

ОБЩИЕ ПУТИ ОБМЕНА АМИНОКИСЛОТ

доцент Петушок Н.Э.

Динамическое состояние белков организма человека

Динамическое равновесие между синтезом и распадом белков



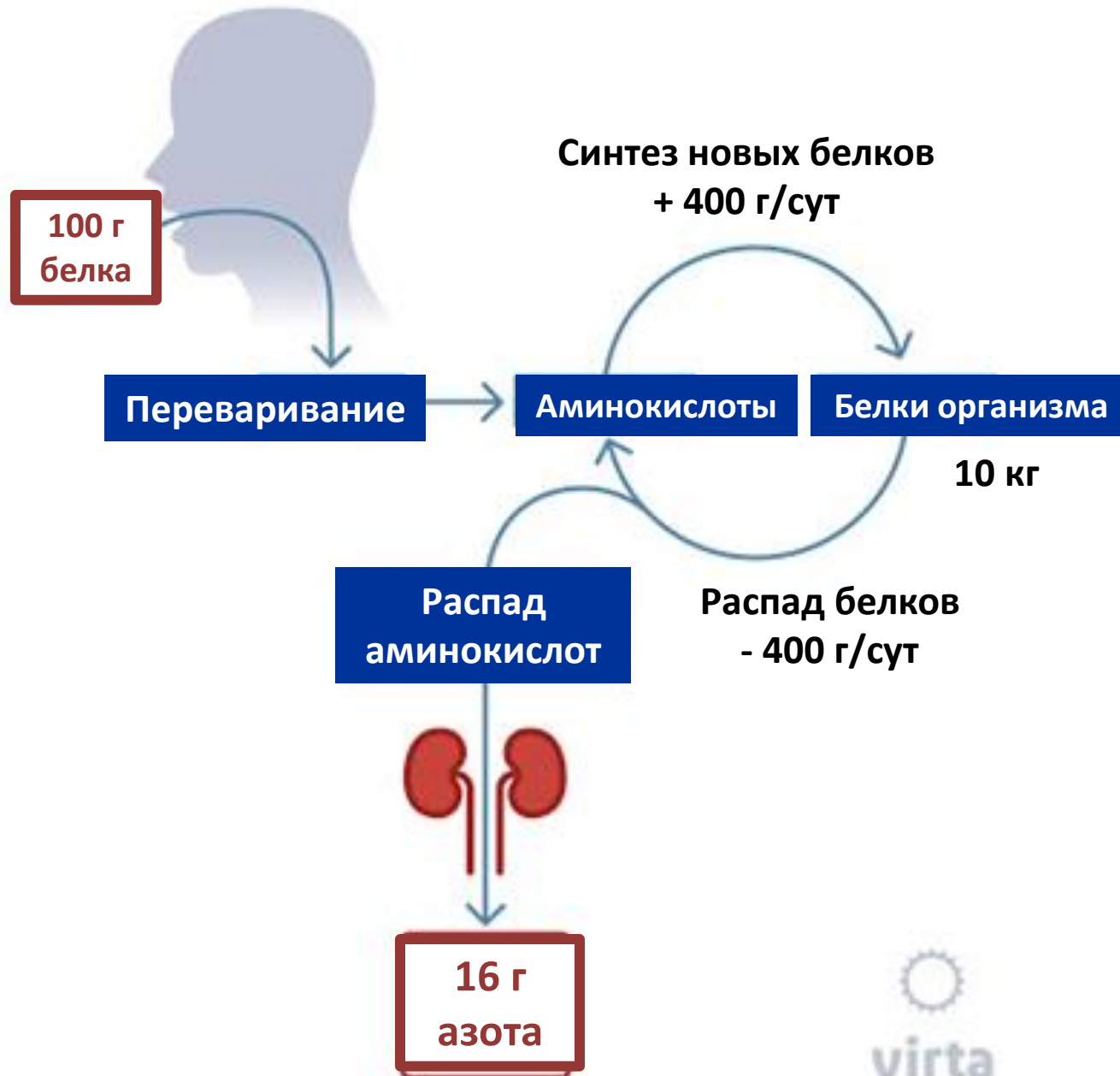
Почти все белки организма постоянно разрушаются и синтезируются

Динамическое состояние белков организма человека

Взрослые люди расщепляют на аминокислоты 300–400 г белка в день (протеолиз).

