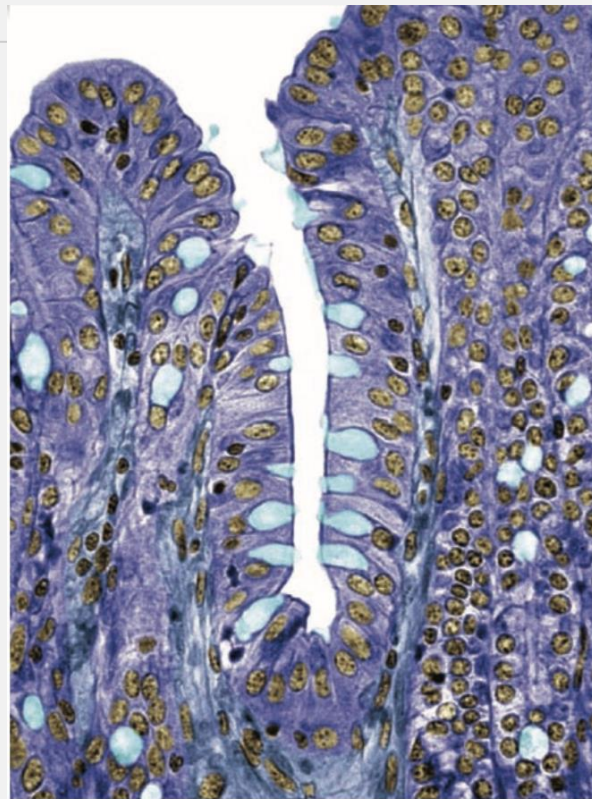




**Al-Farabi Kazakh
National
University
Higher School of
Medicine**

The Digestive System



Mucosa of the small intestine

**Тонкий и
толстый
кишечник**

Figure from: Saladin, Anatomy & Physiology, McGraw Hill, 2018

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

В результате занятия вы сможете:

описать макро и микроскопическую анатомию тонкой кишки;

- указать, чем слизистая оболочка тонкого кишечника отличается от слизистой оболочки желудка, и объяснить функциональное значение этих различий;***
 - определить контактное пищеварение и описать, где оно происходит; и***
 - описать типы движений, которые происходят в тонком кишечнике.***
 - описать, как химически переваривается каждый основной класс питательных веществ,***
 - назовите задействованные ферменты и обсудите функциональные различия между этими ферментами;***
 - опишите, как каждый тип питательных веществ усваивается тонким кишечником.***
-
-



Общая анатомия

- свернутая масса, заполняющая большую часть брюшной полости ниже желудка и печени
 - **тонкий кишечник разделен на три области:**
 - двенадцатиперстная кишка
 - тощая кишка
 - подвздошная кишка
 - **илеоцекальный переход** – конец тонкой кишки
 - **илеоцекальный клапан** – сфинктер, образованный утолщенной мышечной тканью подвздошной кишки
- Опишите три области тонкой кишки, их длину и гистологические различия?**

