

Stefan DUBAS

**Badania nad układem włókien sprężystych  
w odcinkach baroreceptyjnych tętnic człowieka**

**Исследования над расположением эластических волокон  
в барорецептивных участках артерий человека**

**Investigations on the System of Elastic Fibres  
in the Baroreceptive Segment of the Artery in Man**

Odkrycie nerwu depresyjnego serca przez Cyona i Ludwiga (1866), znalezienie w ścianie łuku aorty jego zakończeń, specyficznie wrażliwych na wzrost ciśnienia krwionośnego, zapoczątkowało liczne prace histologiczne i fizjologiczne, dotyczące budowy i zachowania się tego odcinka tętnicy głównej (Argaud, Suchard, Reinecke, Waldeyer, Benninghoff, Stahel, Thoma, Stążka). W kilkadziesiąt lat później zostały stwierdzone także analogiczne zakończenia nerwowe w obrębie zatoki tętnicy szyjnej. Ściana łuku aorty i zatoki tętnicy szyjnej otrzymały w fizjologii nazwę pól pres- lub baroreceptyjnych. Prace C. Heymansa, Hołobuta, Bykowa i Stążki podają znaczenie fizjologiczne tych pól.

W dostępnej mi literaturze nie znalazłem prac dotyczących budowy histologicznej tych odcinków naczyń, jak również zachowania się w nich włókien sprężystych, odpowiedzialnych za stopień sprężystości ściany naczynia i wielkości jej odkształcenia.

**MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ**

Badania przeprowadzono na odcinku łuku aorty (*arcus aortae*) i zatoki tętnicy szyjnej (*sinus caroticus*) 12 osób zdrowych w wieku od 20 do 42 lat. Materiał pochodził z sekcji sądowych, wykonywanych w Zakładzie Medycyny Sądowej Akademii Medycznej w Lublinie. Wycinki tętnic utrwalano w płynach Schaffera, Flemminga, Bouina i formaliną 5, 10 i 12%. Skrawki mikrotomowe grubości 7—10 mikronów oglądano jedno bez podbarwiania w świetle ultrafioletowym, wykorzystując fluorescencję rodzimą włókien sprężystych, drugie natomiast podbarwiano roztworem fluoresceiny 1:1000. Z metod jedną i wielobarwnych zastosowano barwienie fukseliną wg Weigerta, orceiną i fuksyną aldehydową wg Gomoriego, oraz Mallorygo i eozyną z błękitem metylowym.

## BADANIA WŁASNE I OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jak wykazały nasze poprzednie badania, ilość i układ przestrzenny włókien sprężystych w ścianie tętnic człowieka zależne są od umiejscowienia naczynia i jego roli fizjologicznej (Dubas S. 1957, 1958). W ścianie naczynia dużego (aorty, tętnicy szyjnej wspólnej) istnieje trójwarstwowy układ włókien sprężystych o przebiegu współśrodkowym, przy czym włókna błon wewnętrznej i zewnętrznej mają przebieg falisty, zaś w błonie środkowej bardziej prostolinijny (ryc. 1). Poszczególne włókna wszystkich warstw łączą się pomiędzy sobą cienkimi włóknami sprężystymi, których wielokierunkowy przebieg stwarza rodzaj sieci sprężystej. Włókna te są odgałęzieniami włókien sprężystych układowych. Grubość włókien sprężystych tych naczyń zwiększa się obwodowo. Należy zaznaczyć, że tak w aorcie jak i w tętnicy szyjnej wspólnej błony wewnętrzna i zewnętrzna nie wytwarzają błon sprężystych.

**Łuk aorty (*arcus aortae*).**

Błona wewnętrzna łuku aorty jest bardzo słabo rozwinięta — stanowi ją cieniutkie pasemko tkanki łącznej, w którym obserwuje się 2—4 prostolinijnych włókien sprężystych o przebiegu okrężnym (ryc. 2). Włókna te połączone są pomiędzy sobą cienkimi włóknami sprężystymi.

W środkowej błonie łuku aorty włókna sprężyste są grube, prostolinijne o przebiegu okrężnym (ryc. 2). Wytwarzają one błony okienkowane zbudowane z grubych (1—2 mikronów) włókien sprężystych jakby wtopionych w istotę łącznotkankową. W warstwie tej obok zasadniczych błon okienkowatych, których ilość wynosi 80—85, obserwuje się przy użyciu mikroskopu fluorescencyjnego delikatną siateczkę cienkich włókien sprężystych łączących błony okienkowane pomiędzy sobą (ryc. 3). Obserwuje się w niej również grube włókna sprężyste o przebiegu podłużnym.

