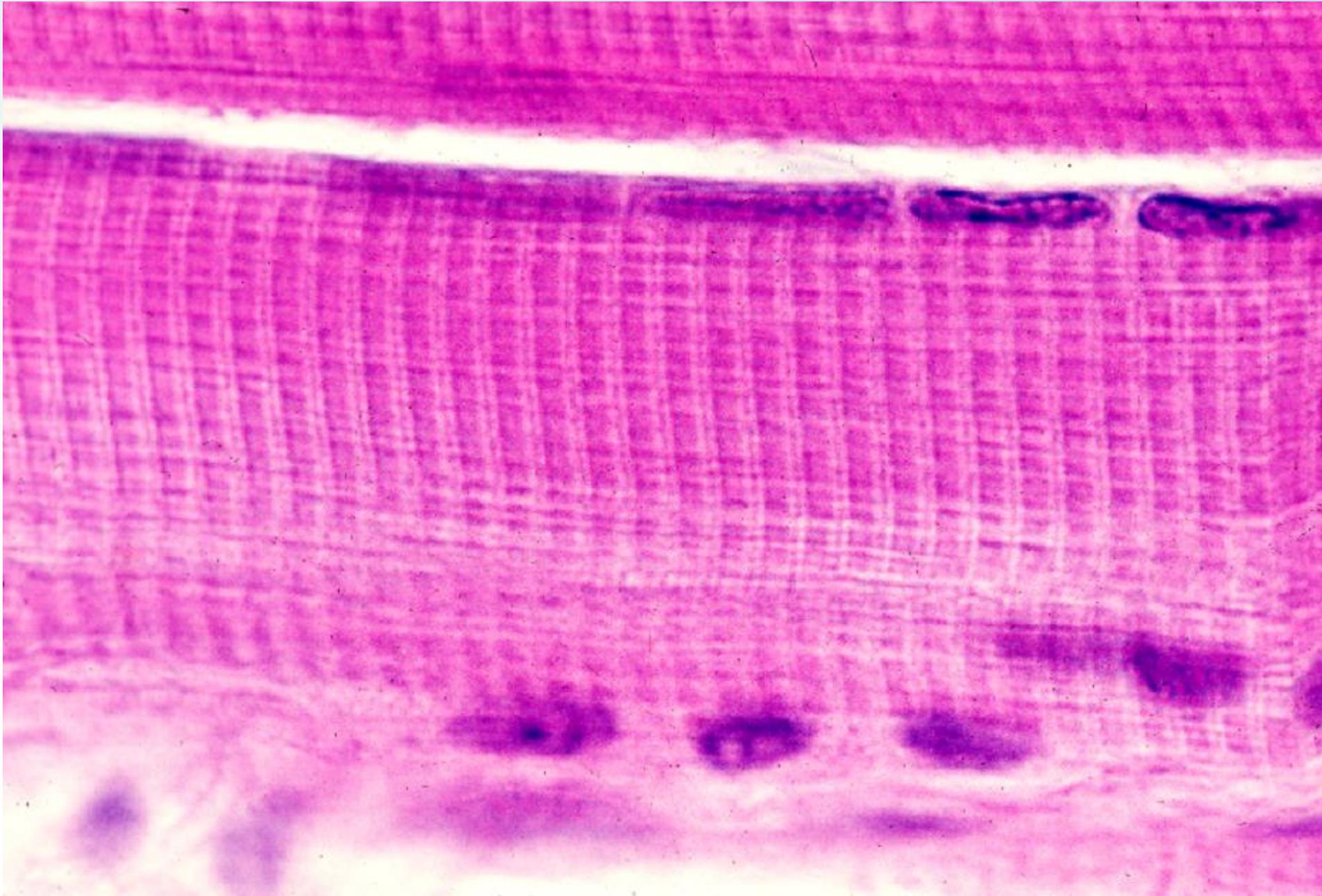
この図に見るように、核は細長い楕円形で、比較的クロマチンに乏しくて明るく見え、
(続きは解説へ)

04-02 骨格筋 縦断 2. サル. H-E染色. x 250.



これはサルの舌筋の縦断面である。この図に見るように、筋細胞の胞体は微細な筋原繊維によって満たされ、個々の筋原繊維の明暗の縞が同調しているので、横縞が筋繊維全体を横断する。核は細長い楕円形で細胞の辺縁部、即ち細胞膜の直下に位置している。これは胞体を満たす筋原繊維によって細胞の辺縁部に押しやられたのである。

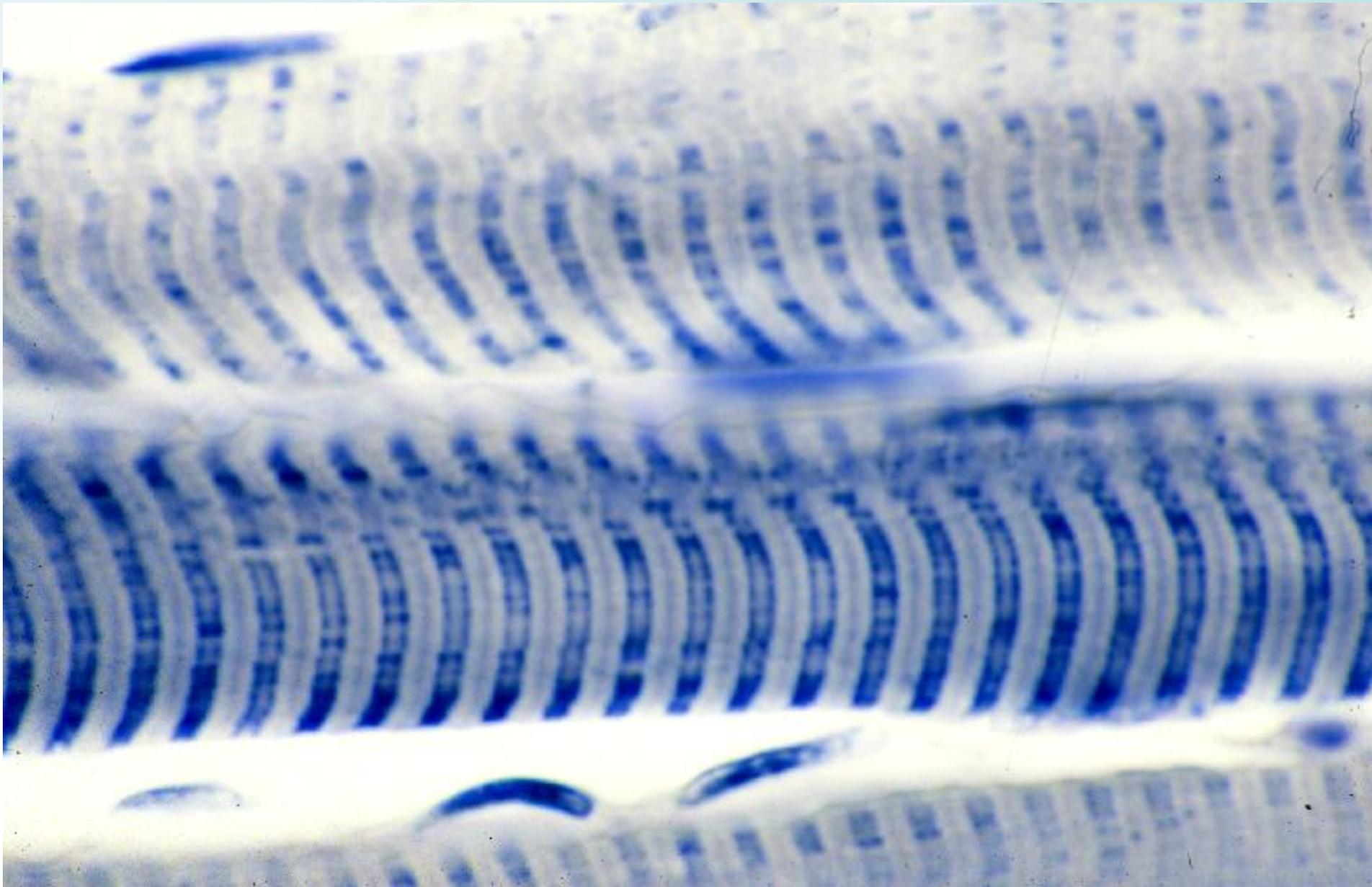
04-03 骨格筋 縦断 3. ヒト. H-E染色. x 400.



これはヒトの舌筋の1本の骨格筋繊維の強拡大である。骨格筋繊維が多数の筋原繊維によって構築されていること、および個々の筋原繊維に存在する明暗の縞が同調して筋繊維全体を横切っていることがよく分る。この図ではI帯の中央に1本の細い暗線が明瞭に観察される。この暗線をZ帯といい、Z帯からZ帯までを筋の構成単位と考えて筋節(sarcomere)という。一つの筋節の長さは弛緩状態で約 $3\mu\text{m}$ である。

この筋繊維の上縁に1列に並んでいる細長い核が、この筋細胞の核である。

04-04 骨格筋 縦断 4. ラット. 鉄ヘマトキシリン染色. x 500.

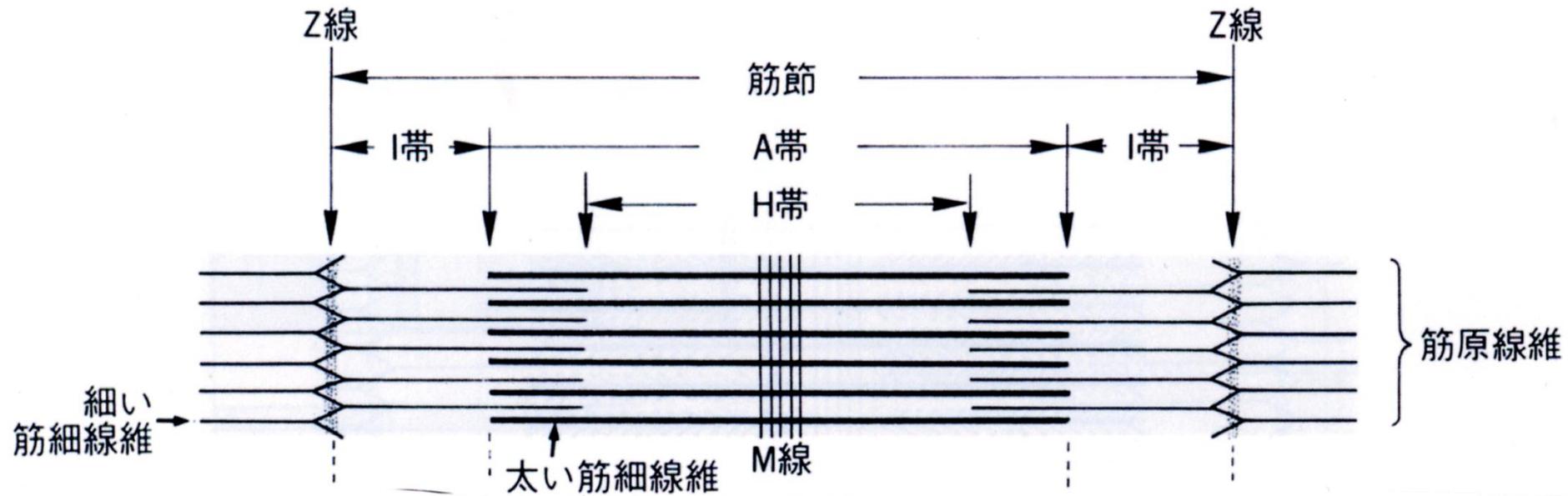


これはラットのヒラメ筋を引き伸ばした状態で固定し、薄切した標本を、ワイゲルトの鉄ヘマトキシリンで染めたものである。

この染色では A 帯が特に濃く染まる。この標本は筋を引き伸ばした状態で固定したものであり、これを図 04-03と比較すると、A 帯の長さは両図でほぼ同じであるが、I 帯の長さは図 04-04の方が著明に長い。そして図 04-04では A 帯の中央に白く抜けた線が認められる。これを H 帯という。筋細胞が収縮すると、I 帯が狭く(短く)なり、H 帯が消失する。

このメカニズムは電子顕微鏡での観察によってはじめて明らかになった。図 04-05を見よ。

04-05 筋原繊維の電子顕微鏡像 模式図

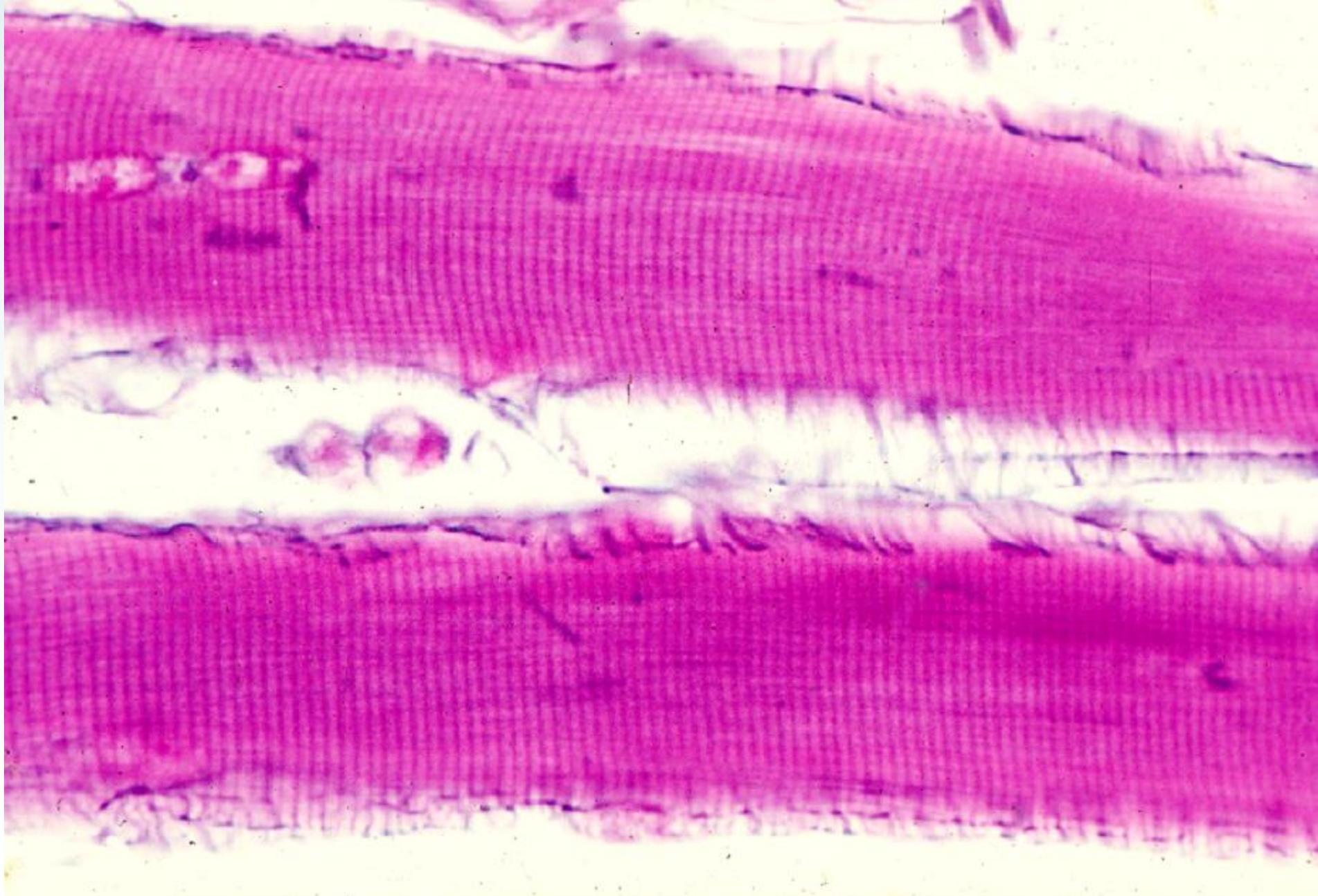


これは電子顕微鏡による観察に基づいて、1本の筋原繊維の微細構造を表現した模式図である。筋原繊維は明暗の横縞を示し、暗いところ(A帯)は複屈折性で、その長さは約 $1.5\mu\text{m}$ である。この長さは筋繊維の収縮状態が変化しても殆ど変わらない。明るい単屈折性の部分(I帯)は筋繊維の収縮状態によって長さが大いに変化するが、最大で約 $1.5\mu\text{m}$ である。

電子顕微鏡で観察すると、A帯に一致して太い細繊維(直径 10nm 、長さ $1.5\mu\text{m}$)が整然と並んでおり、これらの太い細繊維の間に細い細繊維(直径 5nm 、長さ $1\mu\text{m}$)が一定の長さはまり込んでいる。

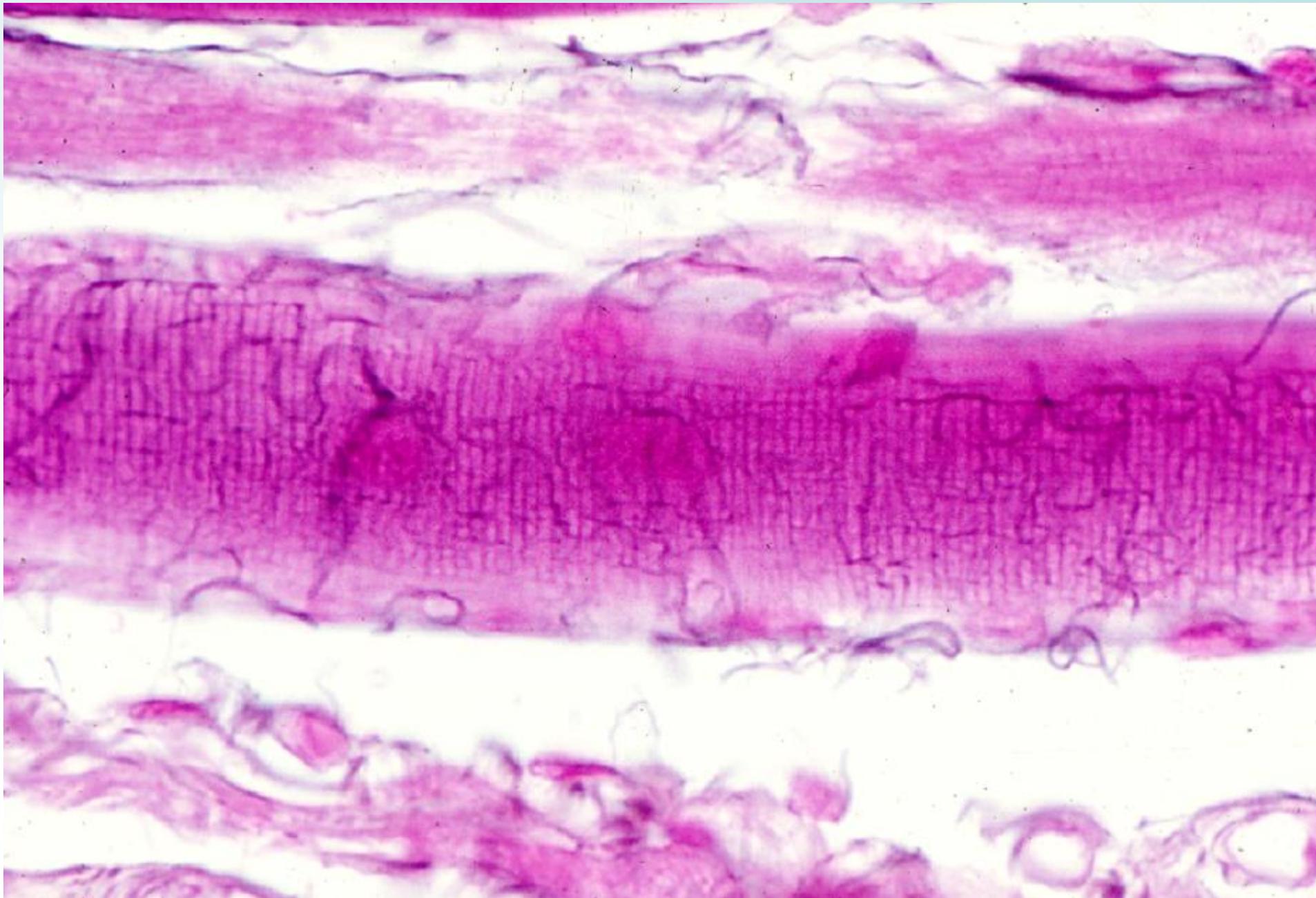
(続きは解説へ)

04-06 骨格筋 縦断 鍍銀 1. ヒト. x 250..

