

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



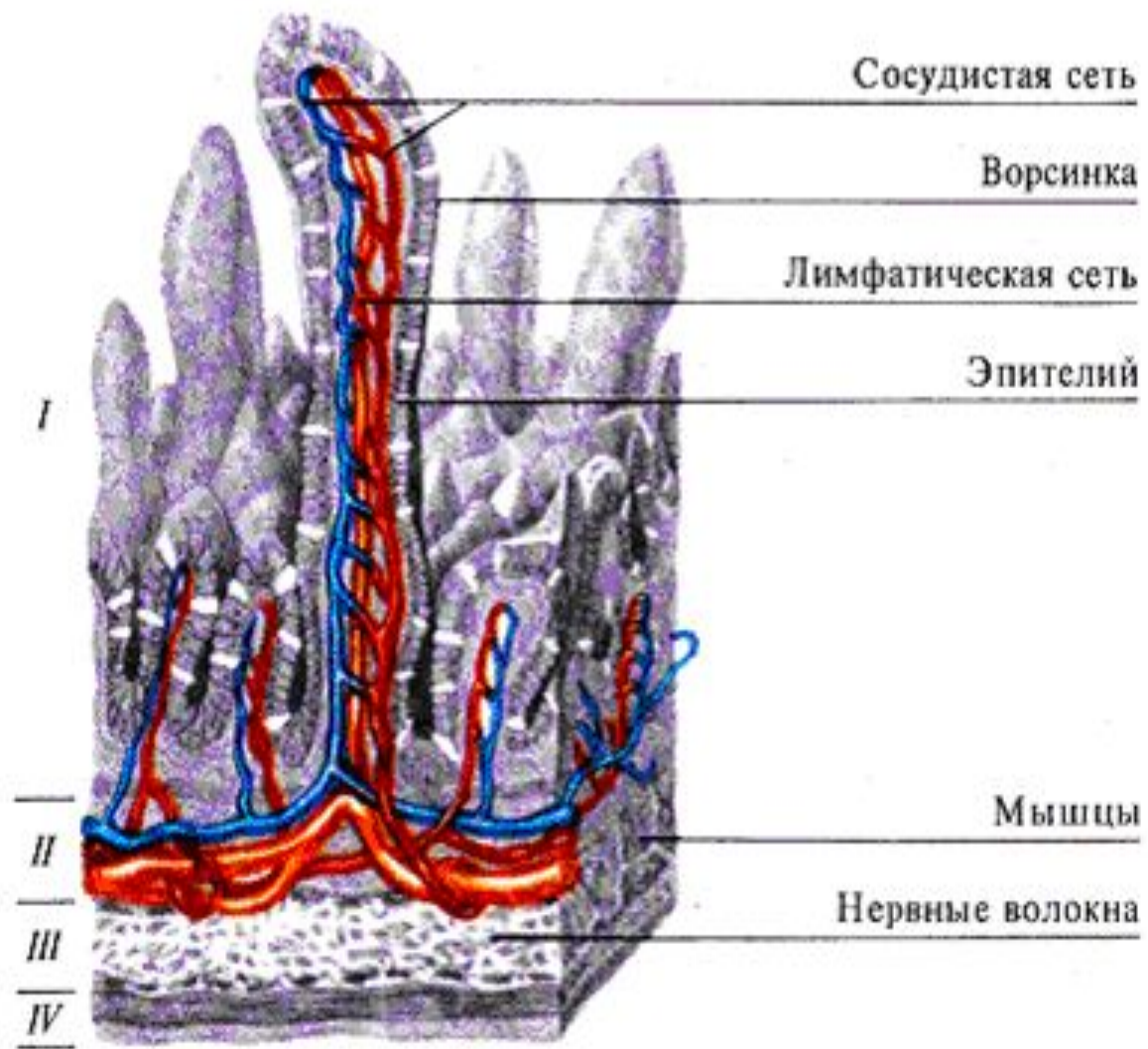
Амлаза+
крахмал+
Кусок кишки

3-4 часа



Амлаза+
крахмал+
кусок сваренной
кишки

48-52 часа





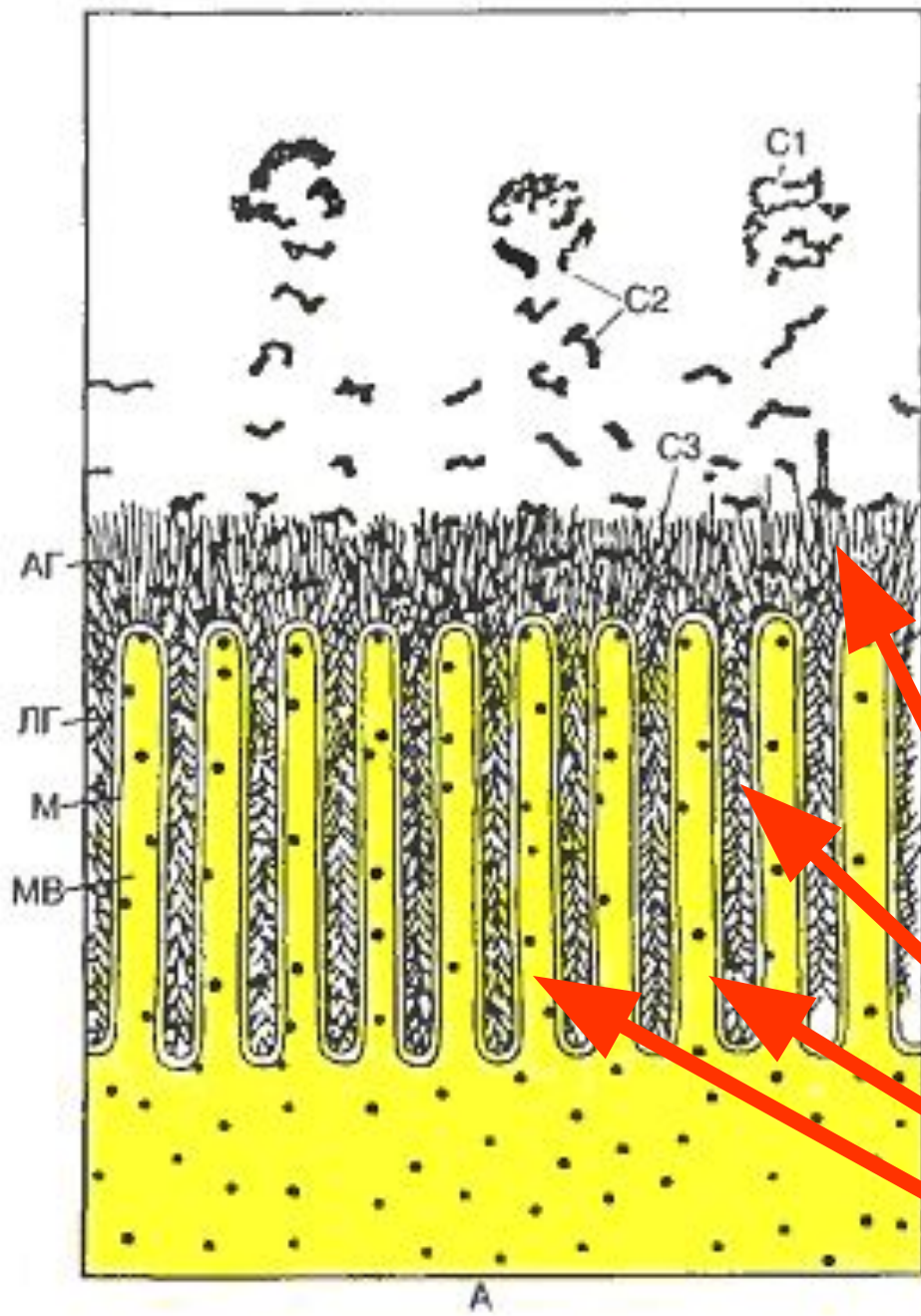


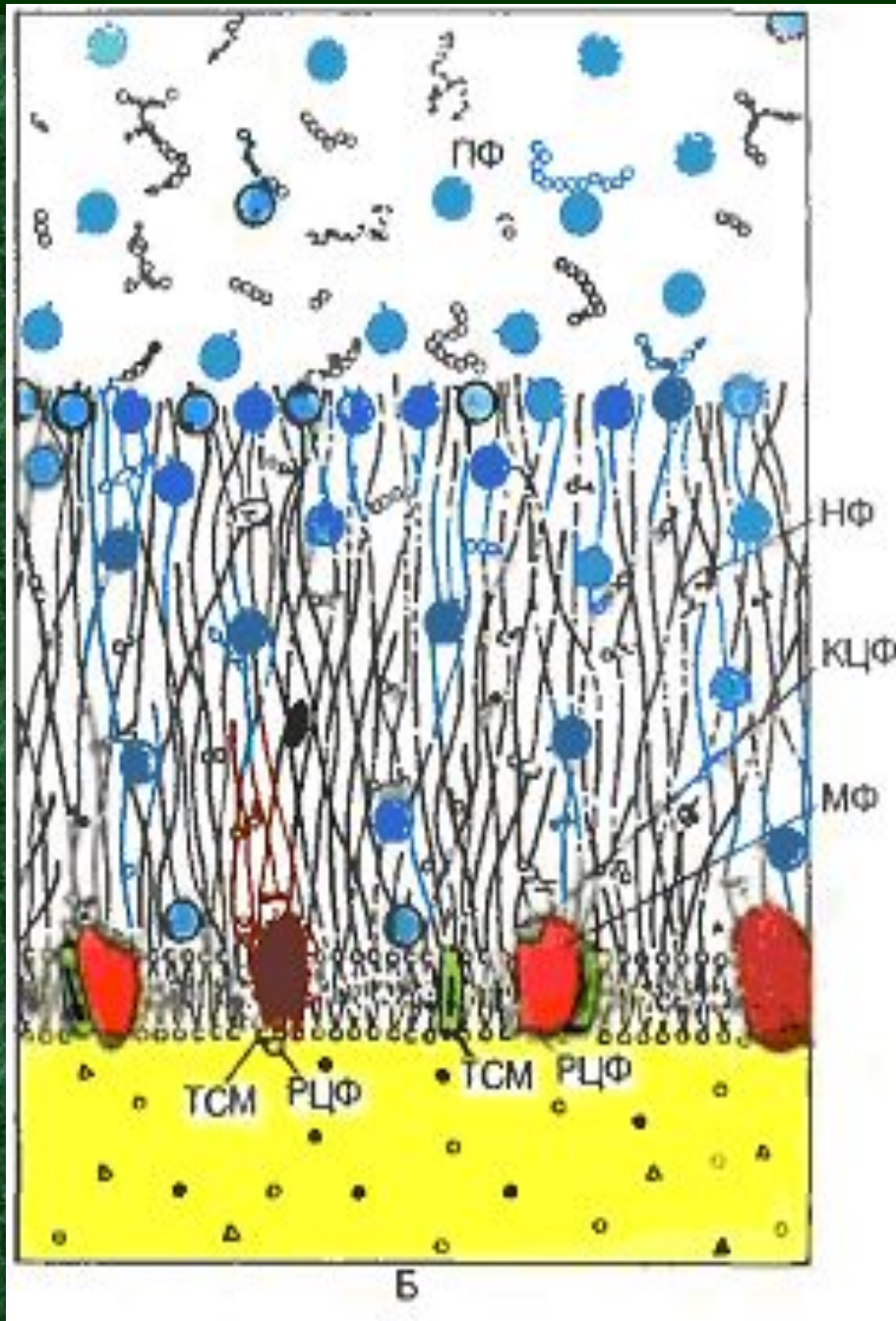
Схема последова-
тельной
деполимеризации
субстратов
в полости и
на поверхности
слизистой
тонкой кишки

