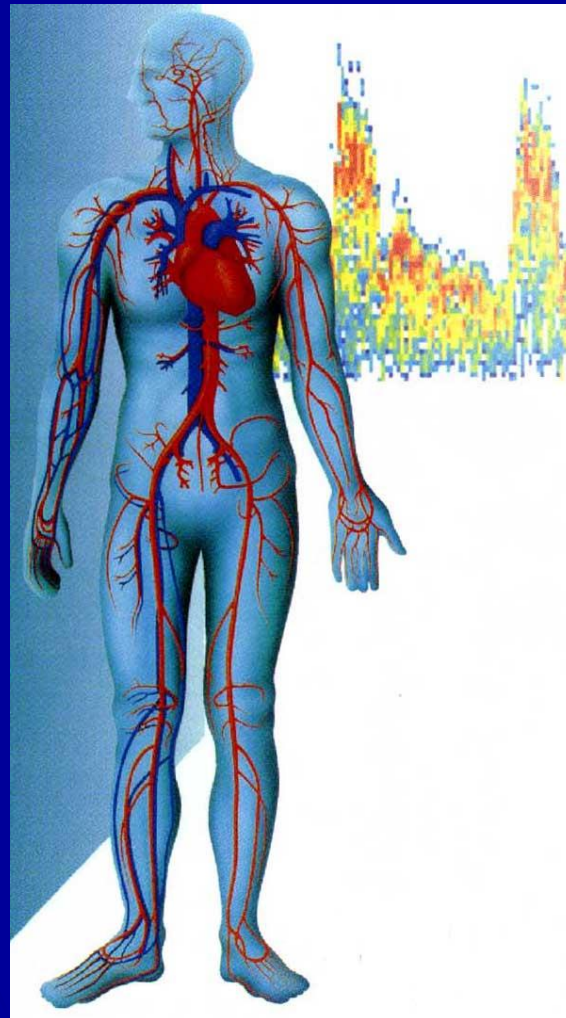


Клиническая патофизиология нарушений регионального кровообращения



Функциональная классификация сосудистой системы по Фолкову

Основы ультразвукового исследования сосудов

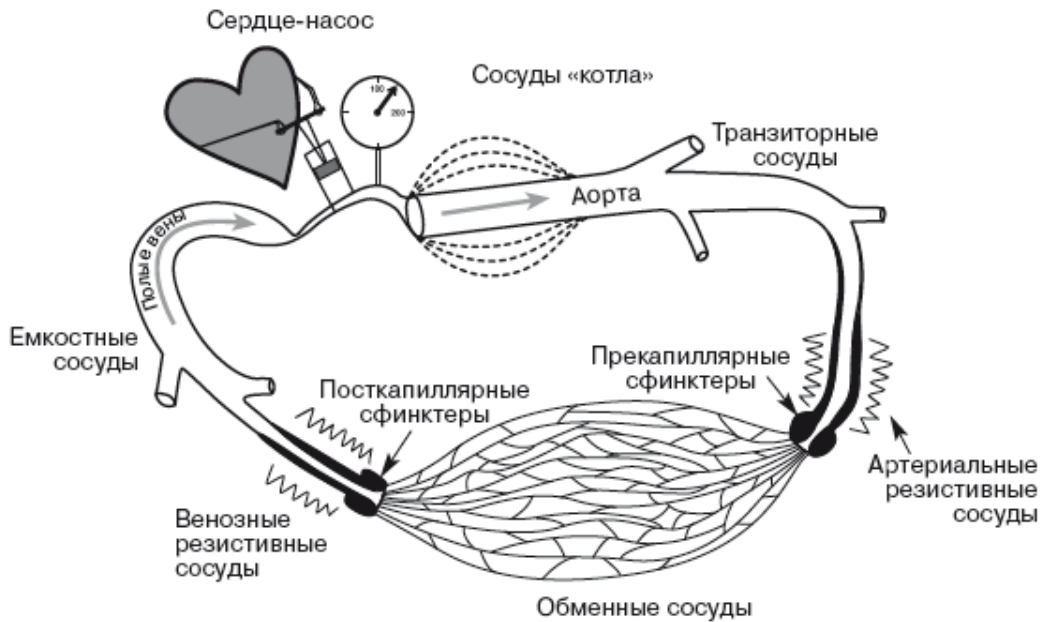
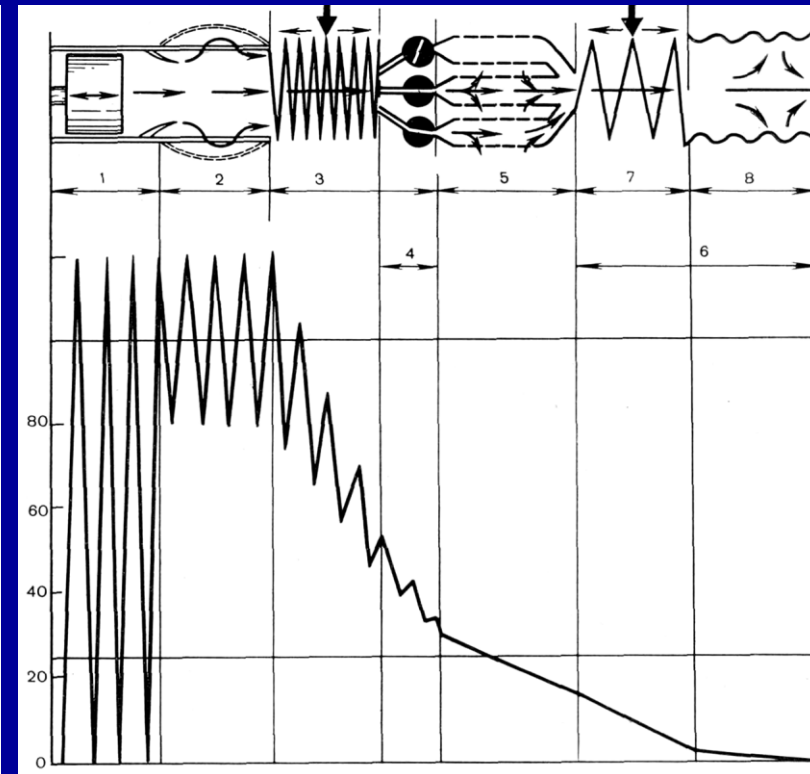


Рис. 1.1. Функциональная специализация кровеносных сосудов.



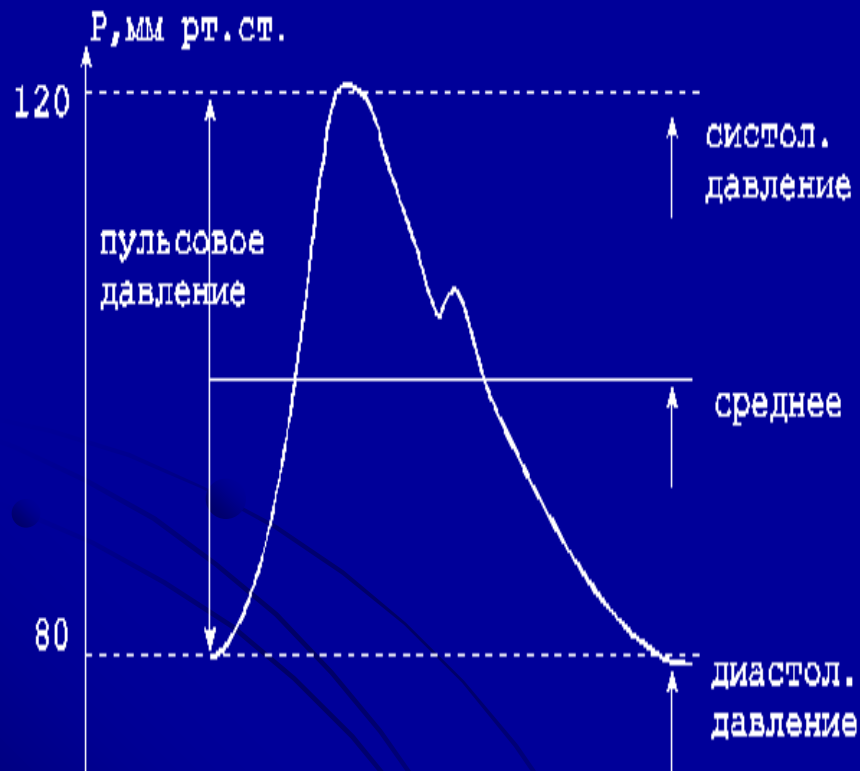
Закон Пуазейла

$$Q = P1 - P2 / R$$

$$R = 8 l \eta / \pi r^4$$

1 - левый желудочек; 2 - сосуды «котла»; 3,7 – резистивные сосуды;
4 - сфинктеры; 5 – обменные сосуды;
6-венозное русло; 7 - емкостные сосуды

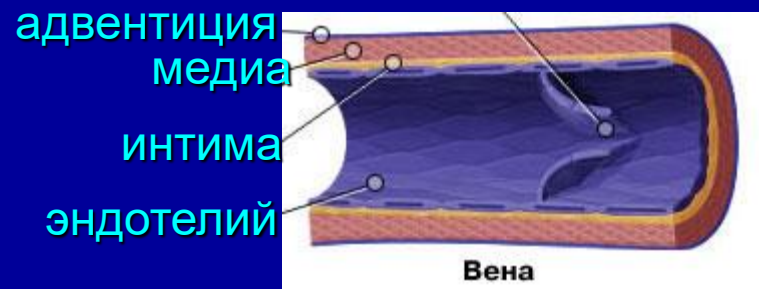
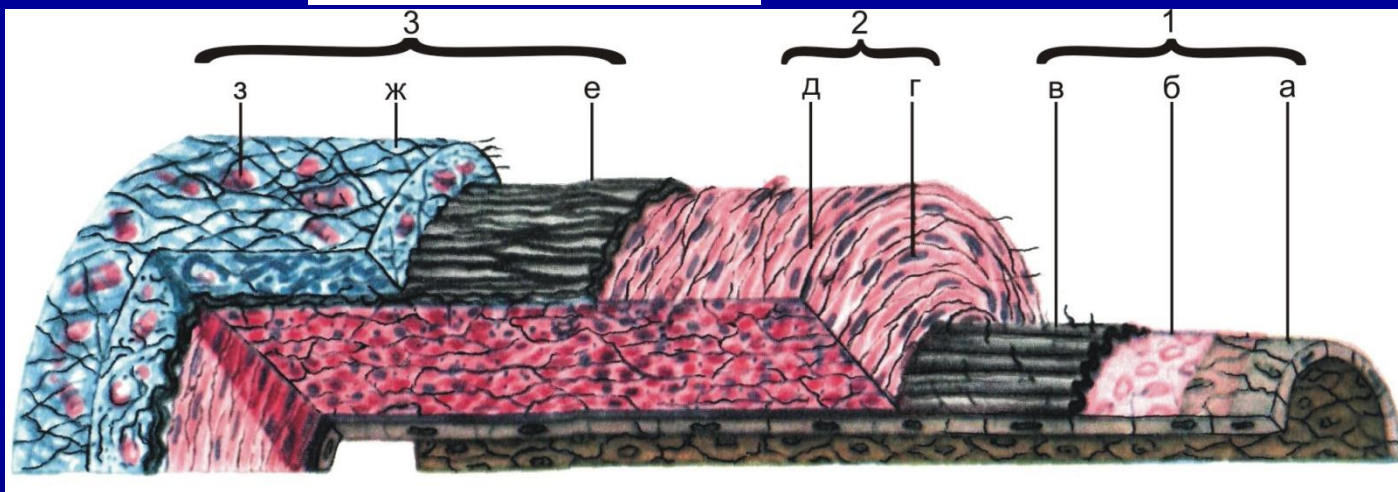
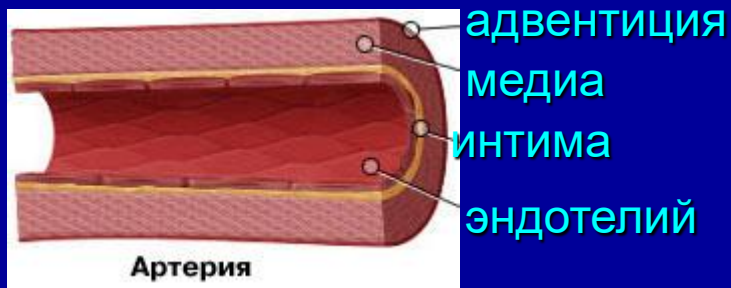
Происхождение АД



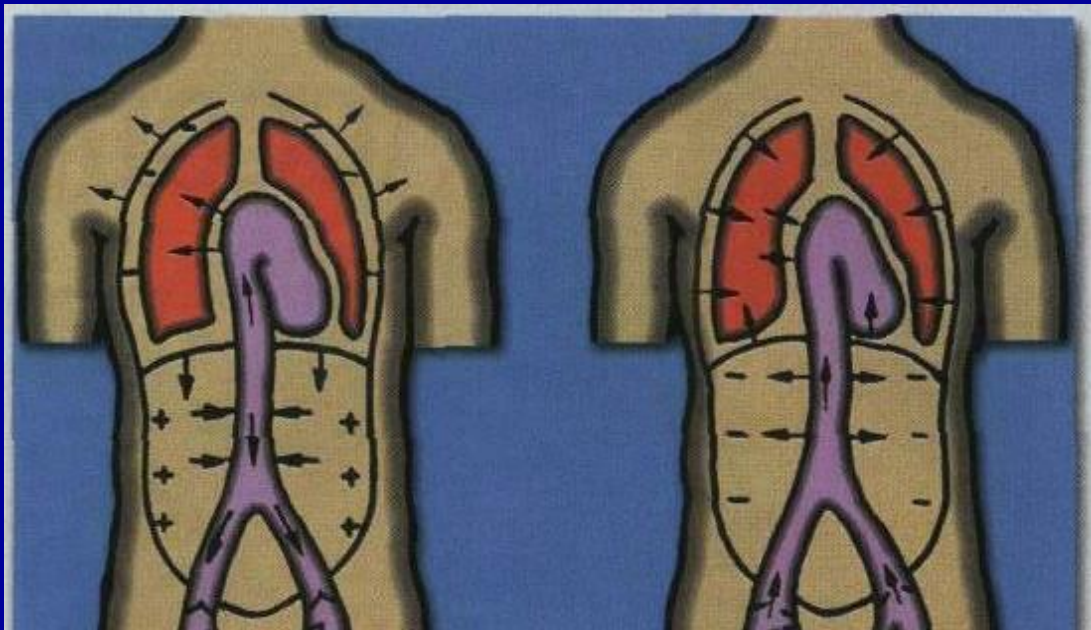
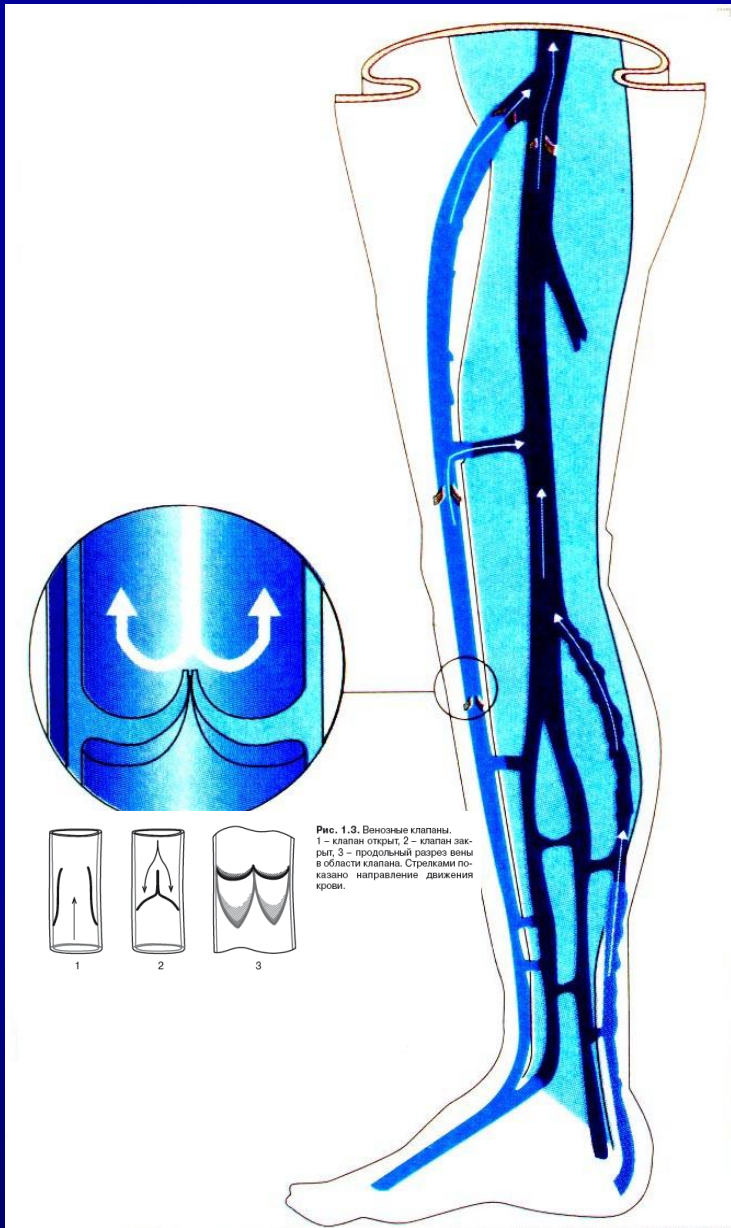
Несоответствие объема крови и объема сосудистого русла

- **Сердечная компонента** - создает градиент давления, сообщая крови необходимую кинетическую энергию;
- **Сосудистая компонента** — определяется сосудистым тонусом;
- **Компонента ОЦК** - объем крови в сосудистом русле;
- **Компонента вязкости крови** — увеличение вязкости крови сопровождается ростом сосудистого сопротивления

СОСУДИСТАЯ СТЕНКА



Венозный возврат



Основы ультразвукового исследования сосудов

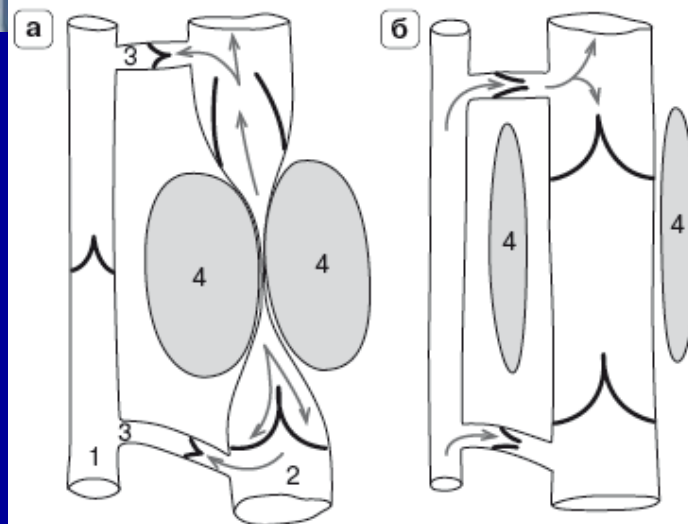
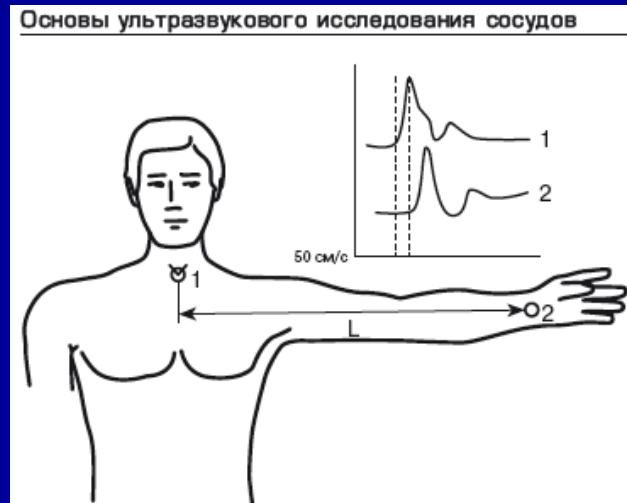


Рис. 1.8. «Мышечная помпа», а – скелетные мышцы сокращены, б – скелетные мышцы расслаблены. 1 – поверхностная вена, 2 – глубокая вена, 3 – коммуникантная вена, 4 – скелетная мышца. Стрелками показано направление движения крови.

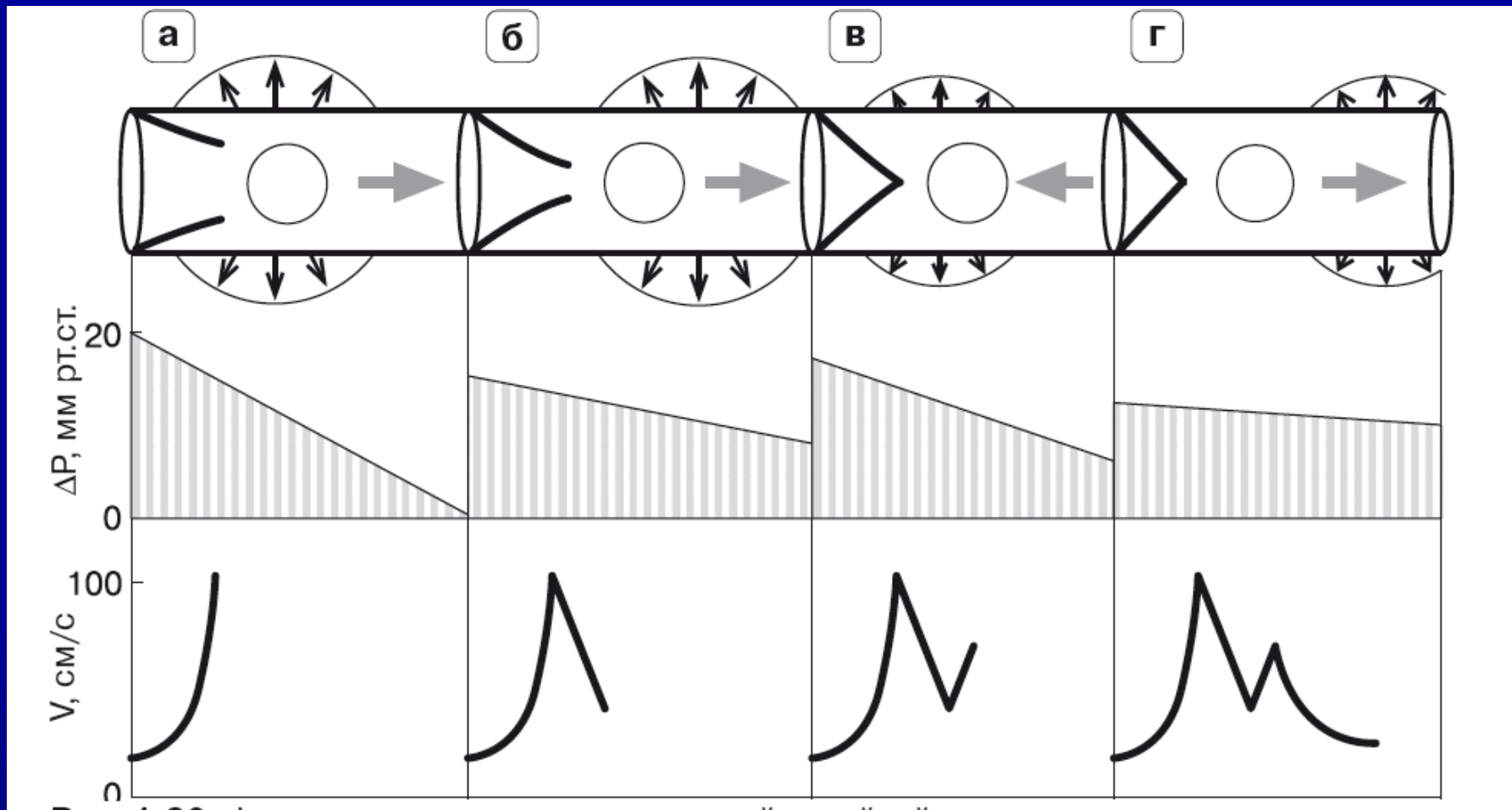
СВОЙСТВА СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ

- **Растяжимость** - относительное изменение поперечного сечения сосуда на единицу давления.
- **Жесткость** - величина, обратная растяжимости. Определяет способность артериальной стенки к сопротивлению деформации.
- **Эластичность** - способность возвращаться к исходному состоянию.

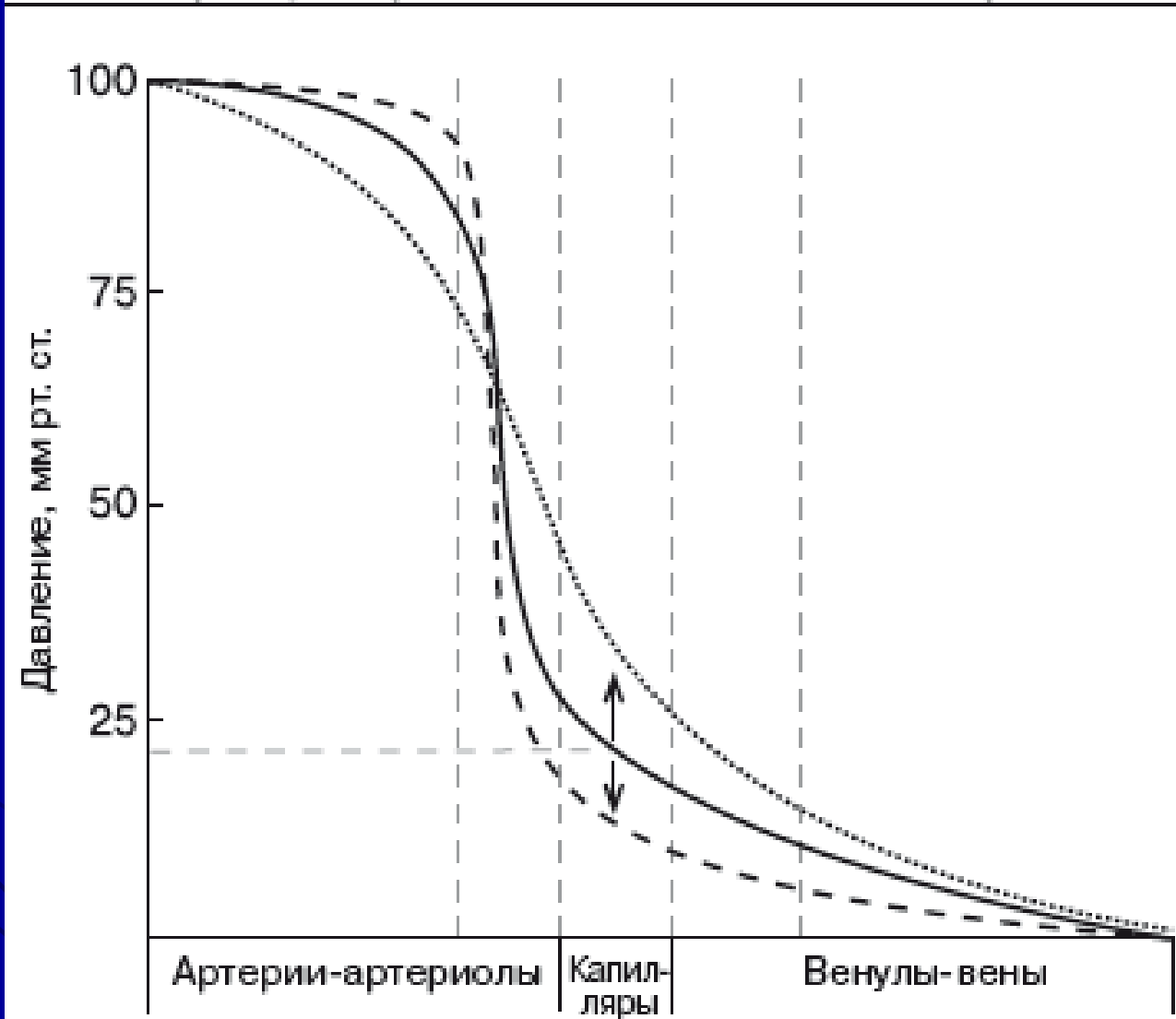


МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОЙ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ АРТЕРИАЛЬНОЙ СТЕНКИ

- Основанные на измерении скорости распространения пульсовой волны (СРПВ): сфигмография, доплерография, реовазография
- Основанные на измерении изменения диаметра (площади) относительно изменения давления (УЗИ, МРТ)



Основы ультразвукового исследования сосудов



Профиль падения давления в системном ложе (мышца) в покое (сплошная линия), при вазодилатации (точки) и вазоконстрикции (пунктир). (Б. Фолков, Э. Нил, 1976).

