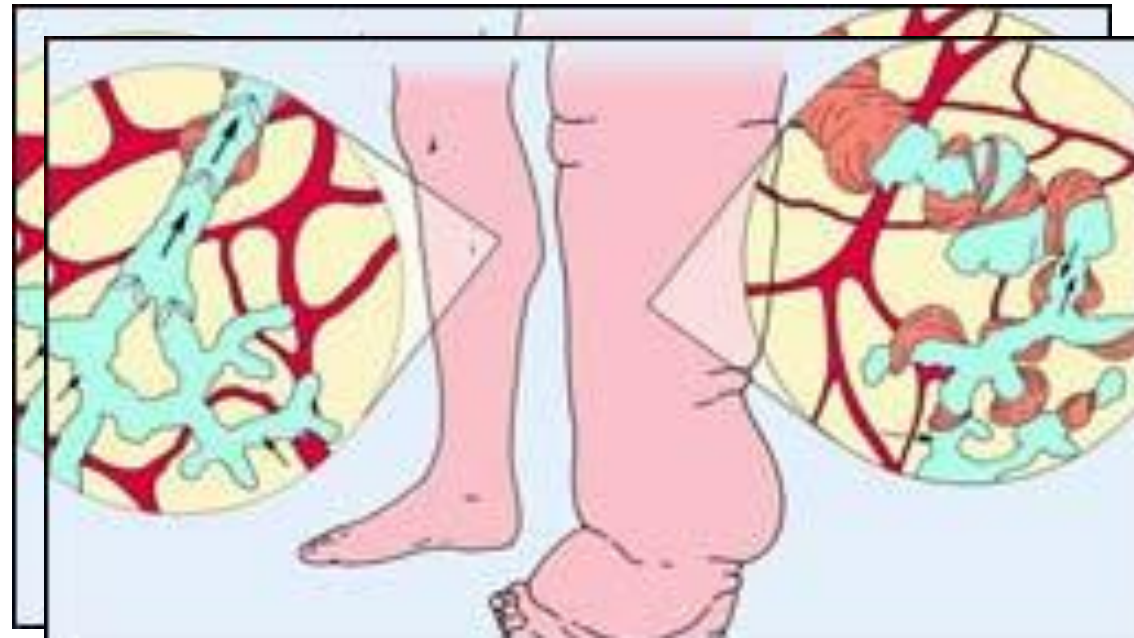
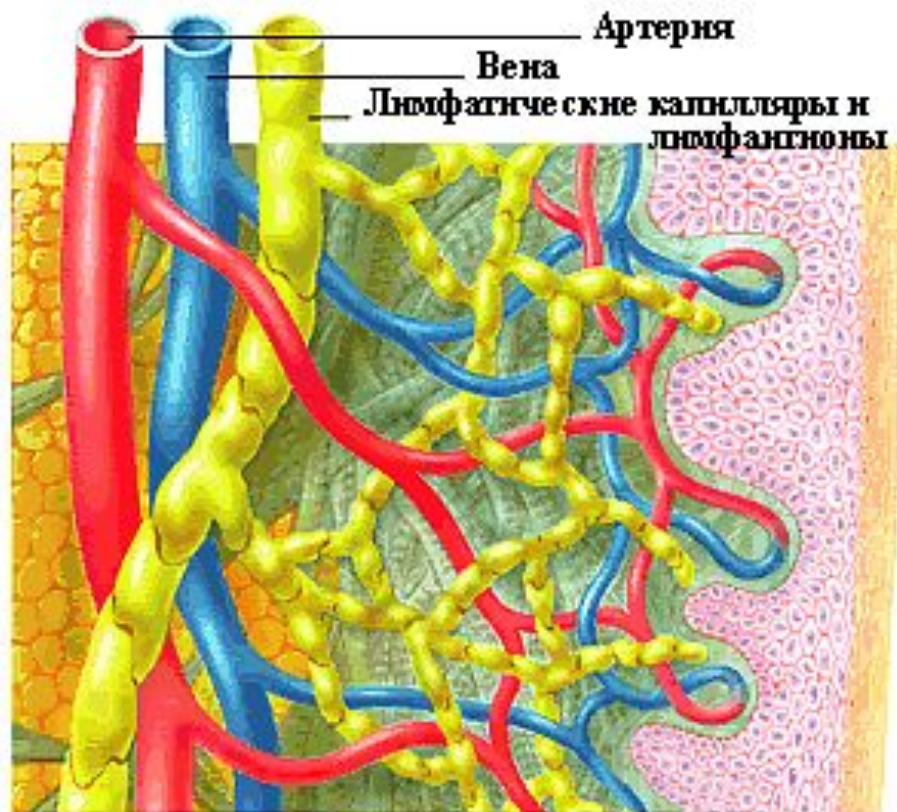


Современное представление о физиологии лимфотока и методы его изучения



проф. Н. Ерофеев
СПбГУ, Медицинский факультет

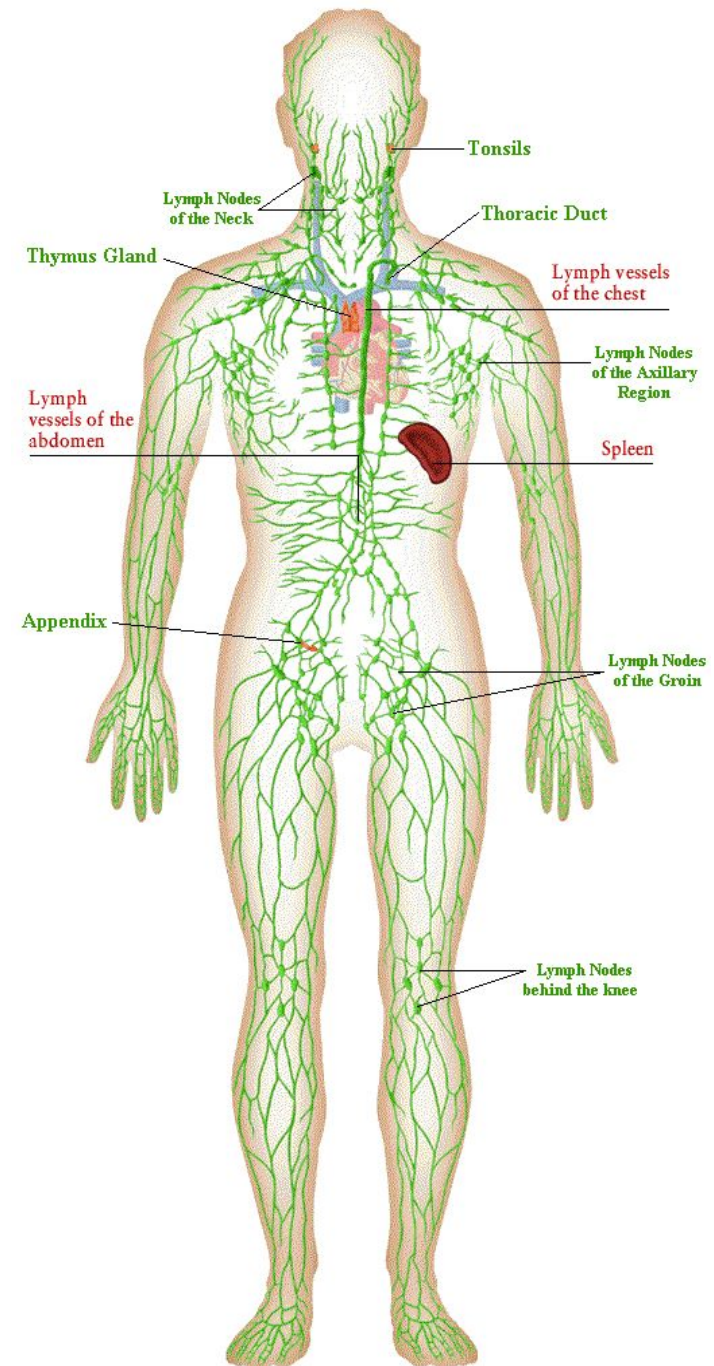
Лимфатические сосуды – это «нити жемчуга» в теле человека



- Исследование активности внутренних лимфатических насосов дает понимание механизмов, контролирующих образование лимфы, ее движение и представляет особый интерес для предотвращения и лечения лимфедемы
- Познание дисфункции лимфатического русла полезно также для улучшения нашего понимания некоторых процессов, таких как заживление ран и развитие язв диабетической стопы, распространение метастатических клеток