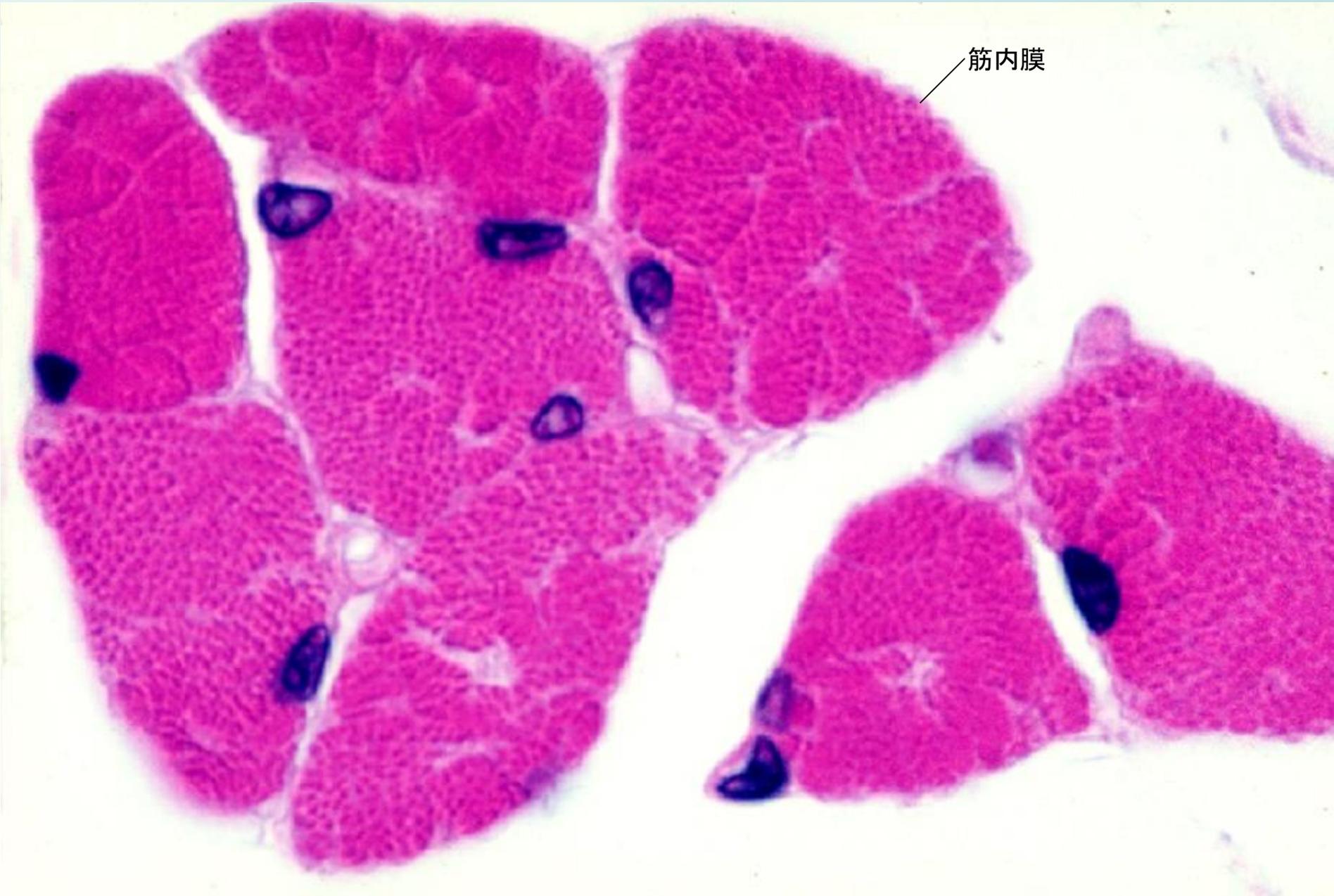


これはヒトの食道の筋層を鍍銀法で染め、その後でケルンエヒトローチ染色を施した標本である、ここに見られる2本の筋繊維は、ほぼ中軸部が縦断されているので、筋内膜の細網繊維は、筋繊維の上下のケババケババ状の黒線として観察される。

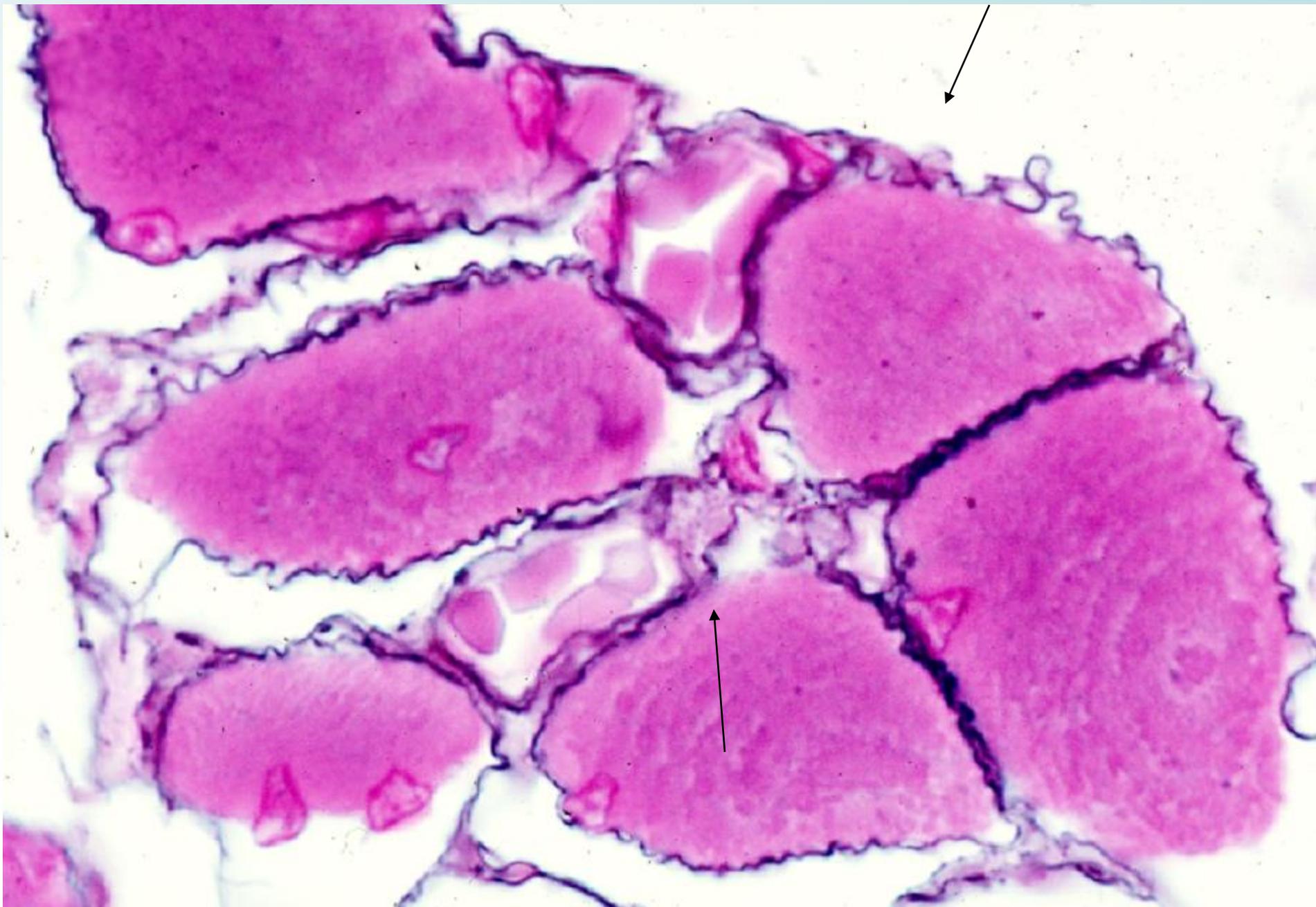
04-07 骨格筋の表面観 鍍銀 2. ヒト. x 250.



これは図 04-06と同じヒトの食道の鍍銀標本で、1本の筋繊維の表面を見た写真である。この写真では筋繊維の表面に密着している筋内膜の銀好性繊維が、複雑に蛇行しながら筋繊維を包んでいる状態がよくわかる。

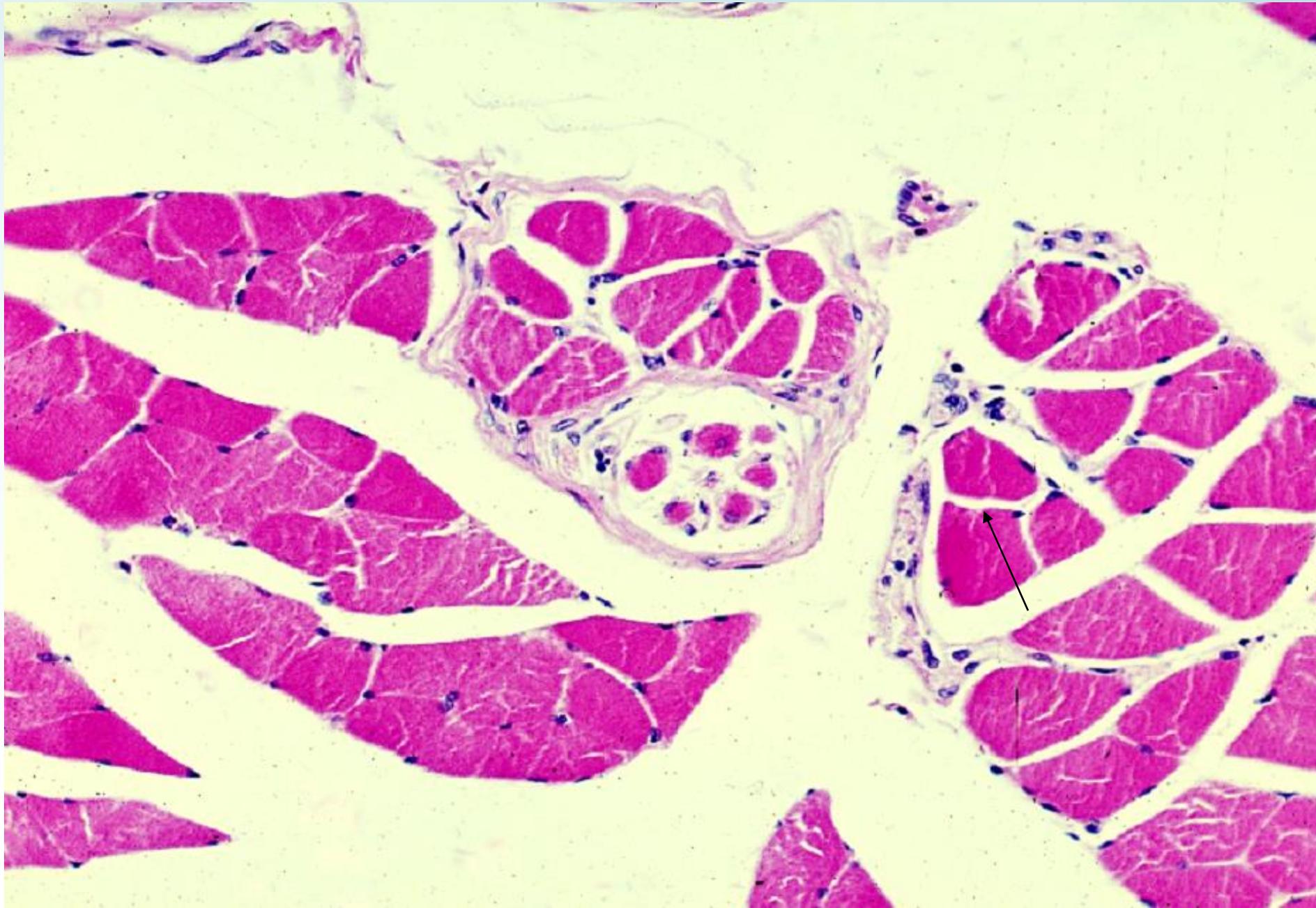


これは骨格筋繊維の横断面である。この写真で見ると、個々の筋繊維の表面を薄い結合組織繊維（銀好性繊維）の被膜が包んでいることが明らかである。この結合組織繊維の被膜を筋内膜（endomysium）という。筋繊維の核がこの筋内膜の直下に位置していることも明らかである。



これは図 04-06および図 04-07 と同じ標本で見られた骨格筋繊維の横断像である。これで見ると、筋内膜が筋繊維の表面に密着して、筋繊維を包んでいることが明らかに観察される。矢印は赤血球を含む毛細血管である。

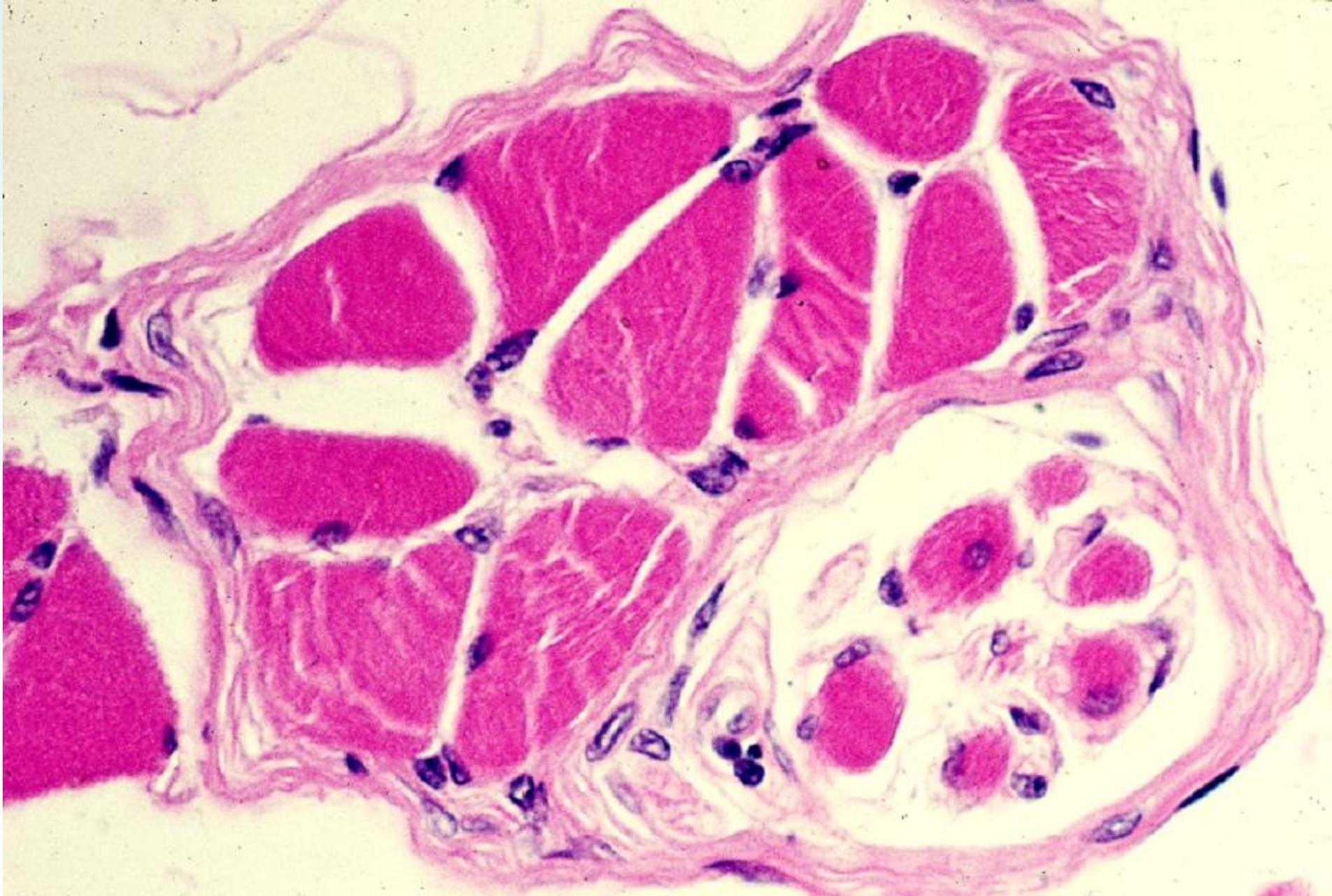
04-10 筋紡錘 横断 1. ヒト. H-E染色. x 64.



器官としての骨格筋の内部には、筋の収縮状態を感知する筋紡錘(muscle spindle)と呼ばれる特別の感覚装置が存在する。筋紡錘は骨格筋束を包む筋周膜の中にはめ込まれている。

これはヒトの甲状舌骨筋の中に見られた筋紡錘(矢印)で、通常の太い骨格筋を束ねている筋周膜の中に、普通の骨格筋繊維よりは著明に細い、細胞の中軸部に核を含む7本の筋繊維が緩やかに束ねられている。

04-11 筋紡錘 横断 2. ヒト. H-E染色. x 160.