АГ-апикальный
гликокалекс

ЛГ- латеральный
гликокалекс

М- мембрана

МВ - микроворсинки



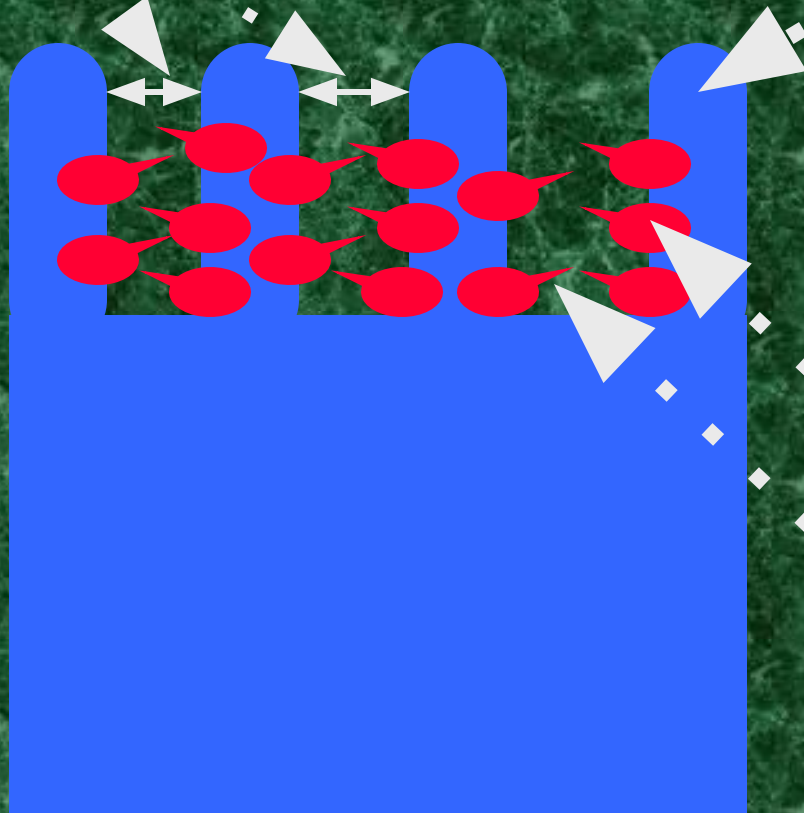
Фрагмент липопротеидной
мембраны с адсорбиро-
ванными и собственно
кишечными ферментами

НФ – *неферментные факторы*
МФ – *мембранные ферменты*
ПФ – *панкреатические
ферменты*
КЦФ – *каталитические
центры ферментов*
РЦФ – *регуляторные цент-
ры ферментов*
ТСМ – *транспортные системы
мембраны*

Область щеточной каймы

0,01-0,02 мкм

1-2 мкм



Микроворсинки –
до 3000 на одном
энтероците – *пло-
щадь увеличи-
вается 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

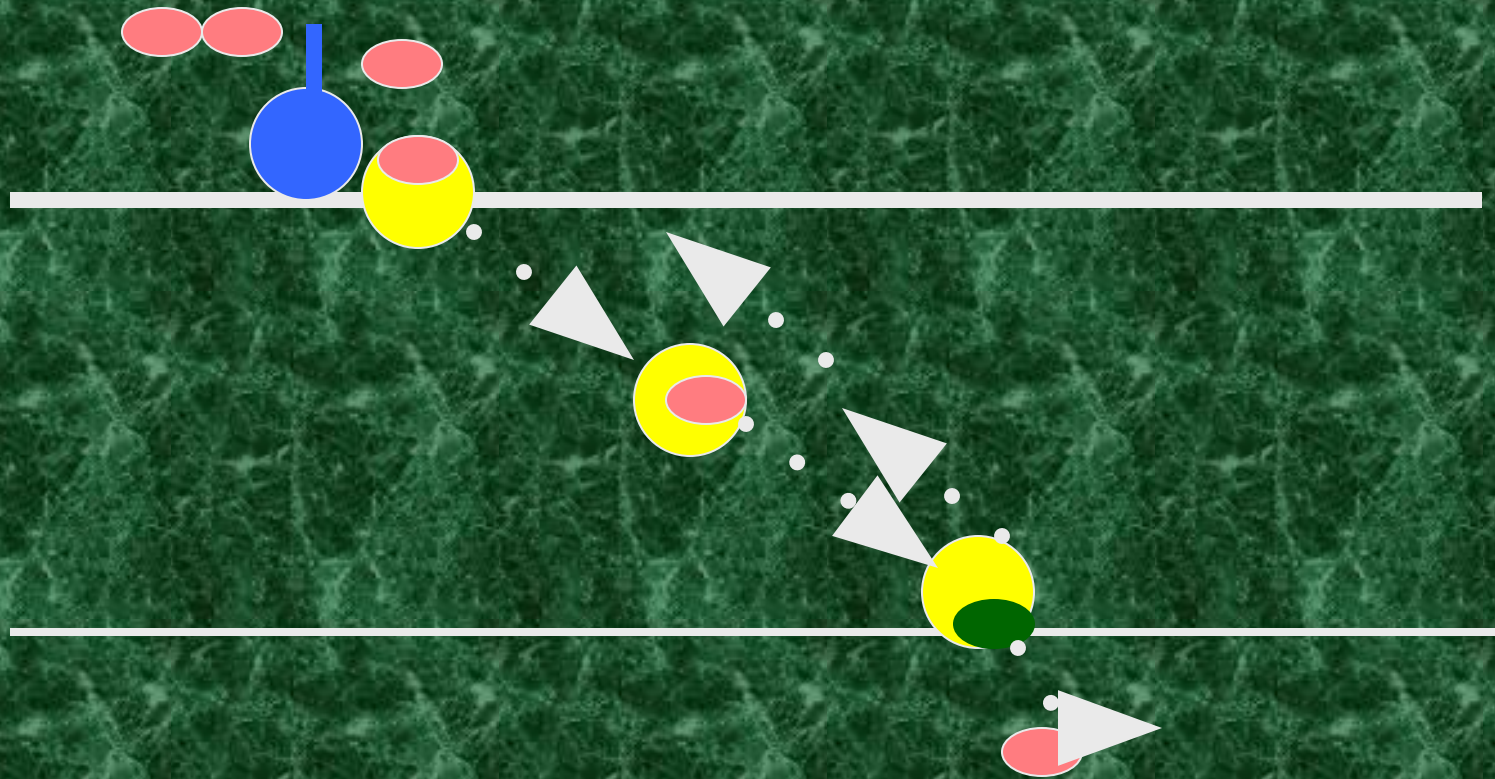
Основные свойства пристеночного пищеварения

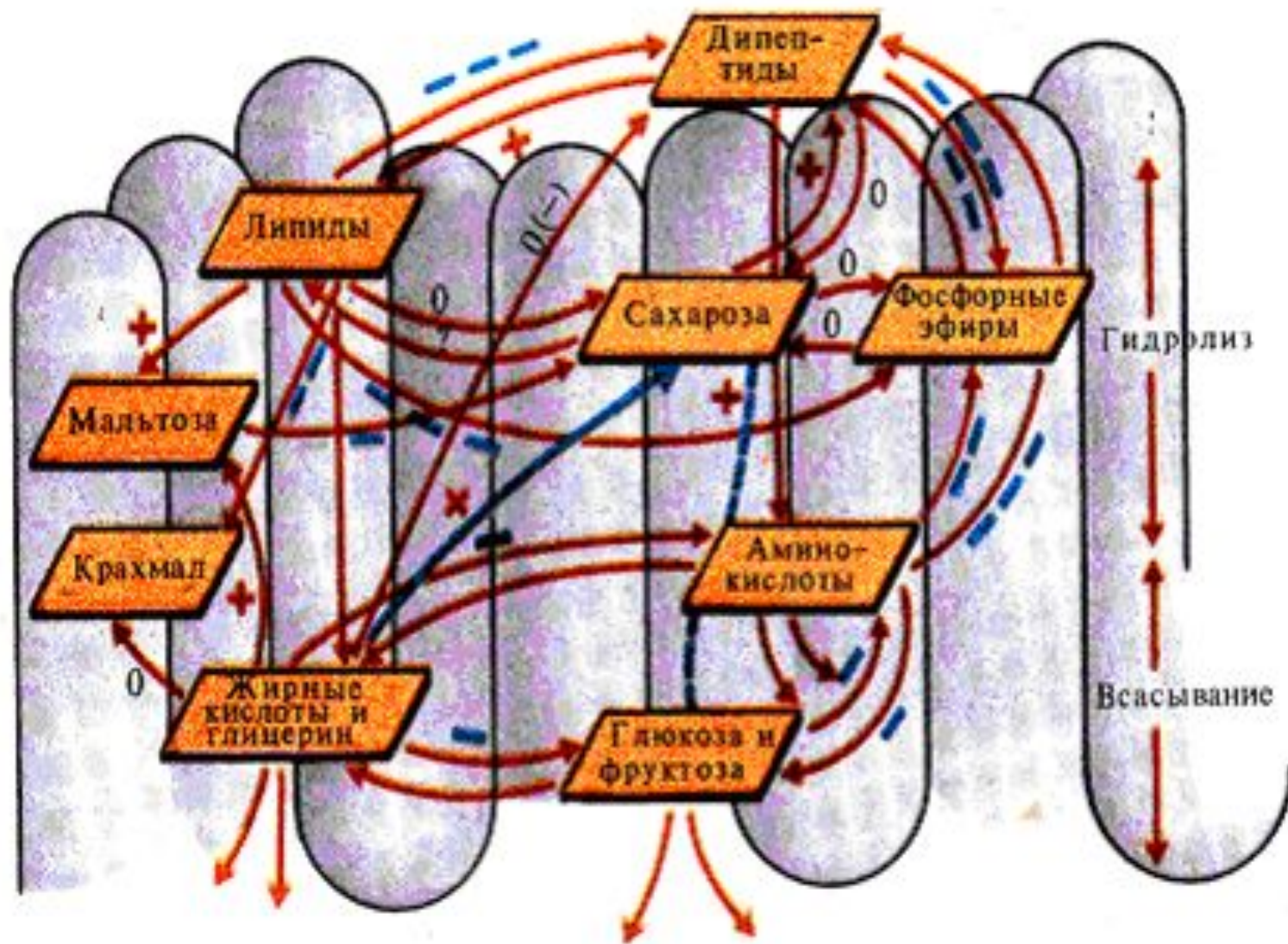
1. Большая каталитическая поверхность.
2. Высокая эффективность
3. Стерильность
4. Сопряженность пищеварения с процессами всасывания

