

Мембранное пищеварение и всасывание



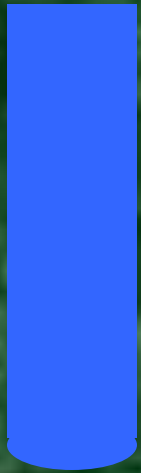
Пристеночное пищеварение

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



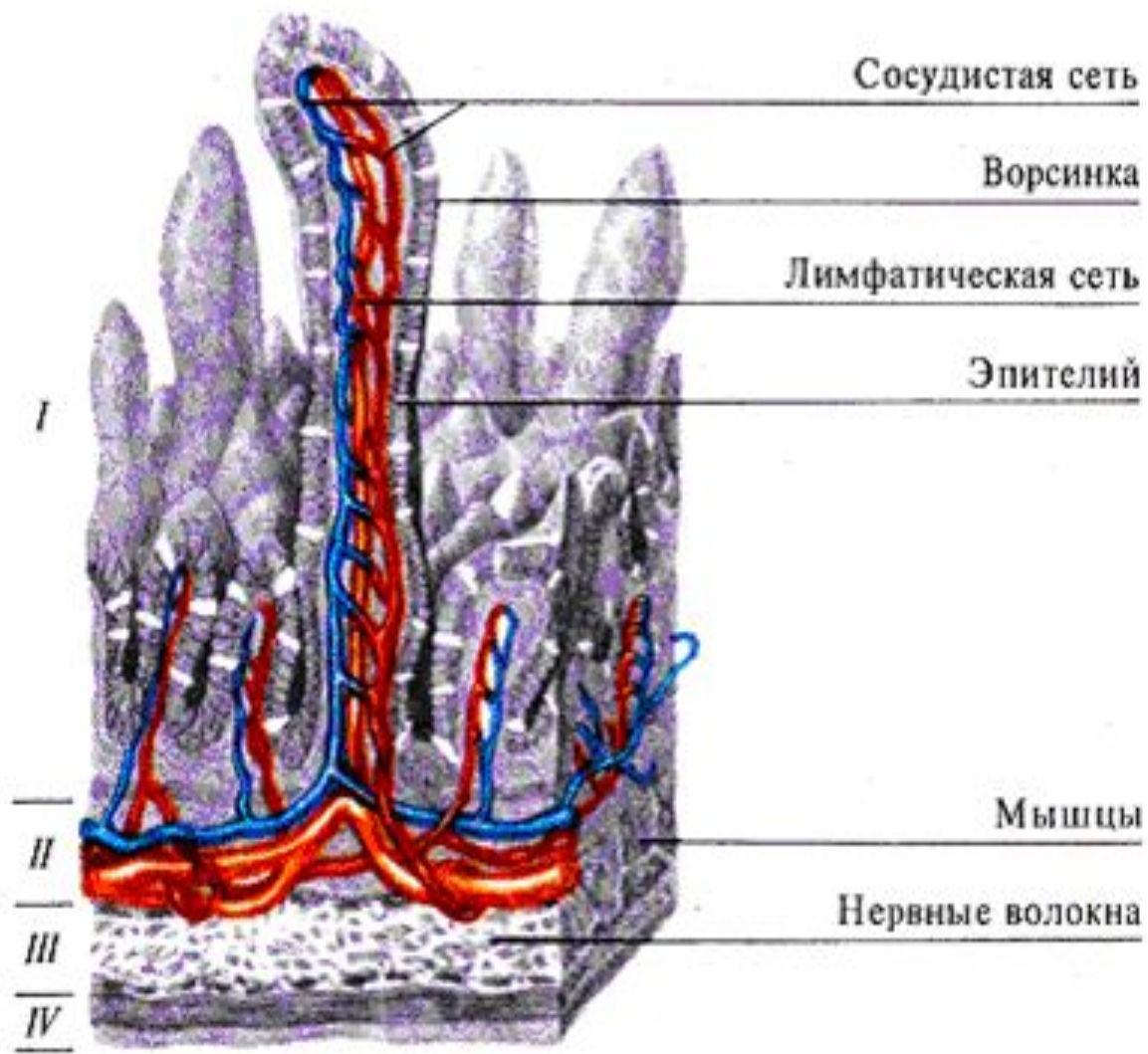
Амлаза+
крахмал+
Кусок кишки

3-4 часа



Амлаза+
крахмал+
кусок сваренной
кишки

48-52 часа





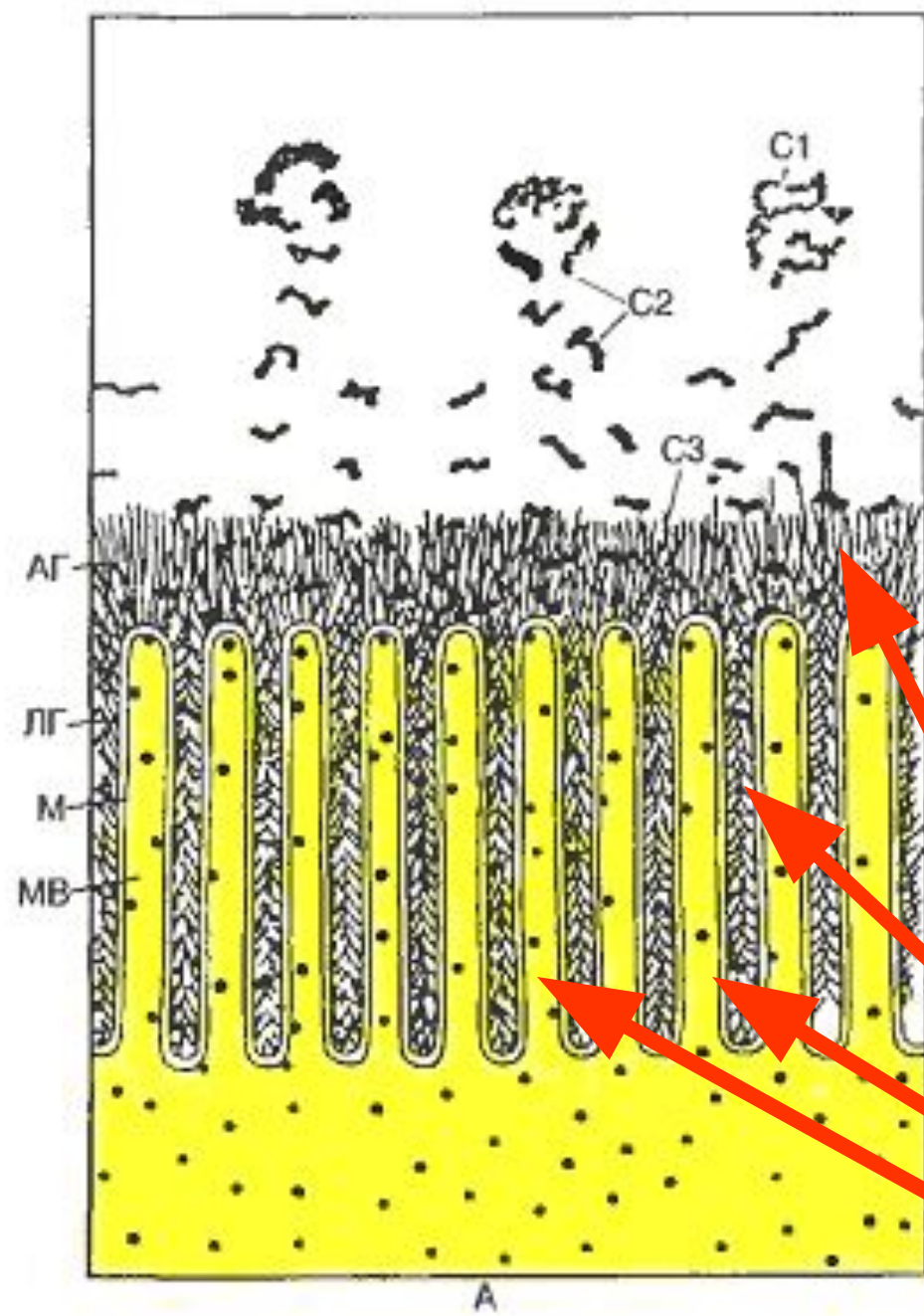


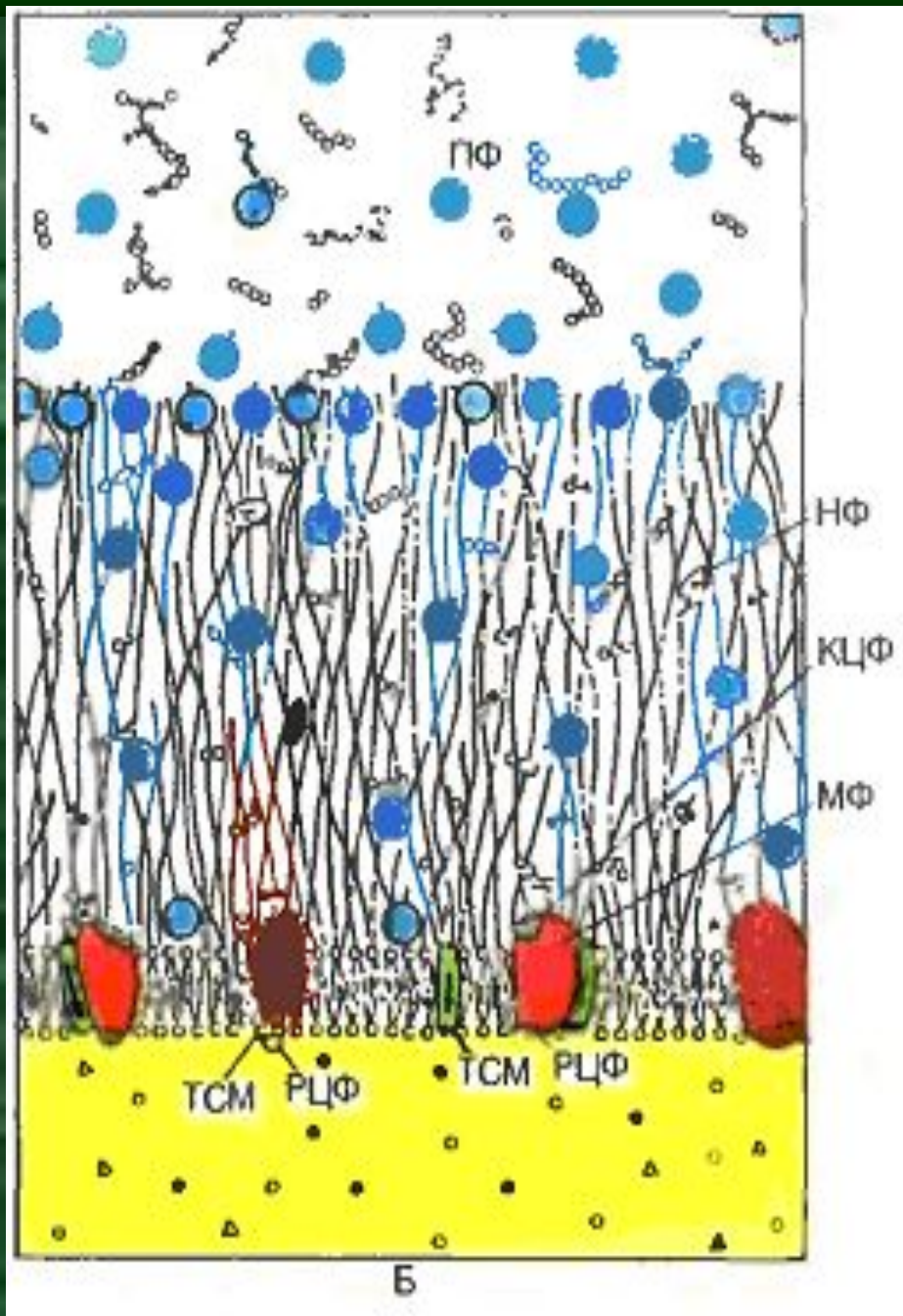