Włókna sprężyste przydanki łuku aorty są nieliczne, bardzo grube, okrężne, lekko pofałdowane, z dużą zawartością elastyny. W wewnętrznej warstwie przydanki natomiast występują one dość licznie, ale przebieg ich jest podłużny. Pomiedzy włóknami o przebiegu okrężnym i podłużnym przebiegają cienkie włókna sprężyste łączące, wytwarzające gęstą siatkę sprężystą przydanki. W sąsiedztwie naczyń przydanki występuje duża ilość cienkich włókien o przebiegu siatkowym.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji można przypuszczać, że przy braku komórek mięśniowych w ścianie łuku aorty włókna sprężyste spełniają główną i zasadniczą rolę w fizjologii tego odcinka aorty. Brak pofałdowania tych włókien i ich trójkierunkowy przebieg okrężny, podłużny i promienisty (siatkowaty) stwarza stałą, mało podatną na

odkształcanie osłonę fizjologiczną naczyń (ryc. 2, 3). W wyniku takiej budowy ściany naczyń łuk aorty zachowuje się prawie podobnie jak rura sztywna, i nawet nieznaczny wzrost ciśnienia powoduje maksymalne napięcie ściany, co niewątpliwie stwarza bodźce dla zakończeń nerwowych baroreceptorów i utrzymuje ich ośrodek w stałym napięciu.

#### Zatoka tętnicy szyjnej (*sinus caroticus*).

Trójkierunkowy i trójwarstwowy układ włókien sprężystych zatoki szyjnej przypomina obraz histologiczny aorty. Błona wewnętrzna bardzo słabo rozwinięta zawiera delikatną siateczkę z włókien sprężystych. Włókna te o nieregularnym przebiegu okrężnym, podłużnym i skośno-spiralnym, łączą się z grubymi włóknami sprężystymi błony środkowej (ryc. 4). Błona środkowa utworzona jest z licznych włókien sprężystych o przebiegu okrężnym, wytwarzających błony okienkowane w ilości 36—45. Podobnie jak w łuku aorty posiadają one przebieg okrężny, prostoliniowy. Pomiedzy błonami sprężystymi (okienkowatymi) można obserwować cienkie, siatkowate włókna sprężyste łączące (ryc. 4, 5). Włókna te pozostają w łączności z komórkami mięśnia gładkiego, oplatając je. Uwidocznienie i przesledzenie zachowania się cienkich włókien sprężystych charakteru siatkowego jest możliwe przy użyciu do badań promieni ultrafioletowych mikroskopu fluorescencyjnego (ryc. 5). Włókna te można również obserwować na preparatach histologicznych ściany zatoki szyjnej barwionych fuksyną aldehydową wg Gomoriego, jednak lekki odczyn dyfuzyjny fuksyny w komórkach mięśnia gładkiego i włóknach klejnorodnych zaciera wyrazistość siatkowatego ich przebiegu (ryc. 6). Przydanka zatoki szyjnej jest dość uboga we włókna sprężyste. Występujące w niej włókna są cienkie o przebiegu regularnie okrężnym i tylko nieliczne mają przebieg skośnie podłużny. W sąsiedztwie małych naczyń i nerwów przydanki obserwuje się cienkie włókna sprężyste o przebiegu różnokierunkowym, siatkowatym.

Obserwowany przez nas trójkierunkowy i trójwarstwowy układ włókien sprężystych i siatkowate (promieniste) połączenia pomiędzy nimi przypominają bardzo budowę histologiczną ściany łuku aorty. Niemniej jednak wzmocnienie tego rusztowania sprężystego komórkami mięsnymi w obrębie błony środkowej naczyń wpływa w zasadniczy sposób na elastyczność ściany badanego odcinka naczyń. Wysokość zatem ciśnienia tętniczego w *sinus caroticus* nie zależy wyłącznie od ilości, ukształtowania i napięcia włókien sprężystych, jak to ma miejsce w łuku aorty, ale w dużym stopniu zależne jest od stanu czynnościowego zespołu komórek mięśnia gładkiego. Te dwa czynniki razem wzięte (włókna sprężyste i komórki mięśnia gładkiego) stanowią o elastyczności ściany zatoki szyjnej, a co za tym idzie i o stanie napięcia ściany naczyń,

oraz o roli bodźcowej dla baroreceptorów tego odcinka. Włączone w budowę ściany zatoki szyjnej komórki mięśnia gładkiego warunkują większe możliwości odkształcania i rozciągania jej, a także umożliwiają regulację na drodze nerwowej.

#### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań doszliśmy do przekonania, że:

1. W ścianie łuku aorty włókna sprężyste spełniają główną i zasadniczą rolę w fizjologii tego odcinka tętnicy głównej.
2. Brak popałowania włókien sprężystych i ich trójkierunkowy przebieg okrężny, podłużny i promienisty stwarza stałą, mało podatną na odkształcanie osłonę fizjologiczną naczynia.
3. Łuk aorty zachowuje się prawie podobnie jak rura sztywna, nawet nieznaczny wzrost ciśnienia powoduje maksymalne napięcie ściany naczynia.
4. Wysokość ciśnienia tętniczego i napięcie ściany naczynia w *sinus caroticus* nie zależy wyłącznie od ilości i ukształtowania włókien sprężystych, ale także od stanu czynnościowego zespołu komórek mięśnia gładkiego.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Argaud R.: C. r. Assoc. Anat. No. 3, 299, 1903; 2. Benninghoff A.: Anat. Anz. 66, 244—247, 1928; 3. Bykow K. M. i współpracownicy: Podręcznik fizjologii PZWL, Warszawa 1957. 4. Dubas S.: Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska Sec. D. 12, 239—254, 1957; 5. Dubas S.: Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska. Sec. D. 13, 25—34, 1958; 6. Hołobut W.: Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska. Sec. D. 10, 423—440, 1955; 7. Heymans C., Bouckaert J., Reniers P.: Le sinus Carotidien. Paryż 1933; 8. Reinecke O.: Arch. mikrosk. Anat. 89, 15, 1917; 9. Stähel H.: Arch. f. Anat. 45, 307, 1886; 10. Stążka W.: Ann. Univ. Mariae Curie Skłodowska. Sec. D. 10, 459—468, 1955; 11. Suchard E.: Archives Anat. microsc. 5, 457—484, 1902; 12. Thoma R.: Beitr. path. Anat. 66, 268—337, 1920; 13. Waldeyer A.: Z. mikrosk. Anat. Forschg. 11, 181, 1927.

#### OBJAŚNIENIE RYCIŃ

Ryc. 1. **Aorta** (*aorta thoracica*). Utrwalanie alkohol-formol, barwienie fukseliną wg Weigerta. Włókna sprężyste tworzą trzy warstwy określające grubość błon ściany naczynia. Mikrofot. ROW, Pow. ca 2000 X.

Ryc. 2. **Łuk aorty** (*arcus aortae*). Utrwalanie alkohol-formol, barwienie fuksyną aldehydową wg Gomoriego. Włókna sprężyste w błonie środkowej i zewnętrznej o przebiegu okrężnym, w błonie wewnętrznej delikatna siatka. Mikrofot. ROW, pow. ca 2000 X.

Ryc. 3. **Łuk aorty** (*arcus aortae*). Błona środkowa. Utrwalanie formaliną 10%<sup>o</sup>. Włókna sprężyste świecą kołosem jasno zielonym w świetle ultrafioletowym. Widoczne włókna okrężne (błony okienkowate), podłużne i promieniste. Mikroskop fluorescencyjny. Practina FX, pow. ca 2800 X.

Рис. 4. *Zatoka szyjna (sinus caroticus)*. Утрwalanie: пlyn Bouina, barwienie fukseliną wg. Weigerta. Trójwarstwowy układ włókien sprężystych. W błonach wewnętrznej i zewnętrznej widoczna sieć cienkich włókien sprężystych. Mikrofot. ROW. pow. ca 1800 X.

Рис. 5. *Zatoka szyjna (sinus caroticus)*. Утрwalanie formaliną 5%. W błonach wewnętrznej i środkowej włókna sprężyste świecą w świetle ultrafioletowym na całej szerokości. Mikroskop fluorescencyjny. Practina FX. pow. ca 1800 X.