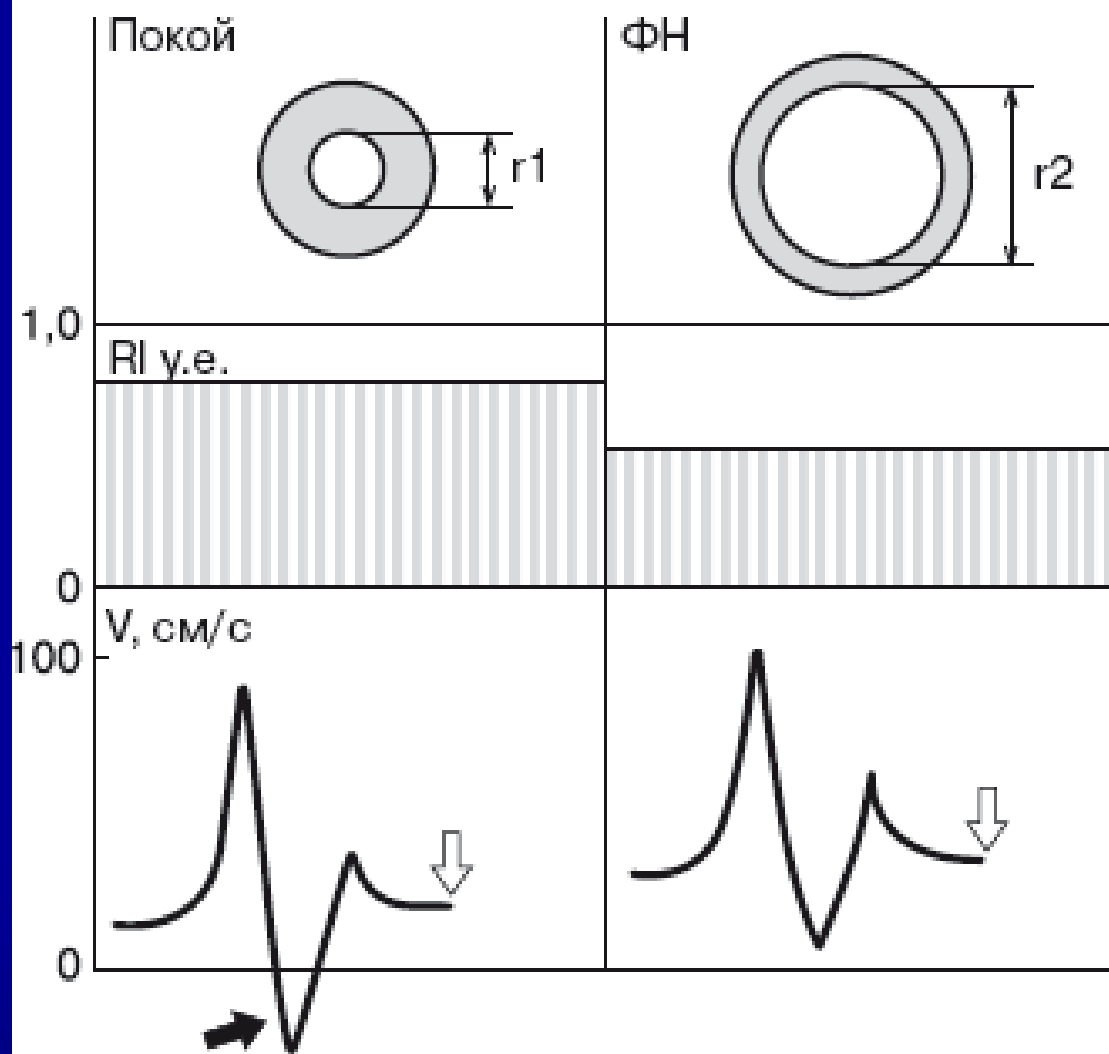


Рис. 1.17. Фазовые изменения кровотока в периферической артерии в покое (вазоконстрикция) и после физической нагрузки (вазодилатация).

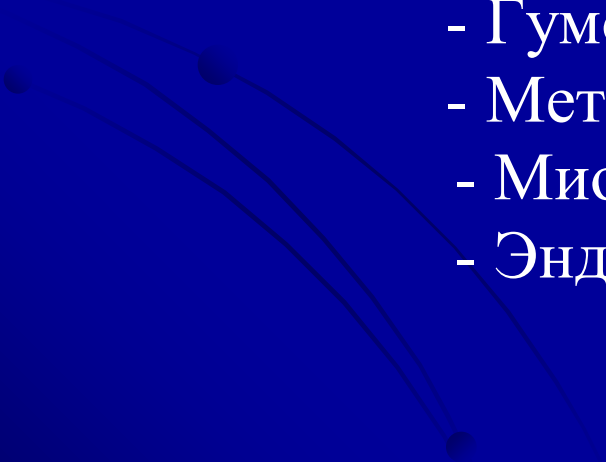
ФН – физическая нагрузка, r_1 и r_2 – условный радиус просвета резистивных артерий в покое и при ФН соответственно, RI – индекс резистентности, отражает сосудистое сопротивление в бассейне исследуемой артерии (чем ближе к единице, тем выше сопротивление); V – линейная скорость кровотока. Скорость кровотока в конце диастолы (светлые стрелки) минимальна в покое и возрастает после ФН. Инцизура в покое выражена максимально в виде эпизода обратного кровотока (черная стрелка).

Сосудистая компонента

СОСУДИСТЫЙ ТОНУС

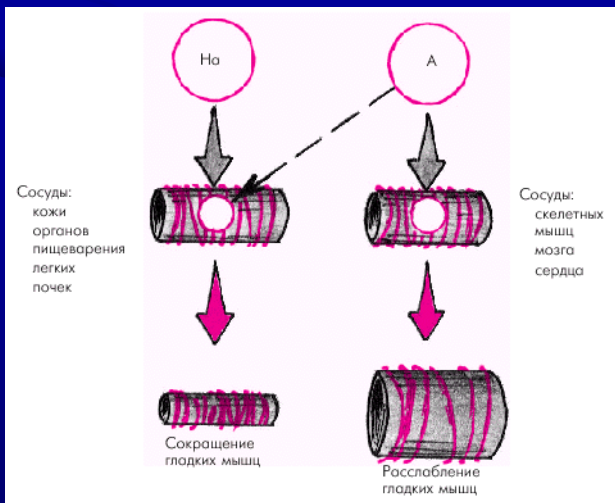
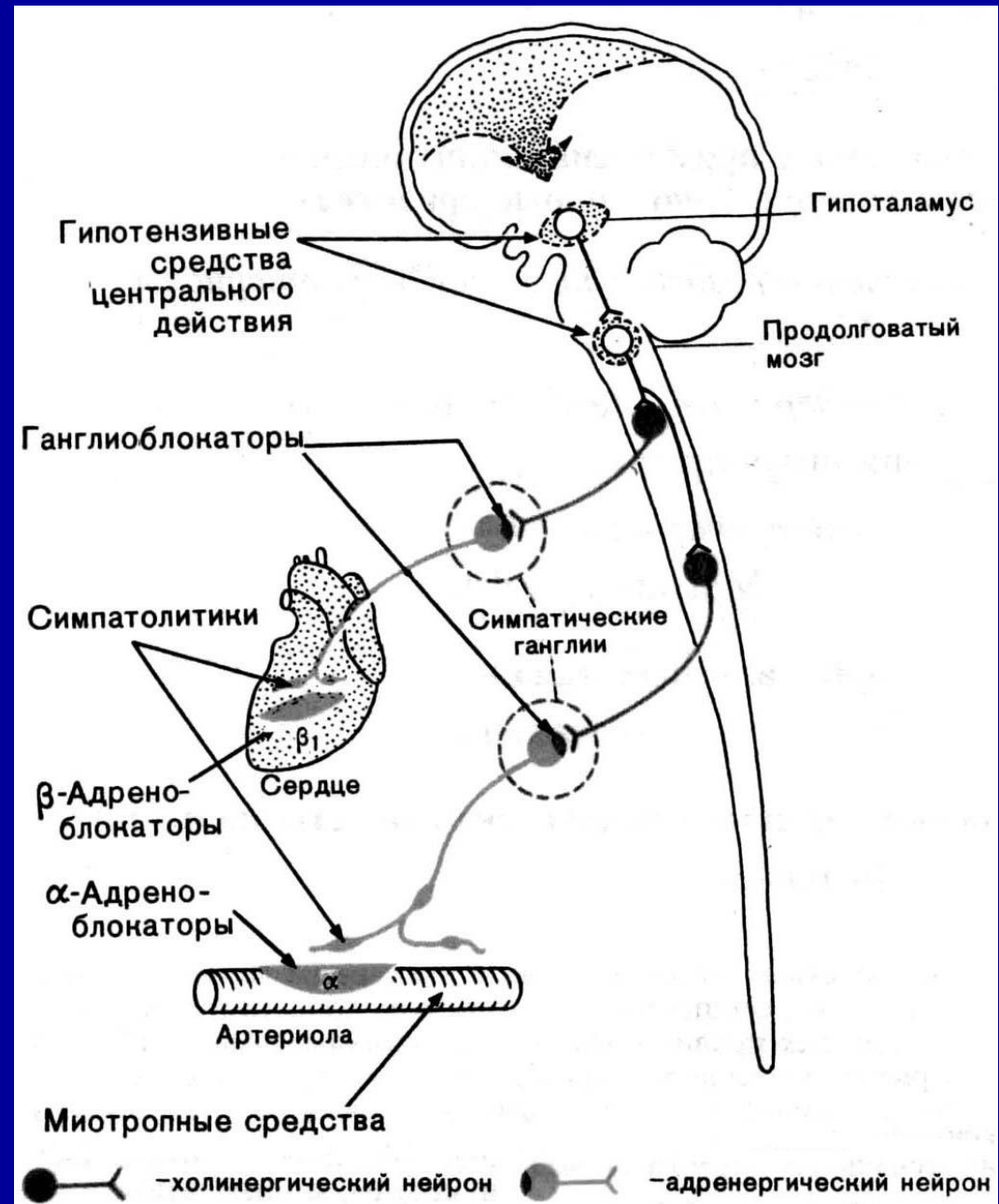
- Центральный (нейрогенный) тонус
- Периферический (базальный) тонус

РЕГУЛЯЦИЯ

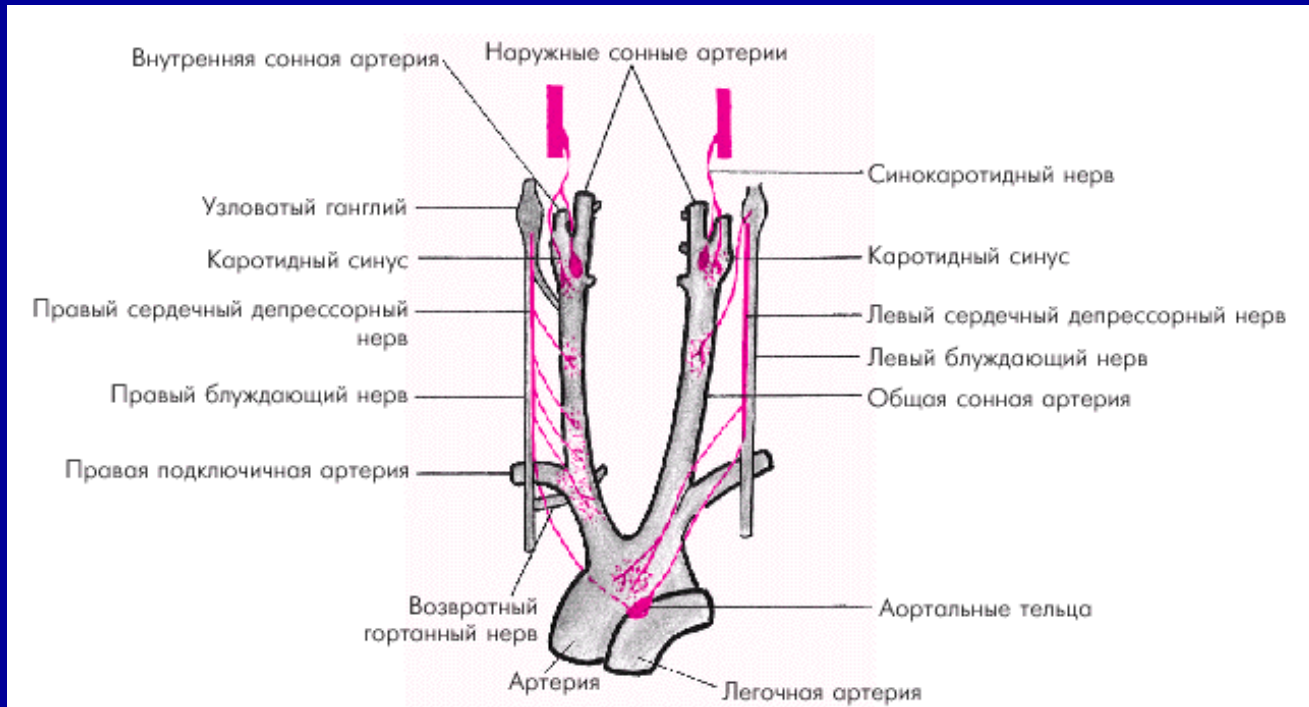
- Нейрогенная
 - Гуморально – гормональная
 - Метаболическая
 - Миогенная (феномен Бейлиса)
 - Эндотелийзависимая
- 

Нейрогенная регуляция

Центральное звено регуляции сосудистого тонуса – вазомоторный (сосудодвигательный) центр - представлено различными функционально связанными между собой нервными структурами, расположенными в продолговатом, спинном мозге, гипоталамусе, коре больших полушарий



Нейрогенная регуляция



- *Каротидный барорефлекс*: снижение АД → барорецепторы дуги аорты и каротидного синуса → ростральный отдел медулы продолговатого мозга → активация СНС
- *Бароцептивный рефлекс*: повышение АД в дуге аорты и каротидном синусе → дорсо-медиальная медула - активация блуждающего нерва → снижение ЧСС;
: → каудальная вентро-медиальная медула → торможение СНС
- *Хеморецепторный механизм* → CO₂ → хеморецепторы дуги аорты и каротидного синуса → сосудодвигательный центр → активация СНС

РААС и ККС

Основы ультразвукового исследования сосудов

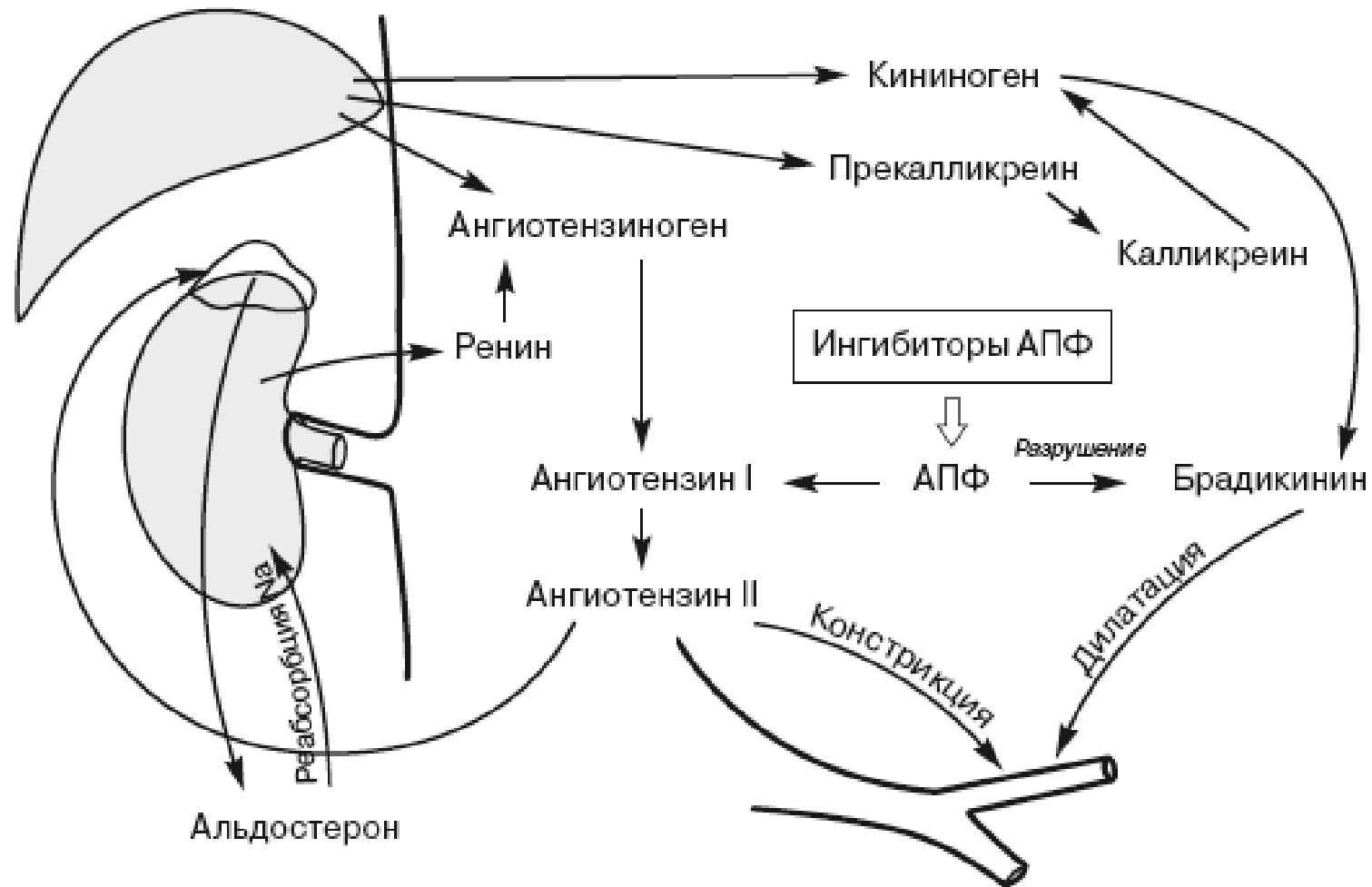
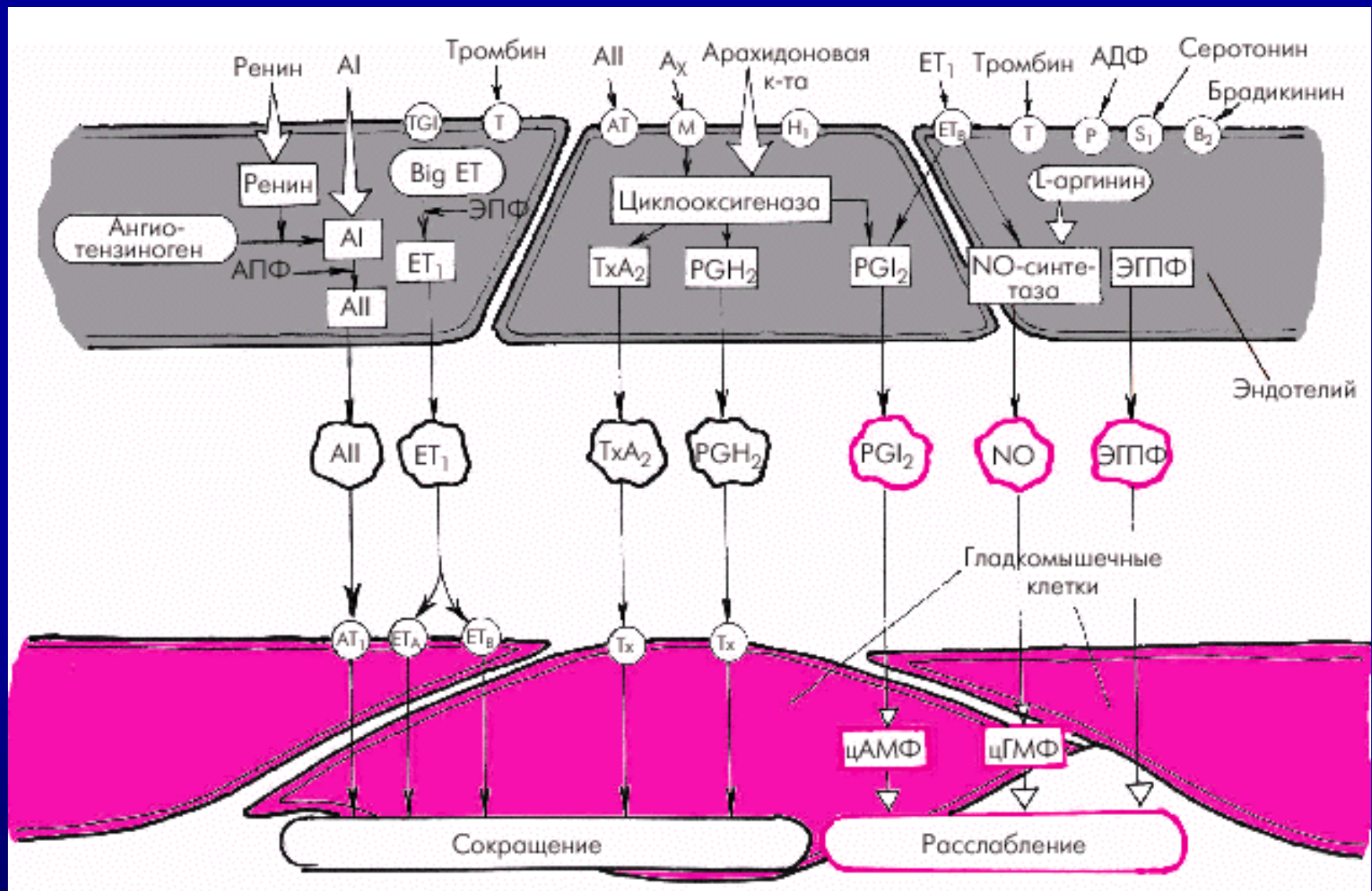
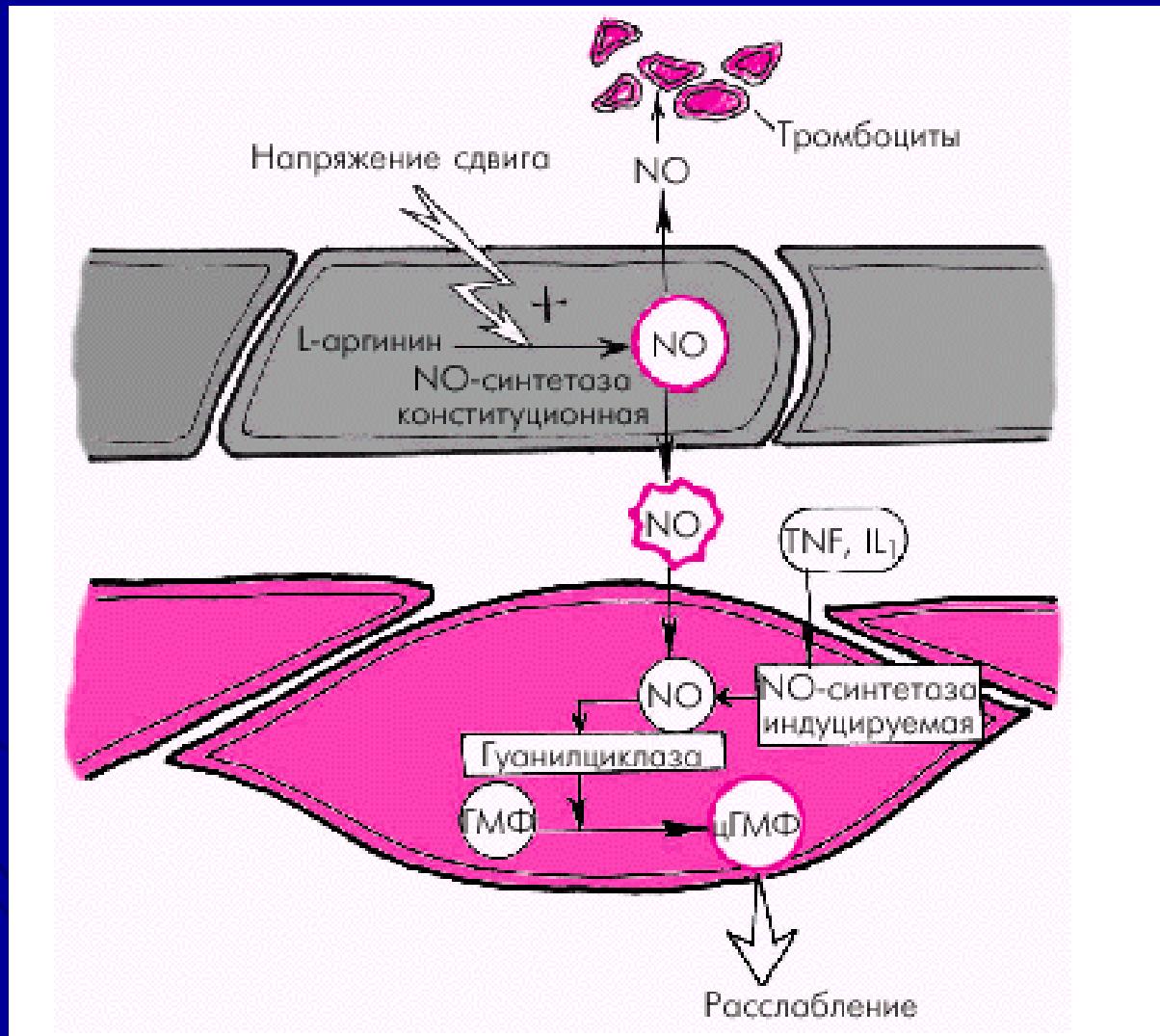


Рис. 1.13. Ренин-ангиотензин-альдостероновая и калликреин-кининовая системы крови.