Примерно такое же количество аминокислот повторно включается в белки (биосинтез белка).

Потребление и обмен белка



Динамическое состояние белков организма человека

Этот постоянный процесс синтеза и распада позволяет клеткам быстро регулировать количество важных белков в соответствии с текущими потребностями.

Динамическое состояние белков организма человека

Практически все клетки способны синтезировать белки.

Часть внутриклеточного протеолиза происходит в **ЛИЗОСОМАХ**.

Кроме того, в цитоплазме есть белковые комплексы, известные как **протеасомы**, в которых разрушаются белки с неправильной пространственной структурой или старые белки.

Динамическое состояние белков организма человека

Скорость обновления белка в организме характеризуется периодом полужизни белка.

Высокая интенсивность белкового обмена в организме связана с тем, что многие белки (гормоны, ферменты) относительно недолговечны.

Структурные белки, наоборот, являются долгоживущими.

Динамическое состояние белков организма человека

**Продукты распада белков постоянно удаляются
через кишечник и почки**

**Чтобы компенсировать эти потери, необходимо
ежедневно потреблять не менее **30 г** белка с
пищей.**

Динамическое состояние белков организма человека

Поскольку аминокислоты практически не депонируются в организме, избыток аминокислот, не используемый для синтеза белка или других веществ, подвергается распаду.

Высвободившийся при этом азот превращается в мочевину и выделяется с мочой. Углеродные скелеты аминокислот используются для синтеза углеводов или липидов , а также для получения энергии.

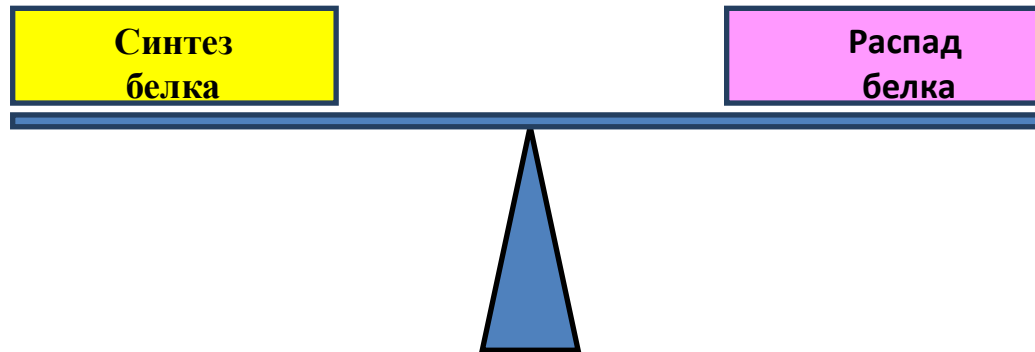
Азотистый баланс

Баланс между поступлением и выведением азота из организма.

Азотистый баланс

Азотистое равновесие

Количество азота, поступающего с пищей, равно количеству выделяющегося азота

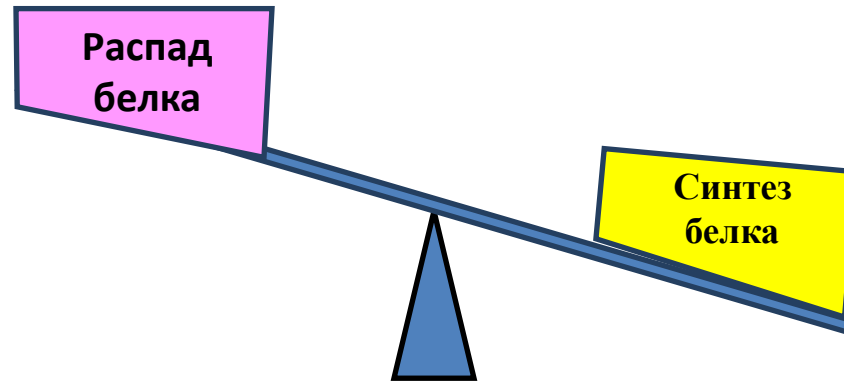


В этом случае синтез белков организма равен их распаду. Это состояние наблюдается у здорового взрослого человека, соблюдающего сбалансированную диету с нормальным ежедневным поступлением белков.