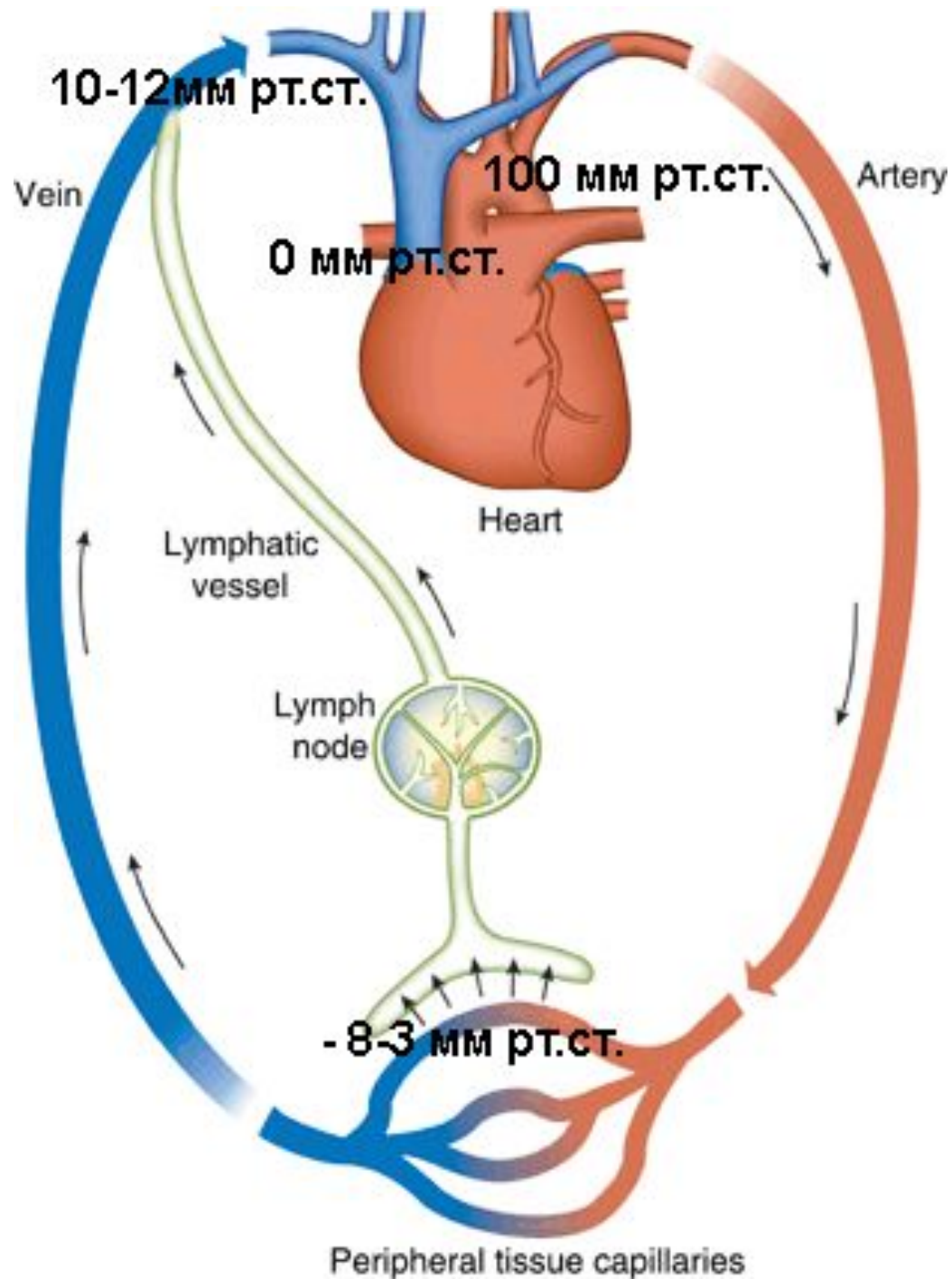
**В лимфатическом русле
отсутствует центральный насос**

**При этом лимфа движется против
градиента давления от
инициальных лимфатических
капилляров, расположенных
среди клеток в тканях,
до впадения в венозное русло**



Градиенты давления в
системах кровообращения и
лимфотока

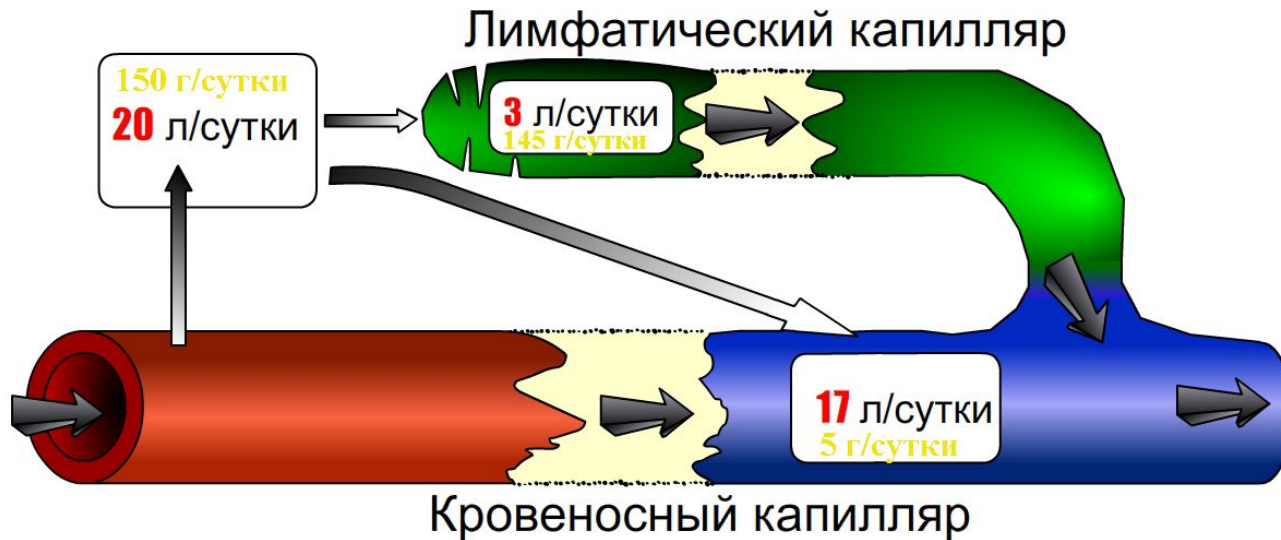
*«Парадокс» движения
лимфы против градиента
давления*



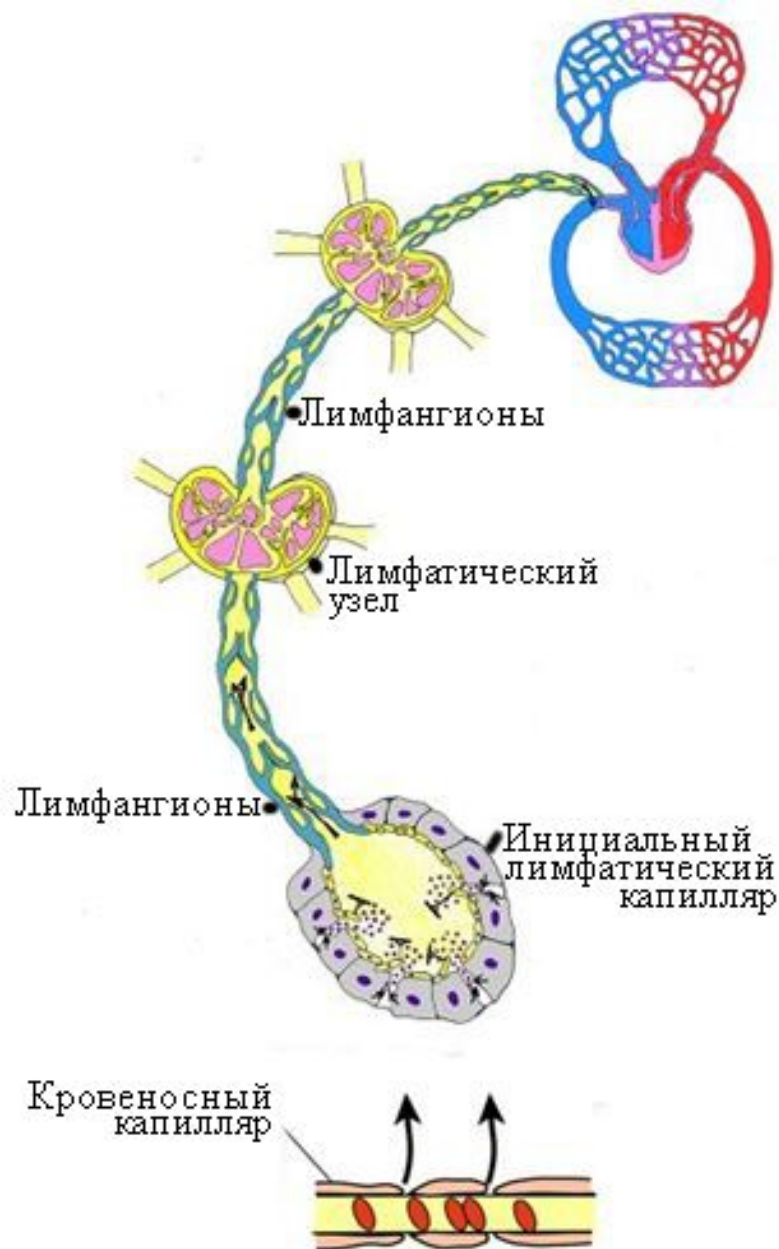
Функции лимфатического русла

- **Поддерживает постоянство состава и объема общей воды тела и интерстициальной жидкости и микросреды клеток тканей**
- *Возвращает белки из межклеточного пространства в кровь*
- **Контроль сил Старлинговского равновесия**
- *Транспорт липидов из кишечника в кровь*
- *Обеспечивает механизмы иммунитета*
- **Химический сигналинг – транспорт гормонов, ферментов, иммунных клеток и др. БАВ)**
- **Транспорт клеток опухолей**
- *Лимфангиогенез*
- **Поддержание отрицательного давления в интерстициальном пространстве**

Лимфатическое русло – уникальный обменник:
ежедневно с лимфой в венозную систему возвращается **3**
л жидкости и **145** г белка