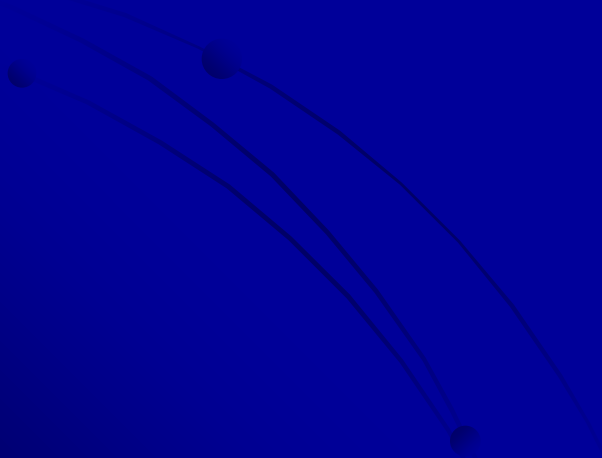
Эндотелийзависимая регуляция



Оксид азота



**Дисфункция эндотелия – повреждение
эндотелиальных клеток,
сопровождается преобладанием
выработки ими констрикторных и
тромбогенных факторов**



Основы ультразвукового исследования сосудов



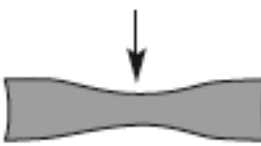


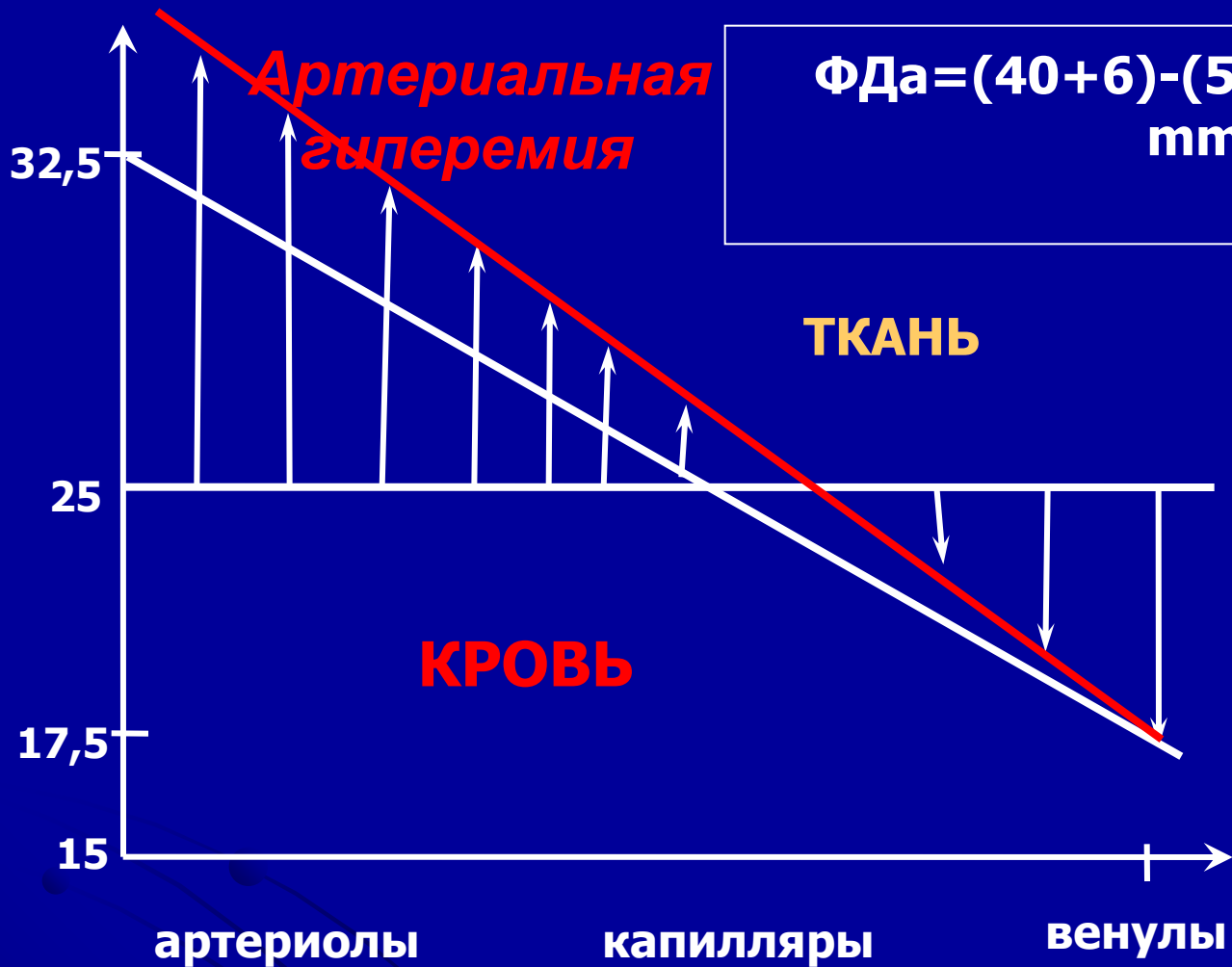
<p>Артериальная гиперемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Гуморальная</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ → Лактат → Аденозин → Брадикинин → ПГЕ, I₂ → 	<p>Нейротоническая</p> <p>НА + β-АР →</p>	<p>Нейропаралитическая</p> <p>Блокаторы</p> <p>α-АР →</p> <p>Миопаралитическая</p> <p>> t°C, токсины →</p>	<p>Цвет Температура Отек</p> <p>Красная</p> <p>Теплая</p> <p>Отек (+)</p>
<p>Венозная гиперемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Обтурационная</p> <p>Тромб/Эмбол</p>	<p>Компрессионная</p> <p>Сдавление</p> 	<p>Застойная</p> <p>СН</p> <p>ХВН</p>	<p>Синюшная</p> <p>Холодная</p> <p>Отек (+)</p>
<p>Ишемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Обтурационная</p> <p>Тромб/Эмбол/Бляшки</p>	<p>Компрессионная</p> <p>Сдавление</p> 	<p>Ангиоспастическая</p> <p>НА + α-АР</p>	<p>Бледная</p> <p>Холодная</p> <p>Отек (-)</p>

Рис. 2.1. Типовые нарушения регионального кровообращения.

ПГ – простагландин, НА – норадреналин, АР – адренорецепторы, СН – сердечная недостаточность, ХВН - хроническая венозная недостаточность. Пояснения в тексте.



$$\Phi_{\text{Да}} = (40 + 6) - (5 + 27) = 14 \text{ (N} = +9 \text{ mmHg)}$$

- ГДК - гидростатическое давление крови
- ОДТ - онкотическое давление ткани
- ГДТ - гидростатическое давление ткани
- ОДК - онкотическое давление

$$\Phi_{\text{Д}} = (\text{ГДК} + \text{ОДТ}) - (\text{ГДТ} + \text{ОДК})$$

Модель и формула Стралинга

Основы ультразвукового исследования сосудов



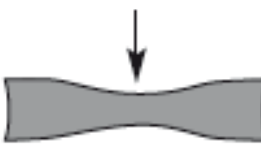


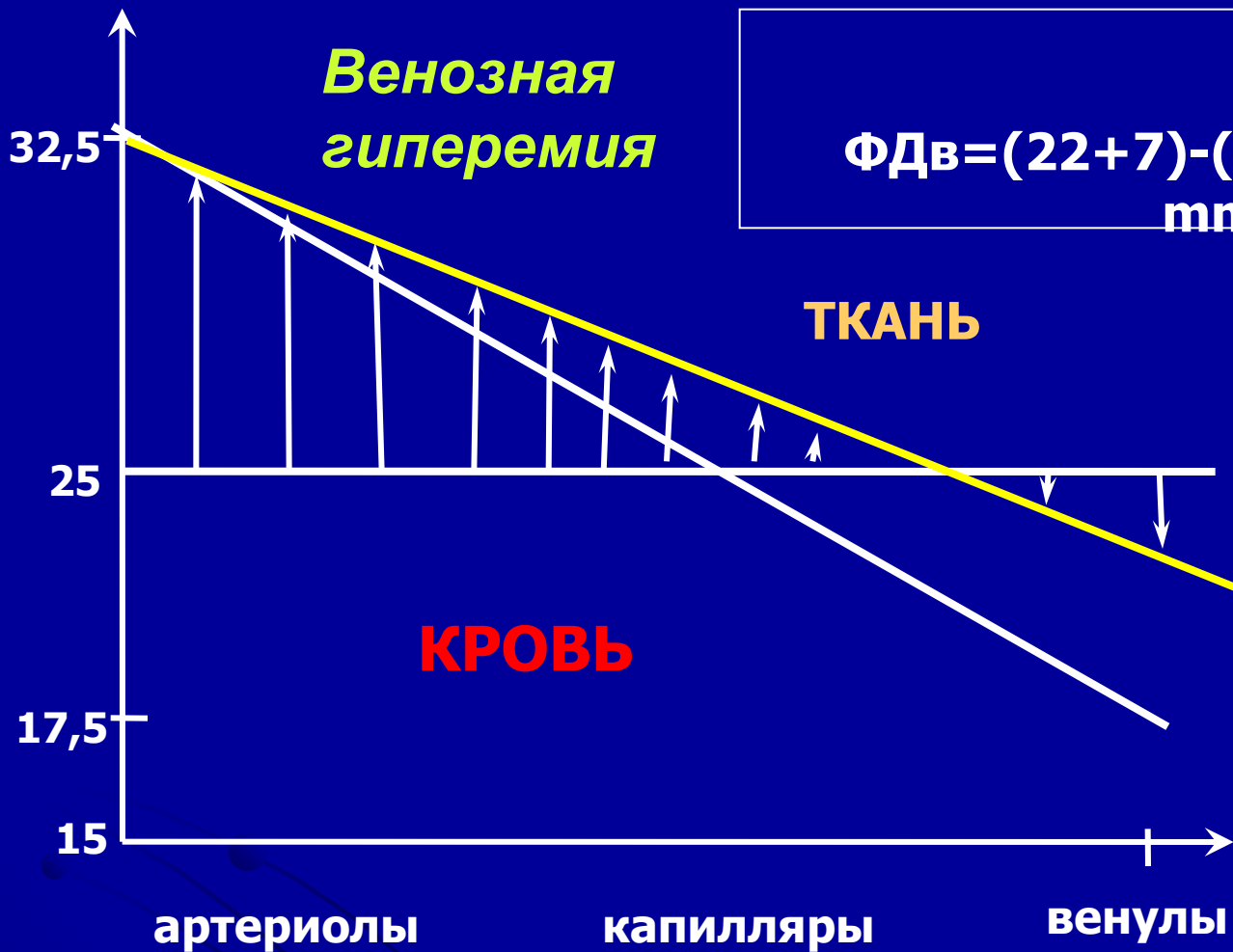
<p>Артериальная гиперемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Гуморальная</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ → Лактат → Аденозин → Брадикинин → ПГЕ, I₂ → 	<p>Нейротоническая</p> <p>НА + β-АР →</p>	<p>Нейропаралитическая</p> <p>Блокаторы</p> <p>α-АР →</p> <p>Миопаралитическая</p> <p>> t°C, токсины →</p>	<p>Цвет Температура Отек</p> <p>Красная</p> <p>Теплая</p> <p>Отек (+)</p>
<p>Венозная гиперемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Обтурационная</p> <p>Тромб/Эмбол</p>	<p>Компрессионная</p> <p>Сдавление</p> 	<p>Застойная</p> <p>СН</p> <p>ХВН</p>	<p>Синюшная</p> <p>Холодная</p> <p>Отек (+)</p>
<p>Ишемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Обтурационная</p> <p>Тромб/Эмбол/Бляшки</p>	<p>Компрессионная</p> <p>Сдавление</p> 	<p>Ангиоспастическая</p> <p>НА + α-АР</p>	<p>Бледная</p> <p>Холодная</p> <p>Отек (-)</p>

Рис. 2.1. Типовые нарушения регионального кровообращения.

ПГ – простагландин, НА – норадреналин, АР – адренорецепторы, СН – сердечная недостаточность, ХВН - хроническая венозная недостаточность. Пояснения в тексте.

Венозная гиперемия

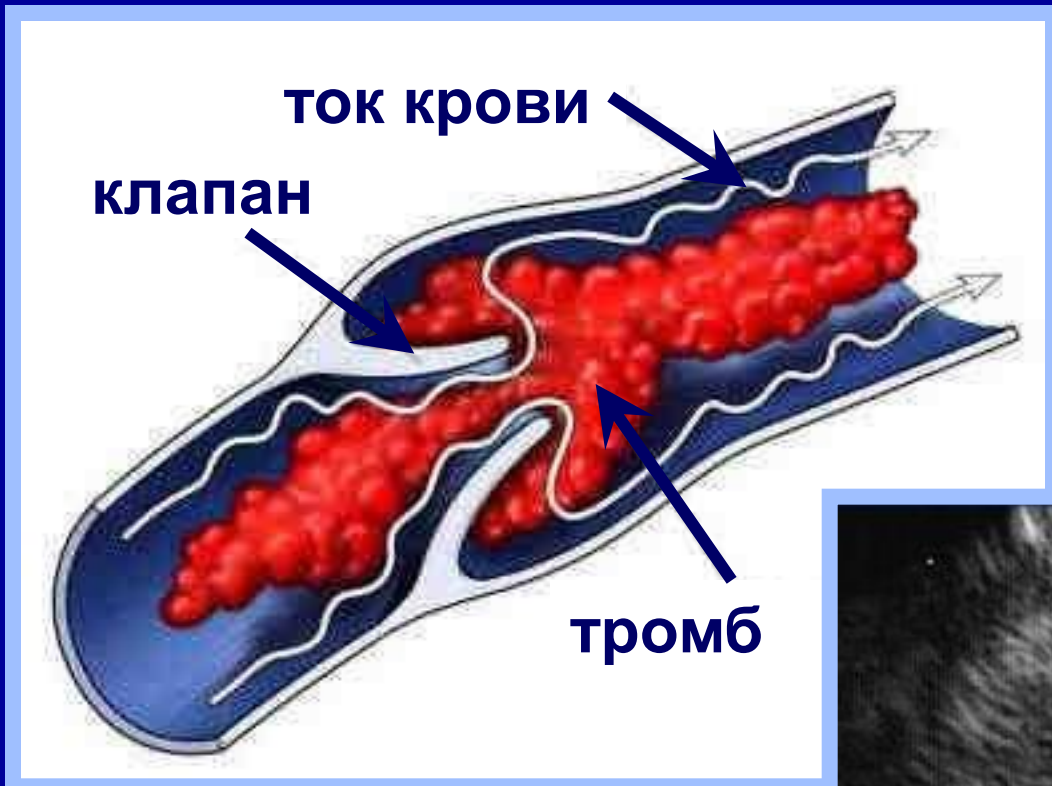
$$\text{ФДв} = (22 + 7) - (5 + 27) = -3 \text{ (N} = -6 \text{ mmHg)}$$



ГДК - гидростатическое давление крови
ОДТ - онкотическое давление ткани
ГДТ - гидростатическое давление ткани
ОДК - онкотическое давление

$$\text{ФД} = (\text{ГДК} + \text{ОДТ}) - (\text{ГДТ} + \text{ОДК})$$

Модель и формула Стралинга



**Обтурационная
венозная
гиперемия**

**Компресссионная
венозная
гиперемия**



Отек при венозной гиперемии



Клапанная недостаточность

Основы ультразвукового исследования сосудов



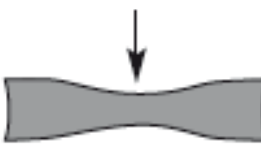


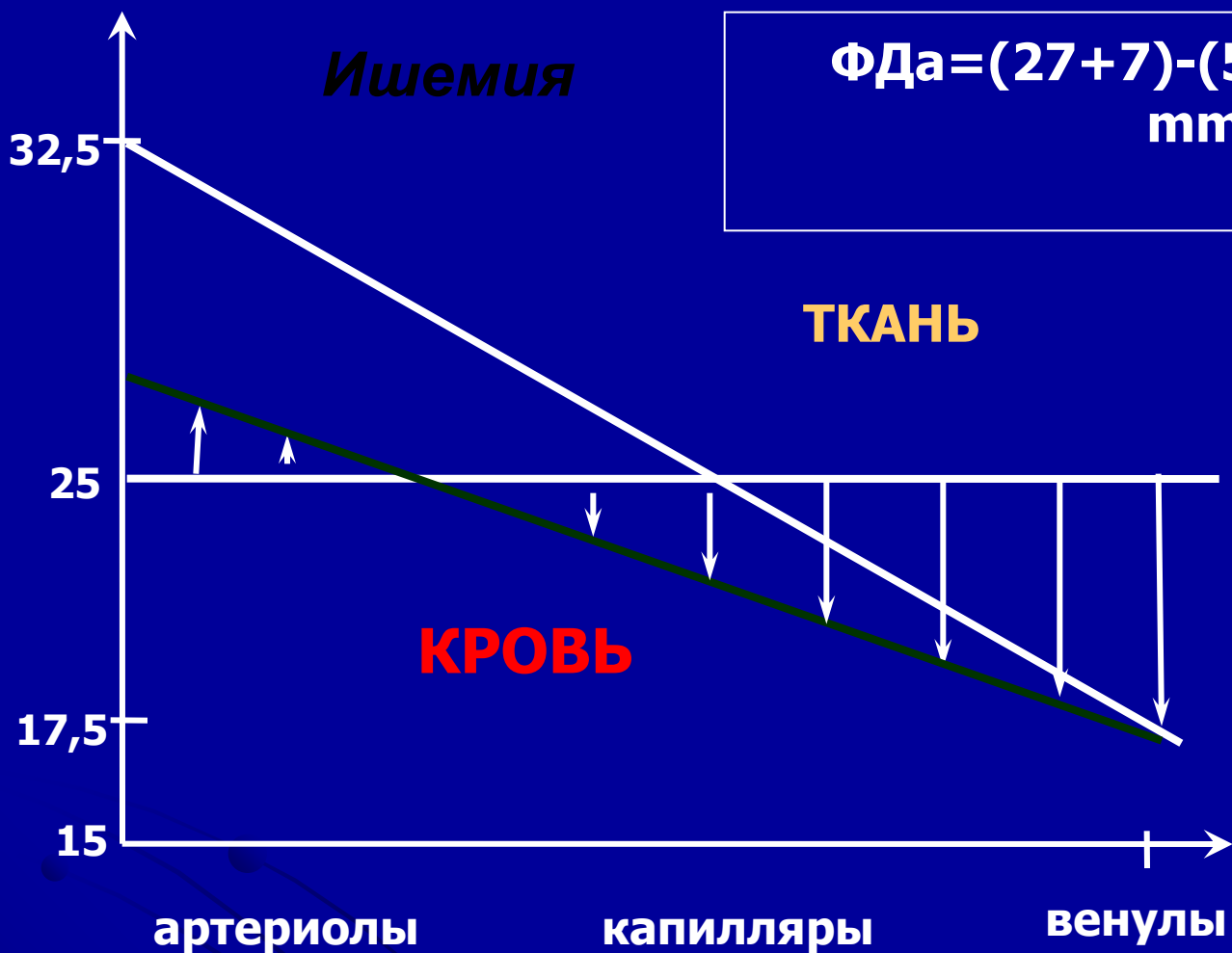
<p>Артериальная гиперемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Гуморальная</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ → Лактат → Аденозин → Брадикинин → ПГЕ, I₂ → 	<p>Нейротоническая</p> <p>НА + β-АР →</p>	<p>Нейропаралитическая</p> <p>Блокаторы</p> <p>α-АР →</p> <p>Миопаралитическая</p> <p>> t°C, токсины →</p>	<p>Цвет Температура Отек</p> <p>Красная</p> <p>Теплая</p> <p>Отек (+)</p>
<p>Венозная гиперемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Обтурационная</p> <p>Тромб/Эмбол</p>	<p>Компрессионная</p> <p>Сдавление</p> 	<p>Застойная</p> <p>СН</p> <p>ХВН</p>	<p>Синюшная</p> <p>Холодная</p> <p>Отек (+)</p>
<p>Ишемия</p>  <p>Артериолы Вены</p>	<p>Обтурационная</p> <p>Тромб/Эмбол/Бляшки</p>	<p>Компрессионная</p> <p>Сдавление</p> 	<p>Ангиоспастическая</p> <p>НА + α-АР</p>	<p>Бледная</p> <p>Холодная</p> <p>Отек (-)</p>

Рис. 2.1. Типовые нарушения регионального кровообращения.

ПГ – простагландин, НА – норадреналин, АР – адренорецепторы, СН – сердечная недостаточность, ХВН - хроническая венозная недостаточность. Пояснения в тексте.

Ишемия

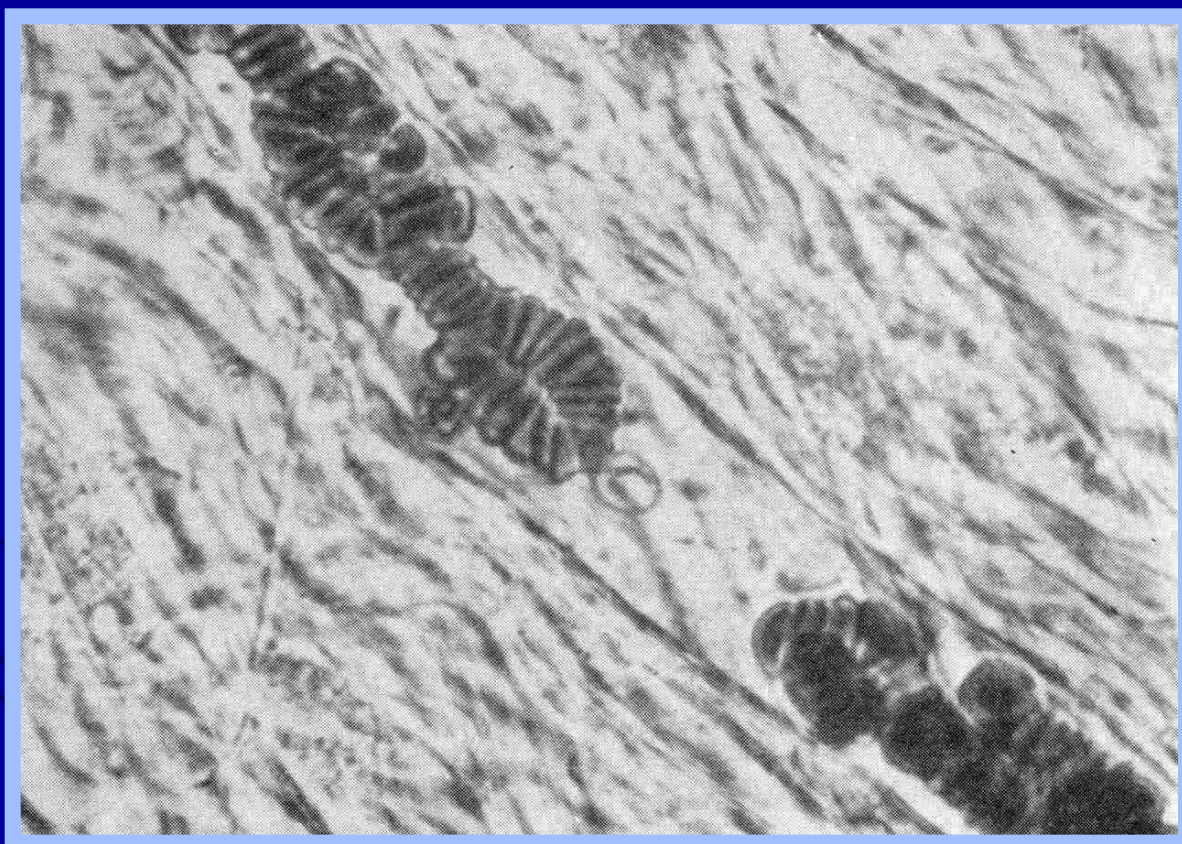
$$\Phi_{\text{Да}} = (27 + 7) - (5 + 25) = 4 \quad (N = +9 \text{ mmHg})$$



$$\Phi_{\text{Д}} = (\text{ГДК} + \text{ОДТ}) - (\text{ГДТ} + \text{ОДК})$$

Модель и формула Стралинга

Стаз - это замедление, вплоть до полной остановки, тока крови в сосудах микроциркуляторного русла, главным образом, в капиллярах.



Виды стаза

- **застойный** развивается, если стазу предшествует венозная гиперемия.
- **ишемический** развивается, если стазу предшествует ишемия.
- **истинный** возникает из-за склеивания эритроцитов и образования конгломератов, затрудняющих кровотоки

Сладж – феномен склеивания эритроцитов не только в капиллярах, но и в сосудах различного калибра.

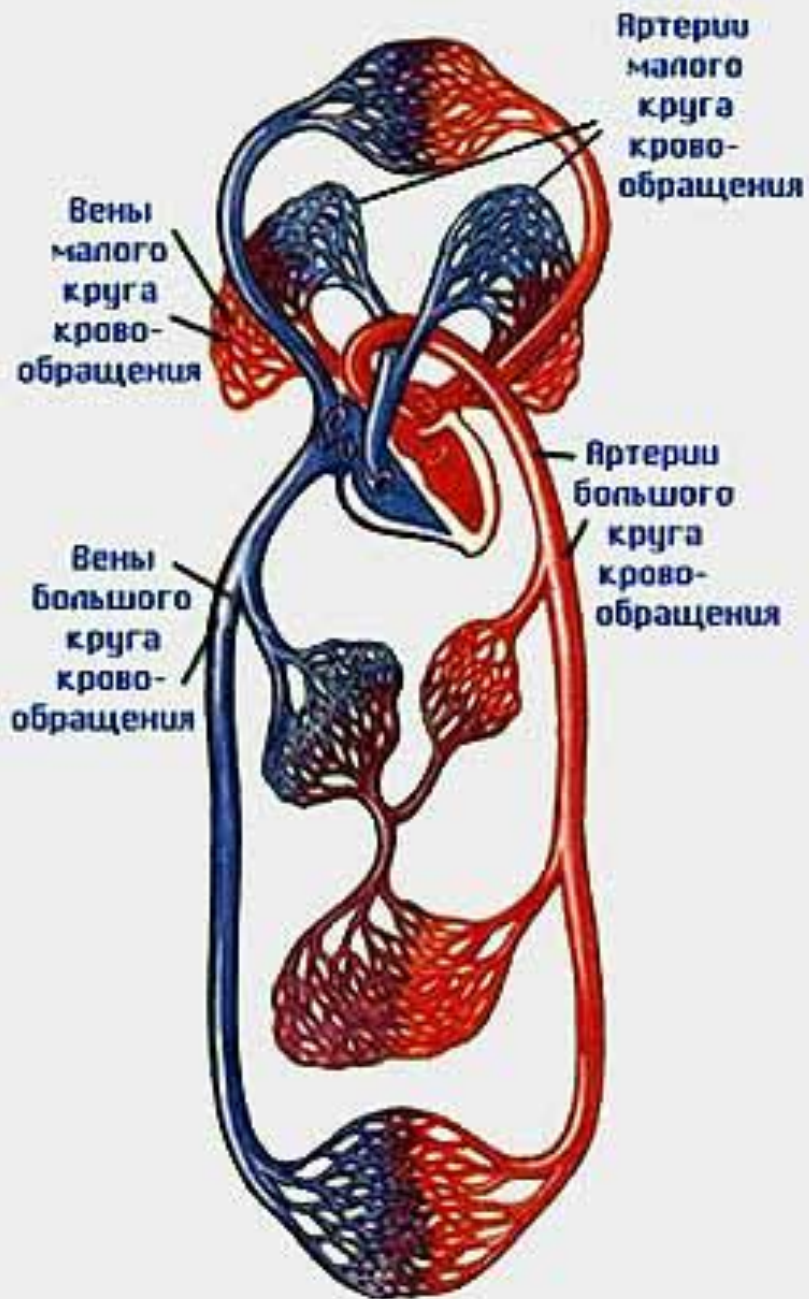
Сладж – крайняя степень стаза с исчезновением границ клеток.

Наблюдается при разнообразных инфекциях, интоксикациях из-за повышенной склеиваемости эритроцитов и изменения их заряда.

Эмболия - перенос током крови инородных частиц и закупорка ими просвета сосуда.

Виды эмболов по происхождению

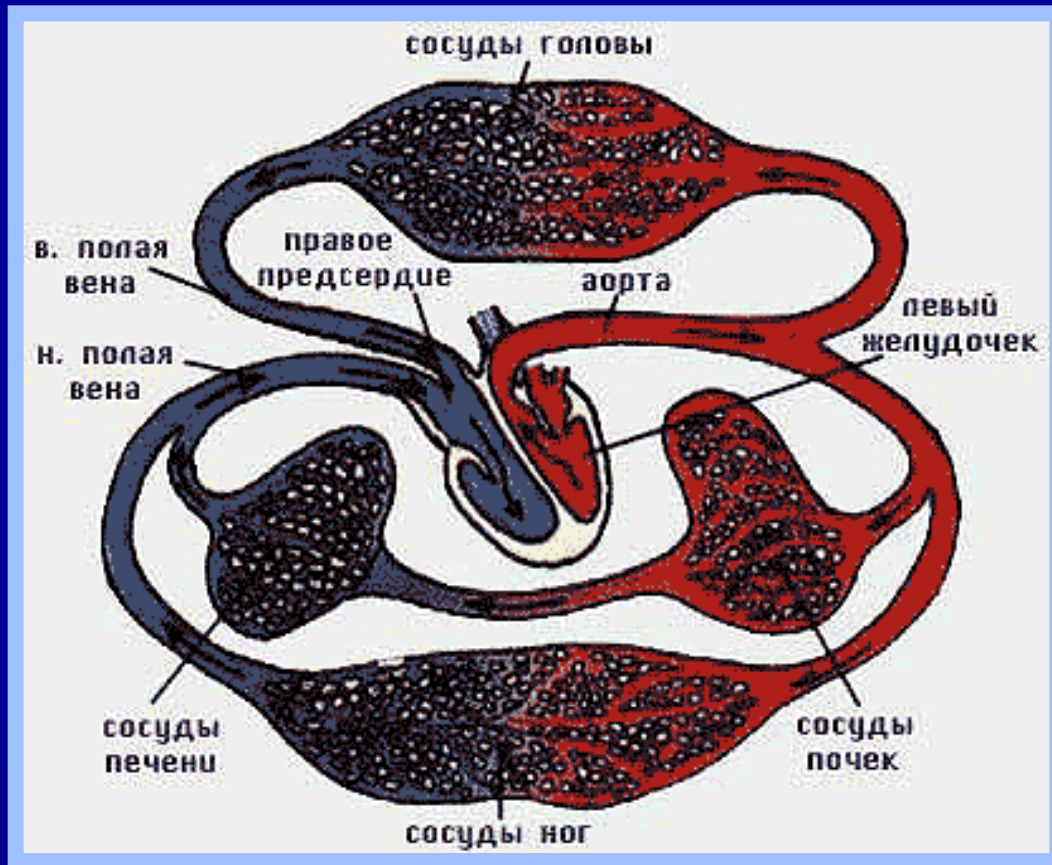
- **эндогенный** (тромбоэмбол, жир, газ, клетки).
- **экзогенный** (воздух, бактерии и паразиты).



