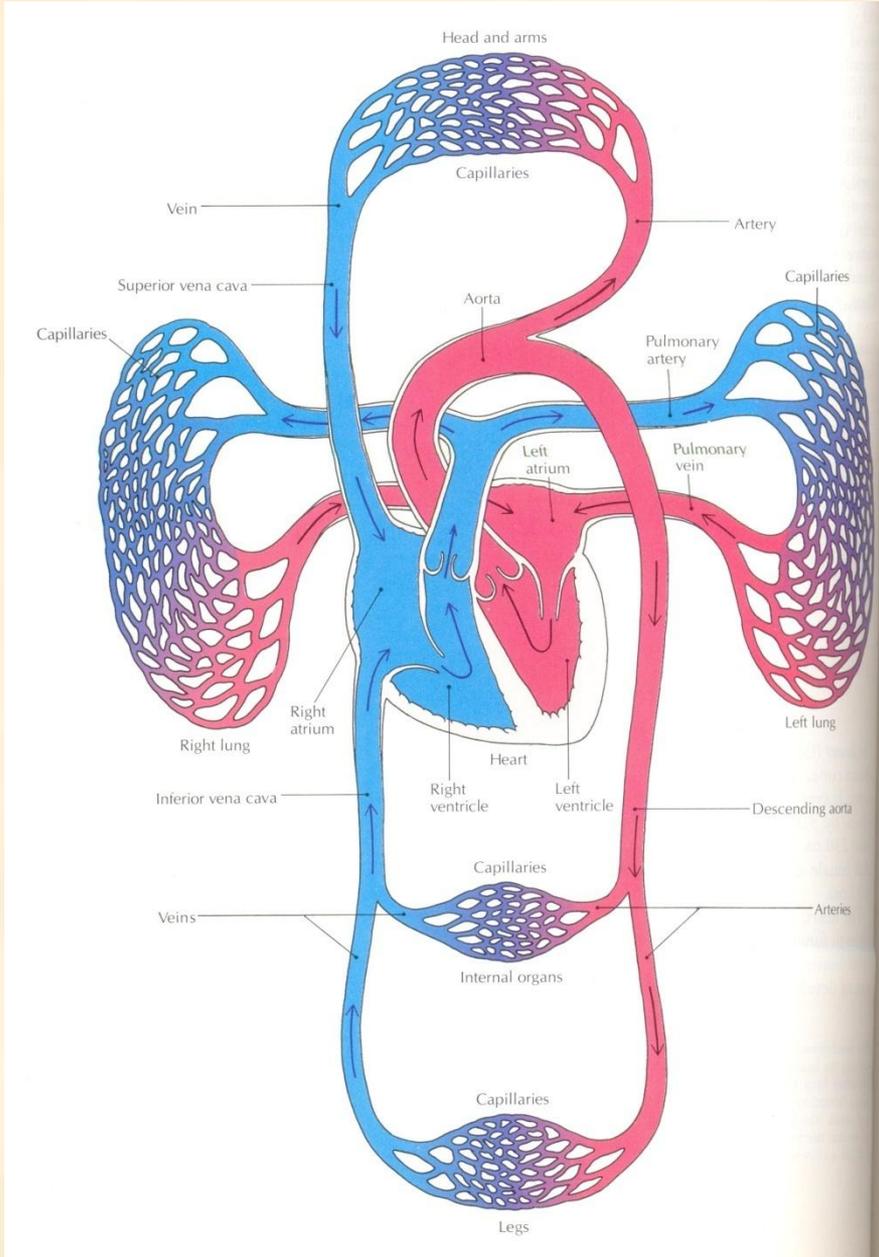


Сердечно-сосудистая система

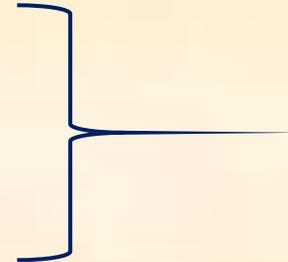
- Сердце за жизнь перекачивает 150 миллионов литров крови (за 25 дней – плавательный бассейн).
- Длина кровеносной системы – 100 000 км (2 раза огибает Землю).
- Площадь – 0,5 гектара.
- Высокогорье – объем крови больше.
- Синдром понедельника – риск инфаркта миокарда в понедельник на 33% больше, чем в другой день.
- АД на правой руке выше, чем на левой.
- Таксисты и водители автобусов часто имеют повышенное АД, но не только из-за стресса, но и из-за того, что они откладывают поход в туалет.
- Люди в повышенным АД реже болеют раком.



Сердце

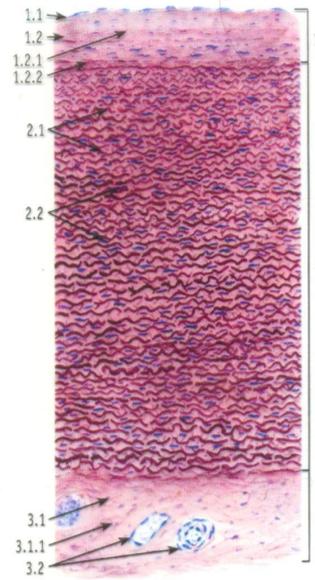
- Cor, cardia (душа, дух).
- Размеры сердца – 12х9х6 см. Масса у мужчин – 1/215 массы тела (300 гр.); у женщин – 1/250 (220 гр.).
- Функции:
 - а) мышечный орган – циркуляция крови
 - б) предсердный натрийуретический пептид

- Правый желудочек
- Truncus pulmonalis
- A. pulmonalis dextra et sinistra



Оболочки сердца

- *Эндокард* (эндотелий, субэндотелиальный слой, мышечно-эластический слой, наружный СТ слой)
- *Миокард* (кардиомиоциты – сократительные, проводящие, миоэндокринные)
- *Эпикард*
- Фиброзный «скелет» – опора для клапанов и кардиомиоцитов.



↑ Рис. 133. Аорта человека

Окраска: орсеин – гематоксилин

1 – внутренняя оболочка: 1.1 – эндотелий, 1.2 – субэндотелиальный слой, 1.2.1 – эластические волокна, 1.2.2 – гладкие миоциты; 2 – средняя оболочка: 2.1 – окончатые эластические мембраны, 2.2 – ядра гладких миоцитов и фибробластов; 3 – наружная оболочка: 3.1 – рыхлая волокнистая соединительная ткань, 3.1.1 – эластические волокна, 3.2 – сосуды сосудов

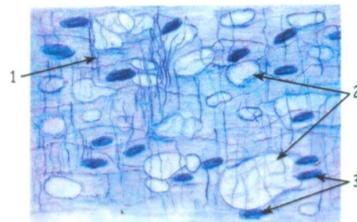
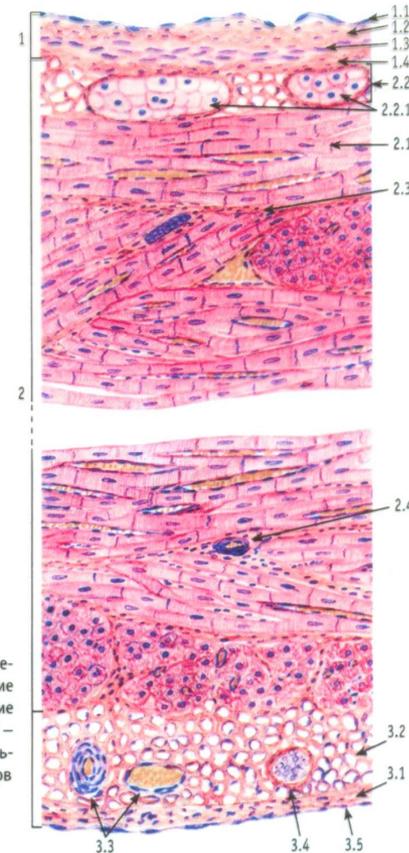


Рис. 134. Окончатая эластическая мембрана из средней оболочки аорты (плоскостной плёночный препарат)

Окраска: железный гематоксилин

1 – эластические и коллагеновые волокна, расположенные между мембранами; 2 – отверстия в мембране (окна); 3 – ядра клеток, расположенных между мембранами



↑ Рис. 135. Сердце

Окраска: гематоксилин – эозин

1 – эндокард: 1.1 – эндотелий, 1.2 – субэндотелиальный слой, 1.3 – мышечно-эластический слой, 1.4 – наружный соединительнотканый слой; 2 – миокард: 2.1 – волокна, состоящие из сократительных кардиомиоцитов, 2.2 – волокна Пуркинью, 2.2.1 – проводящие кардиомиоциты, 2.3 – соединительнотканые прослойки, 2.4 – кровеносные сосуды; 3 – эпикард: 3.1 – рыхлая волокнистая соединительная ткань, 3.2 – жировая ткань, 3.3 – кровеносные сосуды, 3.4 – нерв, 3.5 – мезотелий

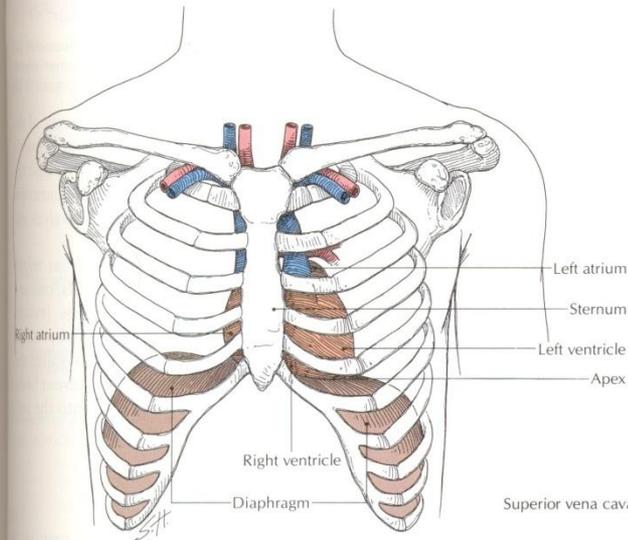
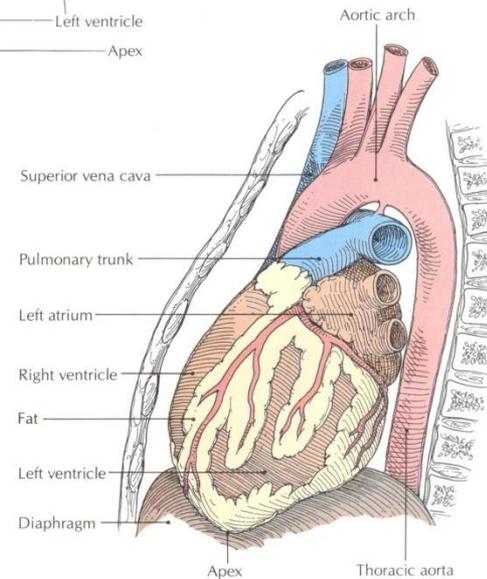


FIGURE 19.2 POSITION OF THE HEART

The position of the heart in the thorax is shown in relation to the ribs, sternum, and diaphragm. [A] Anterior view. [B] Left lateral view.



[B]

issue, the *serous pericardium*. The serous pericardium is divided into an outer, or *parietal*, layer, which lines the inner surface of the fibrous pericardium, and an inner, or *visceral*, layer, which covers the outer surface of the heart and the adjoining portions of the large blood vessels. The serous pericardium surrounds the *pericardial cavity*, which contains a small amount of *serous pericardial fluid*. Because the visceral pericardium forms the outer layer of the heart wall, it is usually called the *epicardium* (“upon the heart”).

The heart is held securely in place by connective tissue that binds the pericardium to the sternum, spinal column, and other parts of the chest cavity. The pericardium is tough and inelastic, yet loose-fitting enough to allow the heart to move in a limited way. The serous pericardial fluid moistens the sac and minimizes friction between the membranes as the heart moves during its contraction-relaxation phases.

Q: During a physical examination, why does a physician tap the chest wall while listening with a stethoscope?

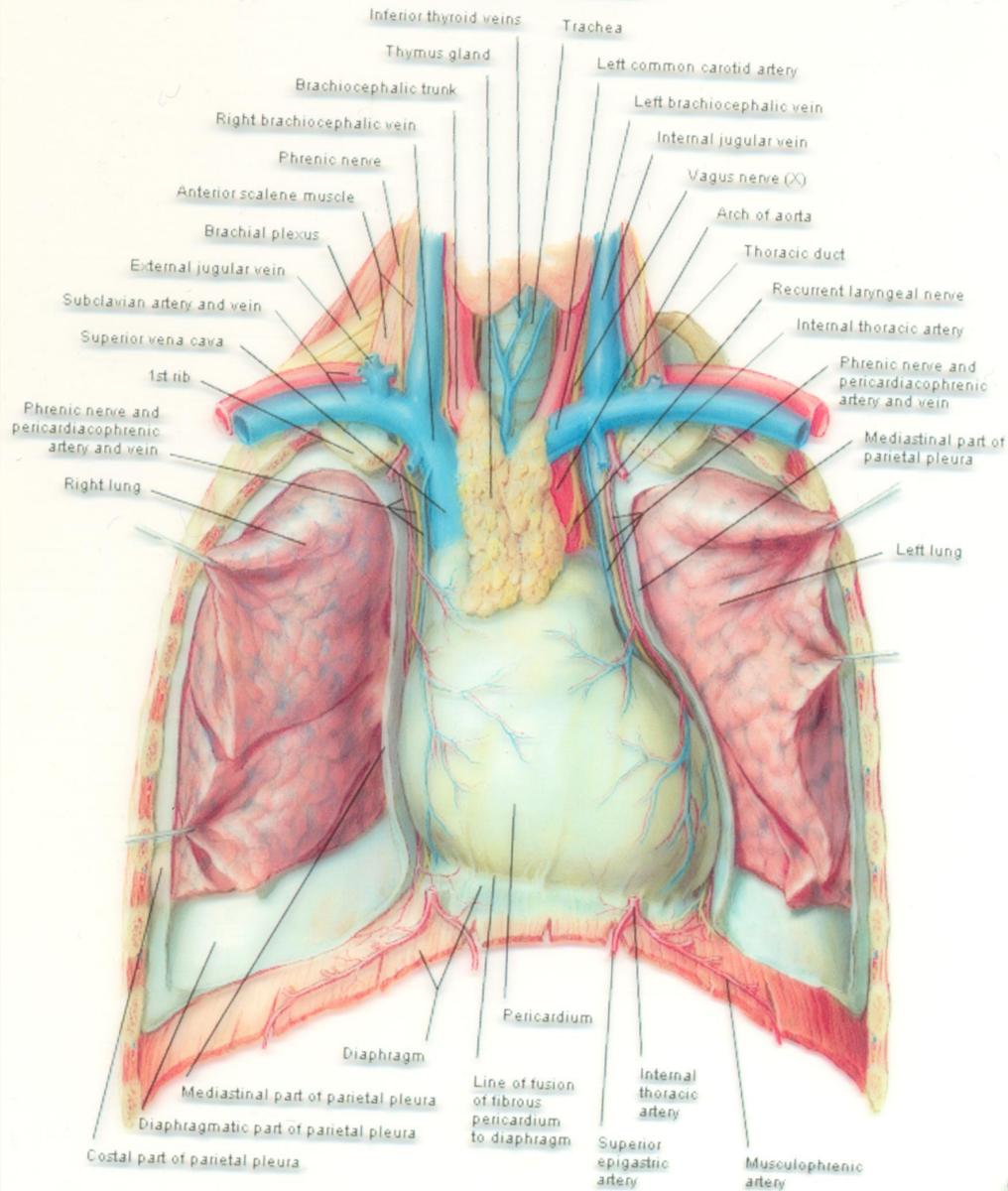
A: A physician can estimate the size of the heart by tapping the chest wall progressively and listening for sound changes.

Wall of the Heart

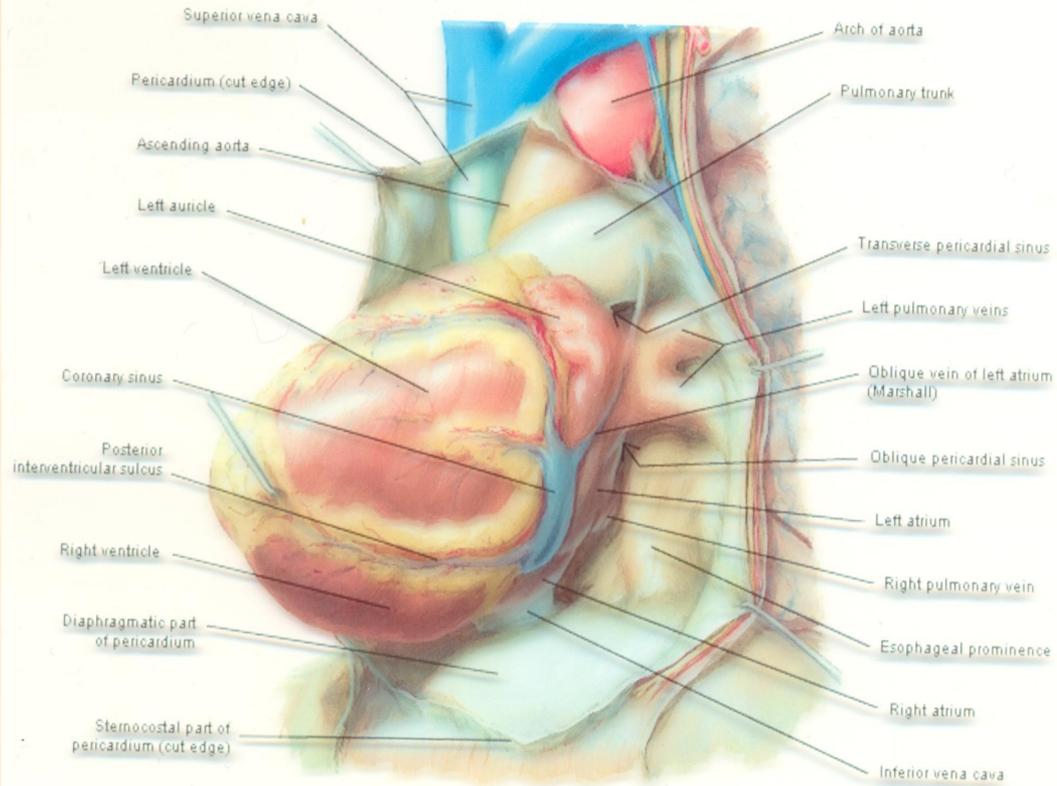
The wall of the heart is made up of three layers: (1) the outer *epicardium* (*epi*, upon), (2) the middle *myocardium*, or muscular layer (*myo*, muscle), and (3) the inner *endocardium* (*endo*, inside) [FIGURE 19.3].

If you were to cut away the parietal pericardium, you would see that the surface of the heart itself is reddish and shiny. This shiny membrane is the *epicardium*. Inside the epicardium, and often surrounded with fat, are the main coronary blood vessels that supply and drain blood from the heart.

Heart In Situ



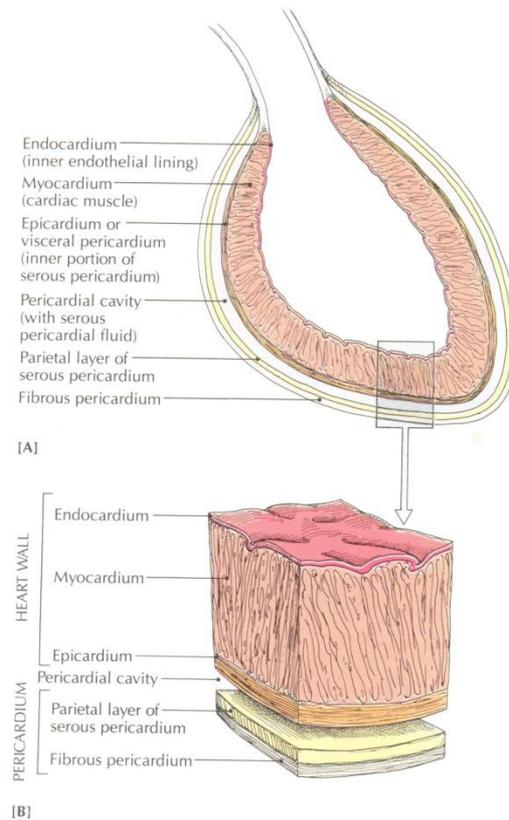
Pericardial Sac - Heart Drawn Out Left Lateral View



Heart drawn out of opened pericardial sac

FIGURE 19.3 COVERING AND WALL OF THE HEART

[A] Layers of the pericardium and the heart wall. [B] Enlarged view of the structure of the pericardium and the ventricular heart wall.



Directly beneath the epicardium is the middle layer, the *myocardium* (“heart muscle”), which is a thick layer of cardiac muscle that gives the heart its special pumping ability. The myocardium has three spiral layers of cardiac muscle, which are attached to a fibrous ring (fibrous trigone) that forms the cardiac skeleton. The spiral is the most effective arrangement for squeezing blood out of the heart’s chambers.

The inside cavities of the heart and all of the associated valves and muscles are covered with the *endocardium* (“inside the heart”). The endocardium is a thin, fibrous layer lined with simple squamous epithelial tissue (endothelium) and some connective tissue. The endothe-

Перикард (pericardium)

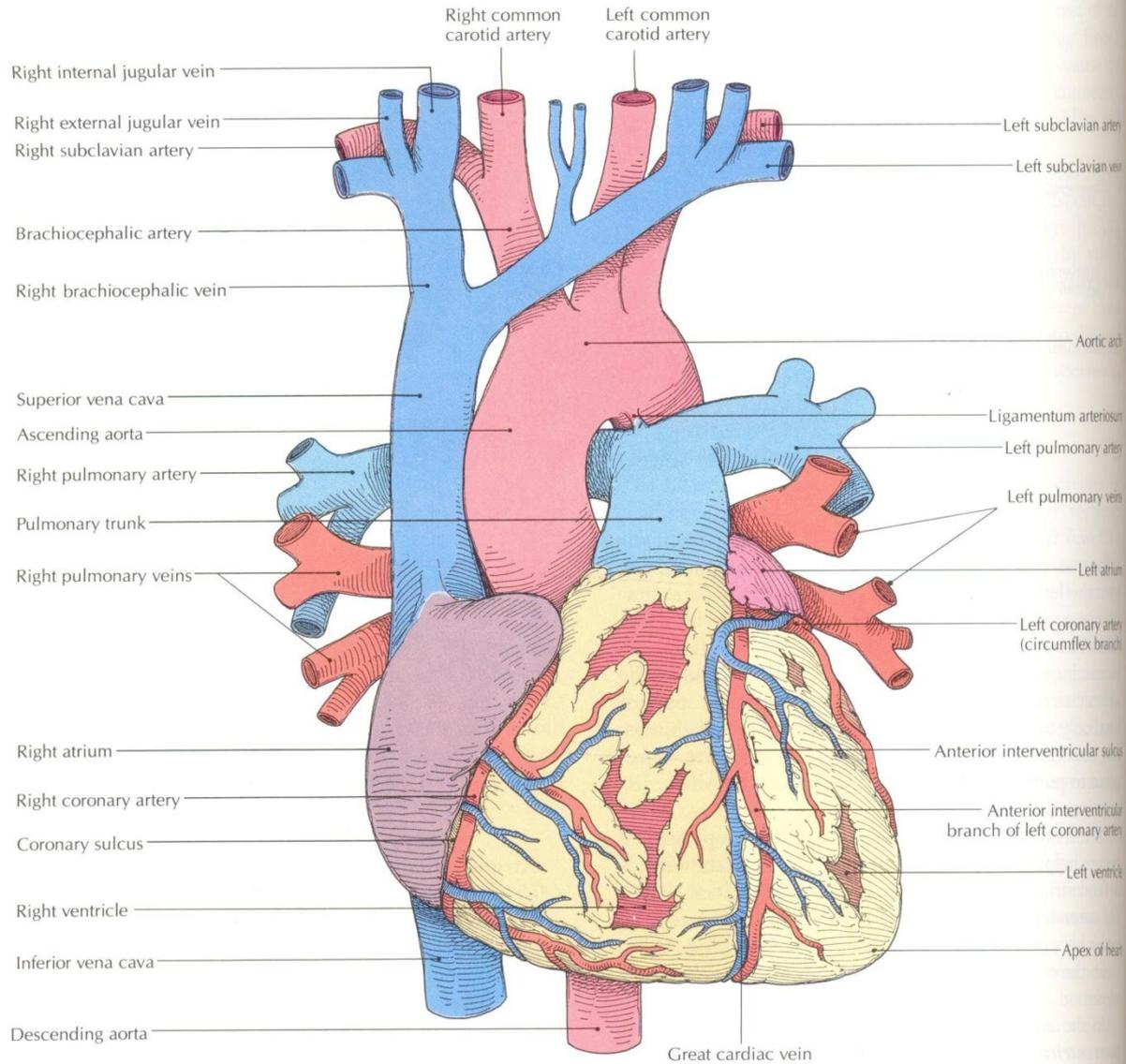
- Мезотелий и СТ фиброзный слой.
- 2 листка – *lamina parietalis* и *lamina visceralis* (в области крупных сосудов сращены).
- *Cavitas pericardialis* – в ней находится вязкая желтая жидкость (лубрикант, ГАГ, объем до 15 мл).

Сердце

- Basis cordis
- Facies anterior (sternocostalis)
- Facies inferior (diaphragmatica)
- Facies pulmonalis
- Margo dexter
- Apex cordis

FIGURE 19.5 EXTERNAL HEART

[A] Anterior external view of the heart, showing surface features and great vessels. [B] Photograph of anterior external heart, actual size.