Путь лимфы и состав лимфатического русла



Лимфатическую систему
открыл **Gasparo**
Asellius в **1622**

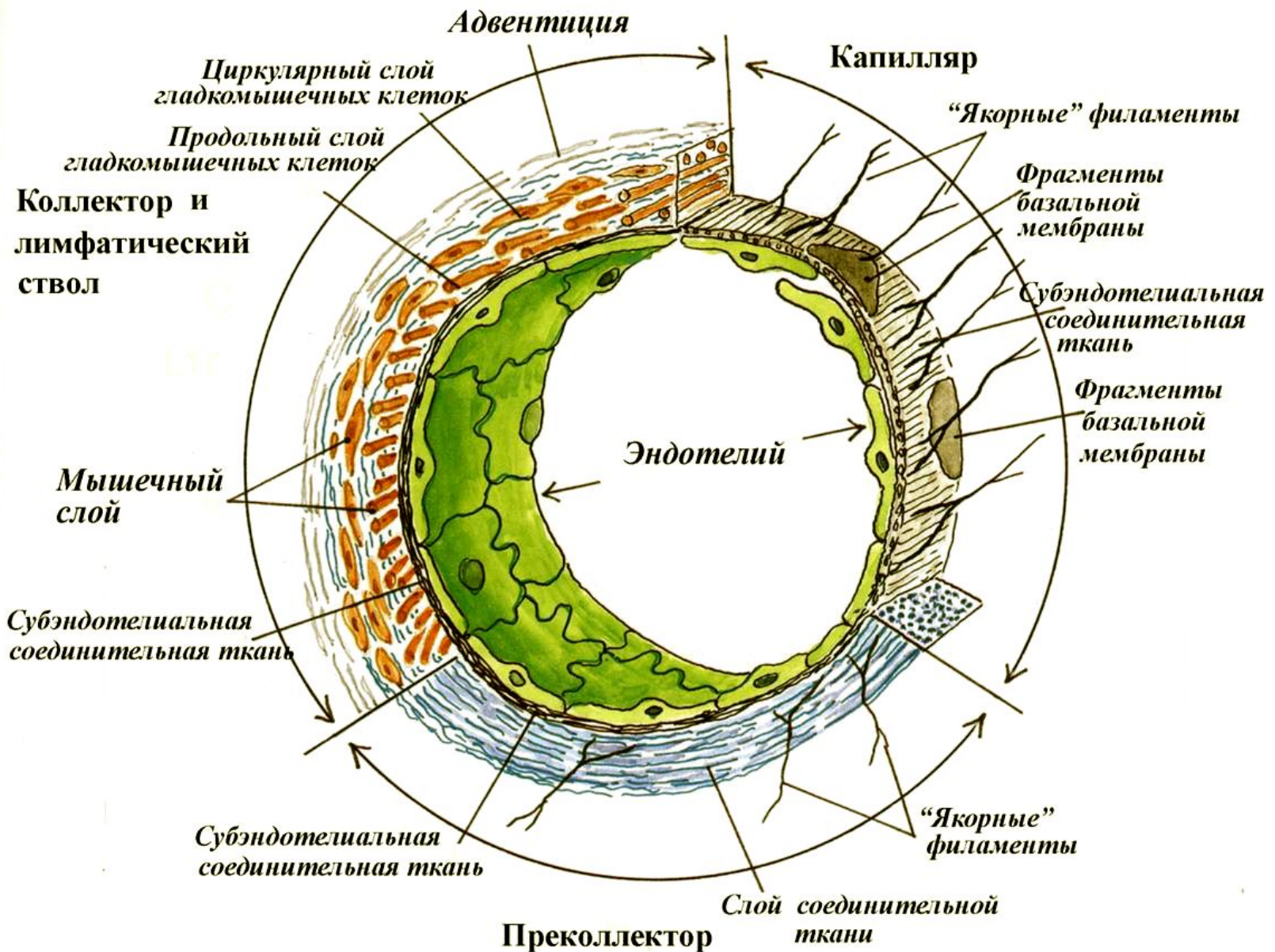
Году, итальянский врач-
хирург, анатом, профессор
Падуанского Университета



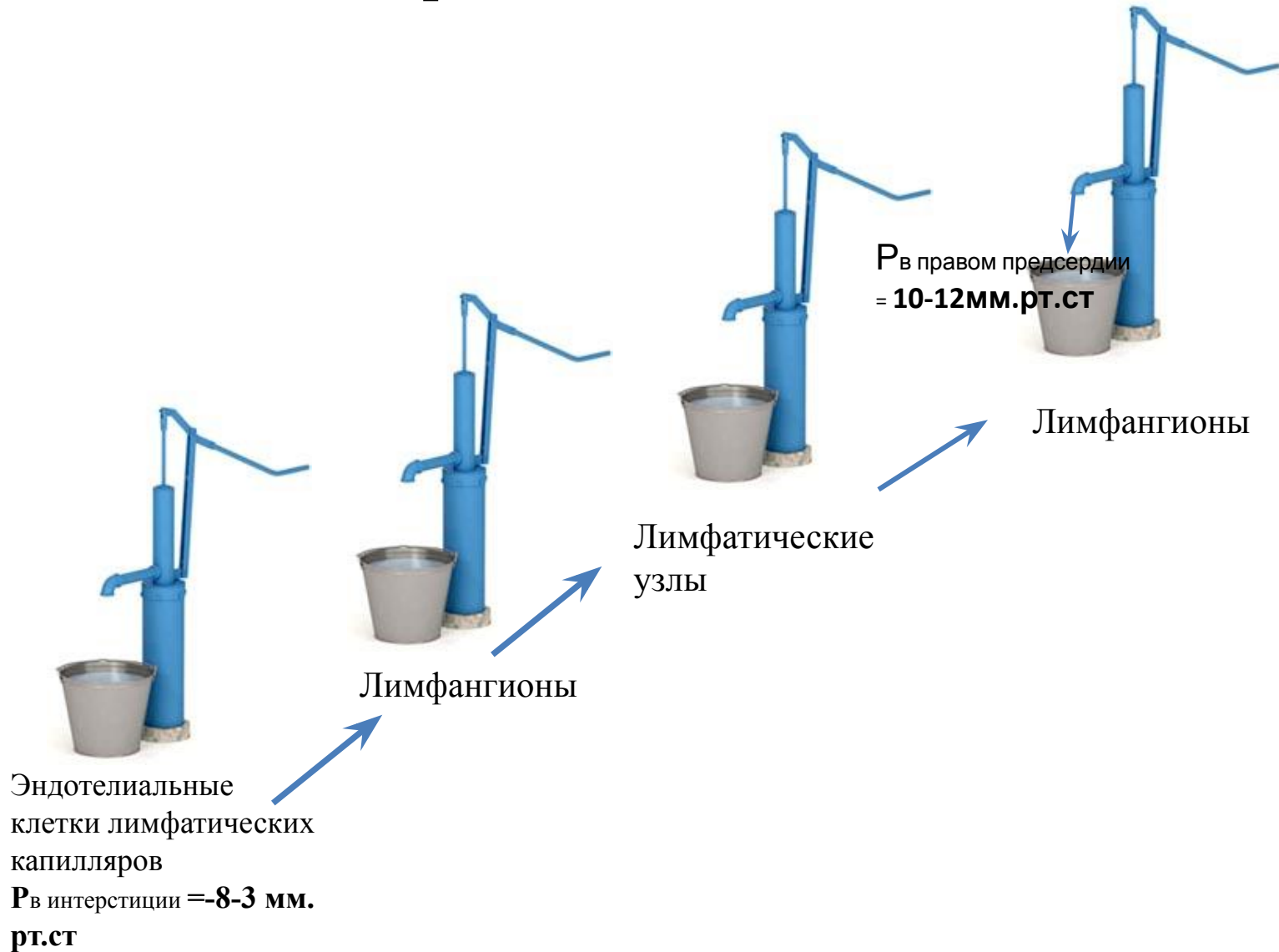
Основы топографии лимфатических сосудов заложил **Mascagni (1752-1815)**, анатом и великолепный гравёр