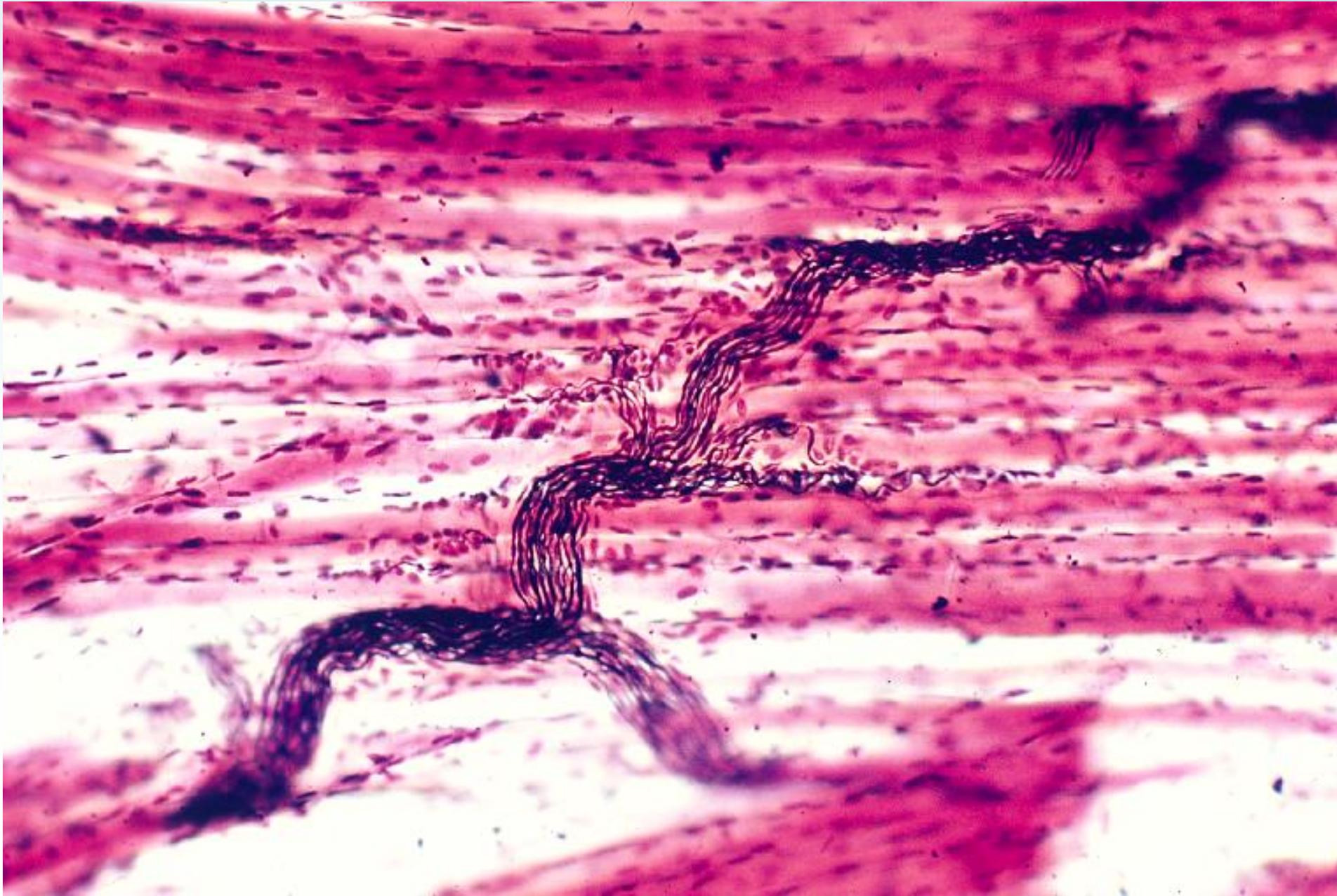
これは図 04-10 の拡大で、筋紡錘の構造がよく分る。筋紡錘を構成する筋繊維は、通常の骨格筋繊維に比べると非常に細く、細胞の中軸部に核を含んでいる。これらの筋繊維はまとめて細長い紡錘形の構造体を形成する。個々の筋繊維には、その全長にわたって、知覚神経の末端がラセン状にグルグル巻きに纏絡している。H-E染色のこの標本では神経線維は観察できない。図 04-12 を見よ。



これは筋紡錘に分布する神経線維を、シナプトフィジンに対するモノクローナル抗体を用いる抗原抗体反応によって可視化したものである。ここには数本の細い筋繊維がまとまって細長い紡錘形の物体(筋紡錘)を作っており、個々の繊維を神経線維がラセン状にグルグル巻きに纏絡している状態が明らかに示されている。

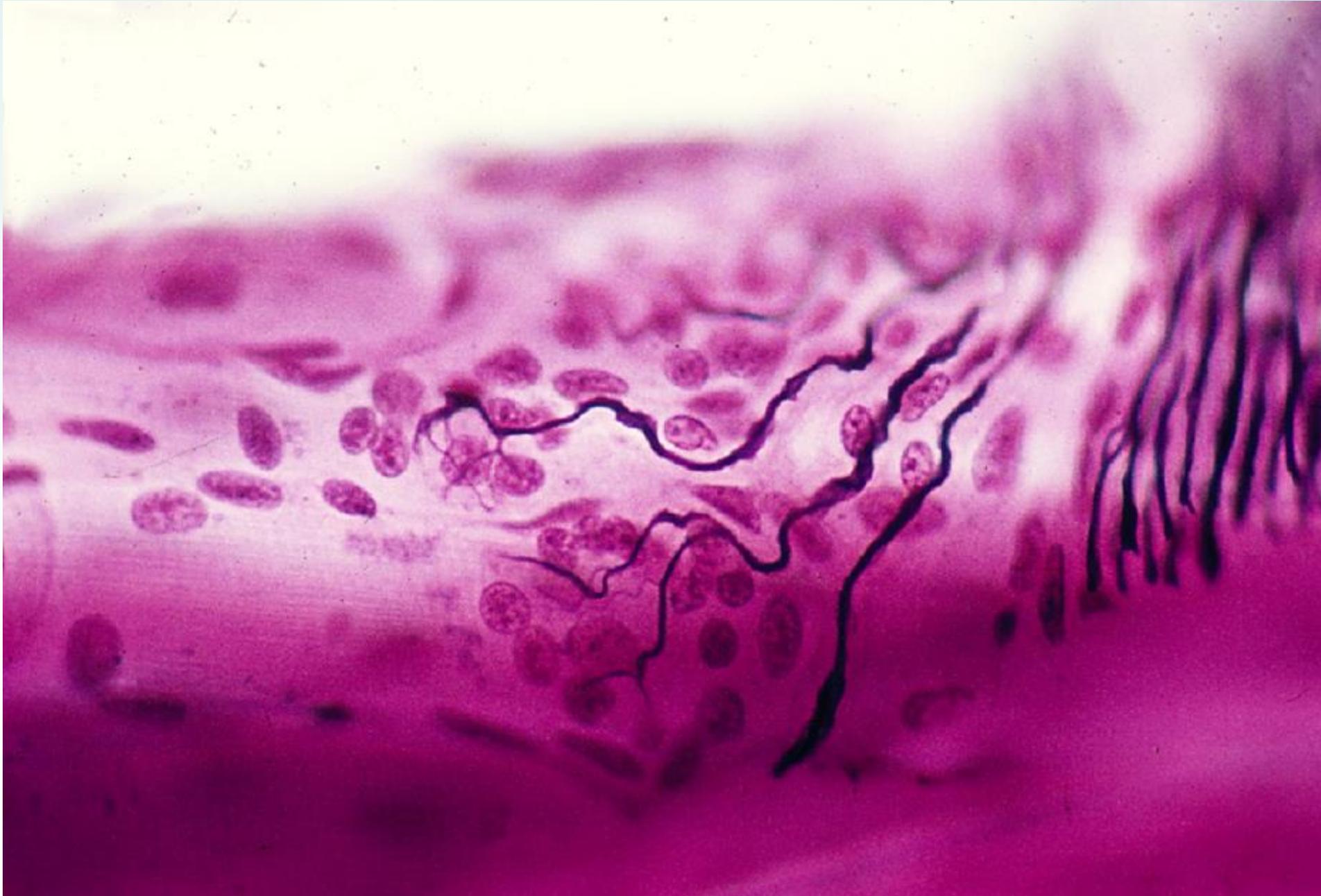
これは三重大学 溝口 明教授作製の標本である。

04-13 運動神経終板 1. サル. 鍍銀法. x 64.



骨格筋繊維は運動性脳脊髄神経によって支配されている。有髄神経線維として筋繊維束に入った運動神経は、枝分かれをしながら筋繊維に近づき、筋細胞膜に密着し、あるいは蛇行し、あるいは分枝を繰り返して終末分枝となり、全体として運動終板を形成する。

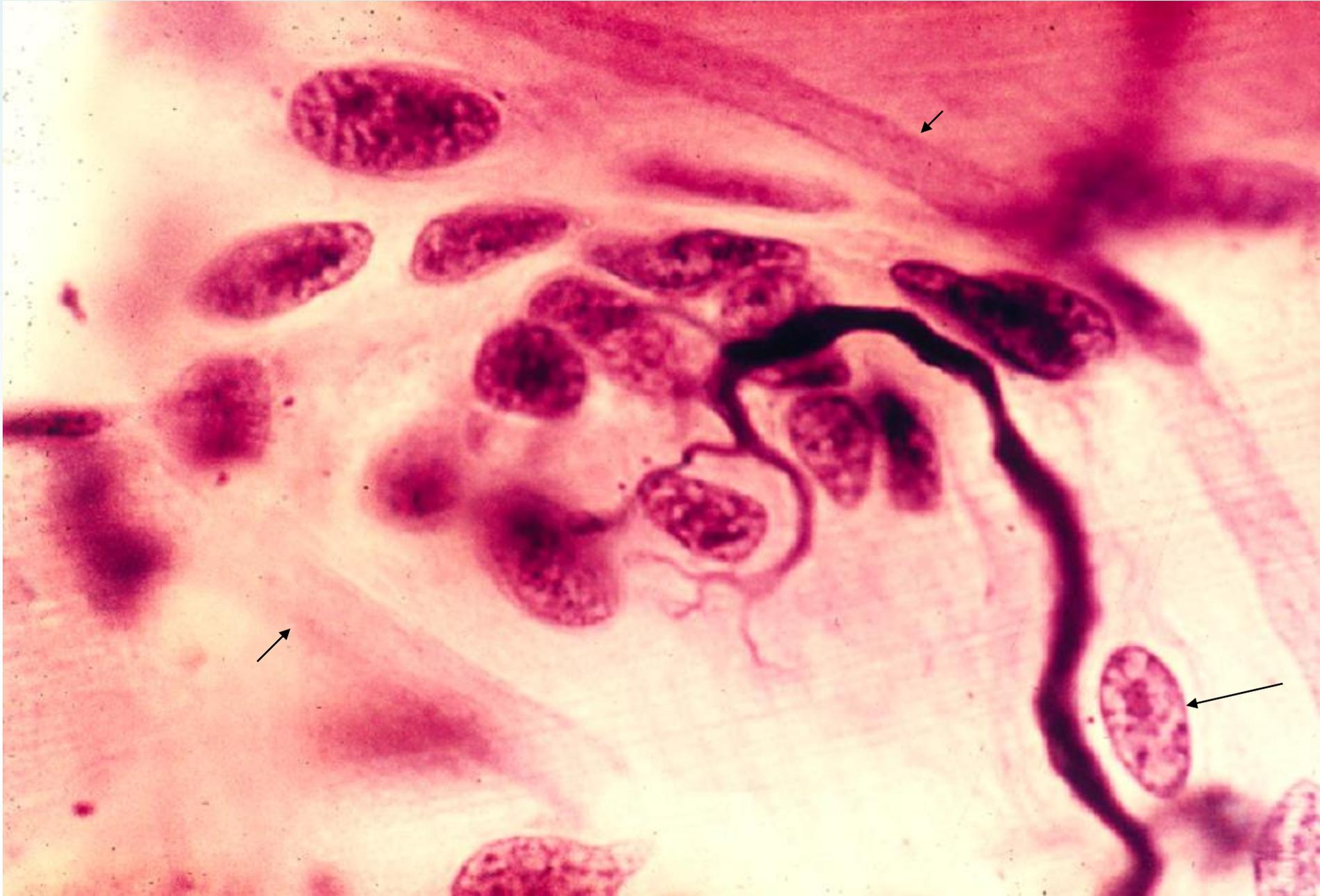
この図はサルの舌筋に見られた運動神経である。図のほぼ中央部において、左下から右上方に走る有髄繊維束の中ほどから左右に分枝が出て、蛇行しながら筋繊維の上に密着している状態が明らかである。鈴木氏鍍銀法で染めた標本。



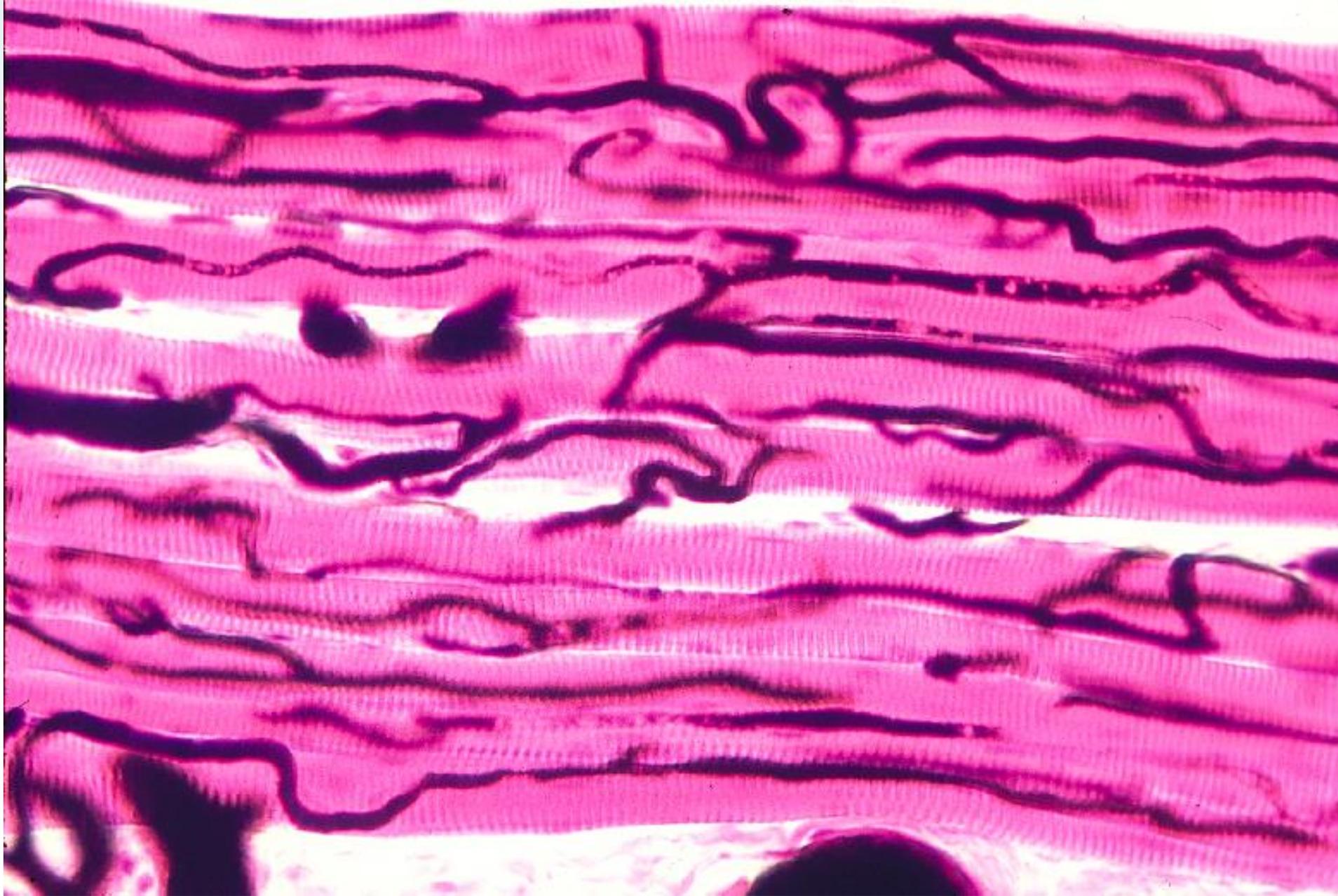
これは舌筋に対する運動神経終板の強拡大像である。図の右上から左下方に伸びてきた4本の神経線維の末端は、それぞれ髓鞘を失って数本の終末枝に分れ、1本の筋繊維の上に密着している。この終末分枝の上をシュヴァン細胞が変化した細胞が被って小さな高まりを作っている。これをドワイエール(Doyère)の丘という。この図で、終末分枝と重なっている多数の核が、ドワイエール丘を構築する細胞の核である。

鈴木氏鍍銀法。

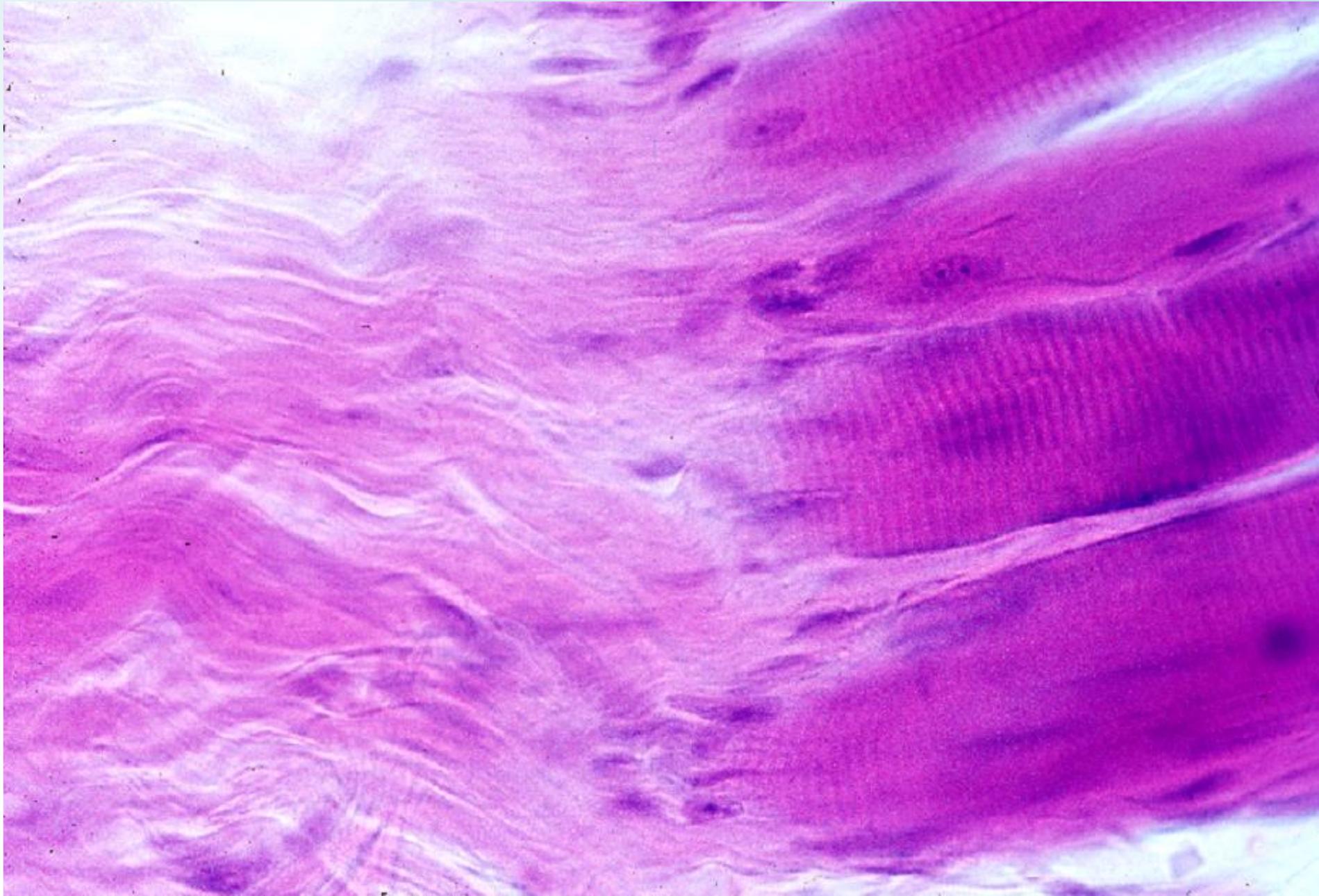
04-15 運動神経終板 3. サル. 鍍銀法. x 400.