ферменты

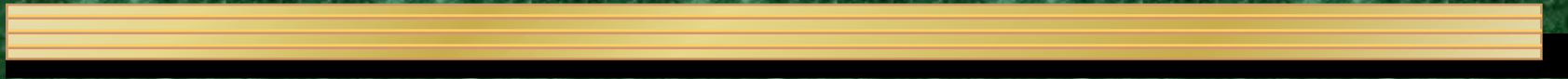
- Вырабатываются энтероцитами
- Фиксированы на апикальной мембране энтероцита
- При разрушении клетки попадают в гликокалекс и слой слизи, в кишечный сок
- Расщепление олигомеров и димеров до мономеров.

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

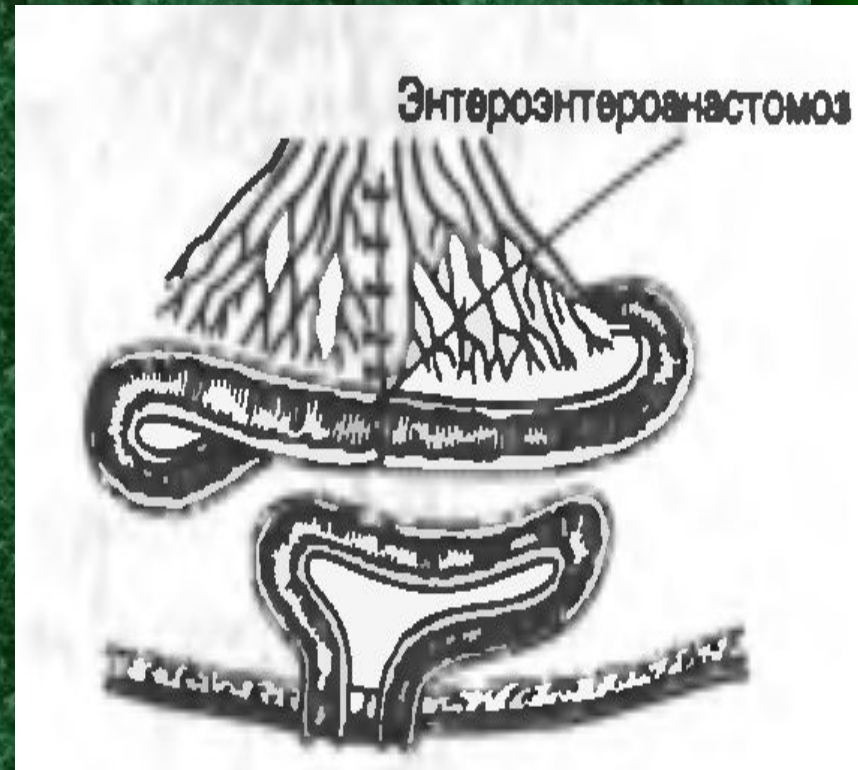


хронические

ИЗОЛИРОВАННАЯ КИШКА



По Тири



По Тири-Велла



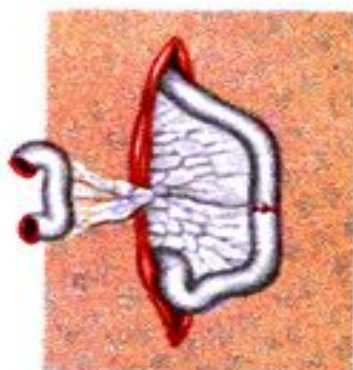
I
Разрез
по белой
линии



II
Петля
кишечника