Схема последовательной деполимеризации субстратов в полости и на поверхности слизистой тонкой кишки

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

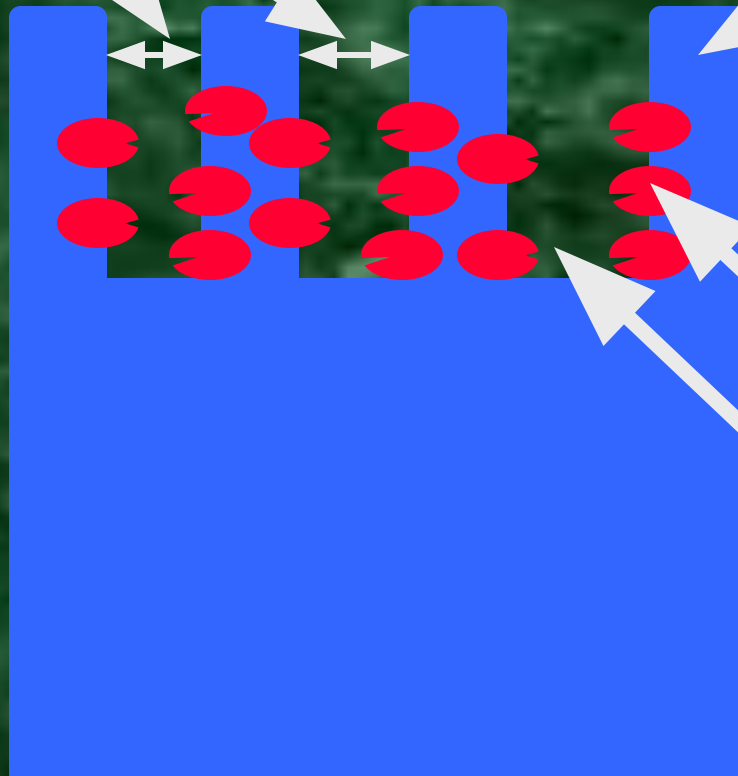
РЦФ – регуляторные центры ферментов

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

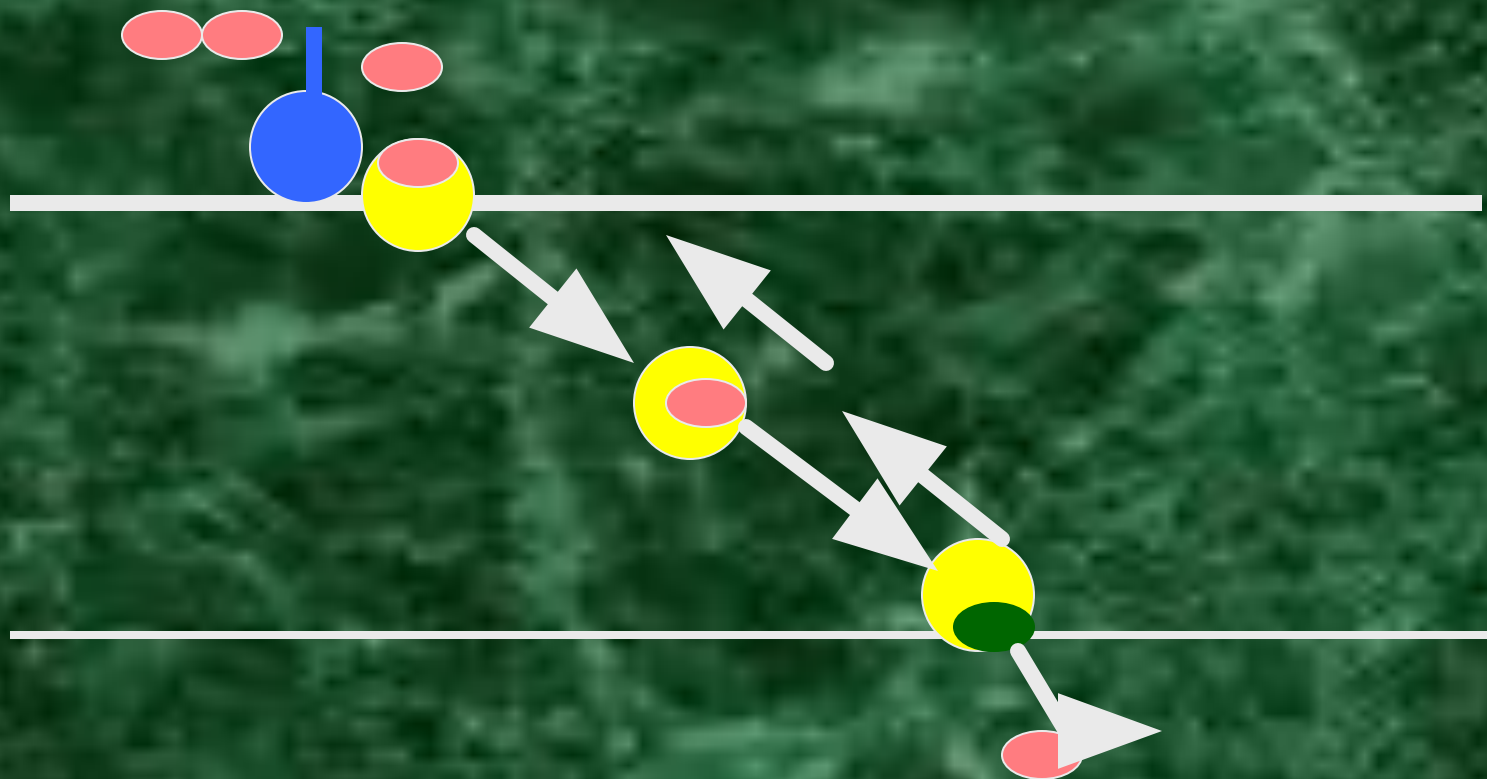
Основные свойства пристеночного пищеварения