Азотистый баланс

Положительный азотистый баланс

Количество азота, поступающего с пищей, больше количества выделяющегося азота

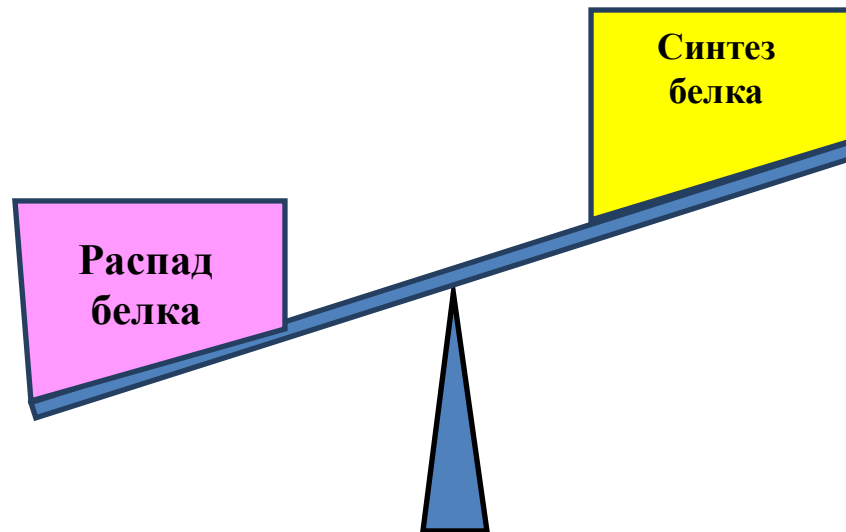


Такое состояние бывает у растущего организма, при беременности и кормлении грудью, в период восстановления после травм

Азотистый баланс

отрицательный азотистый баланс

Количество азота, поступающего с пищей, меньше количества выделяющегося азота



имеет место при голодании, белковой недостаточности, у пожилых людей, при тяжелых инфекционных и хронических заболеваниях, когда интенсивное расщепление белков организма не компенсируется белками пищи

Белки пищи



белки, которые мы получаем с пищей, имеют животное или растительное происхождение

. Основные источники животного белка:

Молоко, мясо, рыба, печень, яйца

. Основные источники растительного белка:

крупы, бобовые, орехи

Минимальная суточная потребность в белке составляет 37 г для мужчин и

29 г для женщин, но рекомендуемые количества - **80-100 г.**

Потребности беременных и кормящих женщин выше.

Белки пици

Потребность ребенка в белках составляет в среднем 2-4,5 г на 1 кг массы

возраст	Количество белка на 1 кг массы
До 3 месяцев	2 -2,5 г
3 месяца – 1 год	3 -3,5 г
1 – 3 года	4 -4,5 г
4 – 11 лет	3 -3,5 г
12 -15 лет	2,5 г

У взрослого она не превышает 1 - 1,5 г на 1 кг массы

Белки пищи

РАСТИТЕЛЬНОЙ БЕЛОК

ЖИВОТНЫЙ БЕЛОК

Белок на 100 г

Нут  7 г	Овёс  11 г	Тофу  13 г	Яйцо  14 г	Индейка фарш  25 г	Филе Куриное  25 г
Рис  3 г	Киноа  4 г	Чечевица  6 г	Креветки  18 г	Тунец  25 г	Лосось  25 г
Кешью  18 г	Арахисовая Паста  28 г	Миндаль  29 г	Свинина  19 г	Говядина  19 г	Утка  27 г
Авокадо  2 г	Брокколи  4 г	Фасоль  12 г	Молоко  4 г	Греческий Йогурт  9 г	Сыр  26 г

Белки пищи

Как правило, более высокую биологическую ценность имеют белки животного происхождения.

Эти белки называются полноценными белками, потому что они содержат незаменимые аминокислоты, которые не синтезируются в организме человека.