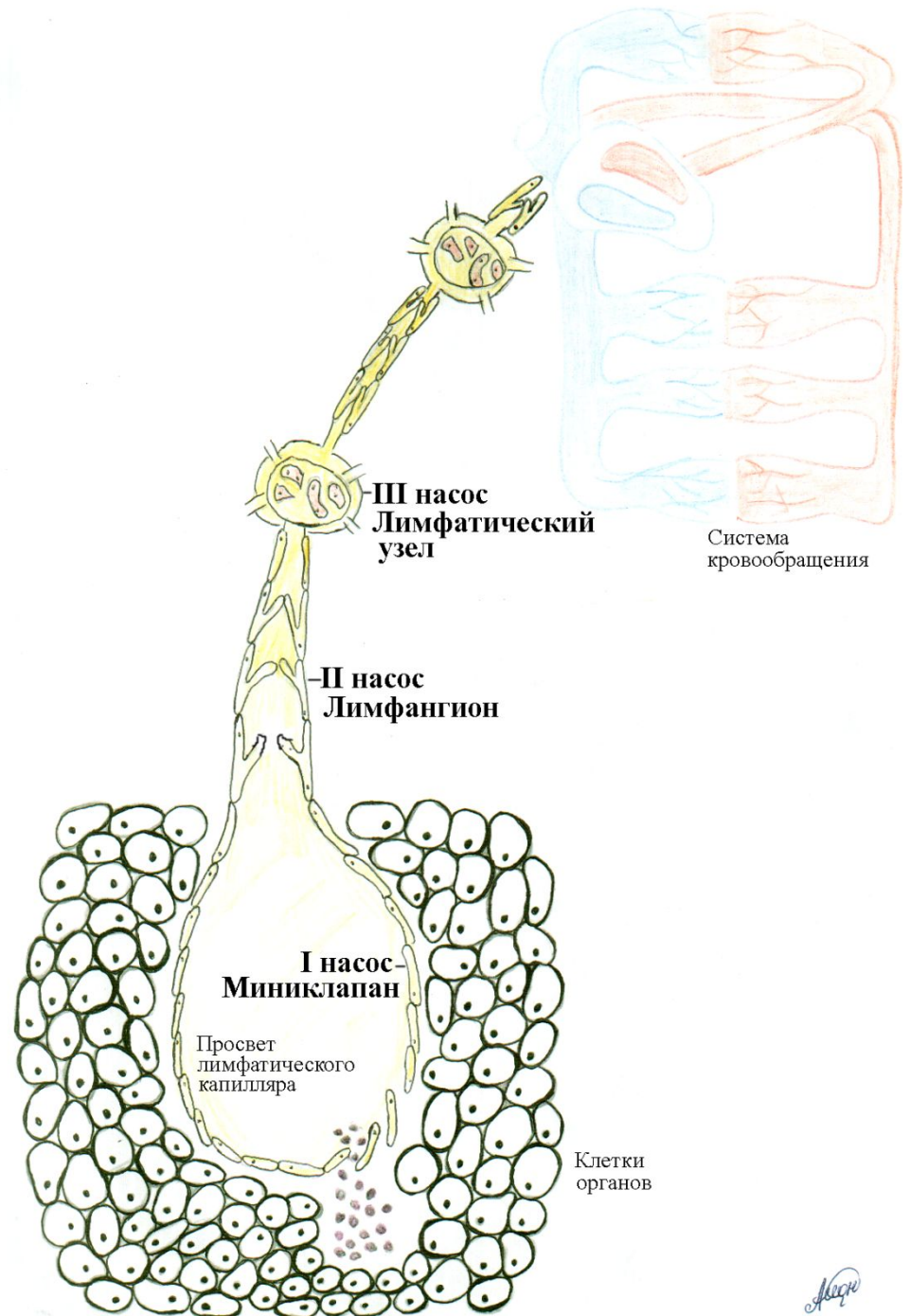
Строение стенки лимфатического русла



Лимфатическое русло – система механофизиологических насосов

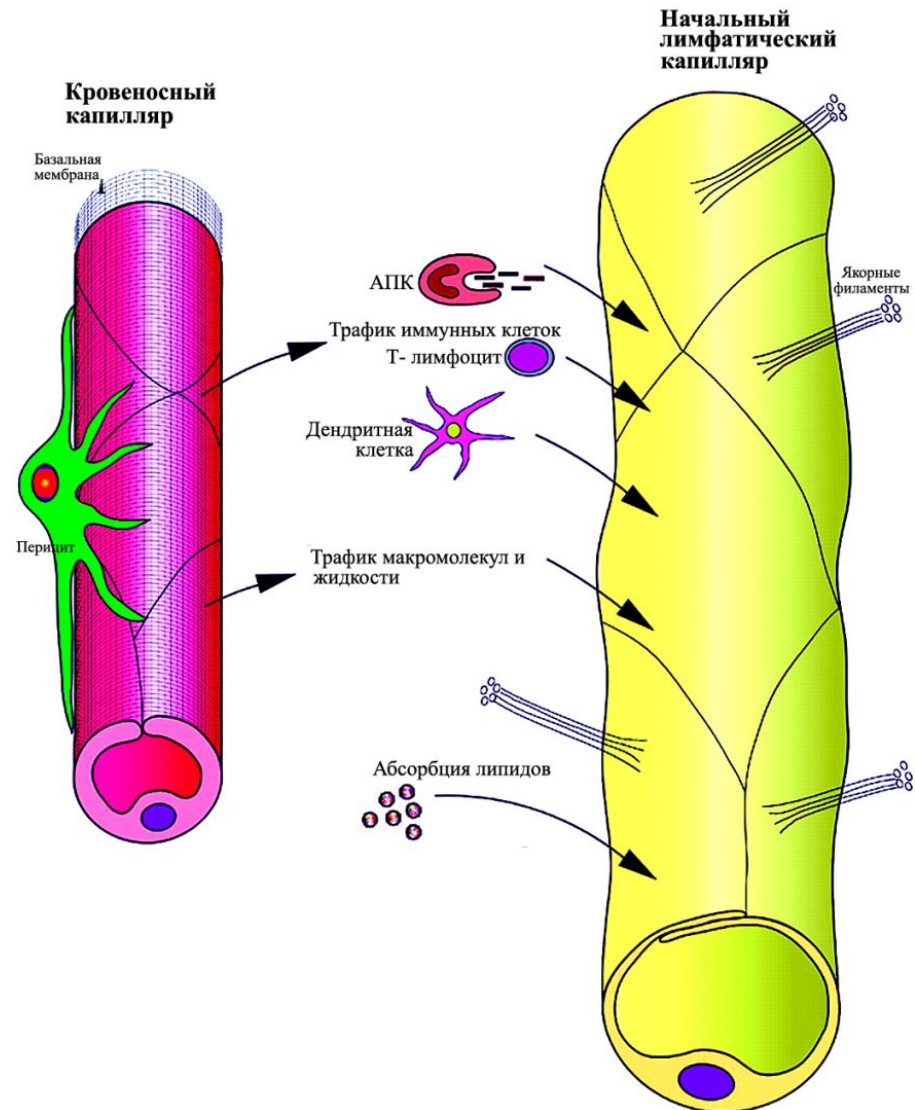


Лимфатическое русло - система насосов



Стенка кровеносного
капилляра содержит три
слоя: ЭК + БМ +
перициты

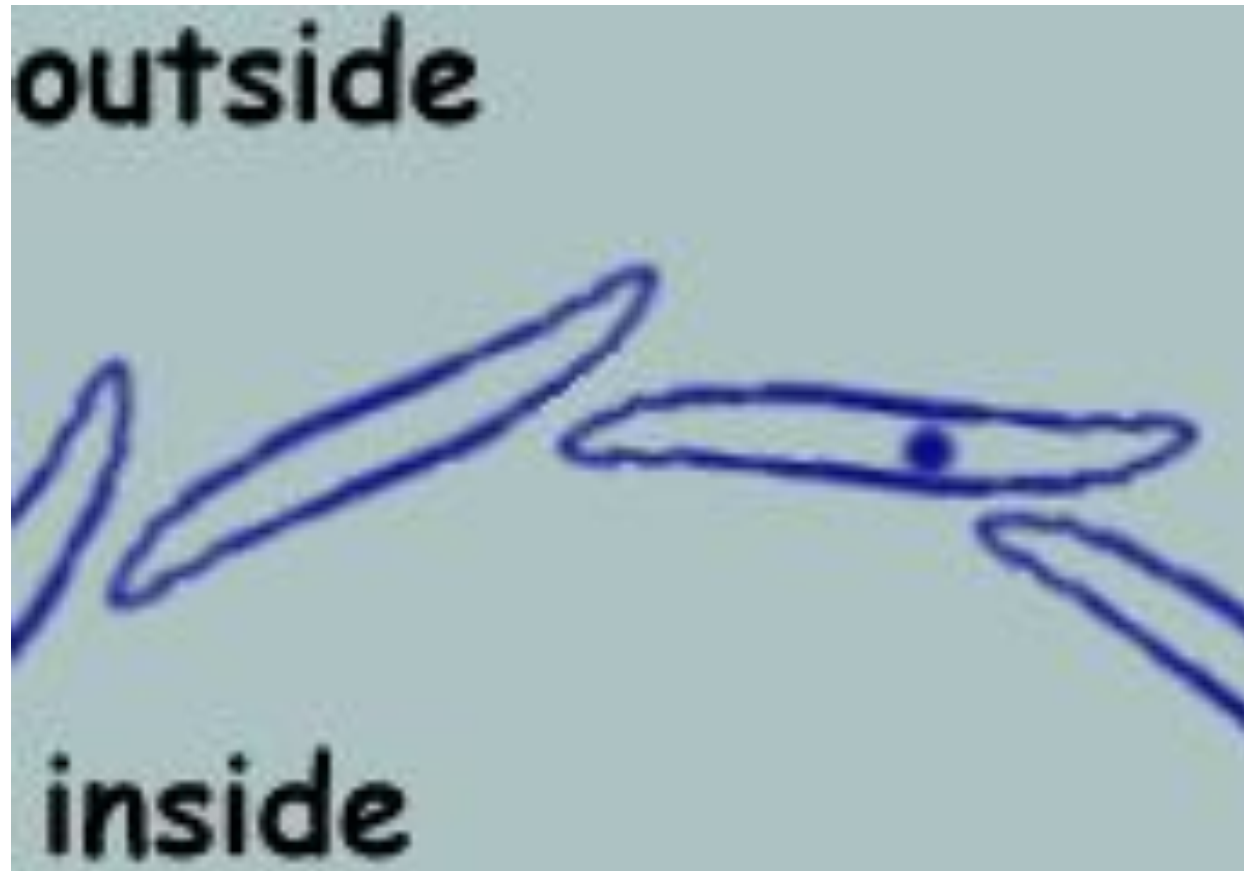
Стенка лимфатического
капилляра состоит из
монослоя ЭК