これも舌筋に対する運動神経終板である。右下から上方に進む神経線維は、なお髄鞘を持っており、長い矢印の指す核がシュヴァン細胞の核であり、黒く染まった神経線維の左右に微かに髄鞘の輪郭が認められる。この神経線維は、左に曲がる上端部で髄鞘を失って裸の軸索となり、直ちに数本の終末分枝に分かれる。筋繊維の上面に密着する終末分枝は、ドワイエール丘を構成する細胞の核で被われる。短い矢印は毛細血管である。鈴木氏鍍銀法。

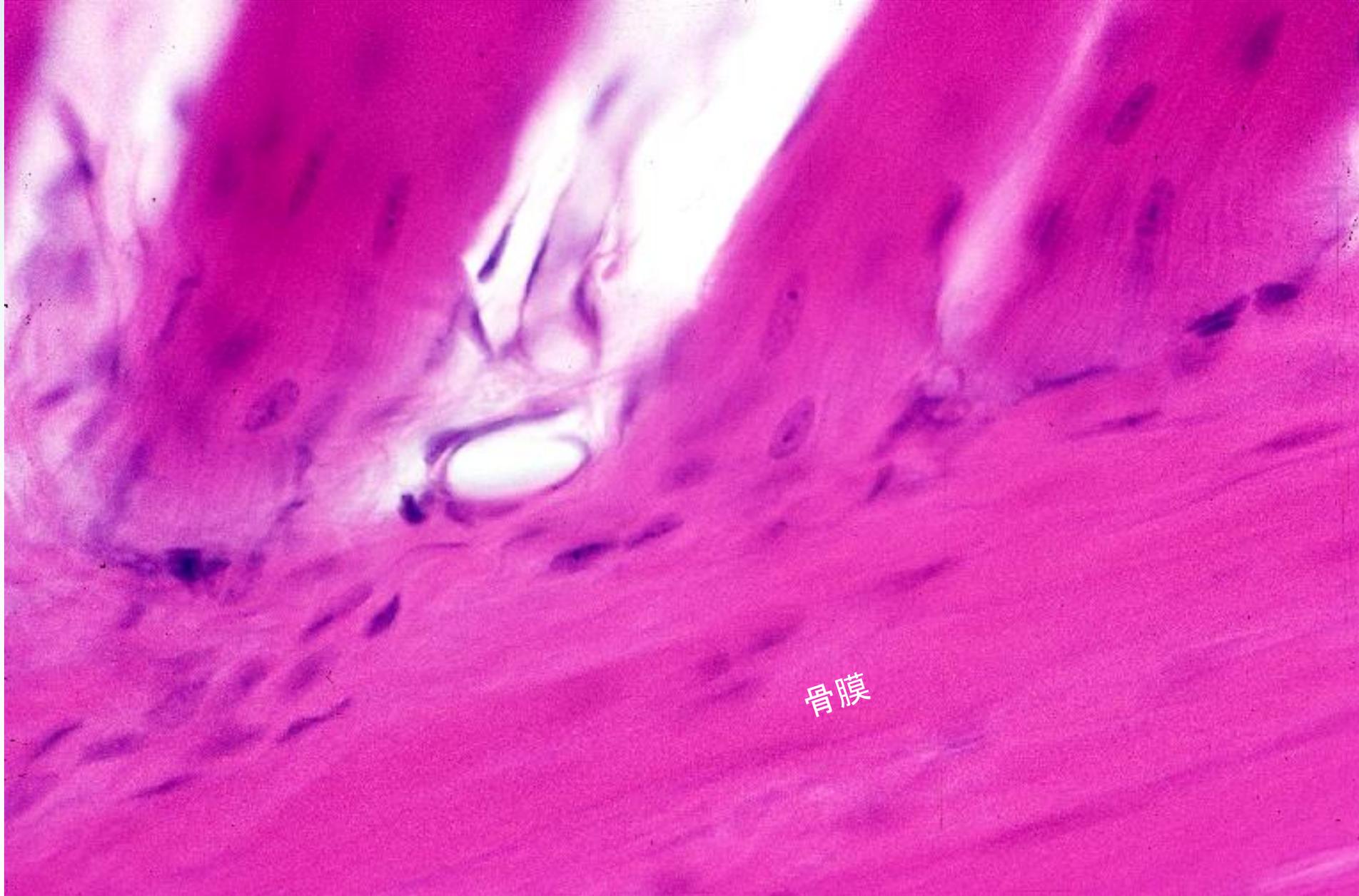


器官としての骨格筋は血管に富む。これは血管に墨汁を注入したネコの舌筋で、カルミンで後染色してある。毛細血管および大小の血管は、筋繊維の走行に平行に、筋繊維に密着して走り、また筋繊維の間の狭い空間を走っている。



骨格筋はその末端において腱と結合している。骨格筋繊維の末端部が腱を構成する膠原繊維束の中に嵌入すると、筋繊維の細胞膜に密着して筋繊維を包んでいる筋内膜の細網繊維が直接腱の膠原繊維の間に進入して、筋と腱とを結びつける。この筋と腱との結合は極めて強固で、筋を腱から引き離すことは殆ど不可能である。

この図では4本の骨格筋繊維の末端が腱に移行する部位を示している。筋繊維の範囲では横紋が認められるが、筋と腱の結合が深まるにつれて横紋が不著明になり、腱への移行が完了すると横紋は全く認められなくなる。画面の左半分は腱の膠原繊維束である。

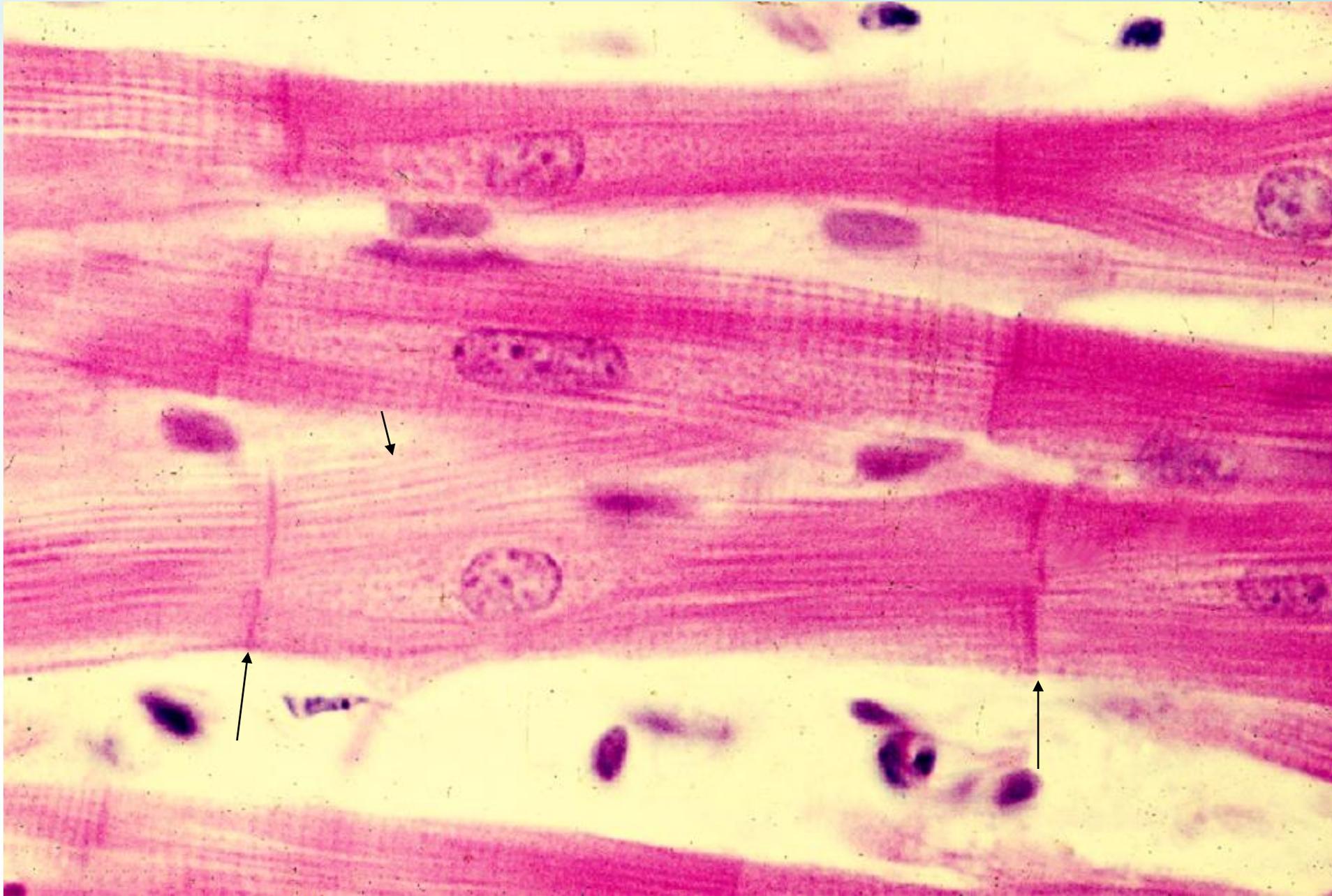


これは骨格筋繊維が斜めに骨膜に付着する部位である。右上から左下方に向かって進んできた3本の筋繊維の末端は、軽度に散開しながら腱に移行し、この腱が骨膜の膠原繊維に固く結合している。画面の右下方の濃赤桃色に染まっている部分が骨膜である。

04-002

心筋

04-19 心筋 縦断 1. ヒト. H-E染色. x 250.

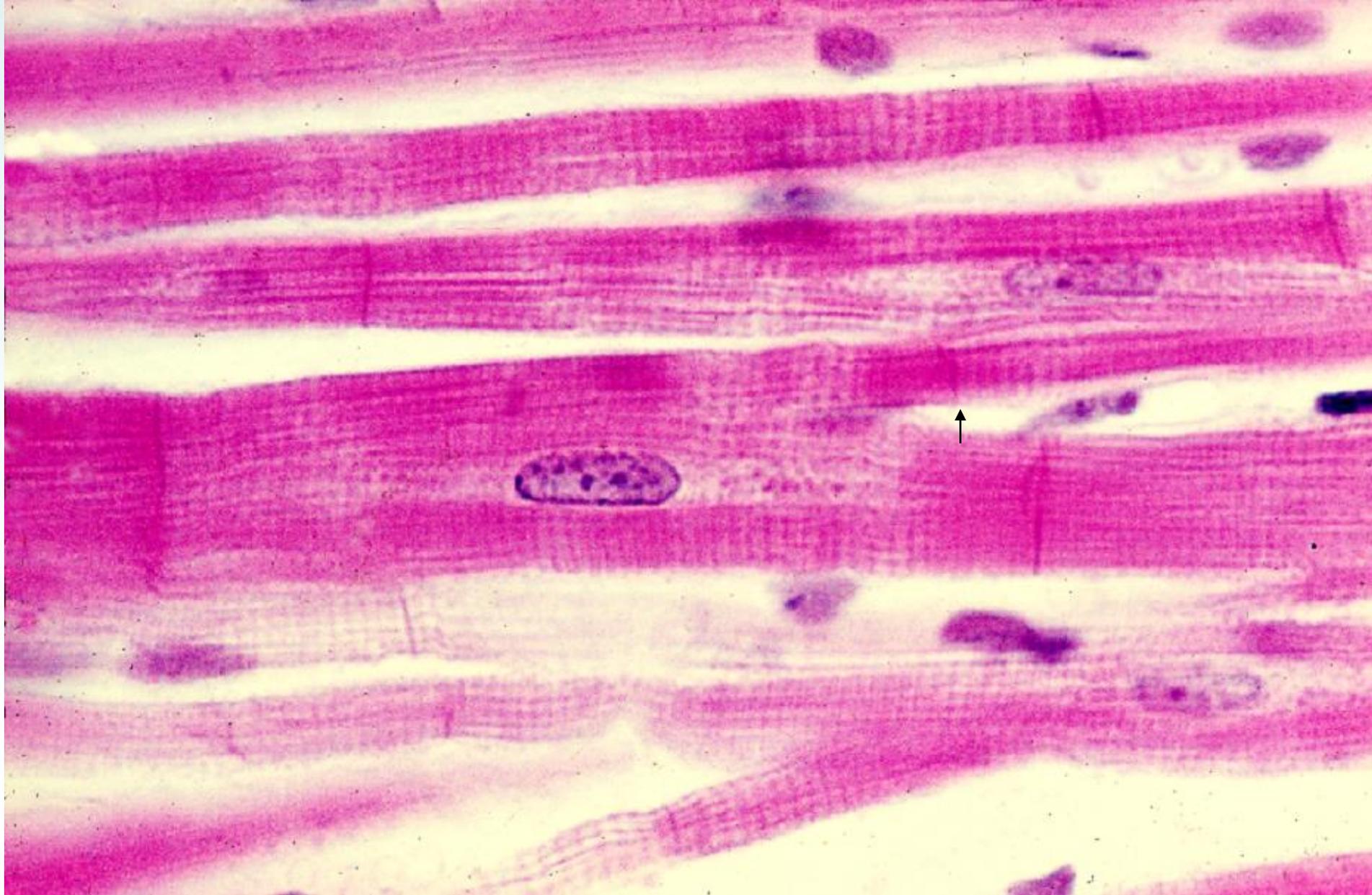


心筋細胞は直径 9~20 μm 、長さ 50~150 μm の円柱状の細胞で、その両端において隣の細胞と縦方向に結合し、更に側枝によって隣接の細胞とも結合して、全体として心臓の筋層を構築する巨大な網工を作っている。核は卵円形で細胞の中軸部に位置する。細胞体内に明瞭な横紋を示す筋原繊維が多数存在することは骨格筋と同様であるが、筋原繊維の密度が骨格筋に比べると比較的疎であるから、全体としての横紋は骨格筋ほど著明でない。

この図はヒトの心筋で、図の中央に 3 個の心筋細胞が示されている。心筋細胞が隣の心筋細胞と結合する部位には、明瞭な境界線が認められる。

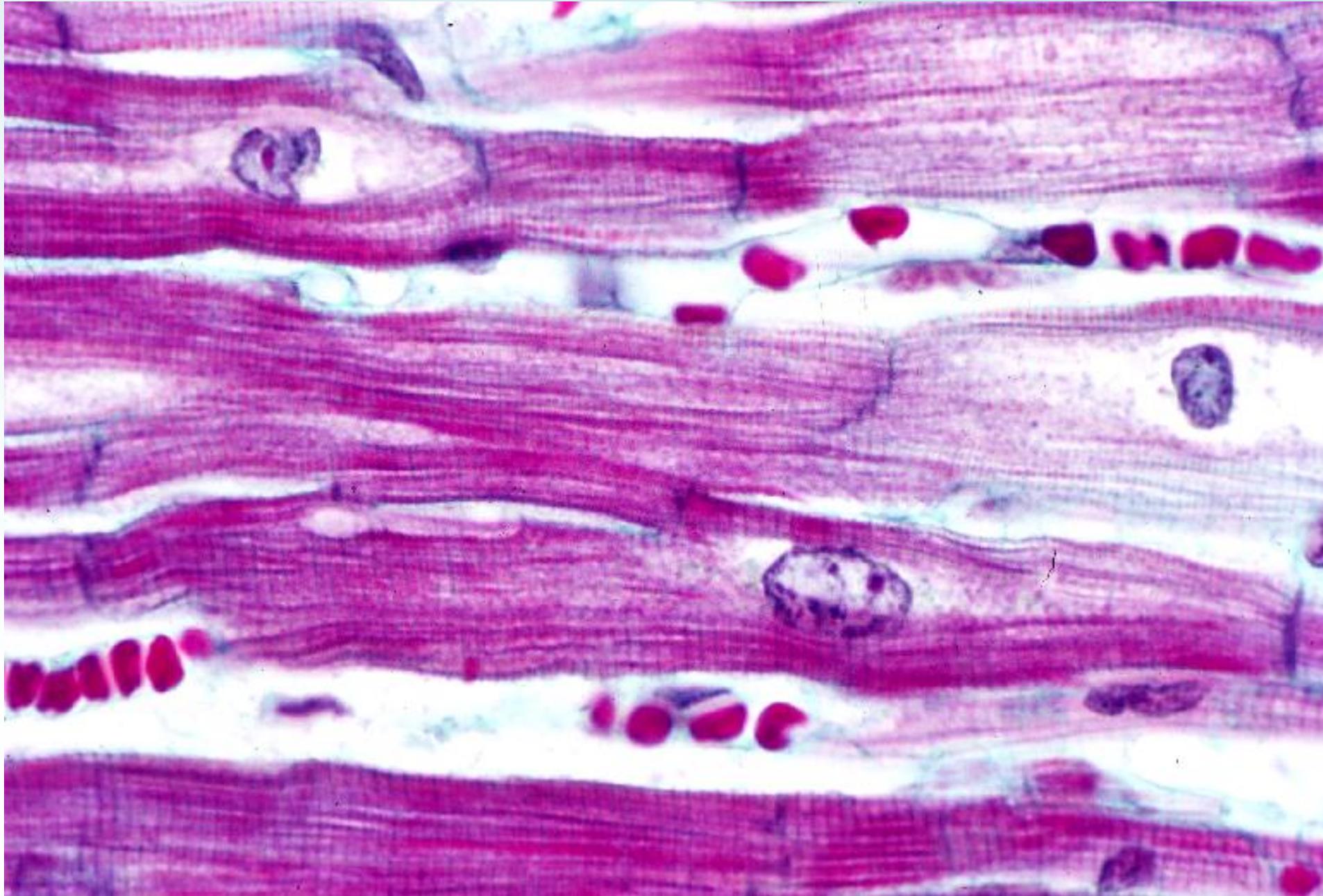
(続きは解説へ)

04-20 心筋 縦断 2. ヒト. H-E染色. x 250.

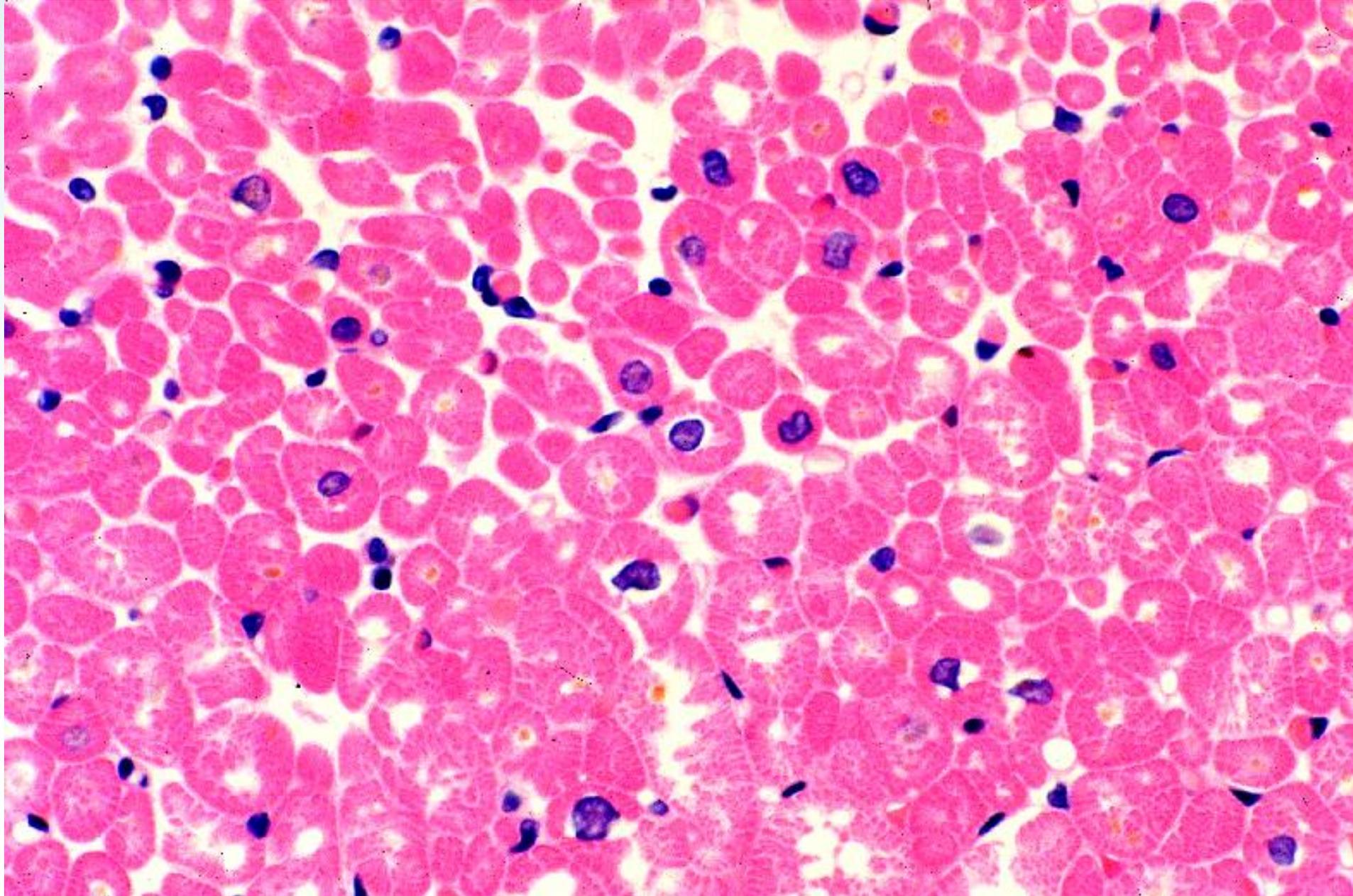


これもヒトの心筋である。中央の太い心筋細胞はその右端で上下二股に分れ、上の部分は側枝で、この細胞の上に隣接する細胞の側枝と連結している。側枝の連結部にも暗線が認められる(矢印)。

04-21 心筋 縦断 3. ヒト. MG染色. x 250.