III
Обособление
петли



IV
Сшивание
кишки



V
Укрепление
концов изоли-
рованной петли
в кожной ране

VI



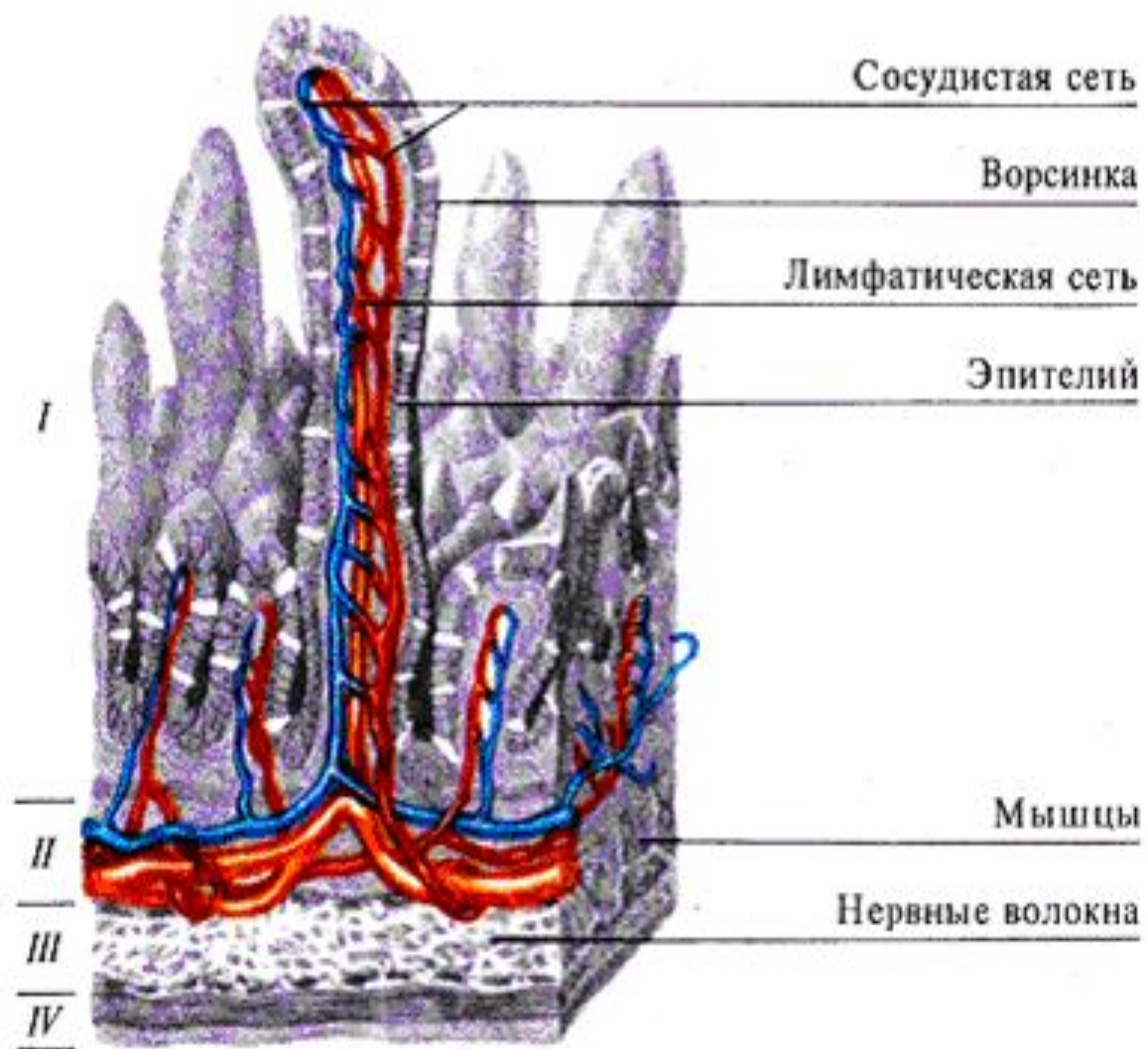
Полифистульная методика

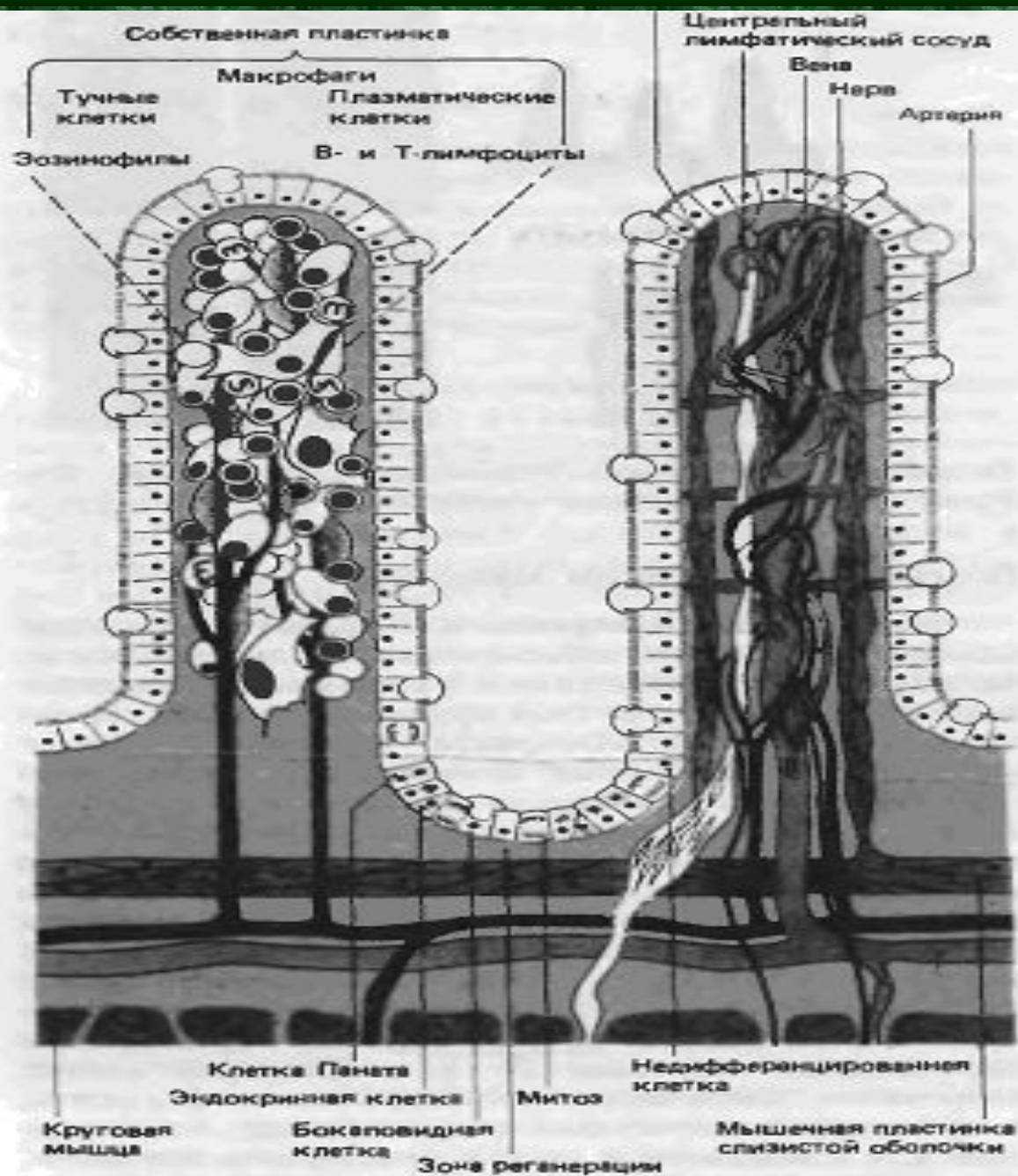


Ангиостомия по Лондону
-формирование фистулы
воротной вены

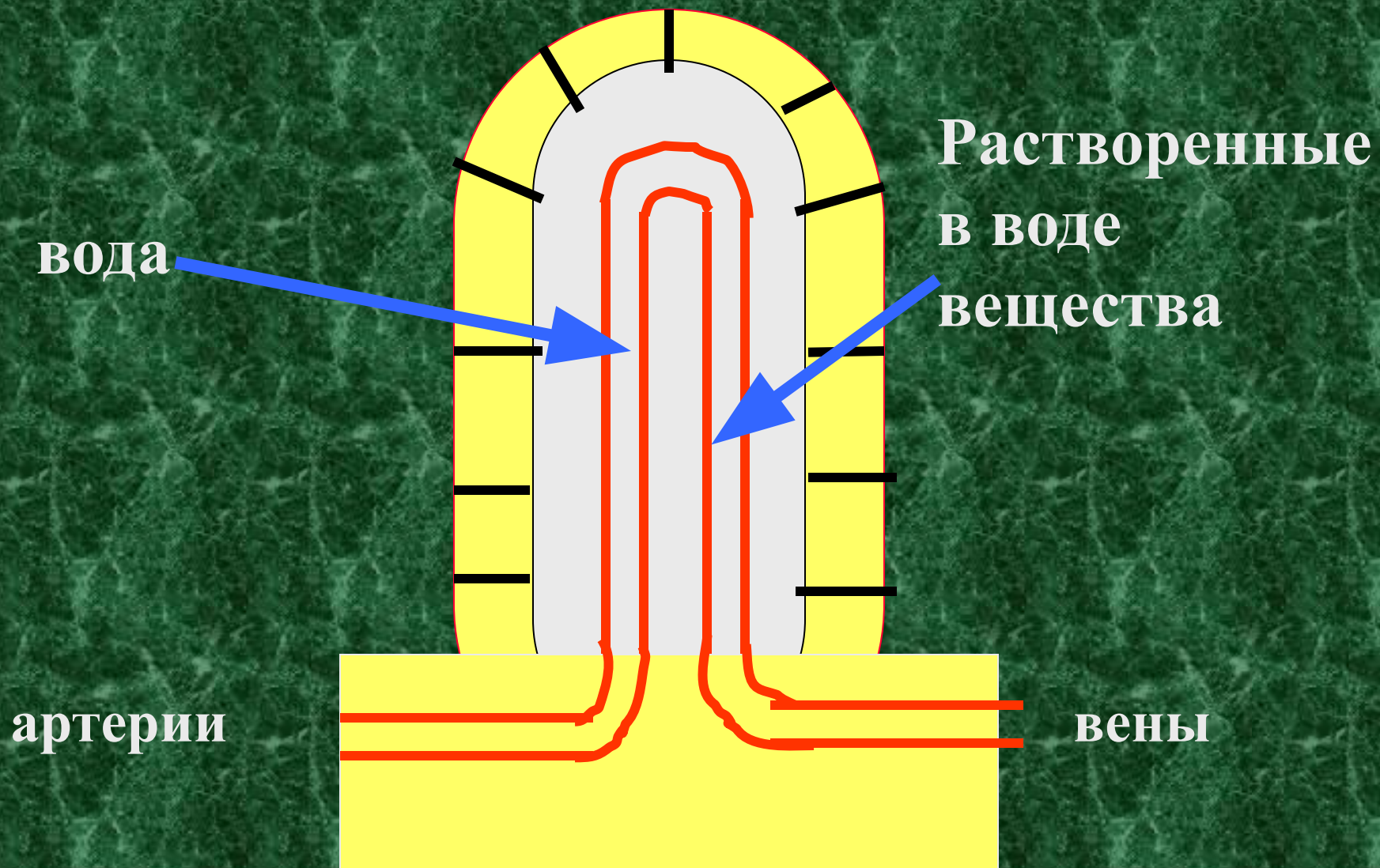
макроворсинки

**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

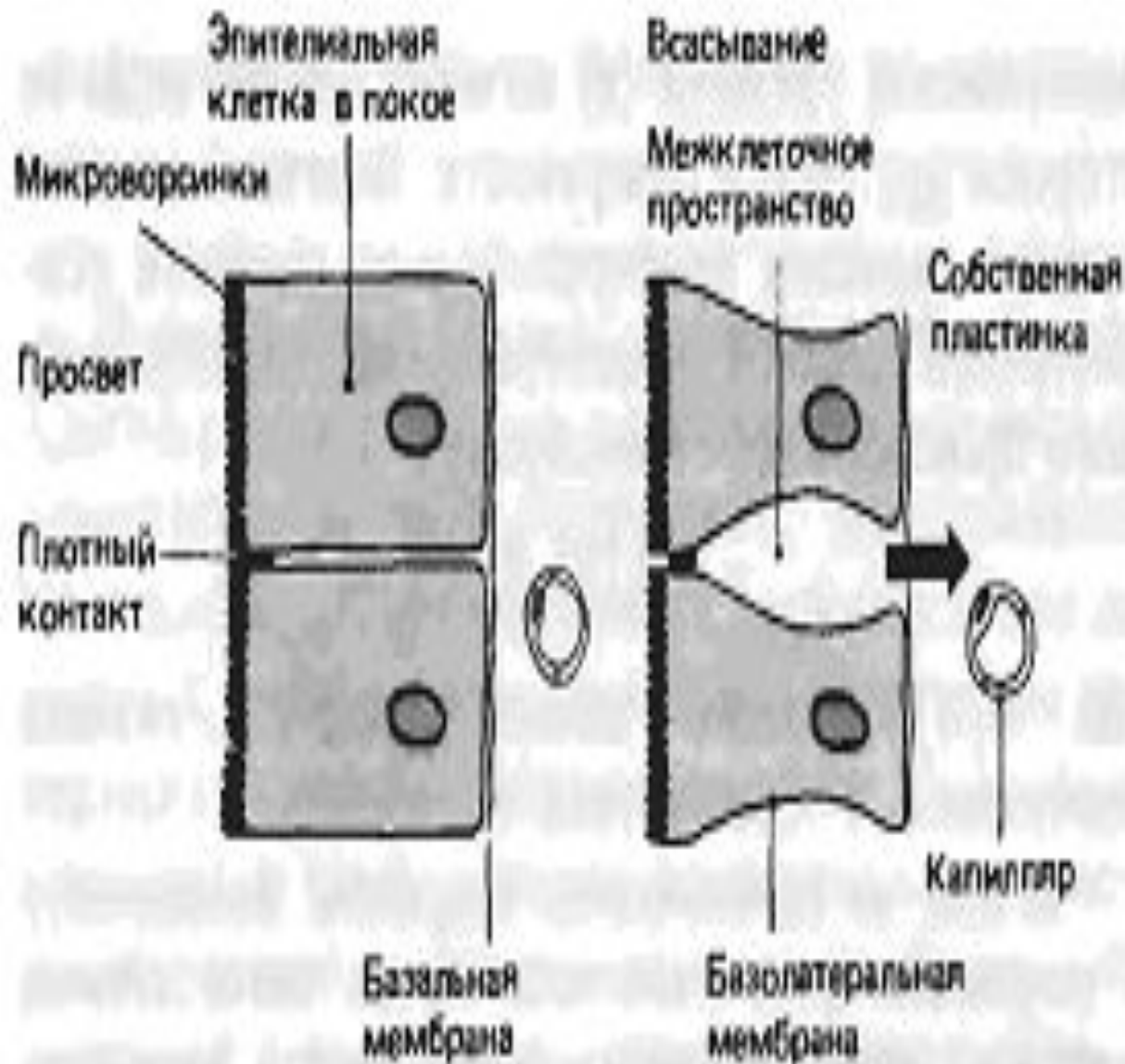
- Верхняя брыжеечная артерия
- Чревная артерия
- Нижняя брыжеечная артерия