Белки пищи

**В состав рациона ребенка
в возрасте до 3-х лет должно входить не
менее 75% полноценных белков,
от 3-х до 7 лет - 60%
от 7 до 14 лет - 50%.**



По биологической классификации аминокислоты
делятся на

незаменимые и заменимые

также существует третья группа

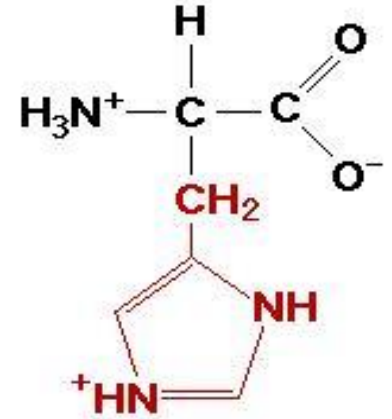
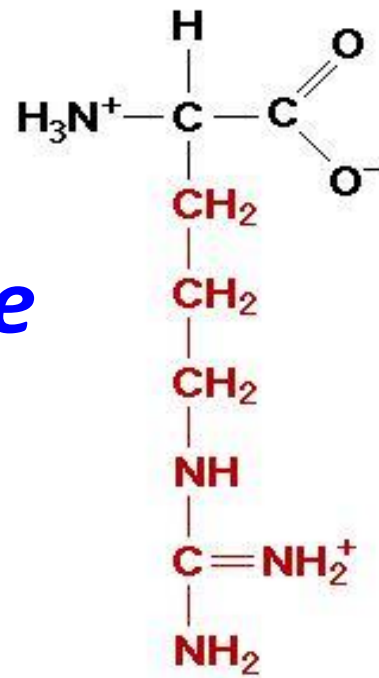
частично заменимые

Незаменимые аминокислоты не синтезируются организмом и должны обязательно поступать с пищей.

Это *валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, треонин, триптофан, метионин и лизин.*

Заменимые аминокислоты: могут синтезироваться в организме.

Частично заменимые аминокислоты



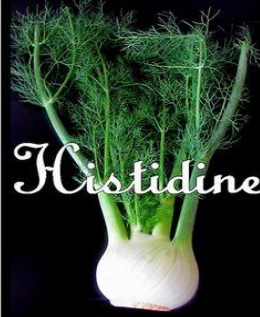
Синтезируются в количествах, недостаточных для обеспечения роста.

К ним относятся *аргинин* и *гистидин*

Они являются незаменимыми для детей, беременных и кормящих женщин.

Essential Amino Acid Sources

operationvegan.tumblr.com



Histidine

Fennel



Isoleucine

Seaweed



Isoleucine

Peanuts



Lysine

Papaya



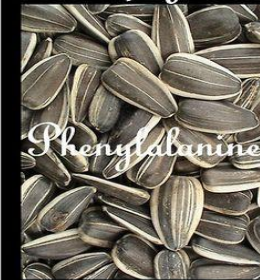
Methionine

Spinach



Cysteine

Oats



Phenylalanine

Sunflower Seeds



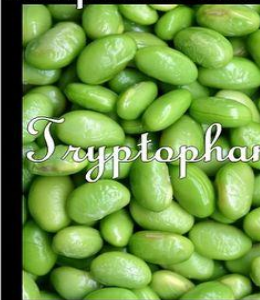
Tyrosine

Avocados



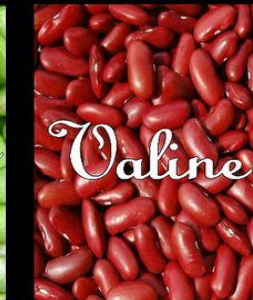
Threonine

Lentils



Tryptophan

Soy



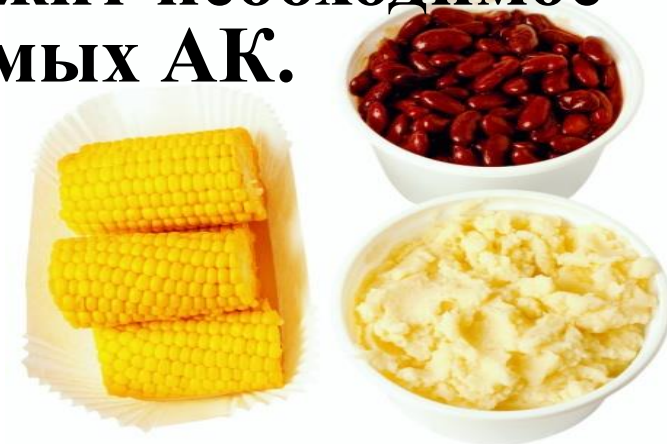
Valine

Kidney Beans

All
Plant
Based!