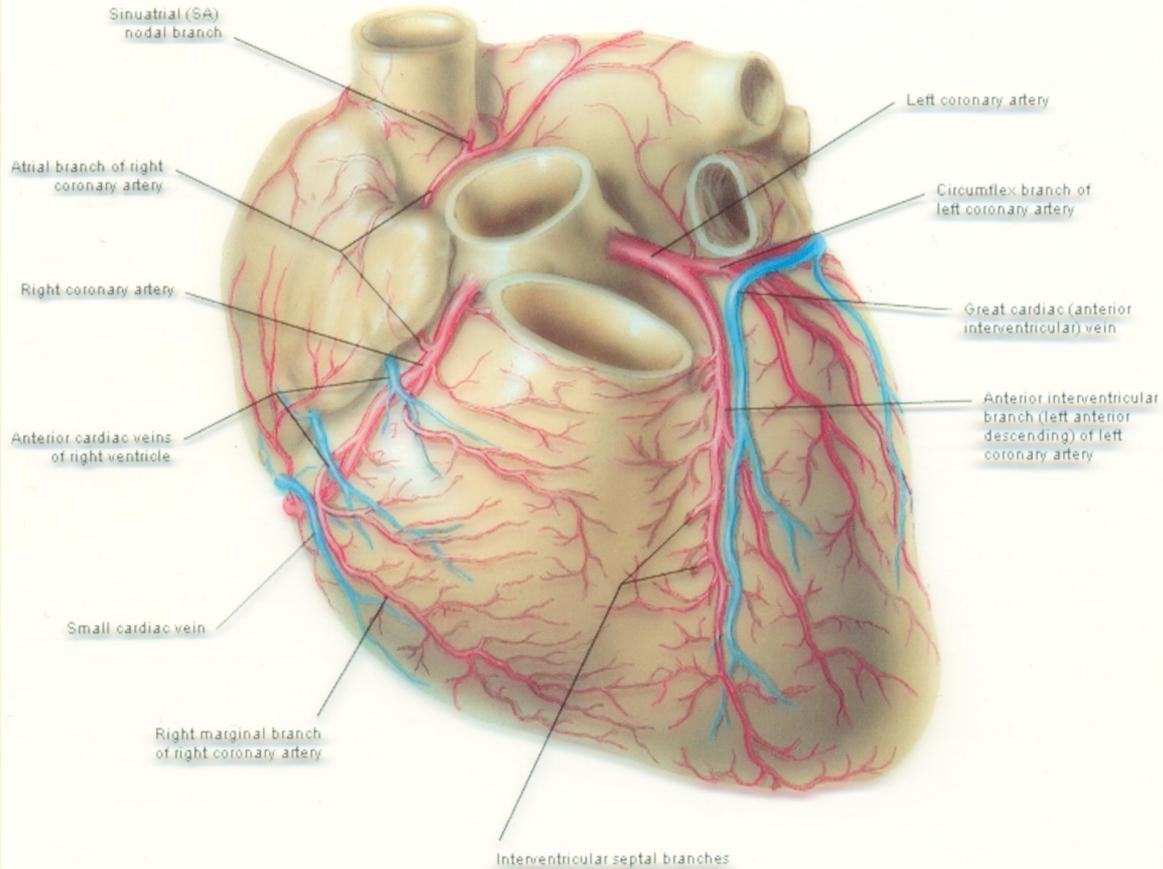
[A]

Сердце

- Передняя межжелудочковая борозда – sulcus interventricularis anterior (передняя межжелудочковая ветвь левой коронарной артерии).
- Задняя межжелудочковая борозда – sulcus interventricularis posterior (область межжелудочковой перегородки).
- Между предсердиями и желудочками – венечная борозда (sulcus coronarius).

Coronary Arteries and Cardiac Veins

Sternocostal Surface



F. Netter
M.D.
IBV

Сердце

- *Предсердия*. Atrium dexter et sinister.
- Тонкие стенки.

Сердце

- Предсердно-желудочковая перегородка – septum atrioventriculare.

Сердце

- Межжелудочковая перегородка – septum interventriculare.
- Pars muscularis, pars membranacea.

Сердце

- *Желудочки.* Ventriculus dexter et sinister.
- Стенка левого желудочка – 1,3 см; правого – 0,3 см.

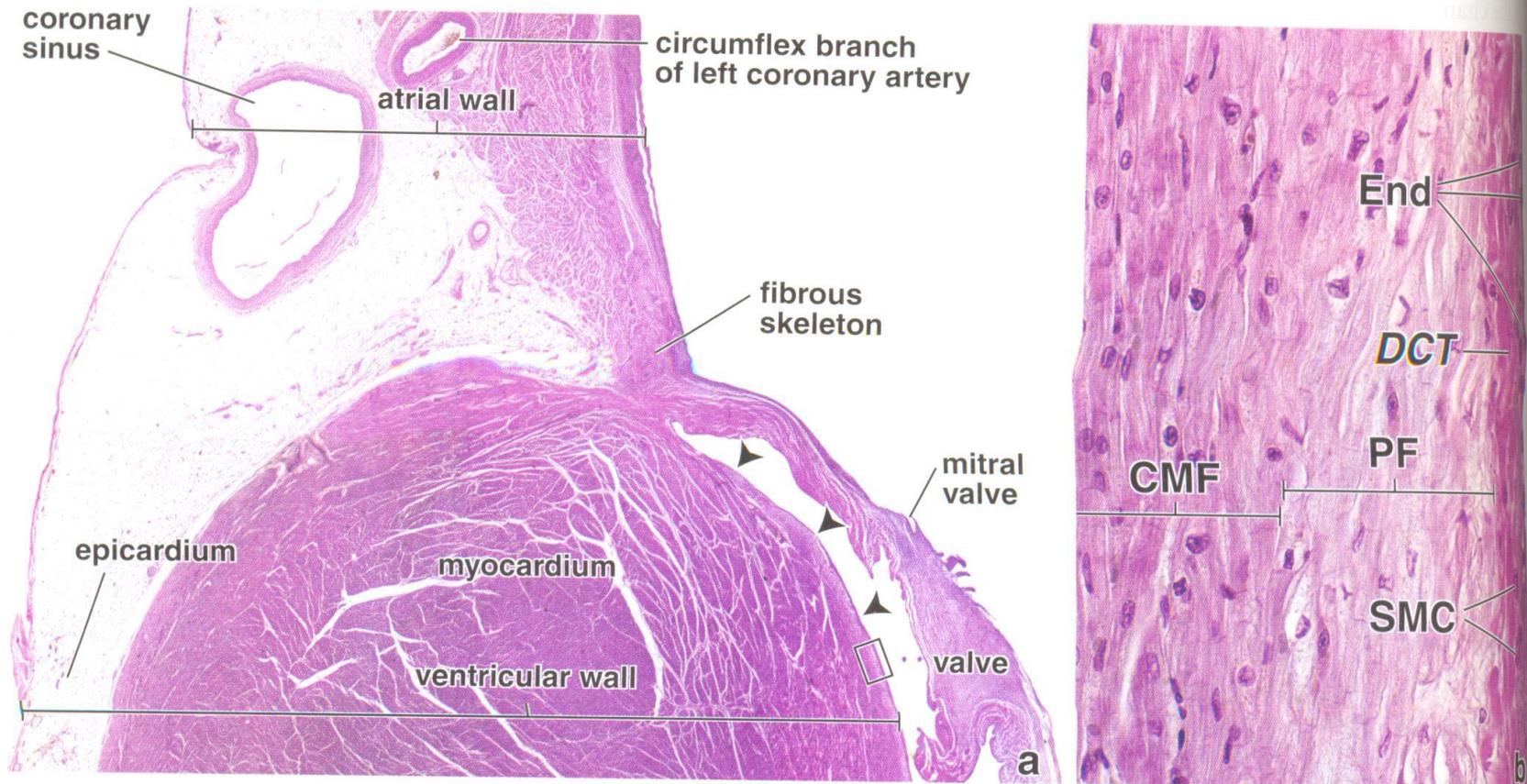


FIGURE 12.19

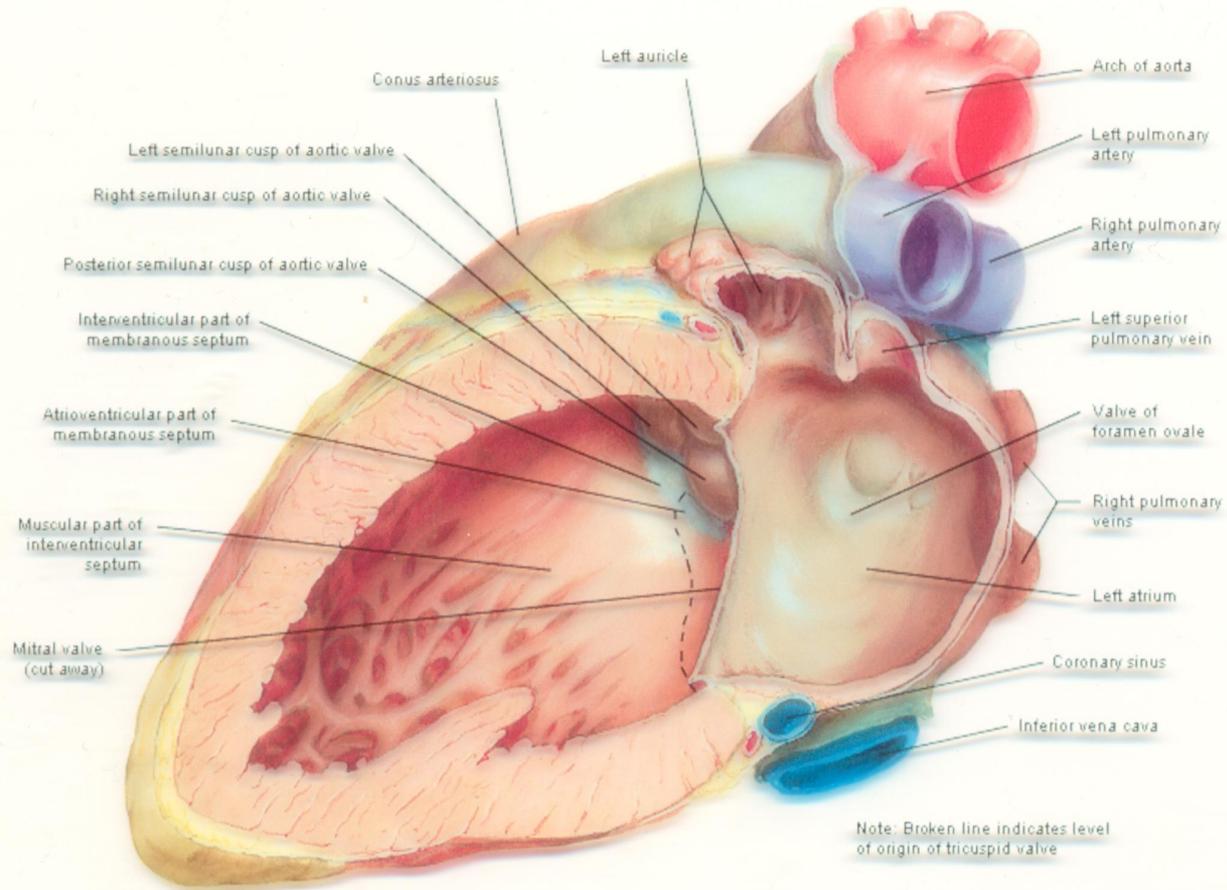
Photomicrograph of the left atrial and left ventricular wall. a. This photomicrograph shows a sagittal section of the posterior wall of the left atrium and left ventricle. The line of section crosses the coronary (A-V) groove containing the coronary sinus and circumflex branch of the left coronary artery. Note that the section has cut through the fibrous A-V ring of the mitral valve, which provides the attachment site for the muscle of the left atrium and the left ventricle and the cusp of the mitral valve. The ventricular wall consists of three layers: (1) endocardium (*arrowheads*); (2) myocardium; and (3) epicardium. The visible blood vessels lie in the epicardium and are surrounded by adipose

tissue. The layers of the mitral valve are shown at higher magnification in Figure 12.20. $\times 35$. **b.** This high magnification of the area indicated by the *rectangle* in *a* shows the characteristic features of the inner surface of the heart. Note that the endocardium consists of a squamous inner layer of endothelium (*End*), a middle layer of subendothelial dense connective tissue (*DCT*) containing smooth muscle cells (*SMC*), and a deeper subendocardial layer containing Purkinje fibers (*PF*). The myocardium contains cardiac muscle fibers (*CMF*) and is seen on the left. $\times 120$.

Сердце

- Межпредсердная перегородка – septum interatriale.
- Овальная ямка – fossa ovalis.
- Овальное отверстие – foramen ovale.

Left Atrium and Ventricle Sectioned with Mitral Valve Cut Away



F. Netter
M.D.
IBV

Сердце

- Предсердно-желудочковое отверстие – ostium atrioventriculare dexter et sinister.
- *Сосуды*: truncus pulmonalis, aorta, vv. pulmonales, v. cava.

Фиброзные кольца

- Annulus fibrosus.
- Вокруг 2-ух атриовентрикулярных отверстий, аорты и легочной артерии – *trigonum fibrosum*.
- «Скелет» сердца.

Полости предсердий и желудочков

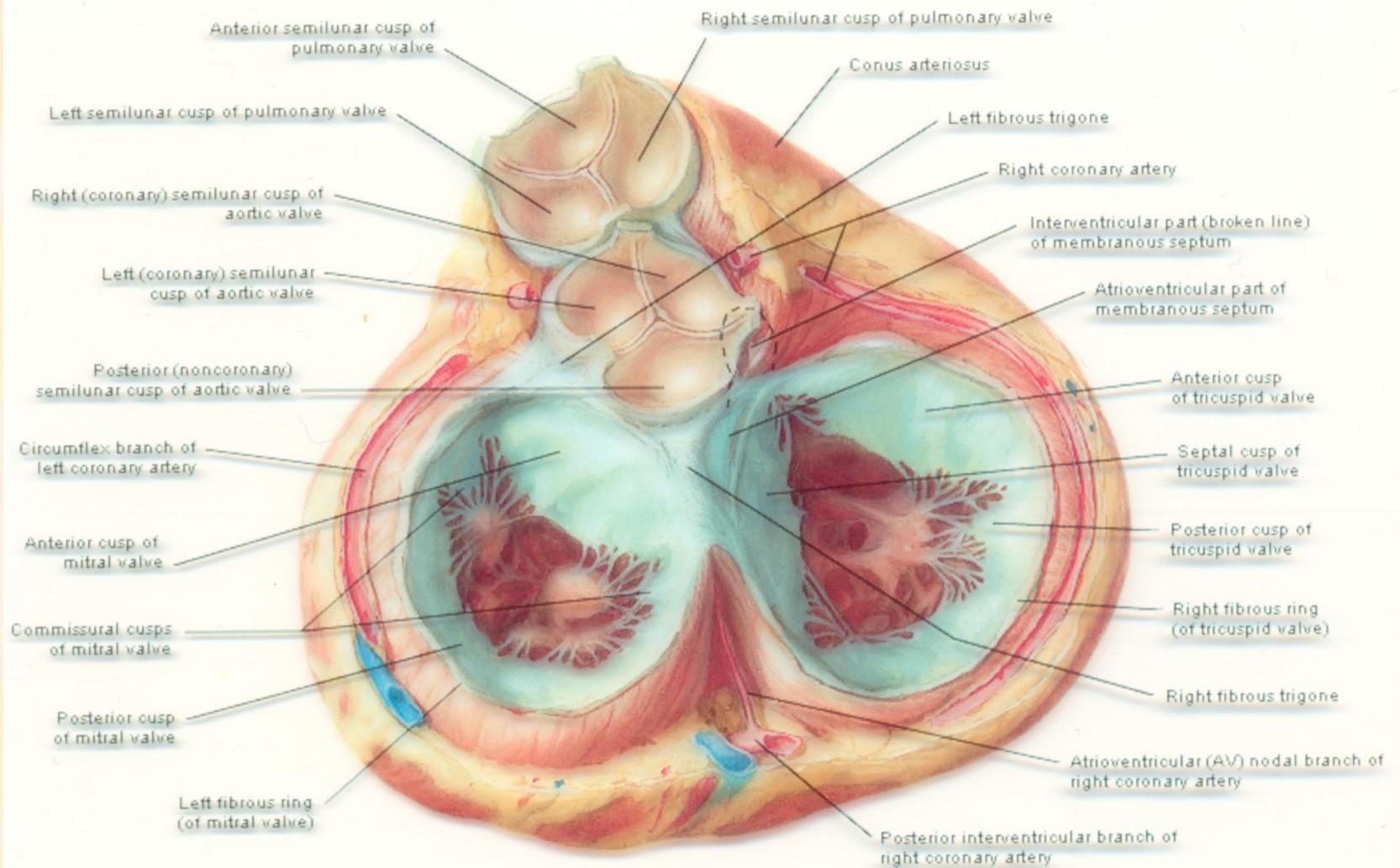
- Предсердия – muscoli pectinati (гребенчатые мышцы) в ушках (auricula cordis).
- Желудочки – trabeculae carneae (мясистые перекладки).

Клапанный аппарат

- *Атриовентрикулярные клапаны:*
 - трехстворчатые (valva tricuspidalis, cuspis – створка)
 - двустворчатые (valva bicuspidalis = mitralis, mitra – высокий головной убор священнослужителя)
- *Полулунные клапаны.* Valva semilunaris. 3 створки, легочная артерия, аорта.

Клапанный аппарат

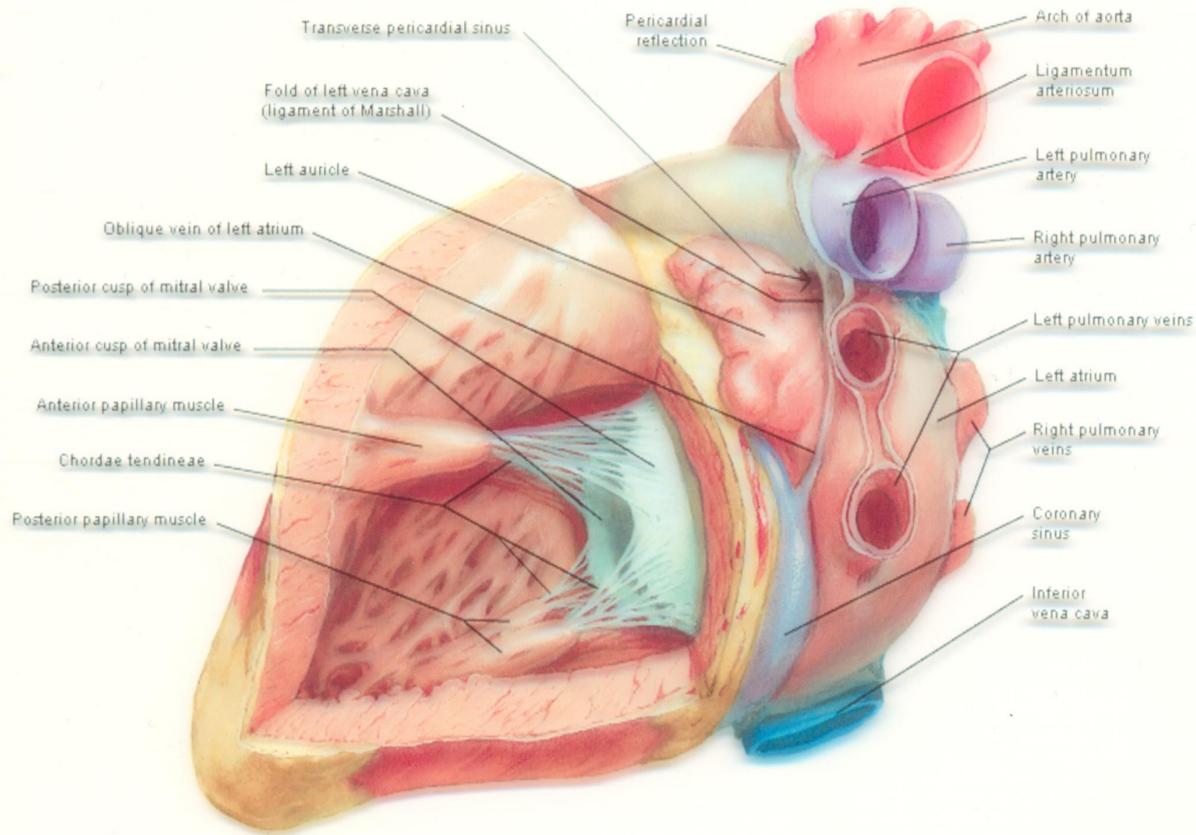
- Атриовентрикулярные клапаны:
 - 1) створки (cusps)
 - 2) хордальные нити (chordae tendineae)
 - 3) сосочковые мышцы (musculus papillaris) –
справа 3, слева 2



Viewed from base with atria removed

Left Ventricle

Flap Opened in Posterolateral Wall



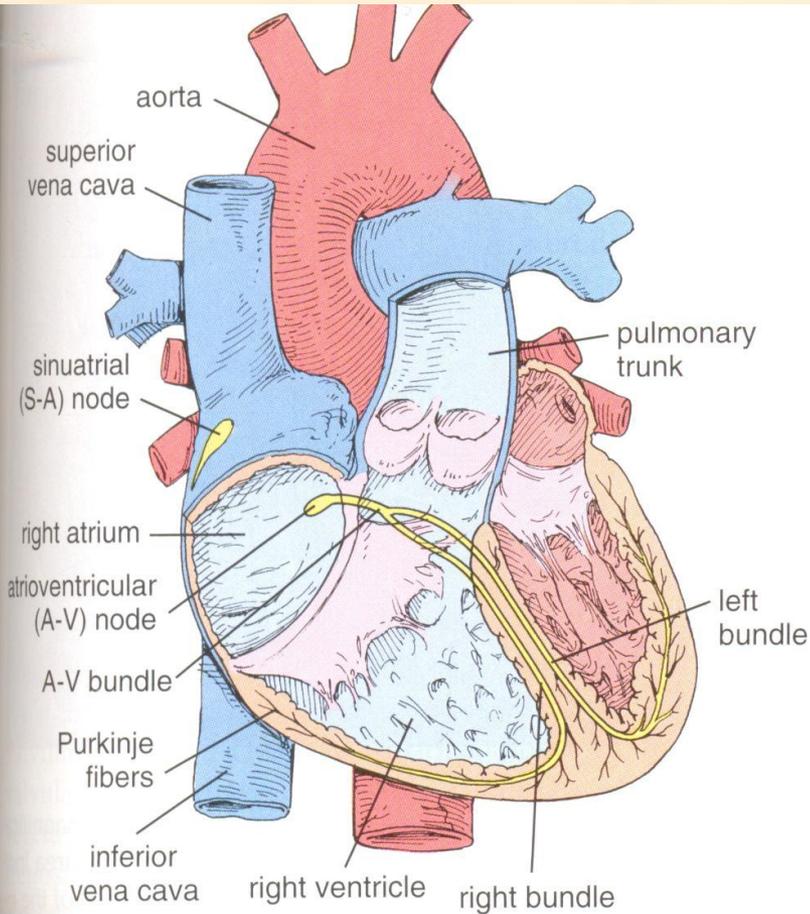


FIGURE 12.17

Chambers of the heart and the impulse-conducting system. The heart has been cut open in the coronal plane to expose its interior and the main parts of its impulse-conducting system (*indicated in yellow*). Impulses are generated in the sinoatrial (S-A) node; they are transmitted through the atrial wall to the atrioventricular (A-V) node and then along the A-V bundle to the Purkinje fibers.

septum is devoid of cardiac muscle; it consists of dense connective tissue that contains a short length of the un-

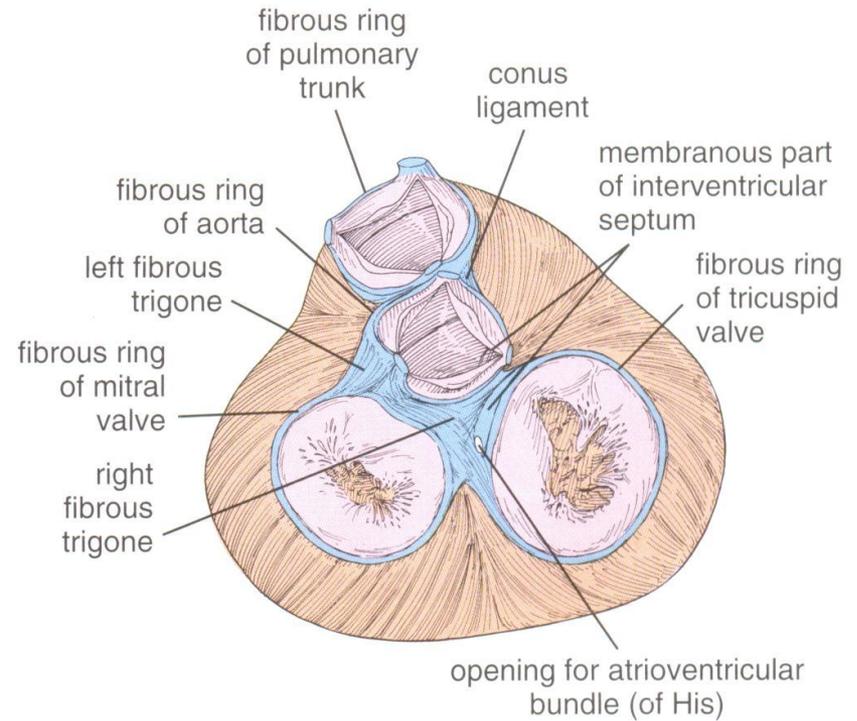
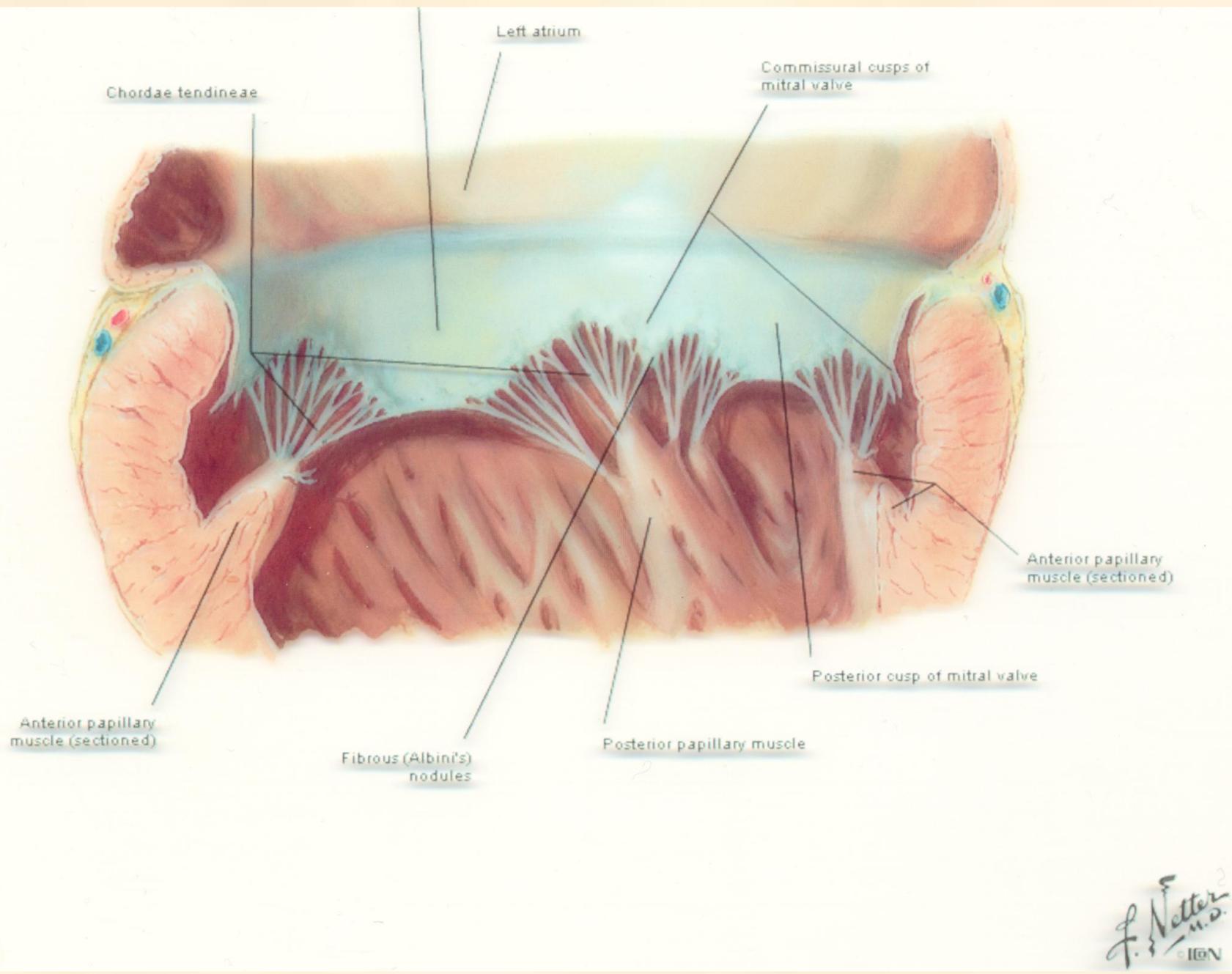