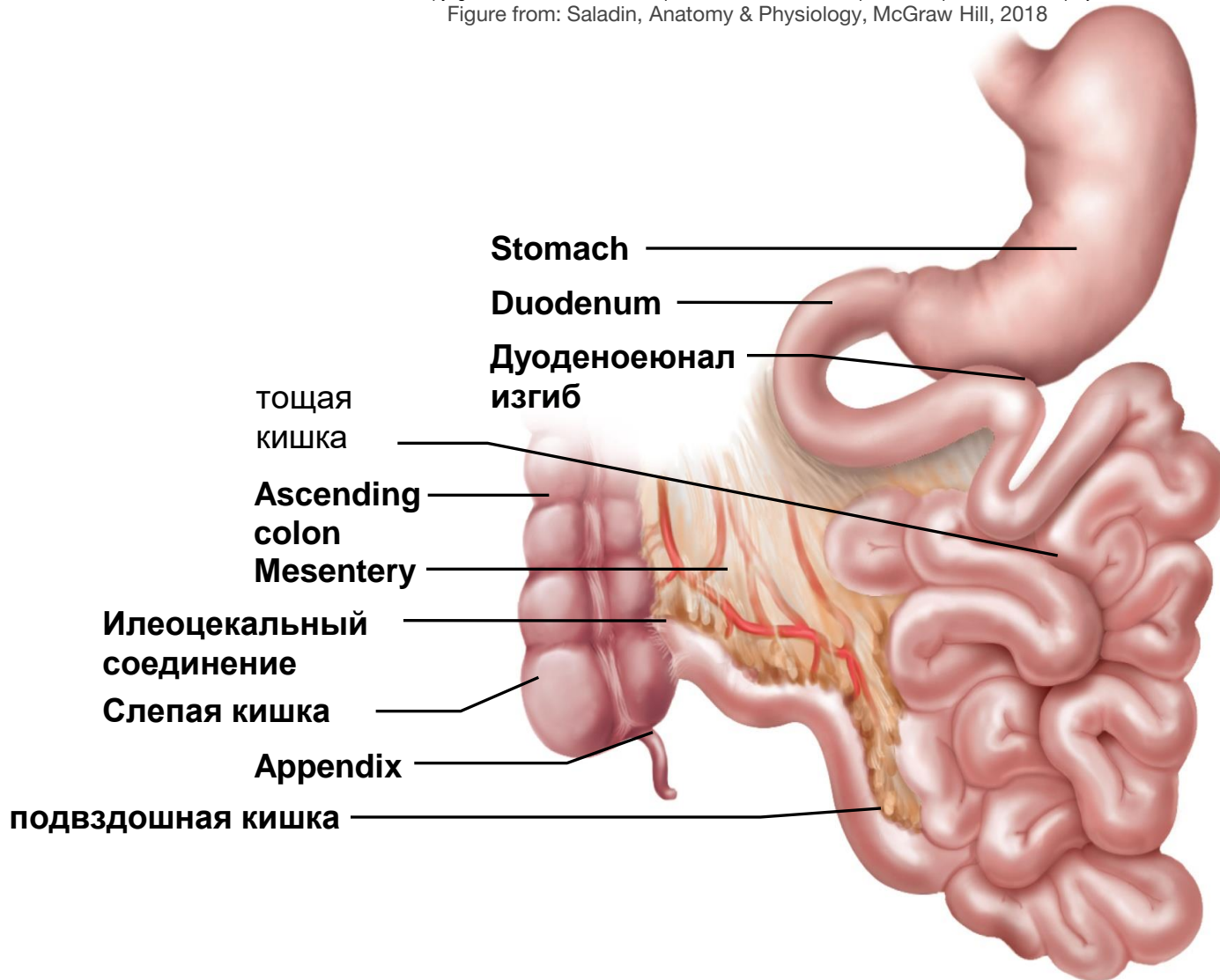


Кровообращение

- *верхняя брыжеечная артерия дает от 12 до 15 тощей и подвздошной артерий, ведущих к стенке кишечника*
- **Ветви этих артерий образуют капиллярные русла ворсинок, где кровь собирает все абсорбированные питательные вещества, кроме липидов..**
- **Отсюда кровь сходится к другому веерообразному множеству брыжеечных вен, которые выходят через верхнюю брыжеечную вену, соединяются с селезеночной веной, а затем перетекают в печеночную портальную систему, направляясь к печени с ее грузом питательных веществ.**

Тонкая кишка

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.
Figure from: Saladin, Anatomy & Physiology, McGraw Hill, 2018



Микроскопическая анатомия

- слои тканей имеют модификации для переваривания и усвоения питательных веществ
 - просвет
 - **внешний мышечный слой**
 - **большая внутренняя поверхность**
 - большая длина и три типа внутренних складок или выступов
 - **круговые складки (складки циркулярные)**
 - **ворсинки**
 - **микроворсинки кишечных крипт (crypts of Lieberkühn)**
 - **дуоденальные железы**
 - **защитные лимфоциты**

Кишечная секреция

- **кишечные крипты выделяют от 1 до 2 л кишечного сока в день**



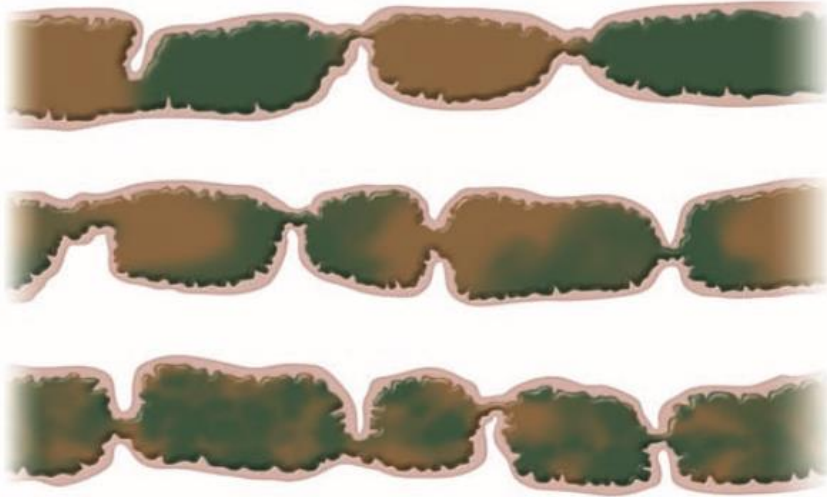
Опишите ферменты щеточной каймы тонкой кишки и их функции?

Кишечная перистальтика

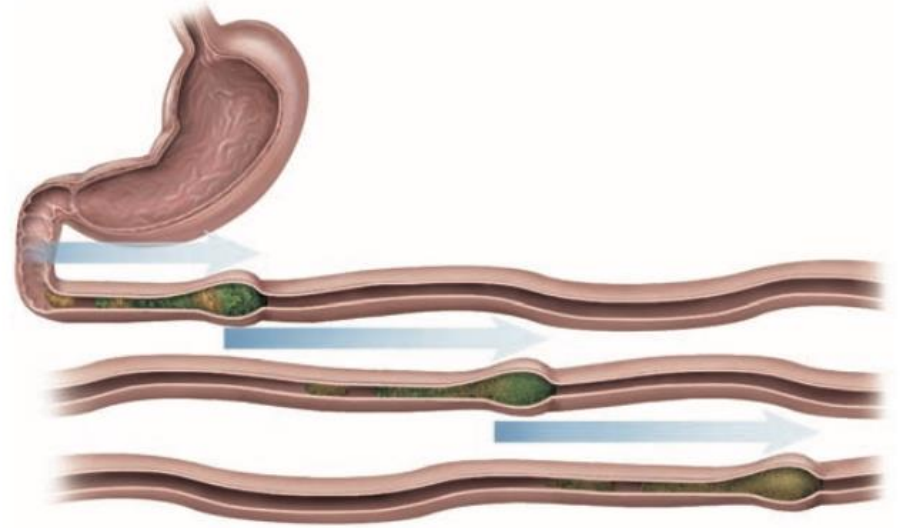


Опишите функции сокращений тонкой кишки?