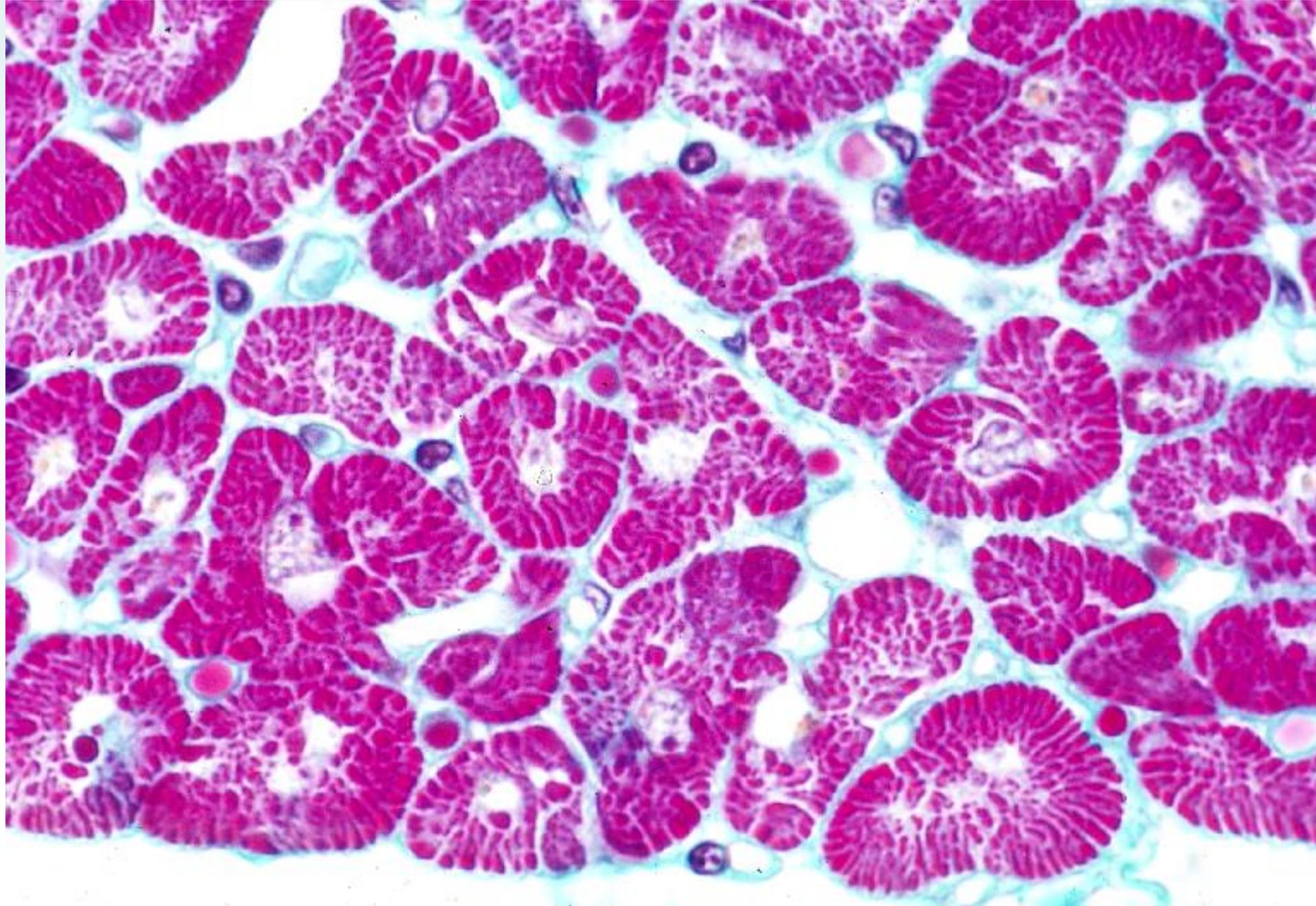


これはヒトの心筋をマッソン・ゴールドナー(MG)染色で染めたものである。ここでは細胞相互の連結部である暗線が特に明瞭に染まっている。筋細胞と筋細胞の間の空間は、赤血球を含む毛細血管で埋められている。個々の筋細胞の表面は細網繊維の網工で包まれているのであるが、この図ではそれが明瞭に観察されない。図 04-23 を見よ。



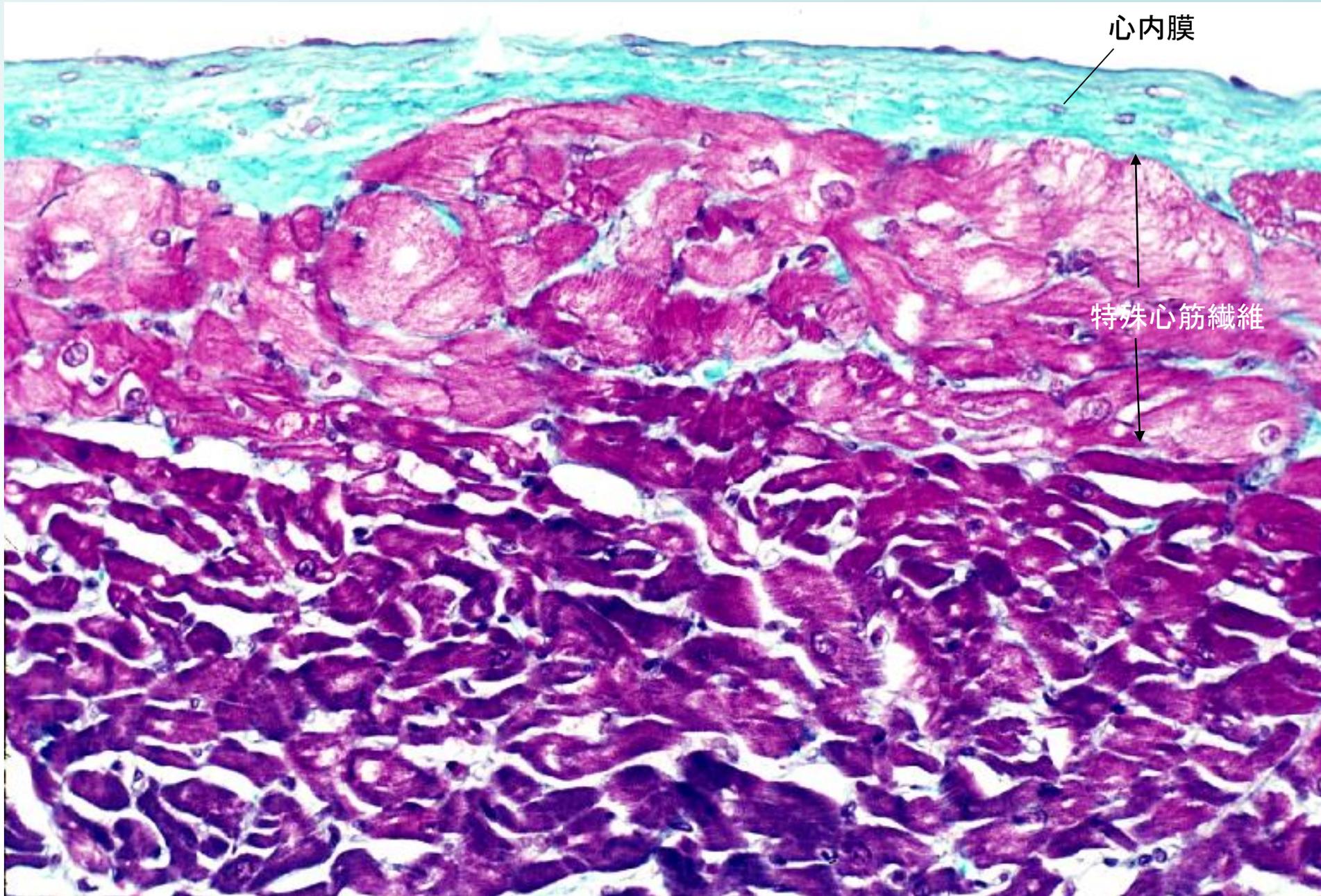
これはヒトの心筋繊維の横断面である。骨格筋繊維と異なり、核は細胞の中軸部に存在する。細胞の中軸部が白く抜けているのは、核の近傍で筋形質が豊富な部位である。核は1個の細胞に1個であるから、横断切片上では核を含まない断面の方が圧倒的に多い。

04-23 心筋横断 2. ヒト. MG染色. x 250.



これはヒトの心筋の横断面の強拡大である。この標本はMG染色で、個々の筋細胞の表面を包んでいる細網繊維の網工が緑色の線として明瞭に観察される。個々の細胞は、大きさも形も様々であり、細胞の内部に含まれる筋原繊維の密度も一様でない。細胞間の空間を毛細血管が埋めていることも、よく分かる。

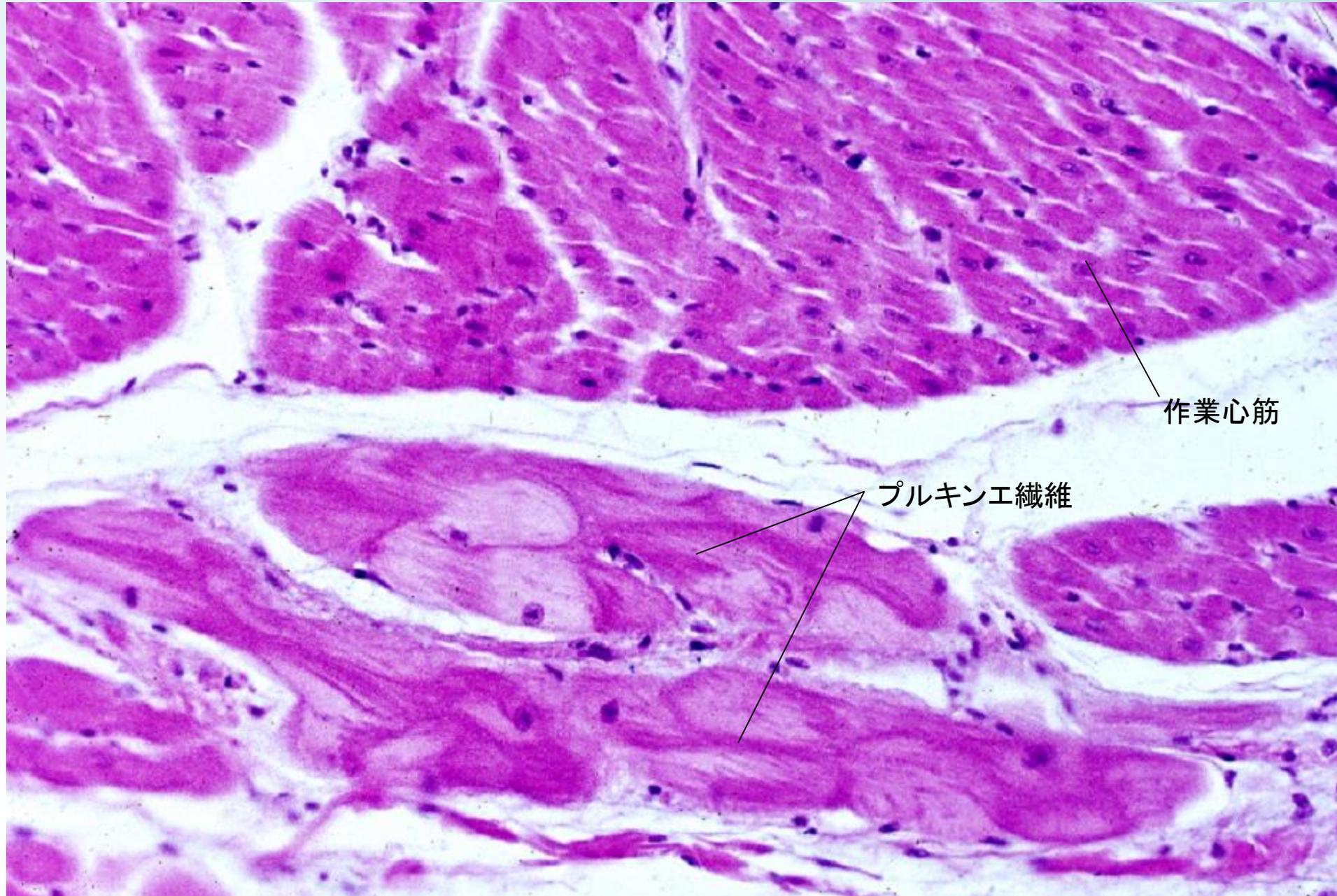
この図と骨格筋の横断面である図 04-08 および図 04-09 とを比較せよ。



心筋繊維には、心臓の筋層の大部分を構成している上述の心筋繊維(これを作業心筋と呼ぶ)の他に、心臓の自動運動のリズムを作り、これを作業心筋に伝える刺激伝導系と総称される特殊心筋繊維群が存在する。特殊心筋繊維は一般に筋形質に富み、比較的筋原繊維に乏しい。筋形質中には大量のグリコーゲンが含まれている。

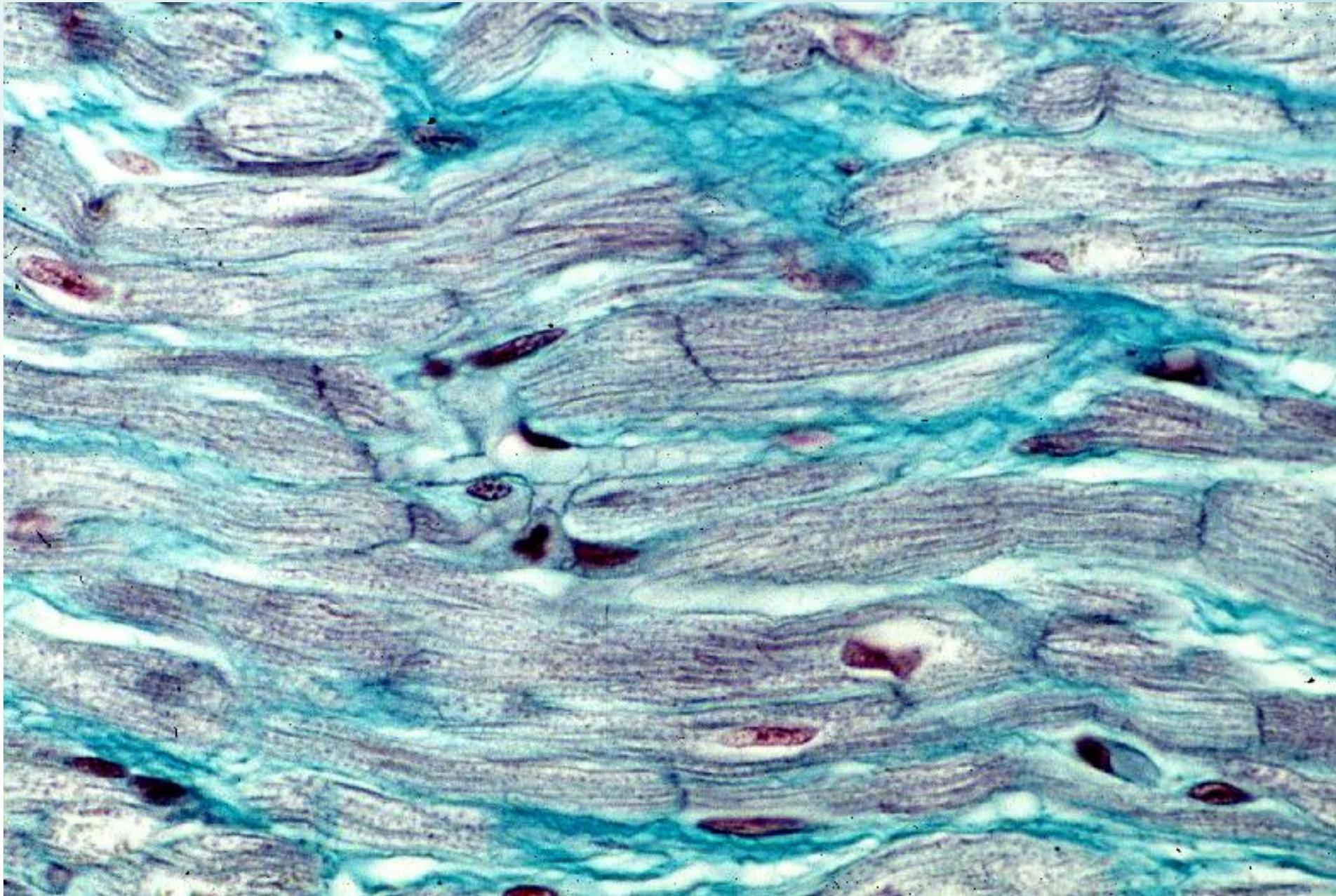
この図はヒトの心内膜の直下を走っているプルキンエ(Purkinje)繊維と呼ばれるものである。この筋繊維は画面の下半分を占める作業心筋に比べると太く、筋原繊維が乏しいので明るく見える。

04-25 心筋 特殊心筋繊維 1. ウシ. H-E染色. x 64.



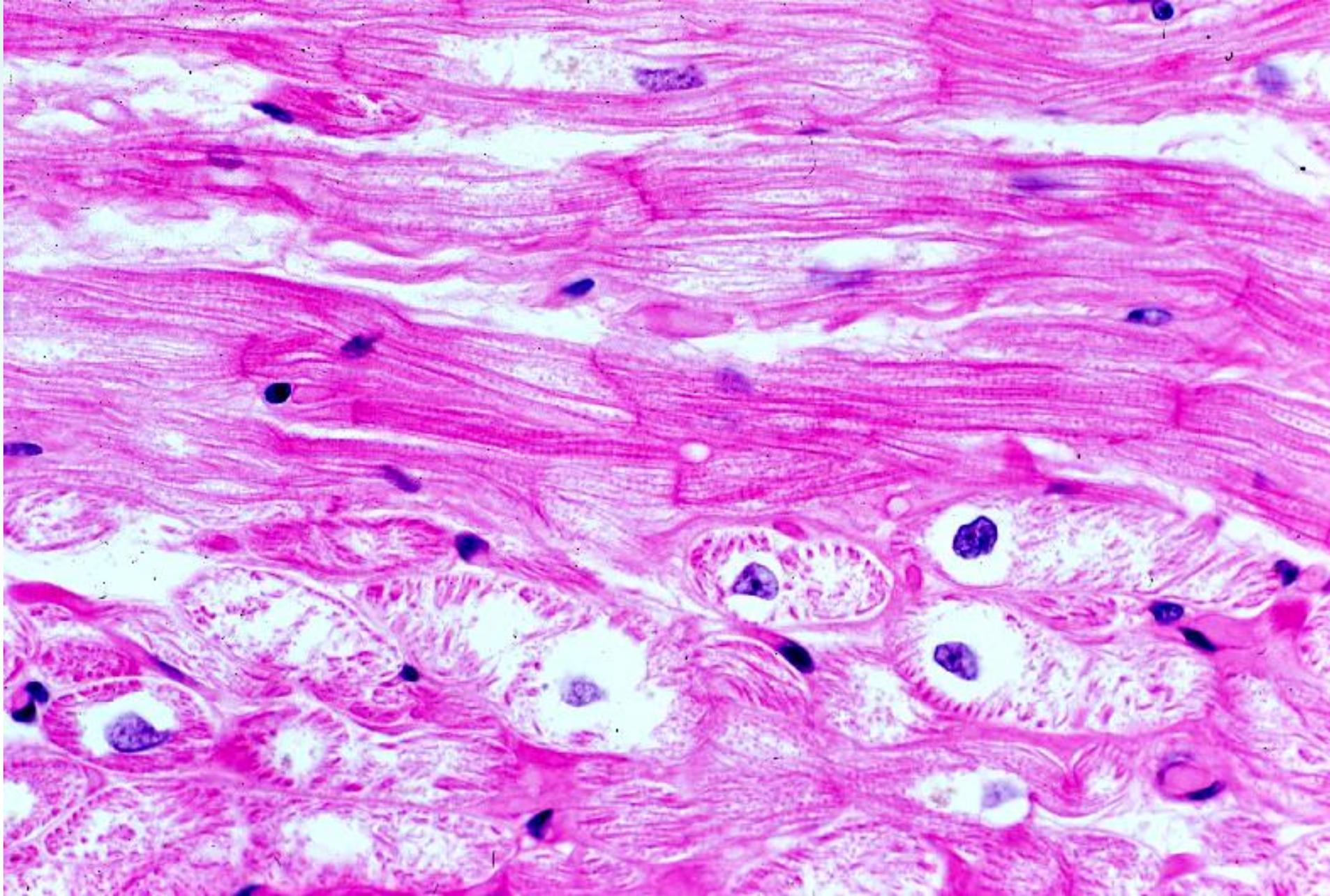
これはウシの心臓の作業心筋の間を走っているプルキンエ繊維束である。ウシのプルキンエ繊維は特別に太い。これを画面の上半分を占めている作業心筋と比べると、筋繊維の太さの違いは歴然である。

04-26 心筋 特殊心筋繊維 2. ヒト. MG染色. x 160.