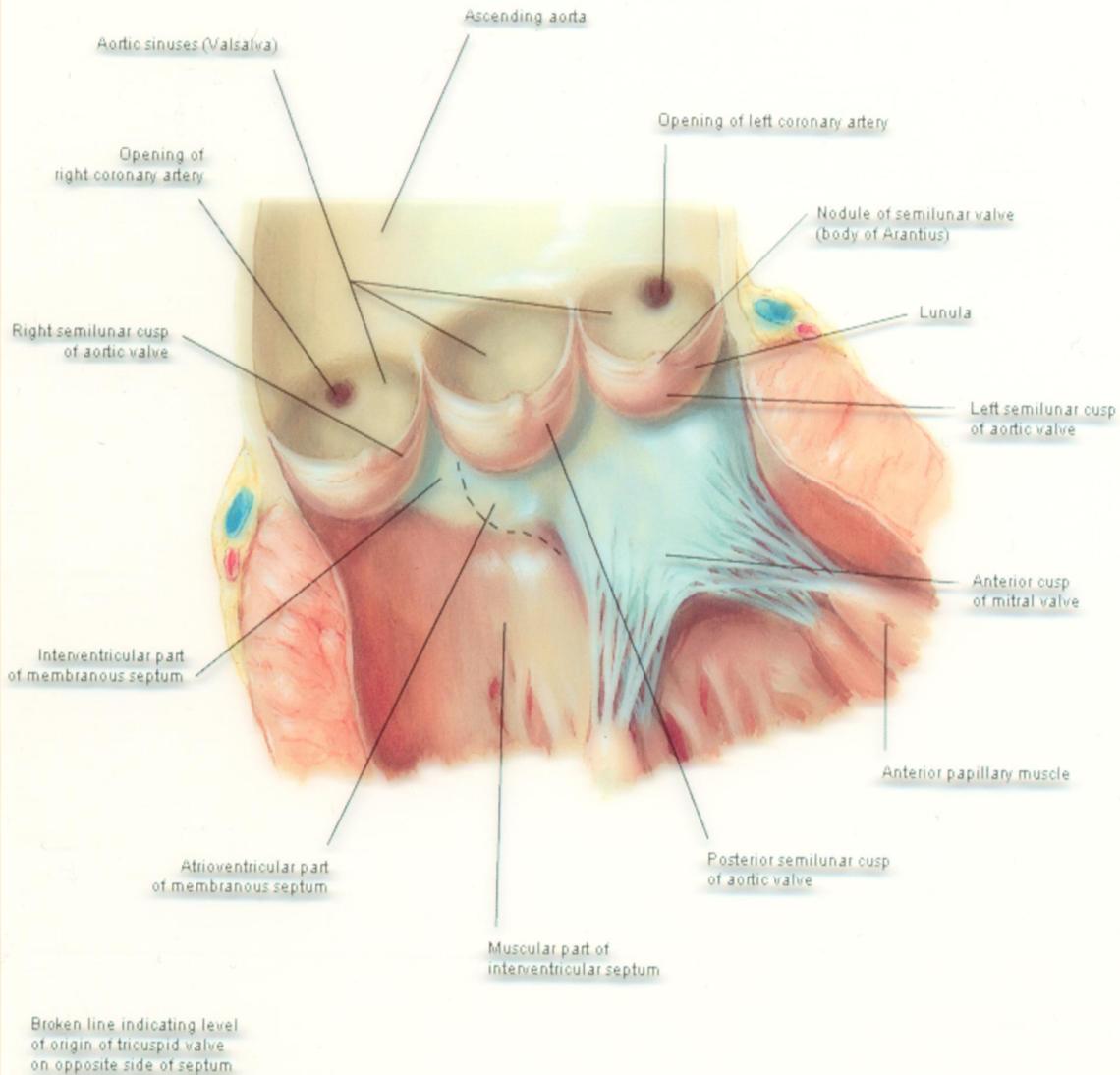
FIGURE 12.18

Fibrous skeleton of the heart as seen with the two atria removed.

This fibrous network (*indicated in blue*) serves for the attachment of cardiac muscle; it also serves for the attachment of the cuspid valves between the atria and ventricles and for the semilunar valves of the aorta and the pulmonary artery. The atrioventricular bundle passes from the right atrium to the ventricular septum via the membranous septum of the fibrous skeleton.



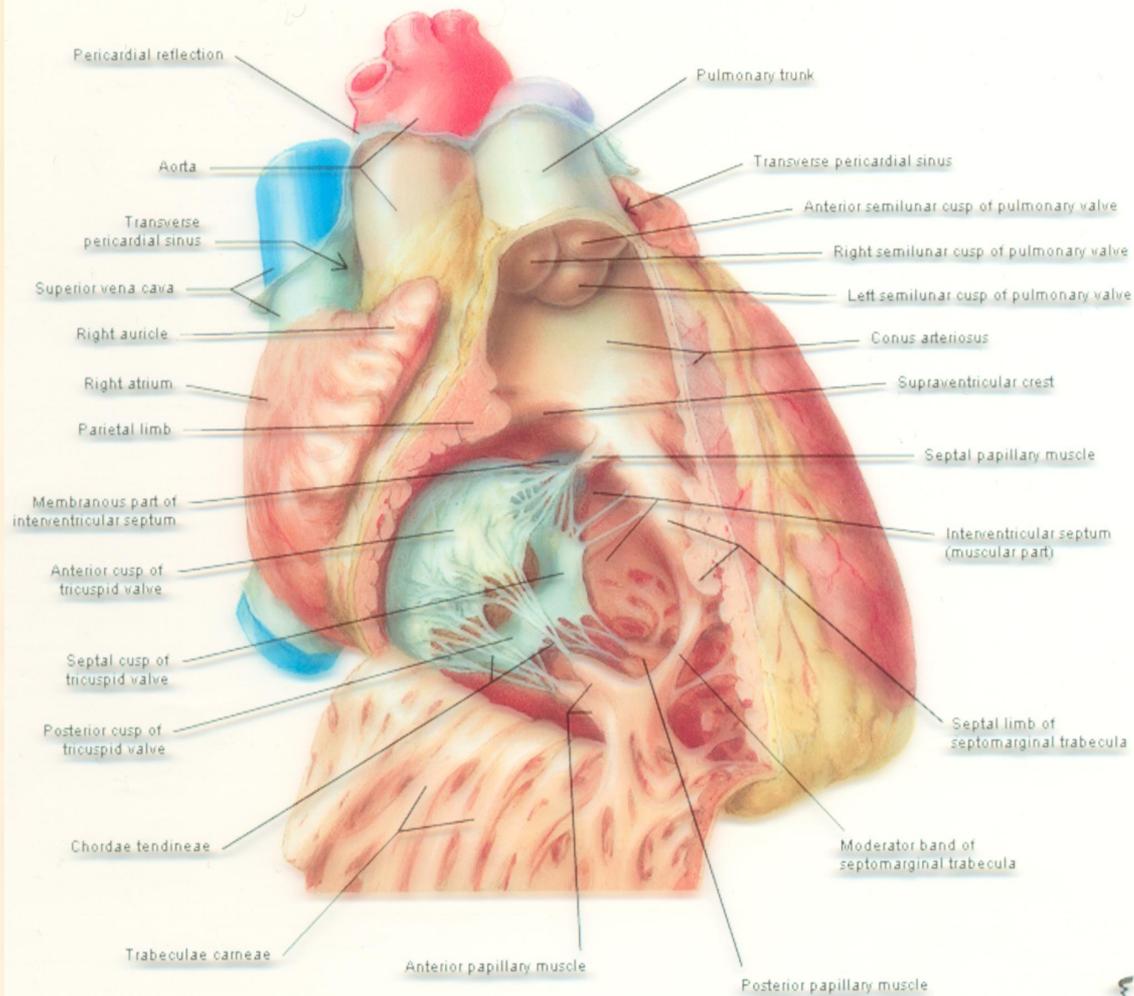
F. Netter²
M.D.
© IGV



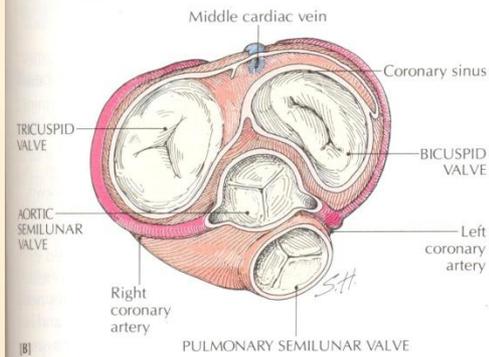
F. Netter M.D.
 IGV

Opened Right Ventricle

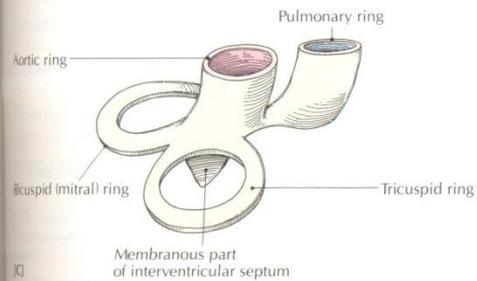
Anterior View



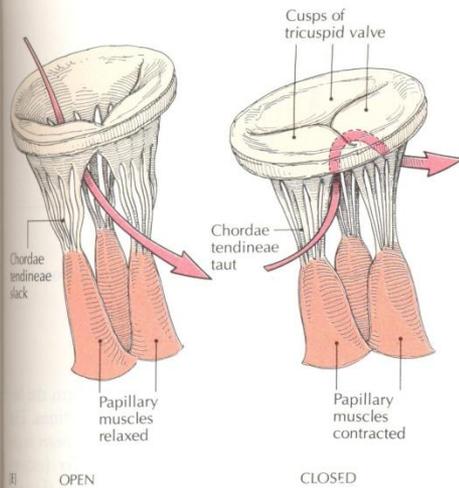
F. Netter M.D.
 IGV



[B]

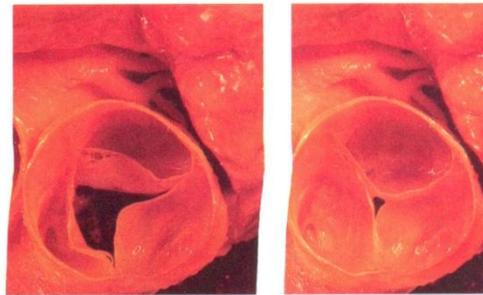


[C]



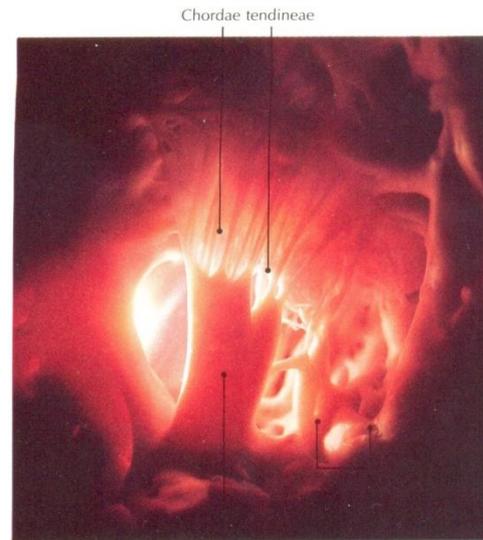
[E]

[B] The closed valves of the heart, viewed from above; the atria have been removed. [C] The fibrous skeleton of the heart. [D] The seemingly fragile pulmonary valve opens (left) and closes (right) about once a second. [E] Cusps of the tricuspid (right atrioventricular) valve remain open, allowing blood to flow from the right atrium into the right ventricle, when the chordae tendineae and papillary muscles are relaxed. The valve closes, blocking blood flow, when the chordae tendineae are taut and the papillary muscles are contracted. [F] A photo inside the right ventricle showing the branching chordae tendineae rising from strong papillary muscles.



[D] Valve open

Valve closed

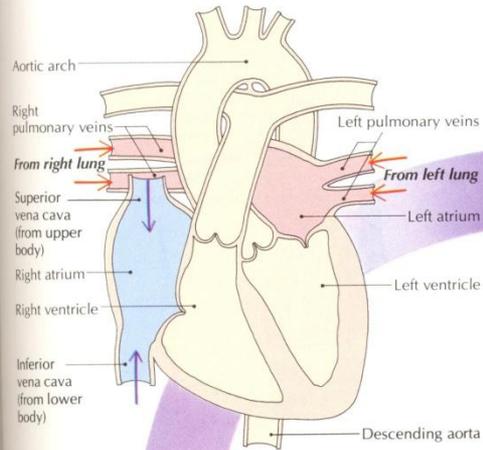


[F]

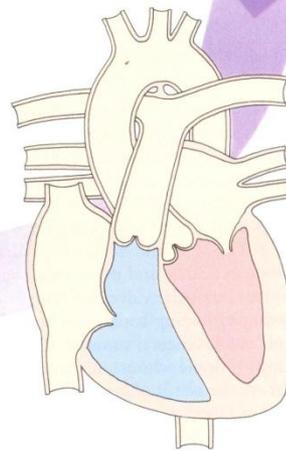
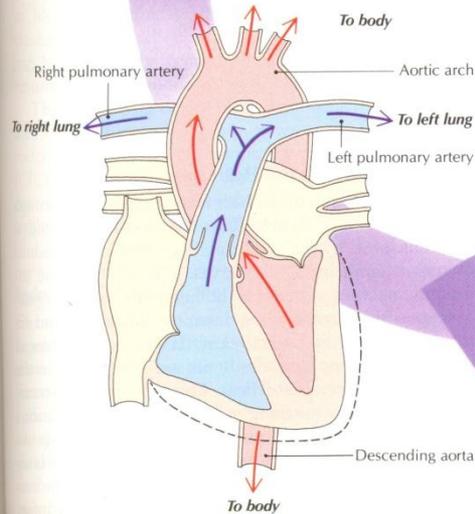
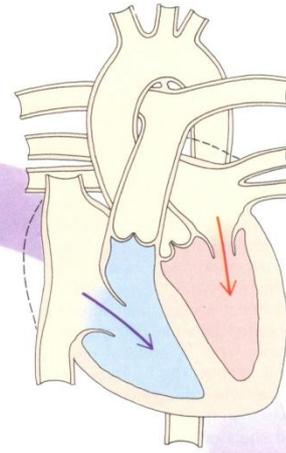
FIGURE 19.9 THE CARDIAC CYCLE AND THE PATH OF BLOOD THROUGH THE HEART

[A] Blood enters the atria. [B] Blood is pumped into the ventricles. [C] The ventricles relax. [D] The ventricles contract, pumping blood through the pulmonary trunk and aorta to the lungs and to the rest of the body.

[A] Blood enters the atria.



[B] The atria contract, forcing blood into the ventricles.



[D] The ventricles contract, pumping blood into the pulmonary trunk and aorta.

[C] The filled ventricles relax.

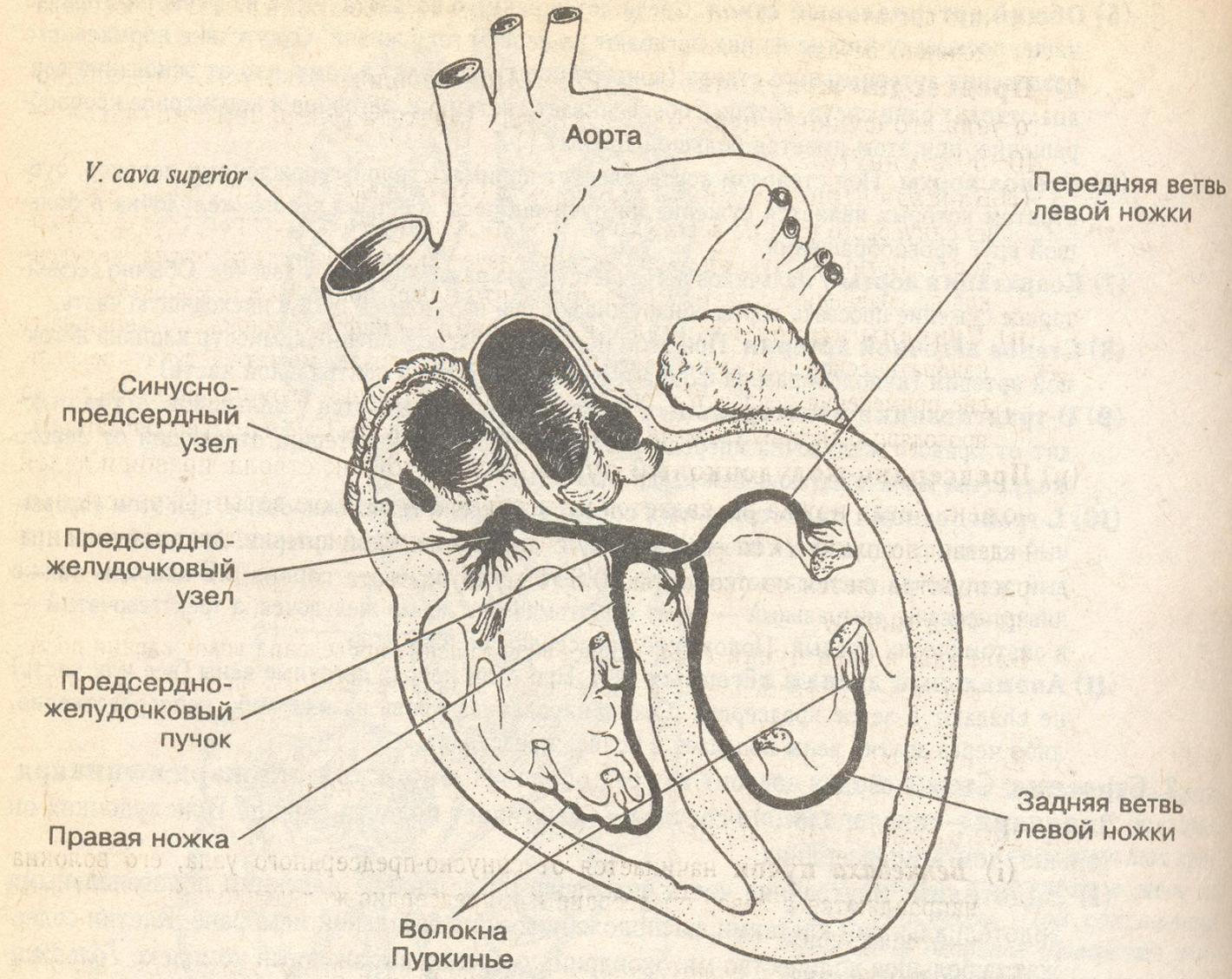


Рис. 10-9. Проводящая система сердца. Импульсы генерируются в синусно-предсердном узле и передаются по стенке предсердия в АВ-узел, а затем по пучку Гиса, его правой и левой ножкам до волокон Пуркинье в стенке желудочков [из *Junqueira LC, Carneiro J, 1991*]

Проводящая система сердца

- **Синусно-предсердный узел** – номотопный водитель ритма, определяет автоматию сердца (**главный водитель ритма**), генерирует 60–90 импульсов в минуту.
- **Синусовая брадикардия** может быть физиологической. При снижении сердечного ритма до 35 ударов в минуту может произойти потеря сознания. **АТРОПИН** эффективен для временной стимуляции работы синусового узла. Основной же метод лечения синусовой брадиаритмии – **электрокардиостимуляция**.

Проводящая система сердца

- **Синдром слабости синусового узла** – нарушение образования и проведения синусовых импульсов, сопровождается брадикардией и обмороками. Этот синдром может возникнуть вследствие ИБС, идиопатического или воспалительного поражения синусового узла.
- **Остановка синусового узла** – прекращение генерации импульсов в его клетках. Пауза, превышающая 10–20 секунд, ведет к потере сознания. Развивается гипоксия головного мозга (**синдром Морганьи-Адамса-Стокса**). Основное лечение – имплантация кардиостимулятора.

Проводящая система сердца

- **Блокада сердца** – препятствие прохождению импульсов из синусового узла – вызывает брадикардию. Возникновение обмороков зависит от того, способны ли нижележащие отделы проводящей системы (например, АВ-узел) обеспечить достаточную частоту сердечных сокращений, чтобы поддерживать кровообращение в сосудах головного мозга.

Проводящая система сердца

- **Предсердно-желудочковый узел** – при патологии синусно-предсердного узла его функция переходит к АВ-узлу (частота генерации импульсов – 40–50 в минуту).
- **Предсердно-желудочковый пучок Гиса** состоит из ствола, правой и левой ножек. Левая ножка распадается на переднюю и заднюю ветви. Скорость проведения по пучку Гиса – 1–1,5 сек (в рабочих кардиомиоцитах возбуждение распространяется со скоростью 0,5–1 м/с), частота генерации импульсов – 30–40 в минуту. Блокада ножек пучка Гиса – полное прекращение проведения возбуждения по левой (или одновременно по ее передней и задней ветвям) или правой ножке пучка.