- **сегментация** – движение, при котором в нескольких местах кишечника появляются неподвижные кольцевидные сужения
— клетки стимуляторы
- **перистальтика** - постепенное движение содержимого к толстой кишке.
 - перистальтическая волна
 - мигрирующий двигательный комплекс
 - илеоцекальный клапан
 - гастроилеальный рефлекс



(a) Segmentation



(b) Peristalsis

FIGURE 25.26 Contractions of the Small Intestine. (a) Segmentation, showing progressive stages from top to bottom. Circular constrictions of the intestine cut into the contents, churning and mixing them as represented by the progressive blending of the two colors. (b) The migrating motor complex of peristalsis, in which successive waves of peristalsis overlap each other. Each wave travels partway down the intestine and milks the contents toward the colon.

Химическое пищеварение и абсорбция

Переваривание углеводов

- **крахмал** – самый усваиваемый углевод
 - олигосахариды
 - дисахарид мальтоза
 - глюкоза



Опишите шаги переваривания углеводов из рта в тонкий кишечник?

Поглощение углеводов

- Плазменная мембрана абсорбирующих клеток содержит транспортные белки, которые поглощают моносахариды, как только ферменты щеточной каймы высвобождают их.



Опишите механизмы всасывания моносахаридов слизистой оболочкой кишечника?

NATIONAL CENTER FOR CASE STUDY TEACHING IN SCIENCE

From Twiggy to Tubby: The Progression of Insulin Resistance and Type II Diabetes

by

Abigail R. Wilson, Ashley E. Rhodes, and Timothy G. Rozell
Kansas State University, Manhattan, KS



Переваривание и всасывание глюкозы

- Тимми был слишком худым столько, сколько себя помнил; в старших классах у него был скачок роста, но, несмотря на то, что он останавливался на отметке 6 футов 2 дюйма, друзья и семья его безжалостно дразнили за то, что он прутик, весивший всего 160 фунтов. Хотя в то время он не осознавал этого, его худощавое телосложение способствовало его достижению самого высокого вертикального прыжка среди всех атлетов в его школьном округе, и он был чрезвычайно хорошо скоординирован. Тимми попал в университетскую баскетбольную команду на первом курсе старшей школы и был стартовым игроком все четыре года, сделав общеконференцию первой команды своим младшим и старшим классом. Несмотря на свои спортивные успехи, в основном он просто слышал, как его называют и шутит о том, что он такой худой, и набирал столько калорий, сколько мог. Фактически, на протяжении всей старшей школы Тимми выбирал пищу, исходя из количества содержащихся в ней углеводов. Он выпивал как минимум четыре больших энергетических напитка в день, ел большую пиццу и коробку пончиков на обед, перекусил одним или двумя семейными пакетами картофельных чипсов, а его ночные распорядки состояли из шоколадного молока и печенья Oreo. В то время как он был звездным баскетболистом в старшей школе, из-за его роста ему оставалось всего несколько стипендиатов из небольших школ и младших колледжей. Однако главной мечтой Тимми было стать хирургом, поэтому он отказался от всех стипендий и поступил в большой университет с отличной подготовительной программой.

Переваривание и всасывание глюкозы

в этот момент жизни Тимми он способен эффективно усваивать глюкозу. Из-за того, что Тимми чрезвычайно активен, клетки его тела используют глюкозу для производства энергии с относительно высокой скоростью, чтобы поддерживать его активный образ жизни. Давайте подробнее рассмотрим, что происходит с глюкозой, которую Тимми потребляет, пока он еще молод, активен и здоров.

Хотя углеводы важны для производства энергии в организме, многие из нас потребляют слишком много углеводов, как Тимми. Есть два основных типа углеводов: простые углеводы или моносахариды и дисахариды и сложные углеводы или полисахариды.

Процесс, посредством которого углеводы становятся доступными для клеток в организме, начинается с перемещения пищи изо рта через пищевод в желудок и, наконец, в тонкий кишечник, где происходят конечные этапы химического переваривания и абсорбции.

Пищеварение - это химическое или механическое разложение питательных веществ, тогда как всасывание - это перемещение питательных веществ в их простейшей форме в организм, в основном это происходит в тонком кишечнике, но некоторое всасывание также может происходить через слизистую оболочку рта.