Биологическая ценность белков

- ❑ При определенных комбинациях растительных белков организм можно обеспечить полной и сбалансированной смесью АК.
- ❑ Белки кукурузы содержат мало лизина и триптофана.
- ❑ Белки бобов богаты лизином, и содержат достаточно триптофана.
- ❑ Смесь бобов и кукурузы содержит необходимое человеку количество незаменимых АК.





**Кукуруза и
другие
зерновые**

Метионин

Валин

Треонин

Фенилаланин

Лейцин

Изолейцин

Триптофан

Лизин

**Фасоль и
другие
бобовые**



Расщепление белков

для полного расщепление белков на свободные аминокислоты необходимы комбинации нескольких ферментов с разной специфичностью.

Протеазы и пептидазы

обнаруживаются не только в ЖКТ, но и внутри клетки.

Протеолитические ферменты подразделяются на

эндопептидазы и экзопептидазы.

Расщепление белков

Эндопептидазы (протеиназы) расщепляют пептидные связи внутри пептидных цепей. Они «узнают» и связываются с короткими участками последовательности субстрата, а затем гидролизуют связи между конкретными аминокислотными остатками.

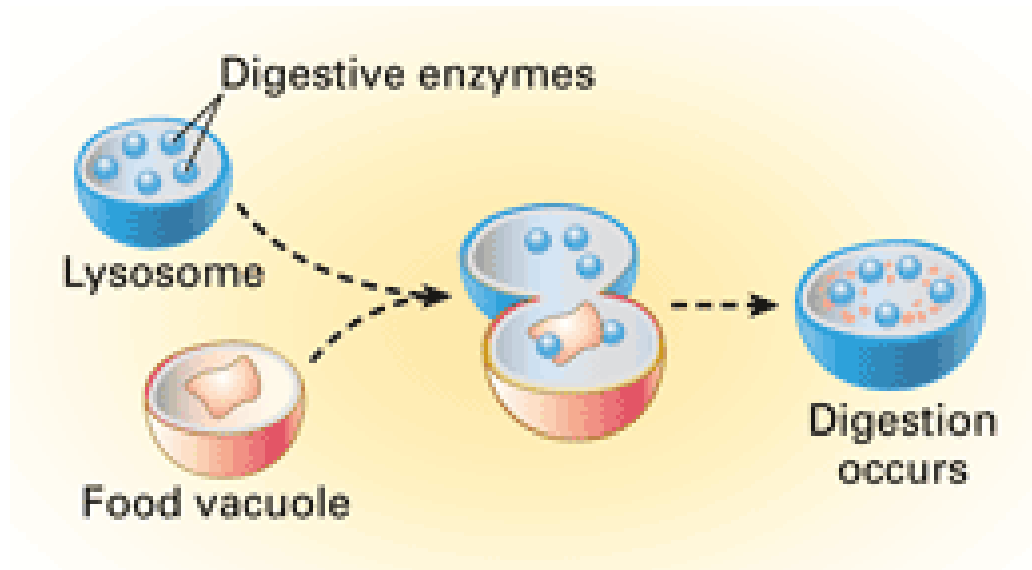
Экзопептидазы атакуют концевые пептидные связи. Пептидазы, которые действуют на N-конце, известны как ***аминопептидазы***, а те, которые распознают C-конец, называются ***карбоксипептидазами***.

Дипептидазы гидролизуют только дипептиды.

Расщепление белков

Функционирующие в клетке белки должны быть защищены от преждевременной деградации.

