

# Мембранное пищеварение и всасывание



# Пристеночное пищеварение

Последовательно осуществляется в трёх зонах:

- В слое слизи
- В гликокалексе
- На апикальных мембранах энтероцитов

Открыл профессор А.М.Уголев

# Опыт А.М. Уголева



Амилаза+  
крахмал

**48-52** часа



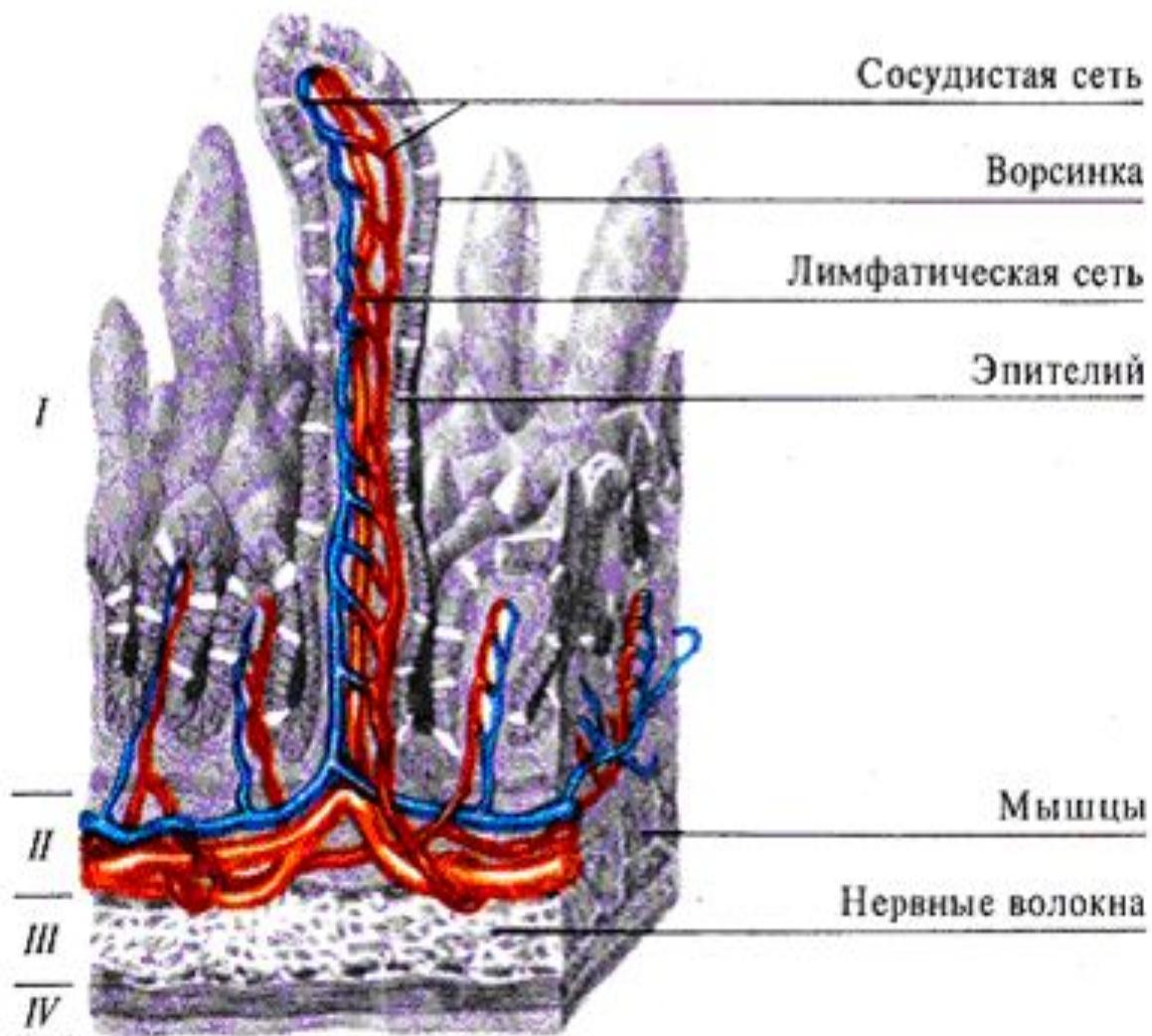
Амлаза+  
крахмал+  
Кусок кишки

**3-4** часа



Амлаза+  
крахмал+  
кусок сваренной  
кишки

**48-52** часа





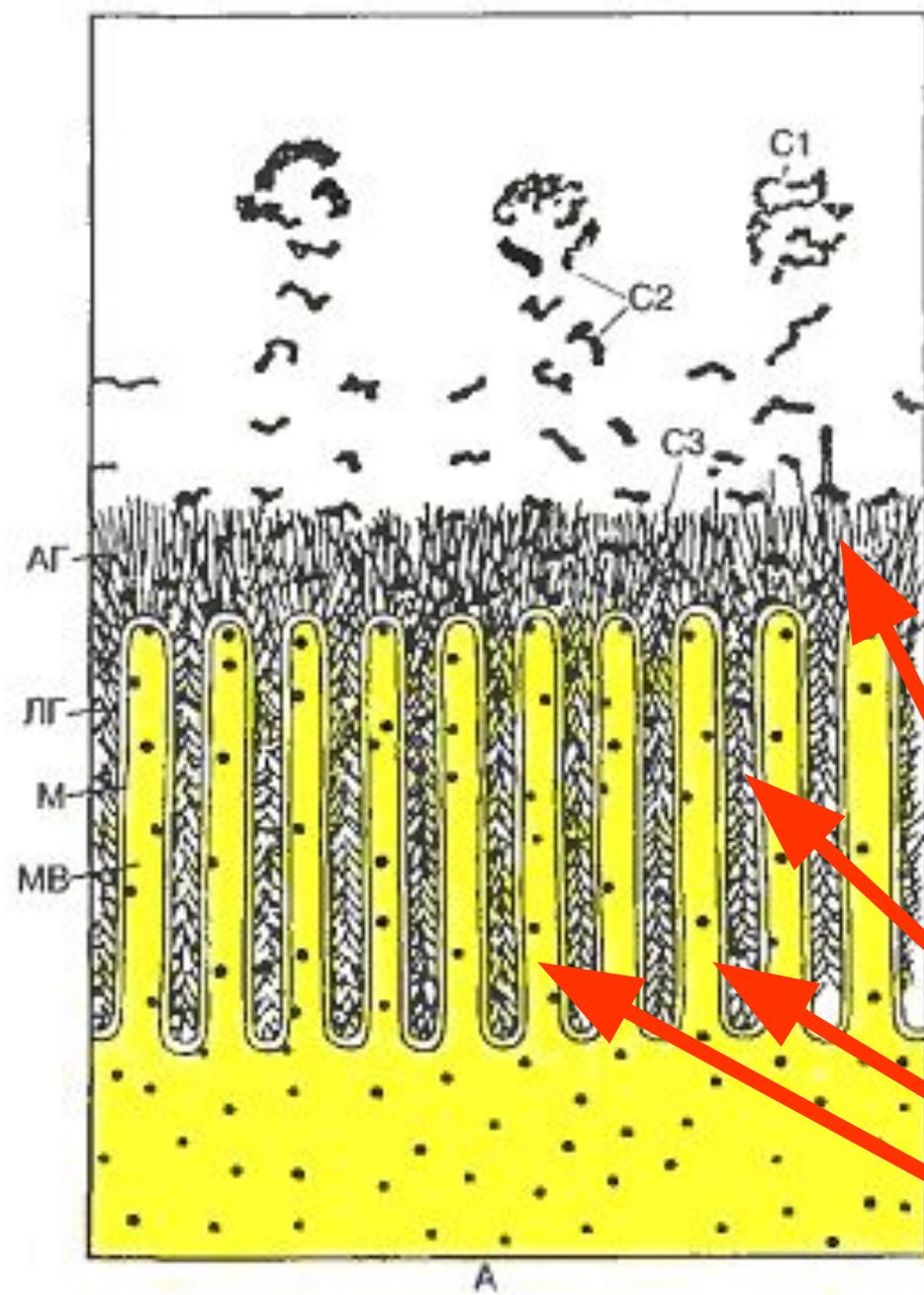


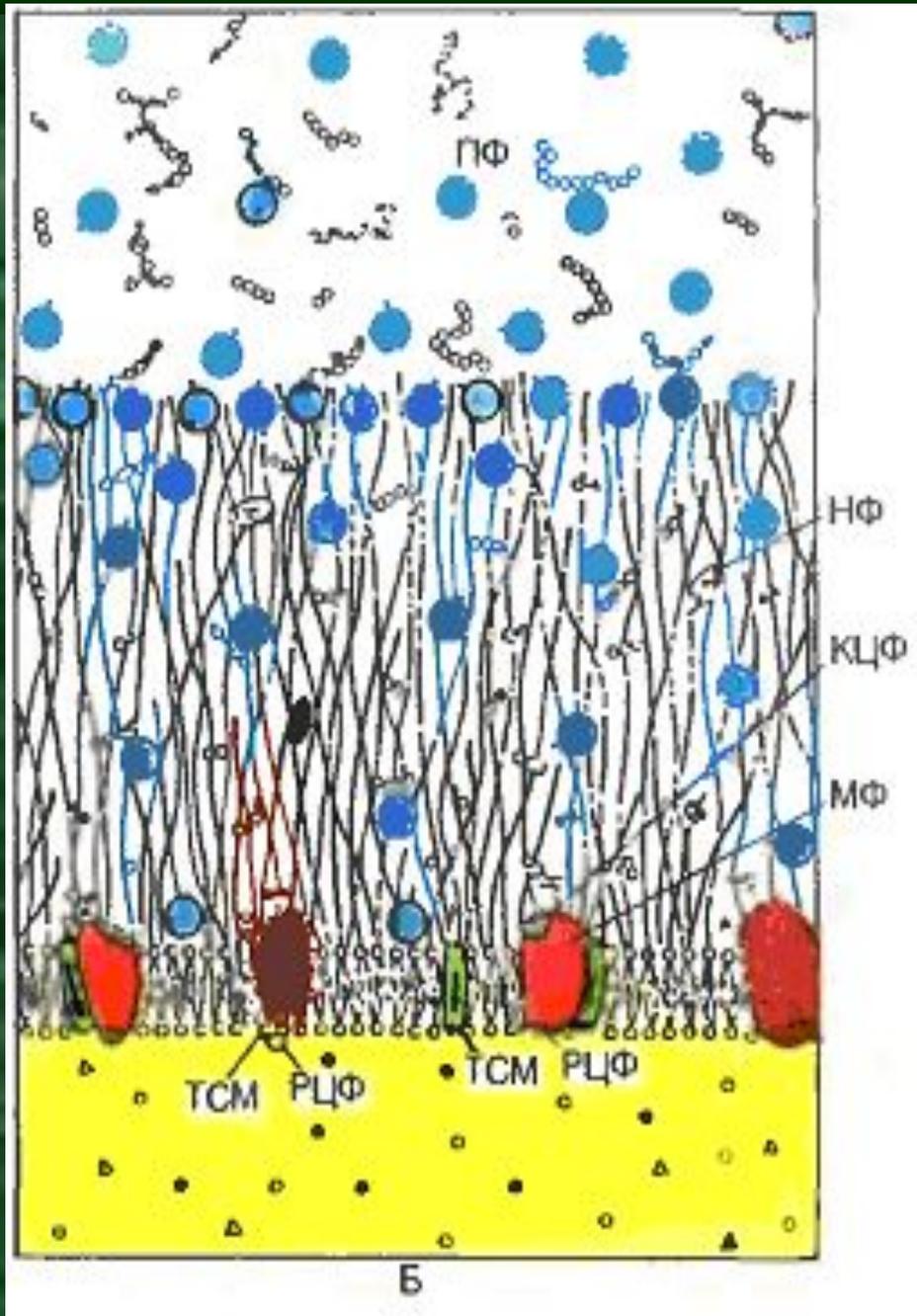
Схема последовательной  
деполимеризации  
субстратов  
в полости и  
на поверхности  
слизистой  
тонкой кишки

АГ-апикальный  
гликокалекс

ЛГ-латеральный  
гликокалекс

М-мембрана

МВ-микроворсинки



Фрагмент липопротеидной мембраны с адсорбированными и собственно кишечными ферментами

*НФ – неферментные факторы*

*МФ – мембранные ферменты*

*ПФ – панкреатические ферменты*

*КЦФ – каталитические центры ферментов*