Переваривание и всасывание глюкозы

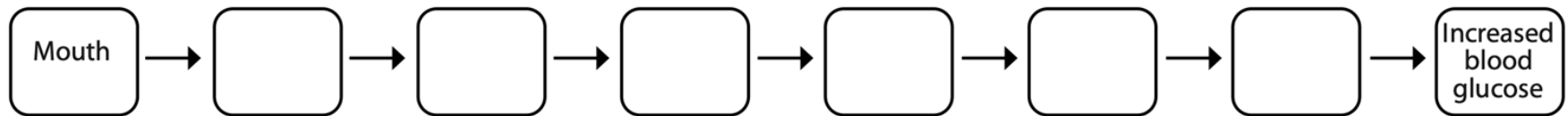
Механическое разрушение - это физическое разложение пищи, которое включает измельчение пищи зубами или мышечными слоями желудка. Химический распад требует, чтобы ферменты разрушали связи, например, расщепление полисахаридов на моносахариды и дисахариды. В то время как большинство углеводов химически переваривается в тонком кишечнике с помощью ферментов, секретируемых поджелудочной железой и слизистой оболочкой кишечника, небольшое количество химического переваривания также происходит в слизистой оболочке полости рта через амилазу слюны. Эффективное переваривание углеводов позволяет простым углеводам, таким как моносахарид глюкоза, всасываться в эпителиальные клетки кишечника, называемые энтероцитами.

Глюкоза содержится во многих, многих пищевых продуктах, даже в несладких. Глюкоза представляет собой большую полярную водорастворимую молекулу и поэтому не может пассивно диффундировать через клеточную мембрану без белков транспортной мембраны. После того, как моносахариды, такие как глюкоза, пройдут через энтероциты, они будут диффундировать во внеклеточную жидкость (ECF) и, наконец, в кровь за счет облегченной диффузии. Наконец, они будут перемещаться через кровь к клеткам по всему телу, таким как клетки скелетных мышц, для производства энергии или запасов энергии, называемых АТФ и гликогеном соответственно.



Заполните блок-схему, указав, где полисахарид проходит через желудочно-кишечный тракт, начиная с перорального приема и заканчивая всасыванием моносахаридов и дисахаридов в кровь?

Figure 1. Movement of glucose from ingestion into systemic circulation.





Сравните и сопоставьте процессы механического и химического расщепления по отношению к распаду полисахаридов. Где в желудочно-кишечном тракте происходит каждый из этих процессов и что в них участвует?



Как диета, включающая больше простых, а не сложных углеводов, повлияет на абсорбцию глюкозы из ЖКТ в энтероциты?



Что может произойти с уровнем глюкозы в крови, если углеводы не могут эффективно перевариваться в желудочно-кишечном тракте?

Переваривание и всасывание глюкозы

После того, как Тимми играл в тяжелый баскетбол, он любил остыть большим шоколадным молочным коктейлем. Каждый раз, когда он глотал свой послетренировочный молочный коктейль, он заметил, что вскоре почувствовал себя готовым к новым играм в баскетбол, как если бы у него был обновленный уровень энергии. Его мышцы были хороши, и он был готов к большему. Принимая во внимание прилив энергии Тимми после ритуала с мороженым, мы можем сделать вывод, что он мог эффективно глотать, поглощать и усваивать глюкозу и использовать эту глюкозу для получения энергии в своих клетках скелетных мышц, которые давали ему возможность бегать, вести и бросать мяч.

Переваривание и всасывание глюкозы

Как только углеводы расщепляются на мономеры, может начаться процесс абсорбции. Связанный с натрий-глюкозой транспортер (SGLT-1) является основным транспортером, используемым для абсорбции глюкозы из просвета тонкого кишечника в эпителиальные клетки кишечника, называемые энтероцитами. Как видно из названия, SGLT-1 перемещает натрий и глюкозу одновременно, что делает его симпортером. Как и большинство симпортеров, SGLT-1 полагается на работу насосов Na^+ / K^+ , чтобы поддерживать низкий уровень внутриклеточного натрия. Насосы Tese расположены вдоль базолатеральной мембраны энтероцитов и используют АТФ для непрерывного выкачивания натрия из клетки при перекачке K^+ в клетку. Как только глюкоза попадает в энтероцит через SGLT-1, она диффундирует во внеклеточный флюид (ECF) через унипортерный транспортный белок, называемый GLUT2, расположенный на базолатеральной мембране. GLUT2 также способствует облегчению диффузии, поскольку глюкоза переходит от высокой концентрации к низкой.

Когда уровни глюкозы в просвете очень высоки, например, после еды, GLUT2 может также помогать переносчикам SGLT-1 на апикальной стороне энтероцитов. Транслокация или перемещение между клеточными компартментами некоторых переносчиков GLUT2 от базолатеральной мембраны к апикальной мембране энтероцита способствует увеличению абсорбции глюкозы. Когда уровень глюкозы в энтероците низкий, глюкоза все равно будет диффундировать в клетку, потому что насосы Na^+ / K^+ АТФазы постоянно выкачивают натрий из энтероцита, чтобы направить натрий в клетку, и, таким образом, вытягивать глюкозу и натрий через SGLT-1.