Виды эмболов зависимости от направления движения

- Обыкновенная (антеградная, ортоградная) - перемещение эмбола по току крови
- Ретроградная - движение эмбола против тока крови под действием силы тяжести
- Парадоксальная - движение эмбола из вен большого круга, минуя легкие, в артерии (при наличии дефектов в межпредсердной или межжелудочковой перегородке)

Эмболы большого круга кровообращения



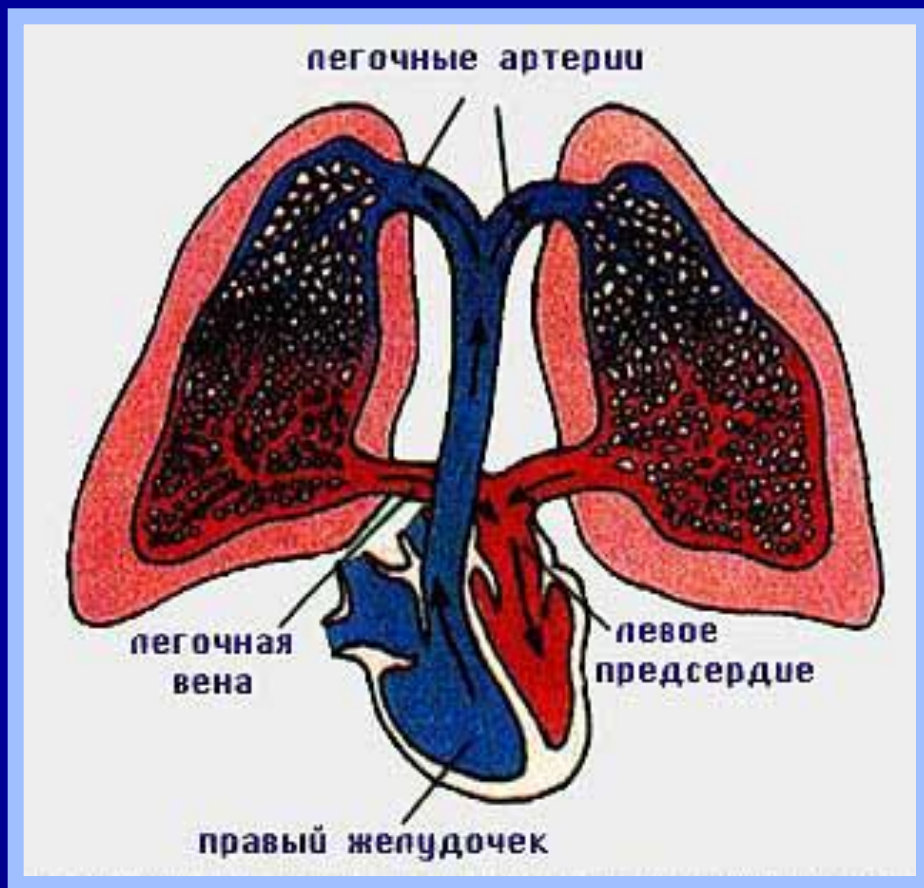
Источники

- левое сердце → кардиальные эмболы
- артерии большого круга → артерио-артериальные эмболы
- легочные вены

Мишени

мозговые артерии, почки,
кишечник, н\к

Эмболы малого круга кровообращения



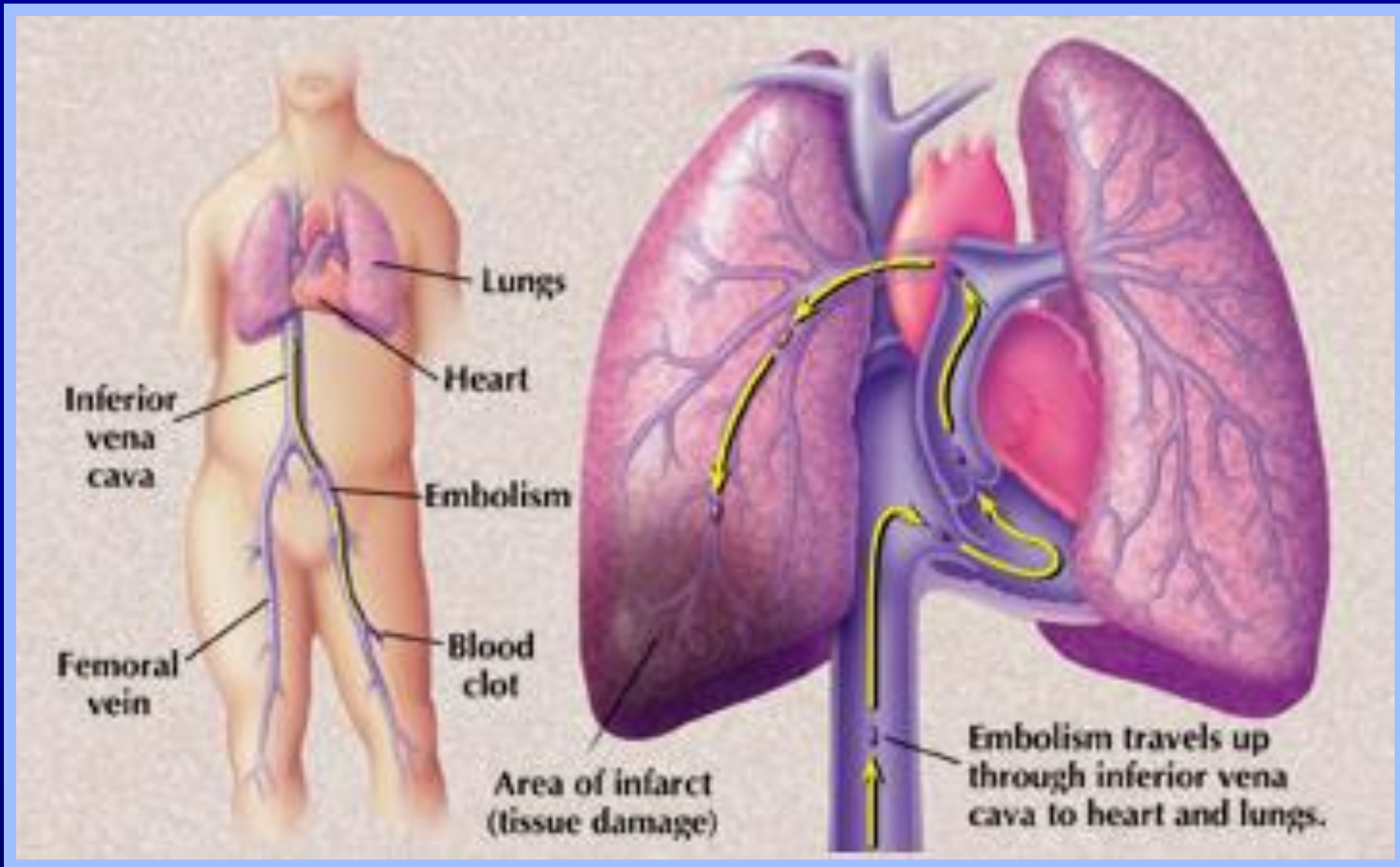
Мишени

легочные артерии
(ТЭЛА)

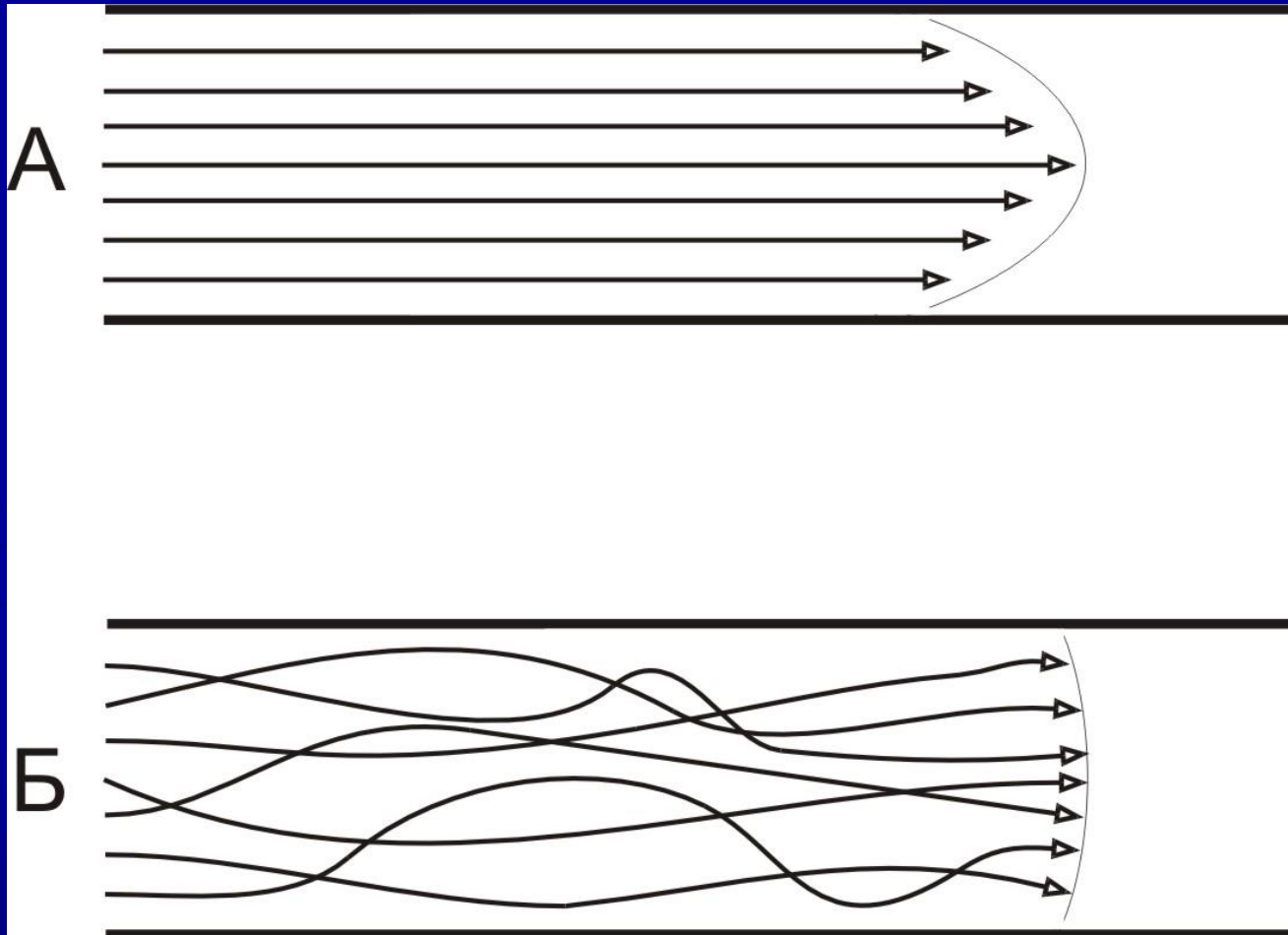
Источники

- **вены большого круга кровообращения (тромбоэмболы из вен нижних конечностей)**
- **правое сердце → кардиальные эмболы**

Движение тромбоэмбола при ТЭЛА



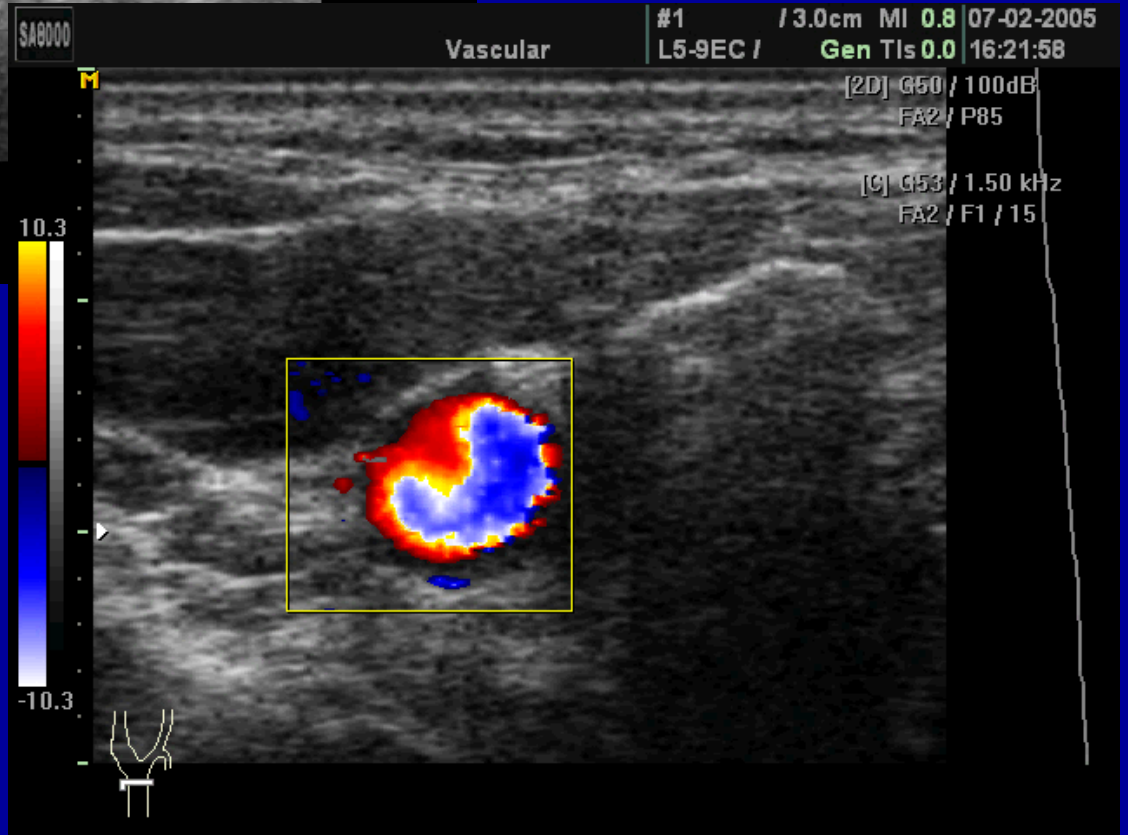
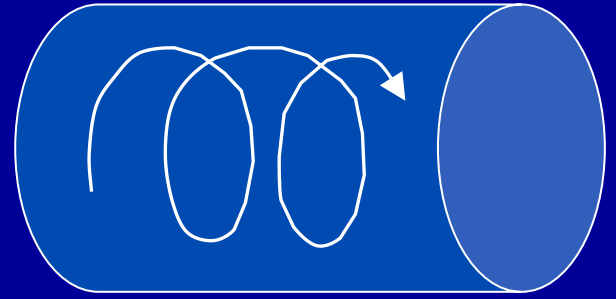
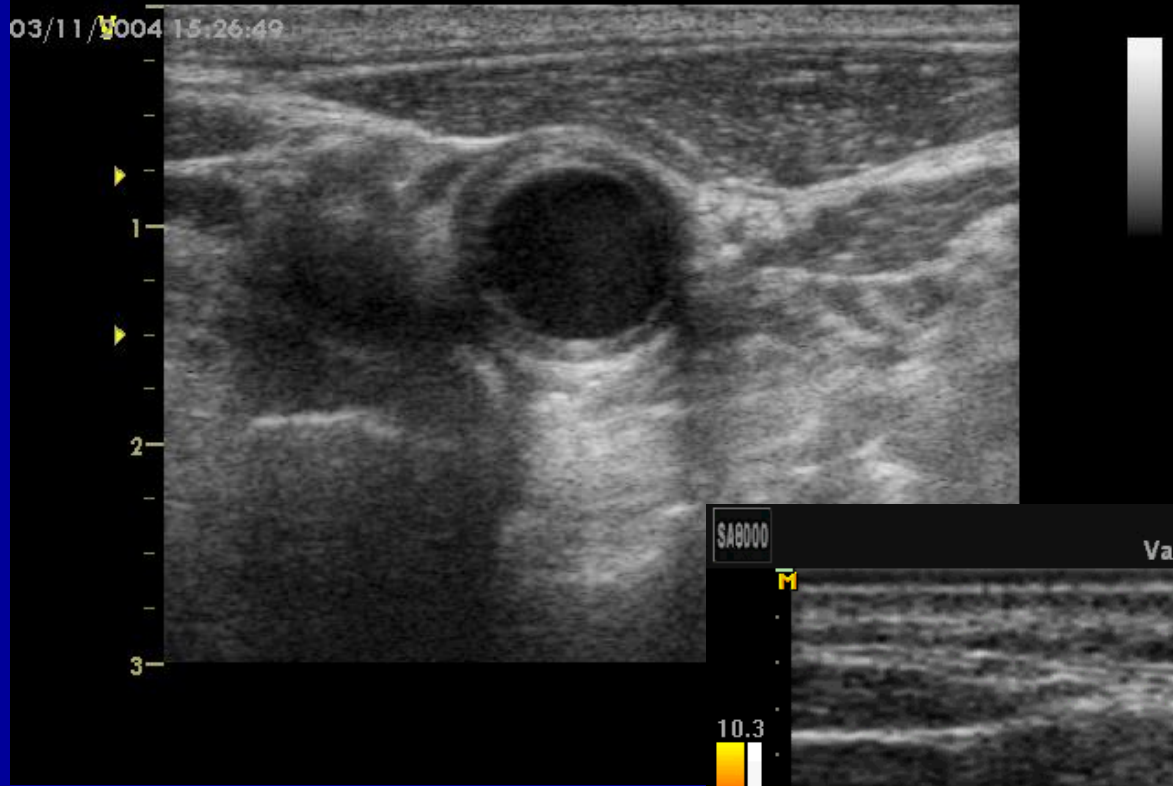
Характер потока крови



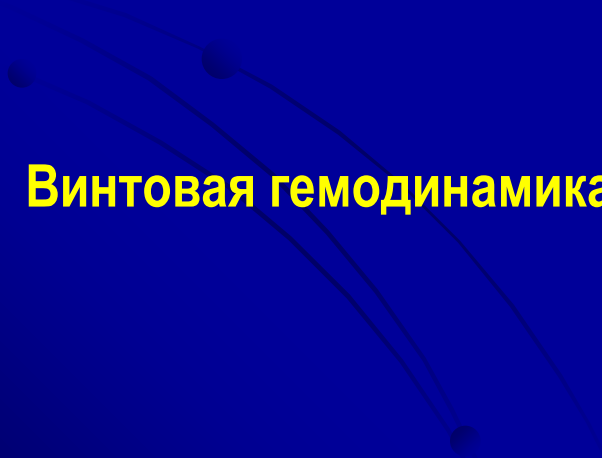
ламинарный

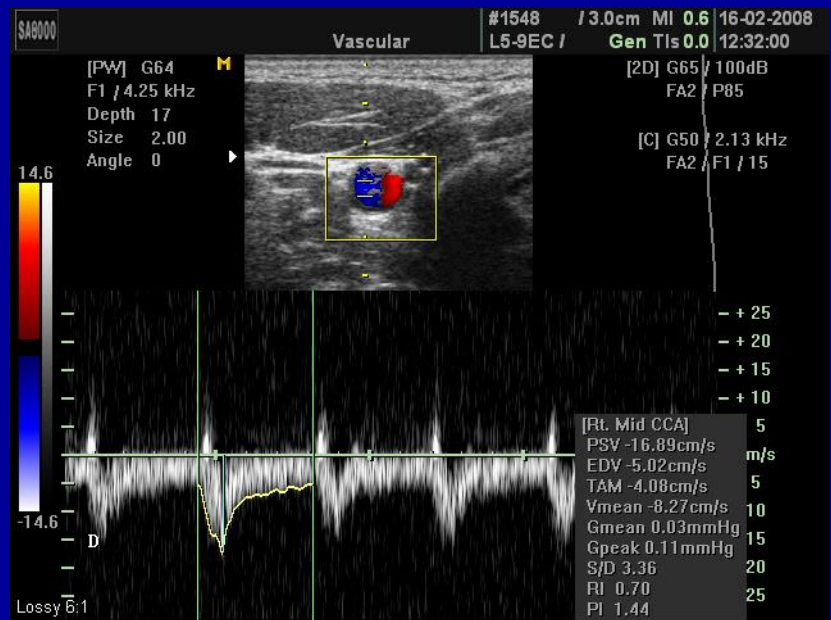
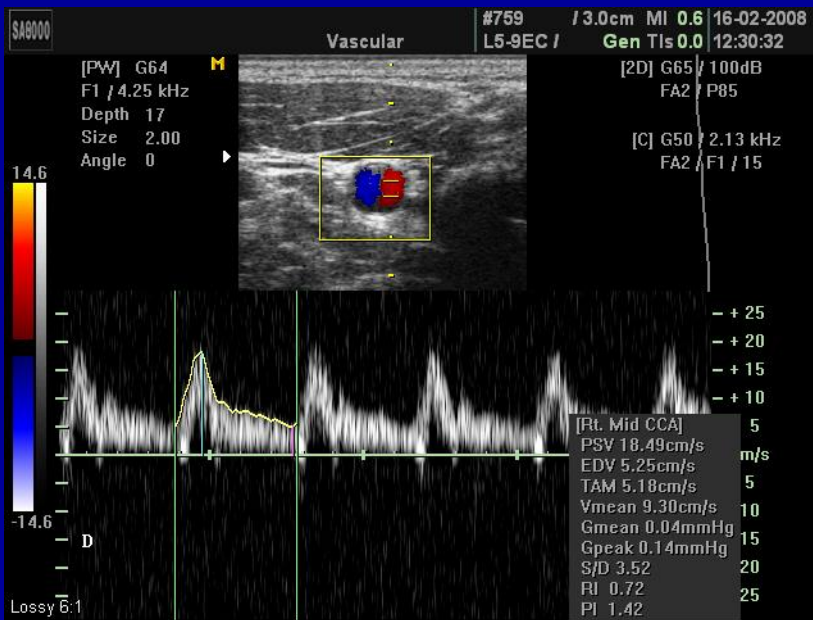
турбулентный

03/11/2004 15:26:49

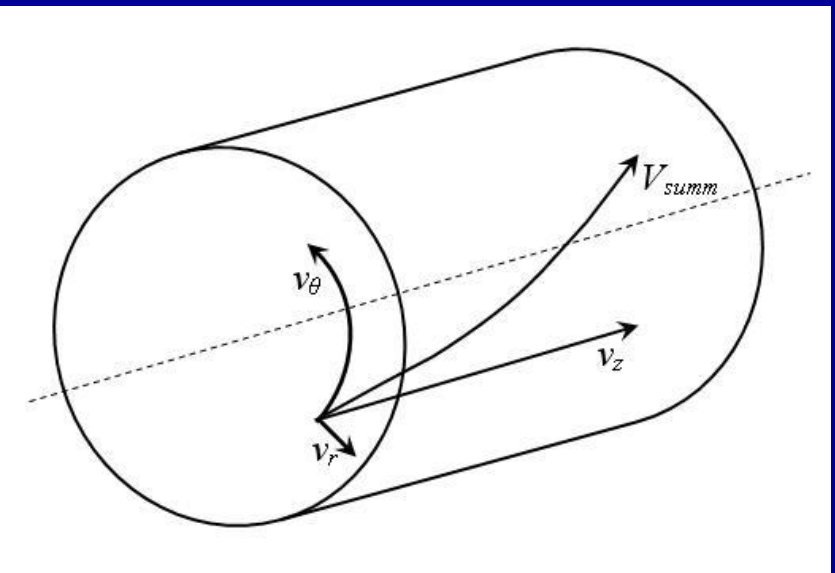


Винтовая гемодинамика

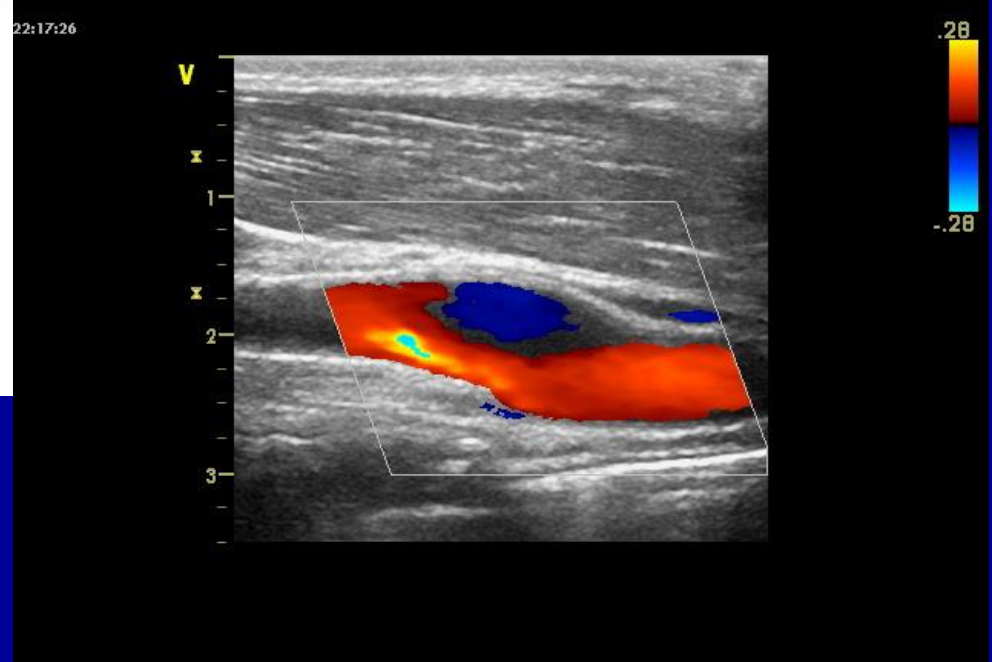
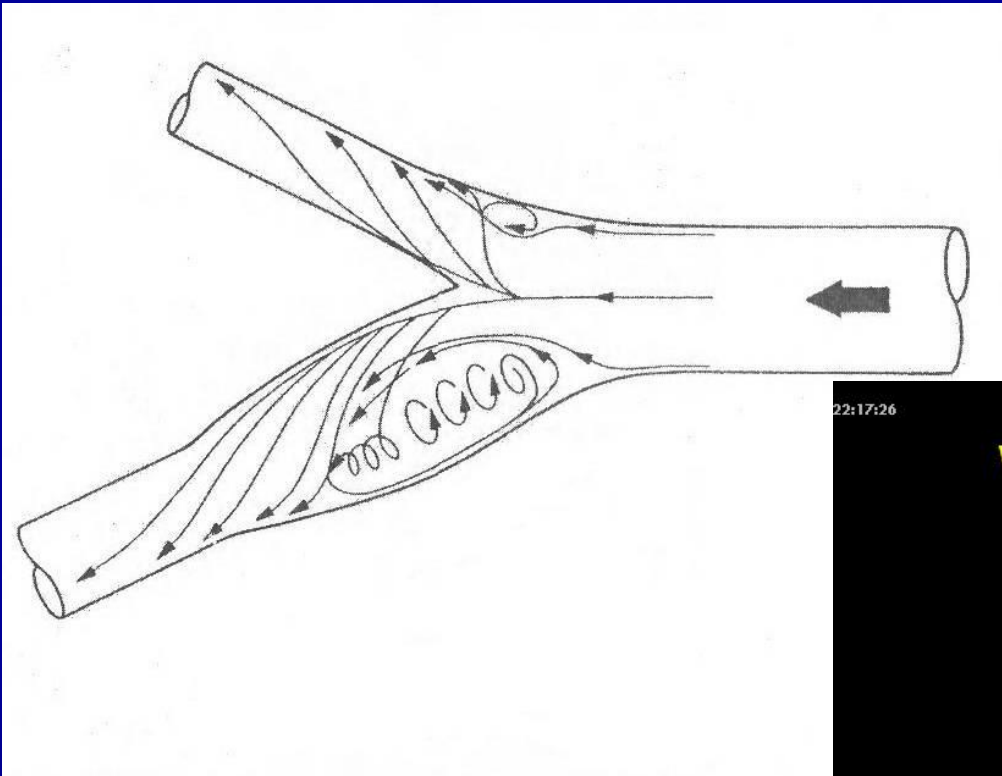