Рис. 6. *Zatoka szyjna (sinus caroticus)*. Бłona środkowa. Утрwalanie alkohol-formol, barwienie fuksyną aldehydową wg. Gomoriego. Widoczne błony okienkowe o przebiegu okrężnym. Pomіędzy błonami delikatna siatka włókien sprężystych łączących. Mikrofot. ROW, pow. ca 2600 X.

## РЕЗЮМЕ

На основании произведенных исследований автор пришел к убеждению, что:

1. в стенке дуги аорты эластические волокна выполняют главную и основную роль в физиологической деятельности этой части аорты;
2. отсутствие складчатости эластических волокон и кольцеобразное, продольное и радиальное расположение создают постоянный, мало податливый к деформированию физиологический покров сосуда;
3. дуга аорты обладает почти такими же свойствами, как неподвижная труба; даже незначительное повышение давления вызывает максимальное напряжение стенки сосуда;
4. высота артиреального давления и степень напряжения стенки сосуда в *sinus caroticus* не зависит исключительно от количества и расположения эластических волокон, но также и от функционального состояния комплекса клеток гладкой мышцы.

## ОБЪЯСНЕНИЯ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Аорта (*aorta thoracica*). Фиксиров. — алкоголь формол, окрашивание фукселином по Вейгерту. Эластические волокна образуют три слоя, определяющие толщину оболочек стенки сосуда. Mikrofot. ROW. Увел. около 2000 X.

Рис. 2. Дуга аорты (*arcus aortae*). Фиксиров. — алкоголь формол, окрашивание альдегидным фуксином по Гомори. Эластические волокна в средней и внешней оболочках расположены кольцеобразно, во внутренней оболочке тонкая сетка. Mikrofot. ROW. Увел. около 2000 X.

Рис. 3. Дуга аорты (*arcus aortae*). Средняя оболочка. Фиксиров. 10%-ым формалином. Эластические волокна светят светло-зеленым цветом в ультрафиолетовом свете. Видны волокна расположенные кольцеобразно, продольно и радиально. Флюоресценционный микроскоп. Practina FX. Увел. около 2800 X.

Рис. 4. Пазуха сонной артерии (*sinus caroticus*). Фиксиров. жидкость Буина, окрашивание фукселином по Вейгерту. Трехслойное расположение эластических волокон. Mikrofot. ROW. Увел. около 1800 X.

Рис. 5. Пазуха сонной артерии (*sinus caroticus*). Фиксиров. 5%-ым формалином. Во внутренней и средней оболочках эластические волокна светят на всей своей широте

в ультрафиолетовом свете. Флюоресценционный микроскоп. Practina FX. Увел. около 1800 X.

Рис. 6. Пазуха сонной артерин (*sinus caroticus*). Средняя оболочка. Фиксиров. — алкоголь формол, окрашивание альдегидным фуксином по Гомори. Видны кольцеобразные эластичные окончатые мембраны. Между оболочками тонкая сетка соединяющих эластических волокон. Микрофот. ROW. Увел. около 2600 X.

## SUMMARY

The investigations carried out by the author led to following conclusions:

1. The elastic fibres in the wall of the arch of the aorta have the chief and basic function in the physiology of this part of the aorta.

2. The lack of plica in the elastic fibres and their three-dimensional, circular, longitudinal and radiate course offers permanent physiological coat of the artery. The coat is not liable to yielding.

3. The arch of the aorta works like a tube. Even a slight increase of pressure causes maximum tension in the wall of the artery.

4. The height of the arterial pressure and of the tension in the wall of *sinus caroticus* do not depend exclusively on the quantity and formation of the elastic fibres. It depends also on the functional state of all smooth muscle cells of the artery.

## EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 1. The aorta (*aorta thoracica*). Alcohol formol fixation. Stained with fuchseline according to Weigert's method. Elastic fibres form three layers which determine the thickness of the membranes forming the walls of the aorta. The photomicrograph was taken with a Rathenow (ROW) microscope. X c. 2000.

Fig. 2. The arch of the aorta (*arcus aortae*). Alcohol formol fixation. Stained with aldehyde fuchseline according to Gomori's method. In the medial and external membranes, the course of the fibres is circular. In the internal membrane the fibres form a fine net. The photomicrograph was taken with a Rathenow (ROW) microscope. X c. 2000.