Проводящая система сердца

- **Волокна Пуркинье.** Скорость проведения импульса по волокнам Пуркинье – 2–4 м/с, частота генерации импульсов – 20–30 в минуту.
- **Натрийуретические пептиды** – мощные гипотензивные факторы.
- **Гены.** Натрийуретические пептиды кодируются 3-мя генами:
 - а) ANP кодирует атриопептин
 - б) BNP кодирует т.н. натрийуретический фактор мозга
 - в) CNP кодирует натрийуретический фактор типа С

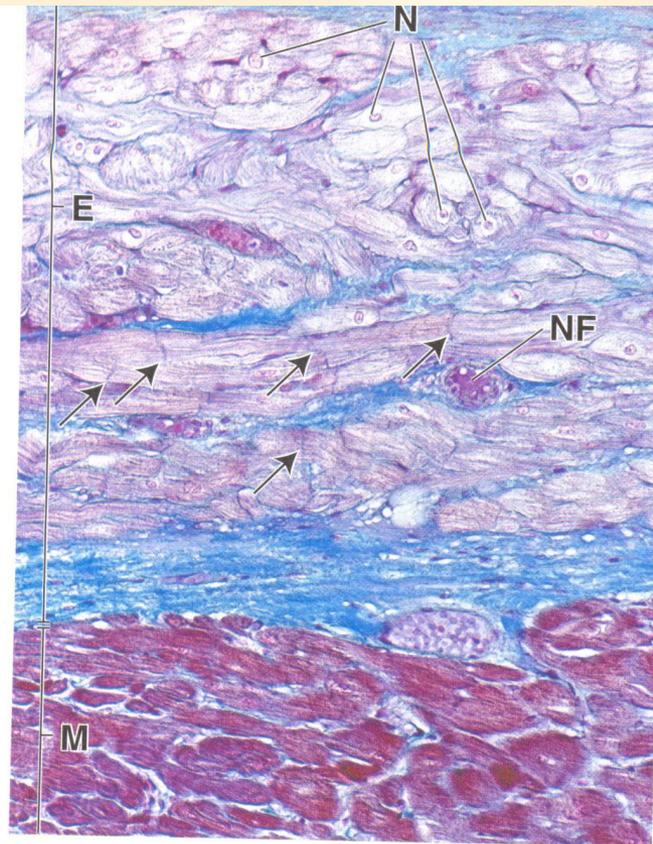
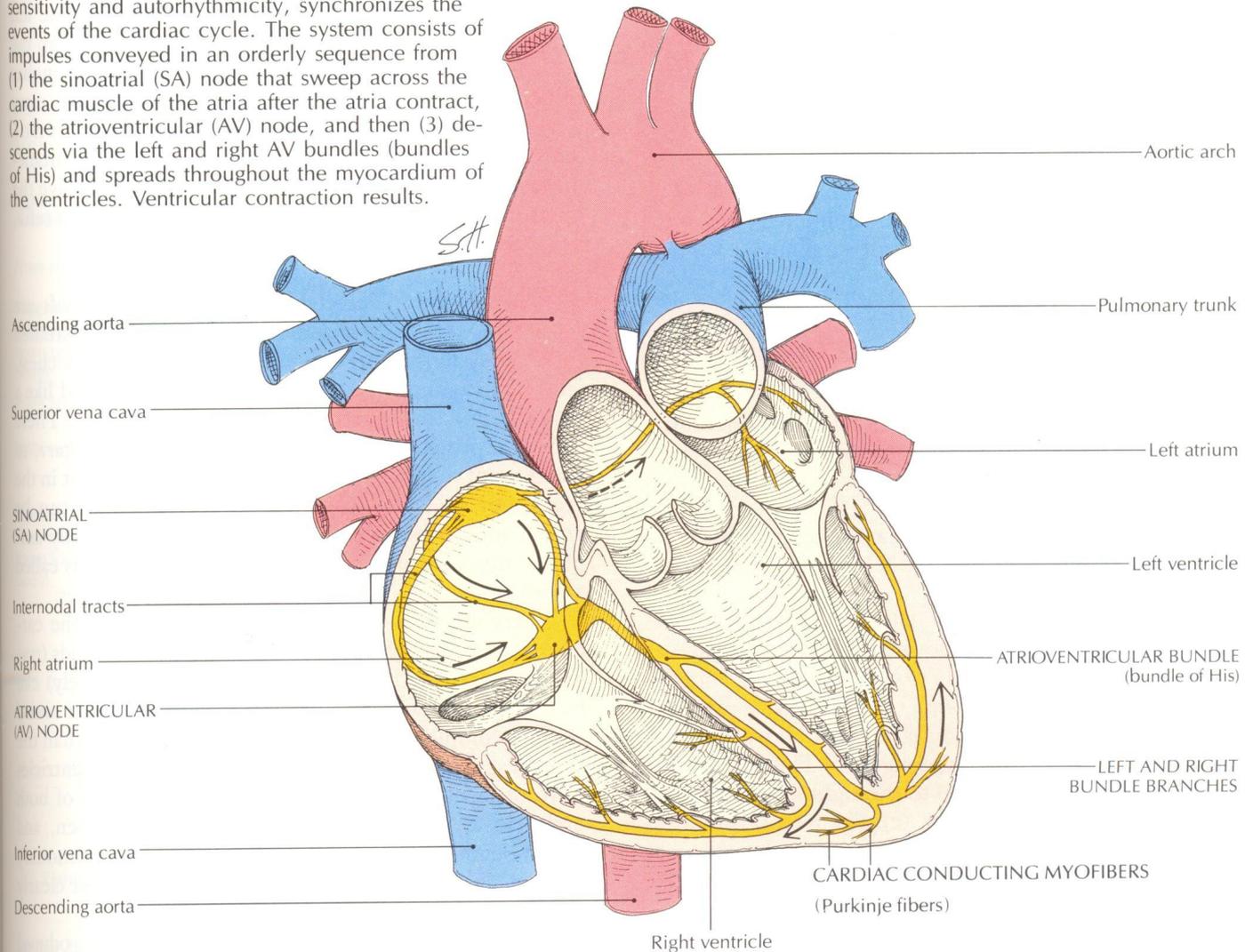


FIGURE 12.21

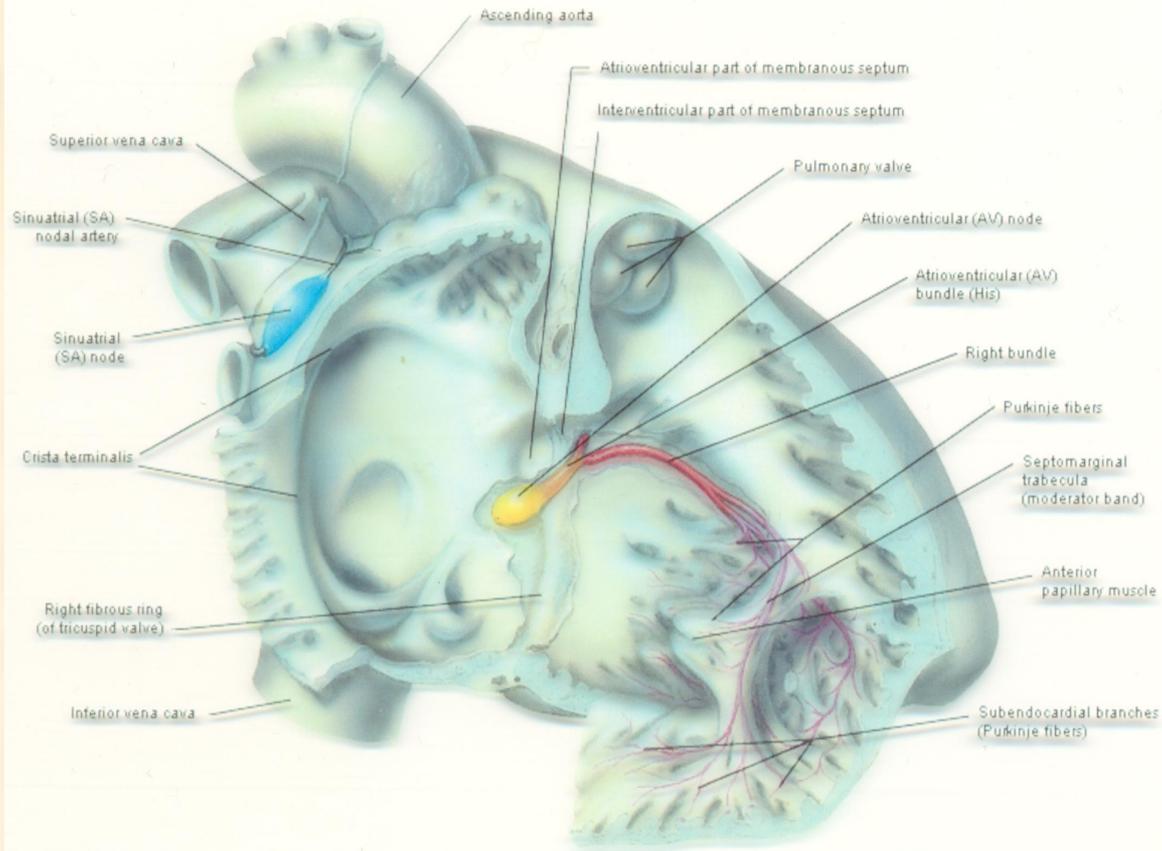
Photomicrograph of the ventricular wall containing the conducting system. This photomicrograph shows a Mallory-Azan–stained section of the ventricular wall of a human heart. The upper two thirds of the micrograph is occupied by the endocardium (*E*) containing a thick layer of Purkinje fibers. The free luminal surface of the ventricle (*top*) is covered by endothelium and an underlying layer of subendothelial connective tissue (*stained blue*). The deep layer of endocardium contains the Purkinje fibers. Note the intercalated disks in the fibers (*arrows*). The Purkinje fibers contain large amounts of glycogen, which appear as homogeneous, pale-staining regions that occupy the center portion of the cell surrounded by the myofibrils. The nuclei (*N*) are round and are larger than the nuclei of the cardiac muscle cells in the myocardium (*M*). They are frequently surrounded by the lighter-stained cytoplasm that represents the juxtannuclear region of the cell. Because of the considerable size of the Purkinje cells, the nuclei are often not included in the section. Among the Purkinje fibers course nerves (*NF*) that belong to the autonomic nervous system. $\times 320$

FIGURE 19.8 CONDUCTION SYSTEM OF THE HEART

The impulse-conducting system of the heart is composed of specialized cardiac muscle cells within the myocardium. This system, through its sensitivity and autorhythmicity, synchronizes the events of the cardiac cycle. The system consists of impulses conveyed in an orderly sequence from (1) the sinoatrial (SA) node that sweep across the cardiac muscle of the atria after the atria contract, (2) the atrioventricular (AV) node, and then (3) descends via the left and right AV bundles (bundles of His) and spreads throughout the myocardium of the ventricles. Ventricular contraction results.



Conducting System of Heart Right Side

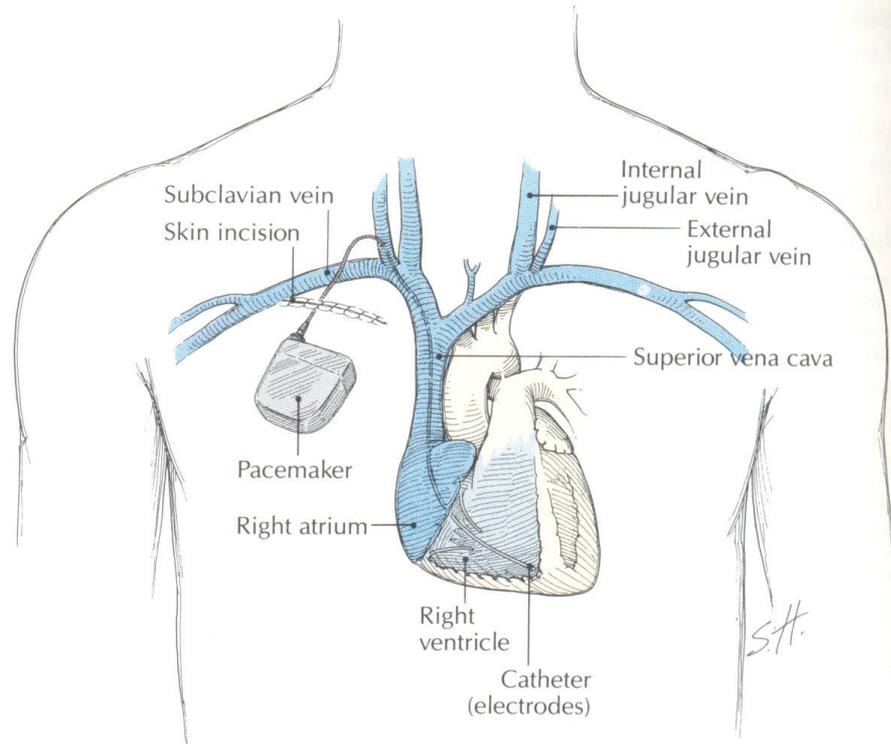


F. Netter M.D.
IBV

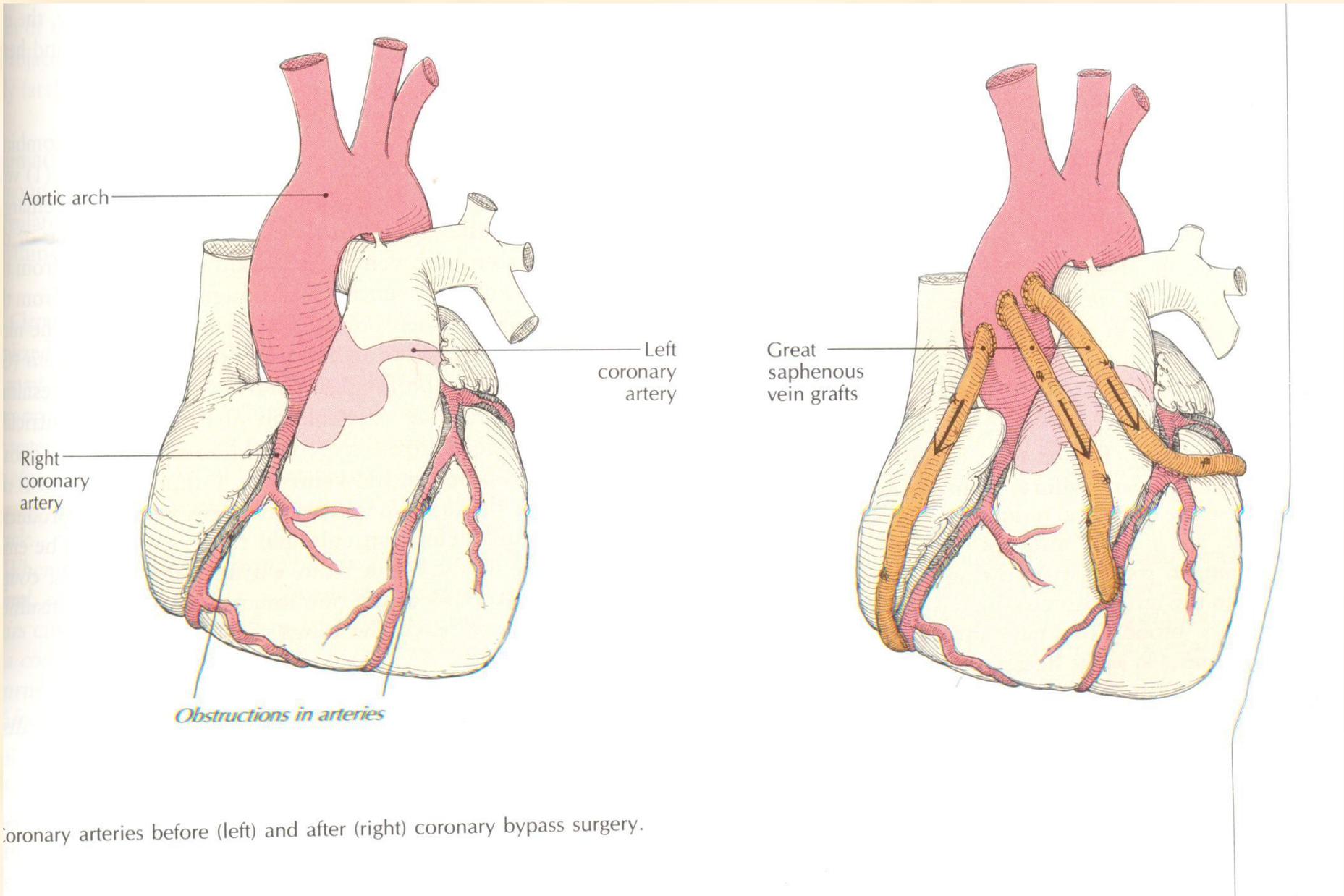
Artificial Pacemaker

The **artificial pacemaker** is a battery-operated electronic device that is implanted in the chest with electrical leads to the heart of a person whose natural pacemaker (the SA node) has become erratic. In a relatively simple operation, electrode leads (catheters) from the pacemaker are passed beneath the skin, through the external jugular vein (or other neck vein), into the superior vena cava, into the right atrium, through the tricuspid valve, and into the myocardium of the right ventricle (see drawing). If the patient's veins are damaged or too narrow to receive the typical chest implant of the pacemaker with its connecting wires, the pacemaker is implanted in the left abdominal area, with a connecting lead inserted into the epicardium.

Three basic types of artificial pacemakers are available. The first type delivers impulses when the patient's heart rate is slower than that set for the pacemaker, and shuts off when the natural pacemaker is working adequately. The second is a fixed-rate model that delivers constant electrical impulses at a preset rate. The third is a transistorized model that picks up impulses from the patient's SA node and operates at 72 beats per minute when the natural pacemaker fails.



An implanted artificial pacemaker.



Coronary arteries before (left) and after (right) coronary bypass surgery.

Кровеносные сосуды

- Artery – дыхательное горло, пульсовая жила. Греческое слово. На вскрытии артерии были пустыми, и древние греки полагали, что по ним движется воздух.

Названия

- Соответствуют органу или кровоснабжаемой анатомической зоне.
- *A. renalis*, *a. hepatica*, *a. suprarenalis*, *a. brachialis*, *a. femoralis*.

Пульс

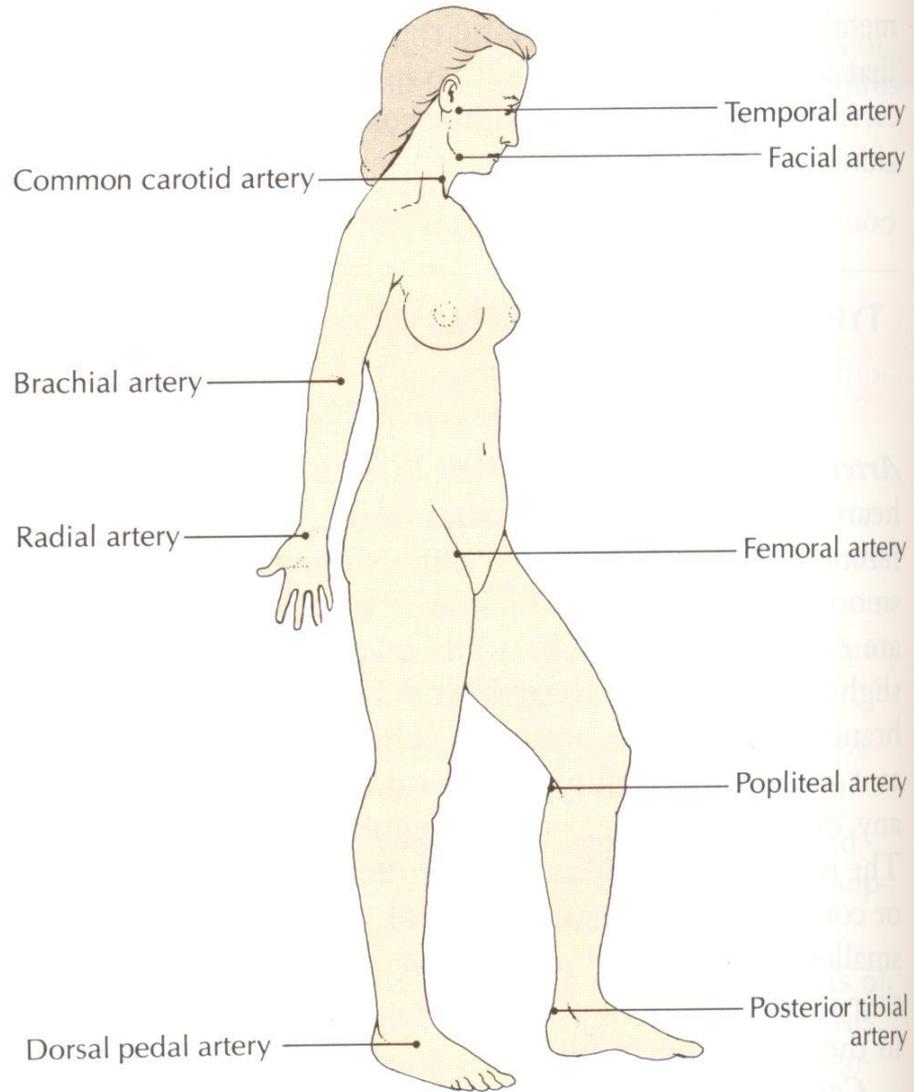
- В зонах тела, где артерии прилежат к поверхности, можно прощупать пульс (артериальный, сокращение желудочков).
- Pulsus – ударение, удар, толчок.
- Венозный пульс можно наблюдать только в больших венах (сокращение предсердий).
- Чаще всего пульс прощупывается на радиальной артерии.

Пульс

- Височная артерия (a. temporalis) – около наружного слухового отверстия спереди; лицевая артерия (a. facialis) – дуга нижней челюсти; общая сонная артерия (a. carotis communis) – нижняя треть медиальной поверхности грудино-ключично-сосцевидной мышцы; плечевая артерия (a. brachialis) – локтевая ямка; бедренная артерия (a. femoralis) – середина паховой складки; подколенная артерия (a. poplitea) – подколенная ямка; a. tibialis posterior – ?; a. dorsalis pedis – боковая поверхность стопы.

FIGURE 20.2 THE ARTERIAL PULSE

The pulse can be felt most easily at the points shown.



Геометрические характеристики сосудистого русла человека (Ткаченко Б.И., 1984)

Сосуд	Диаметр, см	Общее число в организме	Длина, см
Аорта	1,6–3,2	1	80
Большие артерии	0,6–0,1	10^3	40–20
Малые артерии, артериолы	0,1–0,02	10^8	5–0,2
Капилляры	0,0005–0,001	10^9	0,1
Венулы, малые вены	0,02–0,2	10^9	0,2–1,0
Большие вены	0,5–1,0	10^3	10–30
Полые вены	2,0	2	50

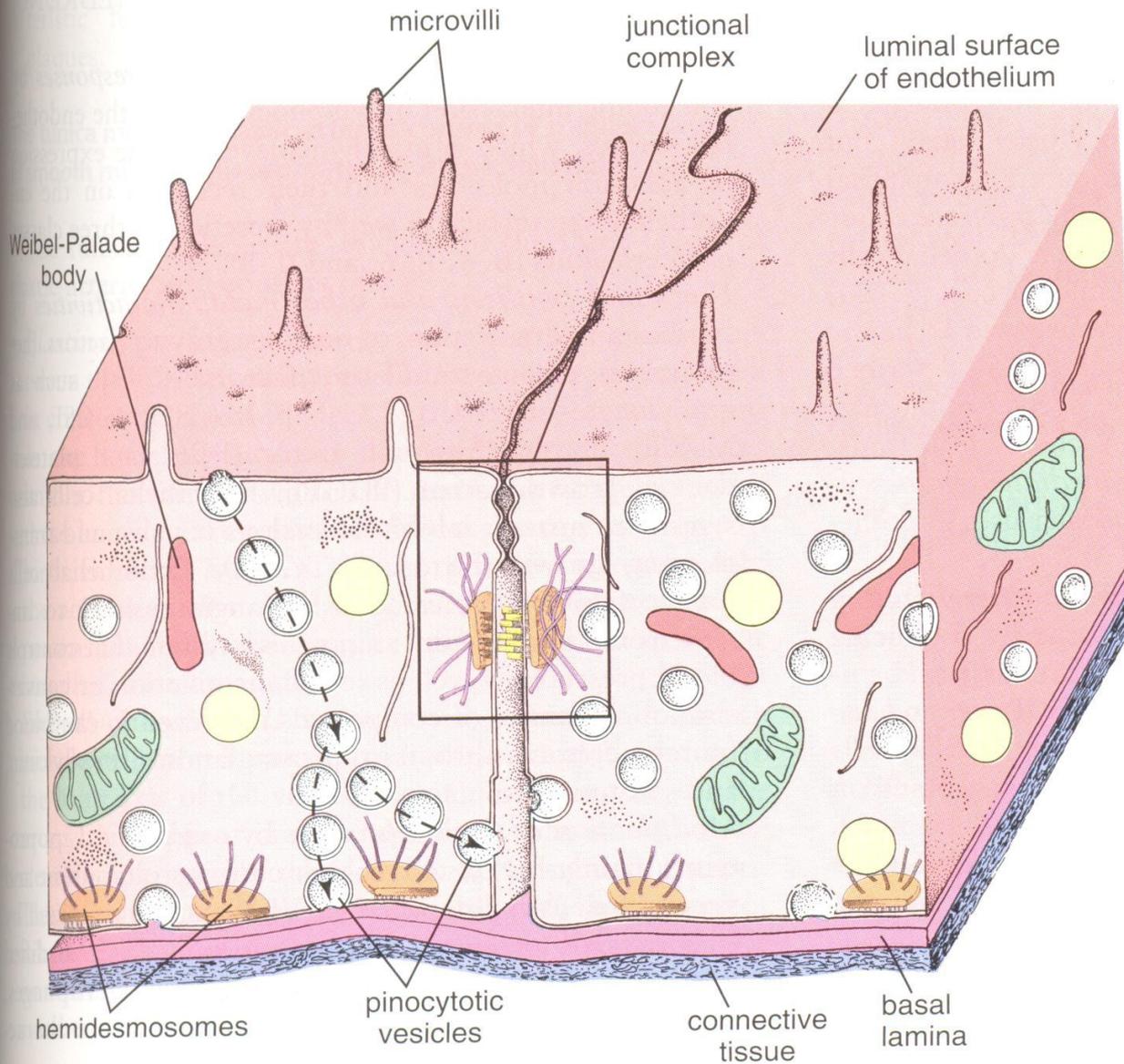


FIGURE 12.5

Diagram depicting segments of two adjacent endothelial cells. This diagram shows cell-to-cell and cell-to-extracellular matrix junctions represented here by the junctional complex and hemidesmosomes, respectively. Observe the organization of the cytoplasm and cytoplasmic inclusion, the Weibel-Palade bodies that are characteristic of endothelial cells. Pinocytotic vesicles in the cell on the left have been positioned to suggest the pathway of vesicles from the lumen of the blood vessel to the basal cell membrane or to the lateral cell membrane as indicated by the *dashed arrows*. Various markers have been traced through pinocytotic pathways across the endothelial cell. (Modified from Rhodin JAG. *Handbook of Physiology*. New York: Oxford University Press, 1980.)

Кровеносные сосуды

- Артерии мышечно-эластического типа – более мощный мышечный слой.
- Артериолы (мышечного типа) – концевые отделы.
- *Vasa vasorum* – сосуды сосудов.