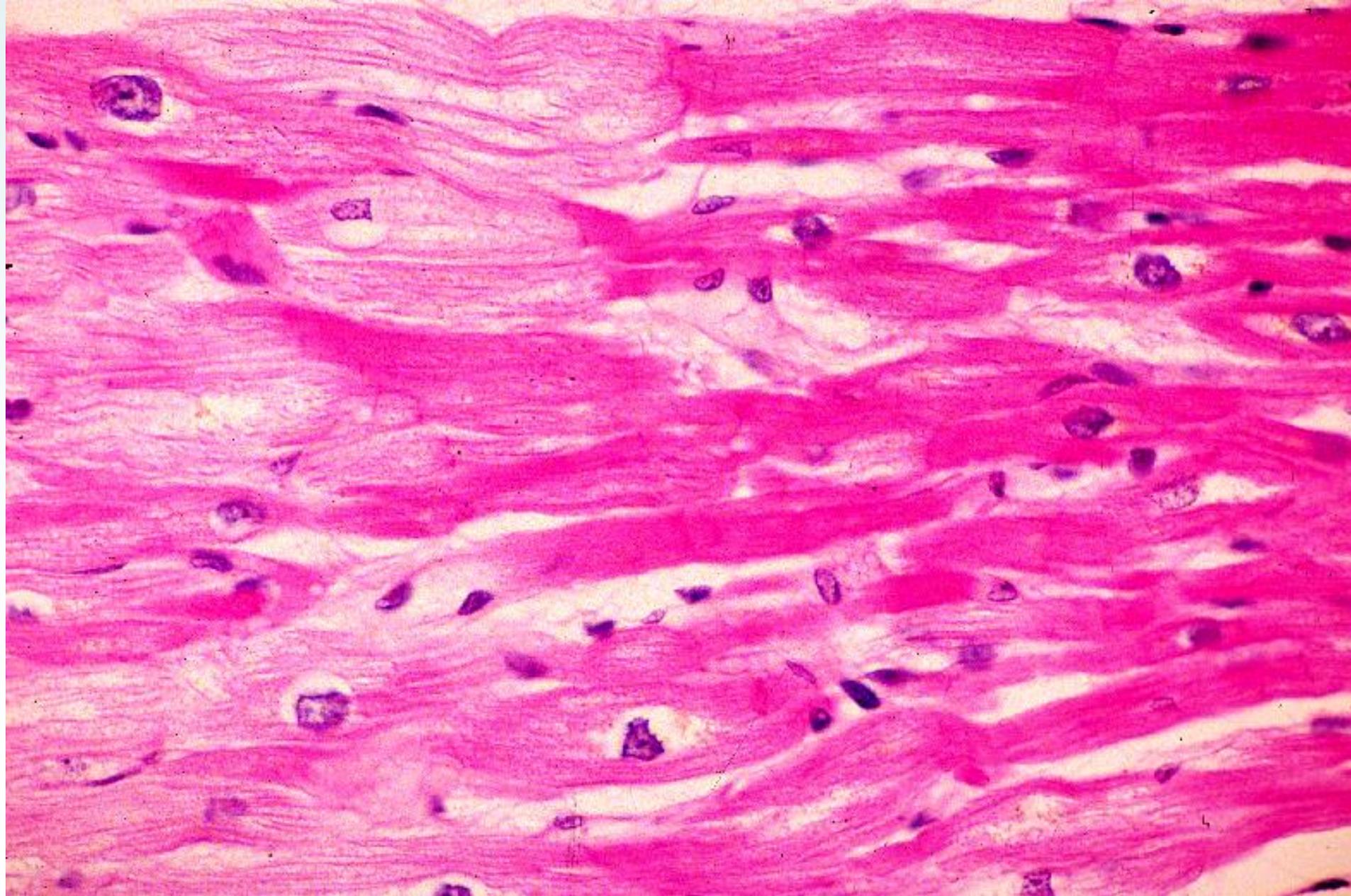
これはヒトの特殊心筋繊維の MG 染色標本である。筋繊維の内部は筋原繊維に乏しく、明るい。細胞境界である暗線が明瞭に観察される。筋繊維の間は微細な結合組織繊維で埋められている。

04-27 心筋 特殊心筋繊維 3. ヒト. H-E染色. x 250.



これはヒトの特殊心筋繊維の横断像(下方約 1/3)と縦断像(上方約 2/3)である。

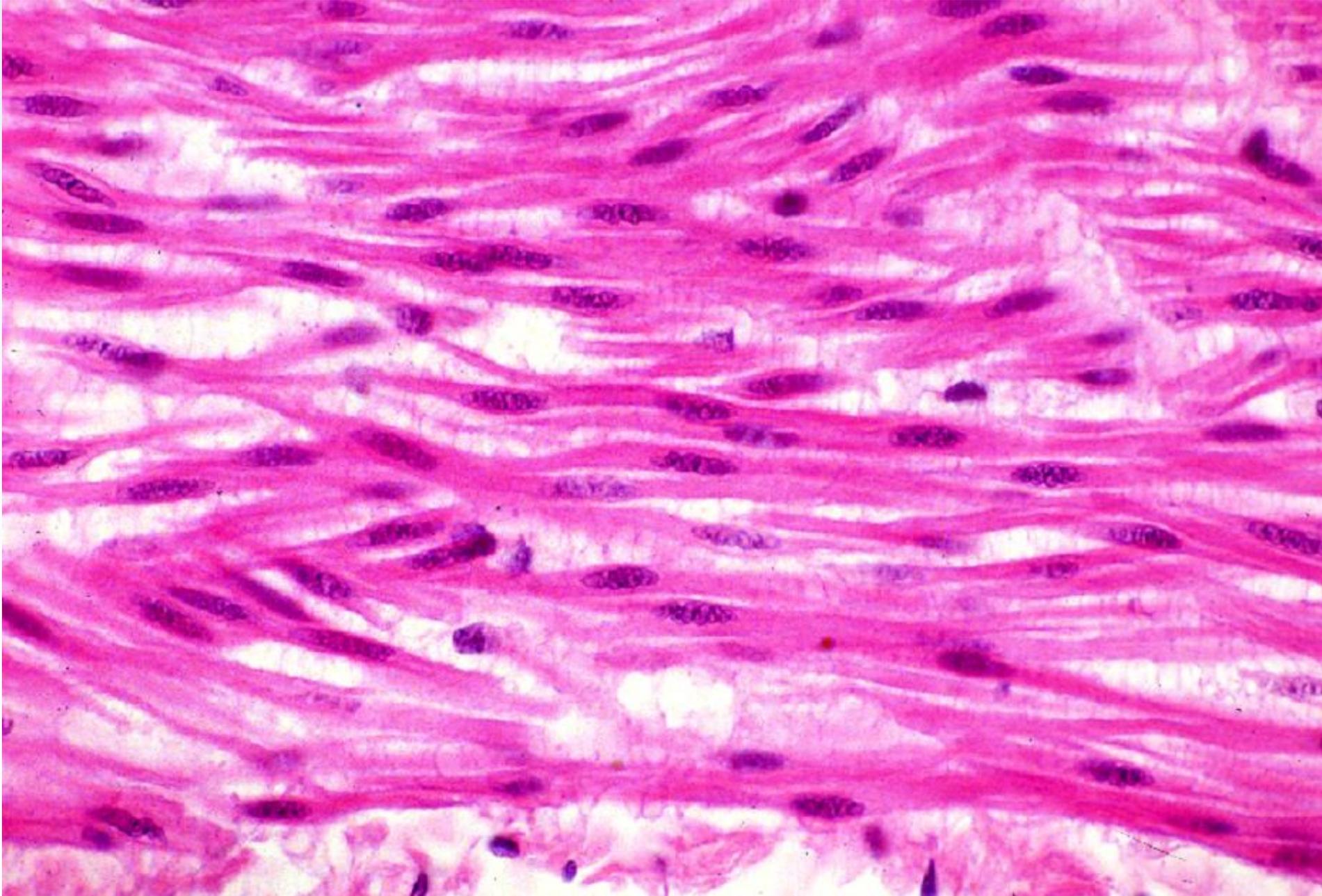
04-28 心筋 特殊心筋と作業心筋. ヒト. H-E染色. x 160.



これは特殊心筋繊維が作業心筋繊維に接続する場面である。画面の左半分を占める特殊心筋繊維の一本、一本が、それぞれ、画面の右半分を占める作業心筋に接続している。

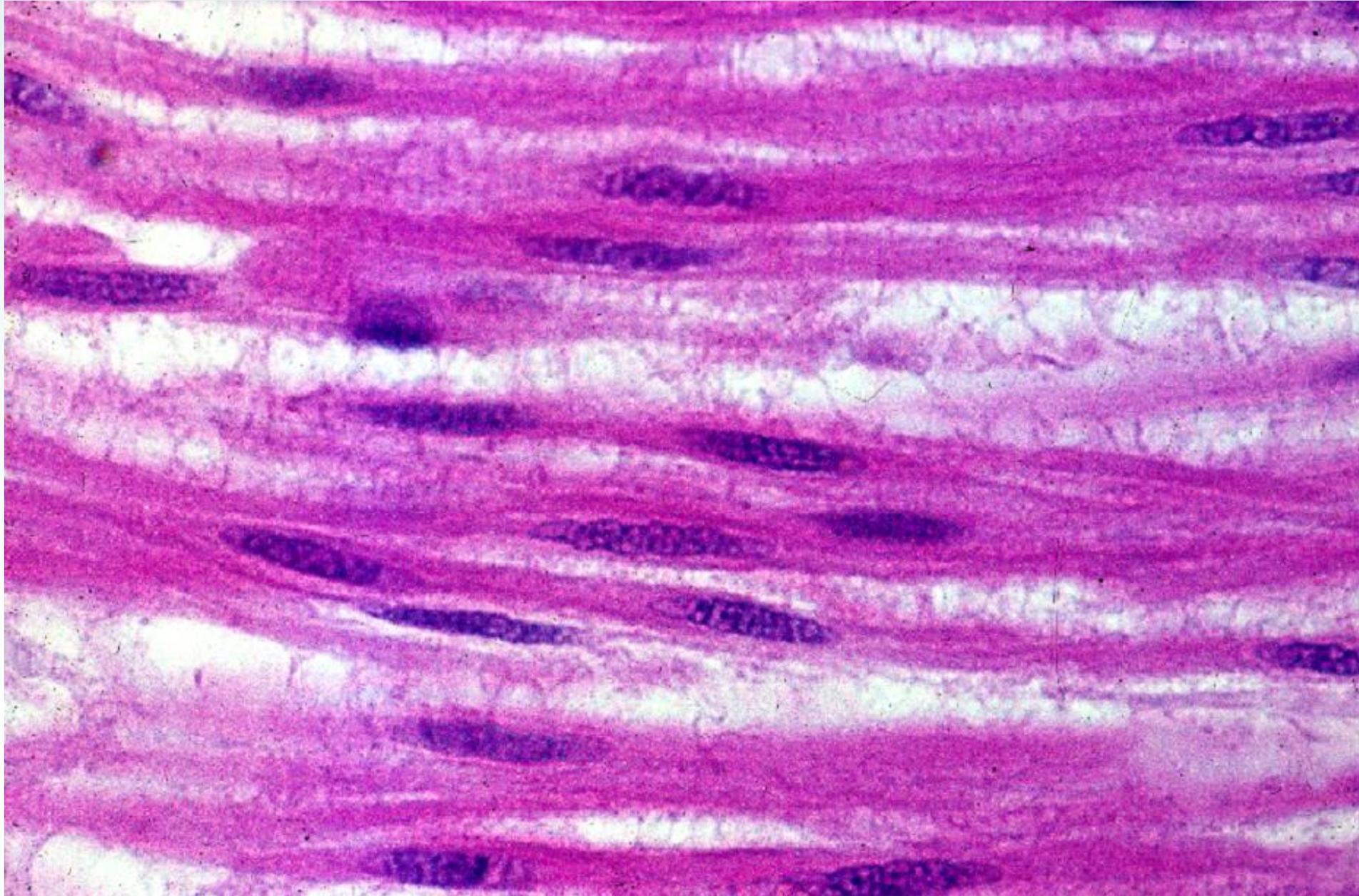
04-003 平滑筋

04-29 平滑筋 縦断 1. ヒト. H-E染色. x 160.



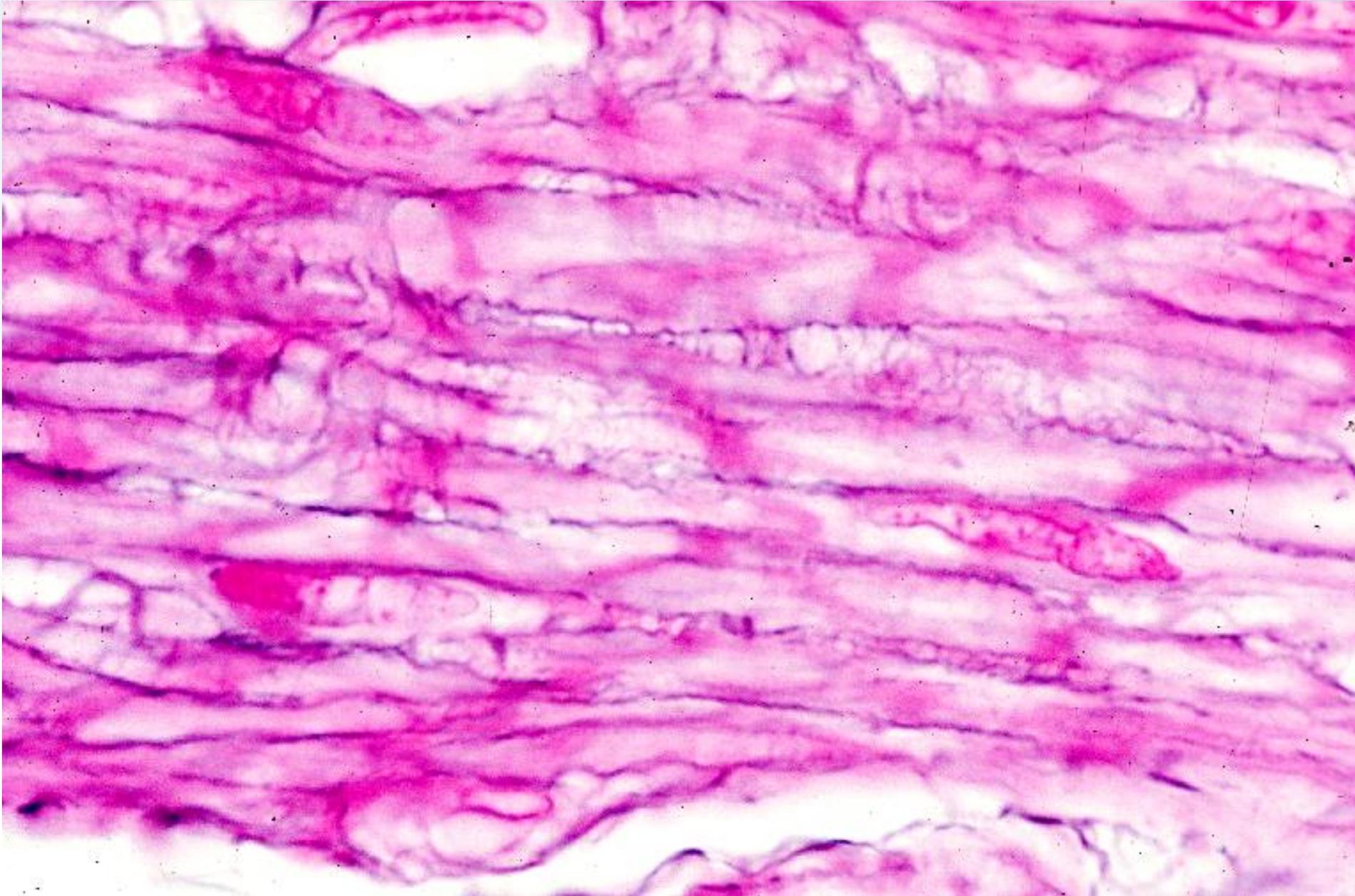
この図はヒトの十二指腸の筋層における平滑筋繊維で、大部分は縦断されている。個々の平滑筋繊維の中央部には1個の核が存在している。筋繊維は微細な細網繊維によって取り巻かれ、更にこれによって隣接の筋繊維に結び付けられている。個々の筋繊維の表面からでている微細なけばけばが、筋繊維どうしを結びつけている細網繊維である。

04-30 平滑筋 縦断 2.サル. H-E染色. x 250.



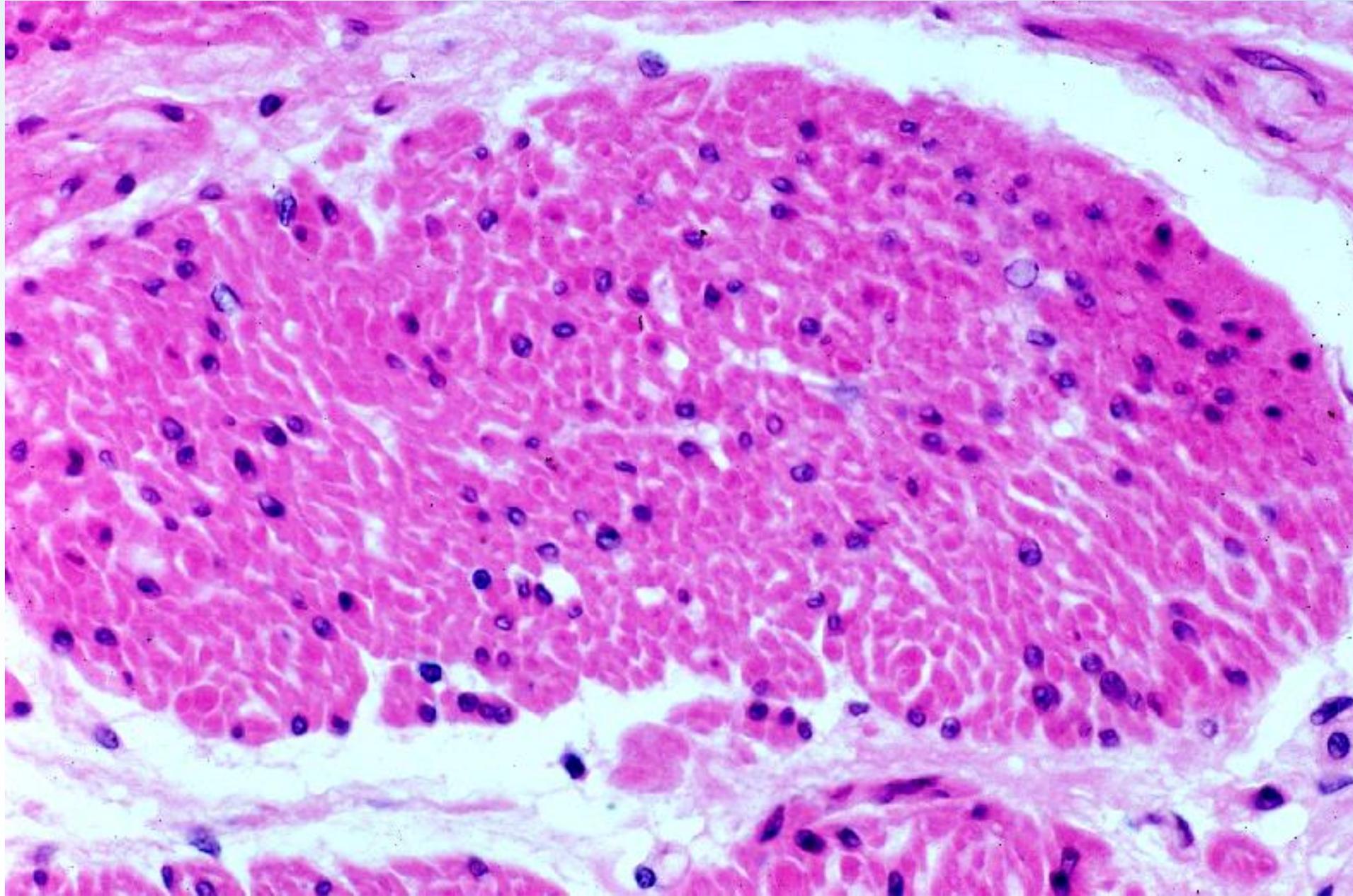
これも腸の平滑筋繊維の縦断像であるが、この平滑筋繊維は収縮しているため、その中央部にある核も長さを短縮されて、輪郭が凸凹している。この図では筋繊維どうしを結びつけている細網繊維のけばけばが特に著明である。

04-31 平滑筋 縦断 3. ヒト. 鍍銀法. x 250.