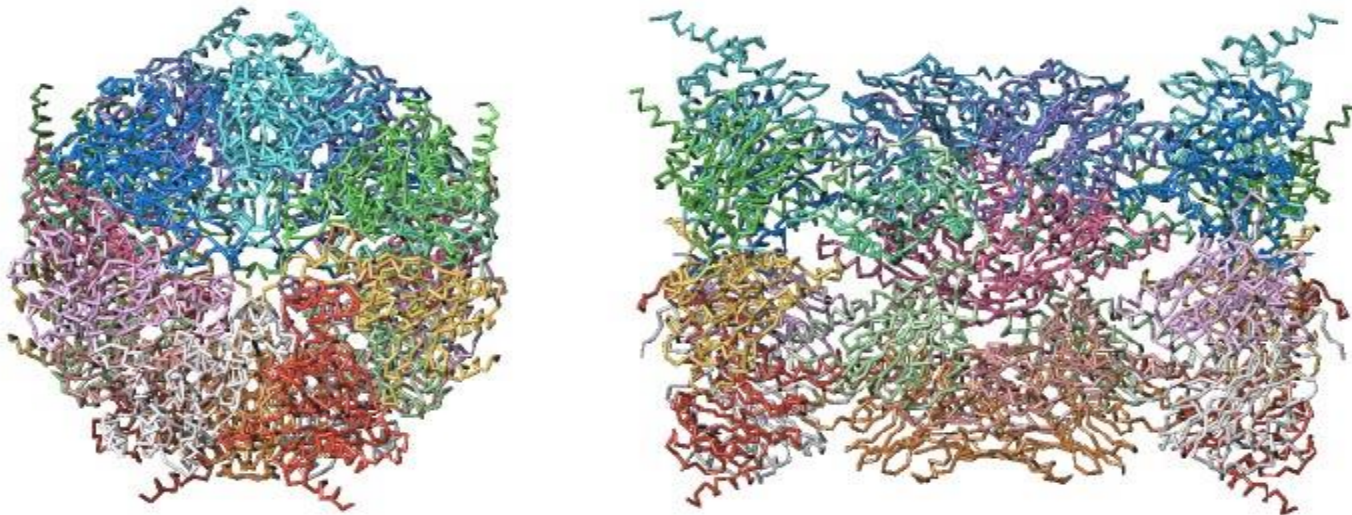
Поэтому некоторые протеолитические ферменты заключены в лизосомы.



Действующие там протеазы также известны как катепсины.

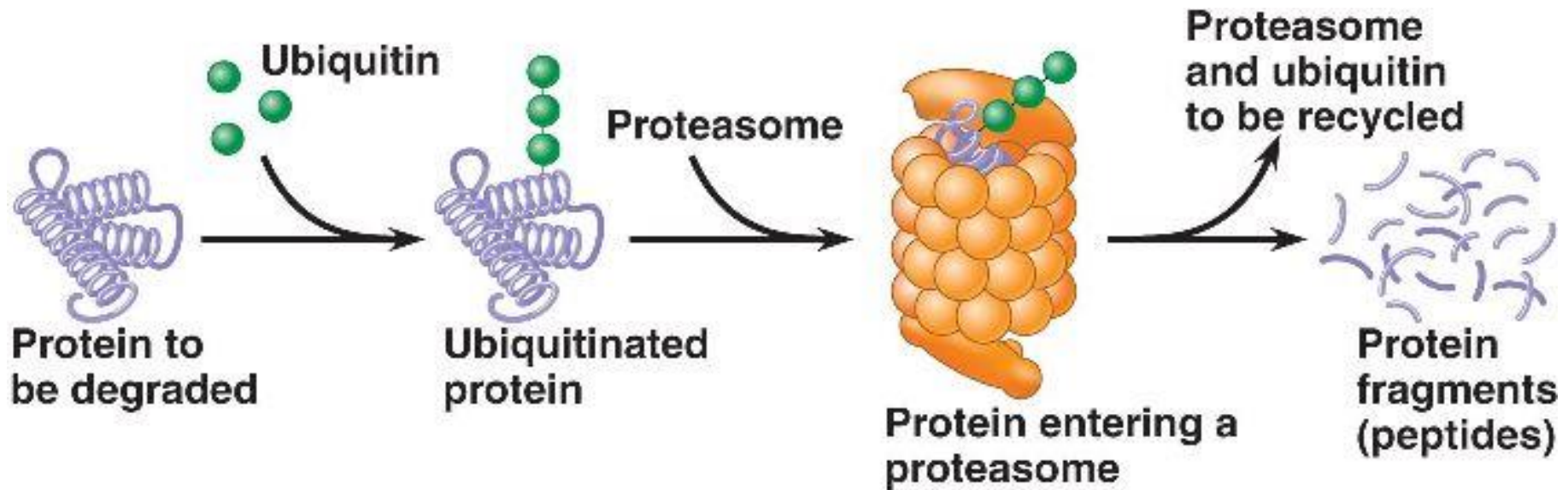
Расщепление белков

Другая система деградации белков находится в цитоплазме. Она состоит из больших белковых комплексов - **протеасом**.