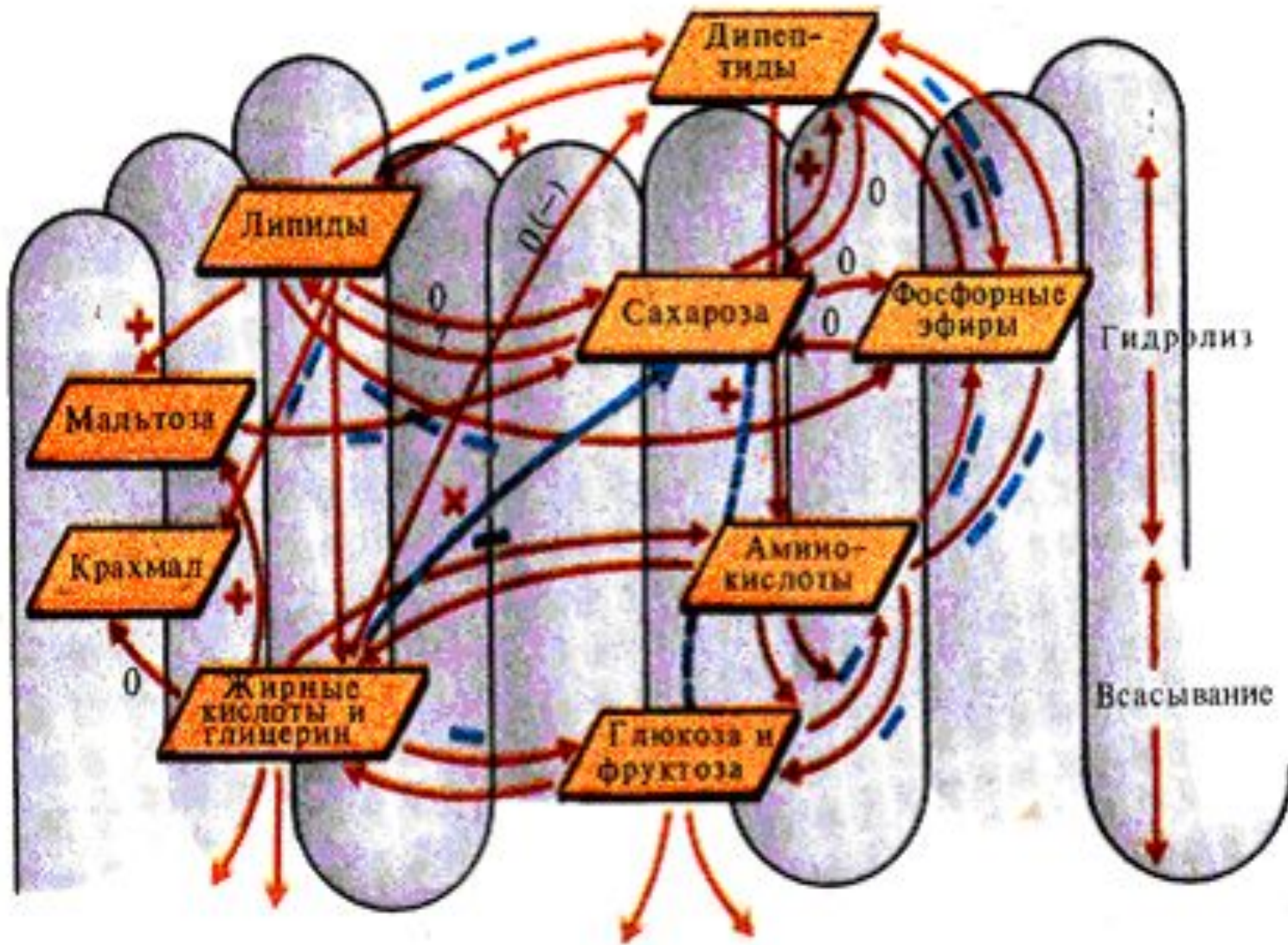
1. Большая каталитическая поверхность.
2. Высокая эффективность
3. Стерильность
4. Сопряженность пищеварения с процессами всасывания

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

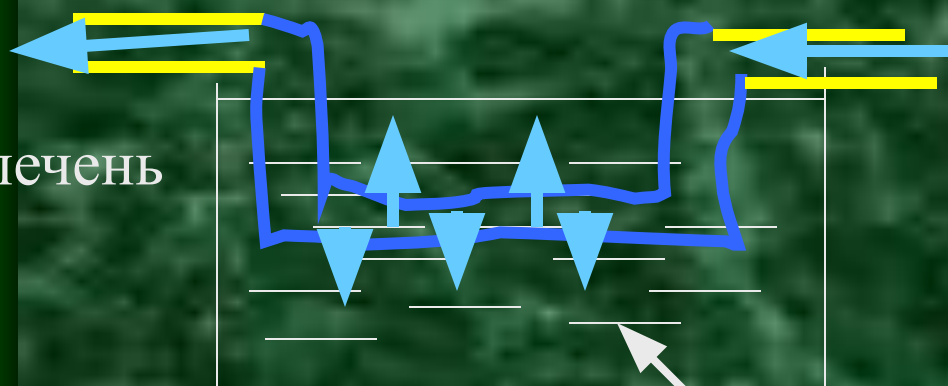


Острые методы

Исследование млечных сосудов (лимфатических)