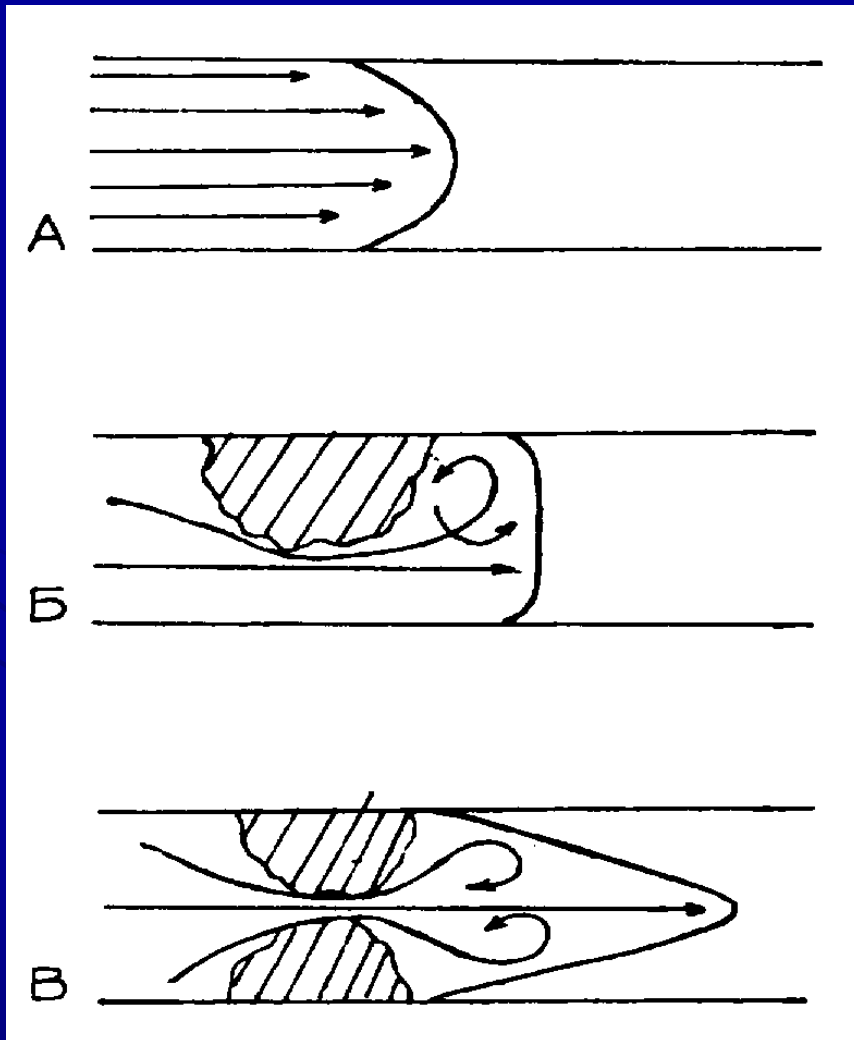
Винтовая гемодинамика



Дезорганизация потока крови в зоне бифуркации артерий



Стенотический кровоток



ламинарный

турбулентный

Типа «jet»

Стенотический кровоток

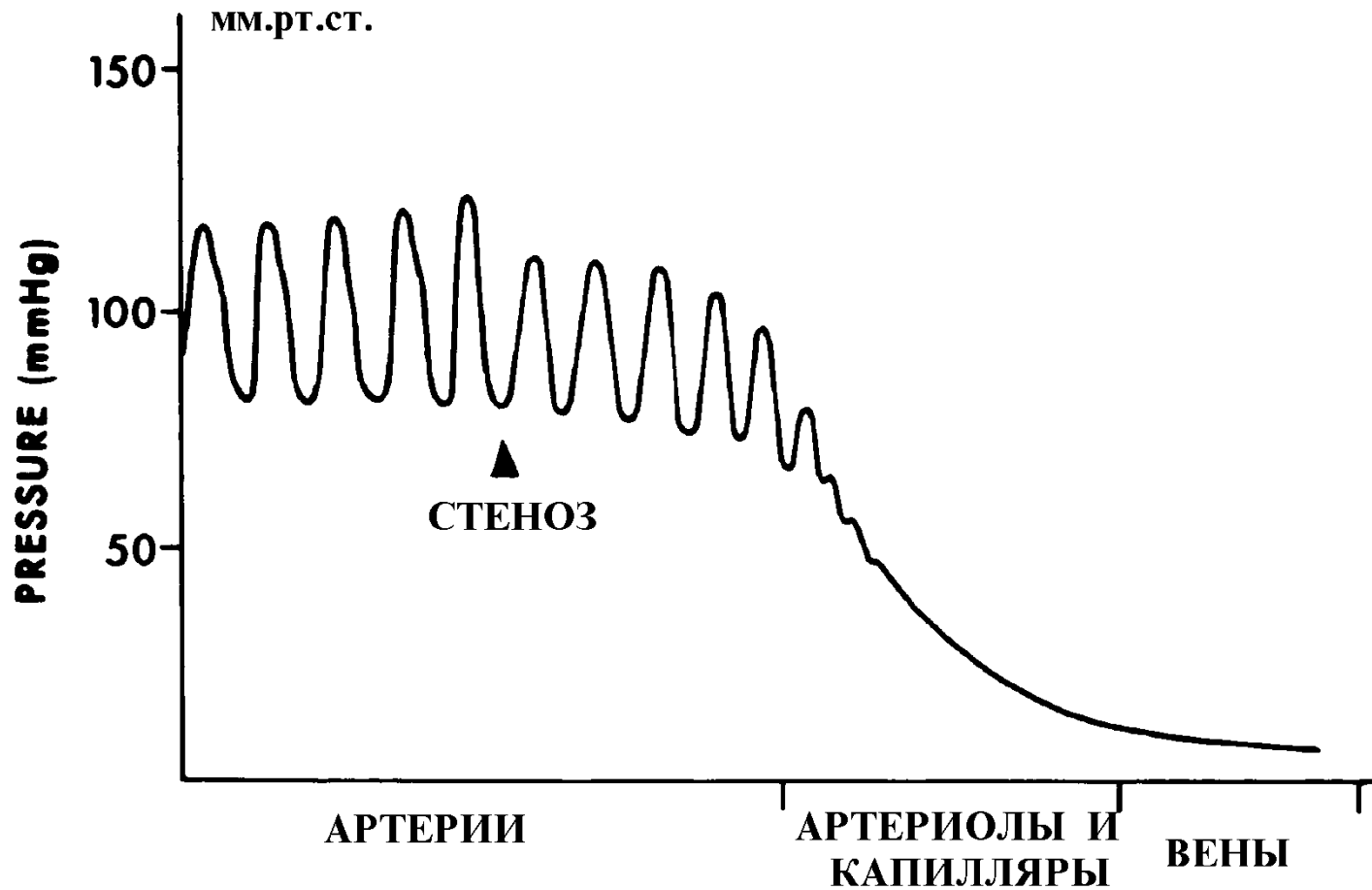
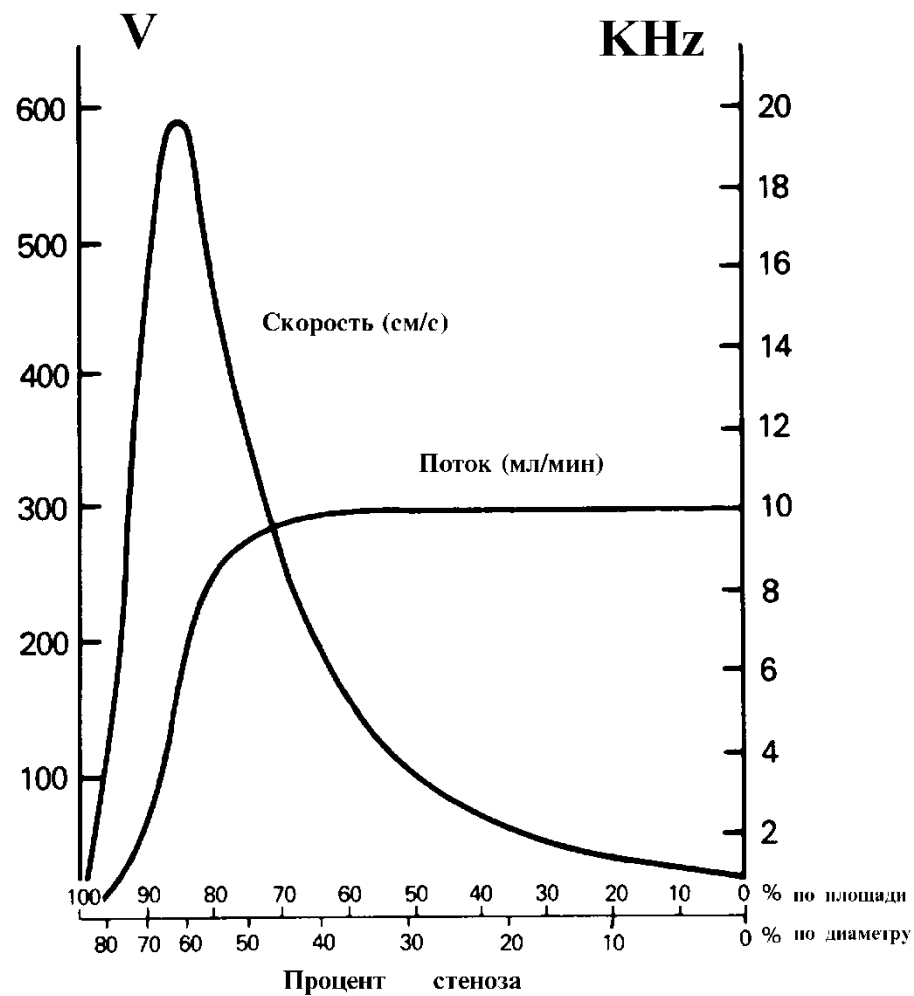
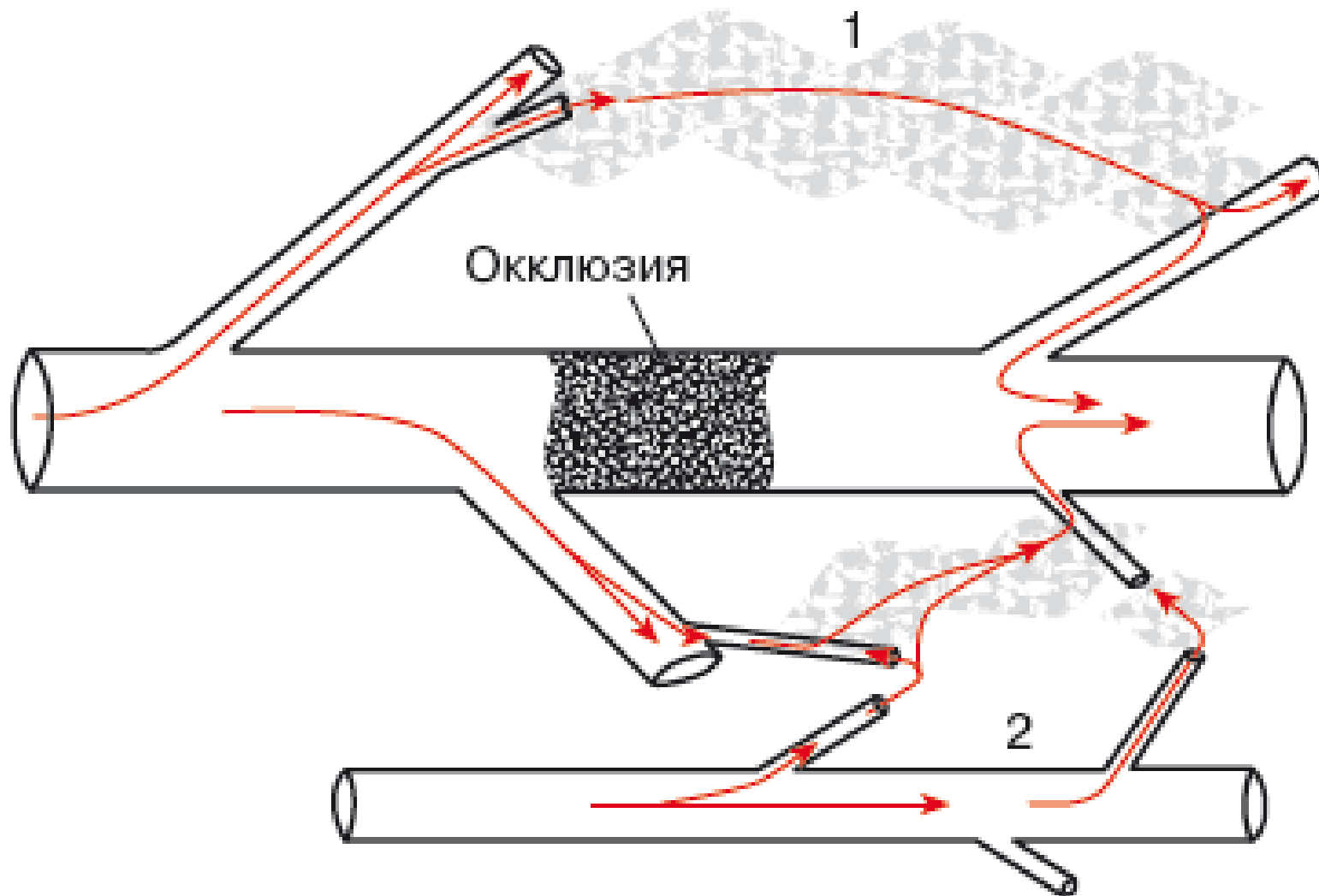


Диаграмма Спенсера



Коллатеральный кровоток

Основы ультразвукового исследования сосудов



Коллатеральное кровообращение

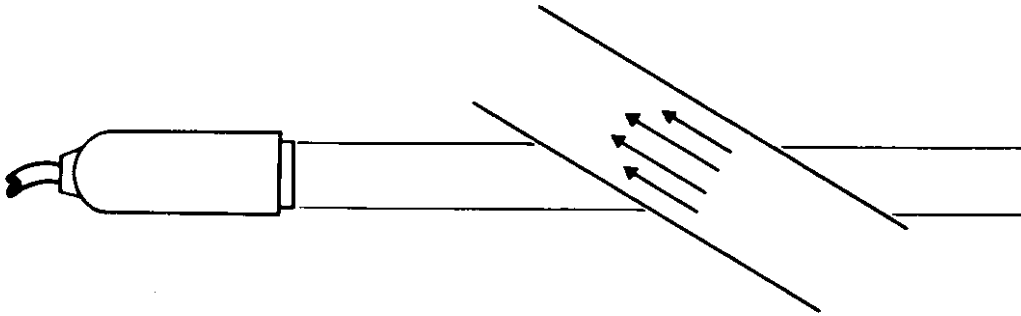


Антеградный и Ретроградный

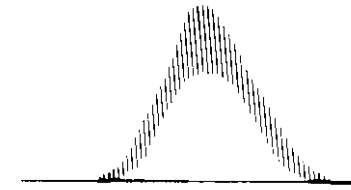


Стенотический кровотоки

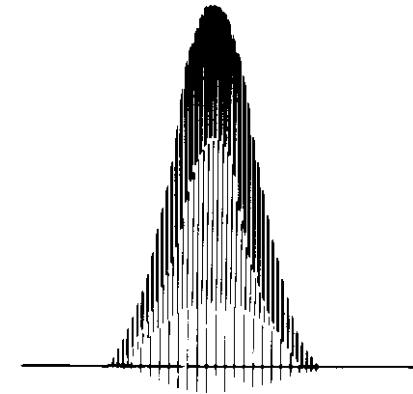
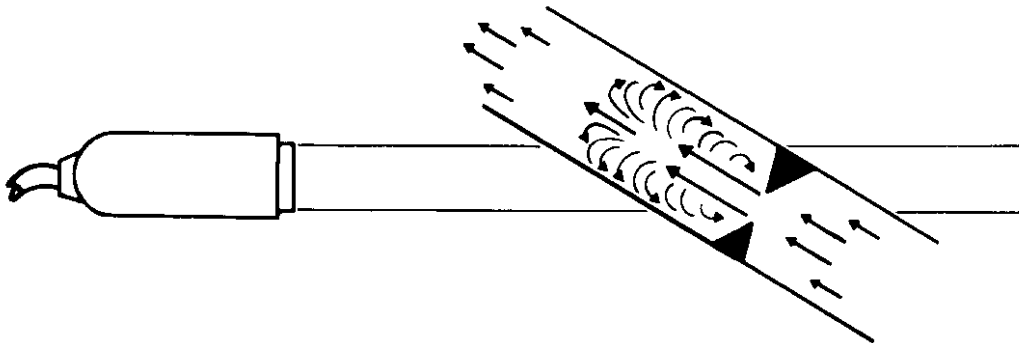
ламинарный поток



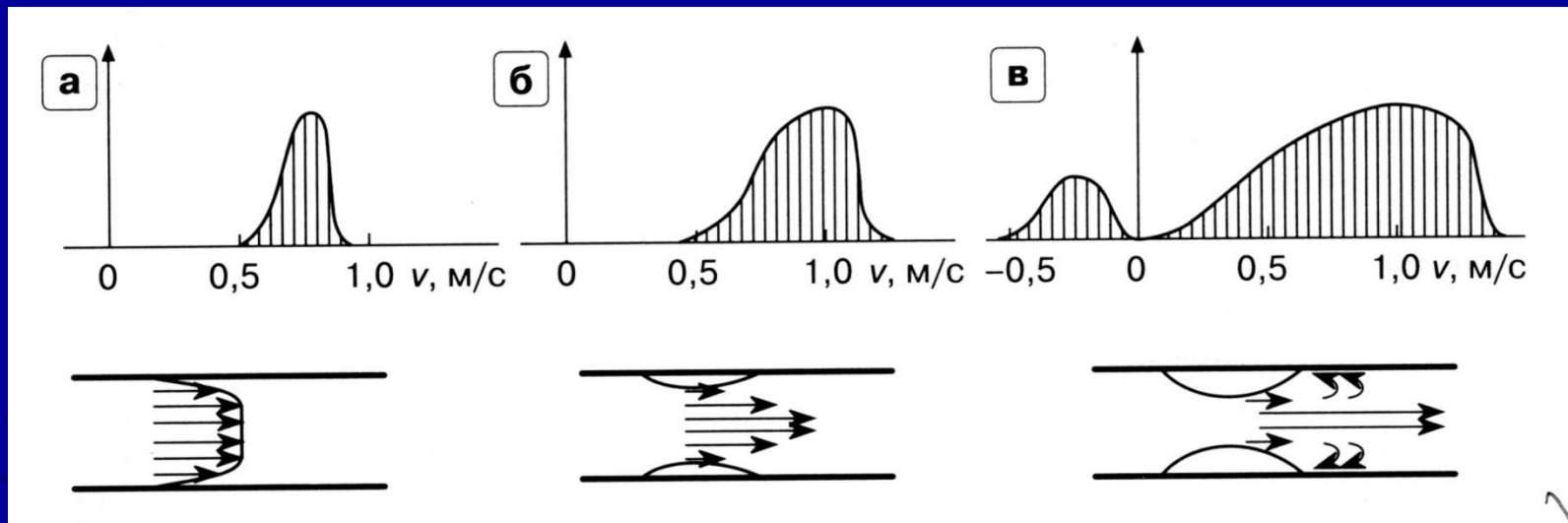
доплеровский сигнал



турбулентный поток



Стенотический кровоток



а – малая ширина спектра;
б – расширение спектра при стенозе;
в – значительное спектральное расширение с обратной скоростью