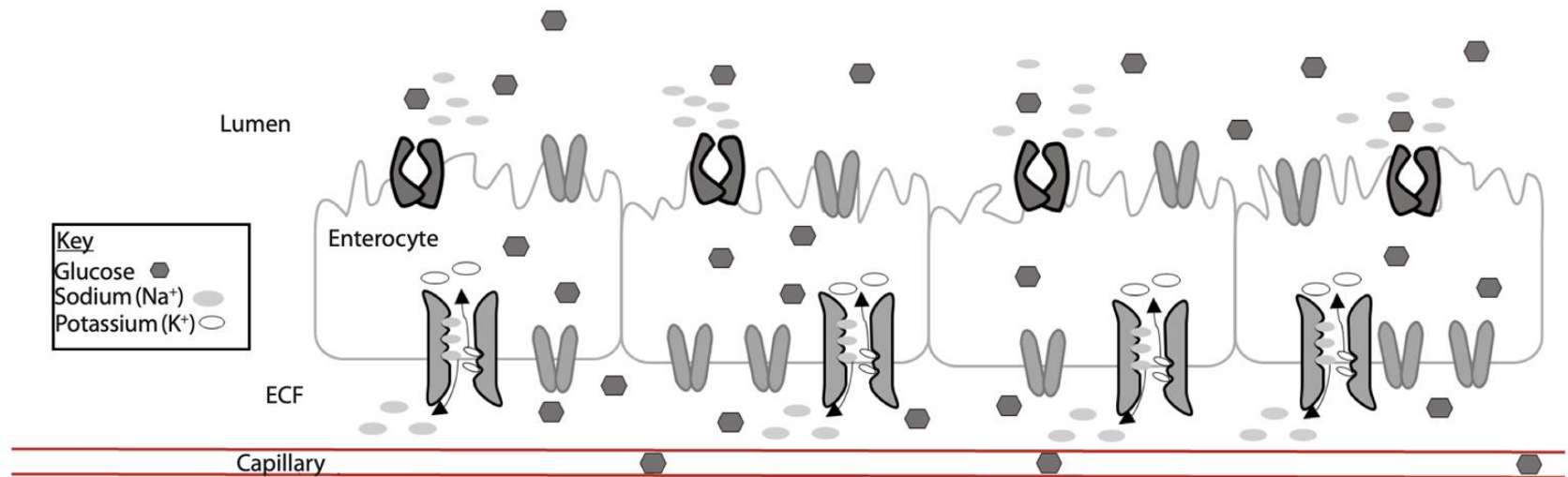
Переваривание и всасывание глюкозы

Напомним, что после того, как Тимми поглощает глюкозу из своего шоколадного молочного коктейля, он получает прилив энергии и готов сыграть еще один раунд в баскетбол. Пока Тимми может эффективно поглощать глюкозу из своего рациона, она будет поступать в его кровоток и перемещаться к клеткам его тела, включая бета-клетки поджелудочной железы. Когда бета-клетки поджелудочной железы получают глюкозу из крови, они выделяют инсулин. Этот гормон путешествует по крови и сигнализирует любой клетке, обладающей рецептором инсулина, забрать глюкозу из крови. Инсулин необходим для поглощения глюкозы некоторыми клетками; они называются инсулинозависимыми клетками и включают покоящиеся клетки скелетных мышц и адипоциты или жировые клетки. Инсулиннезависимые ткани могут абсорбировать глюкозу без инсулина; к ним относятся тренировки клеток скелетных мышц, нейронов и глиальных клеток, а также гепатоцитов или клеток печени. Мы будем использовать клетку скелетных мышц в качестве нашей модели, чтобы понять, как происходит этот процесс. В клетках скелетных мышц рецепторы инсулина расположены на сарколемме и t-канальцах. Как только инсулин связывается со своим рецептором, активируется второй путь передачи, который включает внутриклеточную передачу сигналов, которая приводит к перемещению GLUT4 в сарколемму или t-канальцы. GLUT4 - это транспортный белок, который хранится и перемещается внутри клетки через везикулы хранения. Пузырьки хранения будут сливаться с сарколеммой или t-канальцем, чтобы обеспечить переносчики GLUT4 и обеспечить путь глюкозе в клетку скелетных мышц. Экспрессия GLUT4 в сарколемме или t-канальце запускается как инсулином, так и сокращением мышц. Таким образом, клетки скелетных мышц можно рассматривать как инсулинозависимые, так и инсулино-независимые. Независимо от того, что активирует транслокацию GLUT4 в сарколемму и t-канальцы, глюкоза попадет в клетку скелетных мышц и будет использоваться для производства АТФ или гликогена.



На рисунке ниже используйте стрелки для обозначения насосов Na^+ / K^+ , транспортеров SGLT-1 и транспортеров GLUT2. Десять, укажите стрелками направление, в котором глюкоза и натрий перемещаются через транспортеры SGLT-1 и GLUT2.

Figure 2. Glucose absorption in the jejunum of the small intestine.



белки

- **аминокислоты, всасываемые тонким кишечником, поступают из трех источников :**
 - диетические белки
 - пищеварительные ферменты, перевариваемые друг другом
 - отшелушенные эпителиальные клетки перевариваются ферментами
- **эндогенные аминокислоты**
- **экзогенные аминокислоты**
- **протеазы (пептидазы) - ферменты, переваривающие белки**
 - начинают свою работу в желудке при оптимальном рН от 1,5 до 3,5



пепсин гидролизует любую пептидную связь между тирозином и фенилаланином

Опишите шаги переваривания белка из рта в тонкий кишечник?