Кровеносные сосуды

- Стенка эластической артерии:
 - 1) интима (эндотелий, СТ с эластическими волокнами)
 - 2) гладкомышечные клетки
 - 3) адвентиция (СТ с коллагеновыми и эластическими волокнами)

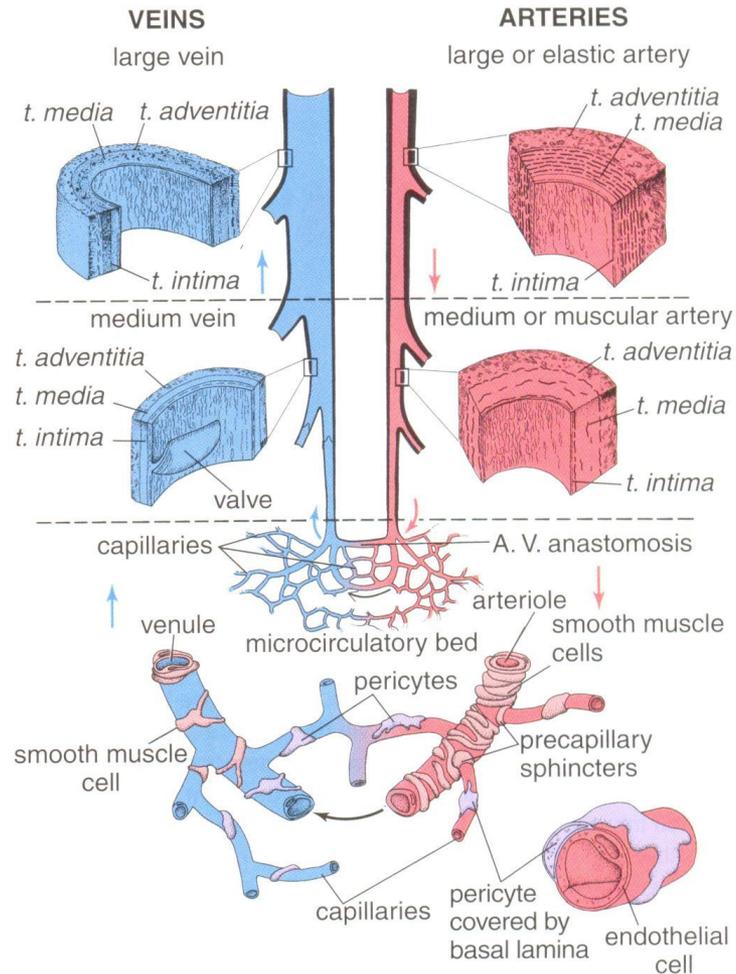
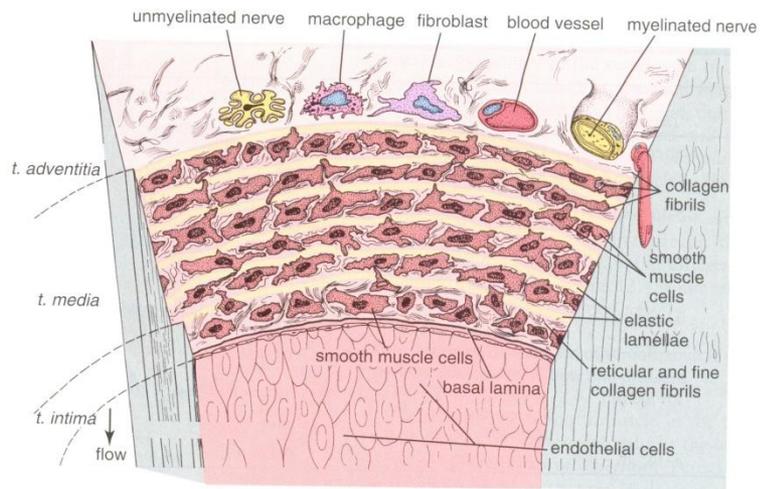


FIGURE 12.1

Schematic diagram of the major structural features of blood vessels.

The layers or tunics of the blood vessel walls are labeled in the *upper two panels*. The arrangement of the microcirculatory bed in certain parts of the body is shown in the *lowest panel*. Note the location of pericytes and their relationship to the basal lamina. Also, an arteriovenous (A.V.) anastomosis is shown within the microcirculatory bed. *t.*, tunica. (Based on Rhodin JAG. *Handbook of Physiology*. New York: Oxford University Press, 1980.)



ELASTIC ARTERY

FIGURE 12.3
Schematic diagram of an elastic artery showing its cellular and extracellular components. This diagram shows a section of the wall of a typical elastic artery. Note the organization of smooth muscle cells

and the distribution of elastic lamellae. *t.*, tunica. (Based on Rhodin JAG. *Handbook of Physiology*. New York: Oxford University Press, 1980.)

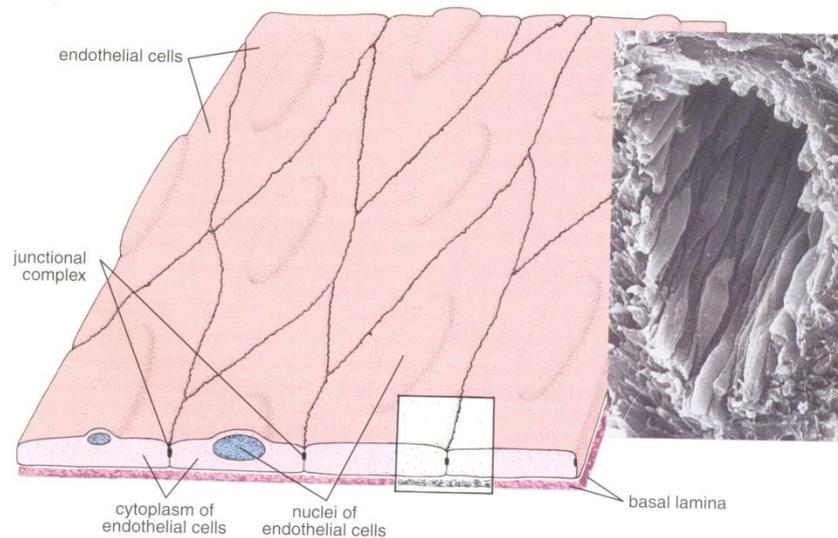


FIGURE 12.4
Diagram and scanning electron micrograph of the endothelium. This schematic drawing shows the luminal surface and cut edge of the endothelium. The cells are elongated with their long axis parallel to the direction of blood flow. Nuclei of endothelial cells are also elongated in the direction of blood flow. The rectangular area is shown in Figure

12.5. (Based on Rhodin JAG. *Handbook of Physiology*. New York: Oxford University Press, 1980.) **Inset.** Scanning electron micrograph of a small vein, showing the cells of the endothelial lining. Note the spindle shape with the long axis of the cells running parallel to the vessel. $\times 1,100$.

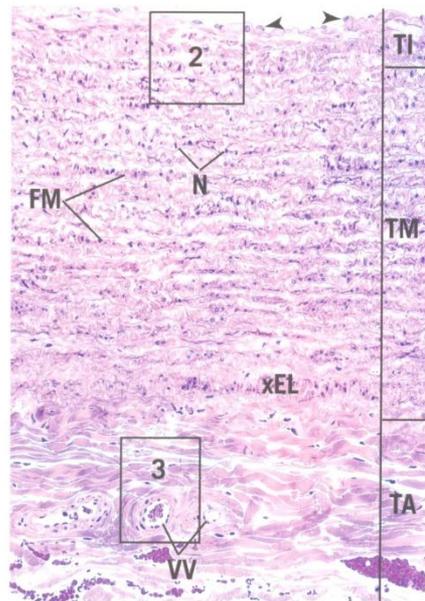


ФОТО 1



ФОТО 2

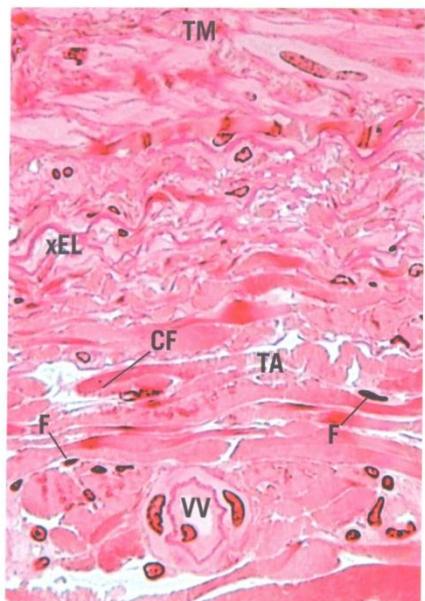


ФОТО 3

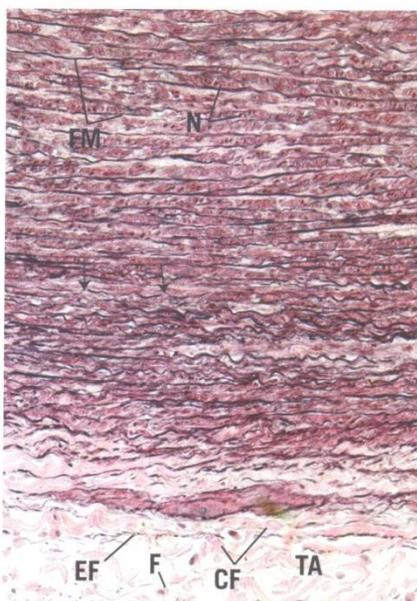
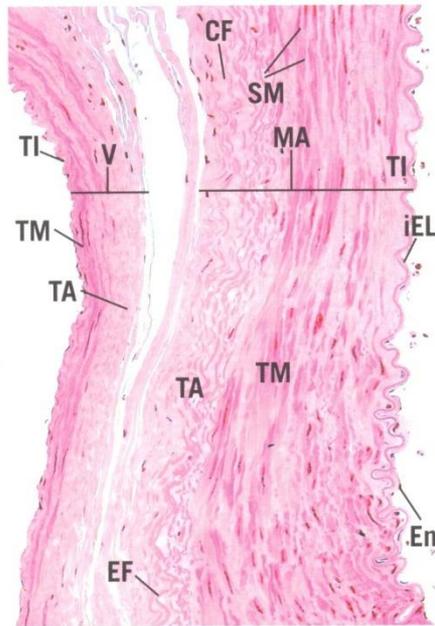
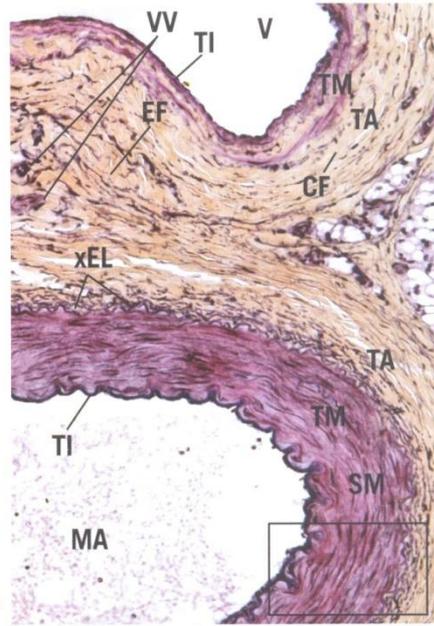


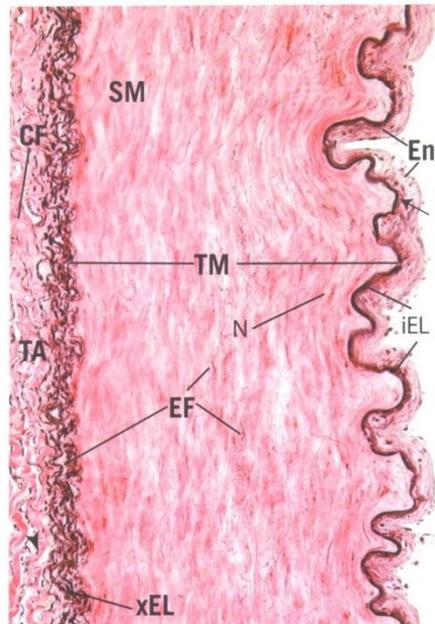
ФОТО 4



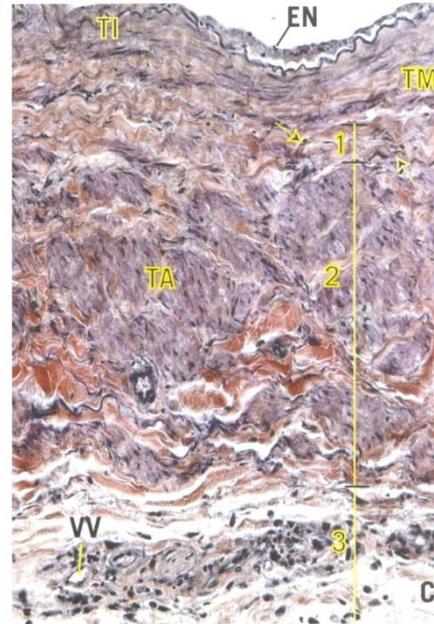
ΦΟΤΟ 1



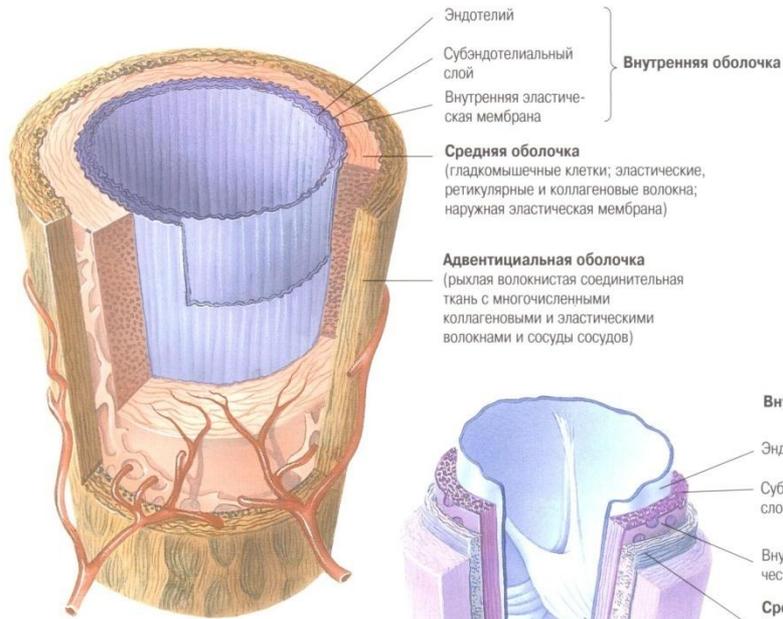
ΦΟΤΟ 2



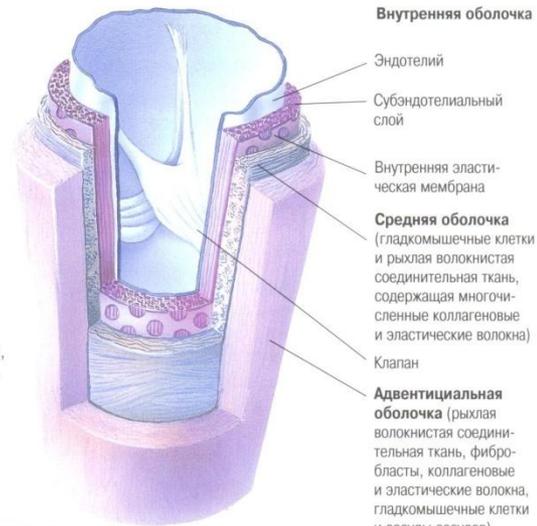
ΦΟΤΟ 3



ΦΟΤΟ 4



Артерия мышечного типа



Крупная вена

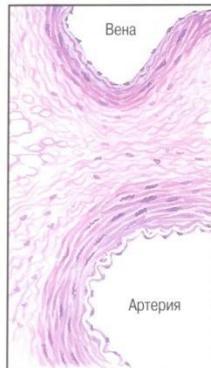


Вены, в отличие от артерий, могут содержать **клапаны**, которые предотвращают обратный ток крови.

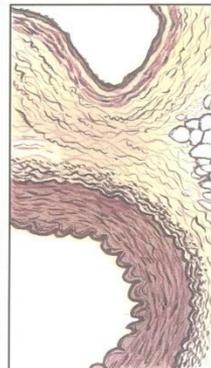
ОКРАШИВАНИЕ

гематоксилином и эозином

орсеином



Вена



Артерия

В артериях средняя оболочка более толстая, чем в вене, и в ней содержится значительно большее количество эластических волокон. Адвентициальная оболочка у вен намного толще, чем у артерий. Наружный слой стенки артерии – **адвентициальная оболочка**, которая представлена рыхлой волокнистой соединительной тканью, содержащей многочисленные коллагеновые и эластические волокна. В ней расположены **сосуды сосудов**, которые проникают в наружные области средней оболочки, снабжая её питательными веществами.

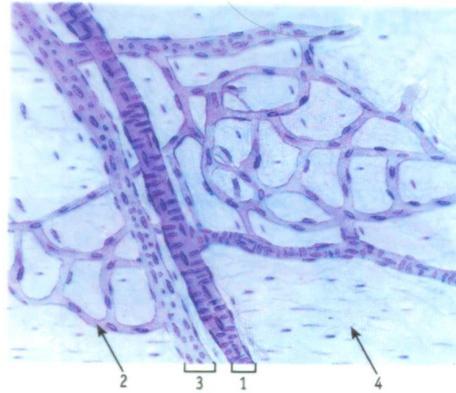


Рис. 129. Сосуды микроциркуляторного русла

*Окраска: железный гематоксилин
(тотальный препарат сальника)*

1 – артериола; 2 – капилляры; 3 – венула; 4 – рыхлая волокнистая соединительная ткань

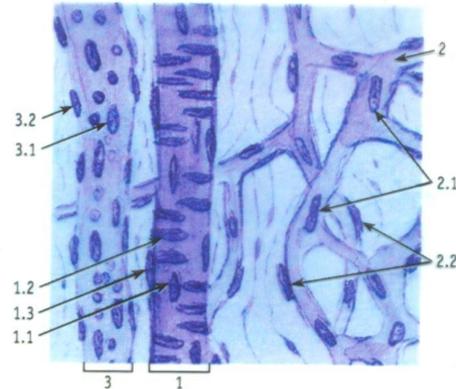


Рис. 130. Артериола, венула и капилляры

*Окраска: железный гематоксилин
(тотальный препарат сальника)*

1 – артериола: 1.1 – эндотелий, 1.2 – гладкие миоциты средней оболочки, 1.3 – рыхлая волокнистая соединительная ткань наружной оболочки; 2 – капиллярная сеть: 2.1 – ядра эндотелиальных клеток, 2.2 – ядра перицитов; 3 – венула: 3.1 – эндотелий, 3.2 – рыхлая волокнистая соединительная ткань наружной оболочки

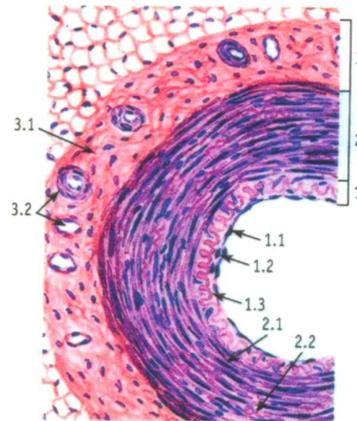


Рис. 131. Артерия мышечного типа

Окраска: гематоксилин – эозин

1 – внутренняя оболочка: 1.1 – эндотелий, 1.2 – субэндотелиальный слой, 1.3 – внутренняя эластическая мембрана; 2 – средняя оболочка: 2.1 – гладкие миоциты, 2.2 – эластические волокна; 3 – наружная оболочка: 3.1 – рыхлая волокнистая соединительная ткань, 3.2 – сосуды сосудов

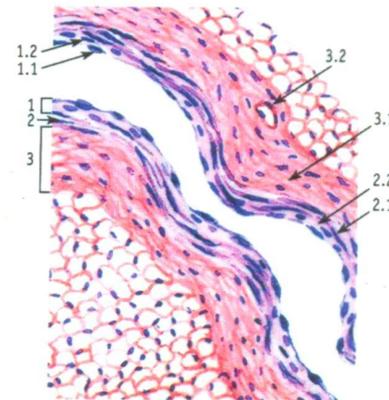
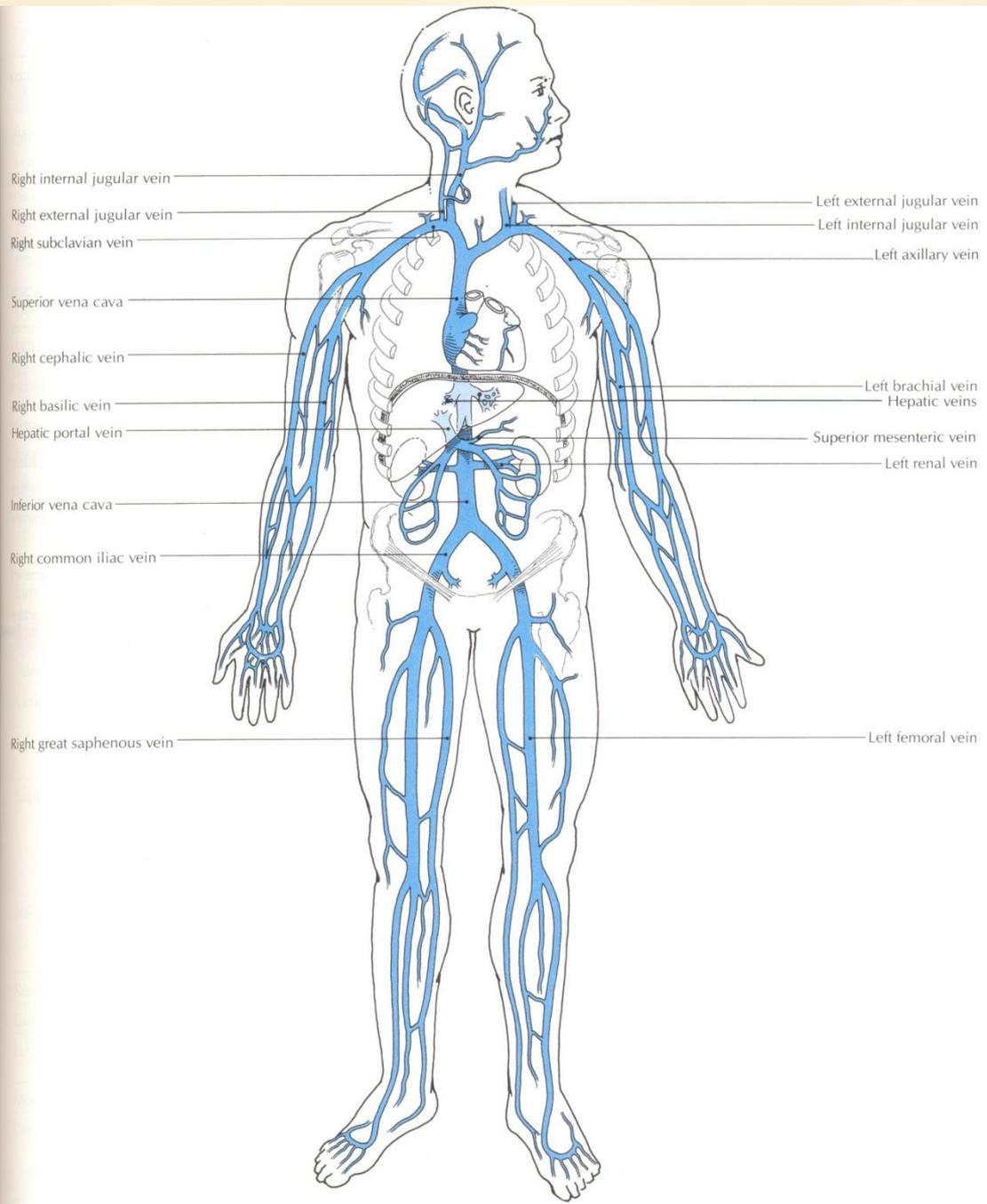


Рис. 132. Вена со слабым развитием мышечных элементов

Окраска: гематоксилин – эозин

1 – внутренняя оболочка: 1.1 – эндотелий, 1.2 – субэндотелиальный слой; 2 – средняя оболочка: 2.1 – гладкие миоциты, 2.2 – рыхлая волокнистая соединительная ткань; 3 – наружная оболочка: 3.1 – рыхлая волокнистая соединительная ткань, 3.2 – сосуды сосудов



Артерии

1. Восходящая аорта – aorta ascendens (6 см, bulbus). Отходят коронарные артерии сердца (aa. coronariae dextra et sinistra).
2. Дуга аорты – arcus aortae. Отходят (справа налево)
 - а) ***брахиоцефальный ствол*** – truncus brachiocephalicus (a. anonyma); б) ***левая общая сонная артерия*** (a. carotis communis sinistra) → ГОЛОВА, ШЕЯ; в) ***левая подключичная артерия*** (a. subclavia sinistra) → левая верхняя конечность.

- От брахиоцефального ствола отходят а)
правая общая сонная артерия (a. carotis communis dextra); б) *правая подключичная артерия* (a. subclavia dextra) → правая верхняя конечность.

Артерии

3. Нисходящая аорта – aorta descendens.

Грудная аорта – отходят а) непарные *бронхиальные ветви* (rami bronchiales); б) непарные *пищеводные ветви* (rami oesophageae); в) 9 пар *межреберных артерий* (aa. intercostales); г) *задние межреберные артерии* (1 пара ниже 12-го ребра) → мышцы спины, спинной мозг, кожа шеи, молочные железы, кожа груди; д) *верхняя диафрагмальная артерия* (a. phrenica).