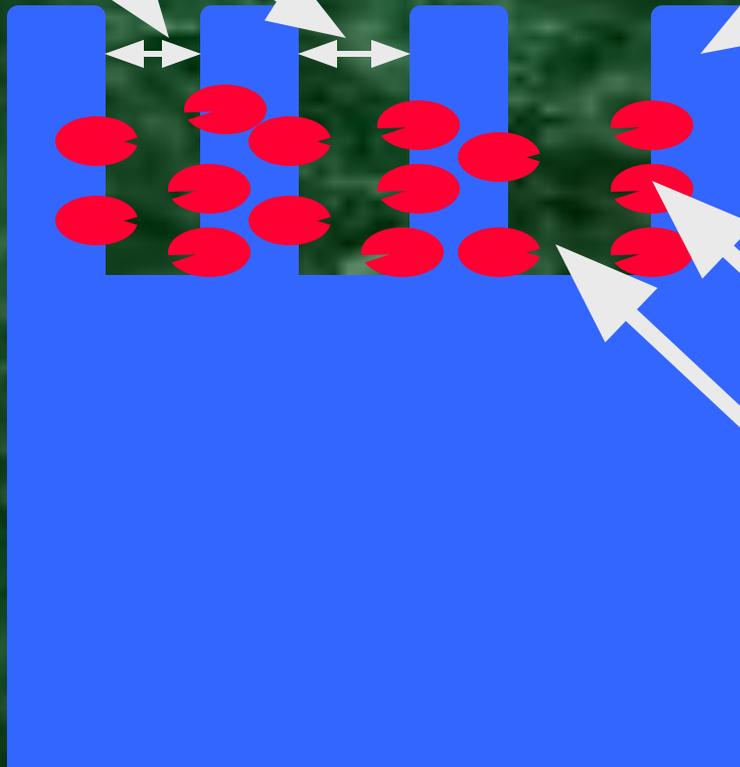
*РЦФ – регуляторные центры ферментов*

*ТСМ – транспортные системы мембраны*

# Область щеточной каймы

0,01-0,02 мкм

1-2 мкм



Микроворсинки – до 3000 на одном энтероците – *площадь увеличивается в 30 раз*

Мембранные ферменты

Активные центры ферментов

# Энтеральная среда

Над гликокалексом располагается тонкий слой воды – неперемешивающийся водный слой (энтеральная среда, состав которой гомеостатируется).

Полость кишки



Водный слой



кровь

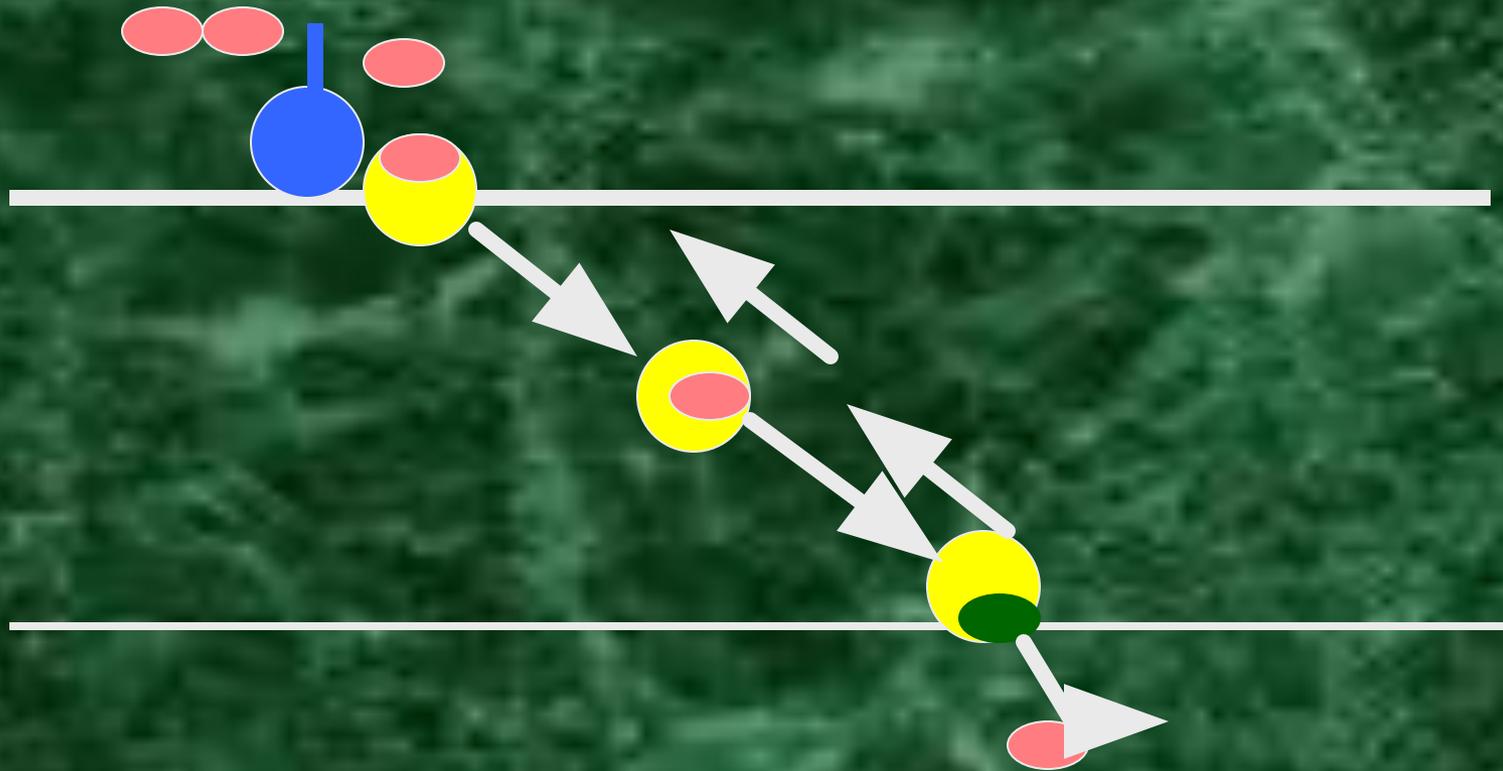
# Основные свойства пристеночного пищеварения

1. Большая каталитическая поверхность.
2. Высокая эффективность
3. Стерильность
4. Сопряженность пищеварения с процессами всасывания

# ферменты

- Вырабатываются энтероцитами
- Фиксированы на апикальной мембране энтероцита
- При разрушении клетки попадают в гликокалекс и слой слизи, в кишечный сок
- Расщепление олигомеров и димеров до мономеров.