Первый насос –
МИНИКЛАПАН работает
циклами:

▶ *Диастола:* вход
жидкости в
просвет капилляра

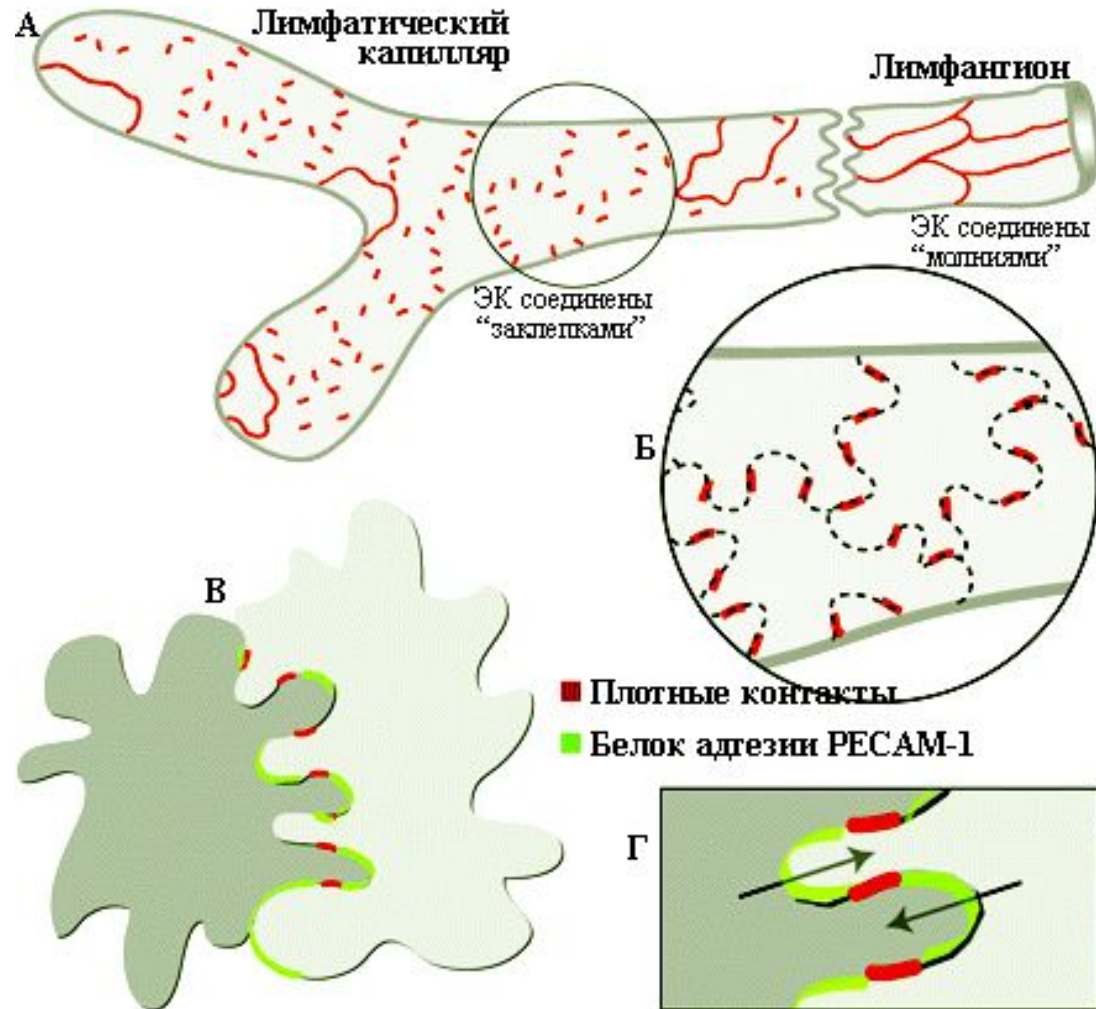
▶ *Систола:*
продвижение
лимфы в
лимфангион



ЭК лимфатических капилляров
похожи на листья дуба (В)

Белки адгезии PECAM-1 (заклепки)
легко проницаемы для жидкости и
белков

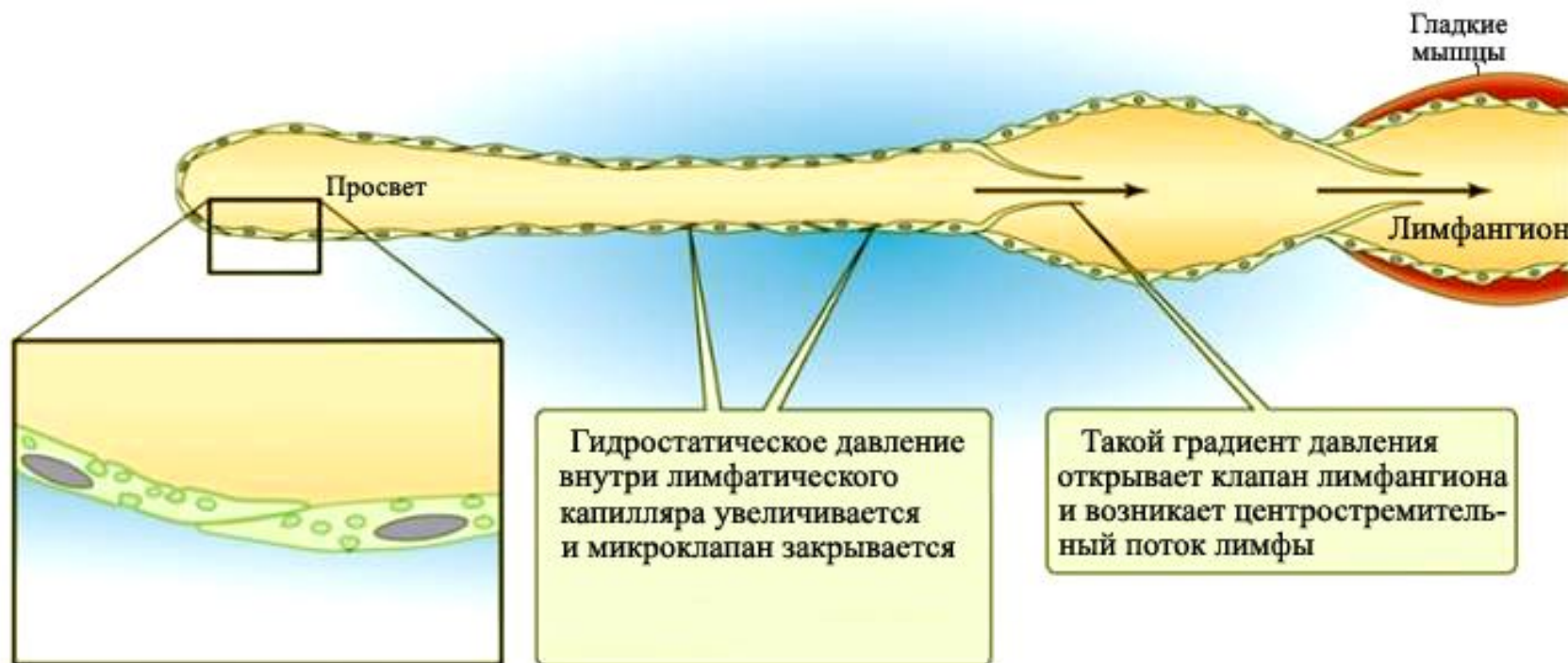
Плотные контакты (молнии) между
эндотелиальными клетками
непроницаемы для жидкости и
белков