Абсорбция белка

- На базальных поверхностях клеток аминокислоты ведут себя как моносахариды, они покидают клетку путем облегченной диффузии, проникают в капилляры ворсинок и уносятся через портальную циркуляцию печени.
- Абсорбирующие клетки младенцев могут поглощать неповрежденные белки путем пиноцитоза и выпускать их в кровь путем экзоцитоза.



Опишите механизмы всасывания аминокислот слизистой оболочкой кишечника?

ЛИПИДЫ

- гидрофобность липидов усложняет их переваривание и всасывание по сравнению с углеводами и белками
- **липазы** – ферменты, переваривающие жир
 - язычная липаза, секретируемая собственными слюнными железами языка
 - липаза поджелудочной железы - в тонком кишечнике переваривается большая часть жиров
 - **желчь**
 - лецитин и желчные кислоты



Опишите шаги по перевариванию жира изо рта в тонкий кишечник?

капельки эмульгирования

- Энергичная перекачка антрального отдела желудка разбивает жир на мелкие капельки, рассеянные в водянистом химусе, подвергая гораздо большую часть его поверхности ферментативному действию.



Опишите роль желчных кислот и лецитина в этом процессе?

Абсорбция липидов

мицеллы

- сделано в печени
- состоят из 20-40 молекул желчных кислот, агрегированных с их гидрофильными боковыми группами, обращенными наружу, и их гидрофобными стероидными кольцами, обращенными внутрь
- **фосфолипиды желчи и холестерин диффундируют в центр мицеллы, образуя ее ядро**
- мицеллы проходят по желчному протоку в двенадцатиперстную кишку
 - где они поглощают жирорастворимые витамины, больше холестерина, а также СЖК и моноглицериды, образующиеся при переваривании жиров
- переносят липиды на поверхность абсорбирующих клеток кишечника
- липиды покидают мицеллы и диффундируют через плазматическую мембрану в клетки
- мицеллы повторно используются, собирая еще один груз липидов, транспортируя их к абсорбирующим клеткам

Lipid Absorption

- Хиломикроны
- капли диаметром от 75 до 1200 нм из комплекса Гольджи объединяют триглицериды с небольшим количеством холестерина и покрывают комплекс пленкой из фосфолипида и белка.
- попадает в лимфатическую систему в млечных сосудах ворсинок. Они попадают в кровоток, когда лимфатическая жидкость попадает в подключичную вену через грудной проток.



Опишите различия между каплями, мицеллами и хиломикронами эмульгирования при переработке липидов?

Нуклеиновые кислоты и витамины

- **нуклеиновая кислота**

нуклеазы (дезоксирибонуклеаза и рибонуклеаза) гидролизуют ДНК и РНК до нуклеотидов

- **нуклеозидазы и фосфатазы** каймы расщепляют их на фосфат-ионы, рибозу или дезоксирибозу, сахар и азотистые основания

- **ВИТАМИНЫ**

- впитываются без изменений

- **жирорастворимые витамины** - А, D, Е и К
абсорбируются с другими липидами

- если они проглочены без жиросодержащей пищи, они совсем не всасываются, а выводятся с калом и выводятся из организма

- **водорастворимые витамины**, Комплекс В и С, абсорбируемый простой диффузией, и В12, если он связан с внутренним фактором желудка

минералы

- минералы (электролиты)
- всасываются по всему тонкому кишечнику
 - **Na +** переносится вместе с сахарами и аминокислотами
 - **Cl-** обменен на бикарбонат, обращающий вспять хлорид-бикарбонатный обмен, происходящий в желудке.
 - **железо и кальций** всасываются по мере необходимости
 - всасывание железа стимулируется гормоном печени гепсидином
 - абсорбирующие клетки связывают ионы двухвалентного железа (Fe^{2+}) и усваиваются за счет активного транспорта
 - не может поглощать ионы трехвалентного железа (Fe^{3+}), но желудочная кислота восстанавливает ионы трехвалентного железа до усваиваемых ионов двухвалентного железа
 - **трансферрин (внеклеточный белок) переносит железо из крови в костный мозг, мышцы и печень**