Fig. 3. The arch of the aorta (*arcus aortae*). The medial membrane. 10 per cent formol fixation. The elastic fibres shine with a lightgreen colour in ultra-violet rays. Note longitudinal, circular and radiate (fenestrated membranes) fibres. A fluorescent microscope. Practina FX camera. X c. 2800.

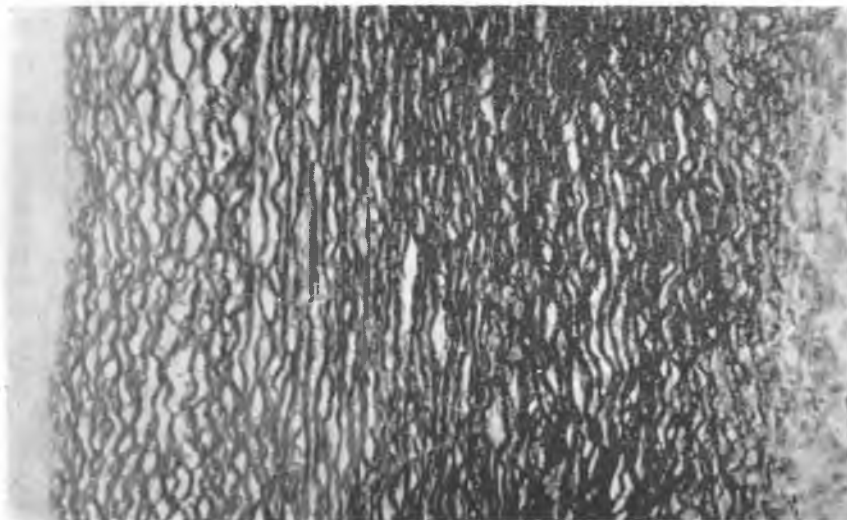
Fig. 4. The carotid sinus (*sinus caroticus*). Bouin's fluid fixation. Stained with fuchseline according to Weigert's method. Elastic fibres situated in three layers. In the external and internal membranes a fine net of elastic fibres is visible. The photomicrograph was taken with a Rathenow (ROW) microscope. X c. 1800.

Fig. 5. The carotid sinus (*sinus caroticus*). 5 per cent formol fixation. In the internal and medial membranes, the whole width of the elastic fibres shines in ultra-violet rays. A fluorescent microscope. Practina FX camera.  $\times$  c. 1800.

Fig. 6. The carotid sinus (*sinus caroticus*). The medial membrane. Alcohol formol fixation. Stained with aldehyde fuchsine according to Gomori's method. The course of the fenestrated membranes is circular. A fine net composed of elastic connecting fibres is visible between the fenestrated membranes. The photomicrograph was taken with a Rathenow (ROW) microscope.  $\times$  c. 2600.