На тонкий кишечник приходится 10-15% Q

400 мл/мин

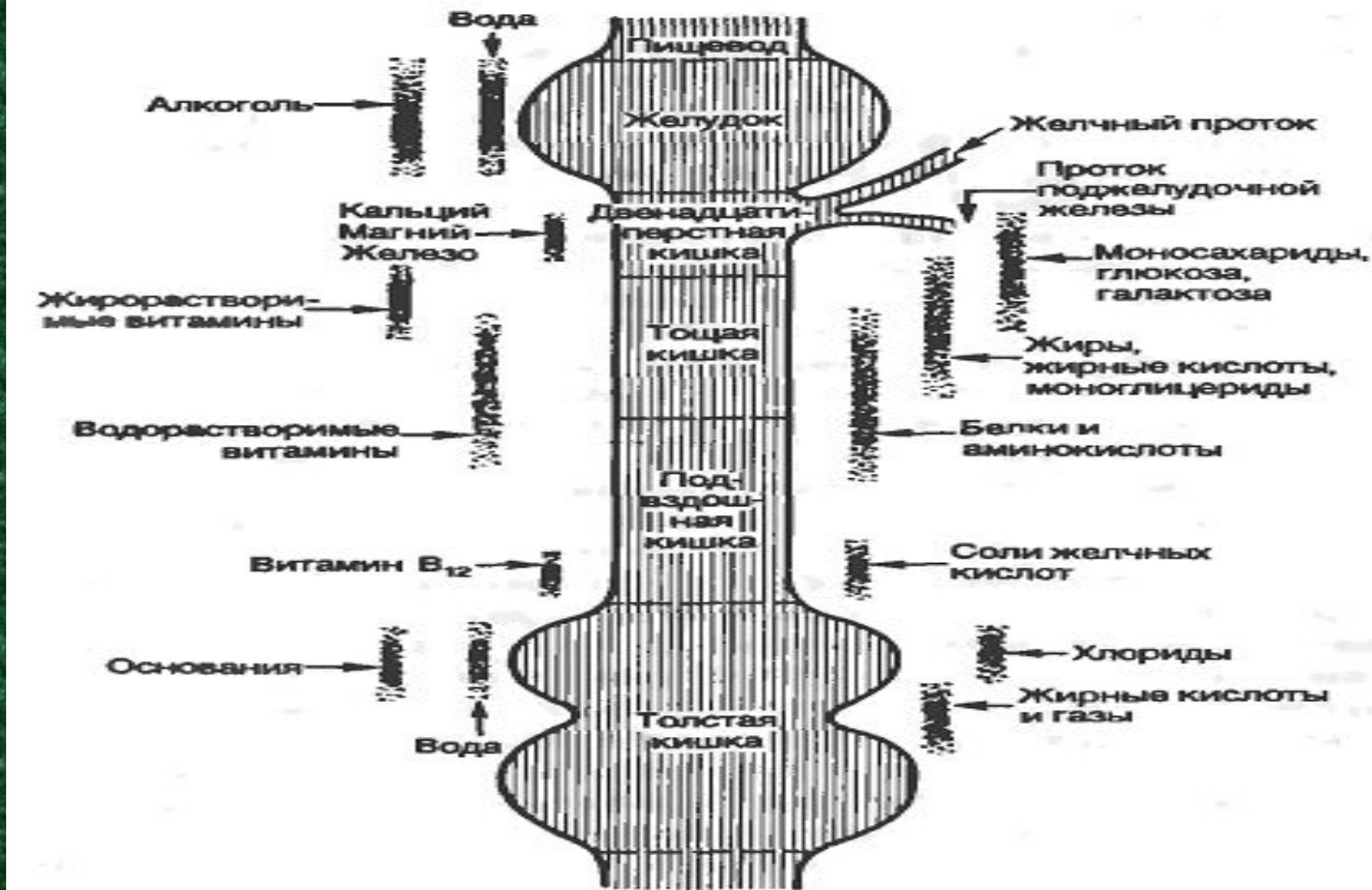


Во время пищеварения кровоток
увеличивается на 30-130% 750 мл/мин



**Функциональ-
ная единица
всасывательной
поверхности**

Топография всасывания веществ из пищеварительного тракта



Механизмы транспорта, участвующие в процессах всасывания



Тощая кишка

Подвздошная
кишка

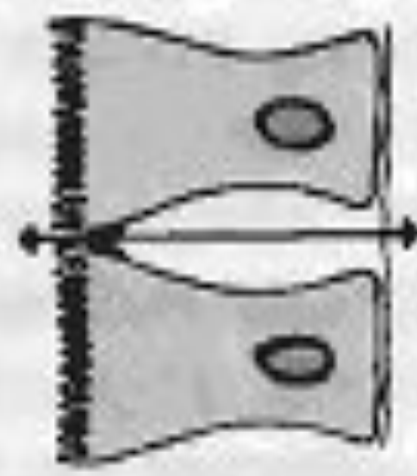
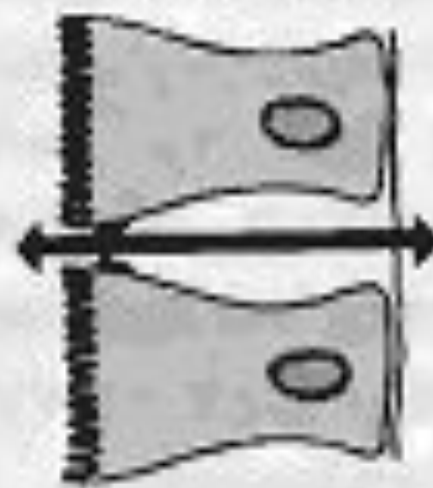
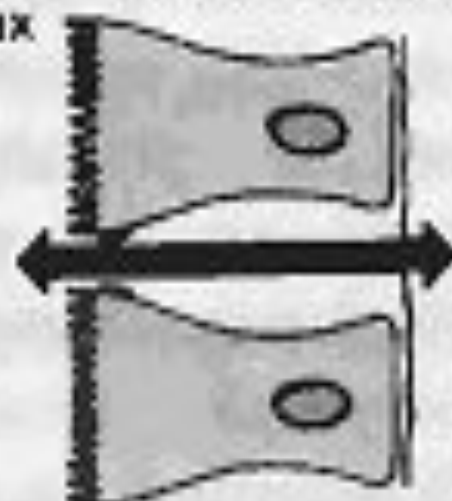
Толстая кишка