кальций

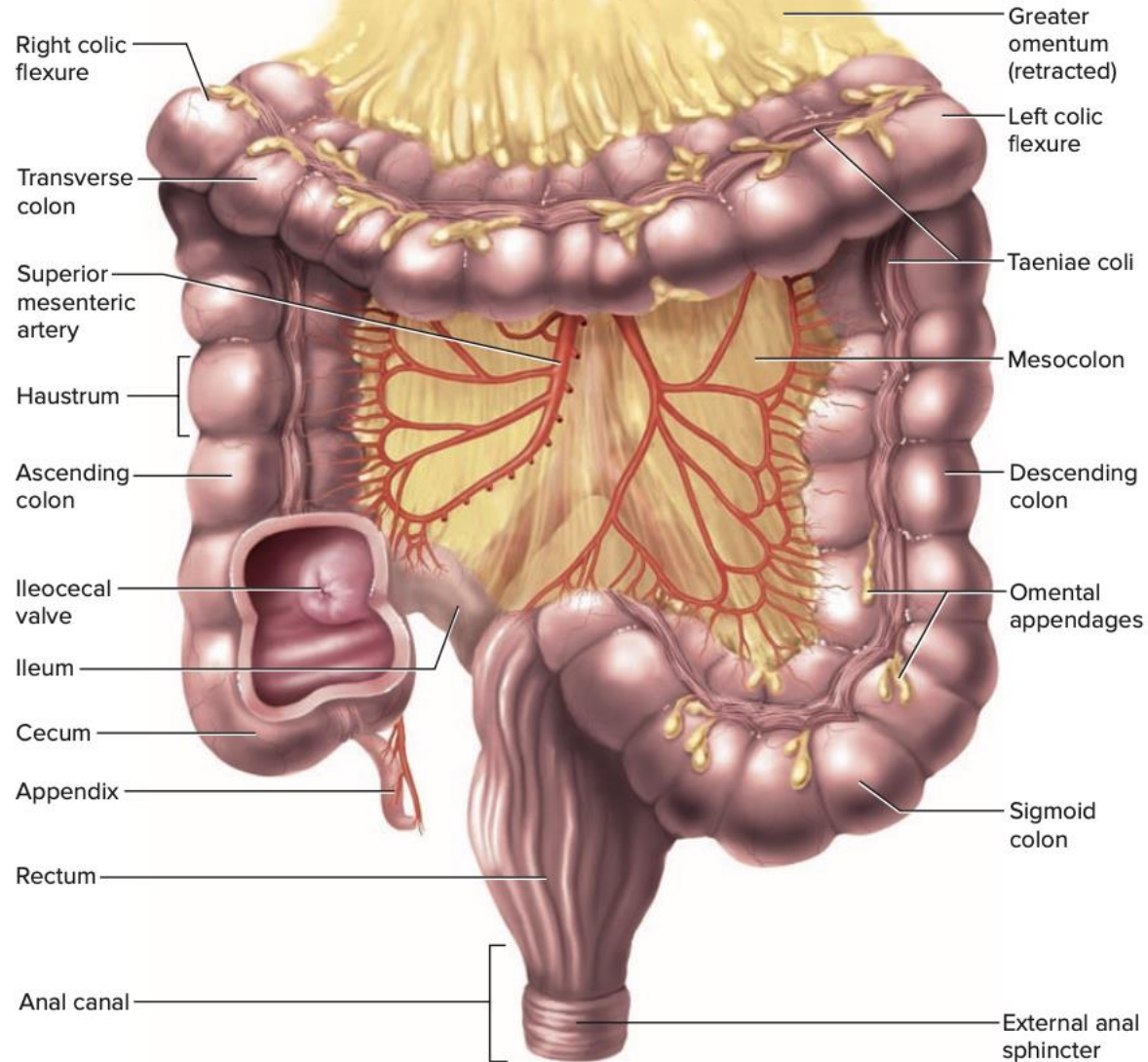
- кальций всасывается в кишечнике по разным механизмам
 - **активный транспорт в двенадцатиперстной кишке**
 - проникает через кальциевые каналы в апикальную клеточную мембрану
 - связывается с белком кальбиндин, поэтому градиент концентрации будет продолжать способствовать притоку кальция
 - активно транспортируется из основания клетки в кровоток с помощью кальций-АТФазы и Na^+ - Ca^{2+} антипорта
 - **диффузия между эпителиальными клетками тощей и подвздошной кишок**
- **паратиреоидный гормон** – секретируется в ответ на падение уровня кальция в крови
 - стимулирует почки синтезировать витамин D из предшественников эпидермиса и печени
 - Витамин D влияет на абсорбирующие клетки двенадцатиперстной кишки тремя способами:
 - увеличивает количество кальциевых каналов в апикальной мембране
 - увеличивает количество кальбиндина в цитоплазме
 - увеличить количество кальций-АТФазных насосов на базальной мембране
 - гормон паращитовидной железы увеличивает уровень кальция в крови

Водный баланс

- вода поглощается осмосом после поглощения солей и органических питательных веществ
- **диарея - возникает, когда толстый кишечник поглощает слишком мало воды**
 - кал проходит слишком быстро, если кишечник раздражен
 - фекалии содержат высокие концентрации растворенного вещества (лактозы)
- **запор - возникает, когда движение фекалий происходит медленно, слишком много воды реабсорбируется и кал становится твердым**

Anatomy of Large Intestine

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.
Figure from: Saladin, Anatomy & Physiology, McGraw Hill, 2018