SHEST
PATIENT HOSPITAL, BARNAUL
PT: SHEST

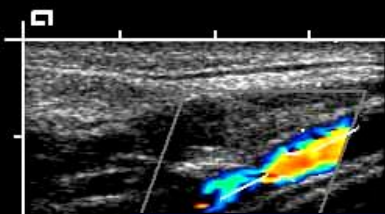
US

25-OCT-00
05:10:25PM
L7
10-5MHz 40mm
CAROTID
GENERAL

16:0 100%

.16 30dB -/ 1/-/D
2.5mm/1
PW D= 14mm

.16



SIEMENS MATVEY

0001

ALTAY KRAEVAY HOSP
16.23.04 27.04.99
7.5L40/7.20

(TIB 0.6)
Ext. Arterial
100%
16dB RS3
5.0cm 14fps

CF5.14MHz
PRF2286Hz
F2
58dB RS4

DF5.53MHz
PRF26785Hz
78dB
GD11 GS3.0
F225Hz

Text

0:16:28

INVERTED

CA

17

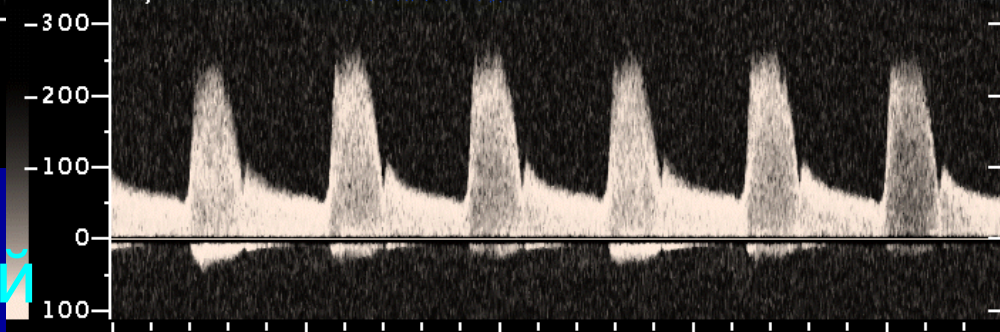
.80
ICA
m/s
.20

ANGLE C/R TRIPLEX

2000 11/25
Image: 17

cm/s θ 33°

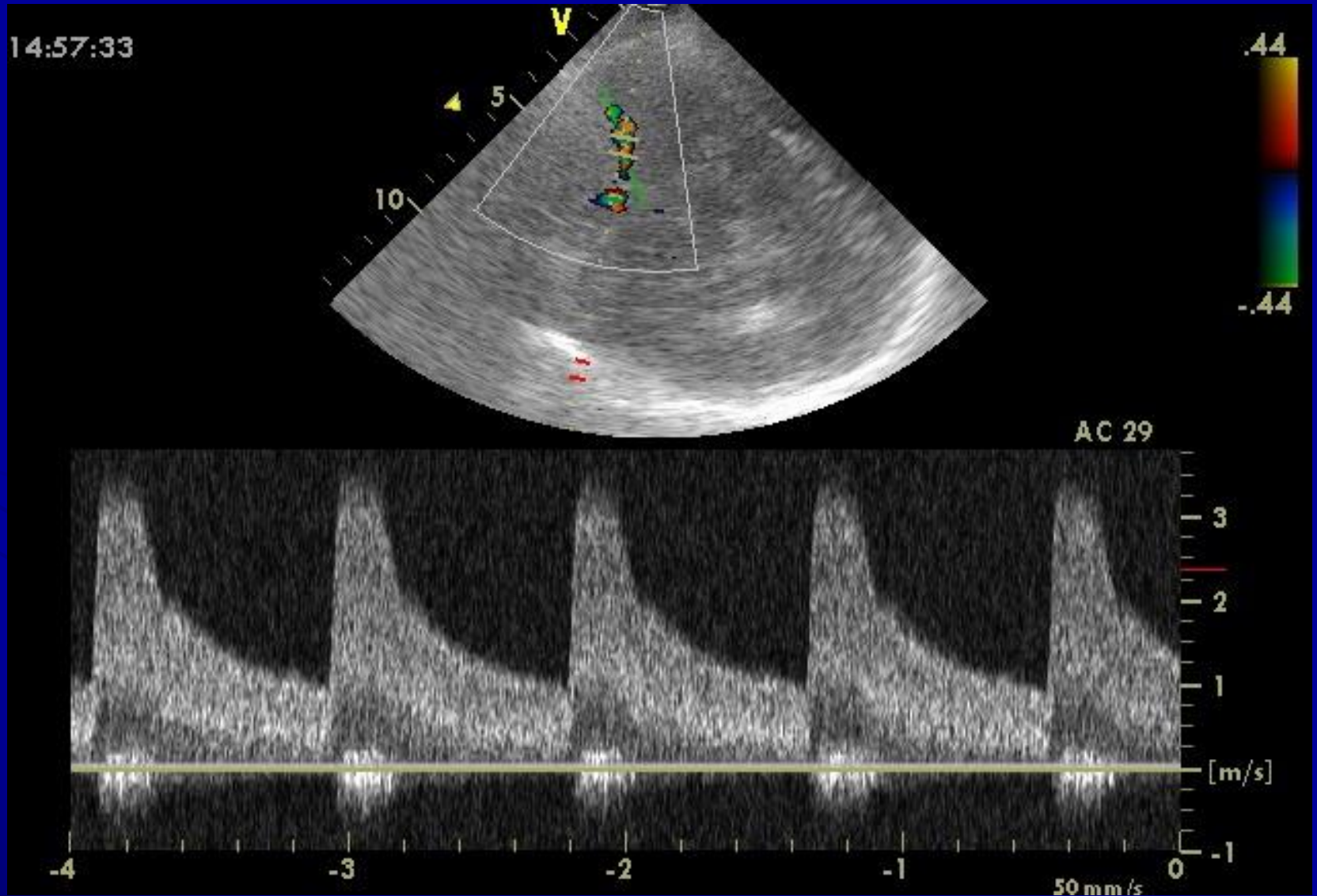
INVERTED

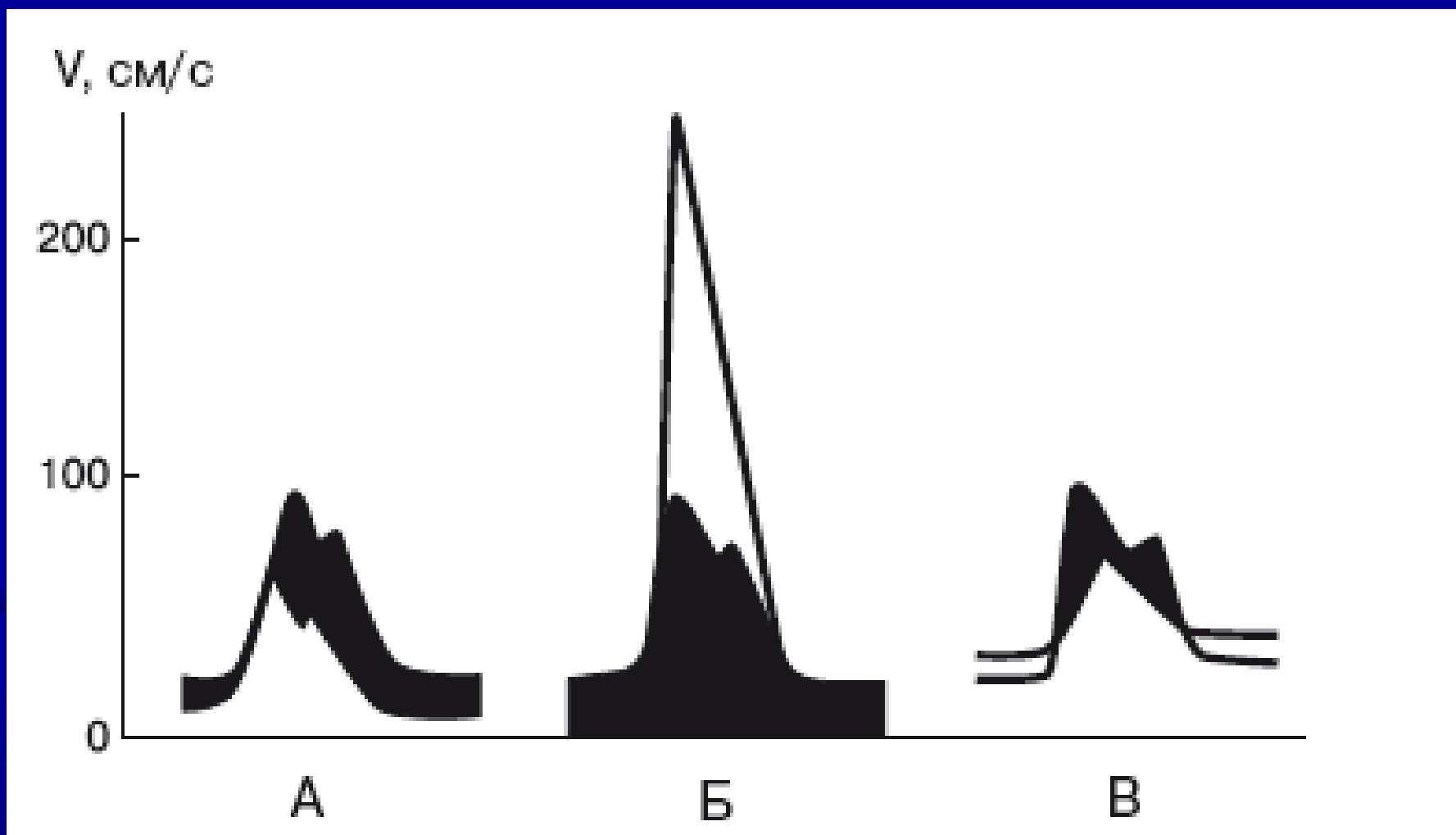


Организованный

Дезорганизованный

Стенотический кровоток

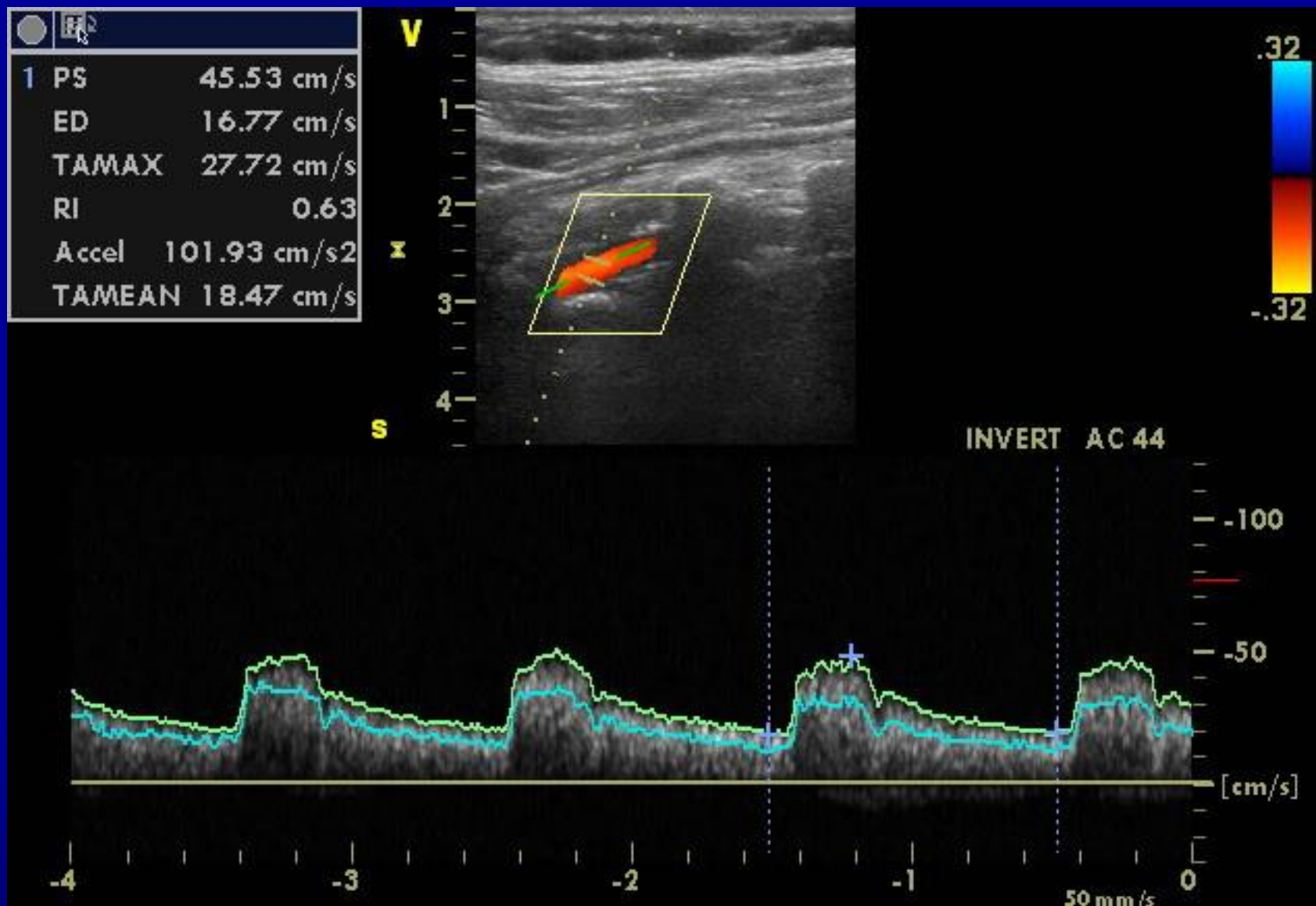


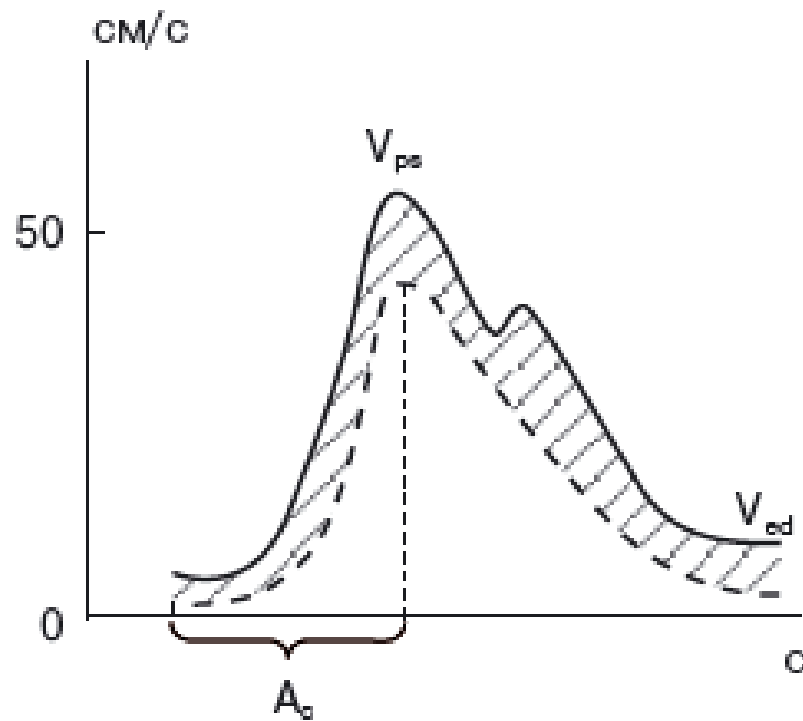


Качественная характеристика доплеровграммы

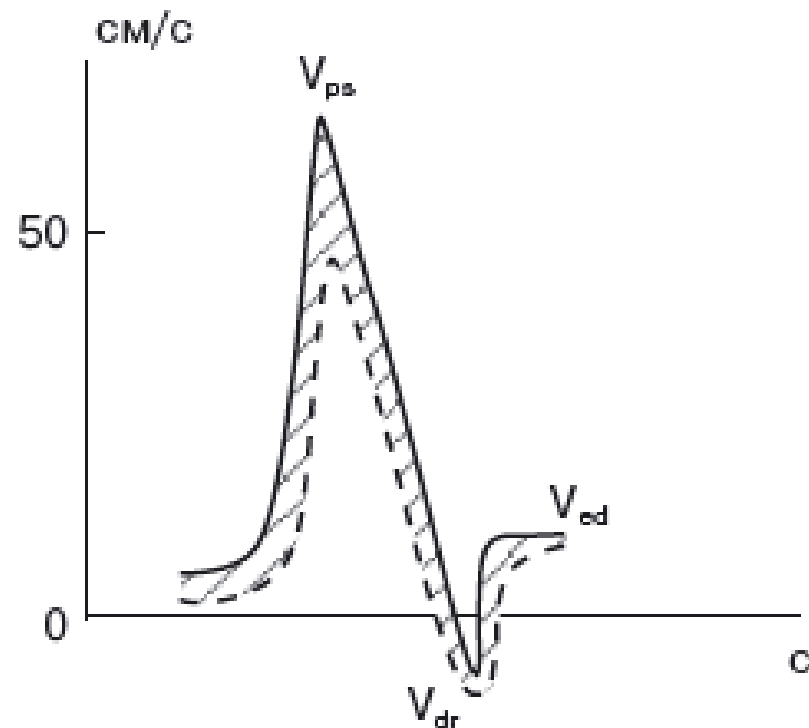


Количественная характеристика доплеровограммы





$$RI = \frac{V_{ps} - V_{ed}}{V_{ps}}$$



$$PI = \frac{V_{ps} - V_{dr}}{TAMX}$$

Рис. 3.26. Допплерографические индексы. A_c – акселерация.

Спектральное расширение

$$SB = (V_{max} - A) / V_{max}$$

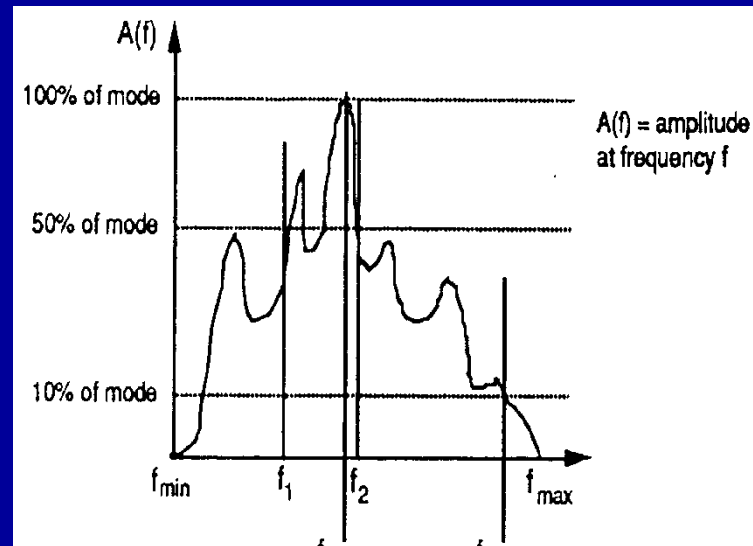
$$SB = 1 - TAV / V_{ps}$$

$$SB = 1 - TAV / TAMX$$

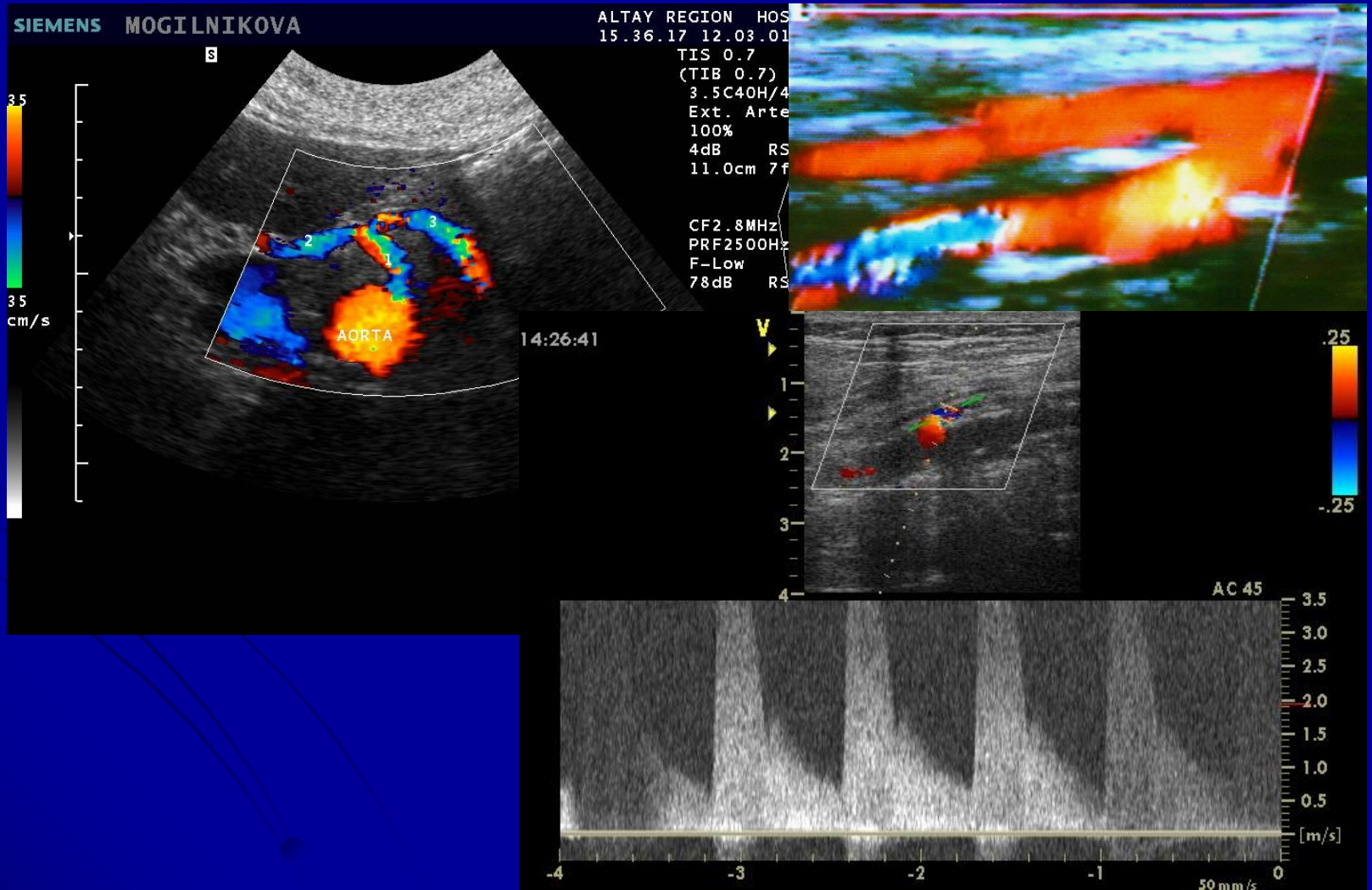
(Schorning M., Walter J., Scheel P., 1994)

$$SB = 1 - TAMIN / V_{ps}$$

(Куликов В.П., Засорин С.В., 2006)



Элайзинг - эффект



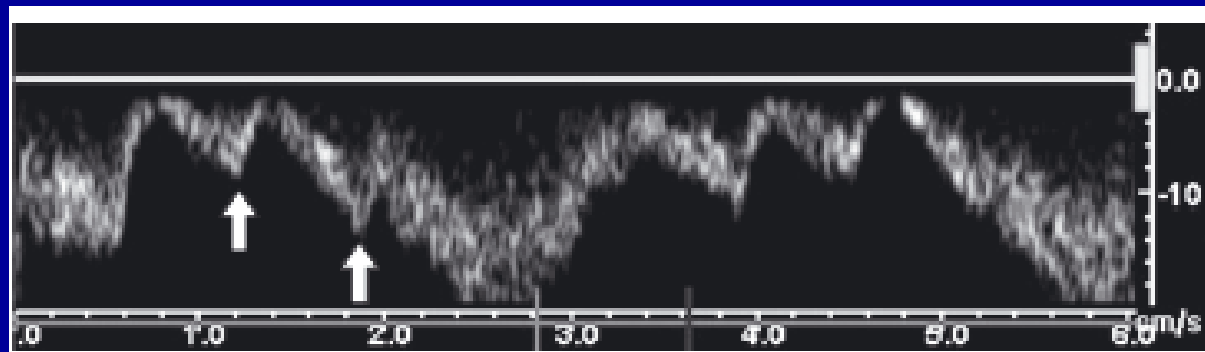
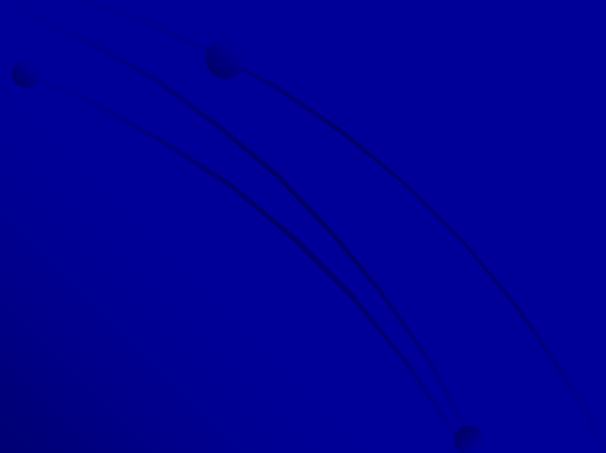
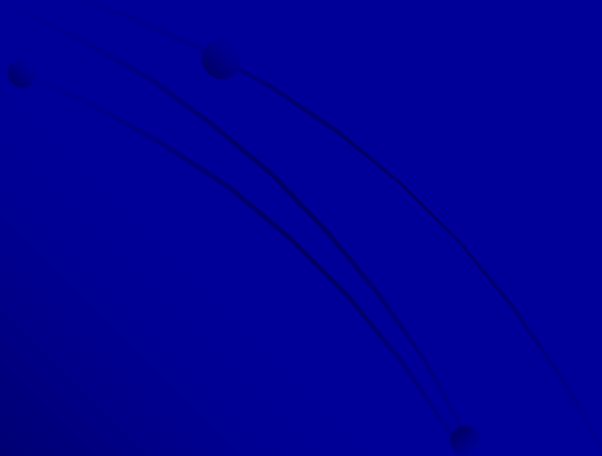


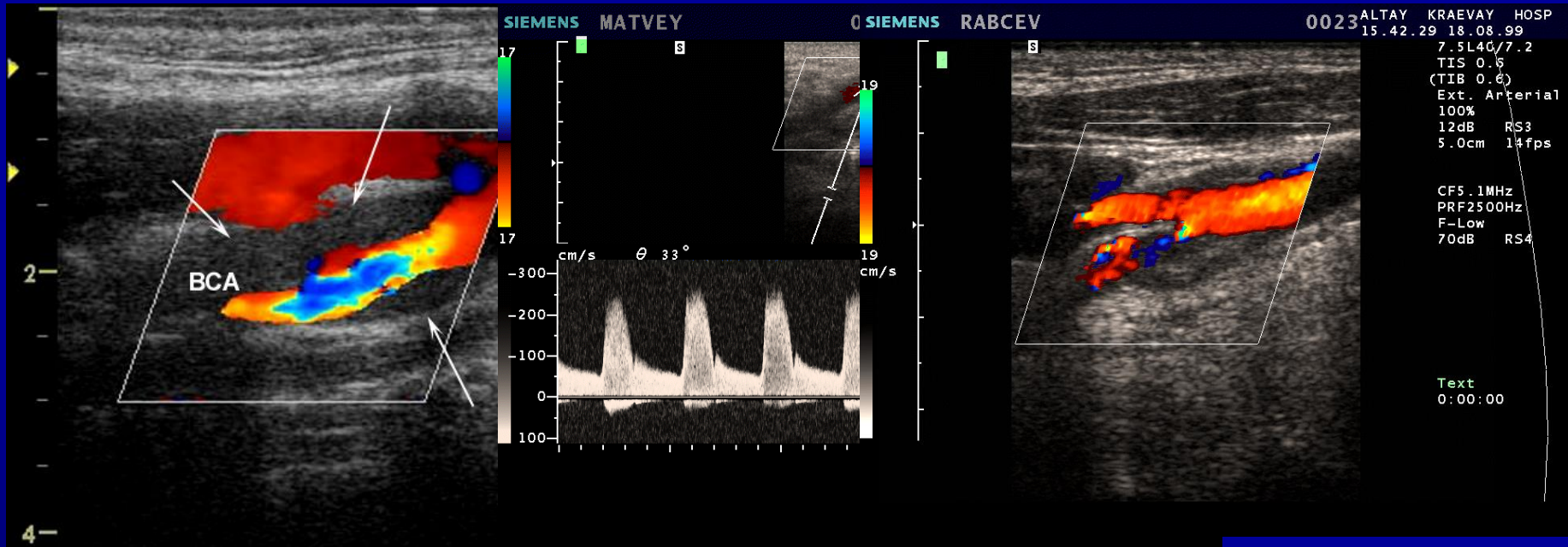
Рис. 3.24. Допплерограмма венозного кровотока из общей бедренной вены. V_{\max} и V_{\min} – максимальная и минимальная скорости дыхательной волны. Стрелки – сердечные волны.



Сосудистая патология

**Закупорка или сужение просвета сосудов
(внутрисосудистая обструкция)**

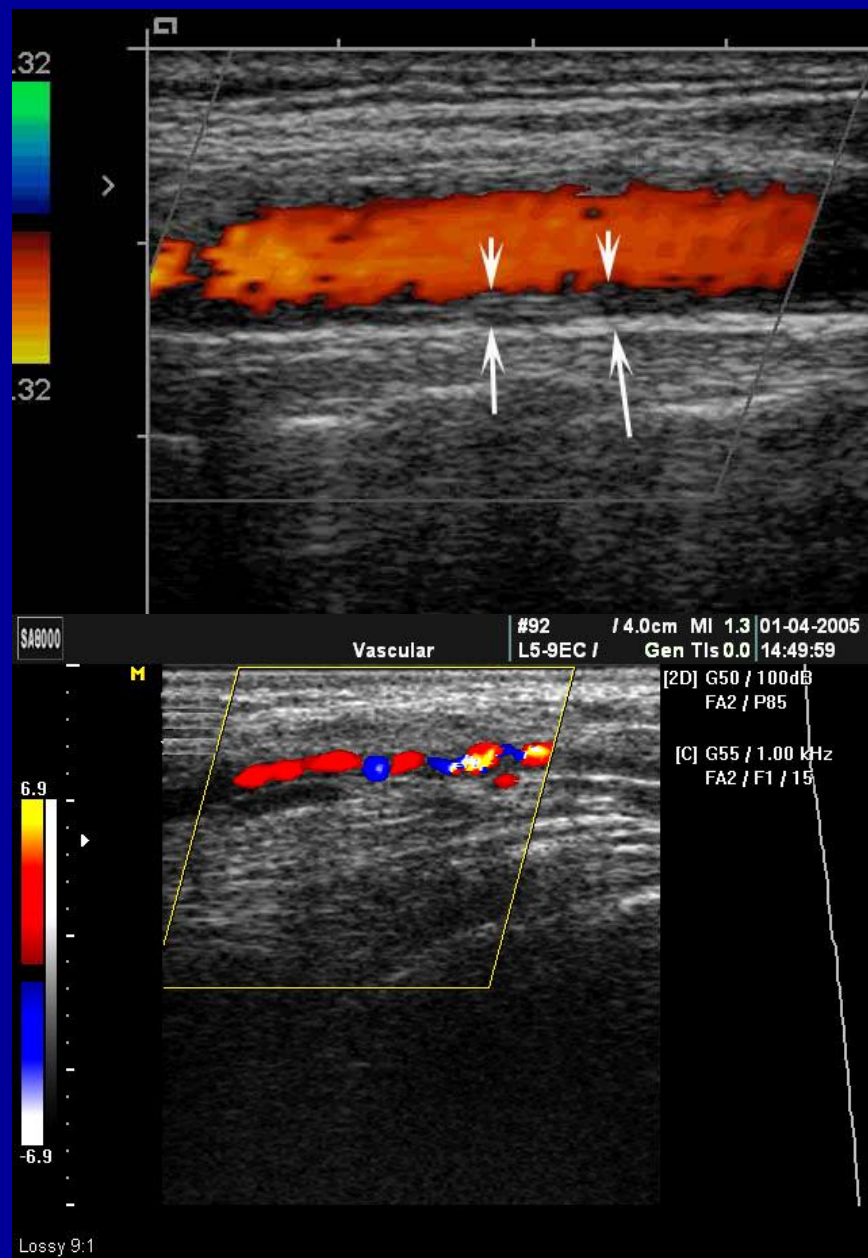




атеросклероз

Васкулиты

- Неспецифический аорто-артериит (болезнь Такаясу)
- Облитерирующий тромбангиит (болезнь Бюргера)