Механизм диастолы

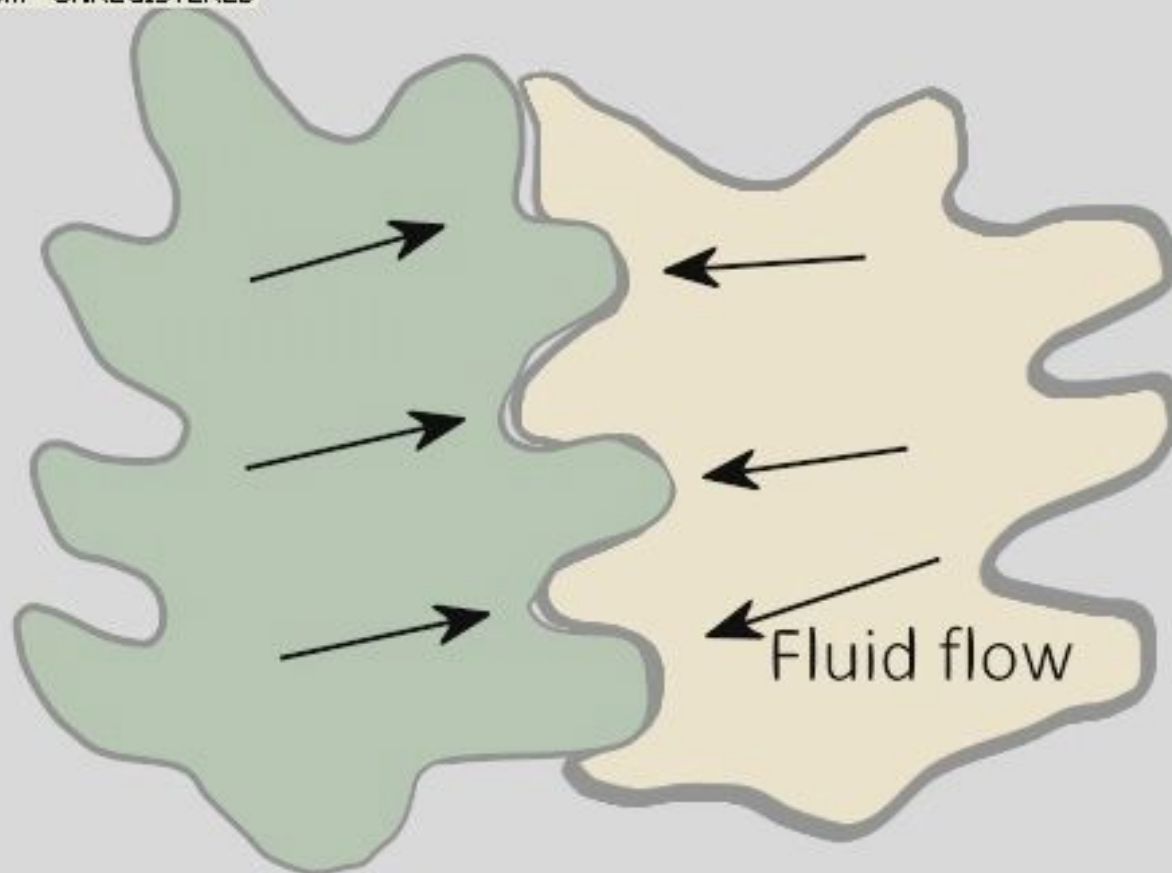


Механизм систолы



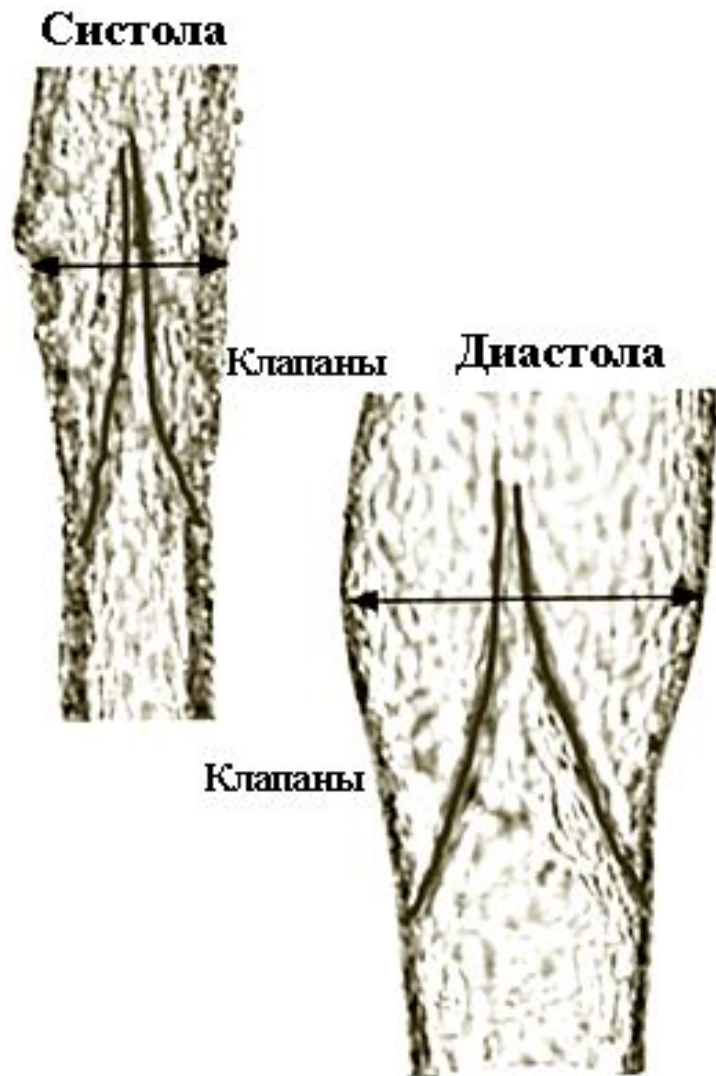
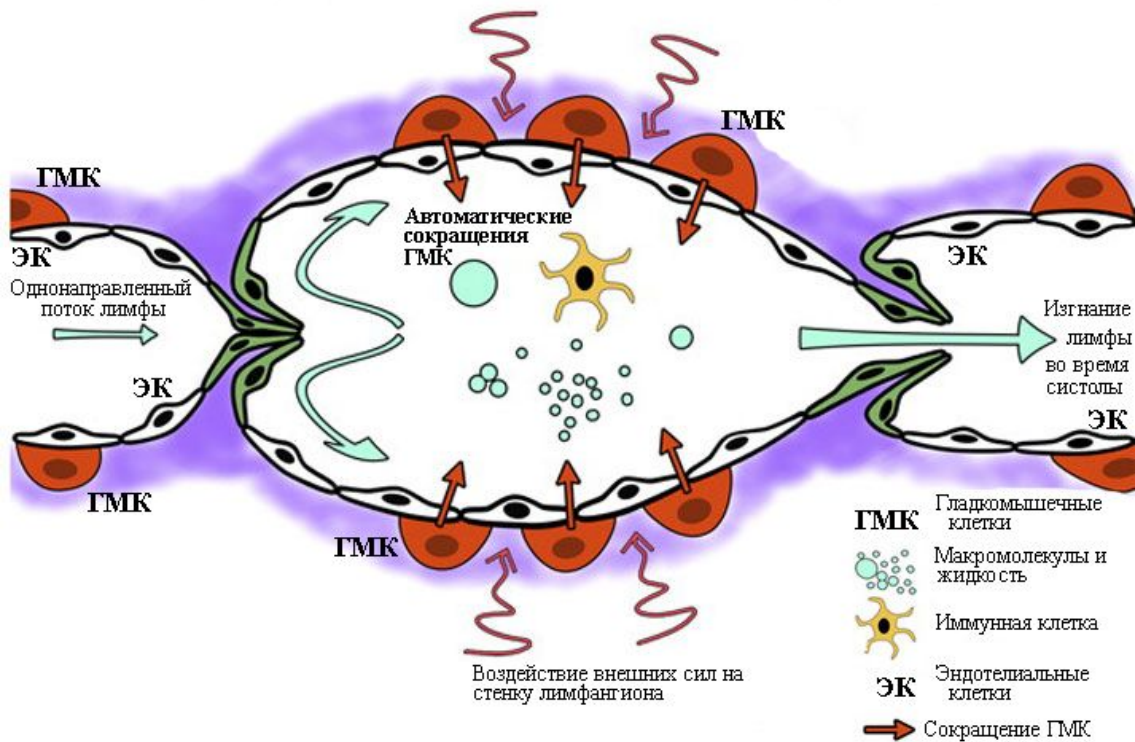
Эндотелиальные клетки –
миниклапаны. Насосы,
которые работают как крылья
бабочки