ВИВИВДИФФУЗИЯ

Воротная вена



раствор

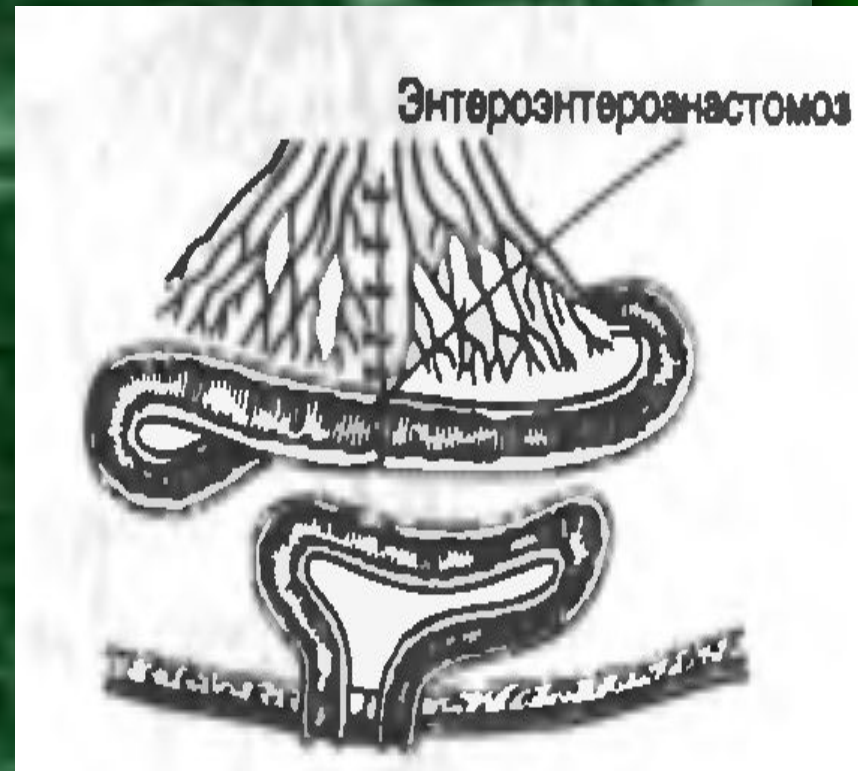
печень

хронические

ИЗОЛИРОВАННАЯ КИШКА



По Тири



По Тири-Велла



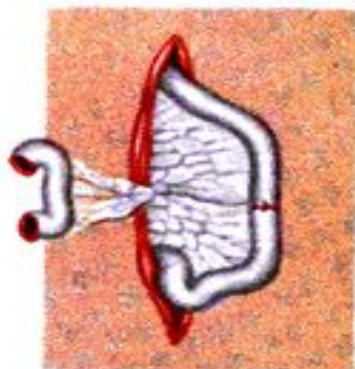
I
Разрез
по белой
линии



II
Петля
кишечника



III
Обособление
петли



IV
Сшивание
кишки



V
Укрепление
концов изоли-
рованной петли
в кожной ране

VI



Полифистульная методика

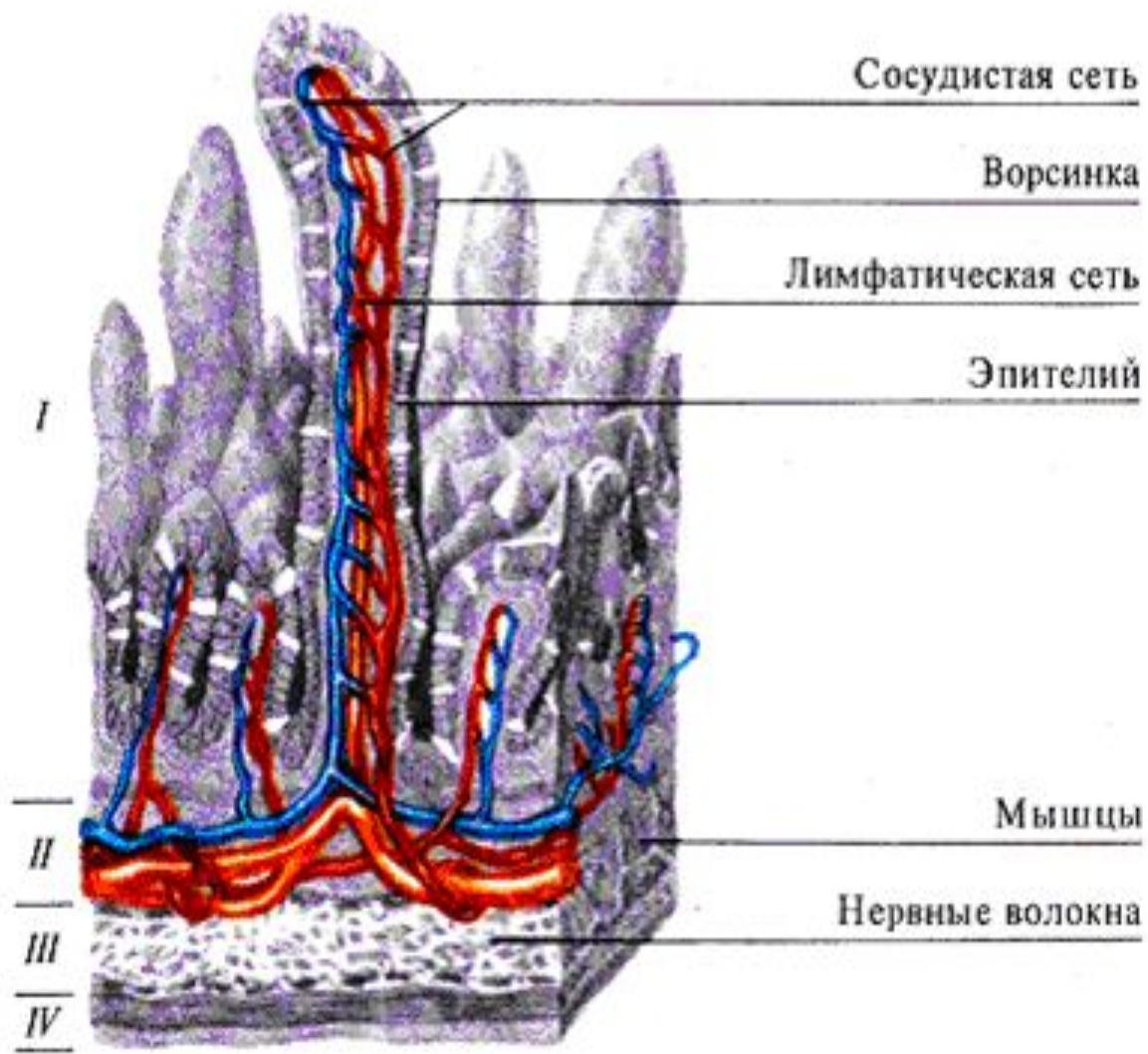


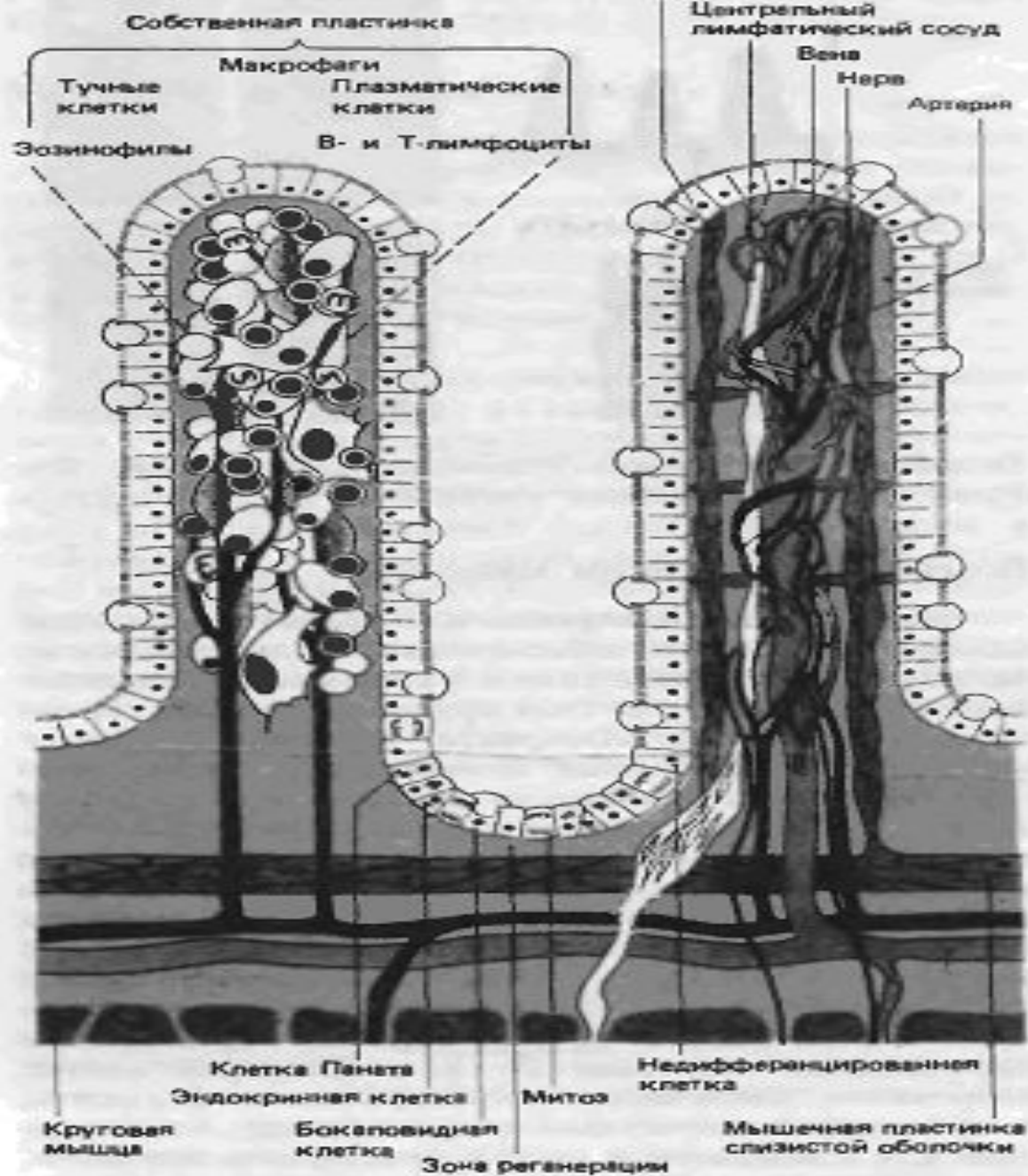
Ангиостомия по Лондону
-формирование фистулы
воротной вены

макроворсинки

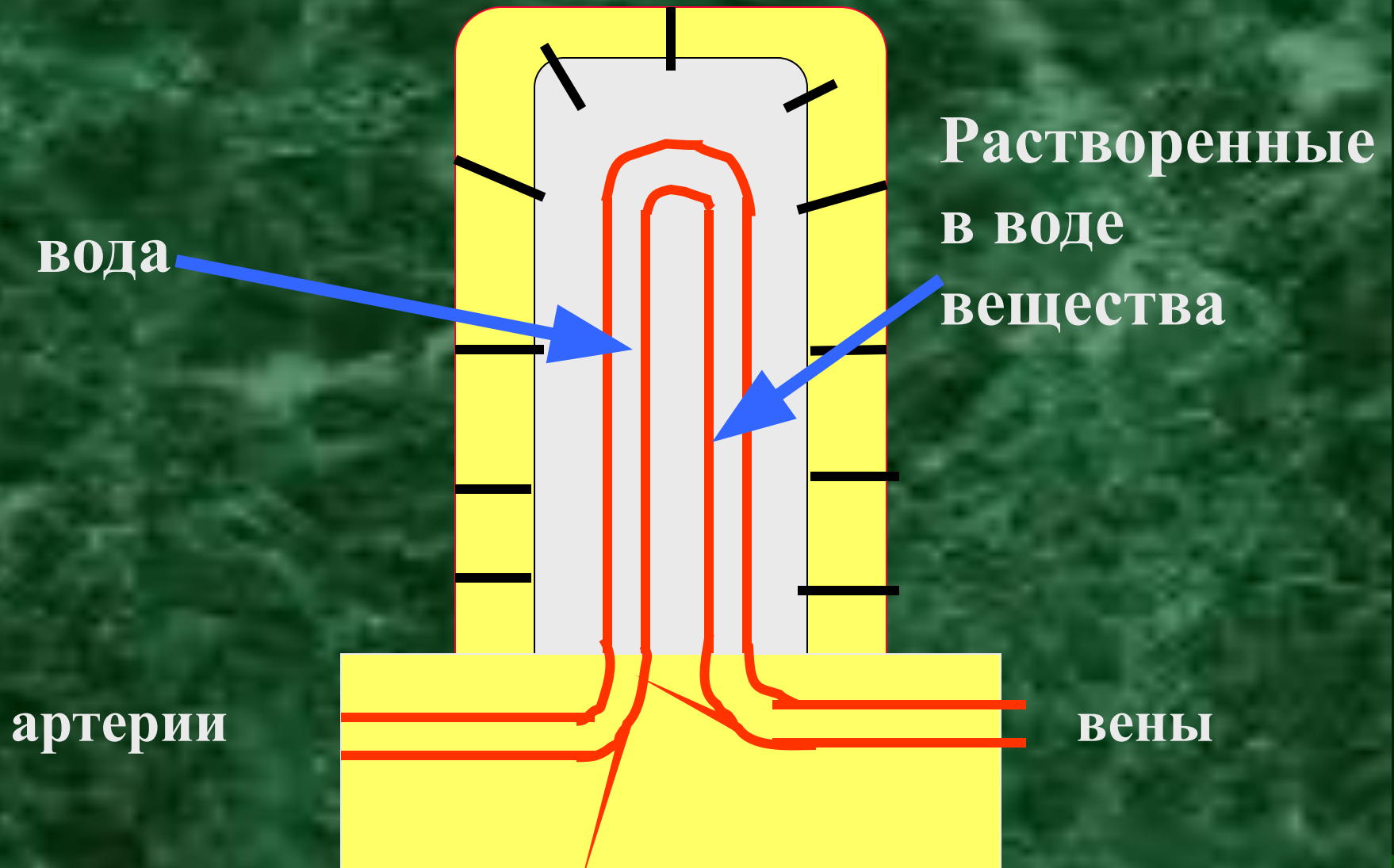


**Структурно-функциональная единица
тонкого кишечника – макроворсинка со
своим содержимым и крипта**





макроворсинка



Макроворсинка содержит

- Артериолу
- Капиллярную сеть
- Венолу
- Лимфокапилляр
- Мышечные волокна
- Нервное окончание
- Энтероциты со щеточной каймой
- Общая площадь всасывательной поверхности около 200 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