KARATUNOV VN, 59

RAILWAY HOSPITAL, BARNAUL
PT: KARATUNOV VN, 59, 904

US

02-FEB-01

04:39:00PM

L7 17Hz

10-5MHz 40mm

APV ARTERIAL

GENERAL

57dB -/+1/2/4

- **Диабетическая ангиопатия**

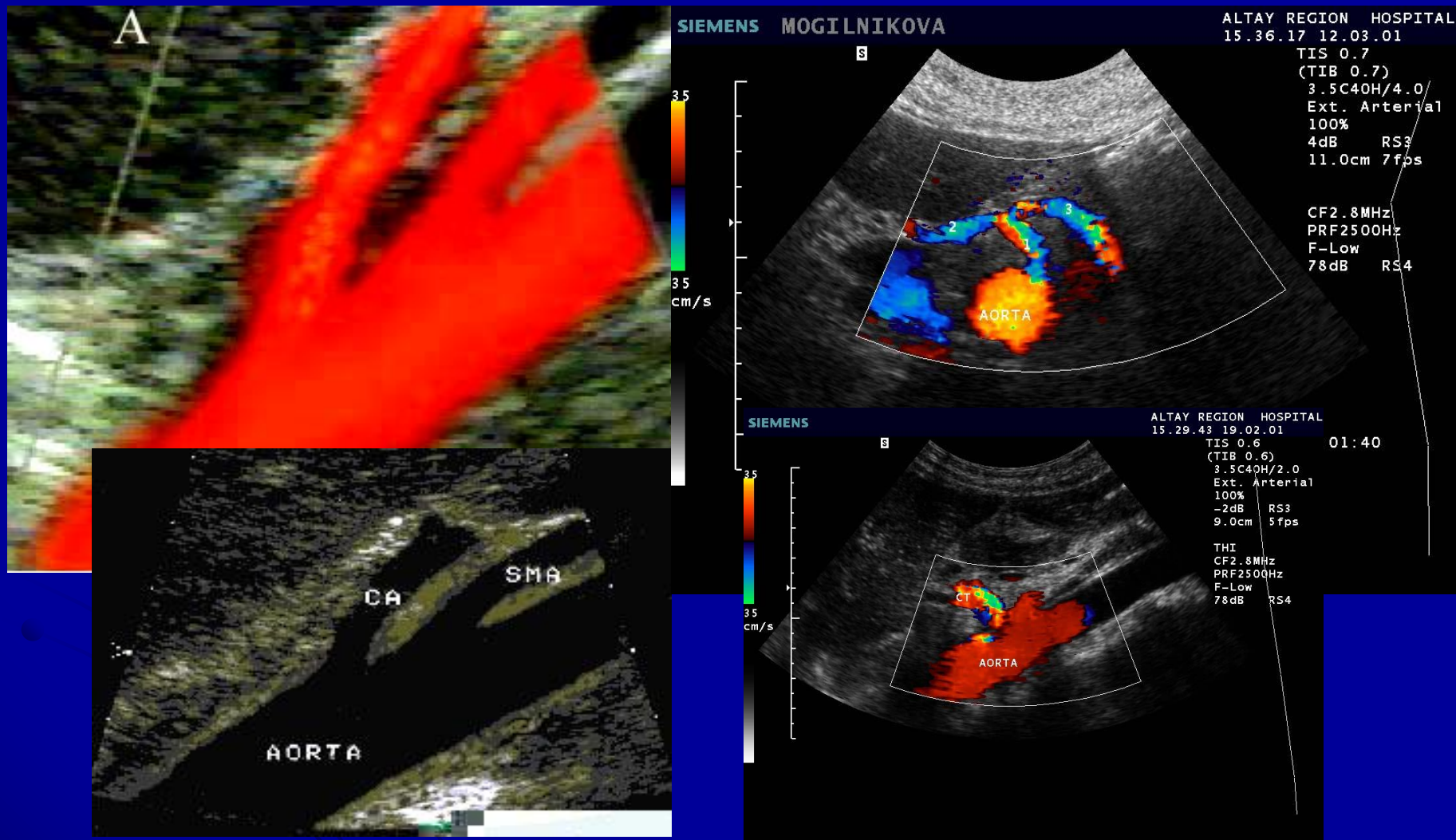
AP R >

Diabetes melitus II

2001.02.02
Image: 7



Экстравазальная компрессия чревного ствола

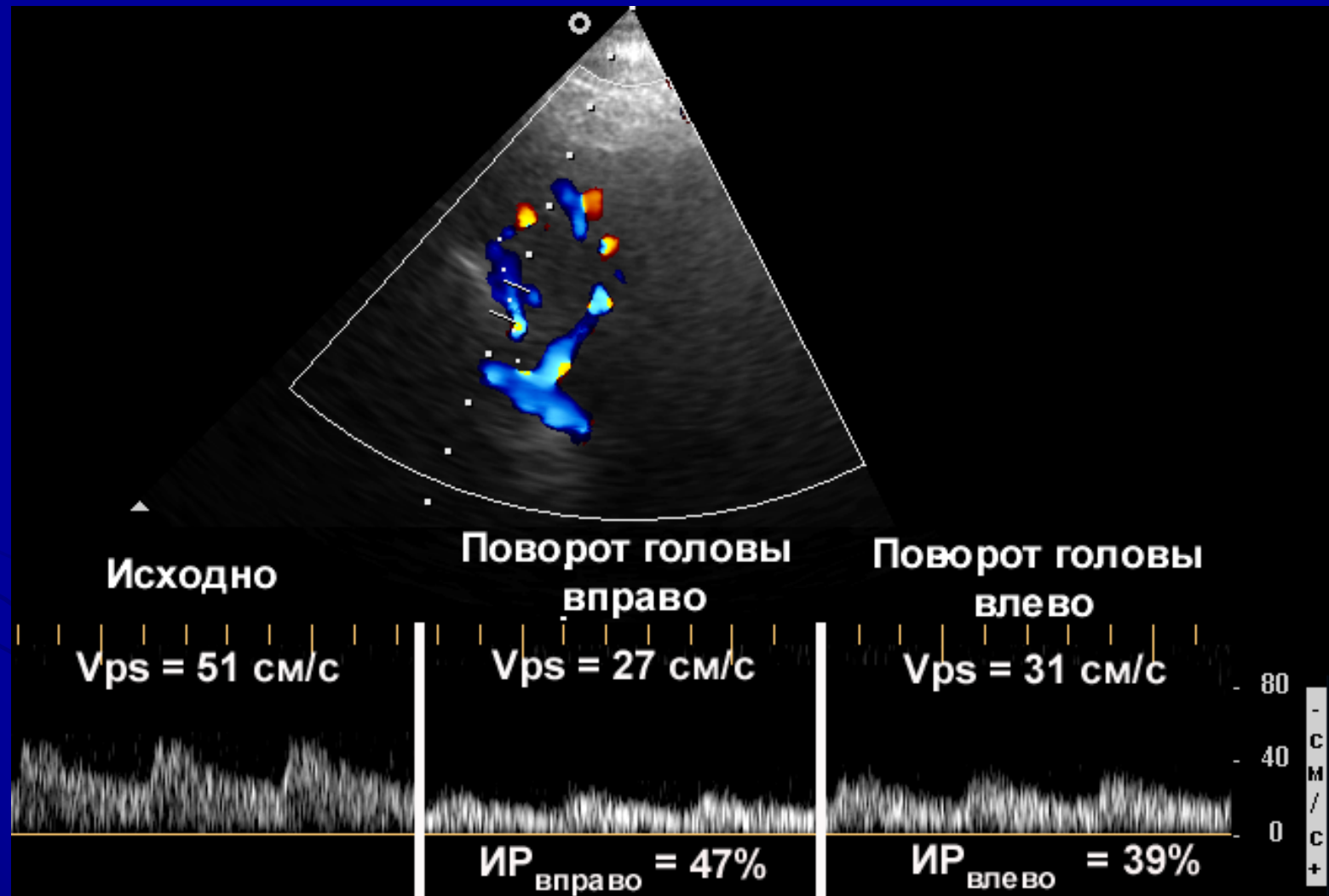


Ромашин С.О., Куликов В.П., Гервазиев В.Б., Лубянский В.Г. // Ангиология и сосудистая хирургия. – 1999. – №3. – С.25-32.

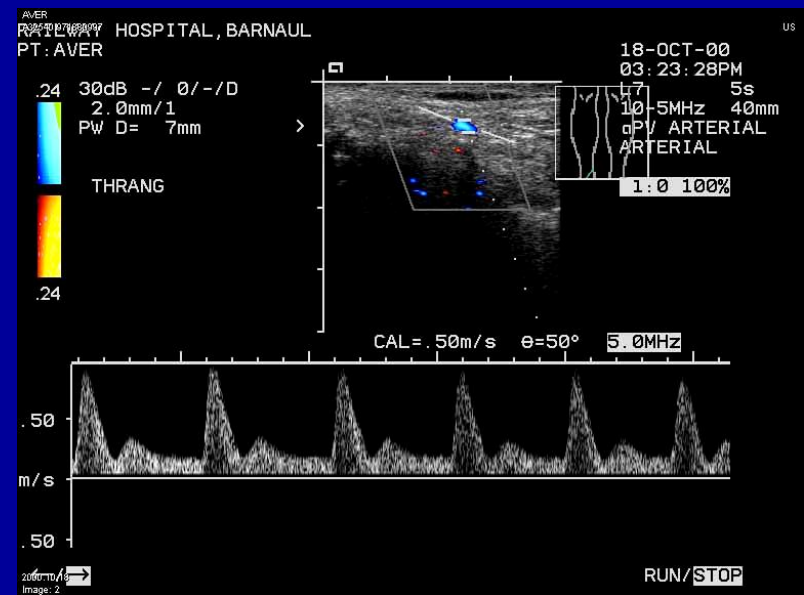
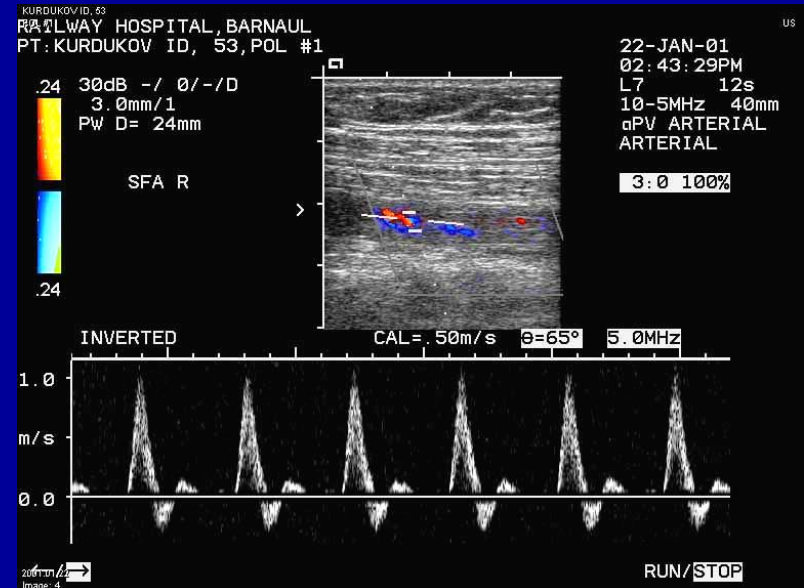
Патент РФ № 2160050, 1998



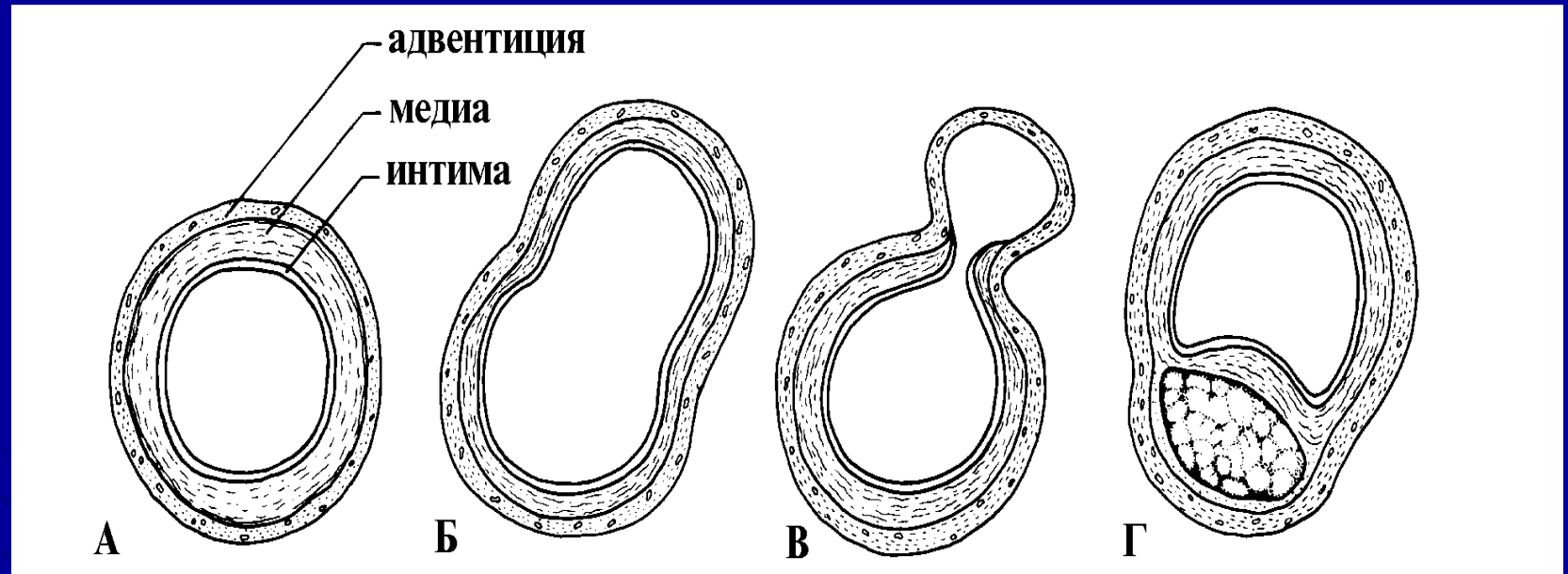
Экстравазальное воздействие на ПА



- **Нарушения тонуса (синдром и болезнь Рейно)**



Расслоение и аневризма



SIEMENS BOIZOVA, 60

S

Аневризма

ALTAY REGION HOSPITAL

16.19.44 20.02.00

3.5C40H/4.0

Ext. Arterial

100%

6dB RS3

8.0cm 29fps

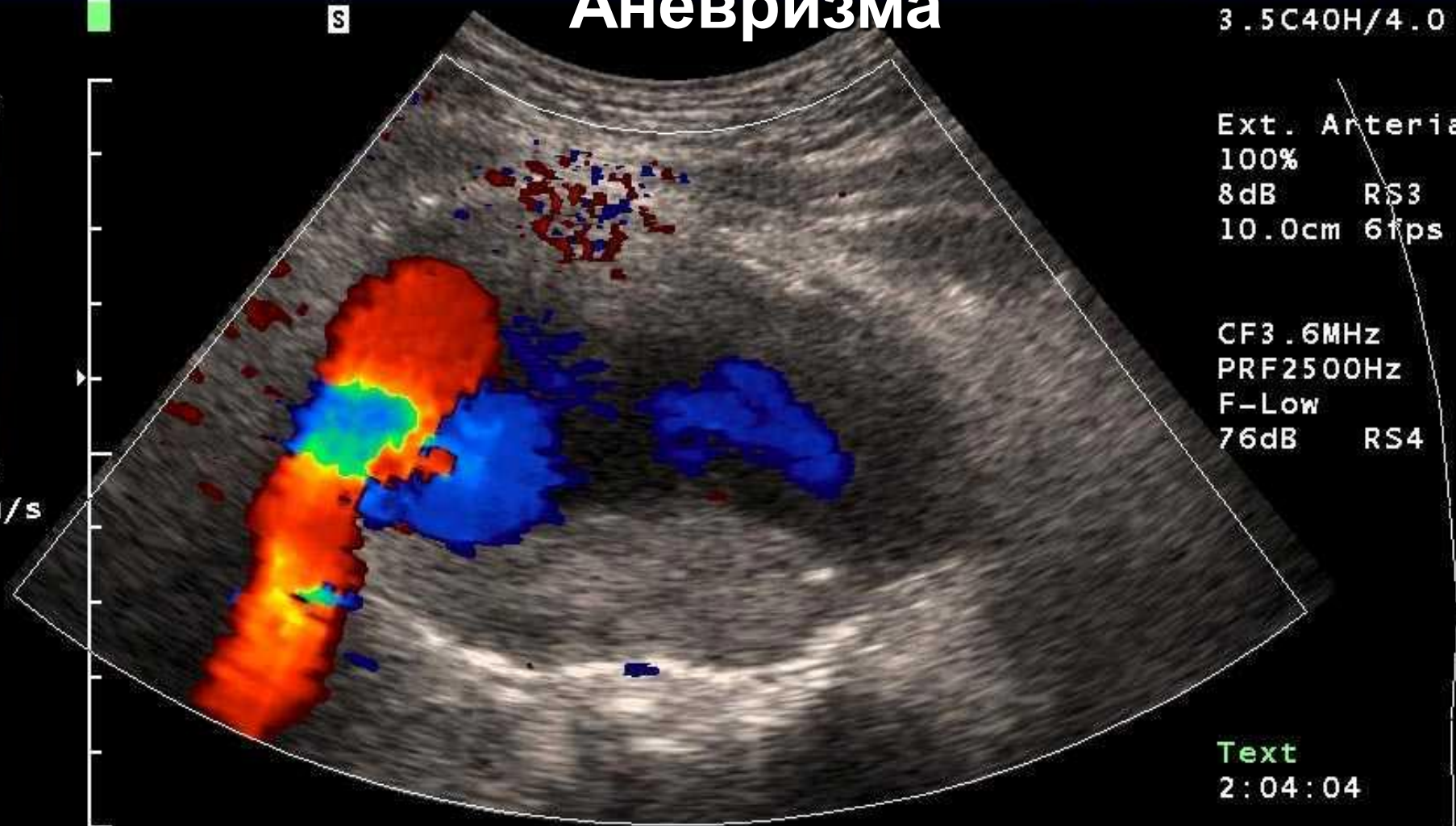
AORTA



0:05:36

Аневризма

27
27
cm/s



Ext. Arterial
100%
8dB RS3
10.0cm 6fps

CF3.6MHz
PRF2500Hz
F-Low
76dB RS4

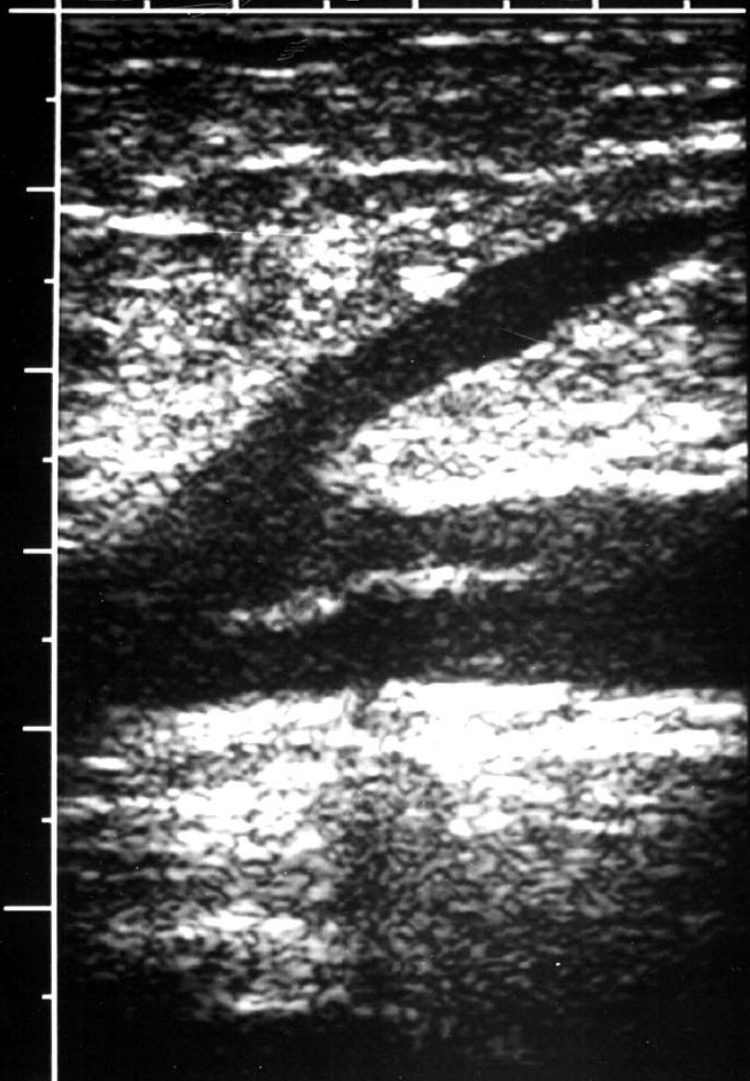
Text
2:04:04

SREY.CFVL

Тромбоз

18-OCT-97
02:49:40AM
L738 15HZ
DEPTH= 60
SM PARTS

PWR = 0dB
50dB 1/E/0
GAIN = -14dB



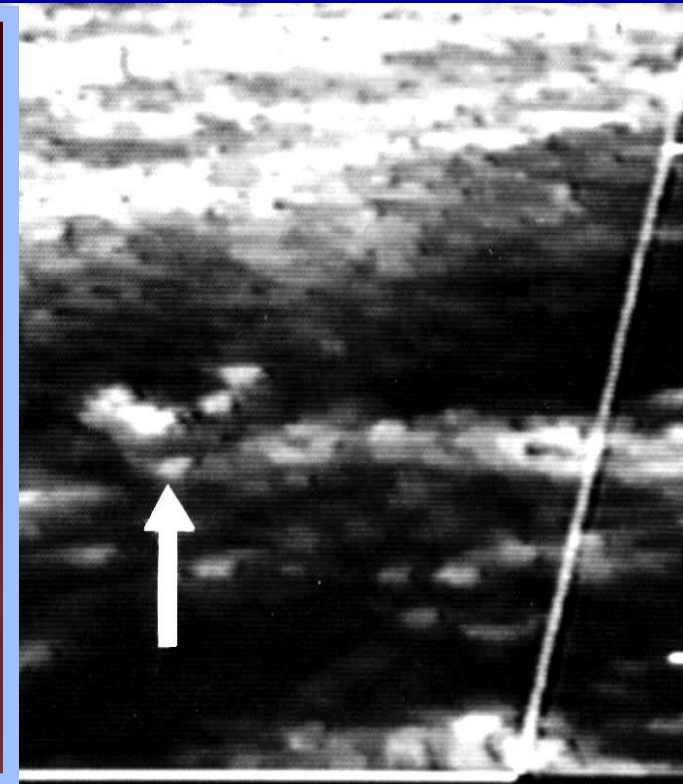
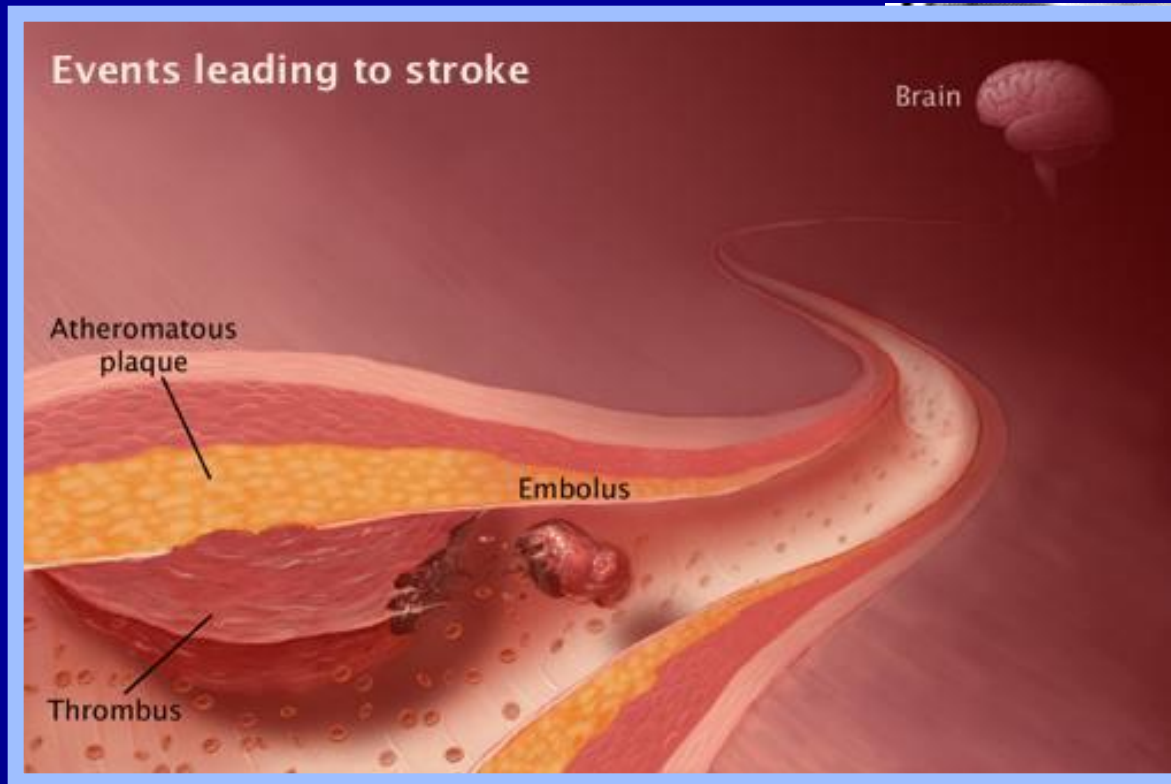
REPORT