www.gif-animator.com - UNREGISTERED



Второй насос - **лимфангион**
 прокачивает лимфу в две
 фазы:
систола - диастола

← Клапан закрыт — Лимфангион — Клапан открыт →

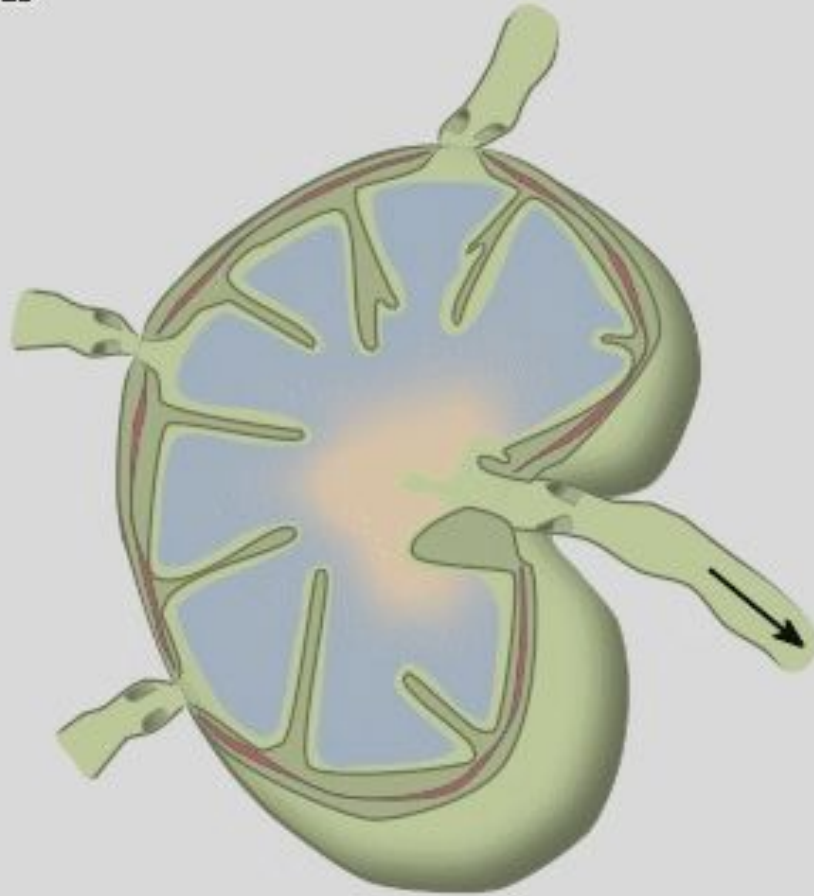


Синхронная работа I и II насосов

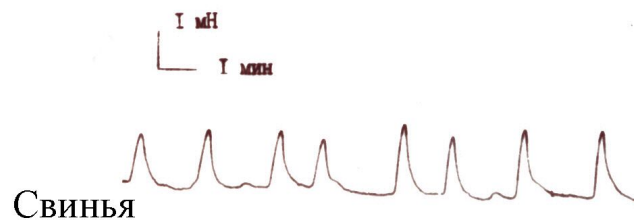
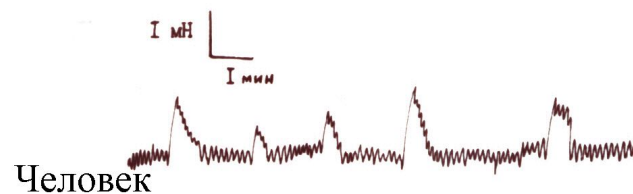
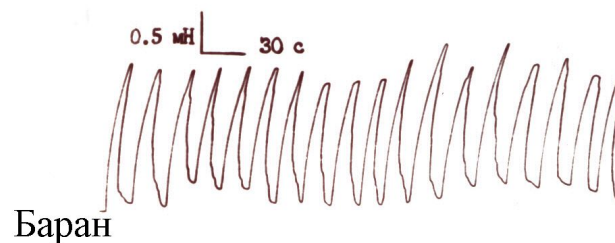
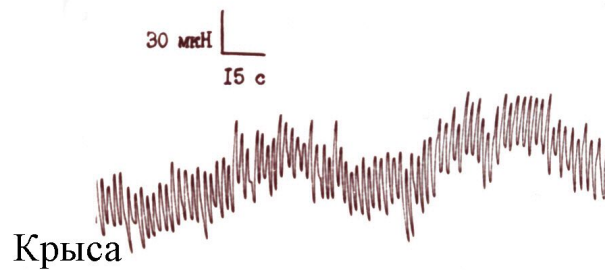
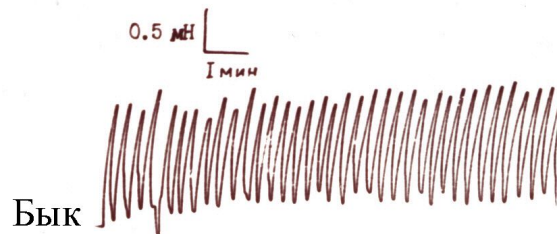


Третий насос - лимфатический узел

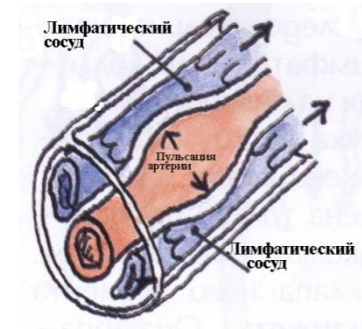
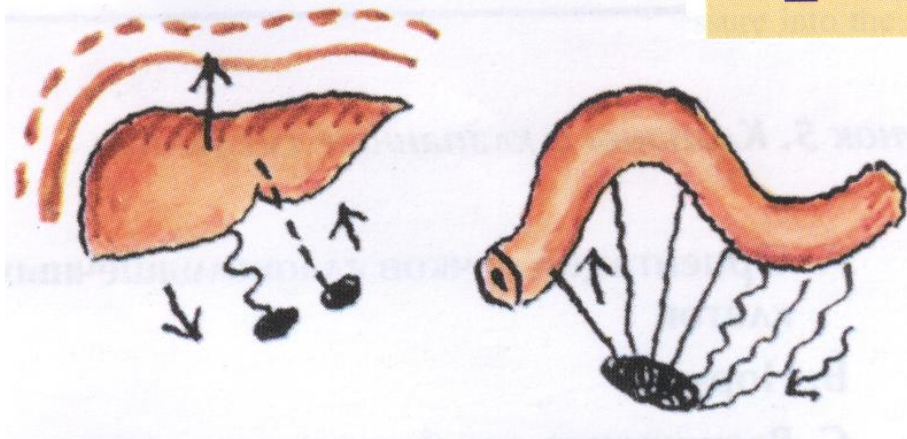
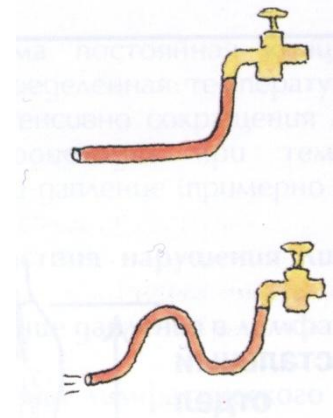
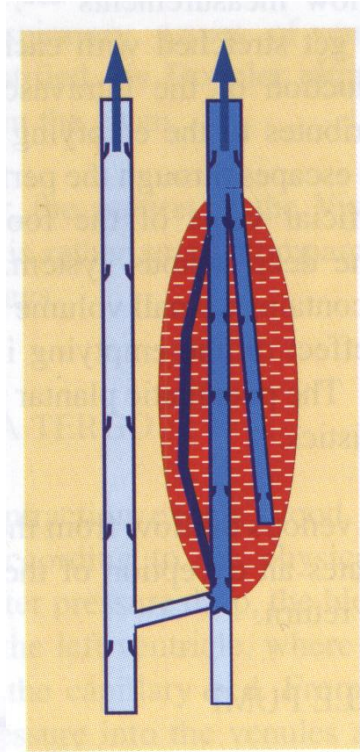
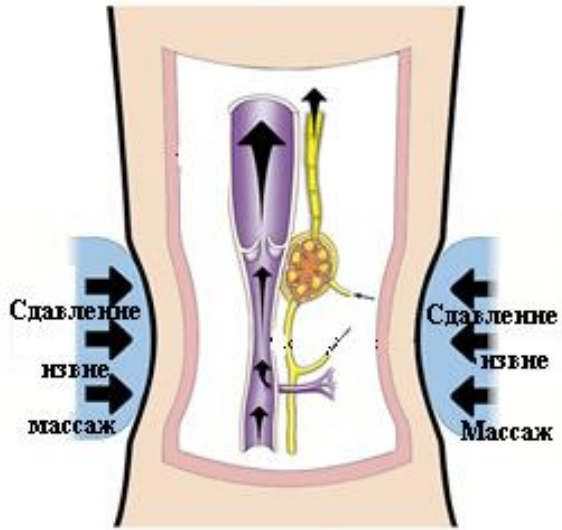
www.gif-animator.com - UNREGISTERED