Артерии

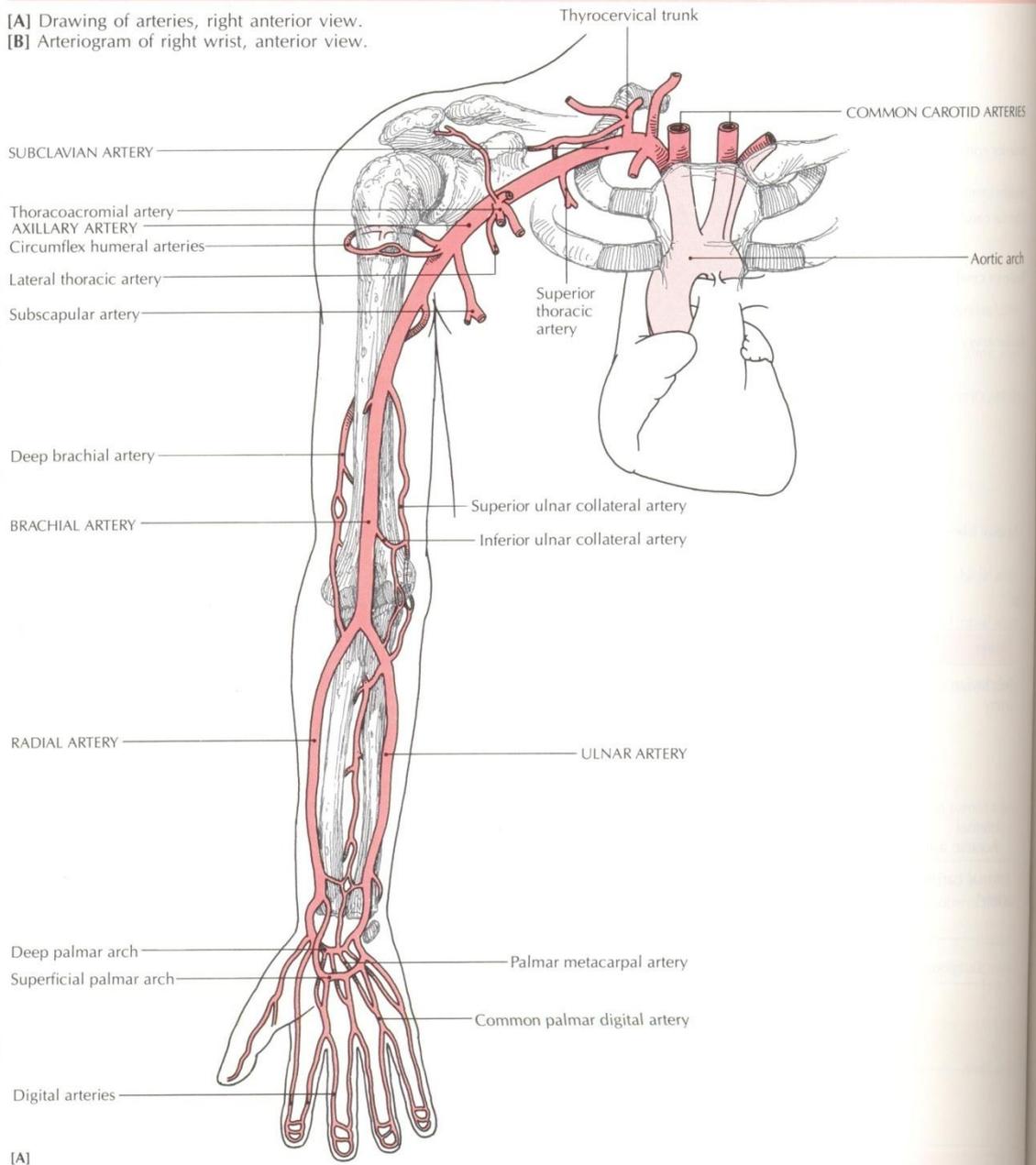
Брюшная аорта – отходят а) **нижняя диафрагмальная артерия**; б) **чревный ствол** (truncus coeliacus) → левая желудочная артерия (a. gastrica sinistra), общая печеночная артерия (a. hepatica communis), селезеночная артерия (a. lienalis); в) **верхняя мезентериальная артерия** (a. mesenterica superior) → тонкий и толстый кишечник; г) **нижняя мезентериальная артерия** (a. mesenterica inferior) → поперечно-ободочная и прямая кишка; д) **a. suprarenalis**; е) **a. renalis**; ж) **артерия яичка** (a. testicularis); з) **артерия яичника** (a. ovarica); и) **поясничные артерии** (4–5 пар) (aa. lumbales) → кожа, мышцы, спинной мозг, cauda equina; к) **средняя сакральная артерия** (a. sacralis mediana); л) **общая подвздошная артерия** (a. iliaca communis) → наружная (нижние конечности) и внутренняя (таз, ягодичная область).

Кровоснабжение верхней конечности

- Подключичная артерия – a. subclavia
- Подмышечная артерия – a. axillaris
- Плечевая артерия – a. brachialis
- Лучевая артерия – a. radialis
- Локтевая артерия – a. ulnaris
- Ладонные дуги – arcus palmaris superficialis, arcus superficialis profundus
- Пальцевые артерии – aa. digitales

FIGURE 20.14 MAJOR ARTERIES OF THE UPPER LIMB

[A] Drawing of arteries, right anterior view.
[B] Arteriogram of right wrist, anterior view.

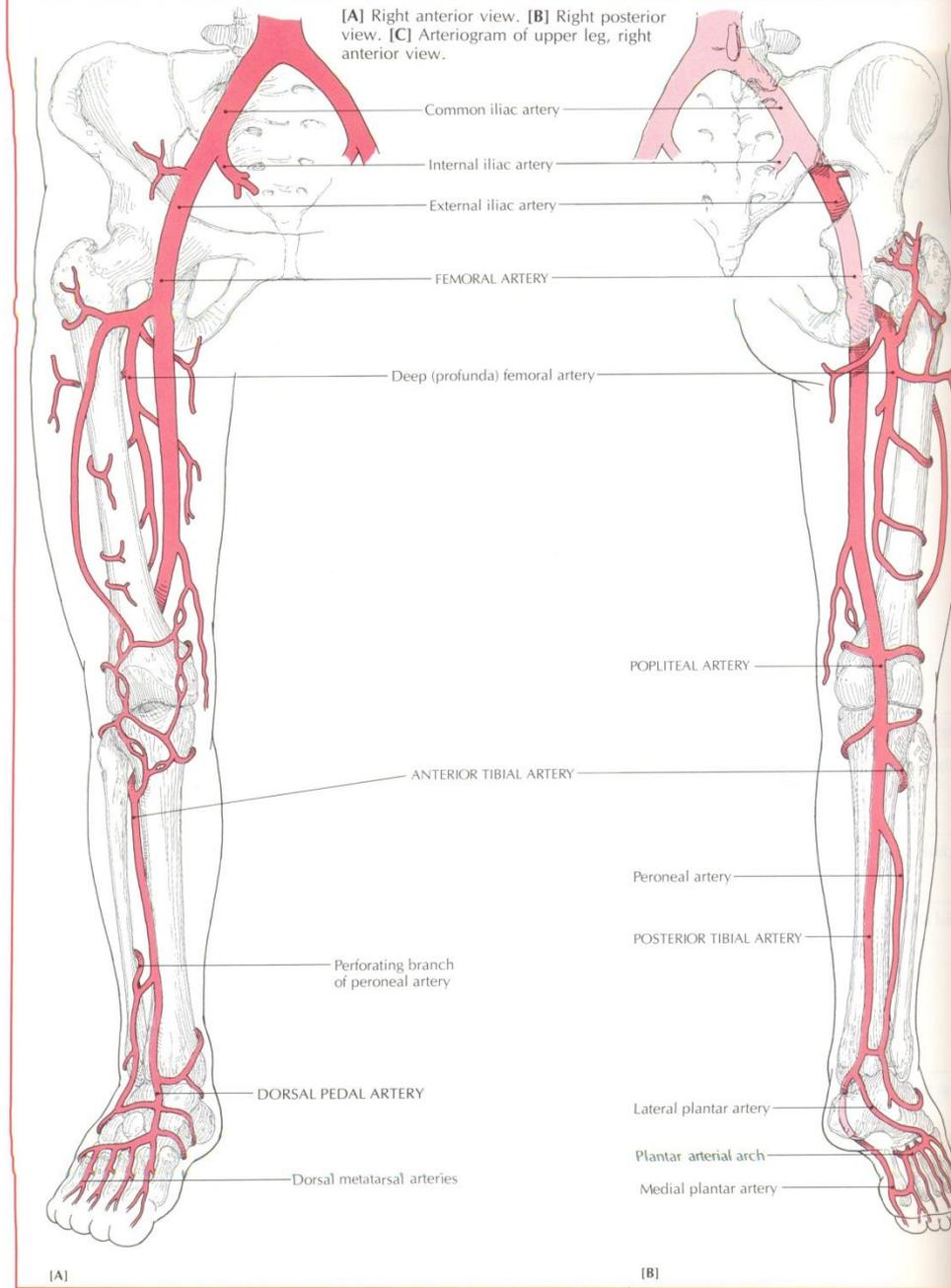


[A]

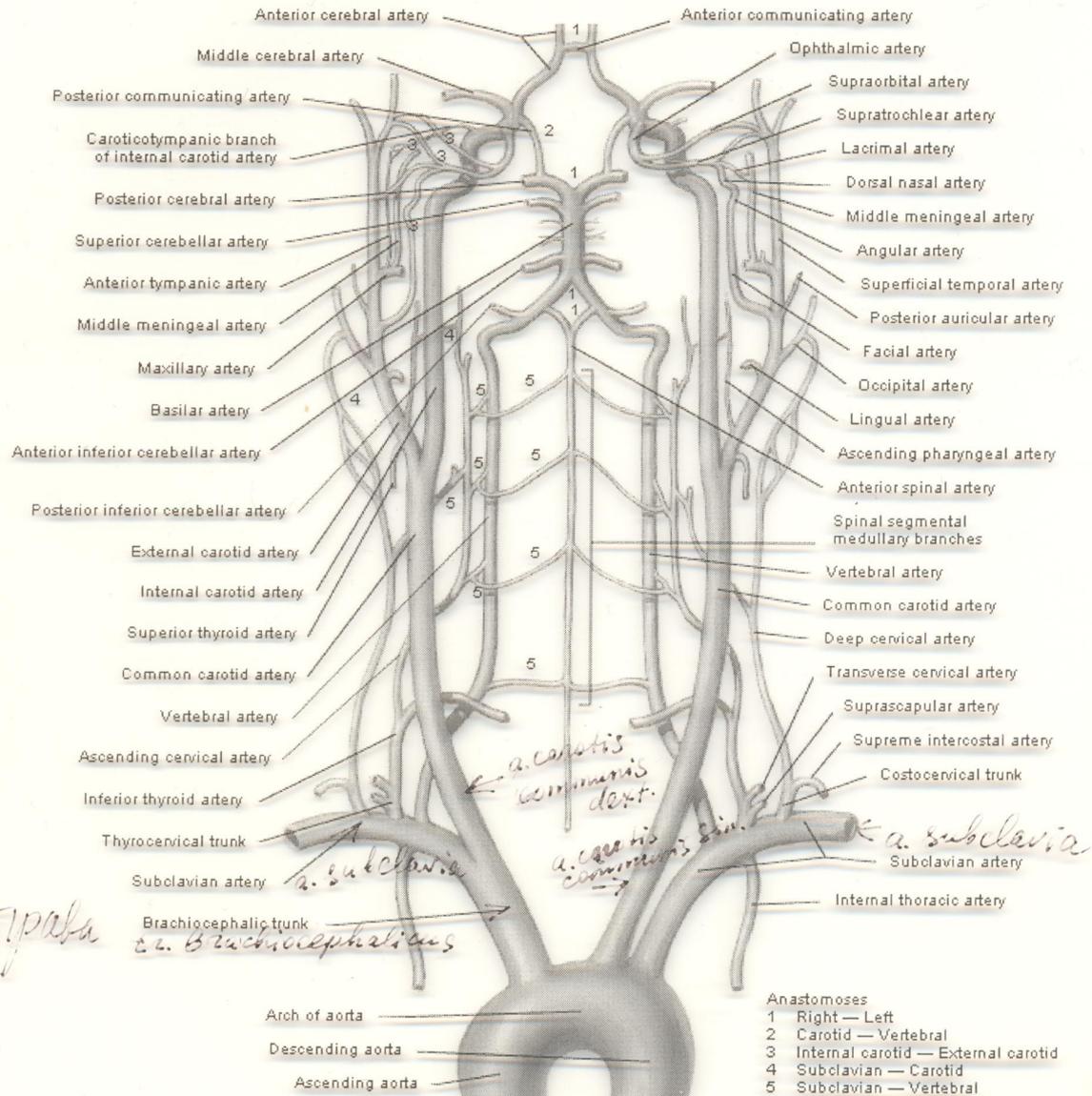
Кровоснабжение нижней конечности

- Общая подвздошная артерия – *a. iliaca communis*
- Наружная подвздошная артерия – *a. iliaca externa*
- Глубокая бедренная артерия – *a. femoralis profundus*
- Подколенная артерия – *a. poplitea*
- Передняя большеберцовая артерия – *a. tibialis anterior*
- *A. dorsalis pedis*

FIGURE 20.15 MAJOR ARTERIES OF THE PELVIS AND LOWER LIMB



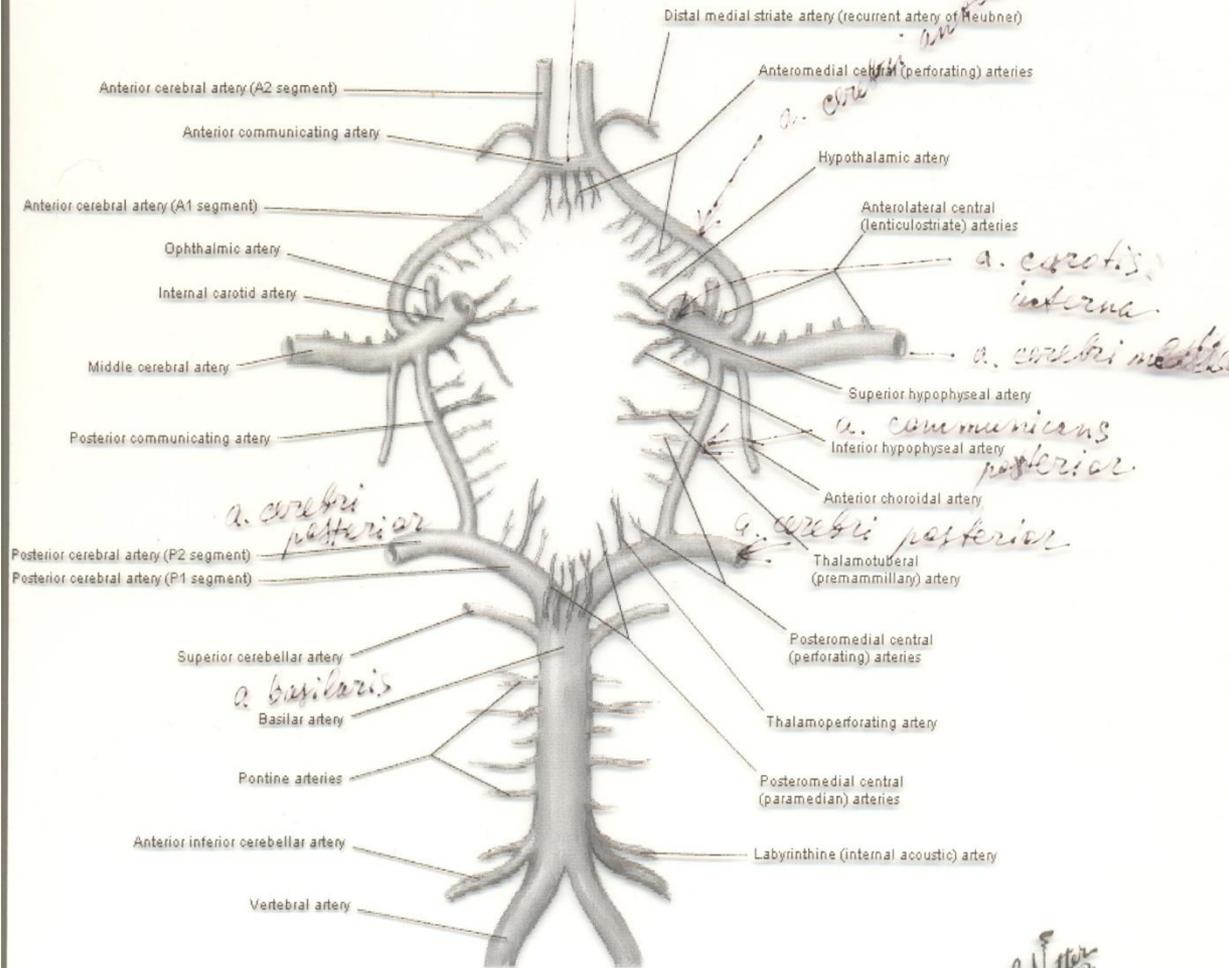
Arteries to Brain: Schema



F. Netter M.D.
 © IGV

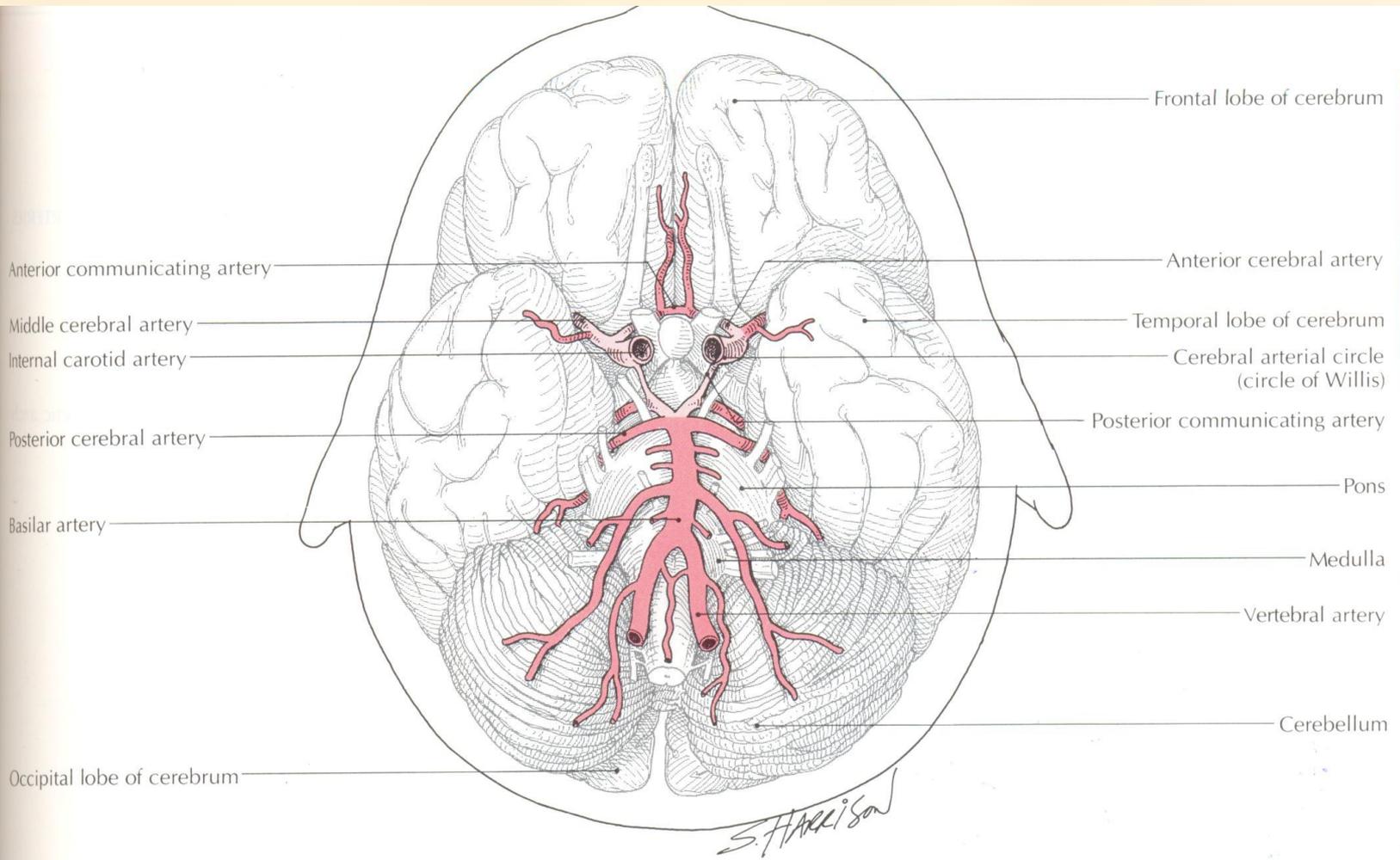
Cerebral Arterial Circle (Willis) - Vessels Dissected Out

Inferior View



a. vertebralis

F. S. Netter M.D.
© 1978



Кровеносные сосуды

- Vena – кровеносная жила.
- *Ingenii vena* – поэтический дар.
- Кровь к сердцу.
- Более гибкие, спадаются при снижении АД.

Отличия вен от артерий

1. Наличие клапанов
 2. Отсутствие округлой формы сечения, склонность к спадению
 3. Меньшая толщина стенки
 4. Стенка эластичная, растяжимая
- Растяжимость в 18–20 раз выше, чем у артерий. 75–80% крови находится в венозном русле.

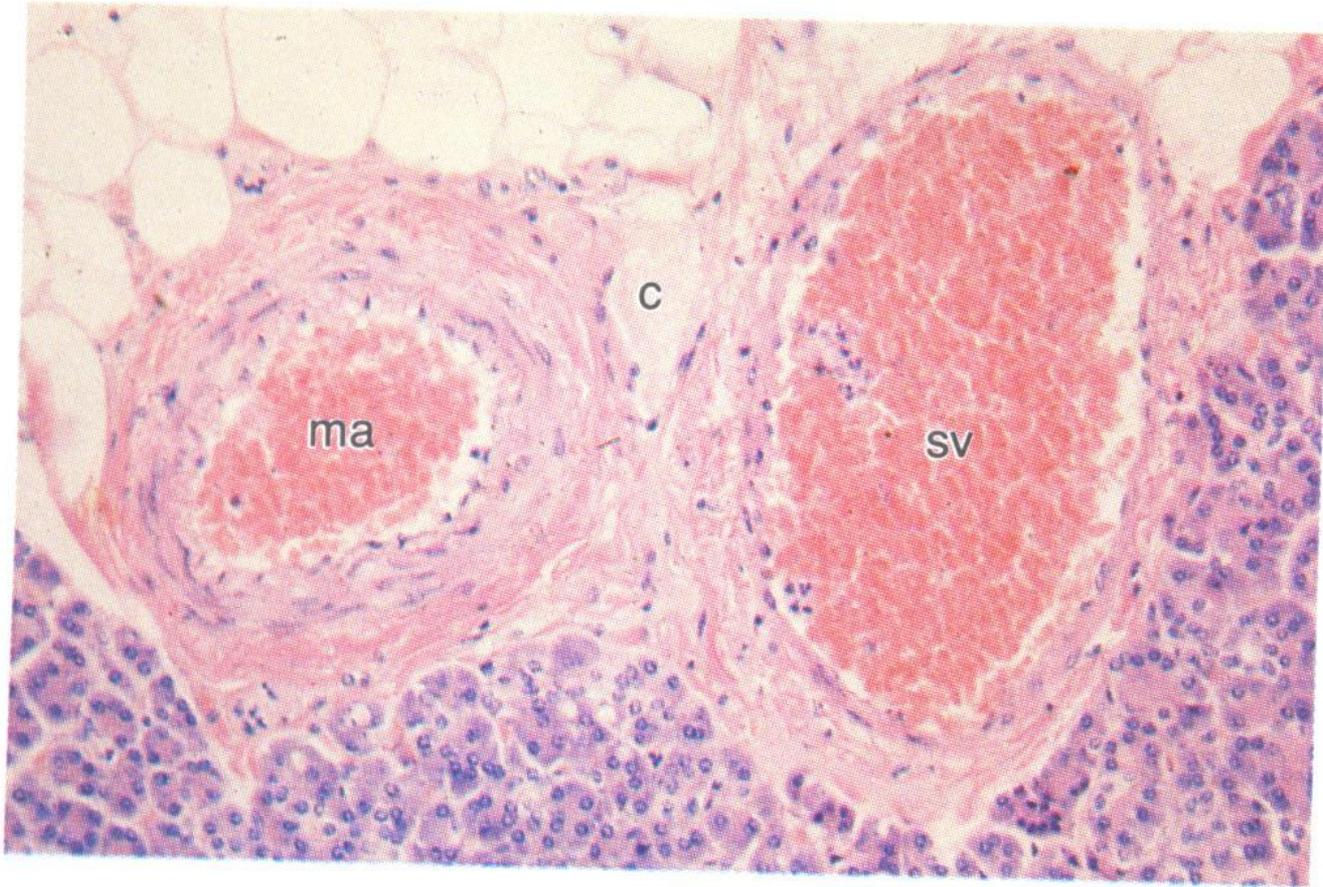


Fig. 10-29. LM illustrating small muscular artery (*ma*), lymphatic capillary (*c*), and small vein (*sv*). Compare to structure of vessel wall shown in Fig. 10-1. (H&E; $\times 150$.)

Кровообращение в венах

1. Сокращение стенок вен, особенно брюшной полости
2. Сокращение скелетной мускулатуры (скелетный мышечный насос) + клапаны
3. «Присасывающее» действие грудной клетки при дыхании

Вены

- Межреберные и поясничные вены формируют справа v. azygos (непарная вена), слева v. hemiazygos (полунепарная вена) → *vena cava superior (верхняя полая вена)*, соответствует ветвям аорты.
- Левая и правая общие подвздошные вены → *vena cava inferior (нижняя полая вена)*, диаметр – 3,5 см, справа вдоль позвоночного столба, ветви от внутренних органов → правое предсердие.