5%

подслизистая

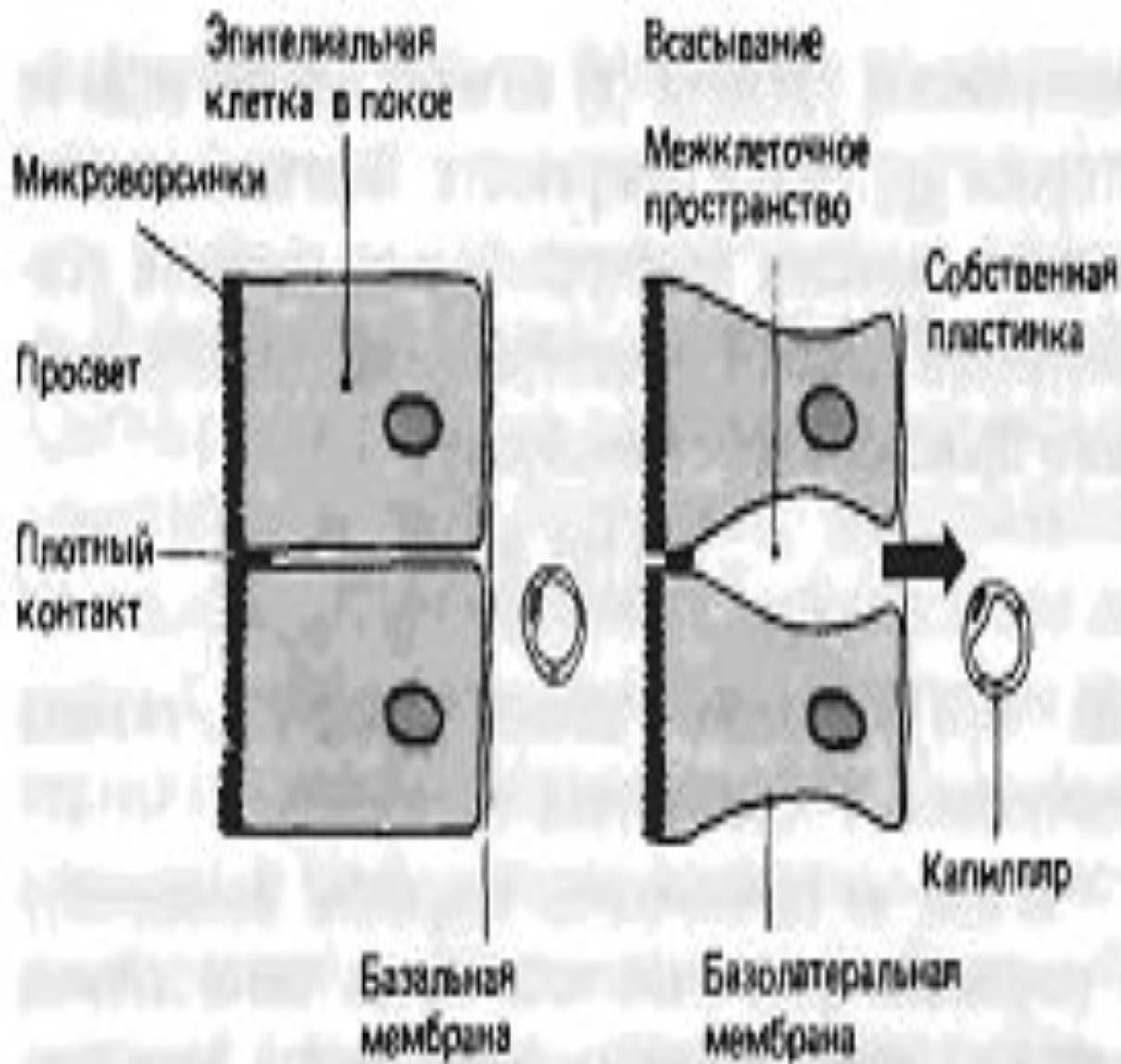
20%

мышечная

75%

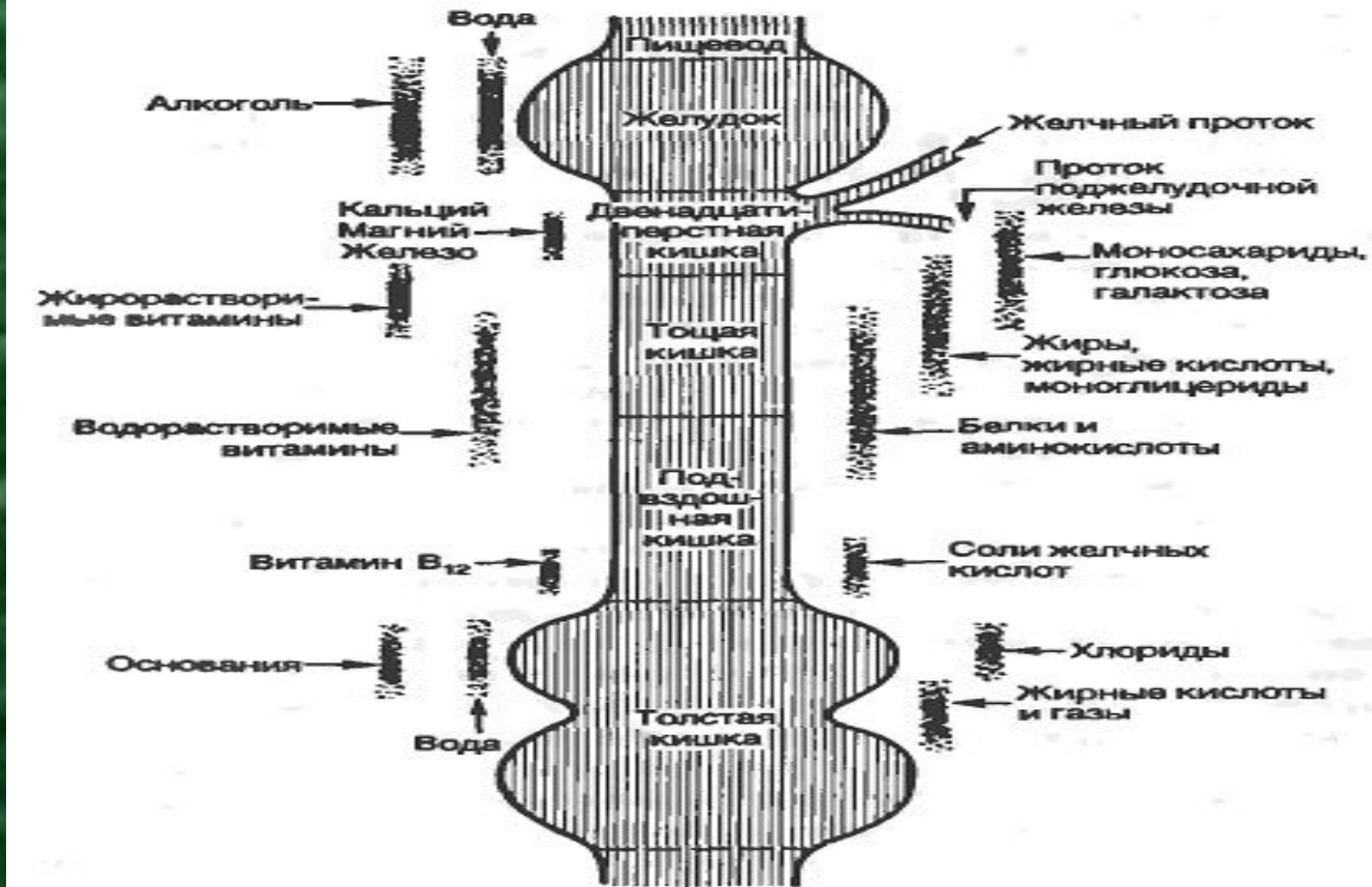
слизистая

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

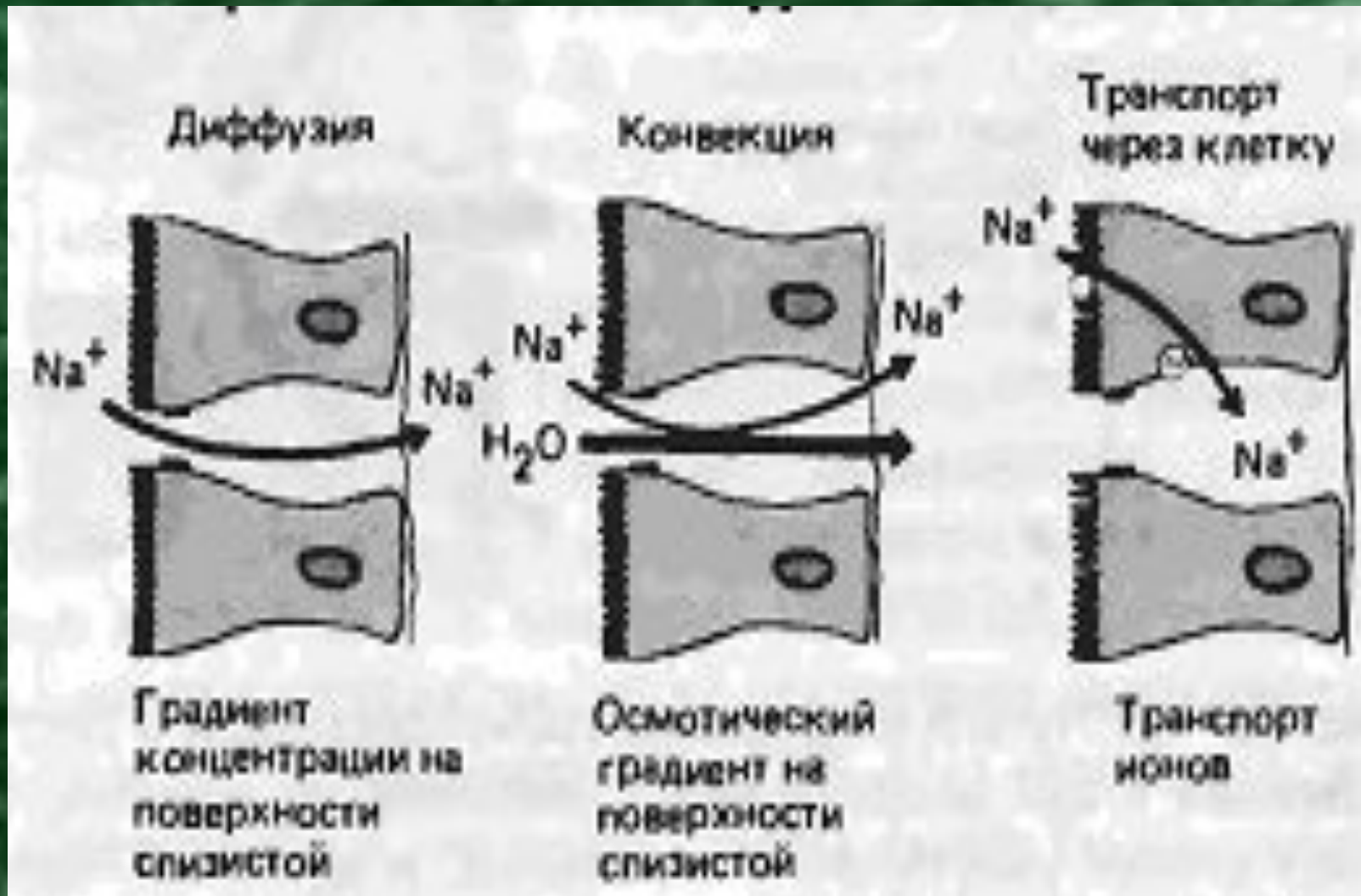


Функциональная единица всасывательной поверхности

Топография всасывания веществ из пищеварительного тракта



Механизмы транспорта, участвующие в процессах всасывания



Тощая кишка

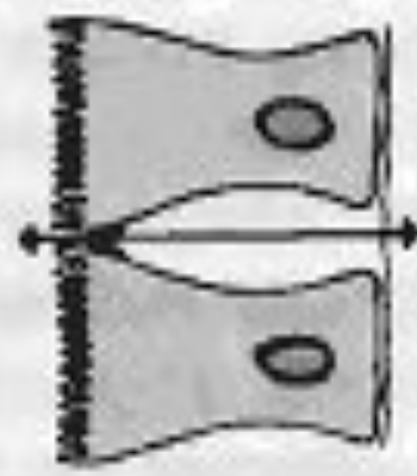
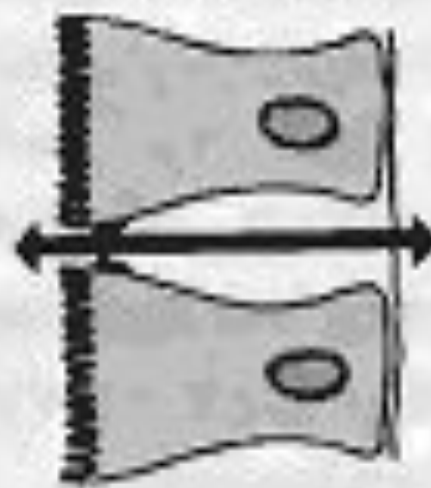