# Сопряжение мембранного пищеварения с всасыванием





# Всасывание в тонком кишечнике



# ВСАСЫВАНИЕ

- Это сложный физиологический процесс проникновения различных веществ через биологическую мембрану в кровь и лимфу
- В результате организм получает питательные вещества, воду, соли, витамины и лекарственные вещества

# Методы изучения всасывания в кишечнике

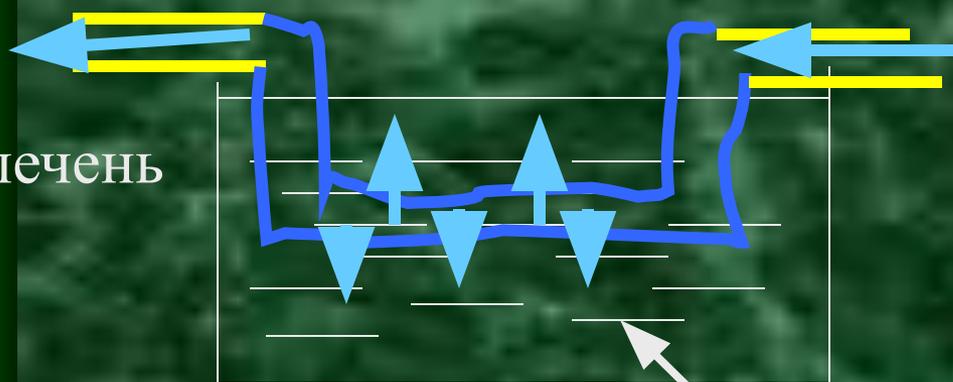


# Острые методы

Исследование млечных сосудов (лимфатических)

ВИВИВДИФФУЗИЯ

Воротная вена



раствор

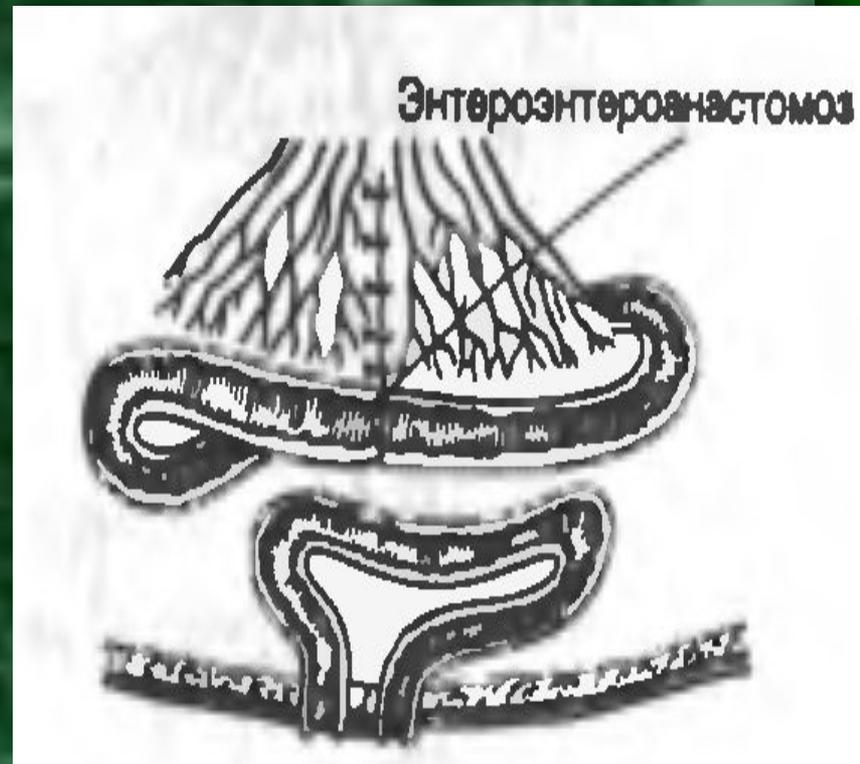
печень

# хронические

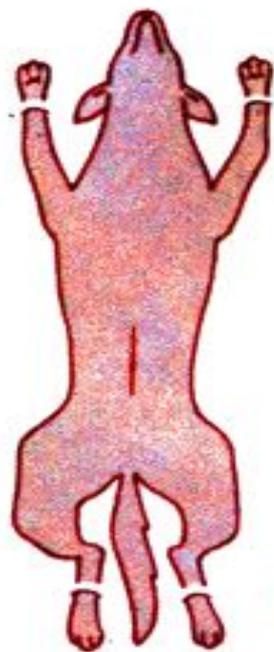
## ИЗОЛИРОВАННАЯ КИШКА



По Тири



По Тири-Велла



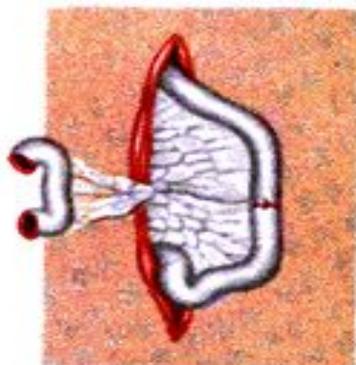
*I*  
Разрез  
по белой  
линии



*II*  
Петля  
кишечника



*III*  
Обособление  
петли



*IV*  
Сшивание  
кишки



*V*  
Укрепление  
концов изоли-  
рованной петли  
в кожной ране

*VI*



# Полифистульная методика

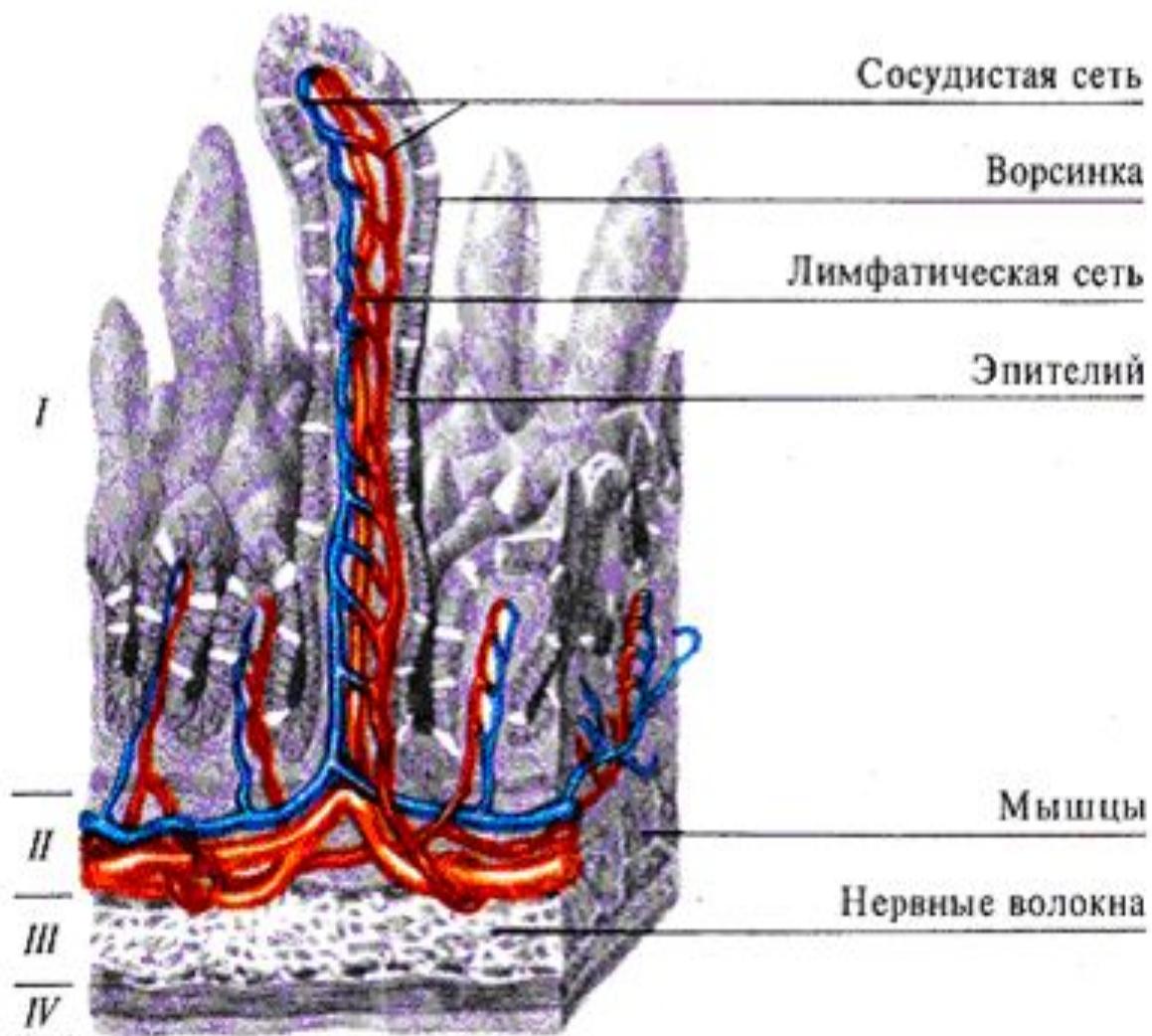


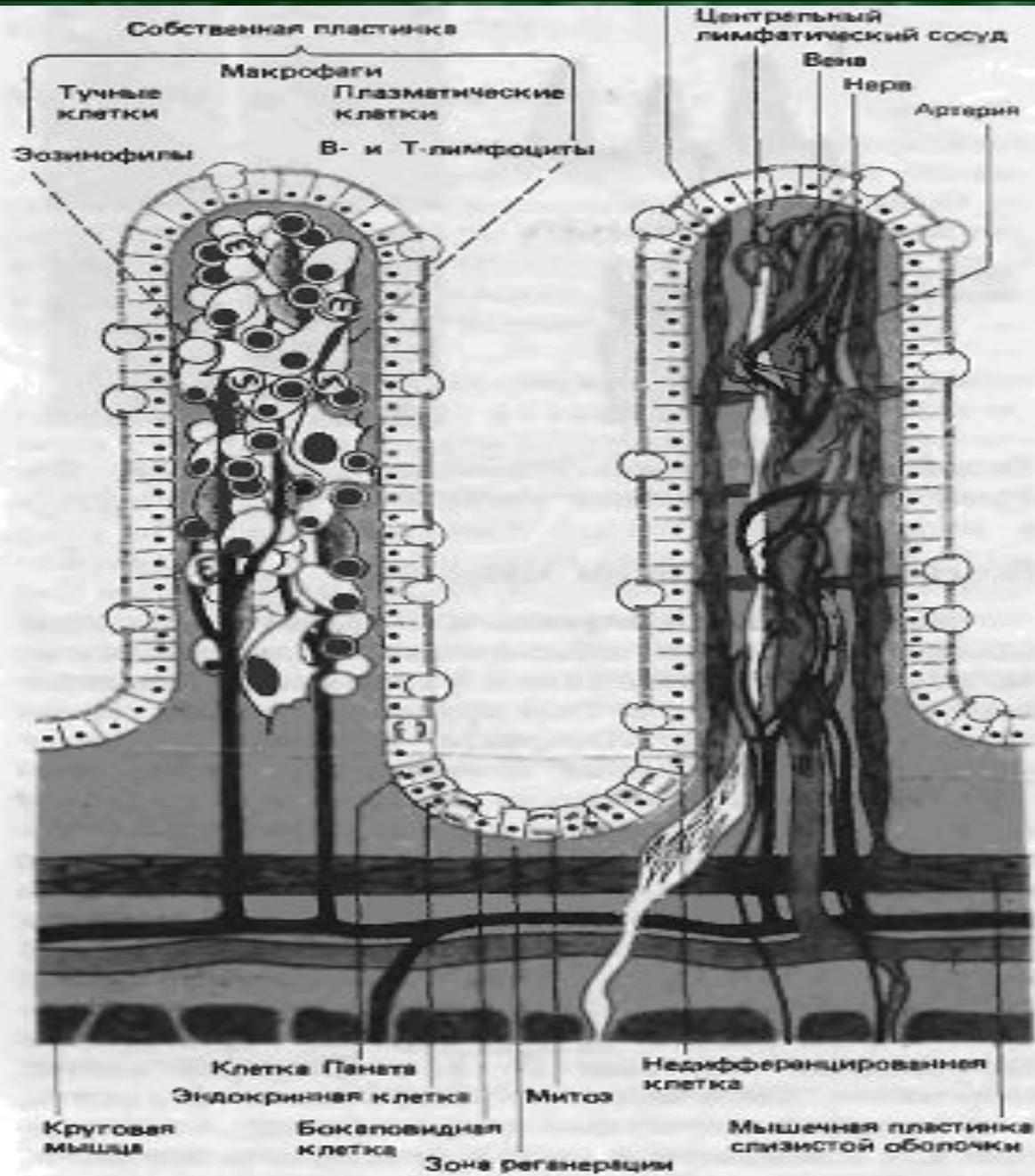
Ангиостомия по Лондону  
-формирование фистулы  
воротной вены