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

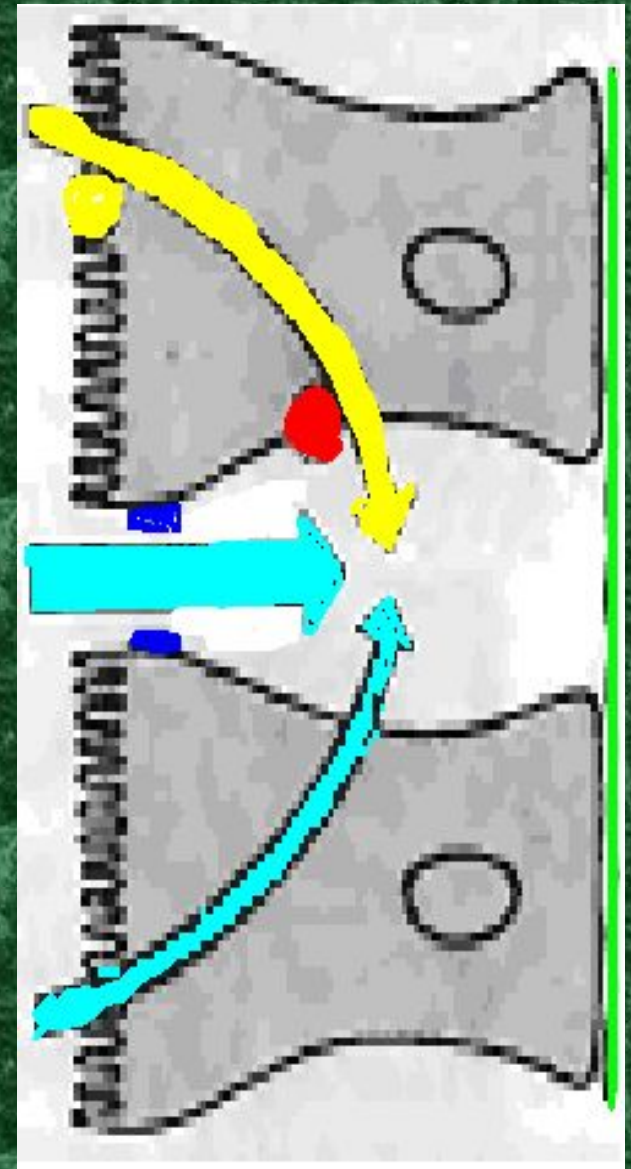
пассивный

Через плотные контакты

- Диффузия
- конвекция

Через клетки

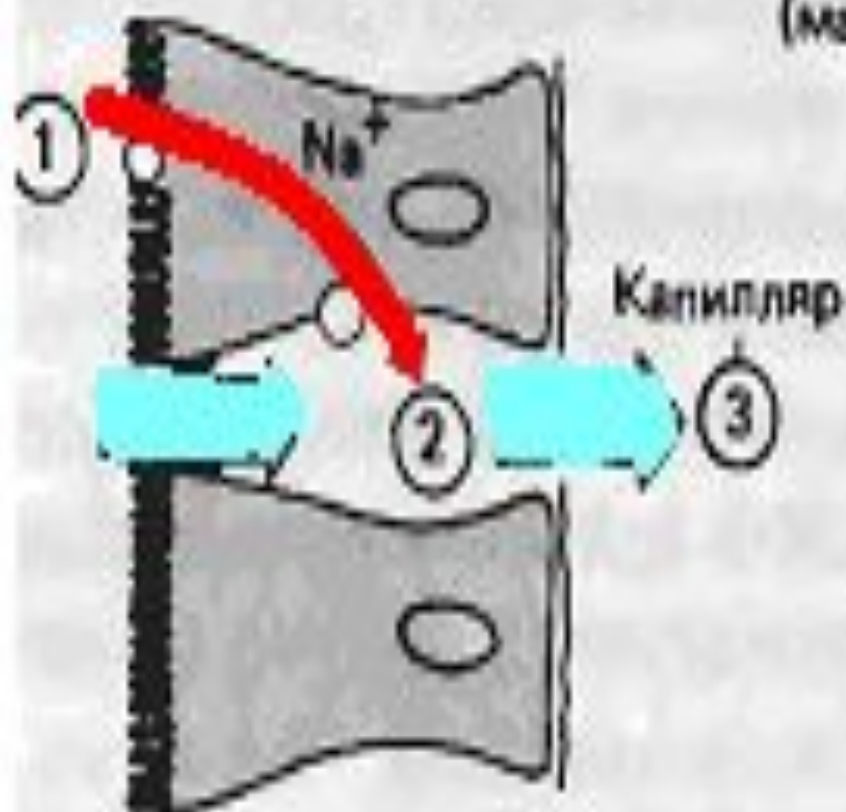
- Диффузия
- конвекция



A

In vivo

Активный транспорт Na^+

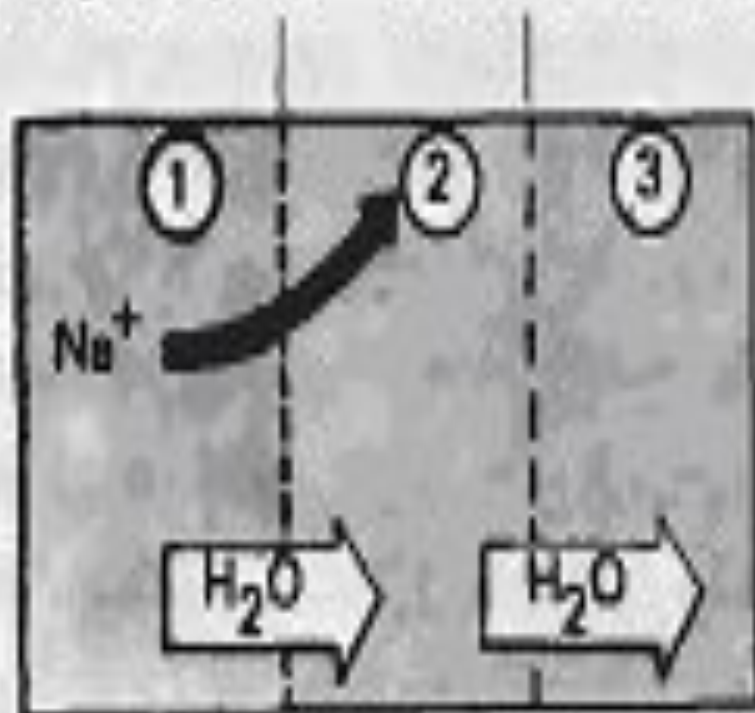


B

Модель трех компартментов

Плотный контакт
(малопроницаем)

Базальная мембрана
(высокопроницаема)



Транспорт воды

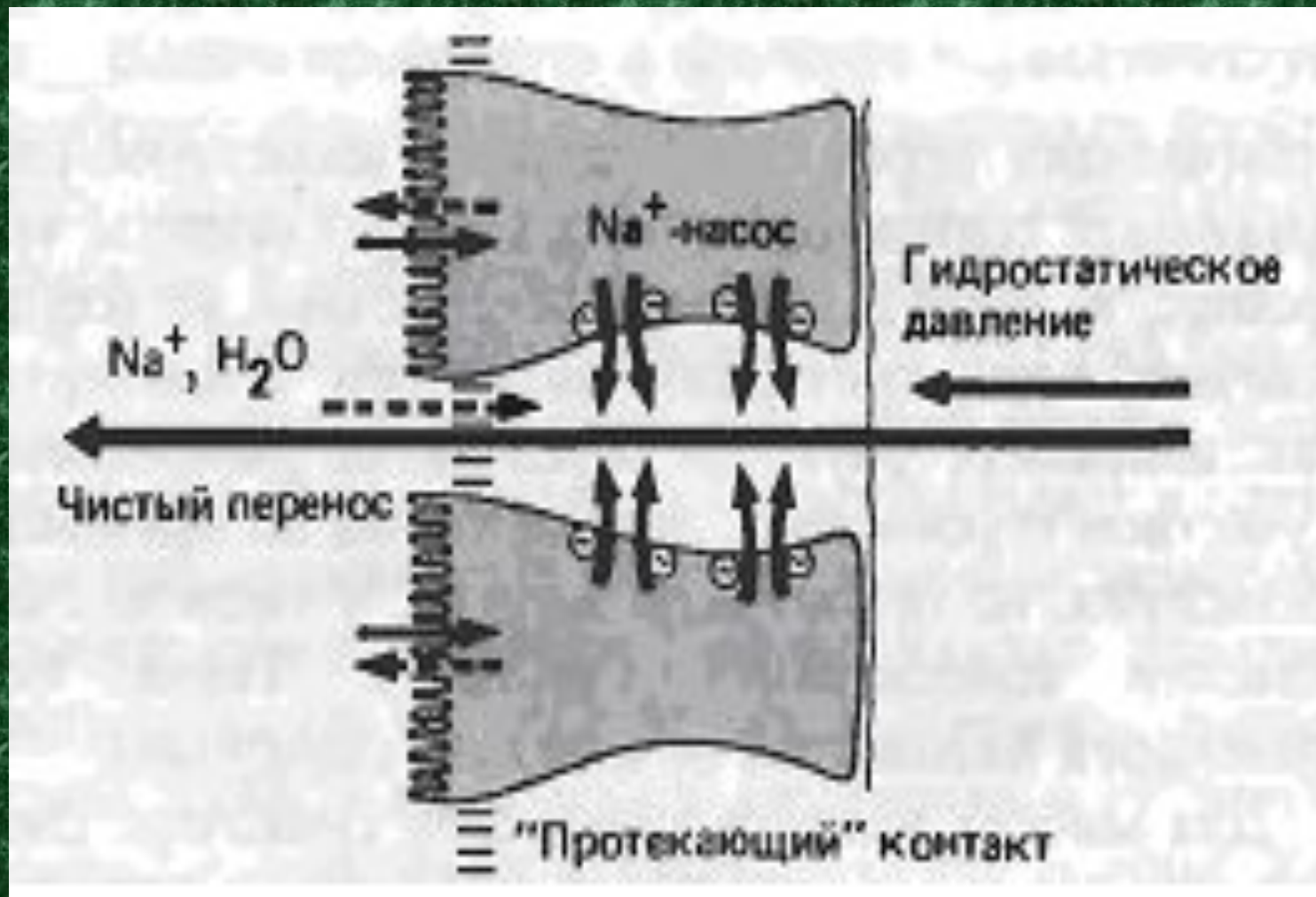
Происходит через плотные контакты между энтероцитами. Идет по градиентам:

- 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

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)



↑ **цАМФ**

The diagram illustrates the signaling pathway initiated by bacterial toxins and hormones. Two white arrows point from the text blocks 'Бактериальные токсины' and 'Гормоны' towards a central point. From this point, a red arrow points upwards to the text '↑ цАМФ', and a white arrow points downwards towards the subsequent text blocks.

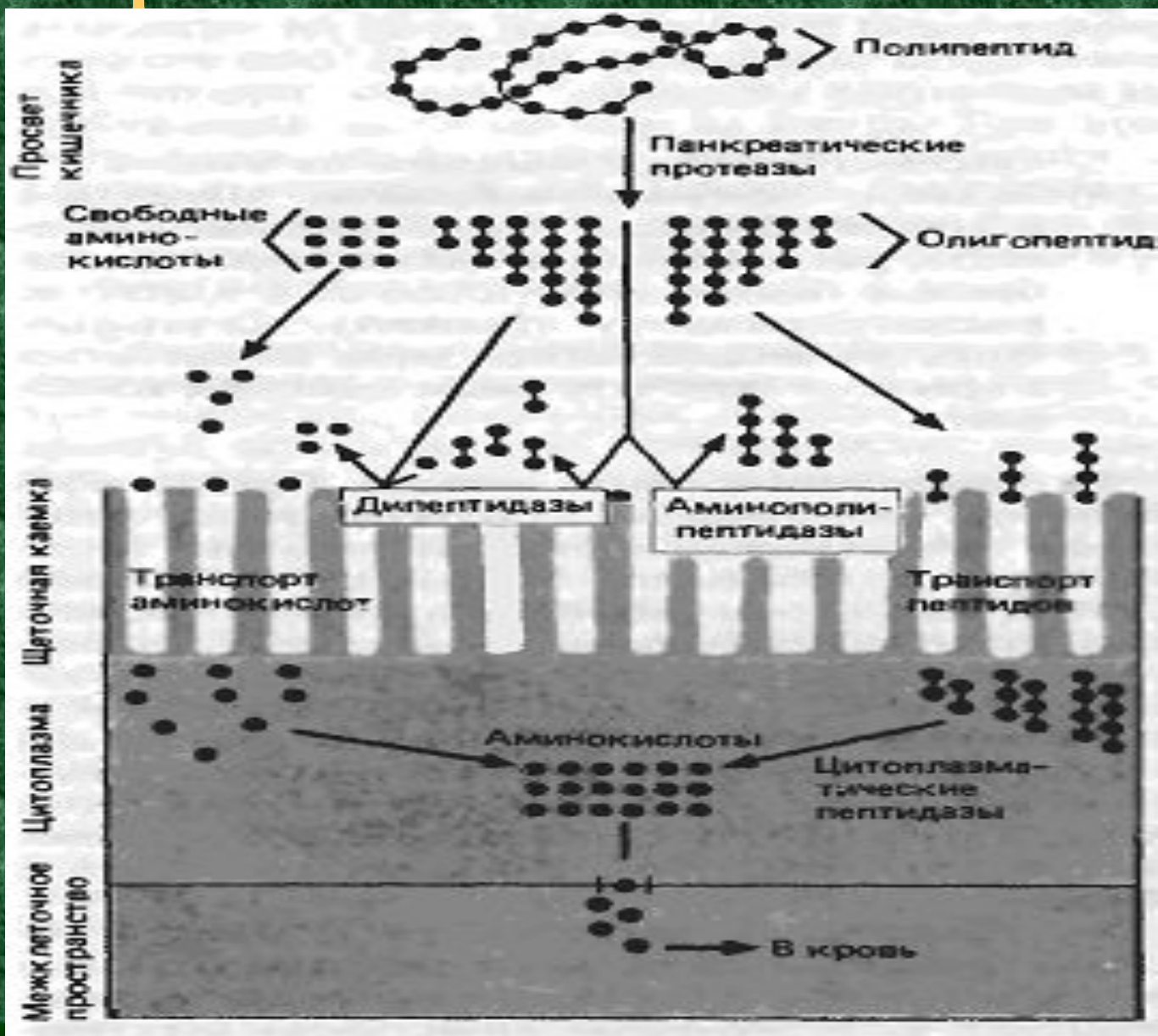
Изменение концентрации кальция в энтероцитах,
увеличение проницаемости для хлора