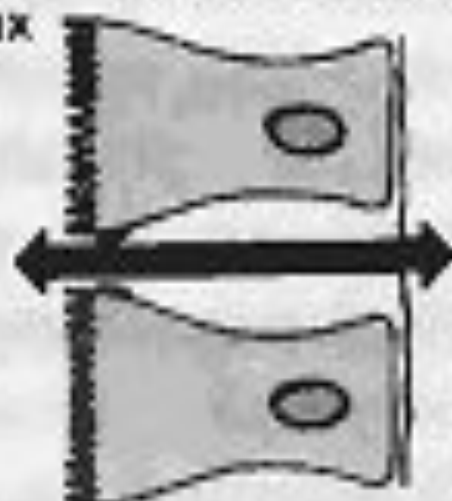
Подвздошная
кишка

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

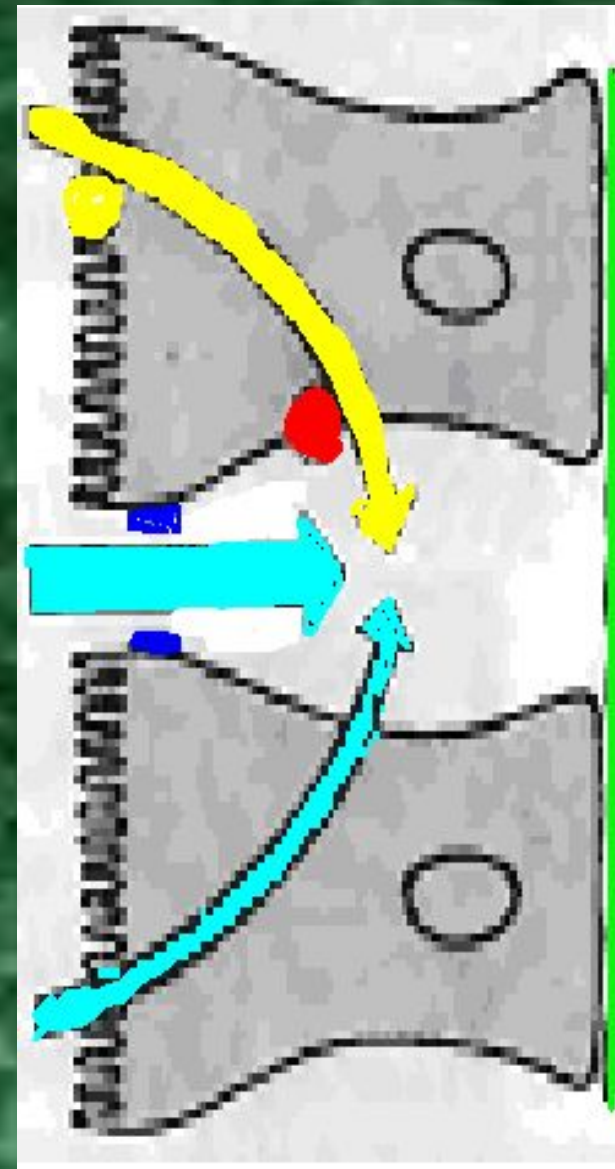
пассивный

Через плотные контакты

- Диффузия
- конвекция

Через клетки

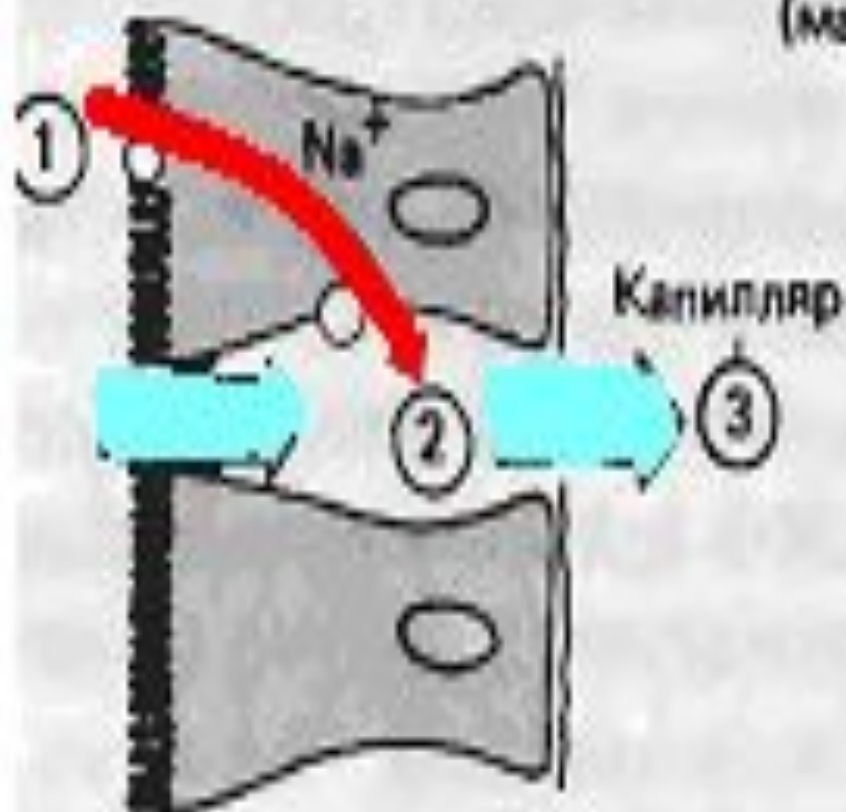
- Диффузия
- конвекция



A

In vivo

Активный транспорт Na^+

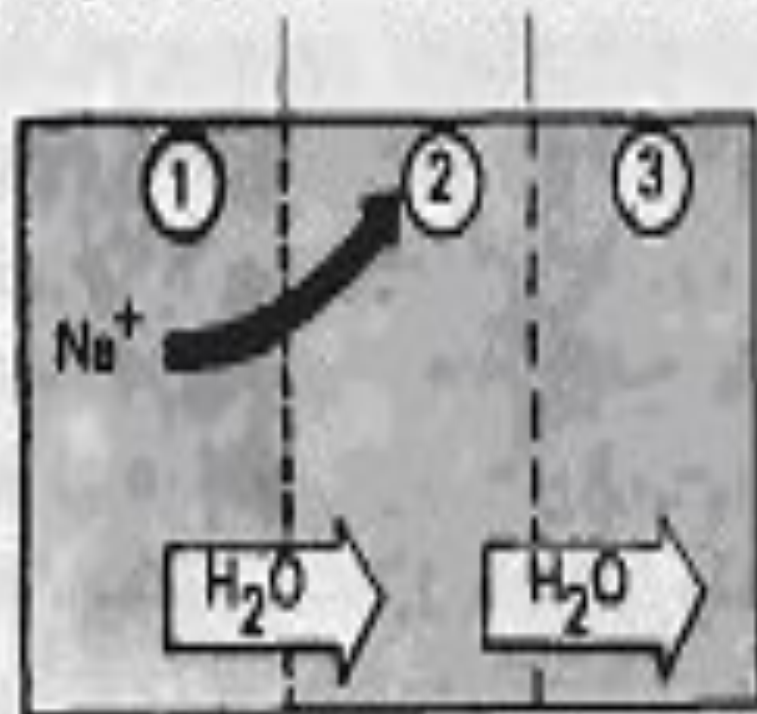


Б

Модель трех компартовментов

Плотный контакт
(малопроницаем)

Базальная мембрана
(высокопроницаема)