# макроворсинки

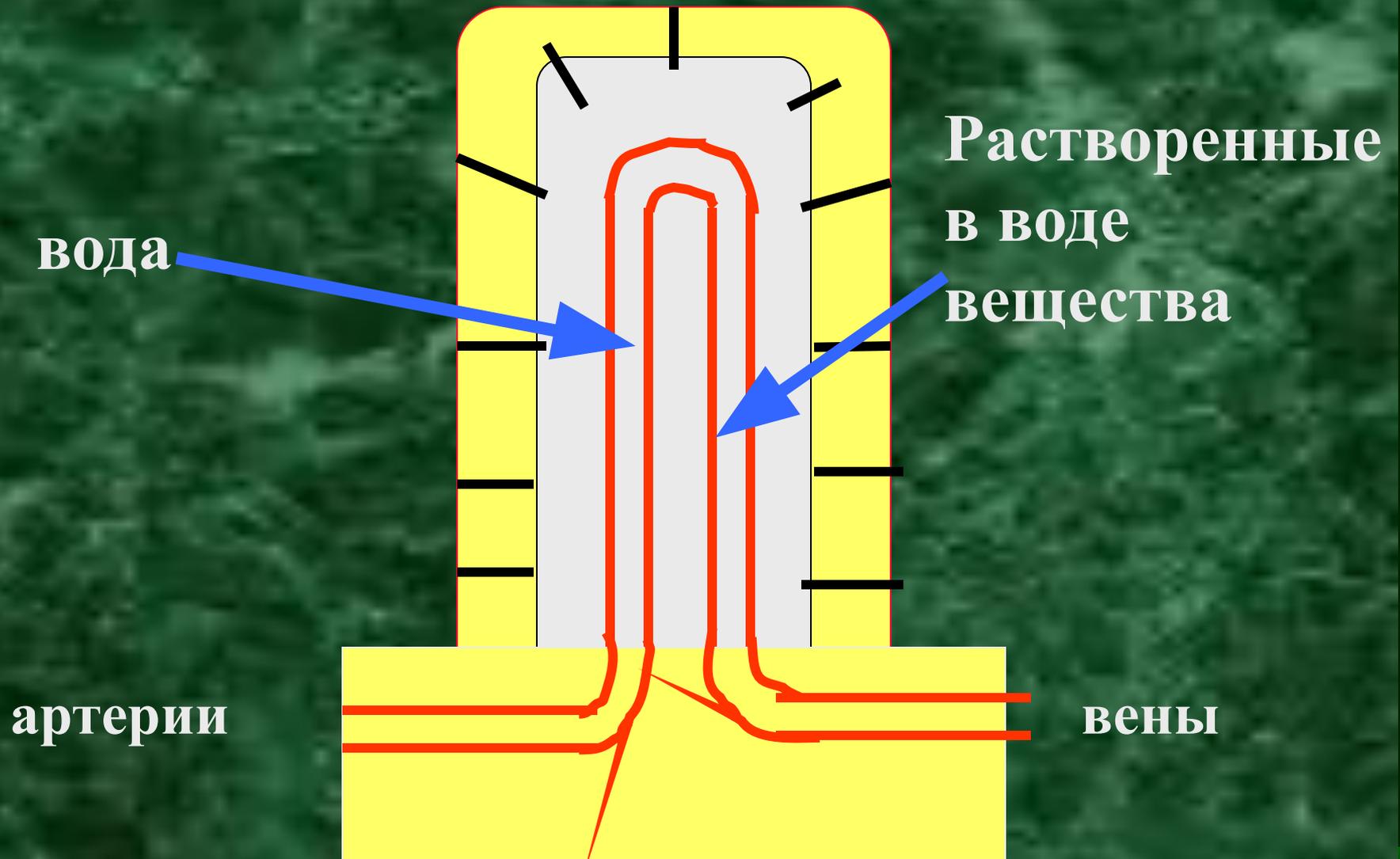


**Структурно-функциональная единица  
тонкого кишечника – макроворсинка со  
своим содержимым и крипта**





# макроворсинка



# Макроворсинка содержит

- Артериолу
- Капиллярную сеть
- Вenuлу
- Лимфокапилляр
- Мышечные волокна
- Нервное окончание
- Энтероциты со щеточной каймой
- Общая площадь всасывательной поверхности около  $200 \text{ м}^2$

# Виды транспорта

## *Пассивный:*

- Фильтрация
- Осмос
- Диффузия

Идет по градиентам -  
создаются  
сокращением  
**макроворсинок**

**За 1 мин всасывается  
15-20 мл жидкости**

## *Активный*

- **Первично-активный**  
(натрий-калиевый насос)
- **Вторично-активный**  
(транспорт глюкозы и аминокислот)

# ЭНТЕРОЦИТ

**Клетка очень высокой скорости деления  
и обновления**

**Недифференцированные  
цилиндрические клетки поднимаются  
из крипт к вершине ворсинки за 24-36  
часов**

# Кровоснабжение тонкого кишечника

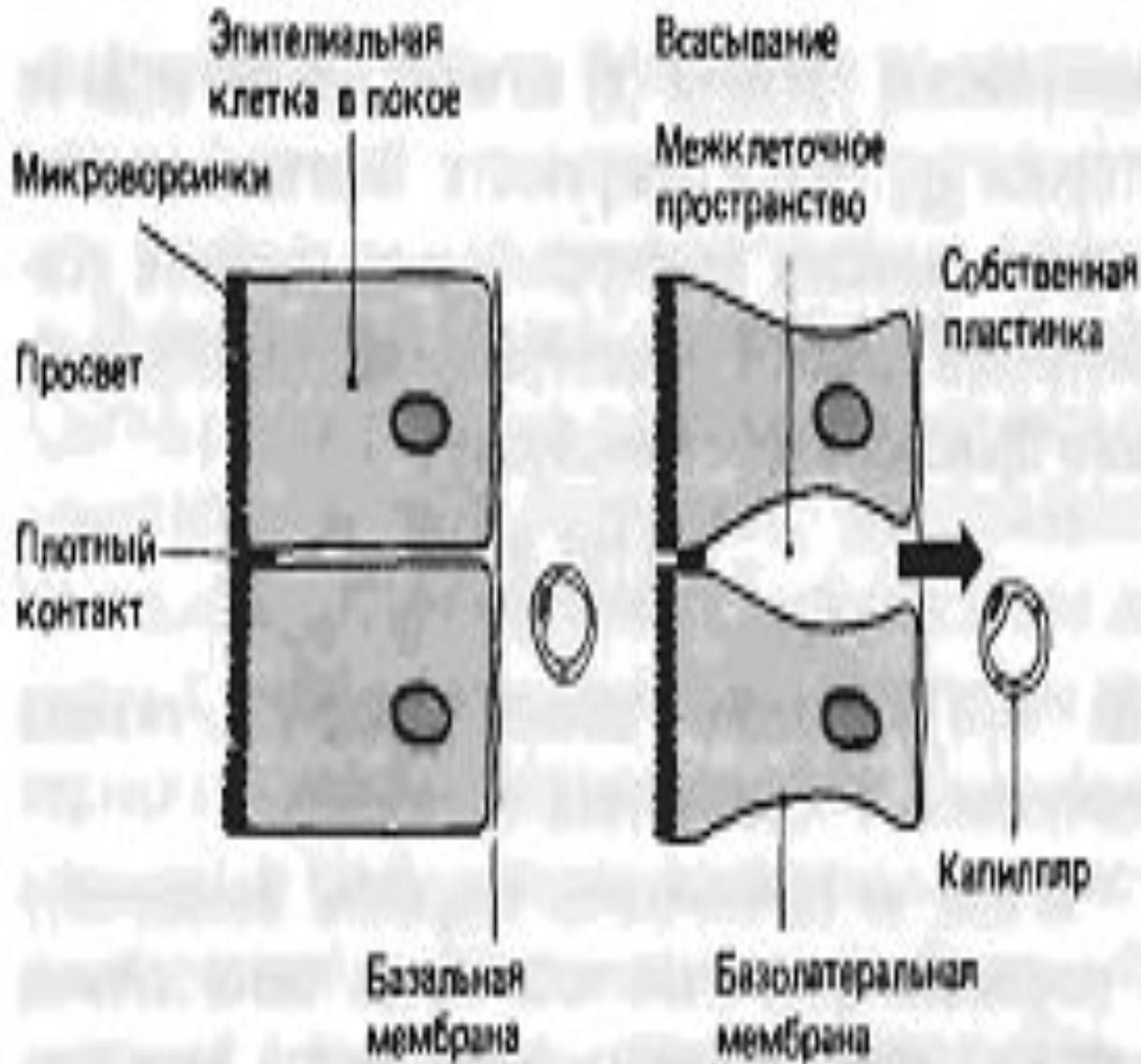
- Верхняя брыжеечная артерия
- Чревная артерия
- Нижняя брыжеечная артерия