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:

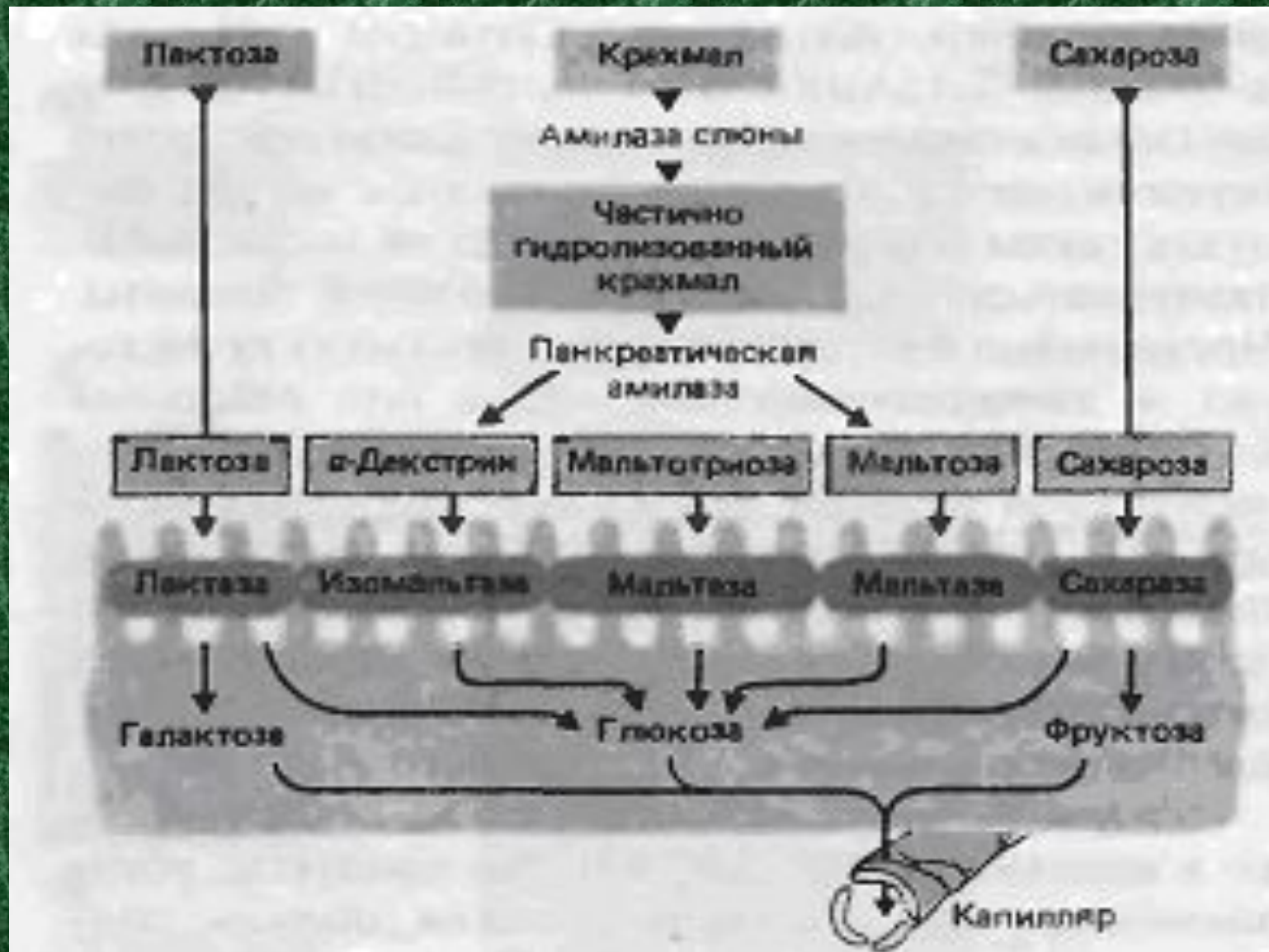
- В полости — альфа-амилаза
- На ворсинках — олигосахаридазы:
лактатдегидрогеназа (лактаза), гликозидаза
и др.