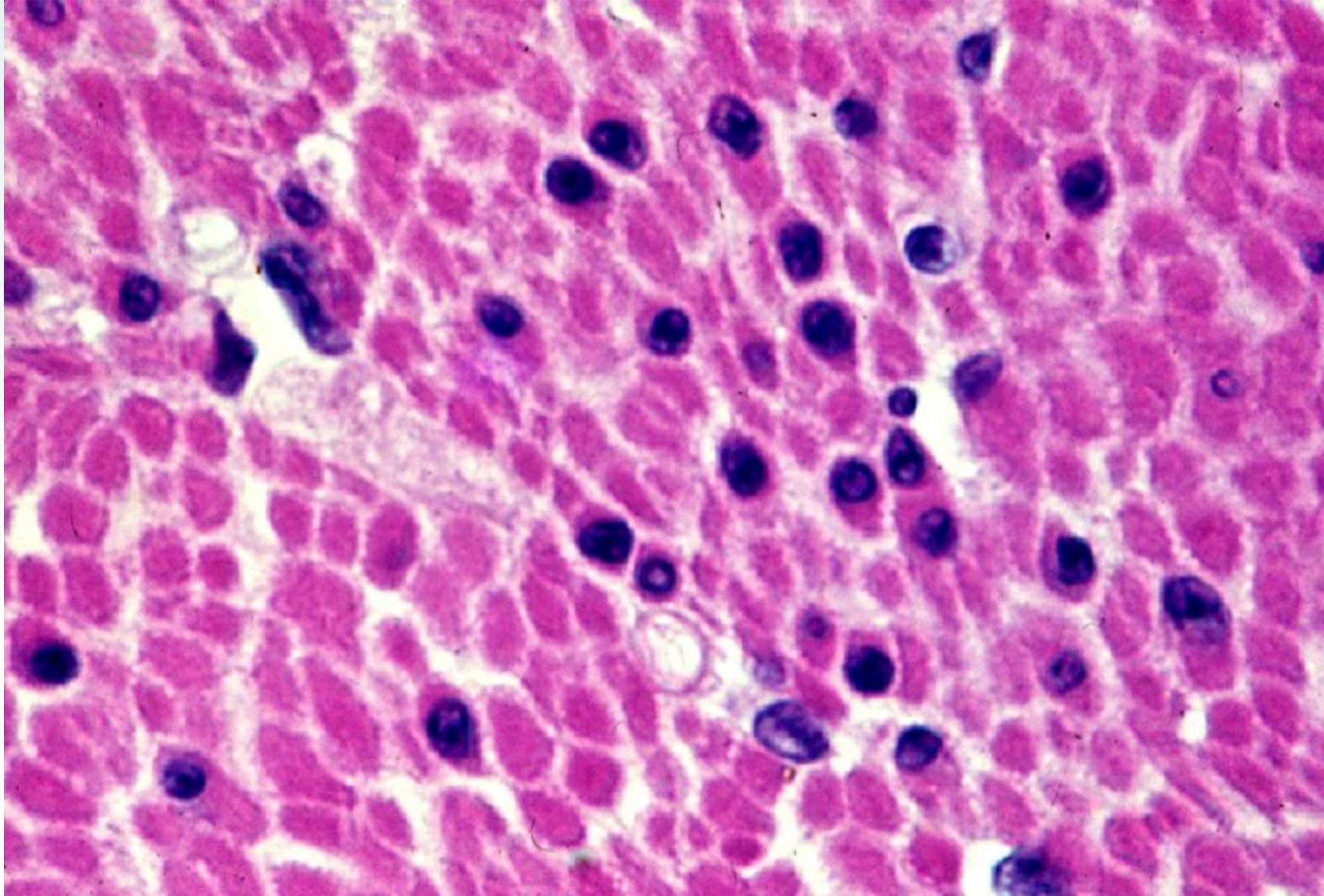
これはヒトの食道の鍍銀標本における、平滑筋層の縦断面である。個々の平滑筋繊維を取り巻く細網繊維、および隣接の平滑筋繊維を結びつける細網繊維が黒く染め出されている。鈴木氏鍍銀法の後、ケルンエヒロートで染色した。

04-32 平滑筋 横断 1. ヒト. H-E染色. x 160.

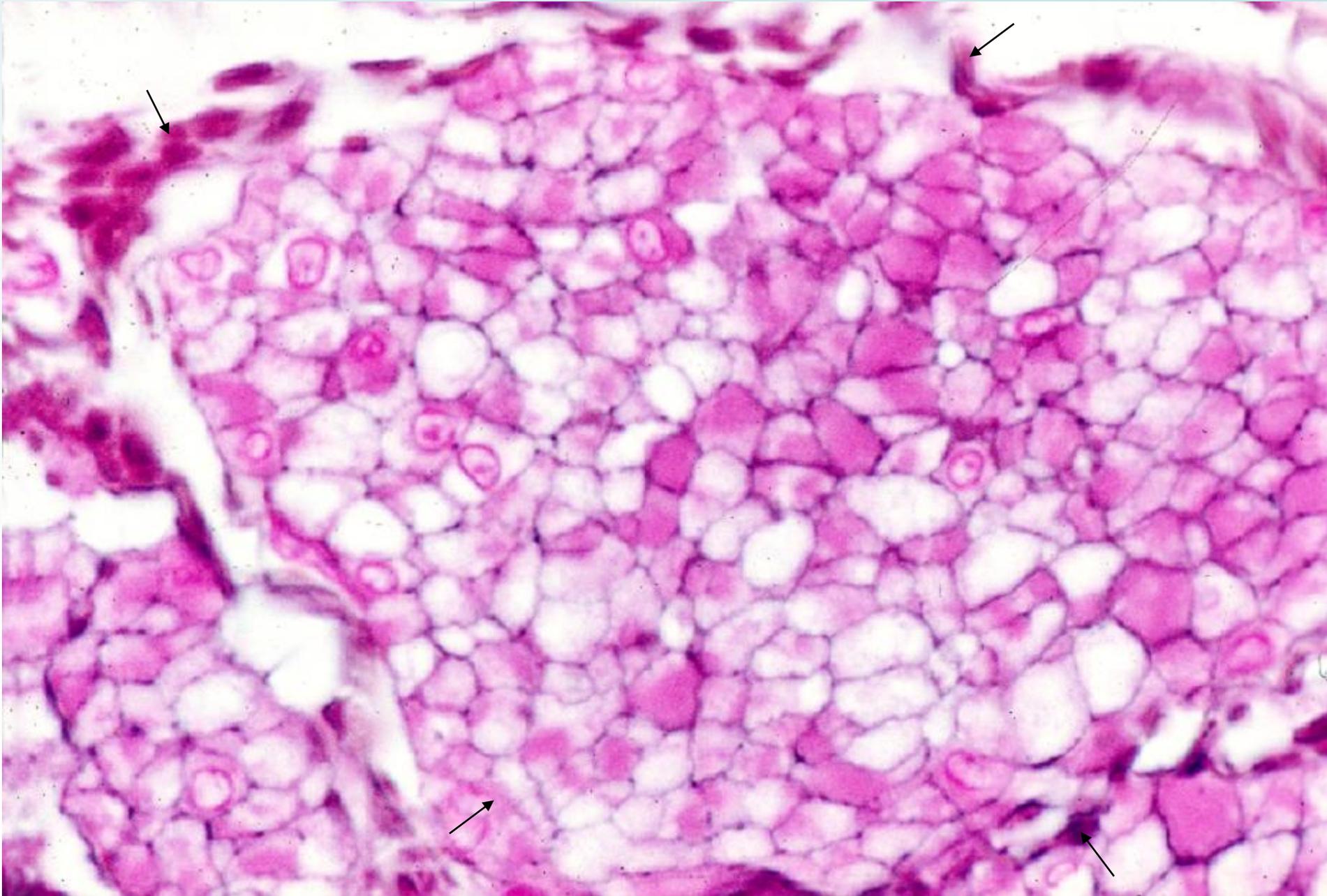


これはヒトの胃壁の筋層の平滑筋束の横断面である。細長い細胞体のほぼ中央部に1個の核が位置しているため、核を含む繊維の横断面より、核を含まない横断面のほうが圧倒的に多い。

04-33 平滑筋 横断 2. サル. H-E染色. x 400.



これはサルの胃壁の平滑筋層で、平滑筋繊維の横断面の強拡大である。核の存在部位で横断された繊維では、核は胞体の中央部にある。個々の平滑筋繊維の表面に生えているけばけばは、隣接の平滑筋繊維とを結ぶ細網繊維である。



これはヒトの食道の筋層の写真で、個々の筋繊維は微細な細網繊維で取り巻かれている。細網繊維で取り巻かれ纏められた平滑筋繊維群が少量の膠原繊維(茶褐色に染まっている、矢印)で束ねられて、平滑筋繊維束を作る。鈴木氏鍍銀法の後、ケルンエヒトロートで染色した標本。

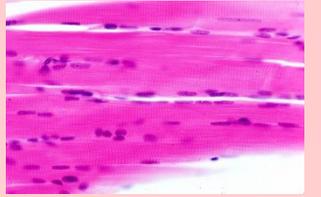
解説 - 04 筋組織

- ・ 適当な刺激に応じて細胞質が収縮するという性質が高度に発達した細胞を**筋細胞** (muscle cells) という。筋組織は筋細胞と、これを包みまとめる結合組織から成り立っており、内部に血管と神経を含んでいる。
- ・ 筋細胞は一般に細長い繊維状を呈するので、**筋繊維** (muscle fibers) ともいわれる。
- ・ 筋繊維には、その長軸に直交する明暗の横縞のある**横紋筋** (striated muscle) と、横紋の無い**平滑筋** (smooth muscle) とがあり、横紋筋には**骨格筋** (skeletal muscle) と、心臓を構築している**心筋** (cardiac muscle) の 2 種類がある。

解説 - 04-001 骨格筋

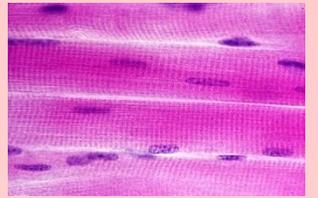
- ・ 骨格筋は骨に起始・停止して、骨と共に運動器官を形成する筋である。骨格筋細胞(骨格筋繊維)は直径 20~100 μm 、長さが最大で数 cm に達する長大な円柱状の細胞で、その全長にわたって、規則正しい明暗の横縞が認められる。
- ・ 明るい部分は単屈折性で I 帯(isotropic band)と呼ばれ、暗い部分は複屈折性で A 帯(anisotropic band)と呼ばれる。
- ・ A 帯の長さは一定で、約 1.5 μm であるが、I 帯の長さは筋繊維の収縮状態によって変化し、最大約 1.5 μm である。
- ・ 骨格筋細胞の細胞質(筋形質 sarcoplasm)は強い酸性好性を示し、特に A 帯がエオジンに濃染する。細胞質は細胞の長軸に平行に走る直径約 1 μm の微細な繊維(筋原繊維 myofibrils)で満たされている。筋原繊維は収縮を引き起こす主役で、横紋も個々の筋原繊維に存在している。
- ・ 発生の始めには個々の筋細胞は小さい円柱形または紡錘形の細胞であるが、これらが互いに融合して次第に長大な円柱状の細胞となる。これとともに筋原繊維が増加して、胞体内を埋め尽くし、多数存在する核を細胞の辺縁部に押しやる。

解説 - 04-01 骨格筋 縦断 1. ヒト. H-E染色. X 130.



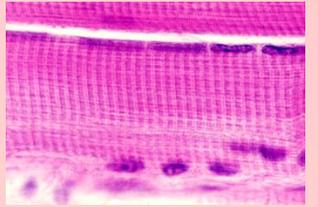
- ・ これはヒトの舌筋の一部である。骨格筋繊維は直径 $20\sim 100\mu\text{m}$ 、長さは数cmにも達する 太くて長い円柱状の多核の細胞で、その全長にわたって、この図に見るように、規則正しい明暗の横紋が認められる。明るい部分は単屈折性で I 帯 (isotropic band) と呼ばれ、暗い部分は複屈折性で A 帯 (anisotropic band) とよばれる。A 帯の長さは約 $1.5\mu\text{m}$ と一定であるが、I 帯の長さは筋繊維の収縮状態によって変動し、最も長い状態で約 $1.5\mu\text{m}$ である。
- ・ この図に見られるように、核は細長い楕円形で、比較的クロマチンに乏しくて明るく見え、細胞の辺縁部、即ち細胞膜の直下に点々と多数存在する。細胞質 (筋形質 sarcoplasm) は強い酸性好性を示し、H-E 染色ではエオジンに濃染する。特に A 帯が濃赤色に染まる。細胞質は細胞の長軸に平行に走る直径約 $1\mu\text{m}$ の微細な繊維 (筋原繊維 myofibrils) で満たされている。この筋原繊維が収縮を起こす主体で、横紋も個々の筋原繊維に存在している。

解説 - 04-02 骨格筋 縦断 2. サル. H-E染色. X 250.



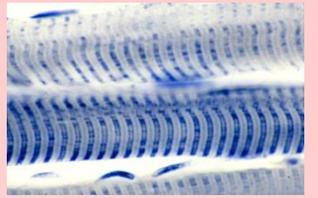
- ・ これはサルの舌筋の縦断面である。この図に見られるように、筋細胞の胞体は微細な筋原繊維 によって満たされ、個々の筋原繊維の明暗の縞が同調しているので、横縞が筋繊維全体を横断する。核は細長い楕円形で細胞の辺縁部、即ち細胞膜の直下に位置している。これは胞体を満たす筋原繊維 によって細胞の辺縁部に押しやられたのである。

解説 - 04-03 骨格筋 縦断 3. ヒト. H-E染色. X 400.



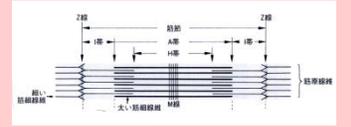
- これはヒトの舌筋の1本の骨格筋繊維の強拡大である。骨格筋繊維が多数の筋原繊維によって構築されていること、および個々の筋原繊維に存在する明暗の縞が同調して筋繊維全体を横切っていることがよく分る。この図ではI帯の中央に1本の細い暗線が明瞭に観察される。この暗線をZ帯といい、Z帯からZ帯までを筋の構成単位と考えて筋節(sarcomere)という。一つの筋節の長さは弛緩状態で約 $3\mu\text{m}$ である。この筋繊維の上縁に1列に並んでいる細長い核が、この筋細胞の核である。

解説 - 04-04 骨格筋 縦断 4. ラット. 鉄ヘマトキシリン染色. X 500.



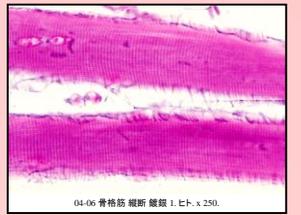
- これはラットのヒラメ筋を引き伸ばした状態で固定し、薄切した標本を、ワイゲルトの鉄ヘマトキシリンで染めたものである。この染色では A 帯が特に濃く染まる。この標本は筋を引き伸ばした状態で固定したものであり、これを図 04-03 と比較すると、A 帯の長さは両図でほぼ同じであるが、I 帯の長さはこの図 04-04 の方が著明に長い。そして図 04-04 では A 帯の中央に白く抜けた線が認められる。これを H 帯という。筋細胞が収縮すると、I 帯が狭く(短く)なり、H 帯が消失する。このメカニズムは電子顕微鏡での観察によっではじめて明らかになった(図 04-05 を見よ)。

解説 - 04-05 筋原繊維の電子顕微鏡像 模式図



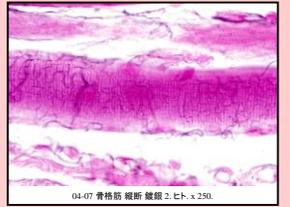
- ・これは電子顕微鏡による観察に基づいて、1本の筋原繊維の微細構造を表現した模式図である。この図は小川和朗・溝口史郎監著『組織学』の中の図を転載した。
- ・筋原繊維は明暗の横縞を示し、暗いところ(A帯)は複屈折性で、その長さは約 $1.5 \mu\text{m}$ である。この長さは筋繊維の収縮状態が変化しても殆ど変わらない。明るい単屈折性の部分(I帯)は筋繊維の収縮状態によって長さが大いに変化するが、最大で約 $1.5 \mu\text{m}$ である。
- ・電子顕微鏡で観察すると、A帯に一致して太い細繊維(直径 10 nm 、長さ $1.5 \mu\text{m}$)が整然と並んでおり、これらの太い細繊維の間に細い細繊維(直径 5 nm 、長さ $1 \mu\text{m}$)が一定の長さはまり込んでいる。太い細繊維はミオシン、細い細繊維はアクチンでできている。一方のZ帯から始まるアクチン繊維の末端と、対向する側のZ帯から始まるアクチン繊維の間の、アクチン繊維の無い領域がH帯である。H帯の中央部に暗い細線が見えることがある。これをM線という。
- ・アクチン繊維はミオシン繊維の間にはまり込んでいるが、その反対側の末端はZ線に結合している。Z線の内部では、アクチン繊維の末端は更に細い4本の終末枝に分れ、隣接のアクチン繊維の同様の終末枝と連結している。従って、Z線の内部ではアクチン繊維の結合部はジグザグ状となっており、これが1本の筋繊維の一方の表面から他方の表面にまで達して、筋繊維全体を横切っている。筋繊維が収縮する時にはアクチン繊維がミオシン繊維の間を滑ってH帯の中に入り込む。こうなるとH帯は短くなるか、場合によっては消えてしまい、I帯も著明に短くなる。この変化が筋繊維の全長にわたって起きるので、筋繊維全体が短縮するのである。この時に必要なエネルギーは、筋原繊維の間に多数存在するミトコンドリアによって、アデノシン3 燐酸(ATP)がアデノシン2 燐酸(ADP)に分解される際に解放されるエネルギーによって供給される。
- ・この図は小川和朗・溝口史郎監著『組織学』(文光堂)の中の図を転載した。

解説 - 04-06 骨格筋 縦断 1 . ヒト . H-E染色 . X 250.



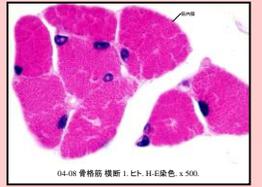
- これはヒトの食道の筋層を鍍銀法で染め、その後でケルンエヒトロート染色を施した標本である、ここに見られる 2 本の筋繊維は、ほぼ中軸部が縦断されている。筋繊維の上下のケバケバ状の黒線は筋繊維の表面に密着して筋繊維を包む銀好性繊維(細網繊維)である。これを筋内膜(endomysium)という。このような筋繊維が何本か膠原繊維によって束ねられて、筋繊維束を形成する。筋繊維束を包むこの膠原繊維の被膜を筋周膜(perimysium)という。

解説 - 04-07 骨格筋 縦断 鍍銀 2.. ヒト. X 250.