RIGHT

MEASURE

% STEN D

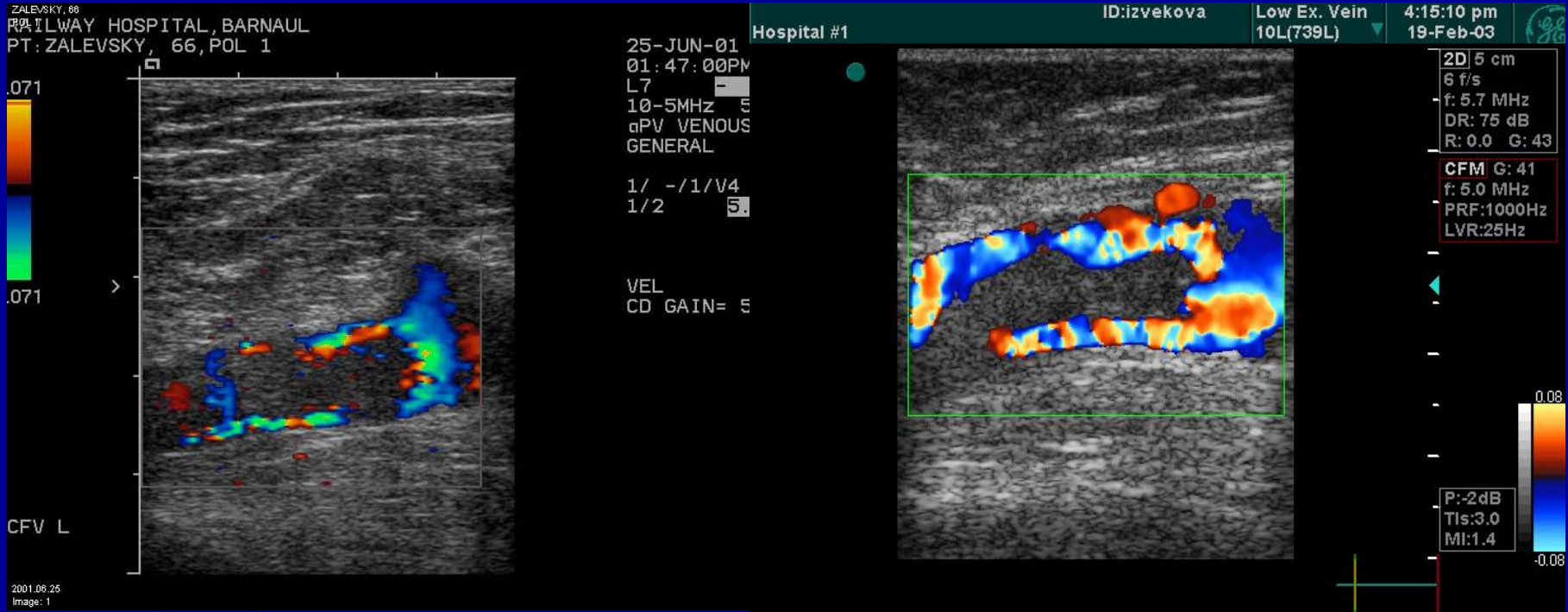
Эмболия



Ультразвуковая детекция церебральных эмболов



Венозный тромбоз





07-APR-98
02:26:04PM
L738 16HZ
DEPTH= 50
SM PARTS

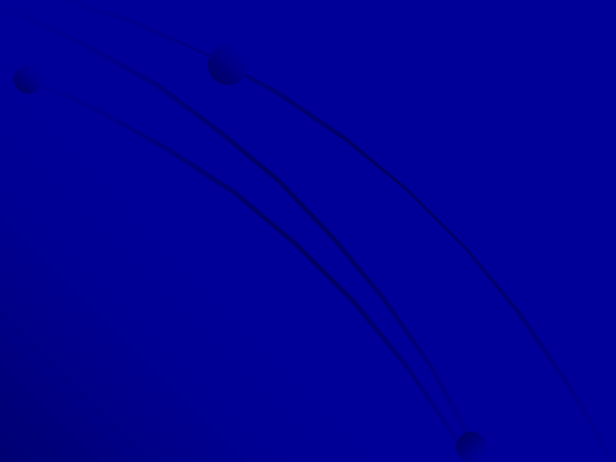
PWR = 0dB
50dB 1/E/0
GAIN=-11dB

Нарушение компрессивности

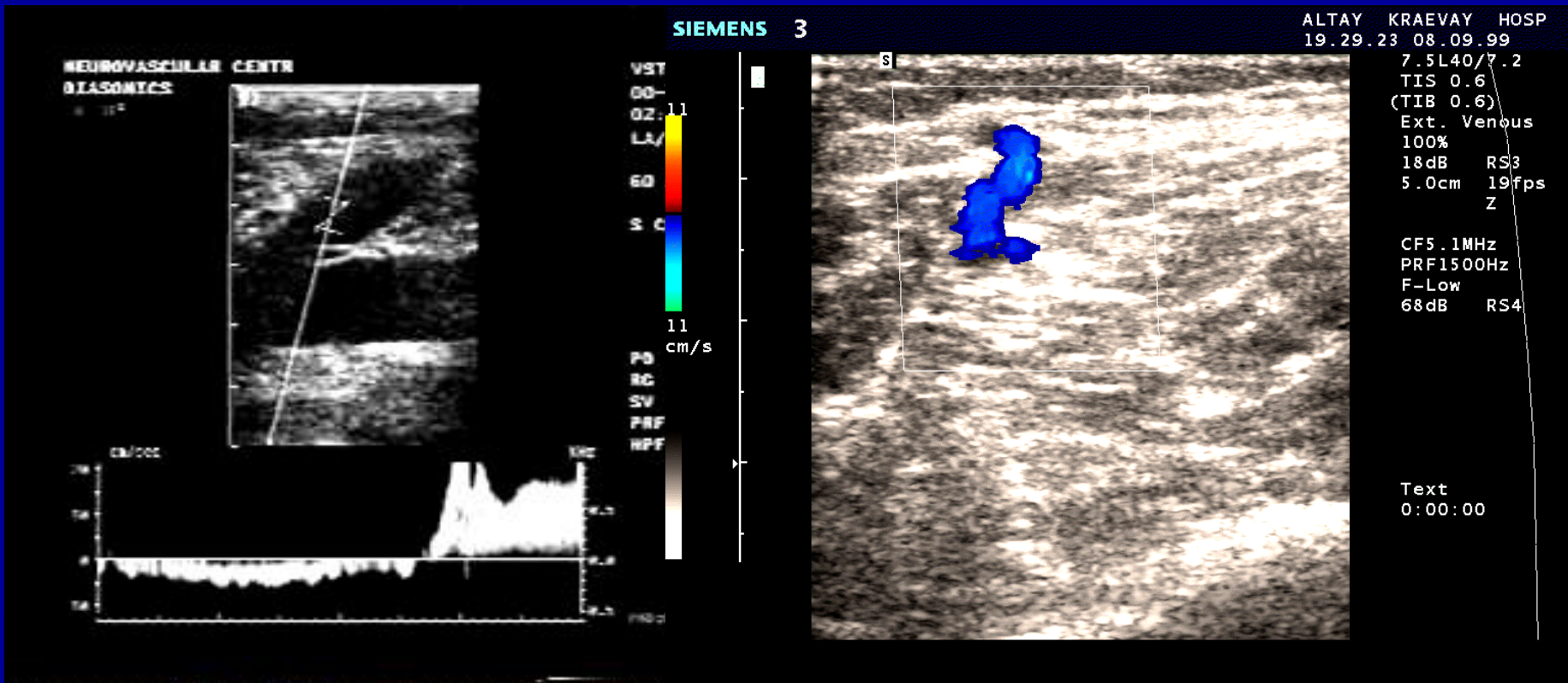


07-APR-98
02:26:34PM
L738 16HZ
DEPTH= 50
SM PARTS

PWR = 0dB
50dB 1/E/0
GAIN=-11dB

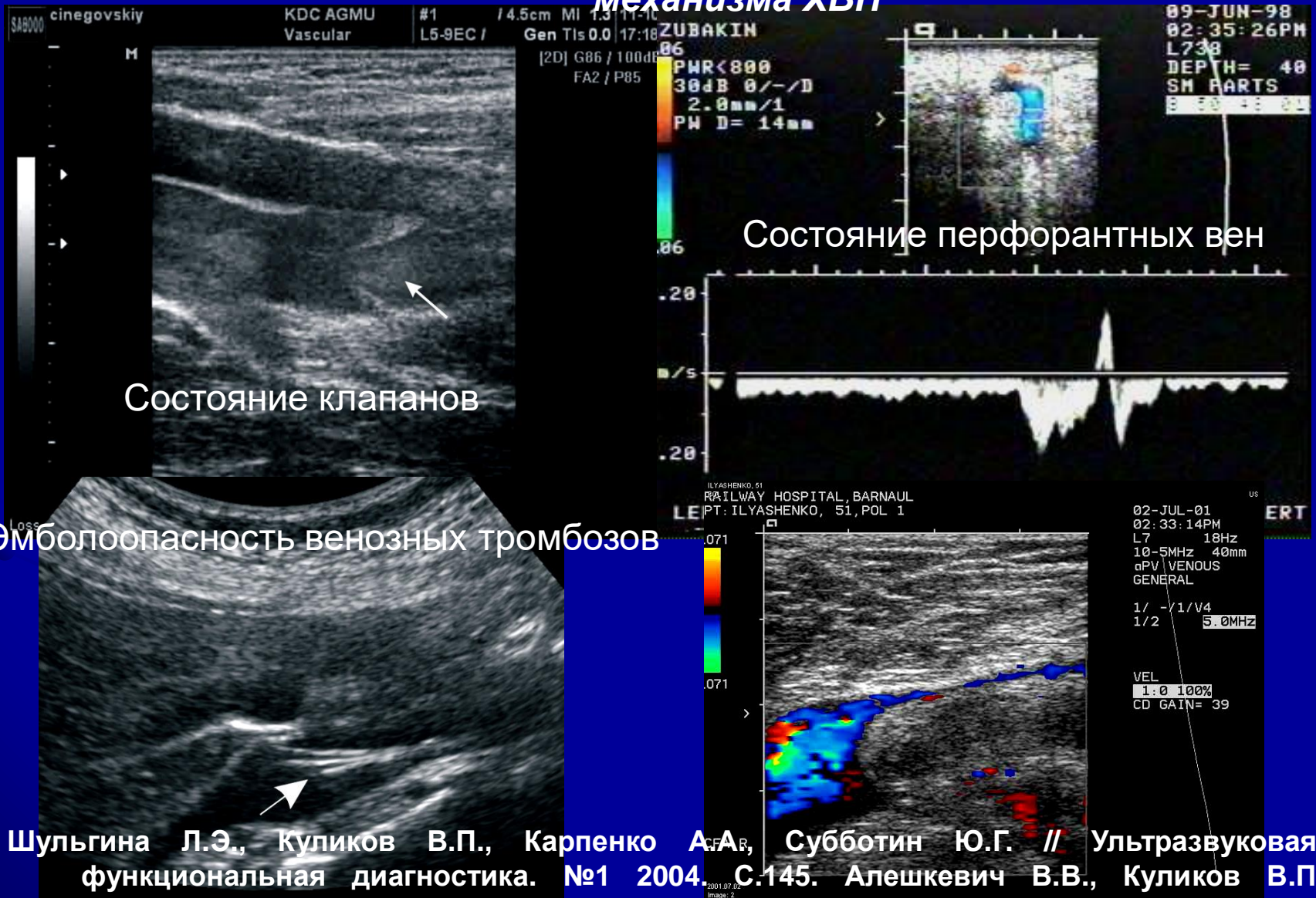


Хроническая венозная недостаточность



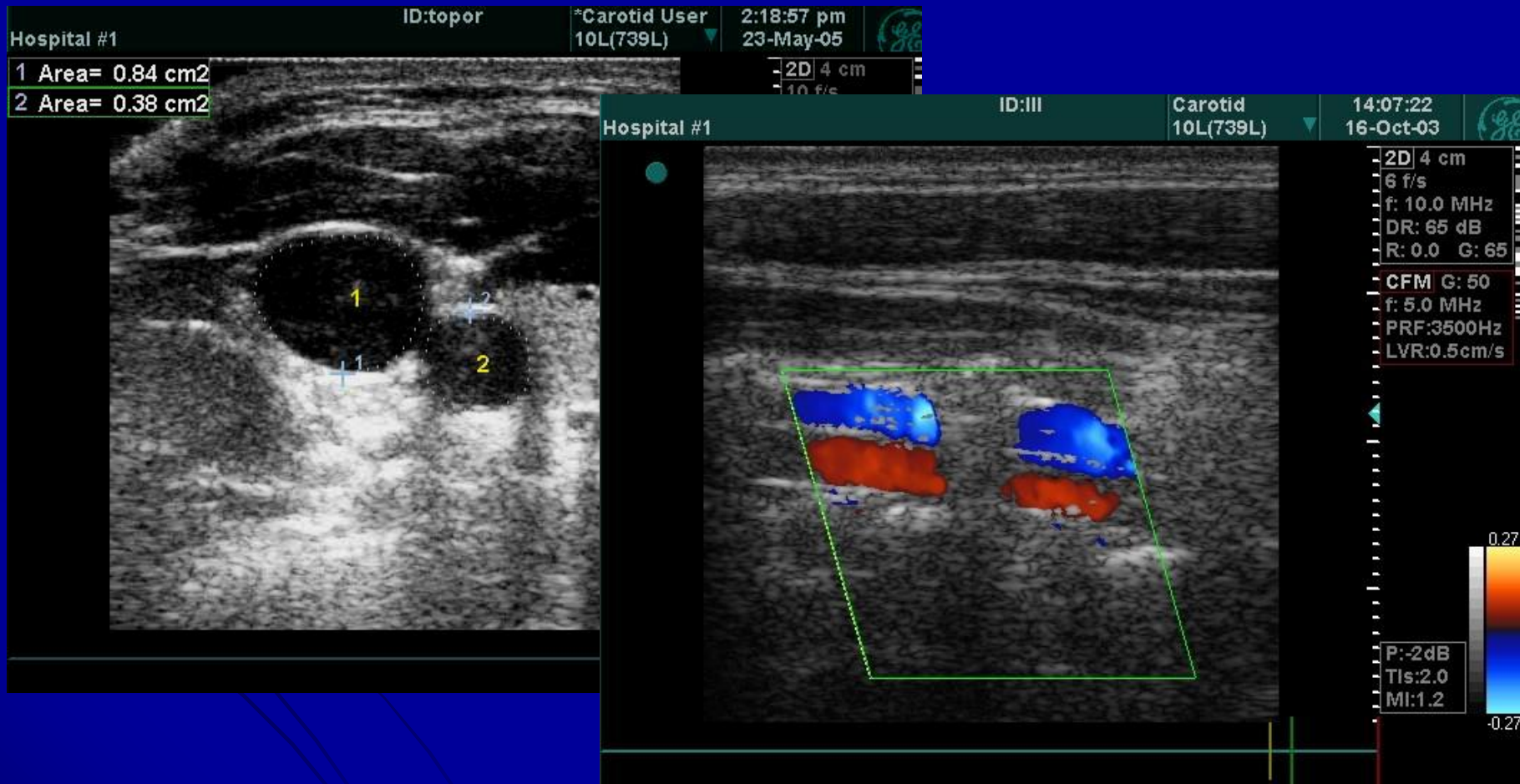
Патология вен нижних конечностей

Установление индивидуального патофизиологического механизма ХВН



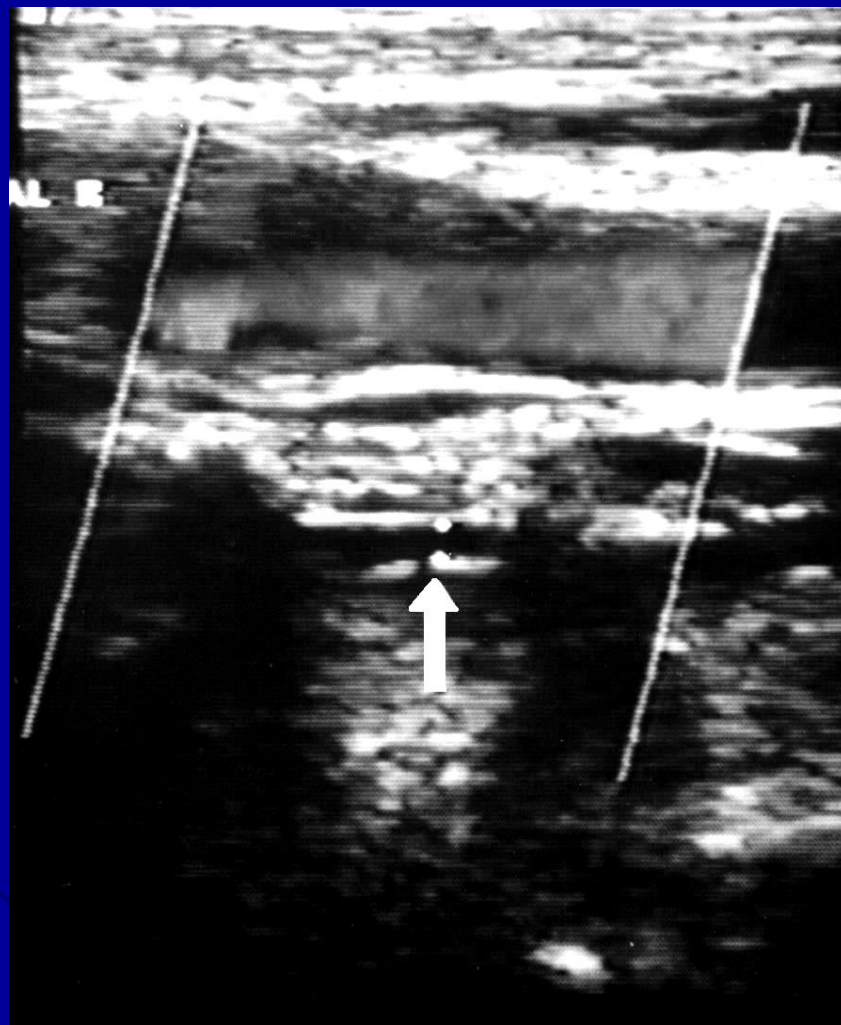
Шульгина Л.Э., Куликов В.П., Карпенко А.А., Субботин Ю.Г. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. №1 2004. С.145. Алешкевич В.В., Куликов В.П. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. №1 2004. С.138.

Венозная дисциркуляция головного мозга



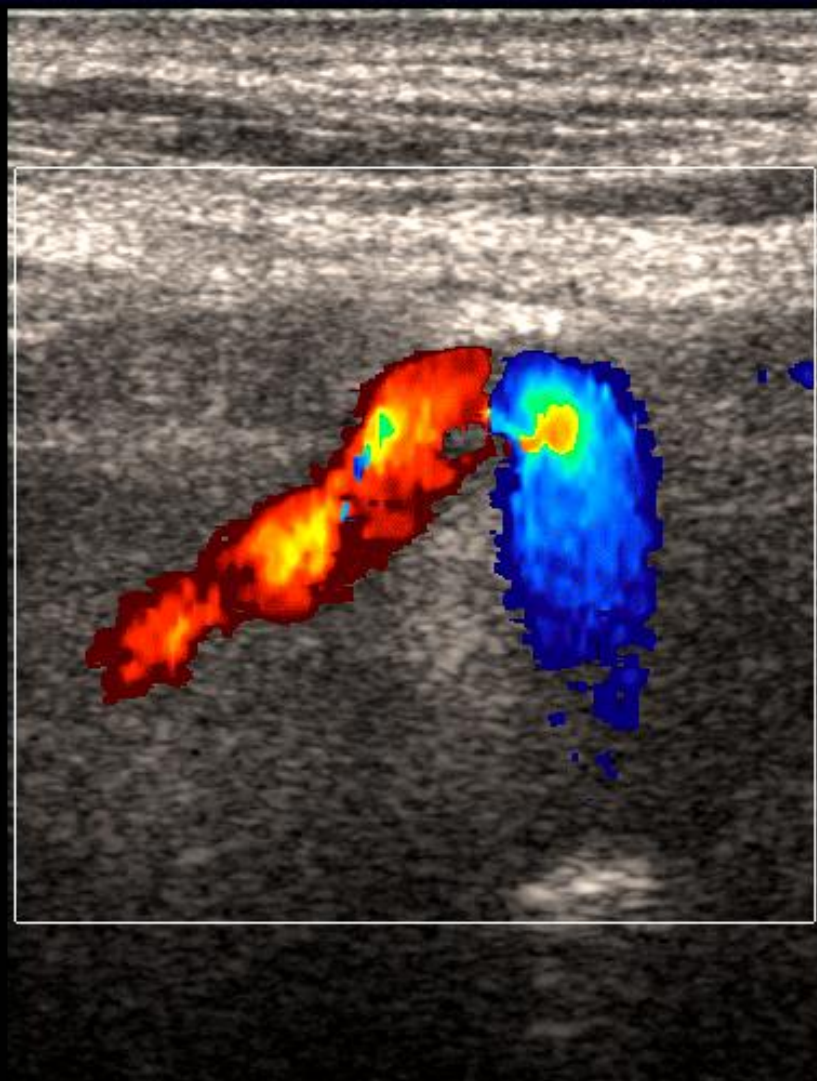
1. Куликов В.П., Дическул М.Л. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. №1 2004. С.141.

Пороки развития кровеносных сосудов (дисплазии)





ICA R ■ S



7.5L40/7.20
TIS 0.6
(TIB 0.6)
Ext. Arterial
100%
14dB RS3
5.0cm 11fps

CF5.14MHz
PRF2500Hz
F8
73dB RS4

Text
0:16:28

SIEMENS

ALTAY REGION HOSPITAL

16.18.39 29.10.99

7.5L40/7.2

TIS 0.6

(TIB 0.6)

Ext. Arterial

100%

14dB RS3

5.0cm 11fps

CF5.1MHz

PRF1736Hz

F-Low

69dB RS4

Text

0:00:00

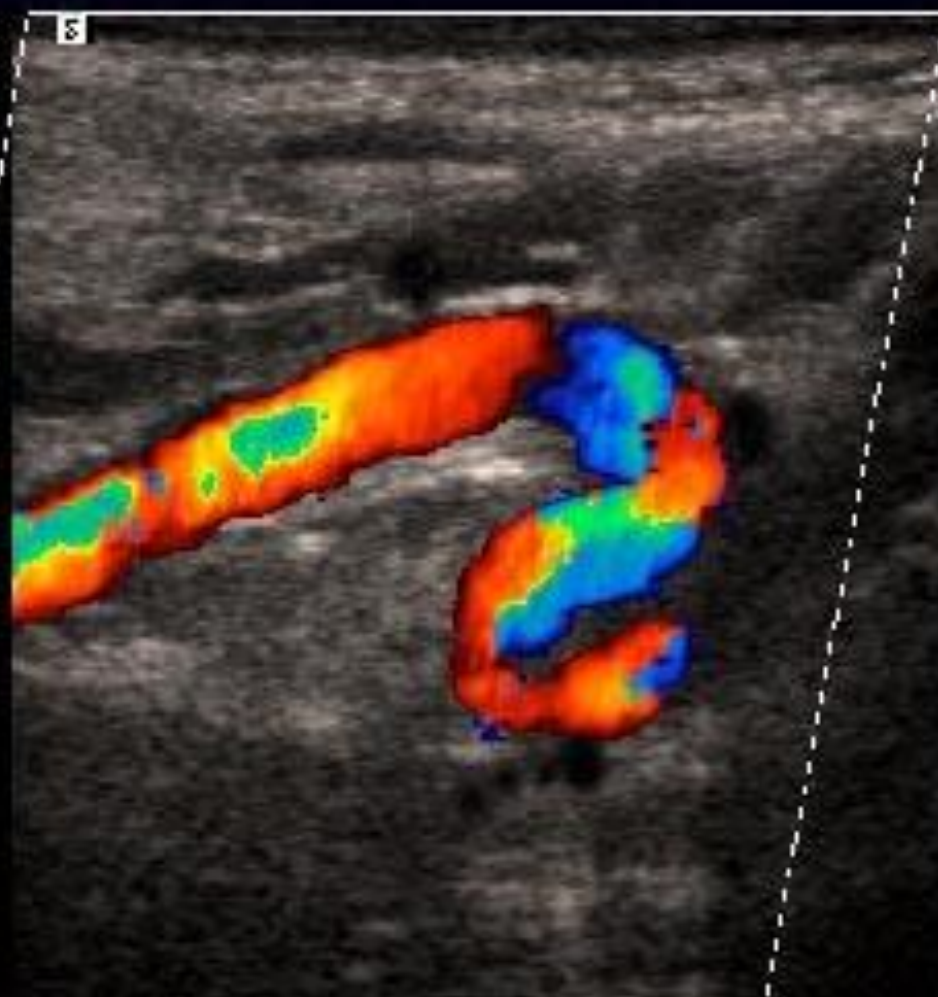
ICA L

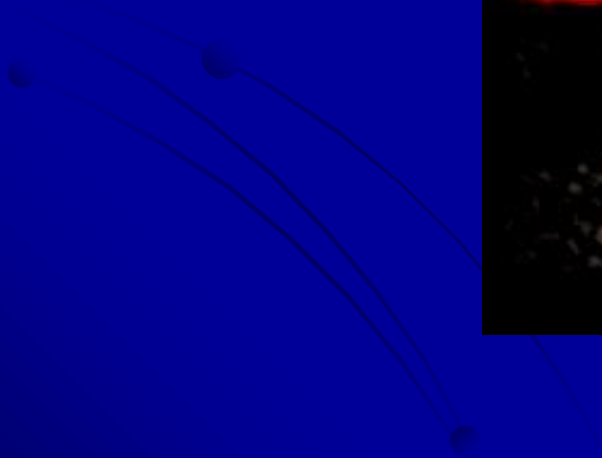
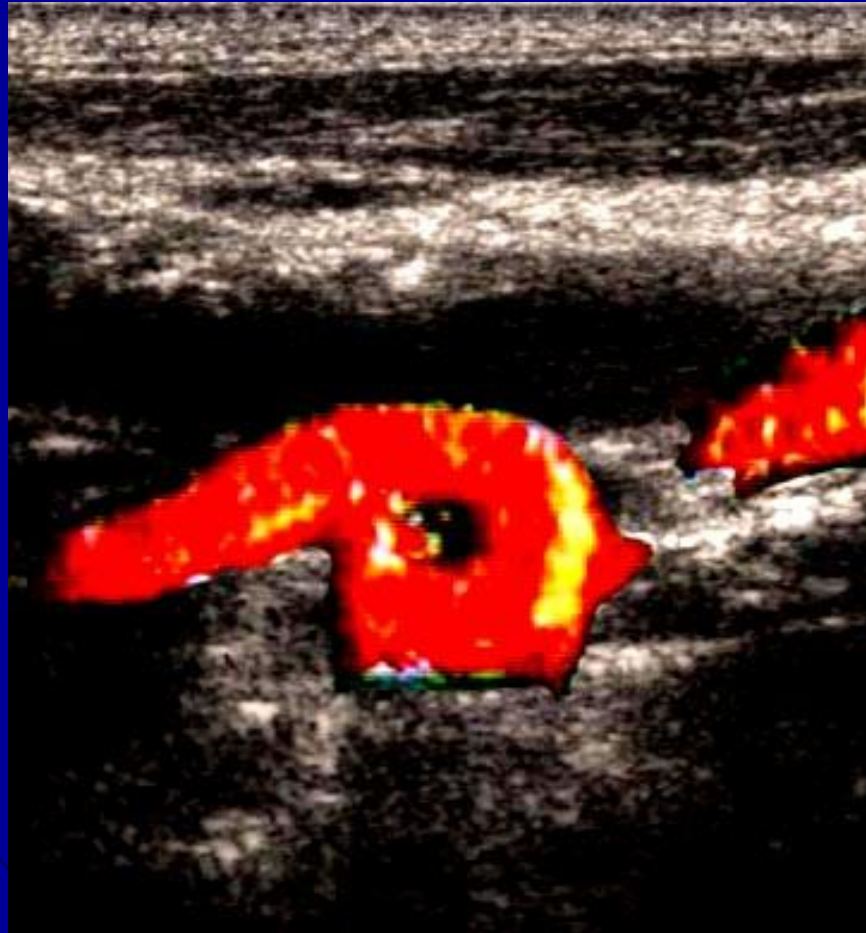
5

13

13

cm/s





PT: I

03-JAN-01

04:21:44PM

L7 11s

10-5MHz 40mm

αCAROTID

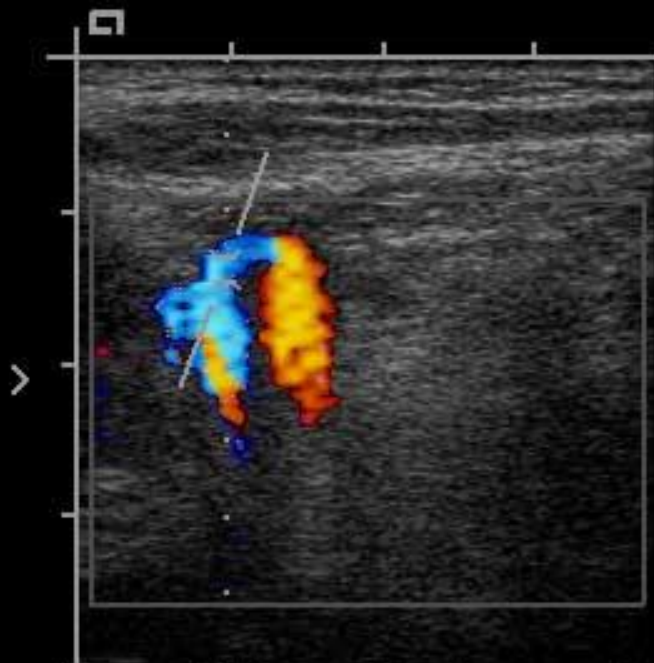
GENERAL

2:0 100%

.32 30dB -/ 1/-/D
1.5mm/1
PW D= 14mm



.32



INVERTED

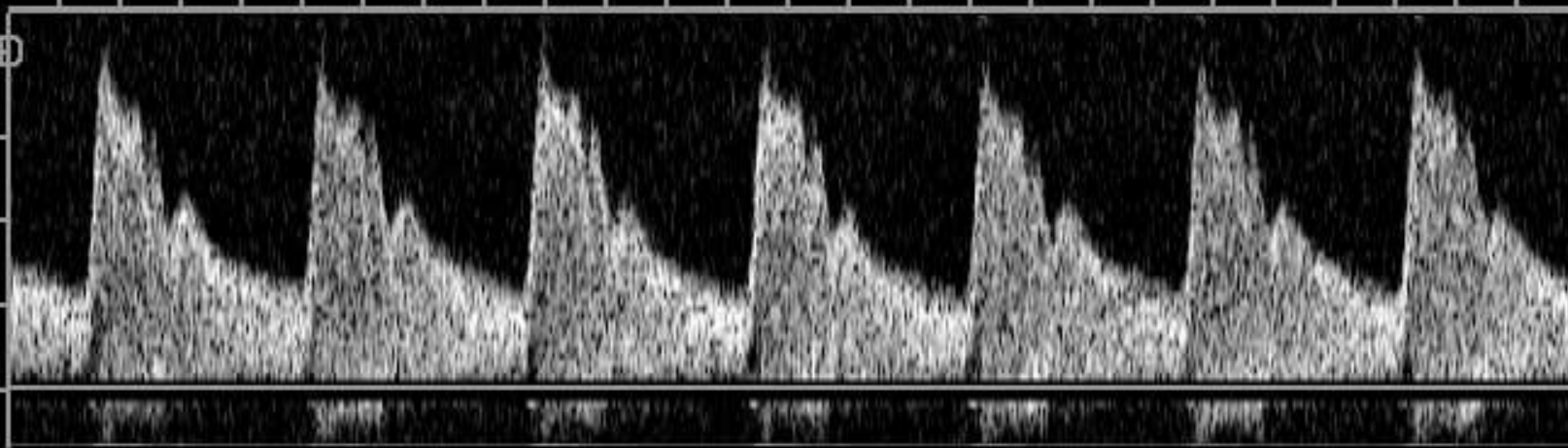
CAL= .20m/s θ=20°

5.0MHz

160 D

m/s

0.0





Noninvasive Vascular Laboratory ("Blood flow lab")

Peripheral Arterial Disease (PAD)

- Doppler arterial exams of the legs or arms (Physiologic testing)
- Duplex ultrasound scan of the extremity arteries
- Treadmill exercise testing

Cerebrovascular Disease

- Carotid artery duplex scan
- Transcranial Doppler (TCD)

Deep Venous Thrombosis (DVT)

- Venous duplex scan of the arms or legs
- Inferior vena cava (IVC) scan

Renal Artery Disease

- Renal artery duplex scan
- Duplex scan of the renal veins

Mesenteric Arterial Disease (duplex scan)

Aneurysms (duplex scan)

Chronic Venous Disease

- Photoplethysmography (PPG) and Air plethysmography (APG)
- Duplex scan of the venous valves

Other specialized examinations

- Vein "mapping" for peripheral vascular or coronary bypass
- Arm artery "mapping" for coronary bypass
- Temporal artery duplex scan for Temporal arteritis
- Ocular duplex scan for ocular ischemia