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



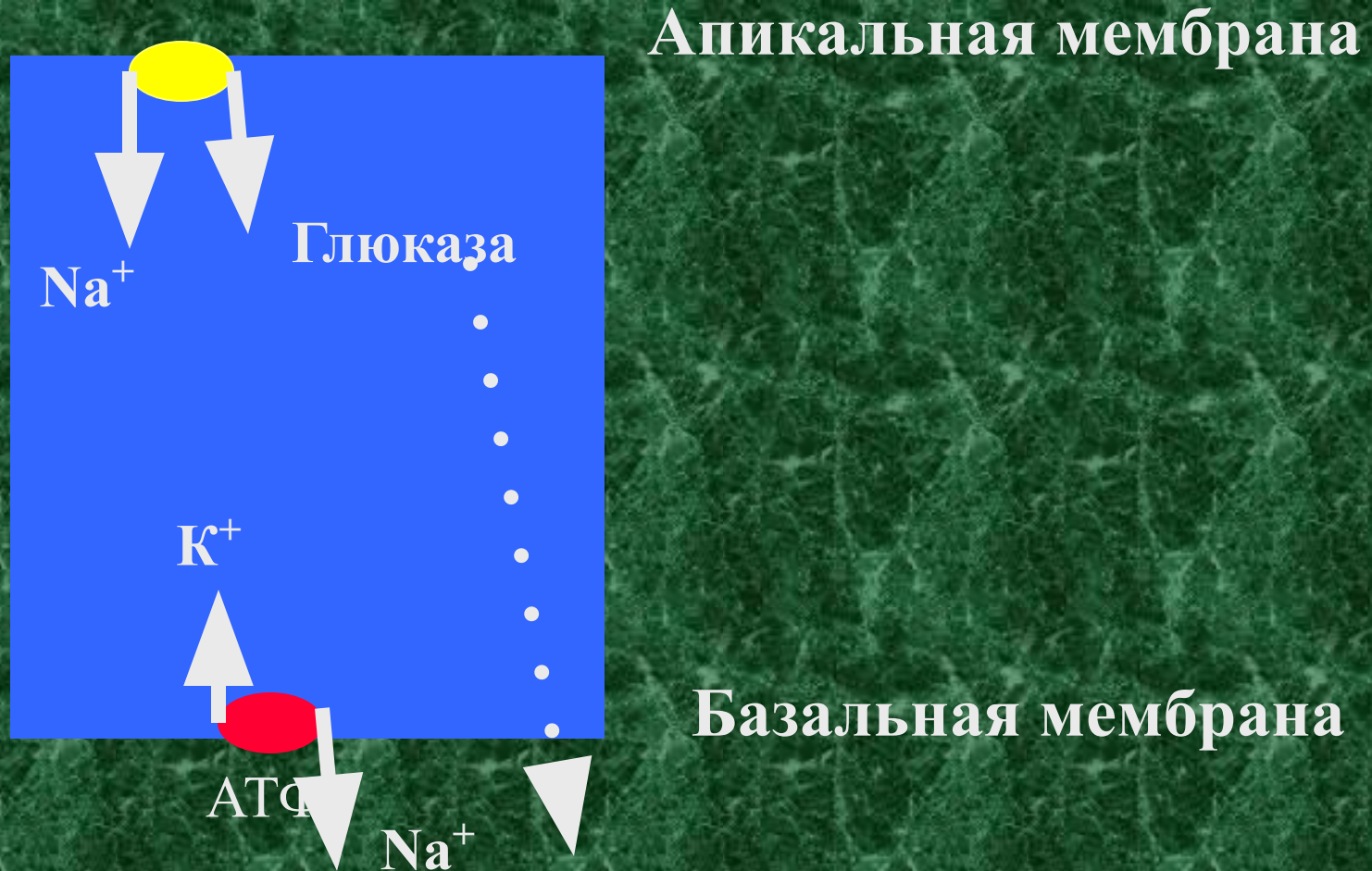
Транспорт углеводных мономеров

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

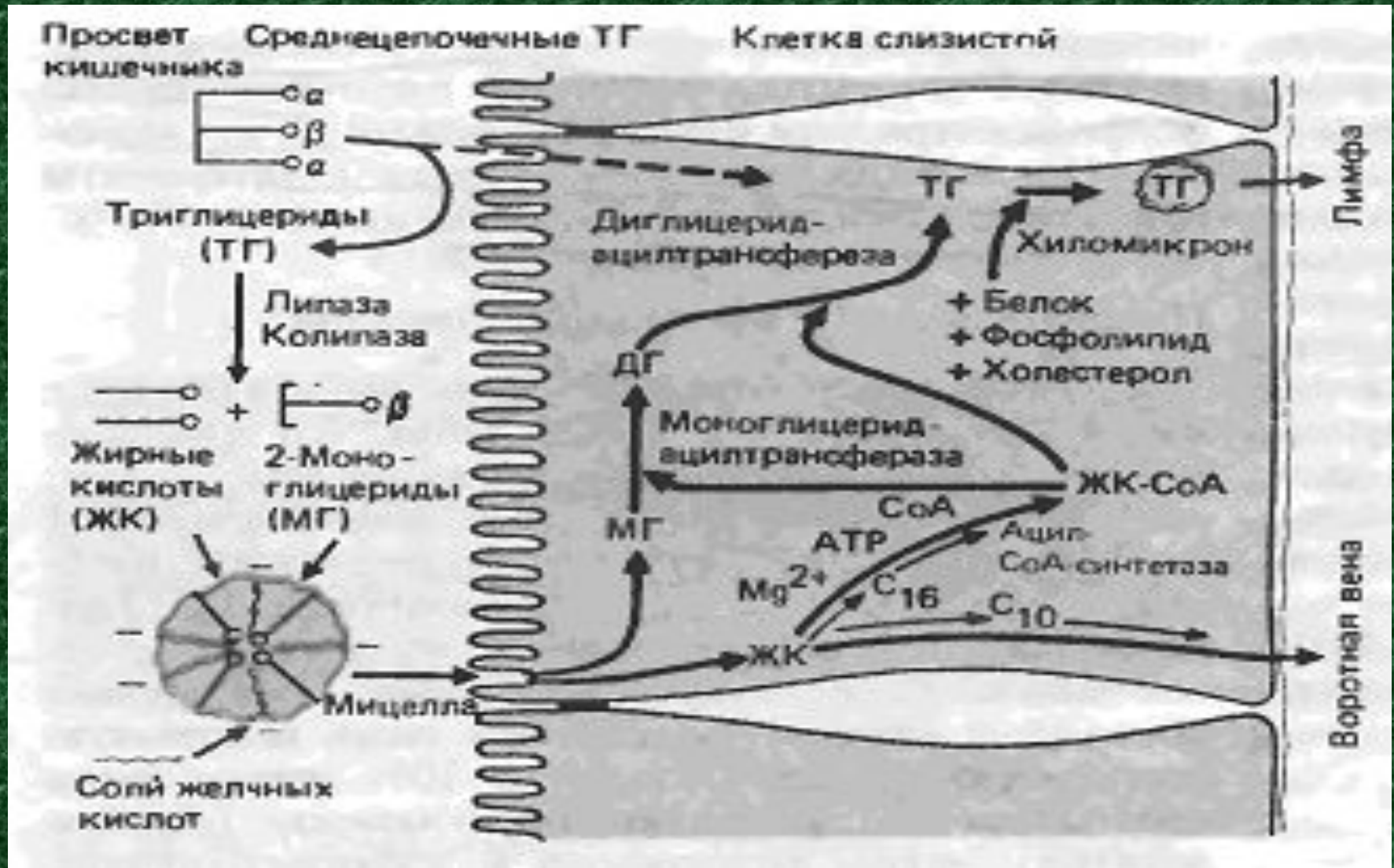
- В сутки поступает 60-100 г жиров

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**

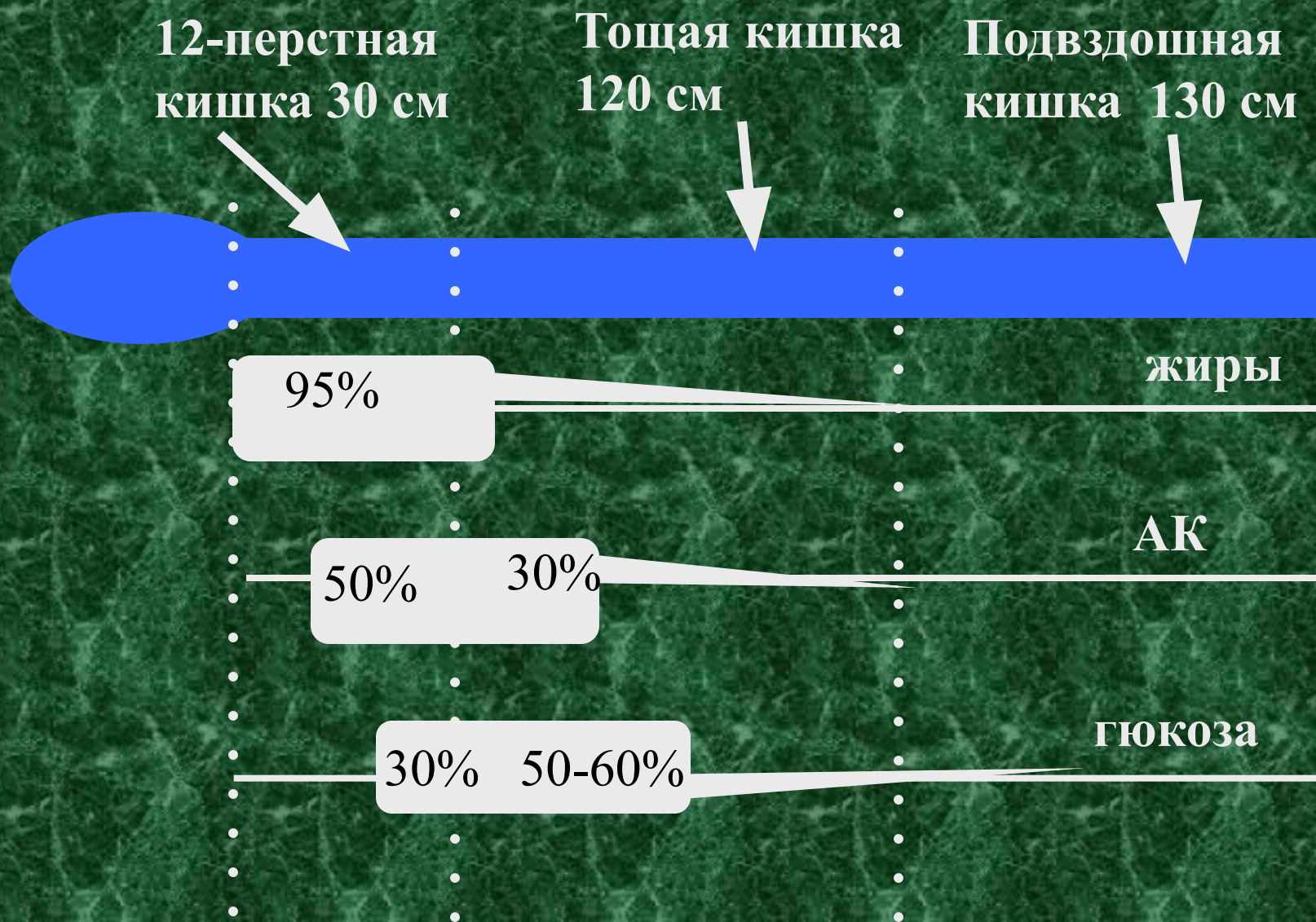
Переваривание и всасывание липидов

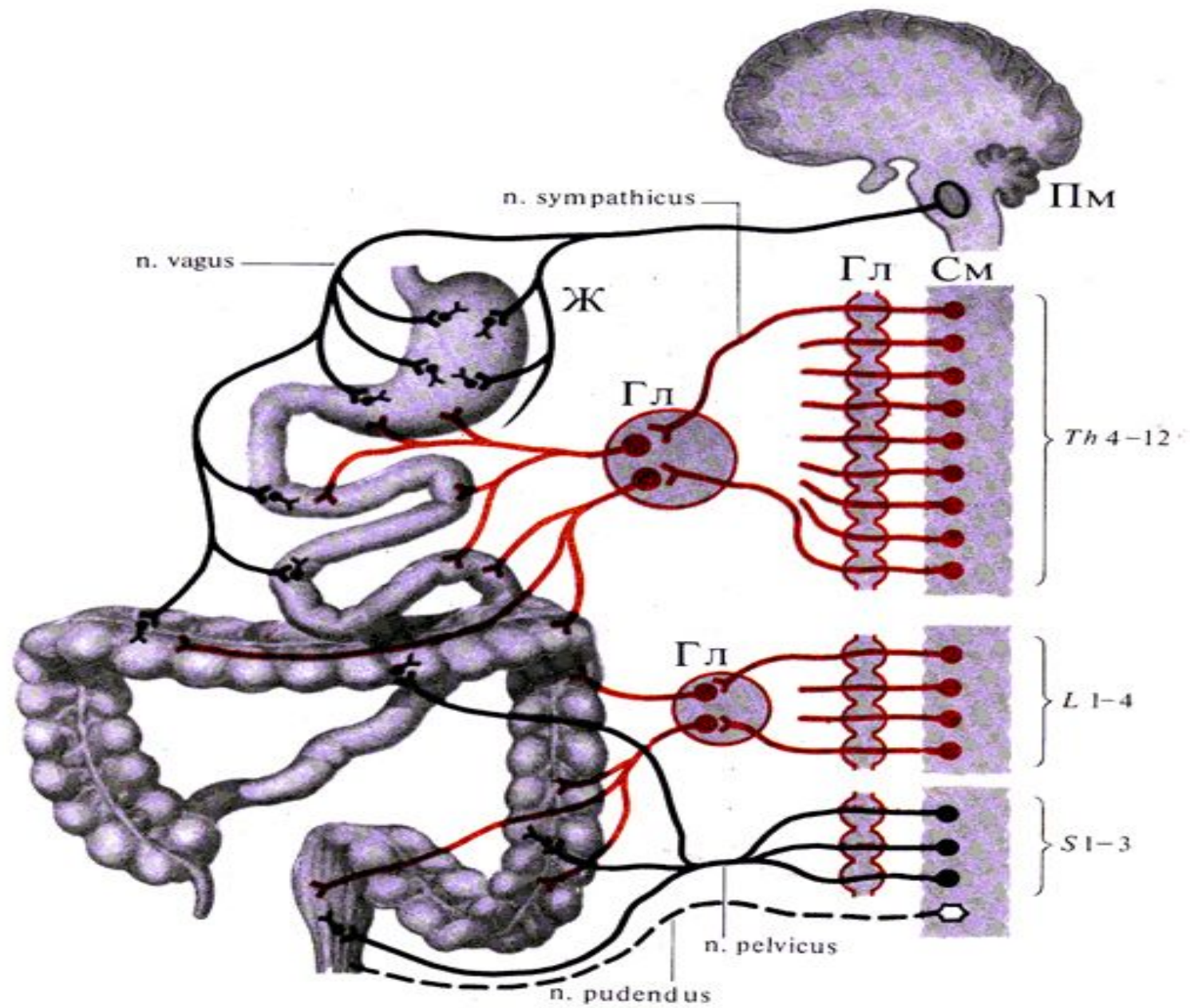


Всасывание липидов



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