Примеры фазной активности лимфатических узлов

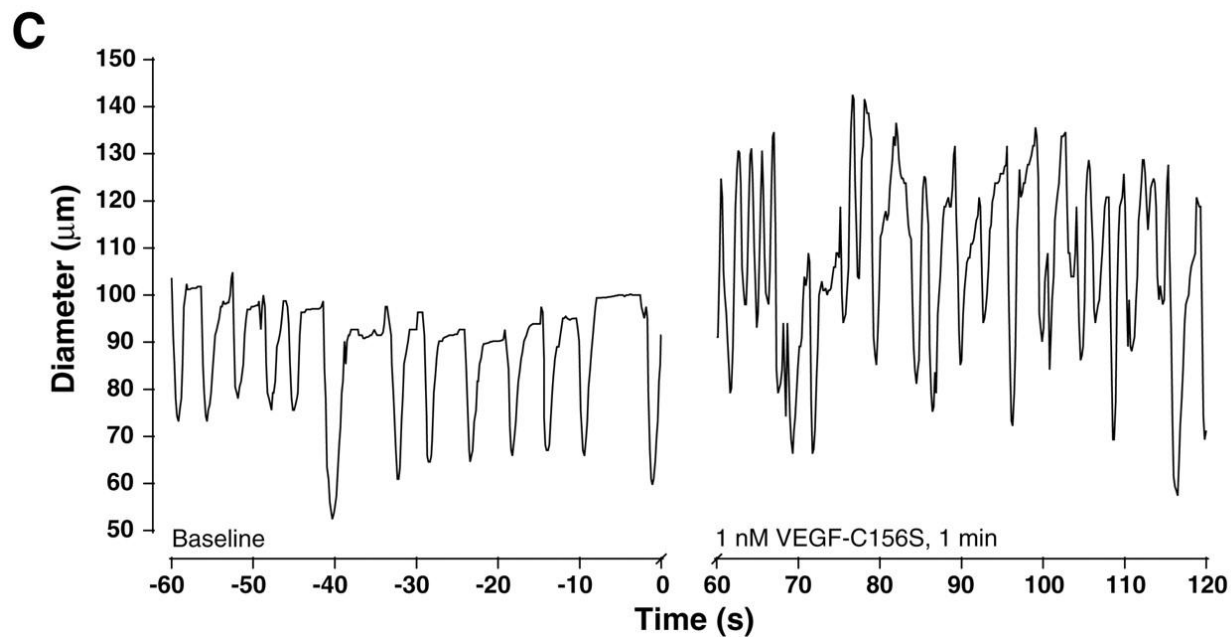
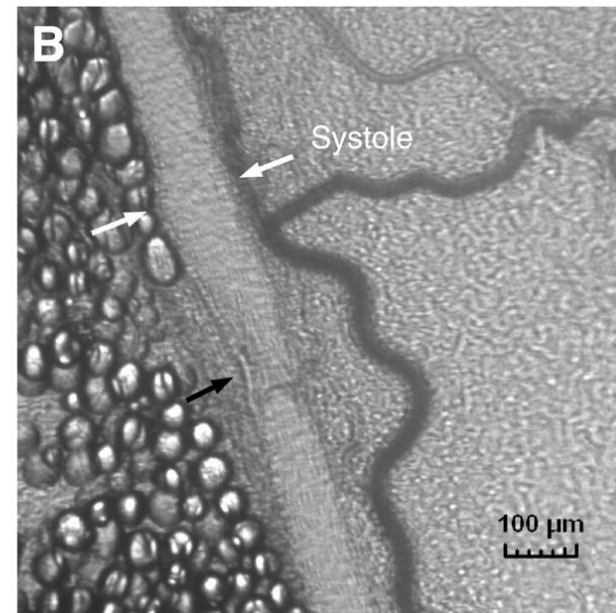
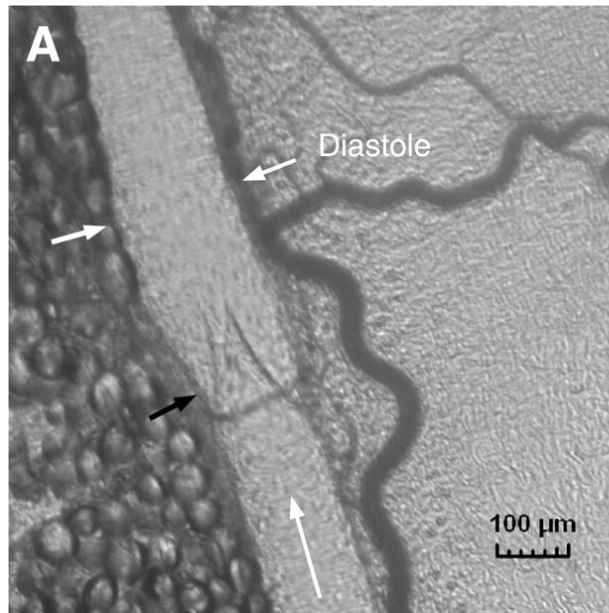


Внешние движущие силы лимфотока



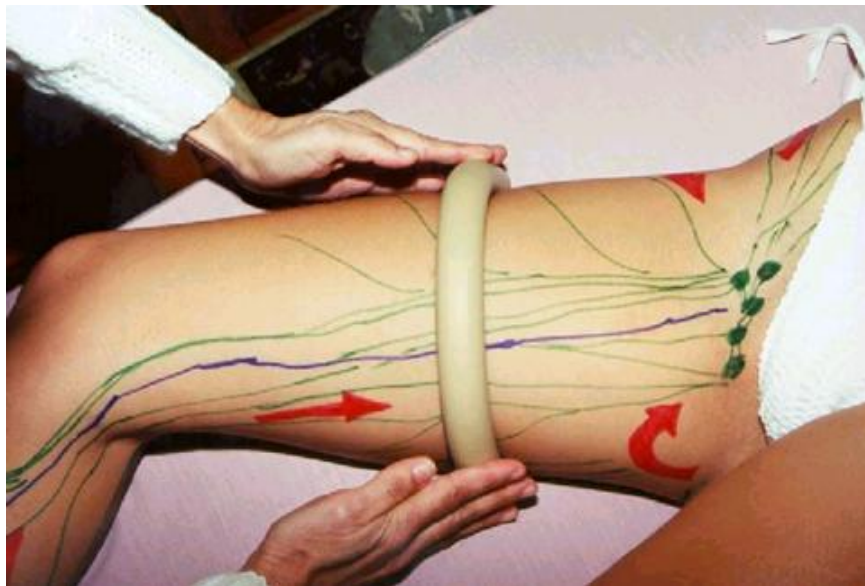
Сосудистый эндотелиальный фактор роста **VEGF** стимулирует лимфангиогенез путем активации рецепторов **VEGFR-2** и **VEGFR-3**

- ▶ Показано, что мутации гена VEGFR-3 в организме человека являются причиной первичный (наследственный) лимфедемы (Jerome W. Breslin a.all., 2007)
- ▶ VEGFR-3 участвует в улучшении течения вторичной лимфедемы, так как активирует миогенную активность лимфангионов, стимулирует лимфангиогенез и может уменьшить проявления лимфедемы (Saaristo A, Tammela T, Timonen J., 2004).



Фактор роста
лимфатических
капилляров **VEGFR-3**
активирует насосную
функцию лимфангионов ()

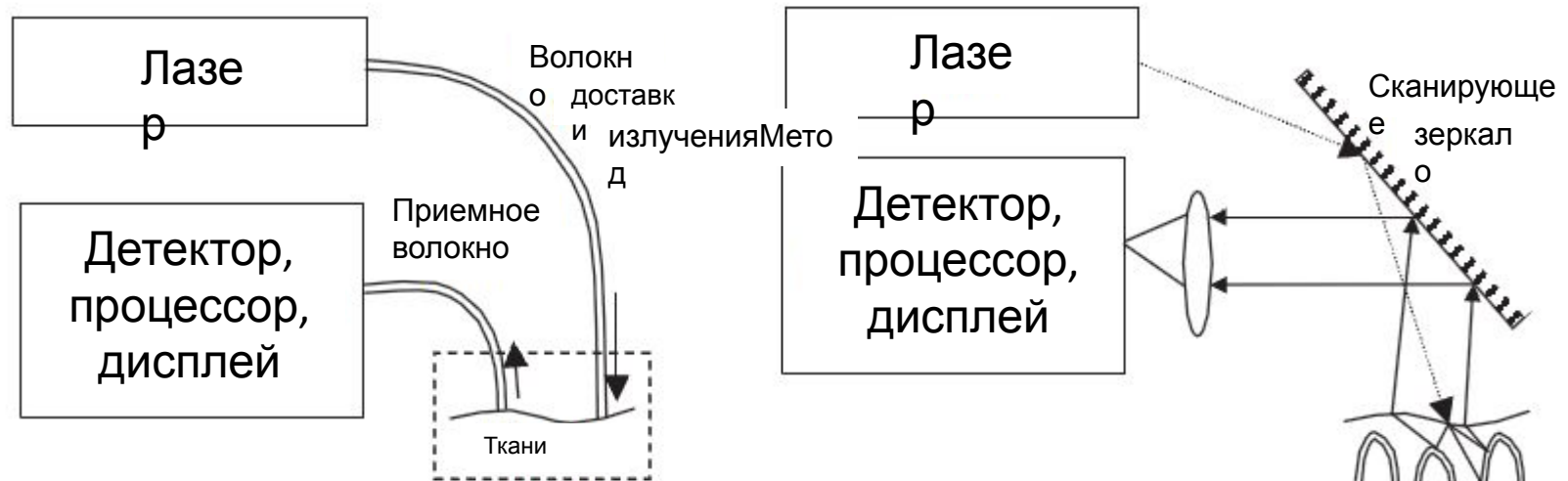
Профессор Н.А. Бубнова - первой в России обосновала патогенез и лечение лимфедемы с позиций современных знаний о насосной функции лимфатического русла



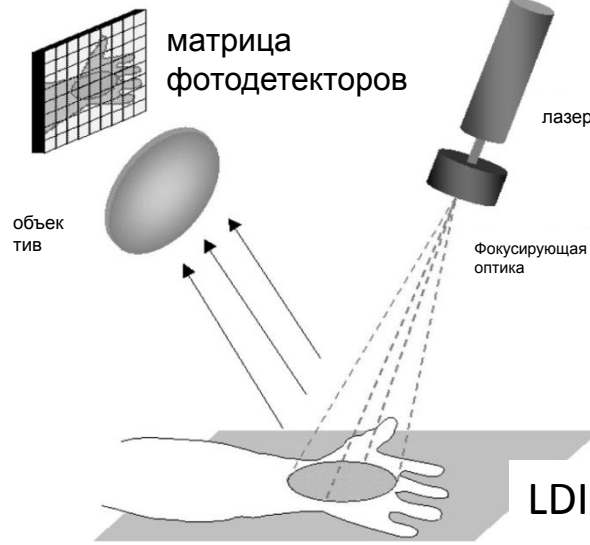
Основатель
учения о
лимфангионе
академик РАЕН Р.
С.Орлов



Метод лазерной доплеровской флоуметрии - ЛДФ и принцип работы лазерных доплеровских флоуметров



LDPM



LDPI

Положение датчика



Заключение

1. *ЛДФ- сигналы позволяют судить о патологии лимфатических сосудов на этапе начальных изменений и могут использоваться для мониторинга эффективности лечения*
2. *ЛДФ- паттерны соответствуют современным представлениям о патогенезе вторичной лимфедемы и свидетельствуют о вкладе лимфодинамики в суммарный ЛДФ-сигнал*
3. *Перспективной задачей является разработка новых алгоритмов анализа ЛДФ-сигнала с целью более точного учёта аperiodических составляющих*

Спасибо за внимание!