(a) Gross anatomy

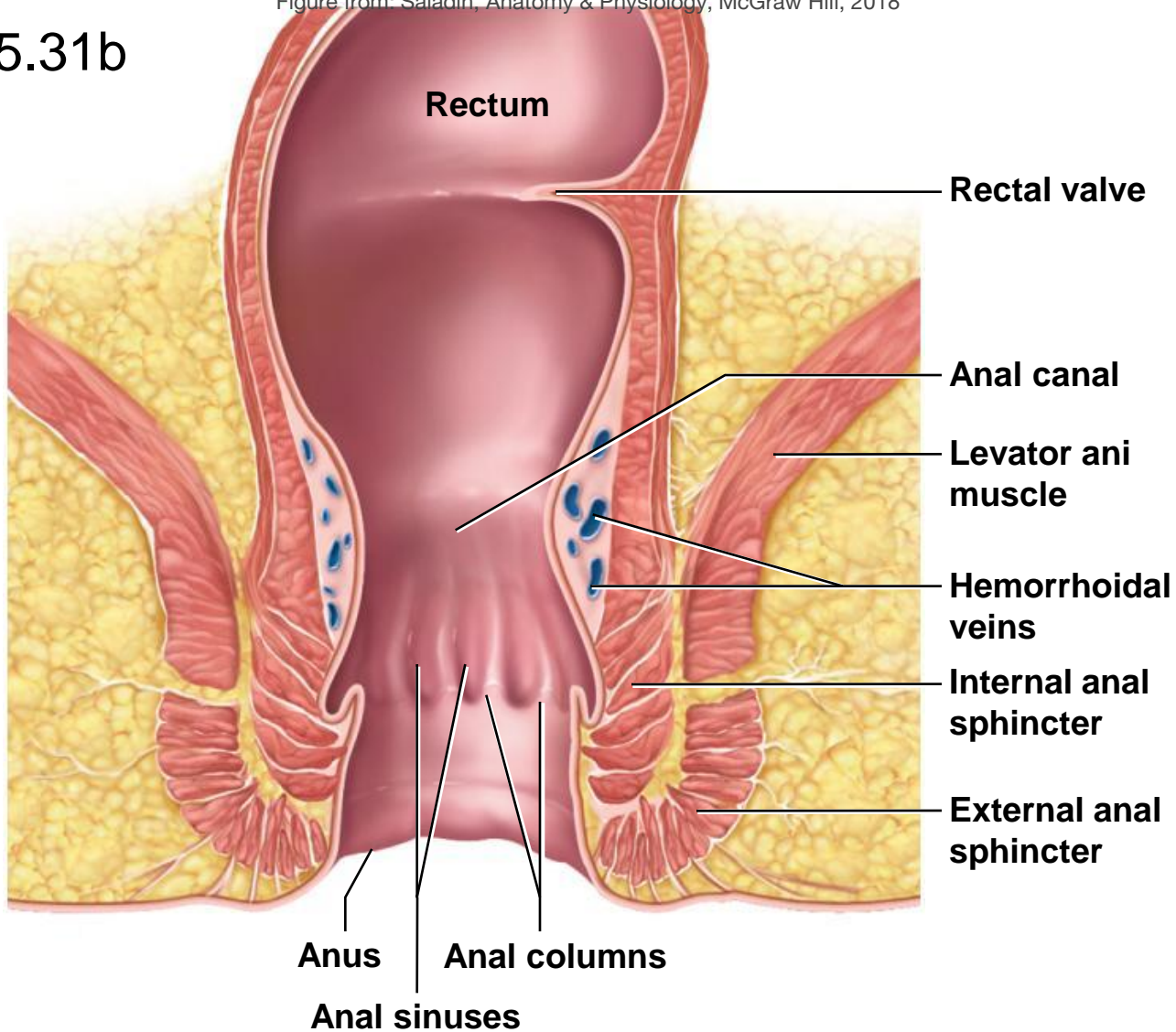
Макроскопическая анатомия толстой КИШКИ

- **толстая кишка**
 - имеет длину 1,5 м (5 футов) и диаметр 6,5 см (2,5 дюйма) в трупe
 - слепая кишка **ниже илеоцекального клапана**
 - **аппендикс** прикреплен к нижнему концу слепой кишки
 - **восходящая ободочная кишка, правый количный (печеночный) изгиб, поперечная ободочная кишка, левый количный (селезеночный) изгиб и нисходящая ободочная кишка** обрамляют тонкую кишку
 - **сигмовидная кишка** - S-образная часть, ведущая вниз в таз
 - **прямая кишка** - часть, оканчивающаяся анальным каналом
 - **анальный канал** - последние 3 см толстой кишки

Anatomy of Anal Canal

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.
Figure from: Saladin, Anatomy & Physiology, McGraw Hill, 2018

Figure 25.31b



(b) Anal canal

Поглощение и подвижность

- толстому кишечнику требуется от 12 до 24 часов, чтобы превратить остатки еды в кал
 - химически не изменяет остаток
 - реабсорбирует воду и электролиты
- **хаустральные сокращения происходят каждые 30 минут**
 - этот вид перистальтики толстой кишки является формой сегментации
 - растяжение гауструма стимулирует его сокращаться
- **массовые движения происходят от 1 до 3 раз в день**
 - запускается гастроколическими и дуоденоколическими рефлексам
 - наполнение желудка и двенадцатиперстной кишки стимулирует моторику толстой кишки
 - перемещает остатки на несколько сантиметров при каждом сокращении

Дефекация

- растяжение прямой кишки стимулирует рефлекс дефекации
 - **внутренний рефлекс дефекации полностью работает в миэнтериальном сплетении**
 - **парасимпатический рефлекс дефекации вовлекает спинной мозг**
 - растяжение прямой кишки посылает сенсорные сигналы в спинной мозг
 - тазовые нервы возвращают сигналы, усиливая перистальтику и расслабляя внутренний анальный сфинктер
 - дефекация происходит только при произвольном расслаблении наружного анального сфинктера
- сокращения живота (маневр Вальсальвы)

◆ Reference:

- ◆ **Saladin, Anatomy & Physiology, McGraw Hill, New York,2018**
- ◆ **National center for case study teaching in science.**
<https://sciencecases.lib.buffalo.edu/>