На тонкий кишечник приходится 10-15% Q

400 мл/мин

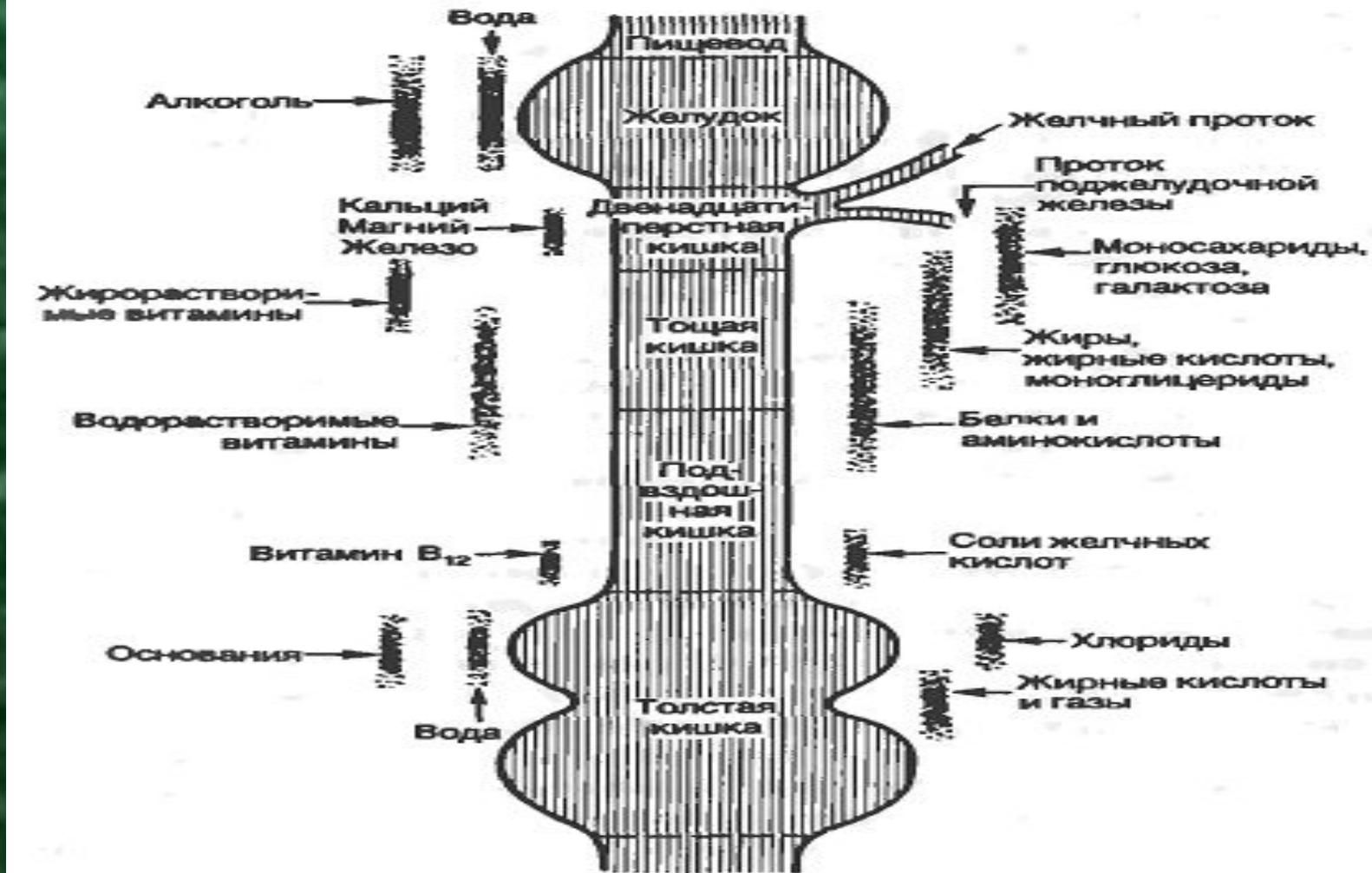


Во время пищеварения кровоток  
увеличивается на 30-130% 750 мл/мин

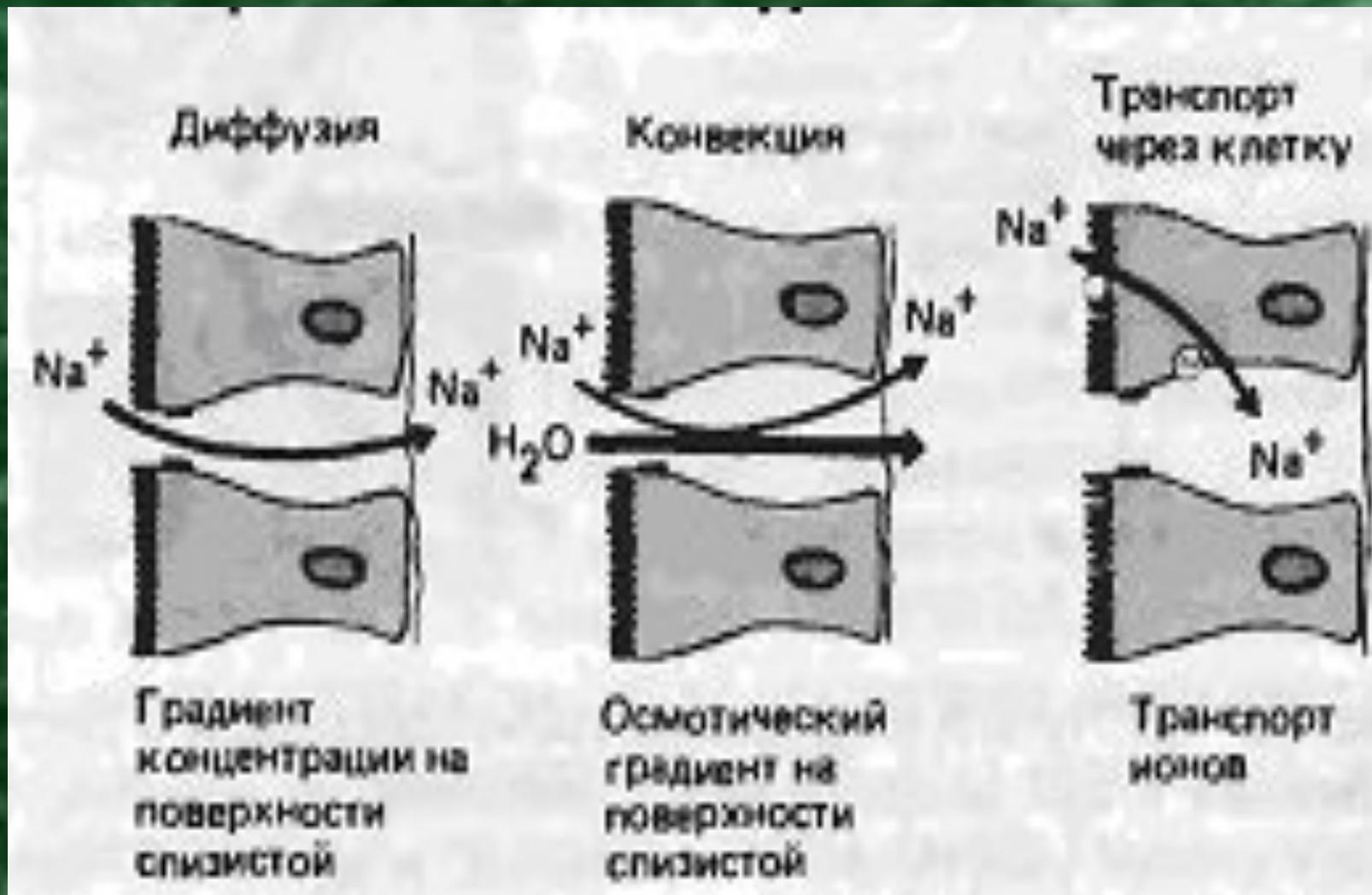


## Функциональная единица всасывательной поверхности

# Топография всасывания веществ из пищеварительного тракта



# Механизмы транспорта, участвующие в процессах всасывания



Тощая кишка

Подвздошная  
кишка

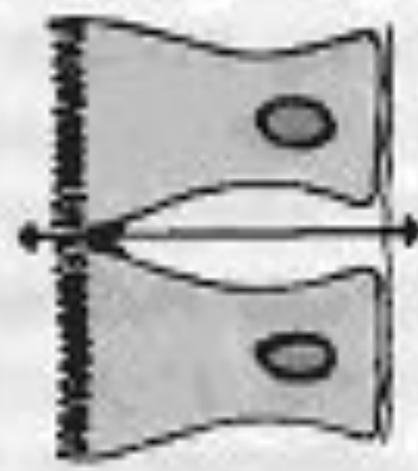
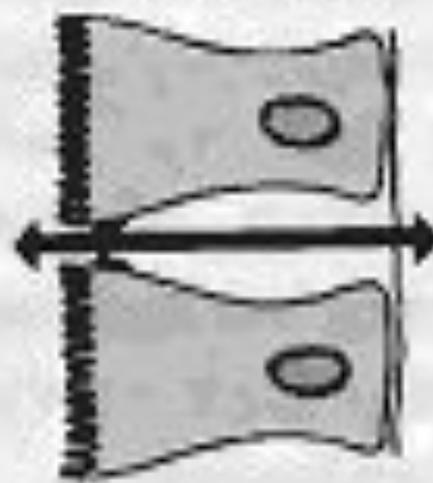
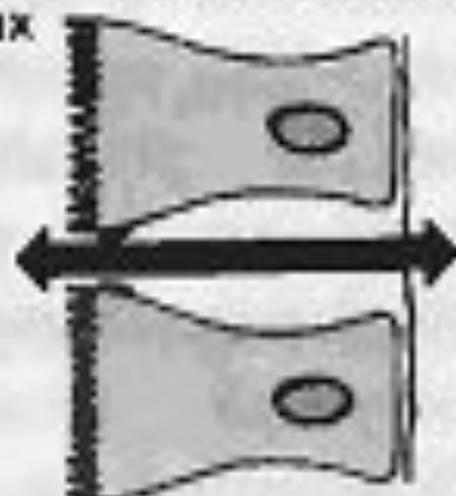
Толстая кишка