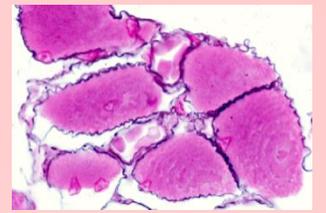
- ・ これは図 04-06 と同じヒトの食道の鍍銀標本で、1本の筋繊維の表面を見た写真である。この写真では筋繊維の表面に密着している筋内膜の銀好性繊維が、複雑に蛇行しながら筋繊維を包んでいる状態がよくわかる。

解説 - 04-08 骨格筋 縦断 鍍銀 2. ヒト. X 250.



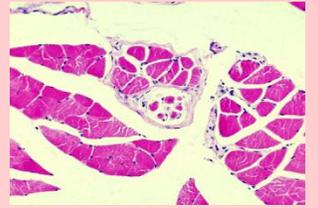
- これはヒトの舌筋の横断面である。個々の筋細胞の胞体は筋原繊維によって埋め尽くされ、核は細胞の辺縁部に押しやられている。個々の筋繊維の表面には微細な細網繊維の網工が密着して、筋繊維を包んでいる。これを筋内膜(endomysium)という。筋線維の核がこの筋内膜の直下に位置していることが明らかである。

解説 - 04-09 骨格筋 横断 鍍銀. ヒト. X 400.



- ・ これは図 04-06 及び 04-07 と同じ標本で見られた骨格筋繊維の横断面の鍍銀像である。これで見ると、筋内膜は筋繊維の表面に密着して、筋繊維を包んでいる。矢印は赤血球を含む毛細血管である。

解説 - 04-10 筋紡錘 横断 1 . ヒト . H-E染色 . X 64.



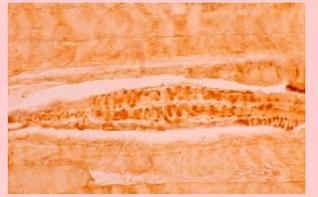
- ・ 器官としての骨格筋の内部には、筋の収縮状態を感知する**筋紡錘** (muscle spindle) と呼ばれる特別の感覚装置が存在する。筋紡錘は骨格筋束を包む筋周膜の中にはめ込まれている。
- ・ これはヒトの甲状舌骨筋の中に見られた筋紡錘(矢印)で、通常の太い骨格筋を束ねている筋周膜の中に、通常の骨格筋繊維よりは著明に細い、細胞の中軸部に核を含む 7 本の筋繊維が緩やかに束ねられている。

解説 - 04-11 筋紡錘 横断 2 . ヒト . H-E染色 . X 160.



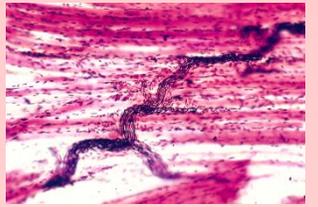
- これは図 04-10 の拡大で、筋紡錘の構造がよく分る。筋紡錘を構成する筋繊維は、通常の骨格筋繊維に比べると非常に細く、細胞の中軸部に核を含んでいる。これらの筋繊維はまとまって細長い紡錘形の構造体を形成する。個々の筋繊維には、その全長にわたって、知覚神経の末端がラセン状にグルグル巻きに纏絡している。H-E染色のこの標本では神経線維は観察できない。図 04-12 を見よ。

解説 - 04-12 筋紡錘 縦断. ラット. 抗原抗体反応. X 130.



- ・ これは筋紡錘に分布する知覚神経線維を、シナプトフィジンに対するモノクローナル抗体を用いる抗原抗体反応によって可視化したものである。ここには数本の細い筋繊維がまとまって細長い紡錘形の物体(筋紡錘)を作っており、個々の繊維に神経線維がラセン状にグルグル巻きに纏絡している状態が明らかに示されている。
- ・ これは三重大学 溝口 明教授作製の標本である。

解説 - 04-13 運動神経終板 1. サル. 鍍銀法. X 64.



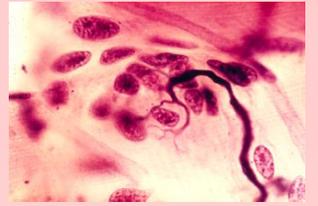
- ・ 骨格筋繊維は運動性脳脊髄神経によって支配されている。有髄神経線維として筋繊維束に入った運動神経は、枝分かれをしながら筋繊維に近づき、筋細胞膜に密着し、あるいは蛇行し、あるいは分枝を繰り返して終末分枝となり、全体として運動終板を形成する。
- ・ この図はサルの舌筋に見られた運動神経である。図のほぼ中央部において、左下から右上方に走る有髄繊維束の中ほどから左右に分枝が出て、蛇行しながら筋繊維の上に密着している状態が明らかである。鈴木氏鍍銀法で染めた標本。

解説 - 04-14 運動神経終板 2. サル. 鍍銀法. X 160.



- これは舌筋に対する運動終板の強拡大像である。図の右上から左下方に伸びてきた4本の神経線維の末端は、それぞれ髄鞘を失って数本の終末枝に分れ、1本の筋繊維の上に密着している。この終末分枝の上をシュヴァン細胞が変化した細胞が被って小さな高まりを作っている。これをドワイエール(Doyère)の丘という。この図で、終末分枝と重なっている多数の核が、ドワイエール丘を構築する細胞の核である。鈴木氏鍍銀法。

解説 - 04-15 運動神経終板 3. サル. 鍍銀法. X 400.



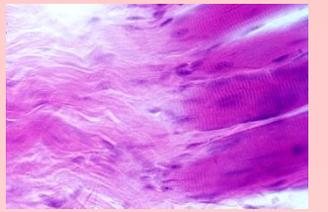
- ・ これも舌筋に対する運動神経終板である。右下から上方に進む神経線維は、なお髄鞘を持っており、矢印の核がシュヴァン細胞の核であり、黒く染まった神経線維の左右に微かに髄鞘の輪郭が認められる。この神経線維は、左に曲がる上端部で髄鞘を失って裸の軸索となり、直ちに数本の終末分枝に分かれる。筋繊維の上面に密着する終末分枝は、ドワイエール丘を構成する細胞の核で被われる。短い矢印は毛細血管である。鈴木氏鍍銀法。

解説 - 04-16 骨格筋 血管注入. ネコ. X 100.



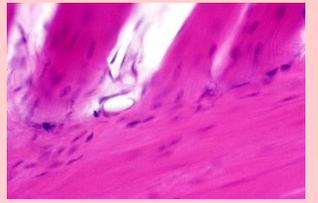
- ・ 器官としての骨格筋は血管に富む。これは血管に墨汁を注入したネコの舌筋で、カルミンで後染色してある。毛細血管および大小の血管は、筋繊維の走行に平行に、筋繊維に密着して走り、また筋繊維の間の狭い空間を走っている。

解説 - 04-17 筋腱結合 1. サル. H-E染色. X 160.



- 骨格筋はその末端において腱と結合している。骨格筋繊維の末端部が腱を構成する膠原繊維束の中に嵌入すると、筋繊維の細胞膜に密着して筋繊維を包んでいる筋内膜の細網繊維が直接腱の膠原繊維の間に進入して、筋と腱とを結びつける。この筋と腱との結合は極めて強固で、筋を腱から引き離すことは殆ど不可能である。
- この図では、4本の骨格筋繊維の末端が腱に移行する部位を示している。筋繊維の範囲では横紋が認められるが、筋と腱の結合が深まるにつれて横紋が不著明になり、腱への移行が完了すると横紋は全く認められなくなる。画面の左半分は腱の膠原繊維束である。

解説 - 04-18 筋腱結合 2. サル. H-E染色. X 160.

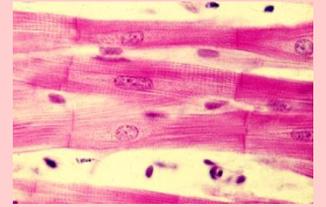


- ・ これは骨格筋繊維が斜めに骨膜に付着する部位である。右上から左下方に向かって進んできた 3 本の筋繊維の末端は、軽度に散開しながら腱に移行し、この腱が骨膜の膠原繊維に固く結合している。画面の右下方の濃赤桃色に染まっている部分が骨膜である。

解説 - 04-002 心筋

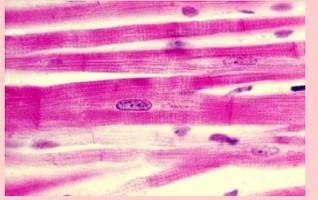
- 心筋は心臓を構築している横紋筋であり、心臓以外の部位には存在しない。心筋は骨格筋と異なり、個々に独立した円柱状の細胞が縦方向につらなり、また側枝によって隣接の細胞ともつらなり、全体として大きな器官である心臓を構築する。

解説 - 04-19 心筋 縦断 1. ヒト. H-E染色. X 250.



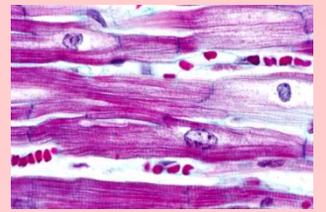
- ・ 心筋細胞は直径 $9\sim 20\mu\text{m}$ 、長さ $50\sim 150\mu\text{m}$ の円柱状の細胞で、その両端において隣の細胞と縦方向に結合し、更に側枝によって隣接の細胞とも結合して、全体として心臓の筋層を構築する巨大な網工を作っている。核は卵円形で細胞の中軸部に位置する。細胞体内に明瞭な横紋を示す筋原繊維が多数存在することは骨格筋と同様であるが、筋原繊維の密度が骨格筋に比べると比較的疎であるから、全体としての横紋は骨格筋ほど著明でない。
- ・ この図はヒトの心筋である。この図の中央には 3 個の心筋細胞が示されている。心筋細胞が隣の心筋細胞と結合する部位には、明瞭な境界線が認められる。これは介在板と呼ばれ、また光を強く屈折して光学顕微鏡観察では暗く見えるので、暗線とも呼ばれる(長い矢印)。核は細胞の中央部付近で細胞の中軸部に存在し、筋原繊維がこれを避けるように配列しているので、核の両側に比較的豊富な筋形質が認められる。短い矢印は隣の細胞と相互に連結する側枝である。心筋細胞と心筋細胞の間には比較的広い隙間があり、ここを毛細血管の密な網工が埋めている。

解説 - 04-20 心筋 縦断 2. ヒト. H-E染色. X 250.



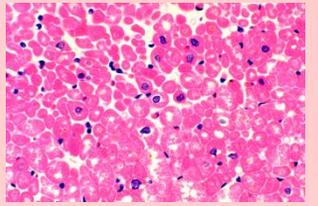
- ・ これもヒトの心筋である。中央の太い心筋細胞はその右端で上下二股に分れている。上の部分は側枝で、この細胞の上に隣接する細胞の側枝と連結している。側枝の連結部にも暗線が認められる(矢印)。

解説 - 04-21 心筋 縦断 3. ヒト. MG染色. X 250.



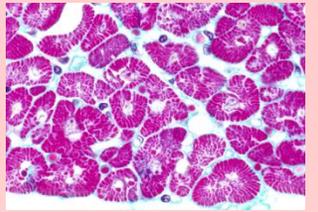
- ・ これはヒトの心筋をマッソン・ゴールドナー(MG)染色で染めたものである。これでは細胞相互の連結部である暗線が特に明瞭に染まっている。筋細胞と筋細胞の間の空間は、赤血球を含む毛細血管で埋められている。個々の筋細胞の表面は細網繊維の網工で包まれているのであるが、この図ではそれが明瞭に観察されない。図 04-23 を見よ。

解説 - 04-22 心筋 横断 1. ヒト. H-E染色. X 160.



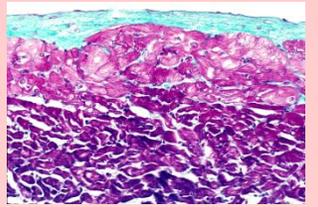
- ・ これはヒトの心筋繊維の横断面である。骨格筋繊維と異なり、核は細胞の中軸部に存在する。細胞の中軸部が白く抜けているのは、核の近傍で筋形質が豊富な部位である。核は 1 個の細胞に 1 個であるから、横断切片上では核を含まない断面の方が圧倒的に多い。

解説 - 04-23 心筋横断 2. ヒト. MG染色. X 250.



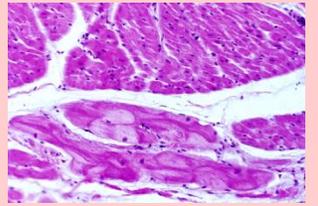
- ・ これはヒトの心筋の横断面の強拡大である。この標本は MG 染色であり、個々の筋細胞の表面を包んでいる細網繊維の網工が緑色の線として明瞭に観察される。個々の細胞は、大きさも形も様々であり、細胞の内部に含まれる筋原繊維の密度も一様でない。細胞間の空間を毛細血管が埋めていることも、よく分かる。
- ・ この図と骨格筋の横断面である図 04-08 及び 04-09 とを比較せよ。

解説 - 04-24 心筋 刺激伝導系 1. ヒト. MG染色. X 64.



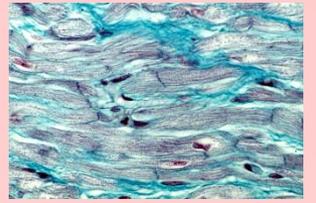
- ・ 心筋繊維には、心臓の筋層の大部分を構成している上述の心筋繊維(これを作業心筋と呼ぶ)の他に、心臓の自動運動のリズムを作り、これを作業心筋に伝える**刺激伝導系**と総称される特殊心筋繊維群が存在する。特殊心筋繊維は一般に筋形質に富み、比較的筋原繊維に乏しい。筋形質中には大量のグリコーゲンが含まれている。
- ・ この図はヒトの心内膜の直下を走っているプルキンエ(Purkinje)繊維と呼ばれるものである。この筋繊維は画面の下半分を占める作業心筋に比べると太く、筋原繊維が乏しいので明るく見える。

解説 - 04-25 心筋 特殊心筋繊維 1 . ウシ . H-E染色 . X 64 .



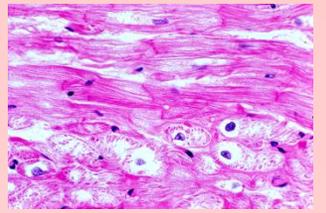
- ・ これはウシの心臓の作業心筋の間を走っているプルキンエ繊維束である。ウシのプルキンエ繊維は特別に太い。これを画面の上半分を占めている作業心筋と比べると、筋繊維の太さの違いは歴然である。

解説 - 04-26 心筋 特殊心筋繊維 2 . ヒト . MG染色 . X 160 .



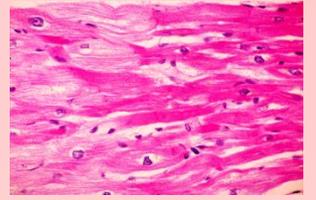
- ・ これはヒトの特殊心筋繊維の MG 染色標本である。筋繊維の内部は筋原繊維に乏しく、明るい。細胞境界である暗線が明瞭に観察される。筋繊維の間は微細な結合組織繊維で埋められている。

解説 - 04-27 心筋 特殊心筋繊維 3. ヒト. H-E染色. X 250.



- ・ これはヒトの特殊心筋繊維の横断像(下方約1/3)と縦断像(上方約2/3)である。

解説 - 04-28 心筋 特殊心筋と作業心筋. ヒト. H-E染色. X 160.

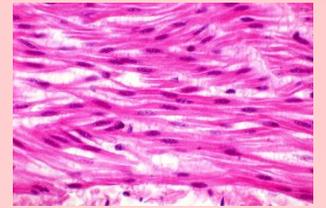


- ・ これは特殊心筋繊維が作業心筋繊維に接続する場面である。画面の左半分を占める特殊心筋繊維の一本、一本が、それぞれ、画面の右半分を占める作業心筋に接続している。

解説 - 04-003 平滑筋

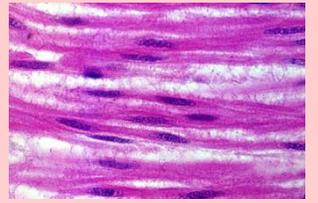
- ・ 平滑筋は内臓の壁や、血管の壁に存在し、自律神経の支配の下で、これらの器官の運動や緊張状態の維持にあずかっている。
- ・ 平滑筋繊維は細長い繊維状の細胞で、直径 $4\sim 8\mu\text{m}$ 、長さは $20\sim 500\mu\text{m}$ と変化に富む。細長い胞体の中央部に 1 個の長楕円形の核を持つ。細胞体は強い酸性好性を示し、エオジンやピクリン酸に一様に濃染する。細胞質の内部には、横紋筋におけるような筋原繊維は認められない。

解説 - 04-29 平滑筋 縦断 1 . ヒト . H-E染色 . X 160.



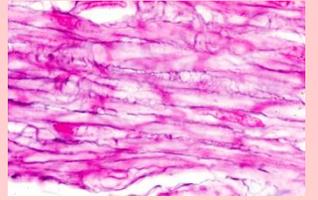
- ・ この図はヒトの十二指腸の筋層における平滑筋繊維で、大部分は縦断されている。個々の平滑筋繊維の中央部には 1 個の核が存在している。筋繊維は微細な細網繊維によって取り巻かれ、更にこれによって隣接の筋繊維に結び付けられている。この図で、個々の筋繊維の表面から出ている微細なけばけばが、筋繊維どうしを結びつけている細網繊維である。

解説 - 04-30 平滑筋 縦断 2 . サル. H-E染色. X 250.



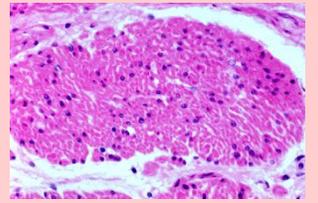
- ・ これも腸の平滑筋繊維の縦断像であるが、この平滑筋繊維は収縮しているので、その中央部にある核も長さを短縮されて、輪郭が凸凹している。この図では筋繊維どうしを結びつけている細網繊維のけばけばが特に著明である。

解説 - 04-31 平滑筋 縦断 3. ヒト. 鍍銀法. X 250.



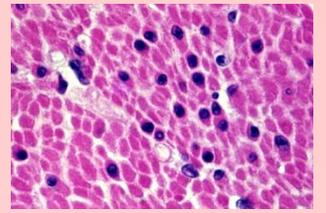
- ・ これはヒトの食道の鍍銀標本における、平滑筋層の縦断面である。個々の平滑筋繊維を取り巻く細網繊維、および隣接の平滑筋繊維を結びつける細網繊維が黒く染め出されている。
- ・ 鈴木氏鍍銀法の後、ケルンエヒトロートで染色した。

解説 - 04-32 平滑筋 横断 1 . ヒト . H-E染色 . X 160.



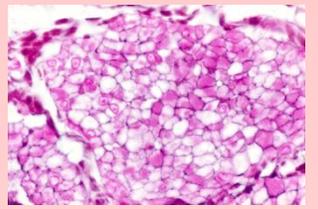
- ・ これはヒトの胃壁の筋層の平滑筋束の横断面である。細長い細胞体のほぼ中央部に 1 個の核が位置しているため、核を含む繊維の横断面より、核を含まない横断面のほうが圧倒的に多い。

解説 - 04-33 平滑筋 横断 2 . サル. H-E染色. X 400.



- ・ これはサルの胃壁の平滑筋層で、平滑筋繊維の横断面の強拡大である。核の存在部位で横断された繊維では、核は胞体の中央部にある。個々の平滑筋繊維の表面に生えているけばけばは、隣接の平滑筋繊維とを結ぶ細網繊維である。

解説 - 04-34 平滑筋 横断 3. ヒト. 鍍銀法. X 250.



- ・ これはヒトの食道の筋層の写真で、個々の筋繊維は微細な細網繊維で取り巻かれている。細網繊維で取り巻かれ纏められた平滑筋繊維群が少量の膠原繊維(矢印、茶褐色に染まっている)で束ねられて、平滑筋繊維束を作る。
- ・ 鈴木氏鍍銀法の後、ケルンエヒトローで染色した標本。