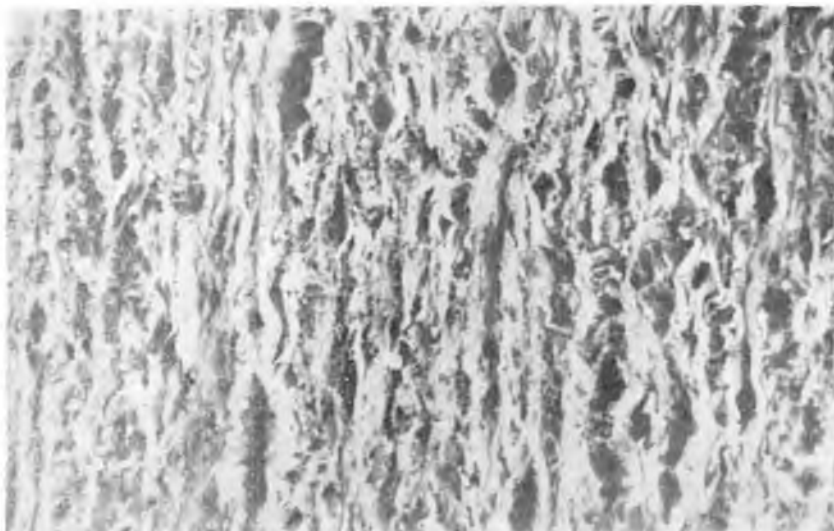




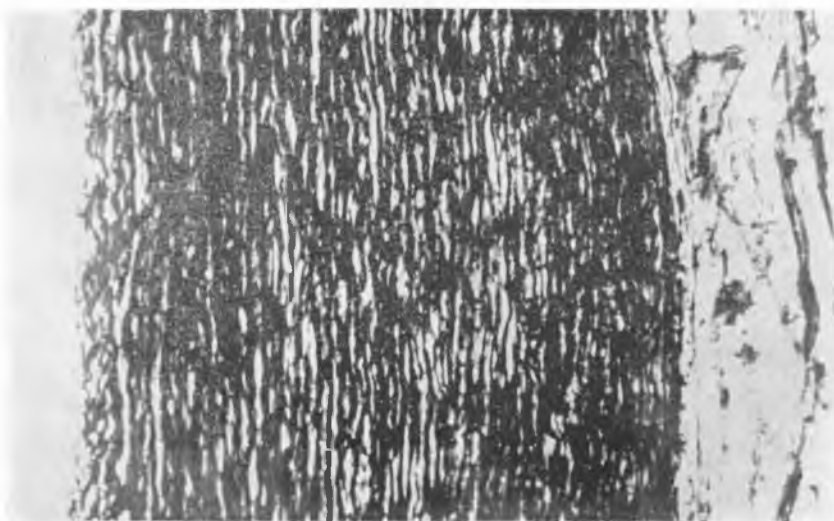
Ryc. 1.



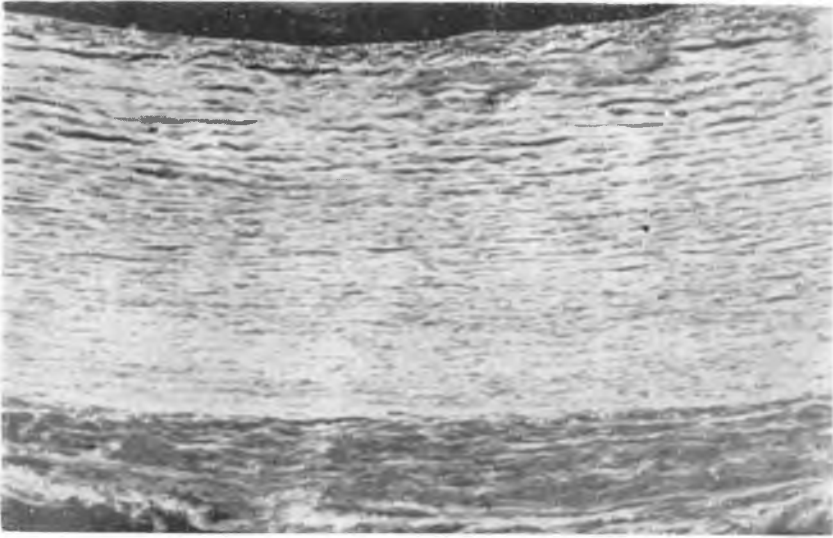
Ryc. 2.



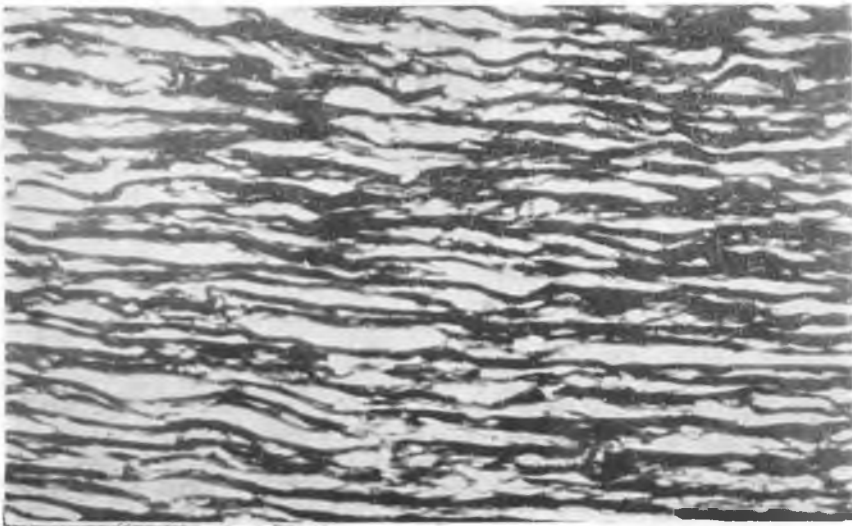
Ryc. 3.



Ryc. 4.



Ryc. 5.



Ryc. 6.