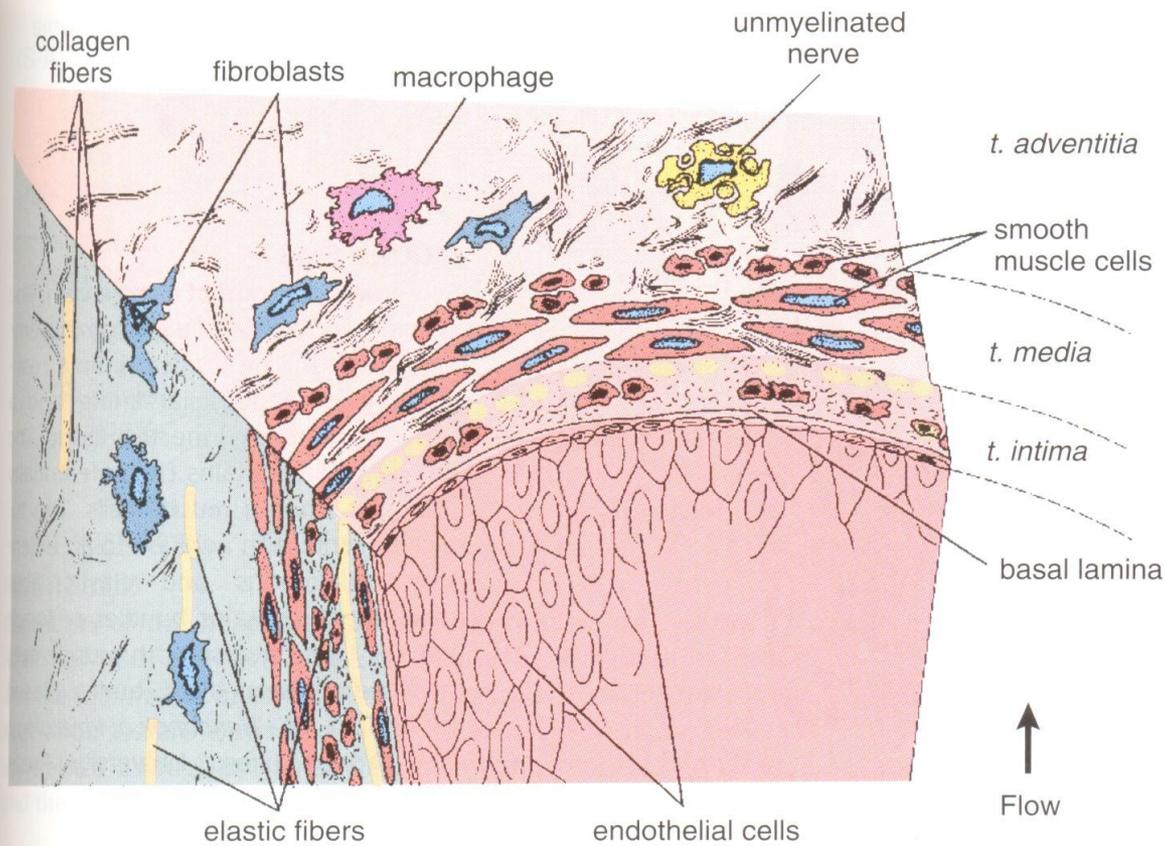


FIGURE 12.14

Schematic diagram of a medium-sized vein. The cellular and extracellular components are labeled. Note that the tunica media contains several layers of circularly arranged smooth muscle cells with interspersed collagen and elastic fibers. Also, a longitudinally arranged smooth muscle layer is present at the junction with the tunica adventitia. *t.*, tunica. (Based on Rhodin JAG. *Handbook of Physiology*. New York: Oxford University Press, 1980.)

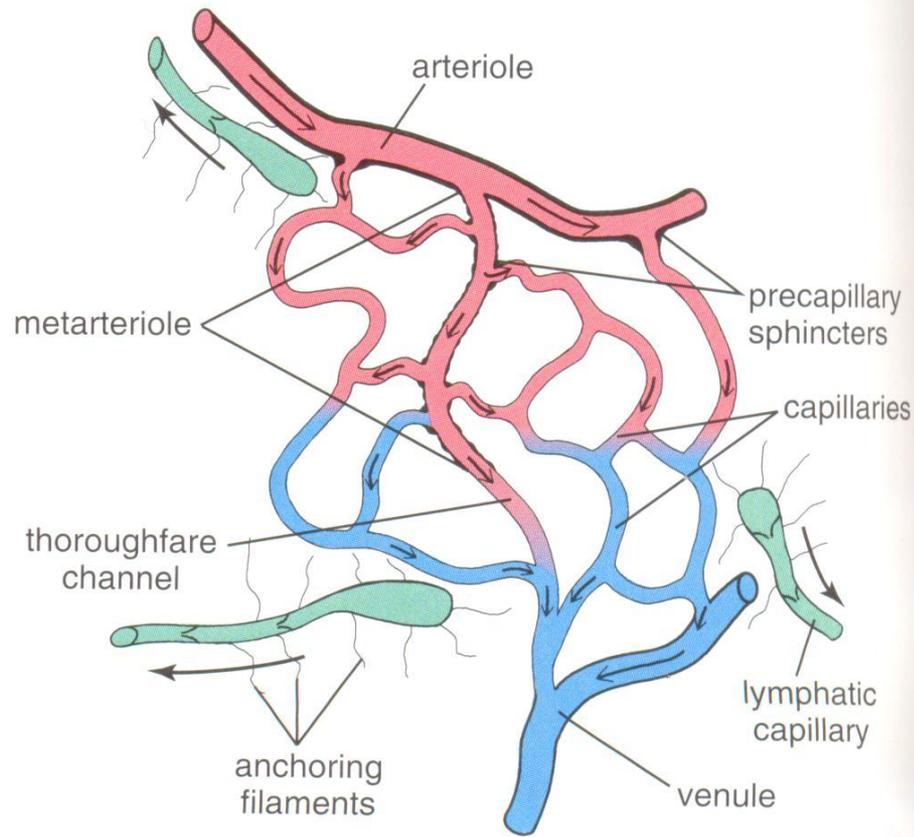


FIGURE 12.13

Diagram of microcirculation. This schematic diagram shows a metarteriole (initial segment of a thoroughfare channel) giving rise to capillaries. The precapillary sphincters of the arteriole and metarteriole control the entry of blood into the capillaries. The distal segment of the thoroughfare channel receives capillaries from the microcirculatory bed, but no sphincters are present where the afferent capillaries enter the thoroughfare channels. Blind-ending lymphatic vessels are shown in association with the capillary bed. Note the presence of anchoring filaments and the valve system within the lymphatic capillaries.

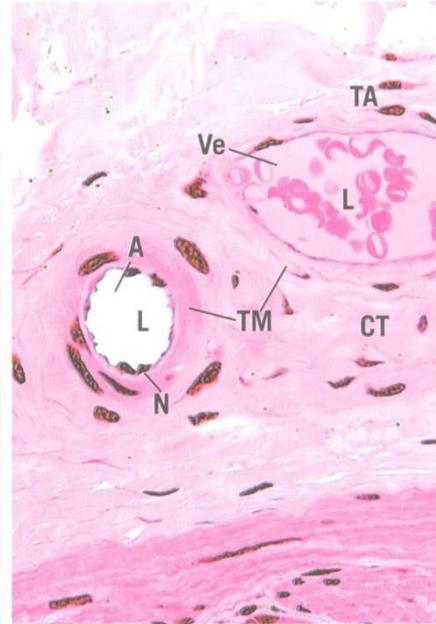
- Сосуды сопротивления – артериолы.
- Спазм → резистентность↑ → АД↑
- Дилатация → резистентность↓ → АД↓

Особенности МЦР

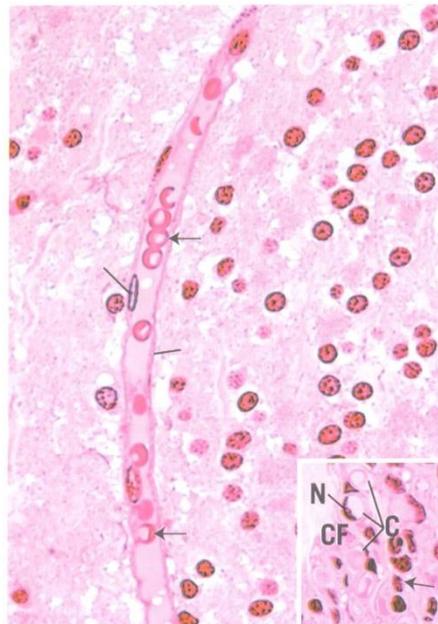
- Число – 40 миллиардов.
- Суммарная площадь поверхности – 1000 м².
- В состоянии покоя функционирует только 25–35% капилляров.
- Скорость кровотока – 0,3 см/сек (21 см/сек в аорте).
- Объем капиллярного русла – 5% кровотока.



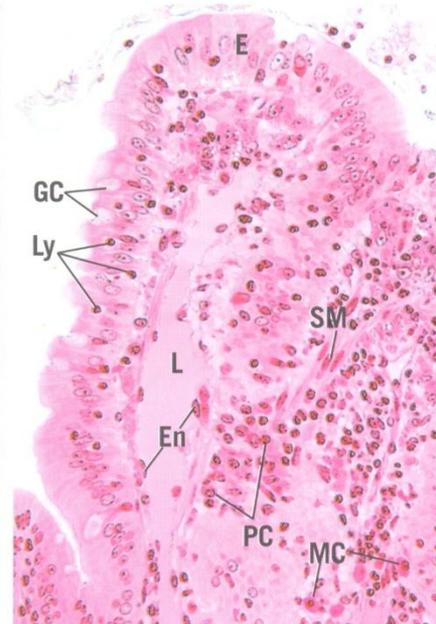
ΦΟΤΟ 1



ΦΟΤΟ 2



ΦΟΤΟ 3



ΦΟΤΟ 4

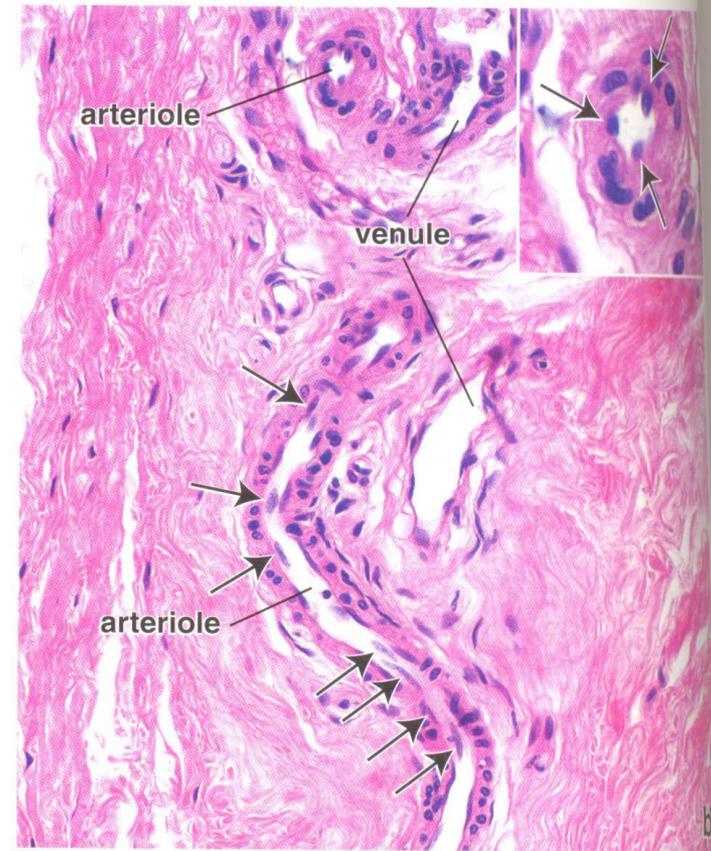
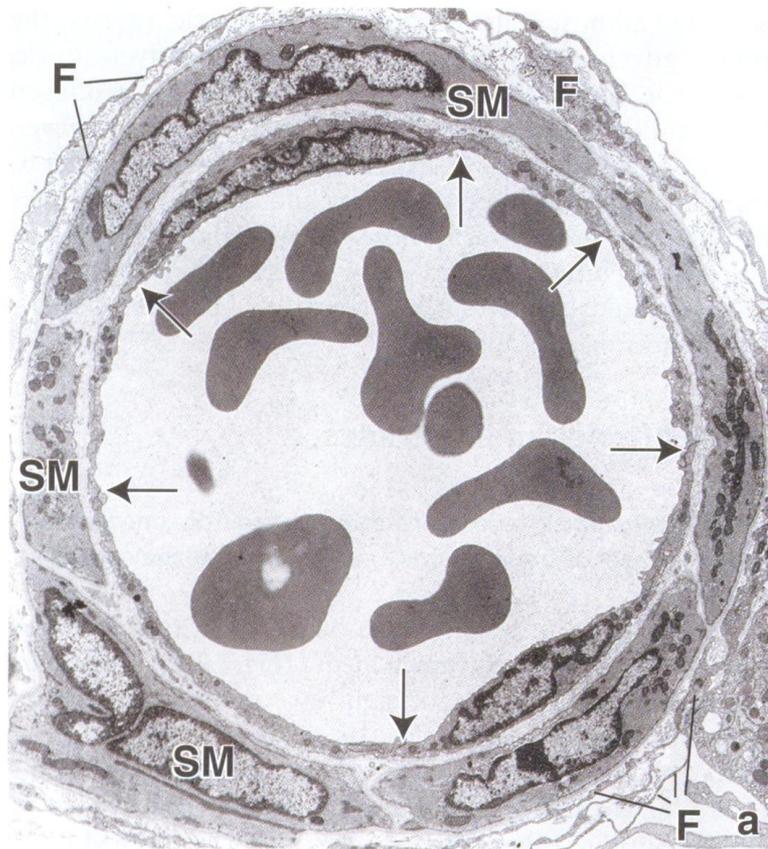


FIGURE 12.9

Electron micrograph and photomicrograph of arterioles. **a.** This electron micrograph shows a cross section of an arteriole. The tunica intima of the vessel is composed of an endothelium and a very thin layer of subendothelial connective tissue (collagen fibrils and ground substance). The *arrows* indicate the site of junction between adjoining endothelial cells. The tunica media consists of a single layer of smooth muscle cells (*SM*). The tunica adventitia is composed of collagen fibrils and several layers of fibroblasts (*F*) with extremely attenuated processes. Red blood cells are visible in the lumen. $\times 6,000$. **b.** Photomicrograph of arteriole and venule in the dermis. One arteriole is

seen in longitudinal section, while another is seen in cross section. The round and ovoid nuclei in the wall of the longitudinally sectioned arteriole belong to the smooth muscle cells of the tunica media. Their round to ovoid shape indicates that these cells have been cut in cross section. The elongated nuclei (*arrows*) belong to endothelial cells. $\times 320$. **Inset.** The cross-sectioned arteriole is shown here at higher magnification and reveals the endothelial cell nuclei bulging into the lumen (*arrows*). They reflect a cross-sectional cut. The nuclei of the smooth muscle cells in the tunica media appear as elongate profiles reflecting their circular pattern around the vessel. $\times 600$.

Кровеносные сосуды

- Капилляры – 3 типа.
- Capillus – волосок.
- Тонкий просвет.
- Нет только в эпителиальных пластах, хрусталике и роговице.

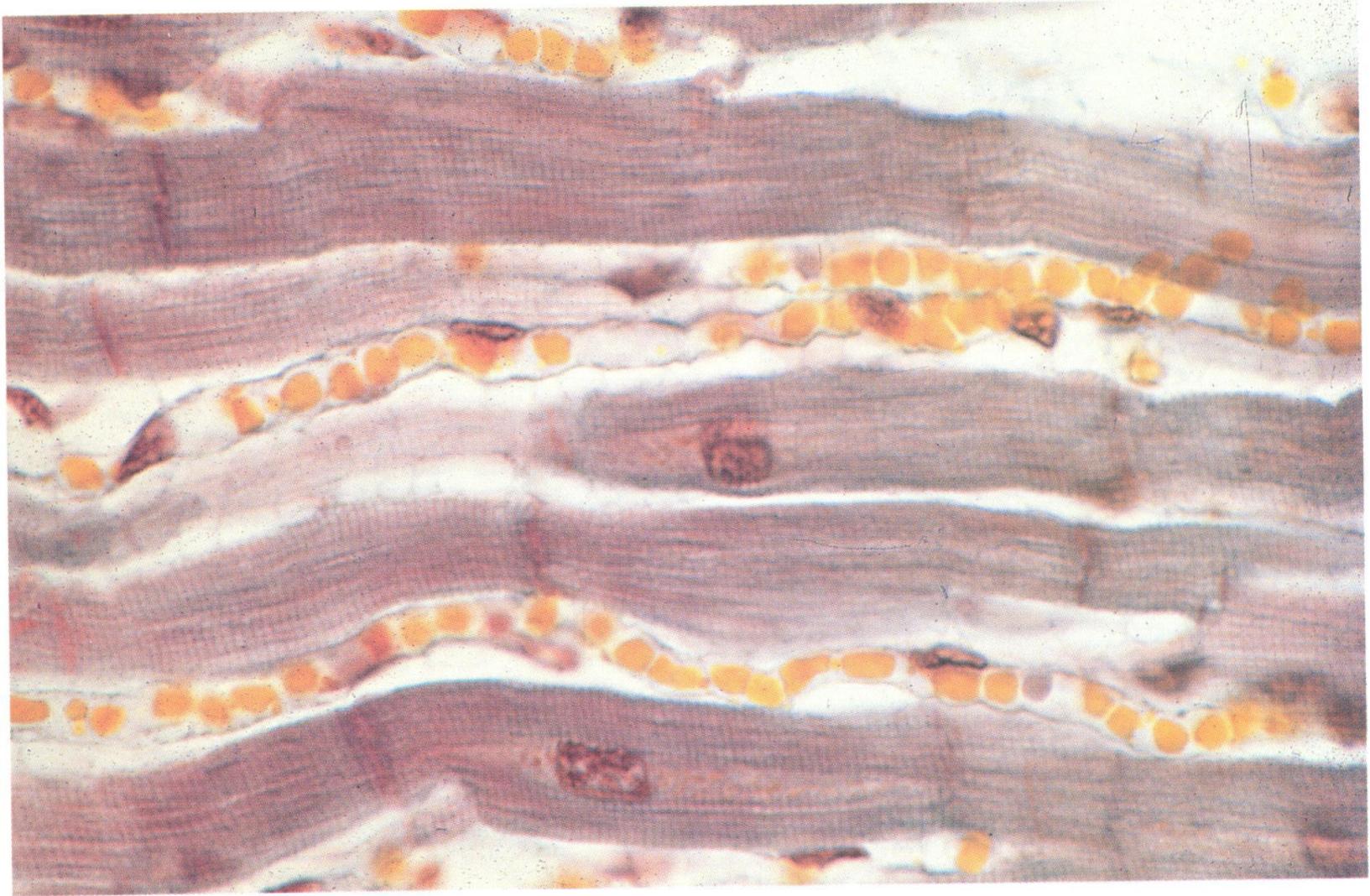
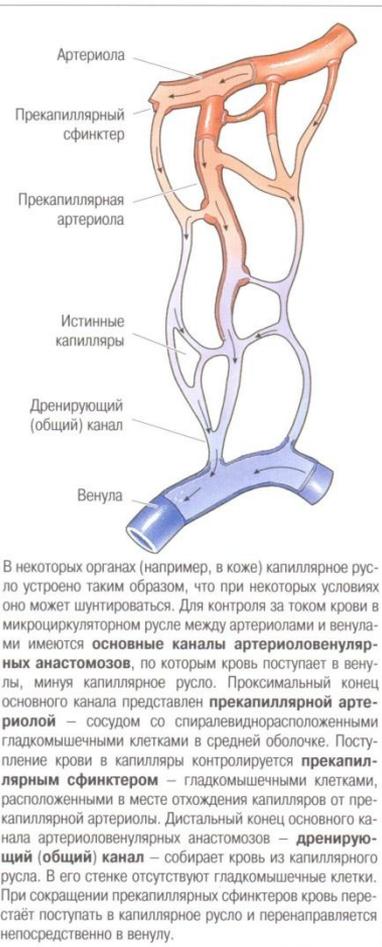
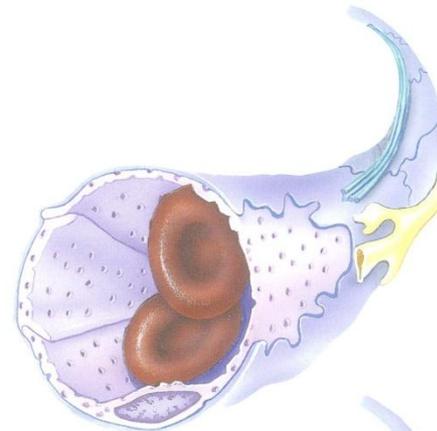


Fig. 10-18. High-magnification LM of cardiac muscle richly supplied with capillaries (note red blood cells stained orange) seen here in longitudinal section. Nuclei of endothelial cells are arranged with their long axes parallel to flow of blood. (Masson's trichrome stain; $\times 1,000$.)

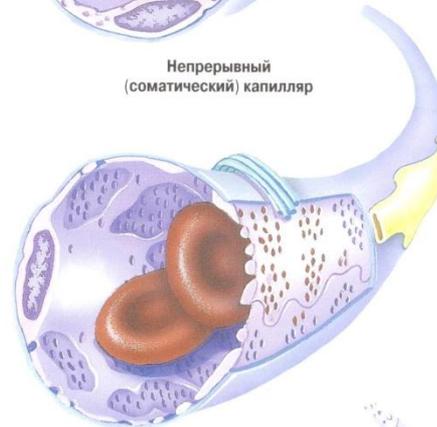


В некоторых органах (например, в коже) капиллярное русло устроено таким образом, что при некоторых условиях оно может шунтироваться. Для контроля за током крови в микроциркуляторном русле между артериолами и венулами имеются **основные каналы артериовенулярных анастомозов**, по которым кровь поступает в венулы, минуя капиллярное русло. Проксимальный конец основного канала представлен **прекапиллярной артериолой** — сосудом со спиралевидно расположенными гладкомышечными клетками в средней оболочке. Поступление крови в капилляры контролируется **прекапиллярным сфинктером** — гладкомышечными клетками, расположенными в месте отхождения капилляров от прекапиллярной артериолы. Дистальный конец основного канала артериовенулярных анастомозов — **дренирующий (общий) канал** — собирает кровь из капиллярного русла. В его стенке отсутствуют гладкомышечные клетки. При сокращении прекапиллярных сфинктеров кровь перестаёт поступать в капиллярное русло и перенаправляется непосредственно в венулу.

Капилляры — узкие (диаметр 8–10 мкм) кровеносные сосуды, выстланные эндотелием. В стенке **непрерывных (соматических) капилляров** нет фенестр, поэтому вещества, проникающие через его стенку в любом направлении, пересекают эндотелиоцит в **пиноцитозных пузырьках**. Для **фенестрированных (окончатых) капилляров** (диаметр 60–80 мкм) характерно наличие в эндотелиоцитах многочисленных пор, затянутых диафрагмами — **фенестр**. Просвет **перфорированных (синусоидных) капилляров** — широкий (диаметр 30–40 мкм). Цитоплазма выстилающих их эндотелиоцитов имеет многочисленные крупные отверстия, в ней отсутствуют пиноцитозные пузырьки. Между смежными эндотелиоцитами выявляются значительные межклеточные пространства. Базальная мембрана синусоидного капилляра прерывистая.



Непрерывный (соматический) капилляр



Фенестрированный (окончатый) капилляр



Перфорированный (синусоидный) капилляр

ОРГАНЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

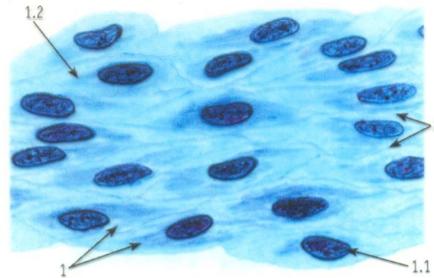


Рис. 126. Эндотелий магистрального сосуда
(плоскостной препарат)

Окраска: железный гематоксилин

1 – эндотелиоциты; 1.1 – ядро, 1.2 – цитоплазма; 2 – межклеточные границы

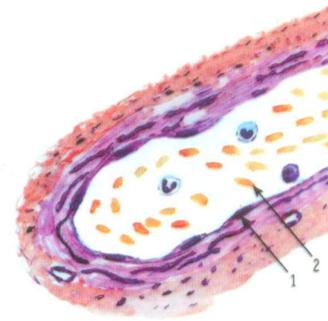


Рис. 127. Эндотелий мелкого кровеносного сосуда на поперечном срезе

Окраска: гематоксилин – эозин

1 – эндотелиоцит; 2 – кровь в сосуде

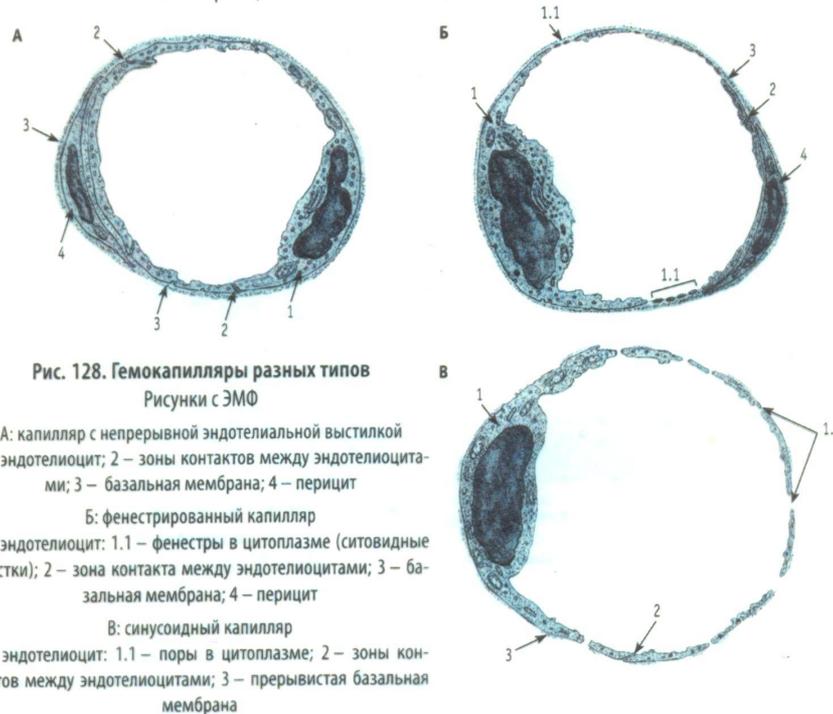


Рис. 128. Гемокапилляры разных типов

Рисунки с ЭМФ

А: капилляр с непрерывной эндотелиальной выстилкой
1 – эндотелиоцит; 2 – зоны контактов между эндотелиоцитами; 3 – базальная мембрана; 4 – перицит

Б: фенестрированный капилляр
1 – эндотелиоцит; 1.1 – фенестры в цитоплазме (ситовидные участки); 2 – зона контакта между эндотелиоцитами; 3 – базальная мембрана; 4 – перицит

В: синусоидный капилляр
1 – эндотелиоцит; 1.1 – поры в цитоплазме; 2 – зоны контактов между эндотелиоцитами; 3 – прерывистая базальная мембрана