Размер пор  
в плотных  
контактах

→ 0,75–0,8 нм

0,3–0,35 нм

0,2–0,25 нм



Проницаемость → Высокая

Средняя

Низкая

Электрическое сопротивление → Низкое

Среднее

Высокое

Разность потенциалов → 0–3 мВ

1–5 мВ

20–40 мВ

активный

Через клетки

- с участием переносчика
- энергозависимый

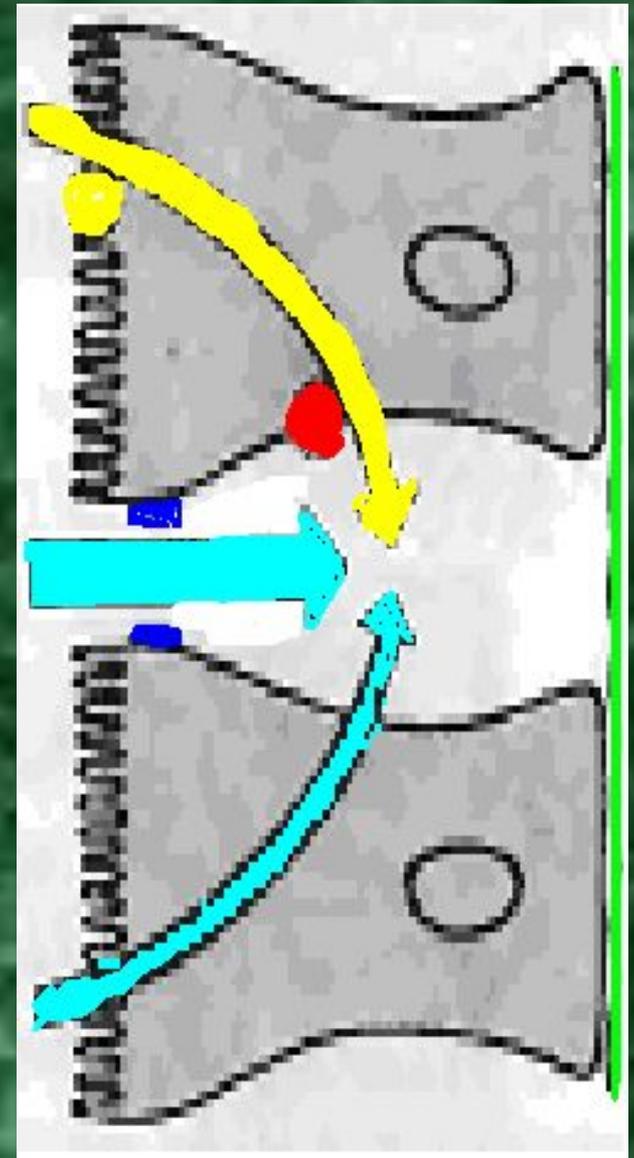
пассивный

Через плотные контакты

- Диффузия
- конвекция

Через клетки

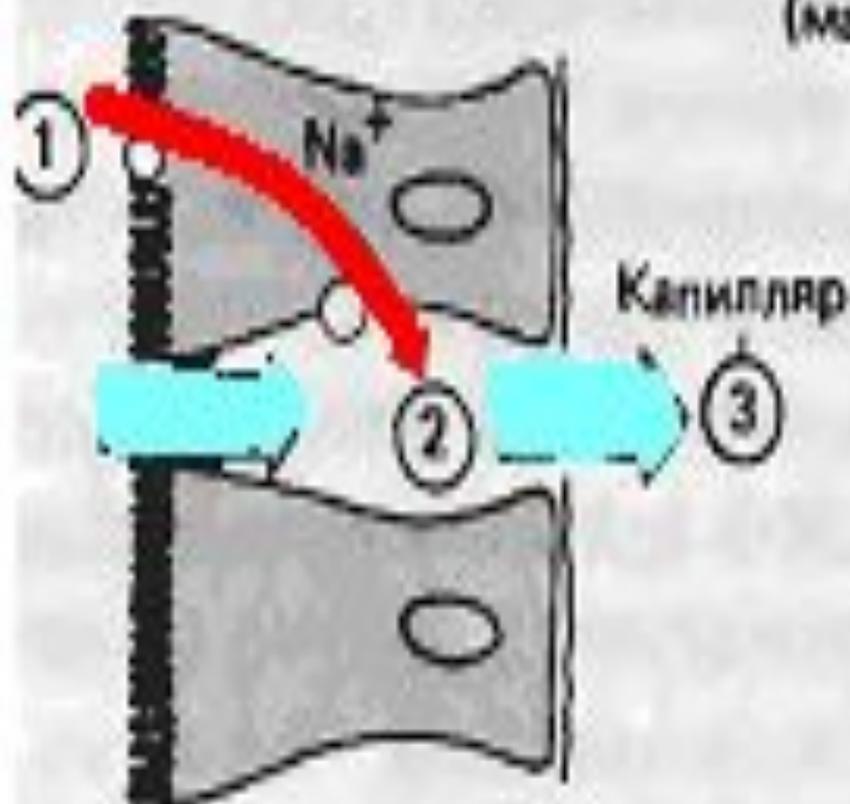
- Диффузия
- конвекция



A

In vivo

Активный транспорт  $\text{Na}^+$

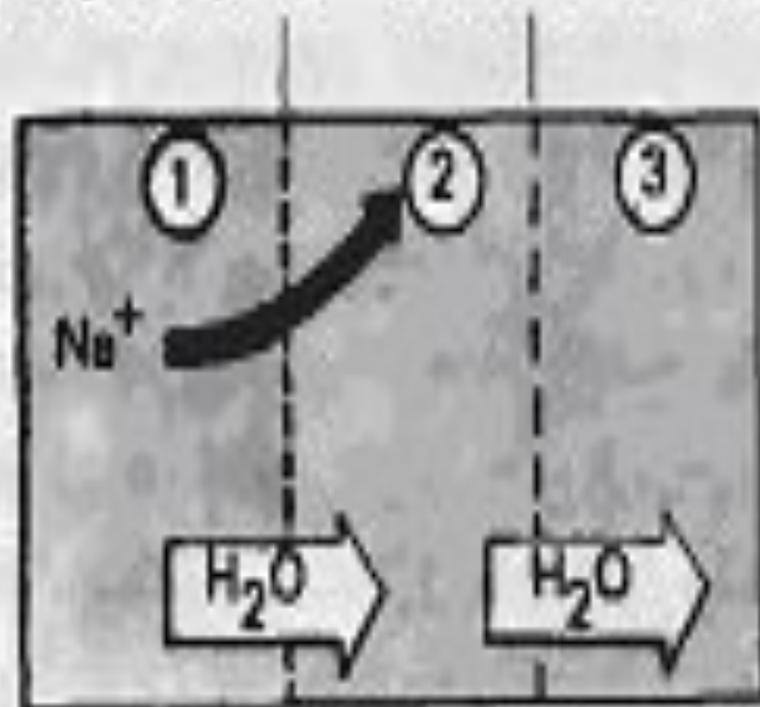


Б

Модель трех компартментов

Плотный контакт  
(малопроницаем)

Базальная мембрана  
(высокопроницаема)



# Транспорт воды

Происходит через плотные контакты между энтероцитами. Идет по градиентам:

- Гидростатическому
- Осмотическому (создается дополнительно всасыванием ионов натрия)
- Вместе с водой всасываются растворимые в ней вещества

# Секреция воды из крови в полость кишечника идет за электролитами

- 1. Активная секреция анионов**
- 2. Уменьшение активного всасывания**
- 3. Высокая осмолярность в просвете кишечника**
- 4. Повышение гидростатического давления на серозной поверхности**
- 5. Повышение проницаемости плотных контактов для ионов**



**Бактериальные токсины**

(холерный токсин,  
колитоксин)

**Гормоны**

(простогландины,  
Секретин, ВИП)