Транспорт воды

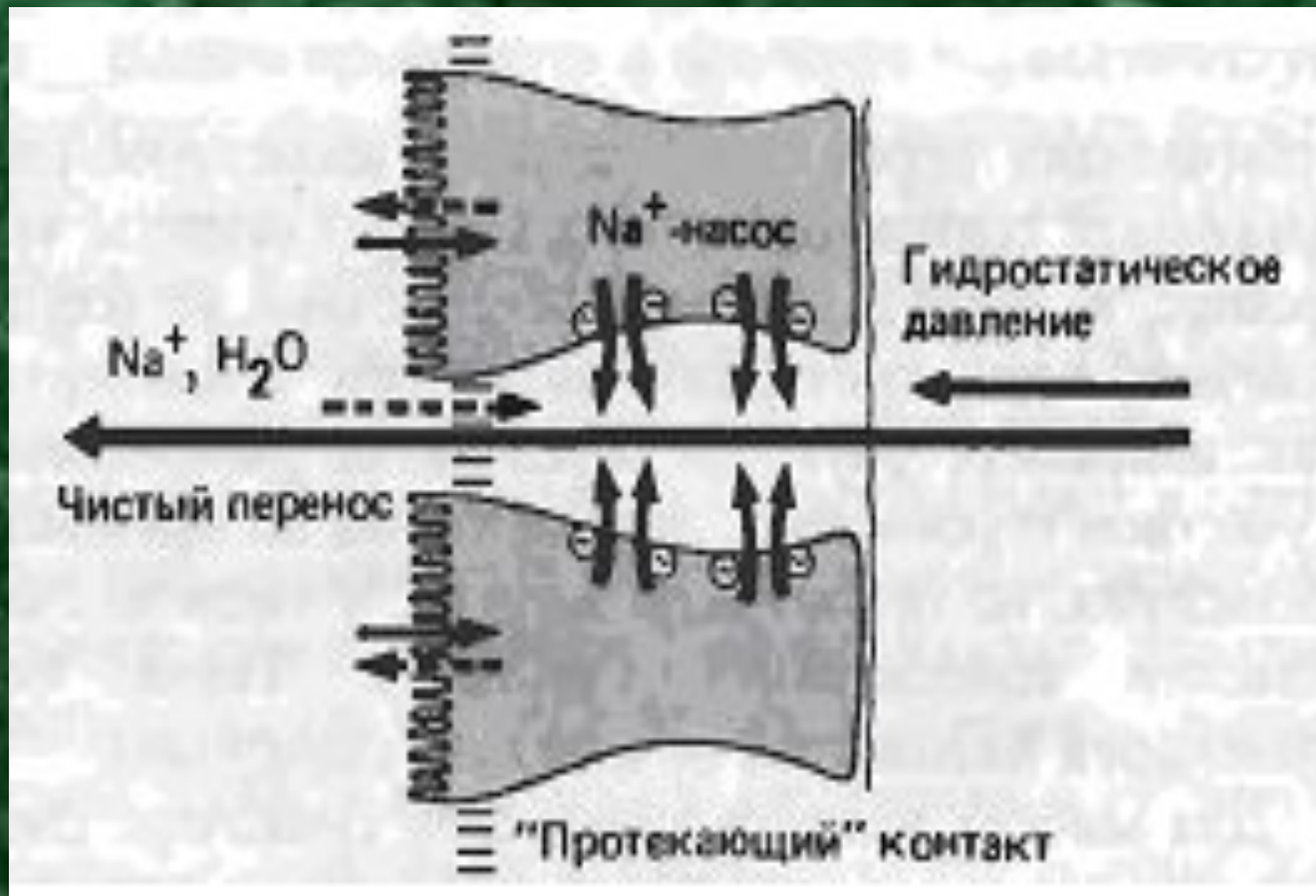
Происходит через плотные контакты между энтероцитами. Идет по градиентам:

- 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

Дигидроксипроизводные желчных кислот и слабительные препараты повышают проницаемость плотных контактов. Сернокислая магнезия повышает осмотическое давление в полости кишечника



Бактериальные токсины

(холерный токсин,
колитоксин)

Гормоны

(простогландины,
Секретин, ВИП)

```
graph TD; A[Бактериальные токсины] --> C[цАМФ]; B[Гормоны] --> C; C --> D[Изменение концентрации кальция в энтероцитах, увеличение проницаемости для хлора]; D --> E[Хлор выходит в полость, вслед за ним идет натрий (по электрическому градиенту, а вслед за ними идет вода ( по осмотическому градиенту))];
```

цАМФ

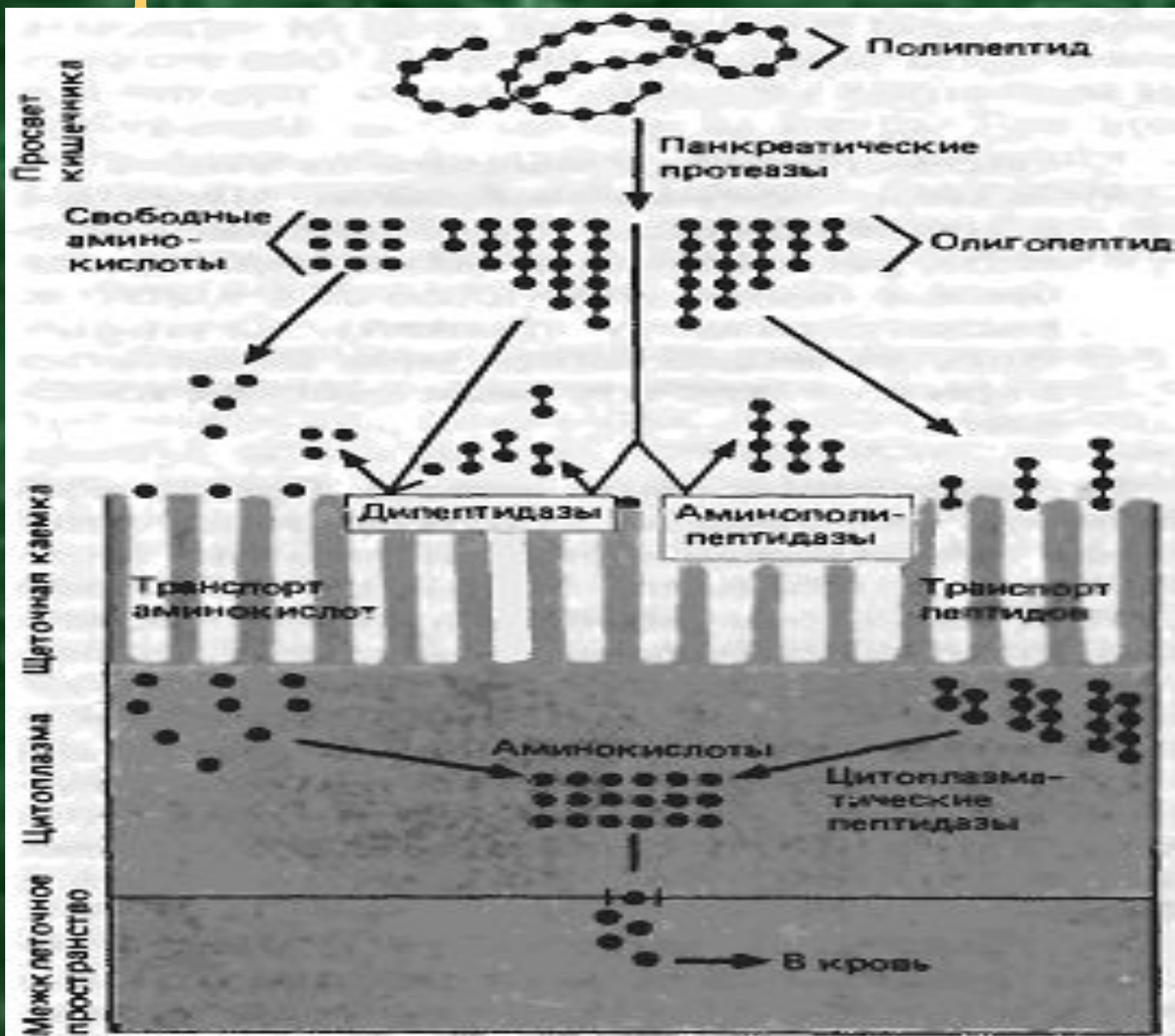
**Изменение концентрации кальция в энтероцитах,
увеличение проницаемости для хлора**