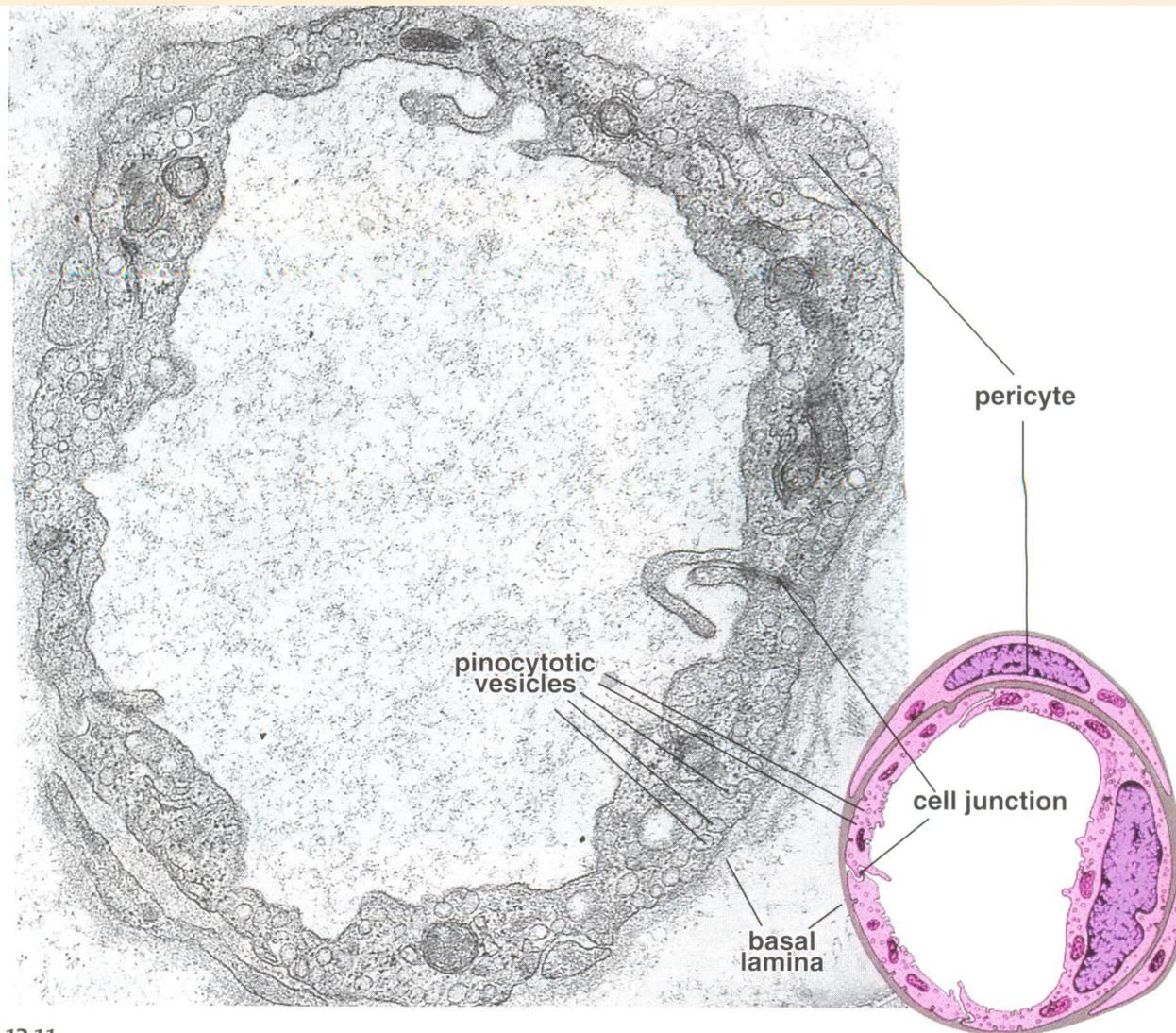


FIGURE 12.11

Electron micrograph and diagram of a continuous capillary. The endothelial cells that make up the wall of a continuous capillary contain numerous pinocytotic vesicles. The cell junctions are frequently marked by cytoplasmic (marginal) folds that protrude into the lumen. The endothelial cell nuclei are not included within the plane of section

in the micrograph, but an endothelial cell with its nucleus is shown in the diagram. Similarly, the electron micrograph shows only a small amount of pericyte cytoplasm; a nucleus is not seen but is shown in the diagram (see the upper right and lower left of the micrograph). Note that the pericyte cytoplasm is enclosed by basal lamina. $\times 30,000$.

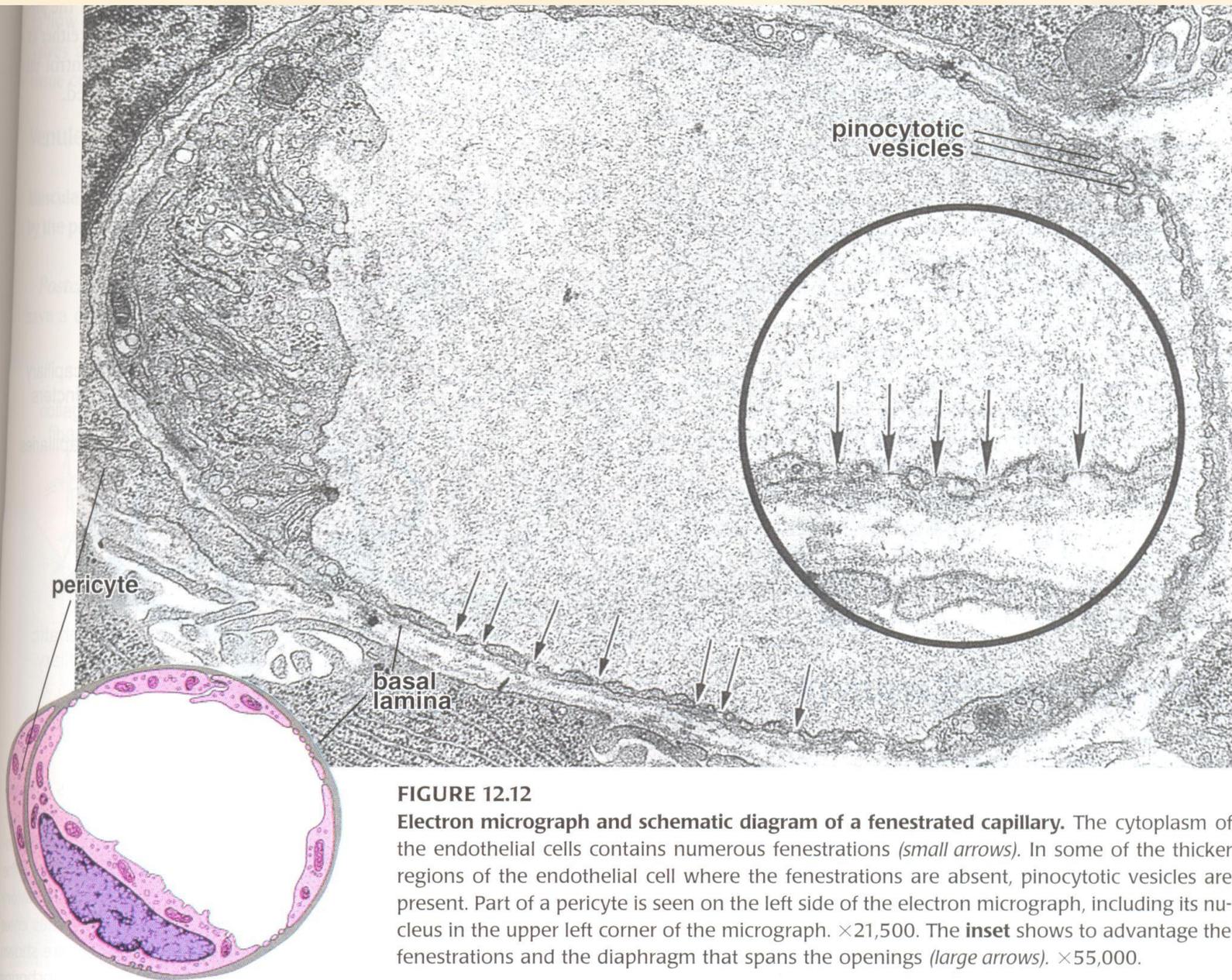


FIGURE 12.12

Electron micrograph and schematic diagram of a fenestrated capillary. The cytoplasm of the endothelial cells contains numerous fenestrations (*small arrows*). In some of the thicker regions of the endothelial cell where the fenestrations are absent, pinocytotic vesicles are present. Part of a pericyte is seen on the left side of the electron micrograph, including its nucleus in the upper left corner of the micrograph. $\times 21,500$. The **inset** shows to advantage the fenestrations and the diaphragm that spans the openings (*large arrows*). $\times 55,000$.

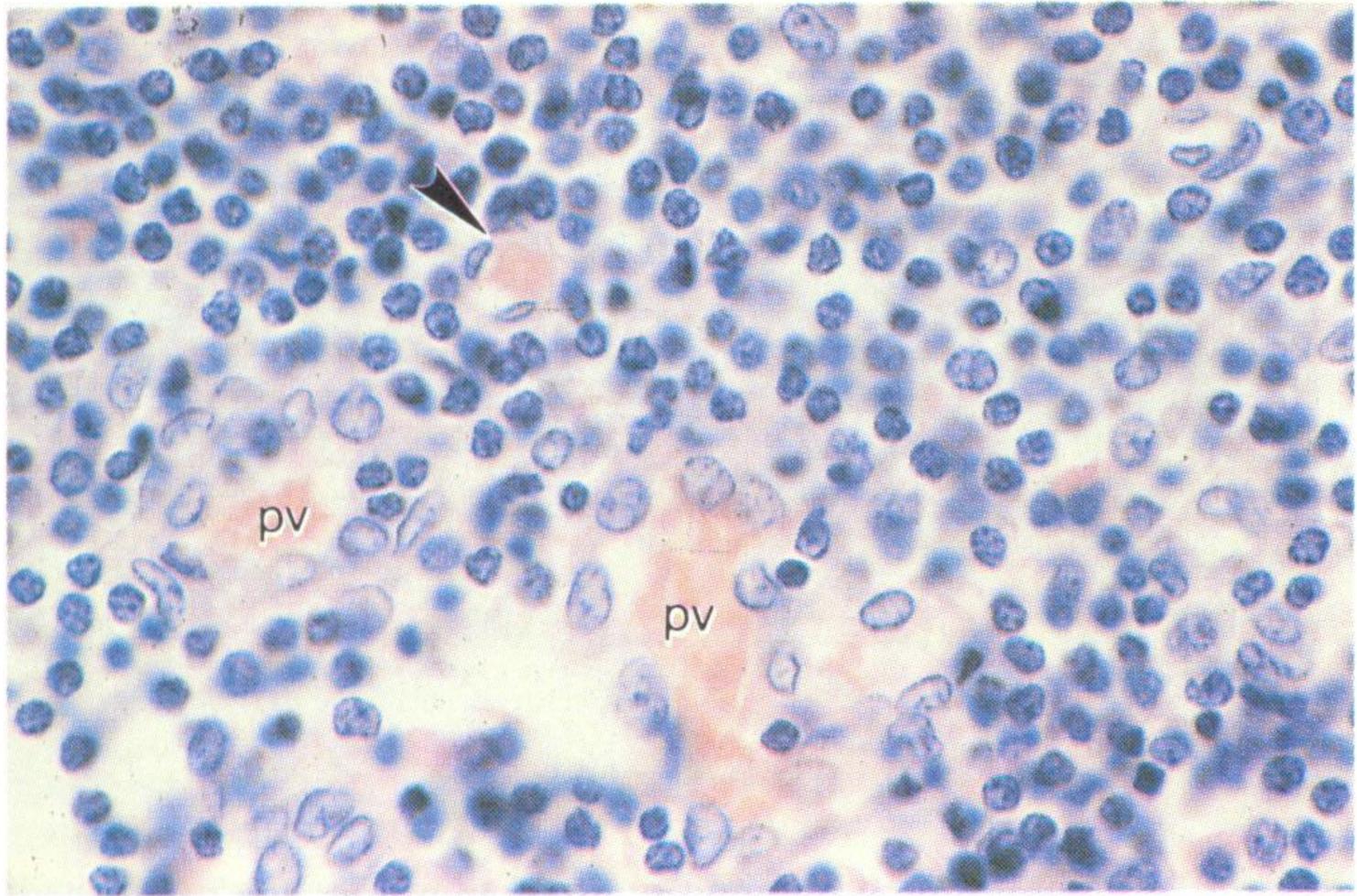


Fig. 10-25. LM of postcapillary venule in lymph node. Compare shape of endothelial cells in postcapillary venule (*pv*) with that of capillary (*arrowhead*) within the same field. (H&E; $\times 500$.)

Артерио-венозные анастомозы (МЦР русло)

- На площади $1,6 \text{ см}^2$ – 25–55 анастомозов.
- Сброс крови, регуляция АД.
- Открытие анастомозов – ↓ АД, закрытие – ↑ АД.

Артериальное давление

- Время кругооборота крови – 20–25 сек.
- АД было впервые измерено Стефаном Хелсом (1733 г.). Вставил трубку в артерию лошади.
- Измерение АД: прямое и непрямое (сфигмоманометр Рива-Роччи).

Артериальное давление

- И.С. Коротков (1905 г.) – второй метод. Звуковое аускультативное определение АД. Артерия пережимается манжетой, создаются завихрения, становится слышимым кровоток (с помощью фонендоскопа).
- Появление шума соответствует систолическому давлению, а его исчезновение – диастолическому давлению.

Возрастные изменения

- Потеря эластичности, атеросклероз, ↑ АД (чаще после 60 лет).
- Пульс у детей в 3 года – 100 ударов в минуту.
- Время кругооборота крови: 7 лет – 3,72 сек, 20 лет – 18,5 сек, 40 лет – 22 сек, 70 лет – 25 сек.

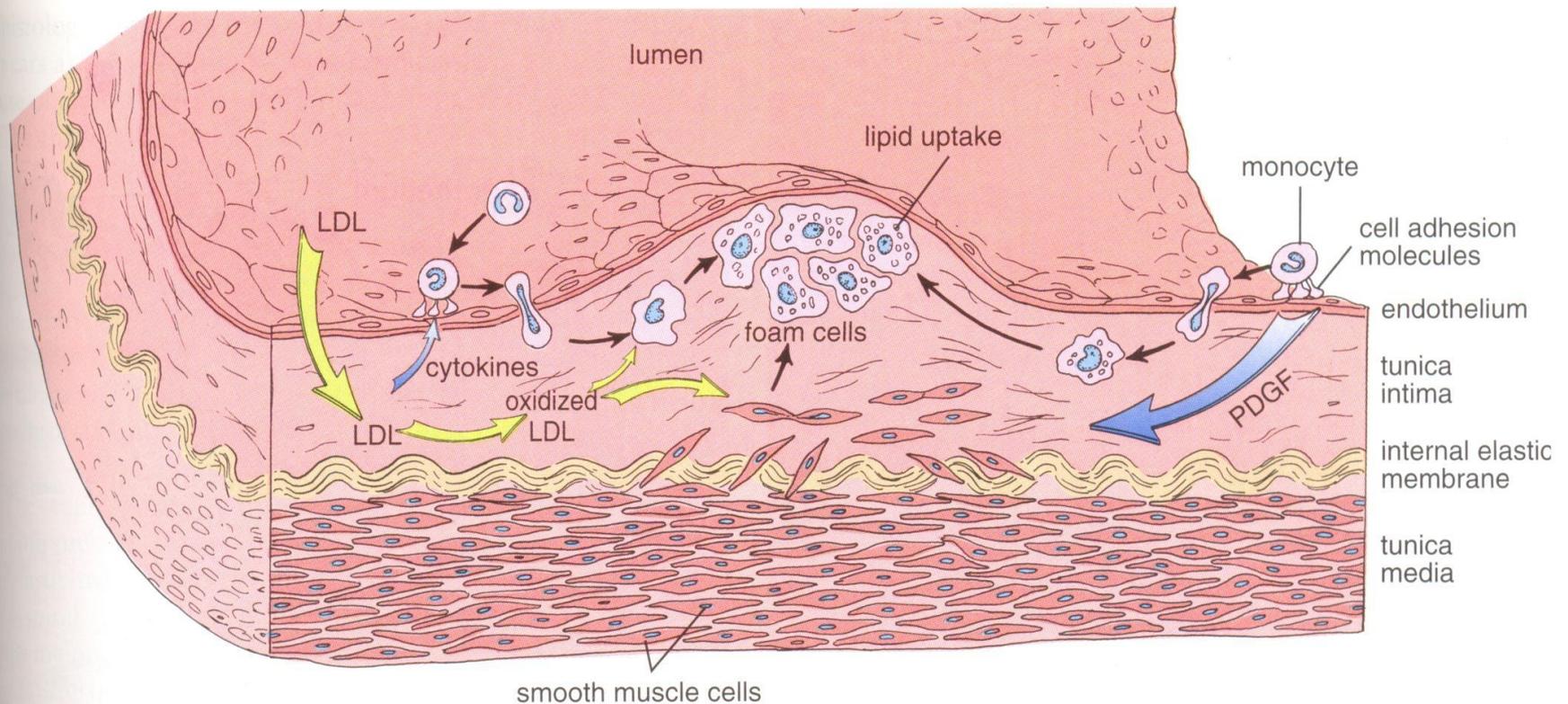


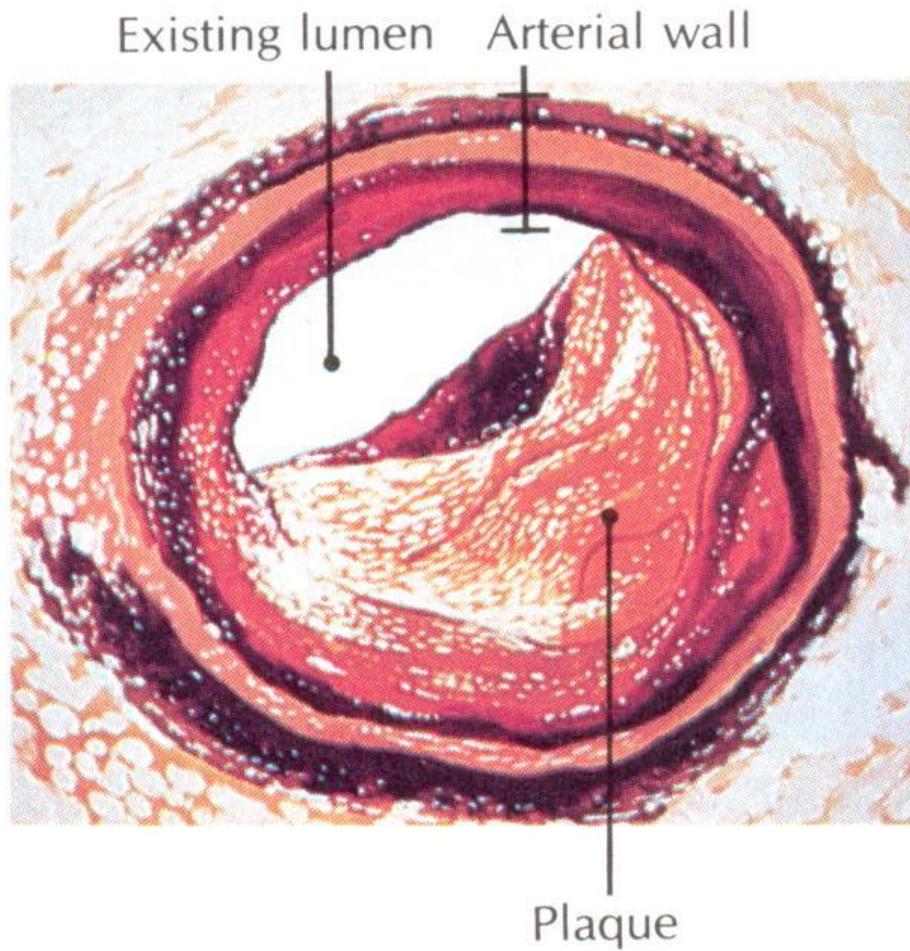
FIGURE 12.6

Schematic diagram of cellular interactions in the formation of an atherosclerotic plaque. Endothelial cells express cell adhesion molecules that initiate monocyte migration through the endothelium. Platelet-derived growth factor (*PDGF*) and other growth factors (*blue arrow*) released from endothelial cells stimulate migration of the smooth muscle cells from the tunica media to the tunica intima. In the

tunica intima, smooth muscle cells produce large amounts of extracellular matrix (proteoglycans, collagen) that increase the thickness of the tunica intima. Foam cells derived from both macrophages and smooth muscle cells accumulate LDLs, which cross the endothelial barrier (*yellow arrows*), and are oxidized by free radicals produced by the endothelial cells.



Рис. 10-10. Схема атеросклеротической бляшки. Фиброзная капсула может вызывать клинические симптомы за счёт своих размеров, распада и изъязвления. Некротический центр также вызывает клинические проявления благодаря своим размерам и тромبوпластическому потенциалу (по: Braunwald E. *Heart Disease*, 2 издание. Philadelphia, *WB Saunders*, 1984, с.1186)



Atherosclerotic plaque can narrow the lumen of an artery substantially.

lymphocytes, cholesterol crystals, and cell debris. It is believed that both macrophages and smooth muscle cells accumulate lipid, par-

viduals by age 50 or 60 years.

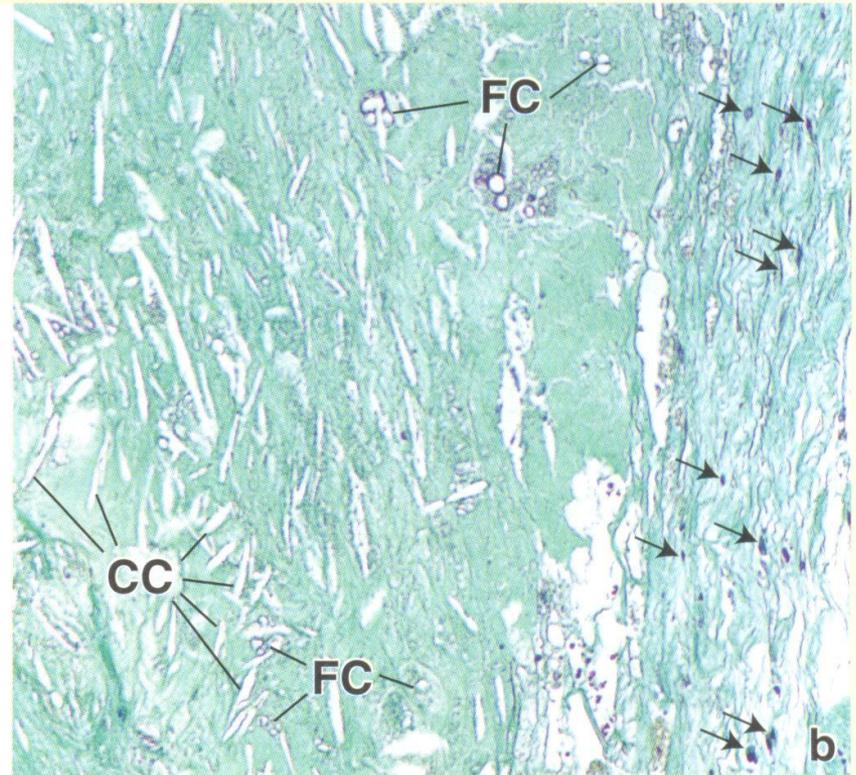
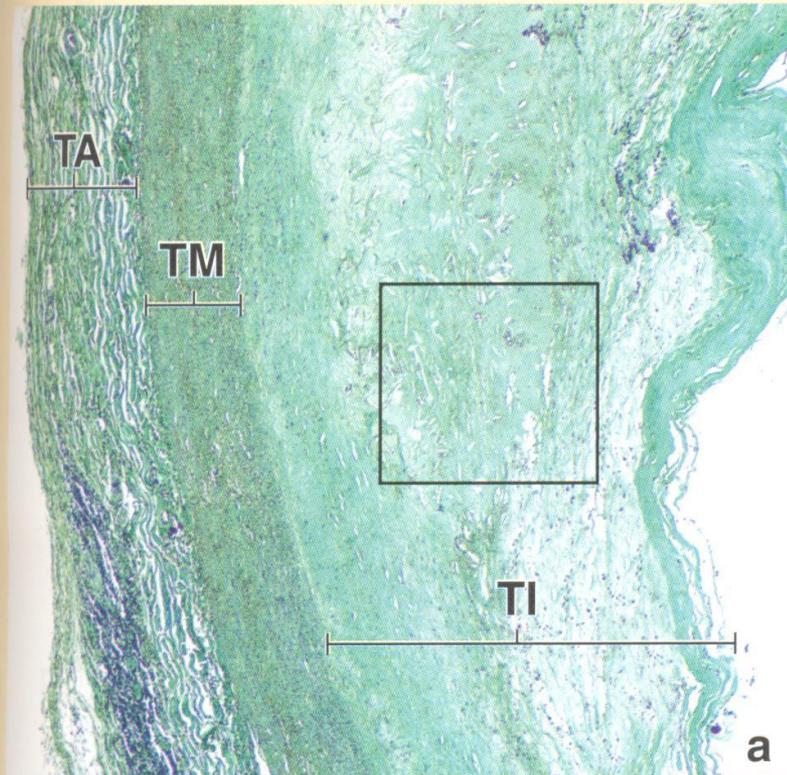


FIGURE 12.10

Photomicrographs of an atherosclerotic lesion. **a.** This specimen is from a human aorta stained by the Masson trichrome method. The lesion, referred to as a fibrous plaque, consists of connective tissue fibers, smooth muscle cells, fat-containing macrophages (foam cells), and a necrotic material. It occupies the site of the tunica intima (*TI*), which is greatly expanded in thickness. *TM*, tunica media; *TA*, tunica adventitia. $\times 40$. **b.** A higher power of the area in the rectangle in *a*. On the right, some of the fibrous connective tis-

sue of the plaque is evident. The *arrows* point to smooth muscle cell nuclei that have produced the collagen fibers of the fibrous plaque. Also evident are the foam cells (*FC*) and the characteristic cholesterol clefts (*CC*). The latter are spaces occupied previously by cholesterol crystals that have been dissolved during specimen preparation. The remainder of the plaque consists of necrotic material and lipid. $\times 240$.