**↑ цАМФ**

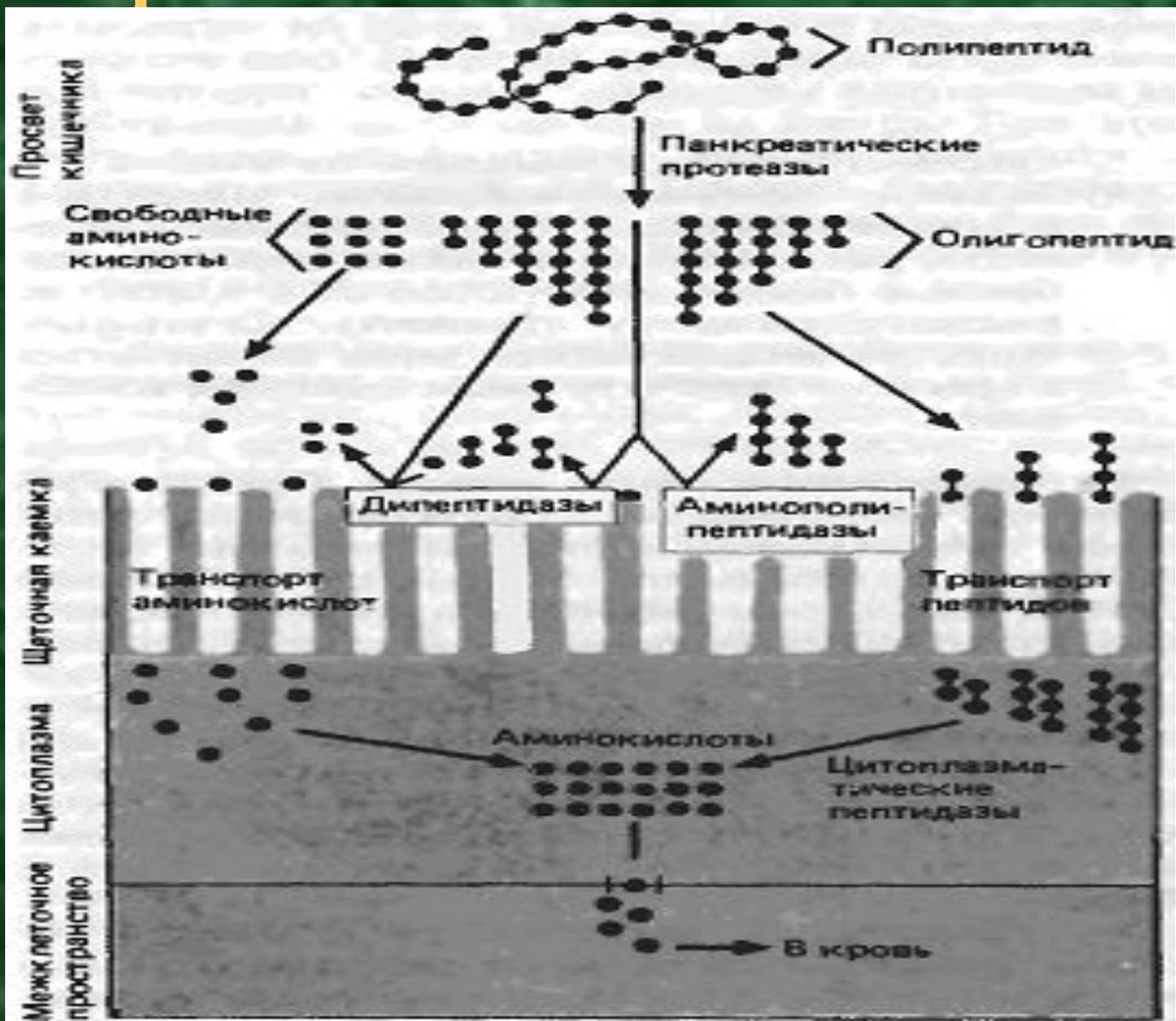
Изменение концентрации кальция в энтероцитах,  
увеличение проницаемости для хлора

Хлор выходит в полость,  
вслед за ним идет натрий (по электрическому  
градиенту, а вслед за ними идет вода ( по осмотичес-  
кому градиенту))

# Белки

- В сутки поступает около 70-90 г белка с пищей плюс 60 г белка с пищеварительными соками ( ферменты и энтероциты).
- В полости 30% расщепляется до нейтральных и основных АК – 70% до олигопептидов
- Олигопептиды расщепляются до АК в щеточной кайме (10%) и в цитоплазме

# Переваривание и всасывание белков



# Всасывание аминокислот

- Идет в 12-перстной кишке (50-60%) и тощей кишке (30%) путем вторичноактивного натрий-зависимого транспорта. Переносчики селективные для:

- ✓ Нейтральных АК
- ✓ Двухосновных АК
- ✓ Дикарбоновых АК
- ✓ глицин

# Углеводы

Суточная доза 250-280 г:

- 60% растительный крахмал
- 30% сахароза
- 10% лактоза, глюкоза, фруктоза, гликоген

Ферменты:

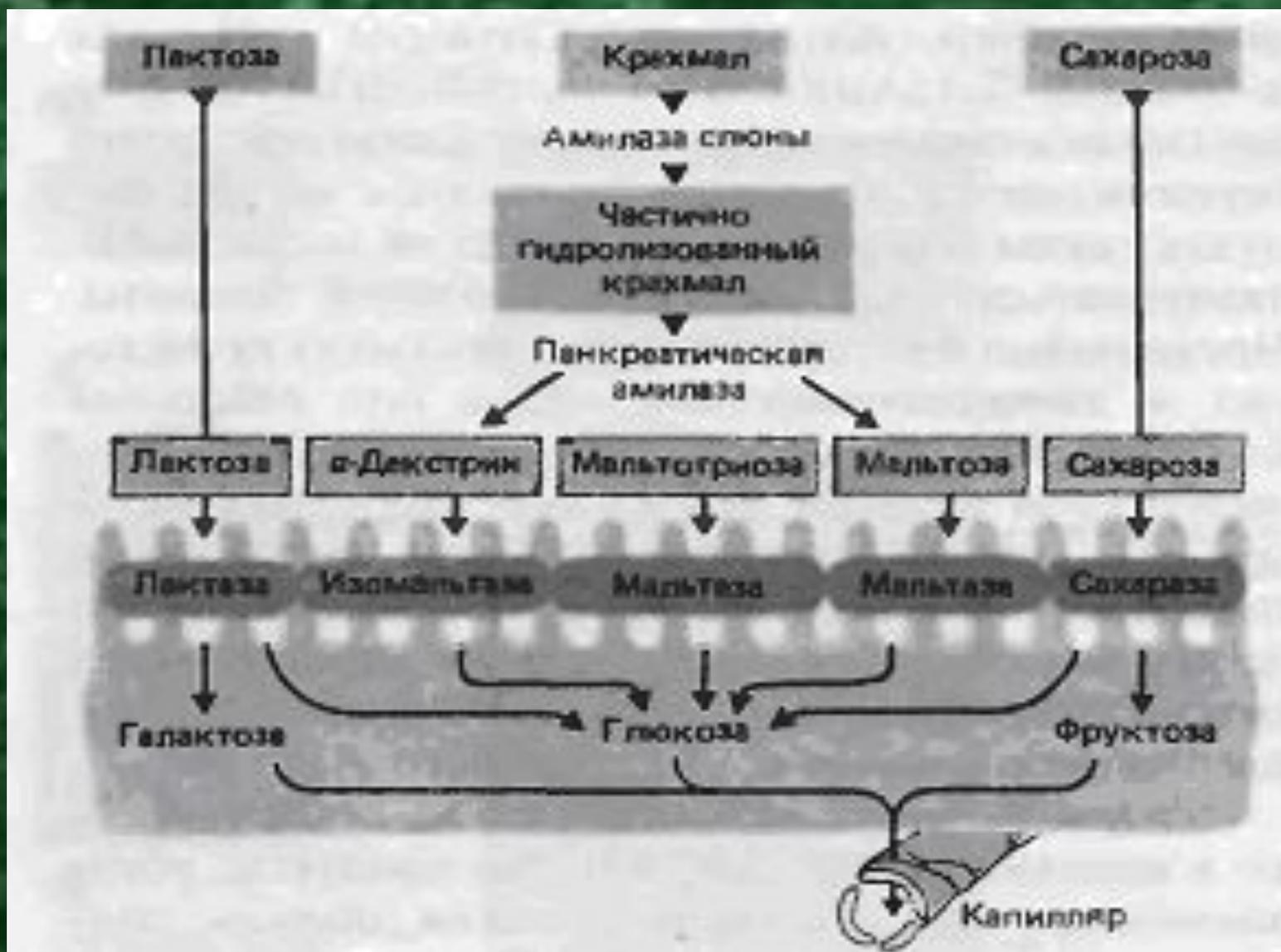
- В полости – альфа-амилаза
- На ворсинках – олигосахаридазы:  
лактатдегидрогеназа (лактаза), гликозидаза  
и др.

# Недостаточность лактазы

- У населения в Европе – 15%
- У населения в Африке – 80%
- В Индии в мусульманских штатах – 15%
- В Индии в штатах с индуизмом – 80%

**Лактоза повышает осмотическое давление в полости и может вызывать понос**

# Переваривание и всасывание углеводов



# Транспорт углеводов мономеров

**Мономеры:**

- Глюкоза
- Галактоза
- Фруктоза

**Всасываются с помощью натрийзависимого вторично-активного транспорта белками переносчиками в 12-перстной кишке (30%), и в тощей (50-60%)**