**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:

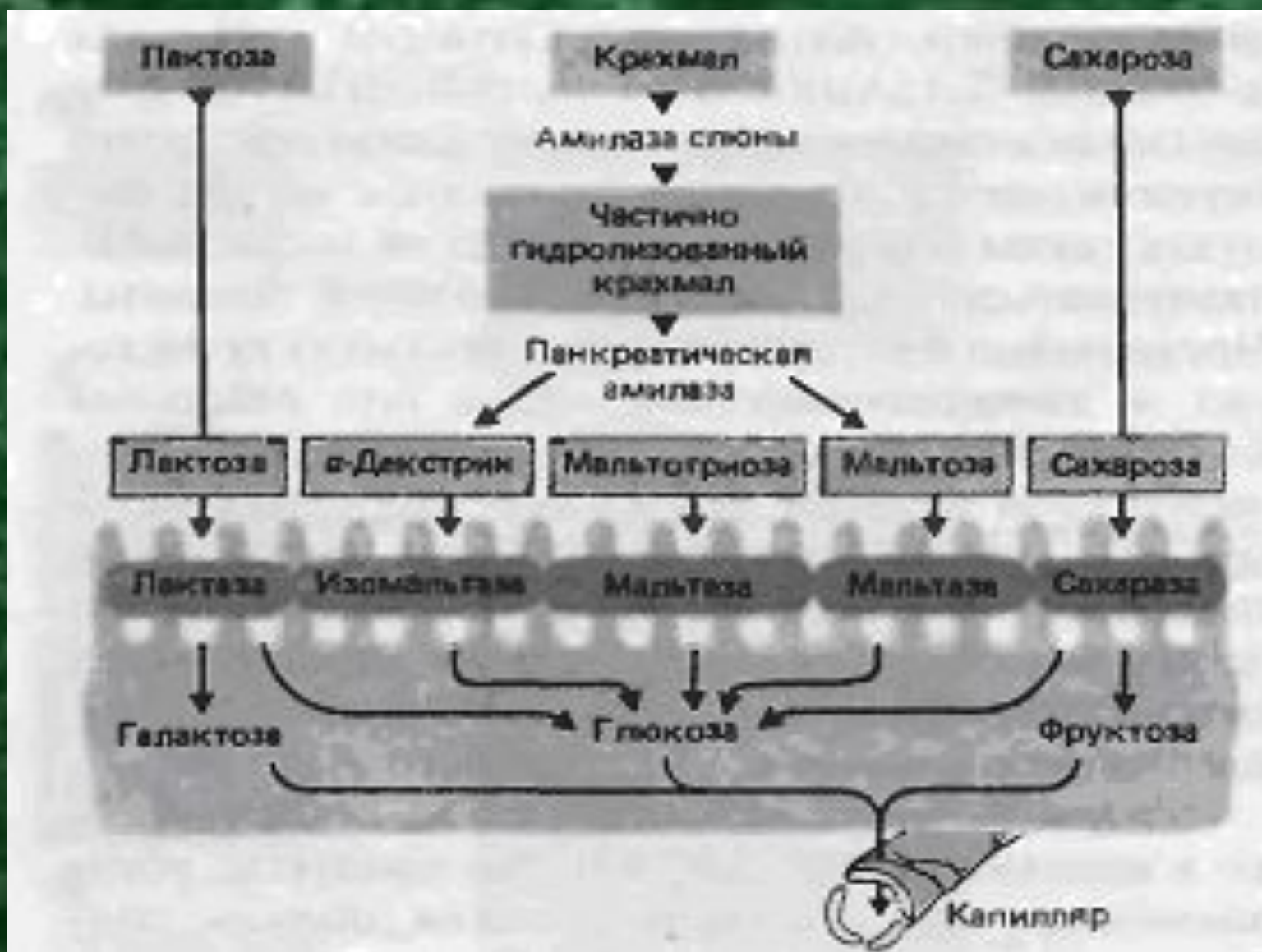
- В полости – альфа-амилаза
- На ворсинках – олигосахаридазы:
лактатдегидрогеназа (лактаза), гликозидаза
и др.

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

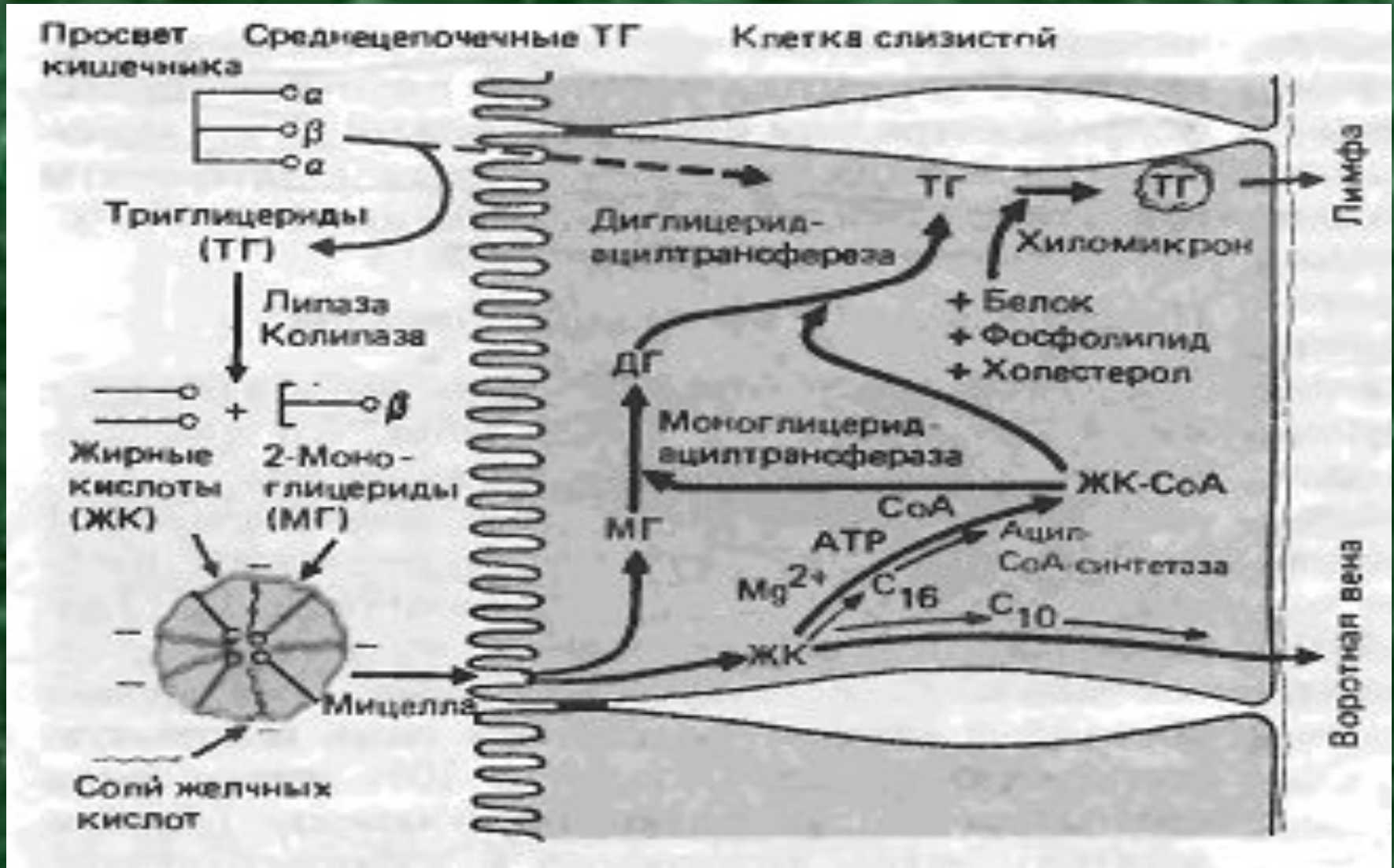
- В сутки поступает 60-100 г жиров

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

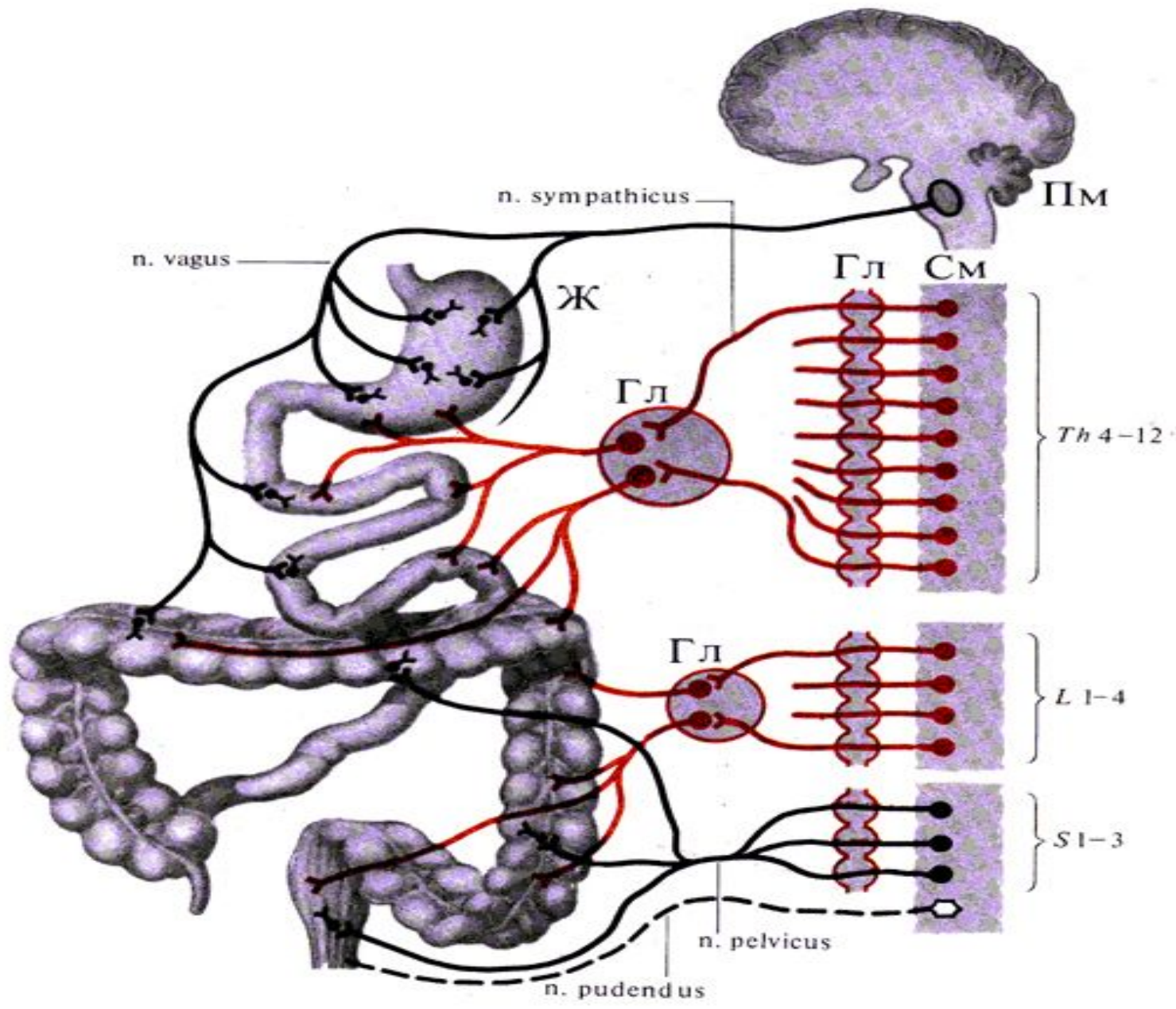


Всасывание липидов



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