# Схема вторично-активного транспорта



# жиры

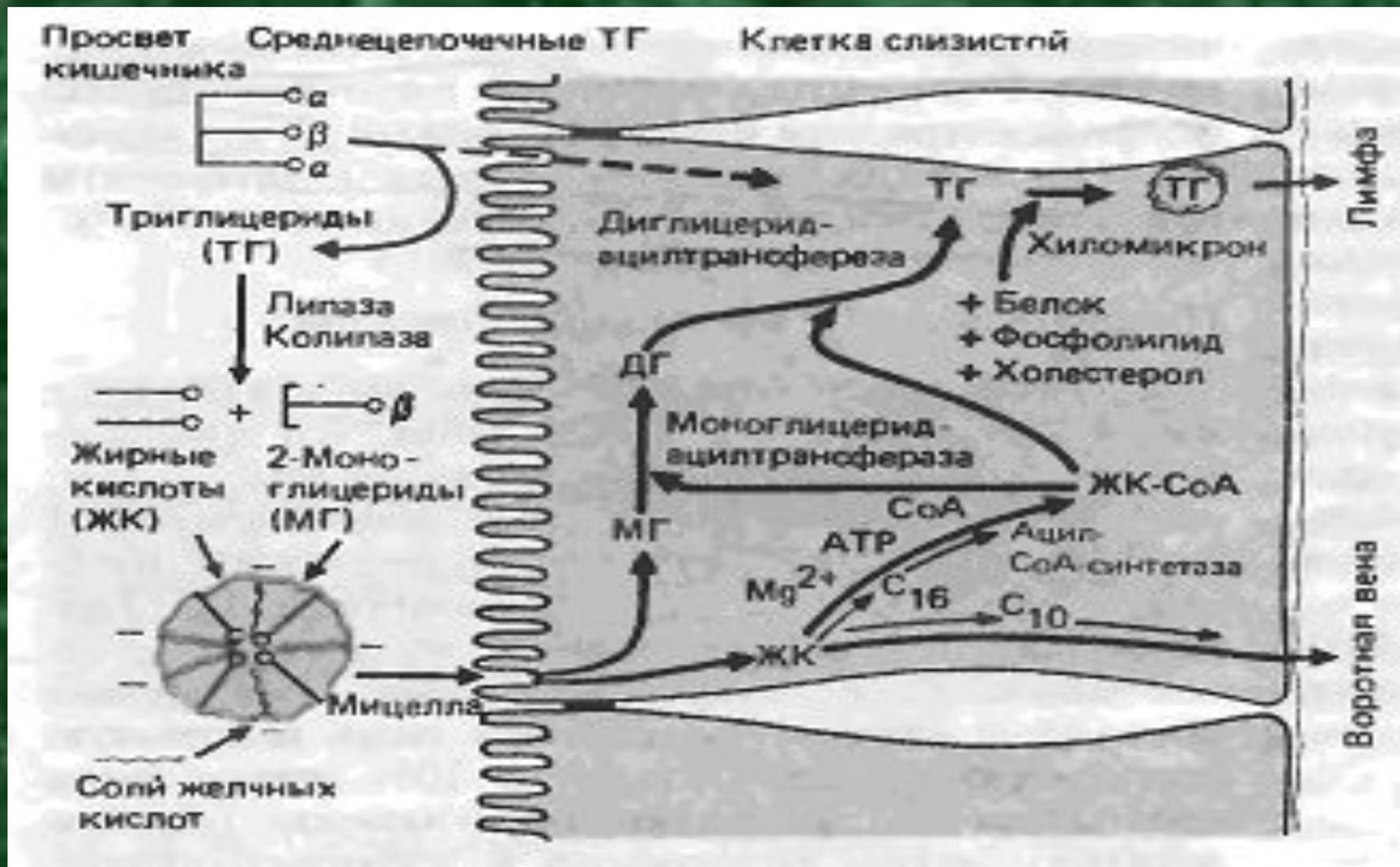
- В сутки поступает 60-100 г жиров

Из них 90% триглицериды

С калом выделяется 5-7 г

- В 12-перстной кишке эмульгируются (в желудке капля жира 100 нм, а в полости кишки – 5 нм)
- Всасываются либо в виде тонких эмульсий, либо в виде мицелл с желчными кислотами на **95% в 12-перстной кишке**

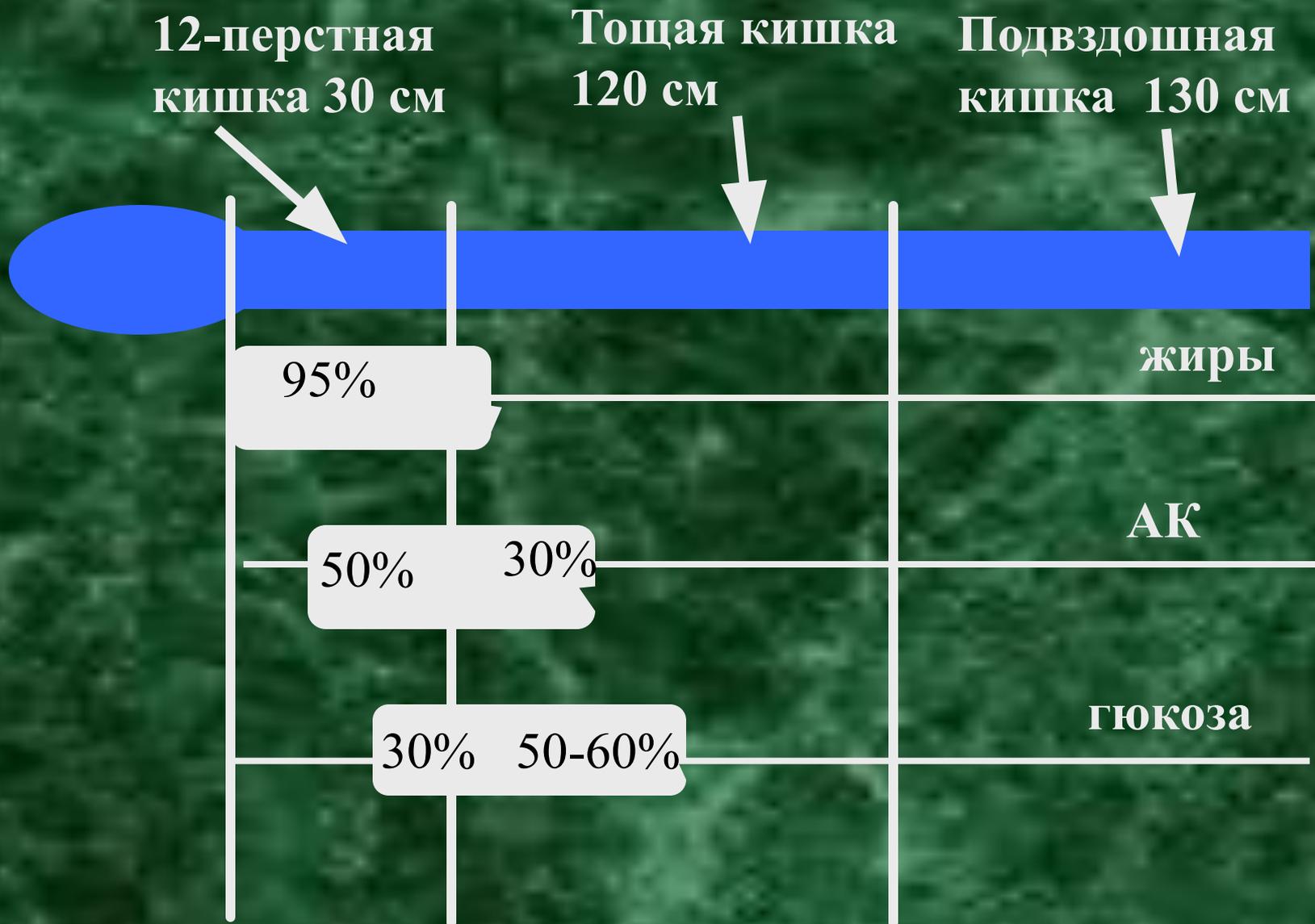
# Переваривание и всасывание липидов

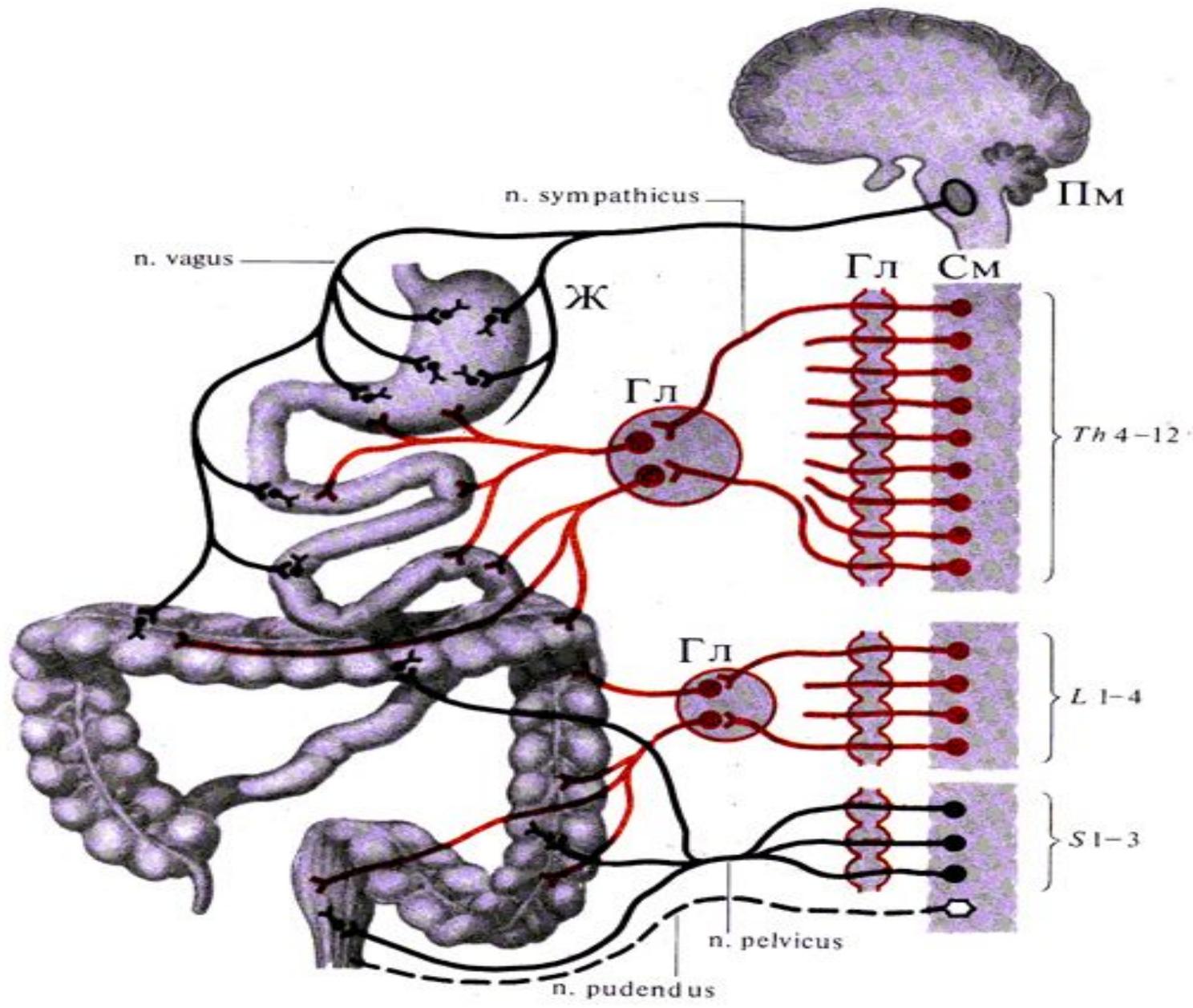


# Всасывание липидов



# Относительные объёмы всасывания





# Толстый кишечник

Завершается всасывание и формируются каловые массы:

- В сутки из тонкого кишечника поступает 400 г химуса
- Кала формируется 150-200 г – 70-80% воды; 20-30% сухого остатка (целлюлоза, неорганические вещества, жиры)
- Содержится основное количество микрофлоры пищеварительного тракта