Top view and side view of C α drawings of the bovine 20S proteasome

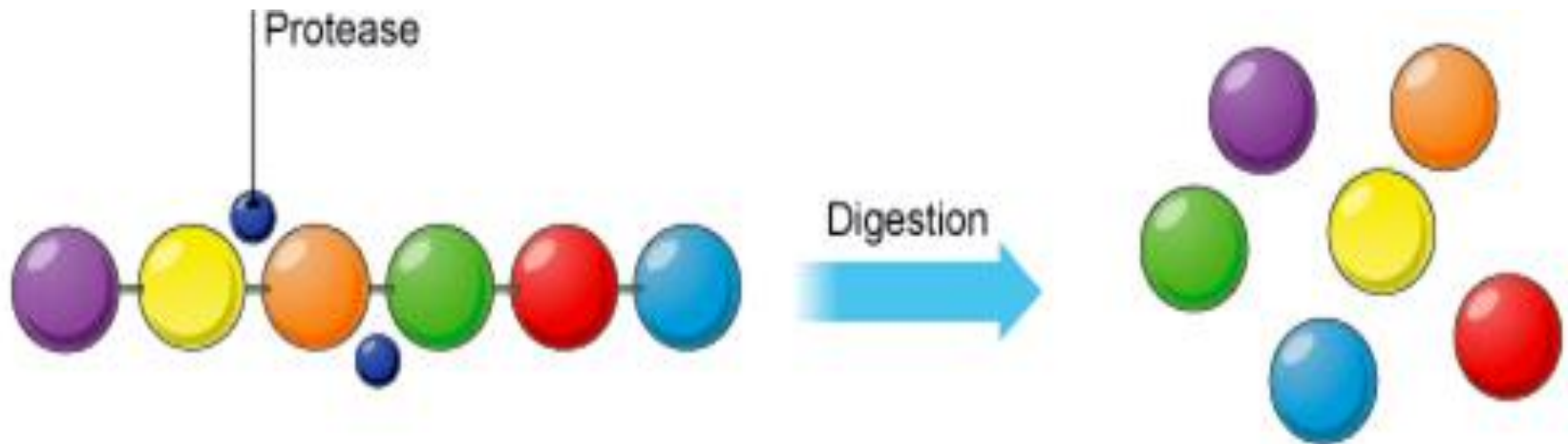
Белки, предназначенные для расщепления в протеасоме, помечаются путем соединения с небольшим белком **убиквитином.**



Молекулы, помеченные убиквитином («убиквитинированные»), распознаются и затем перемещаются внутрь протеасомы, где происходит расщепление белка. Убиквитин не расщепляется, а повторно используется после активации.

Переваривание белков в ЖКТ

Белки, поступающие с пищей, сначала расщепляются в ЖКТ на аминокислоты, которые всасываются и распределяются в организме.



ПЕРЕВАРИВАНИЕ БЕЛКОВ В ЖКТ

ЖЕЛУДОК

Роль соляной кислоты:

- денатурирует белки
- вызывает набухание труднорастворимых белков
- активизирует пепсиноген
- создает рН-оптимум для действия пепсина.

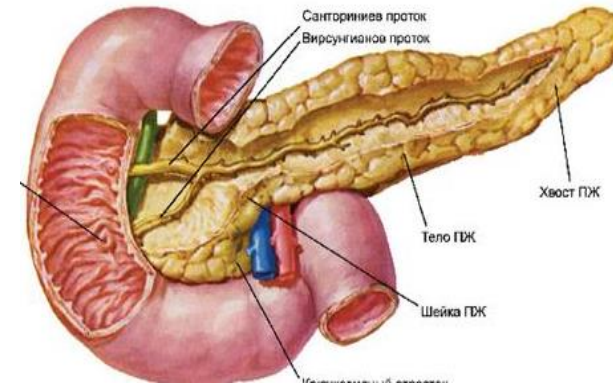


Протеолитические ферменты желудочного сока

- **пепсин** (пепсиноген)
- **гастрин**
- **реннин (химозин)** у детей

Протеолитические ферменты панкреатического сока

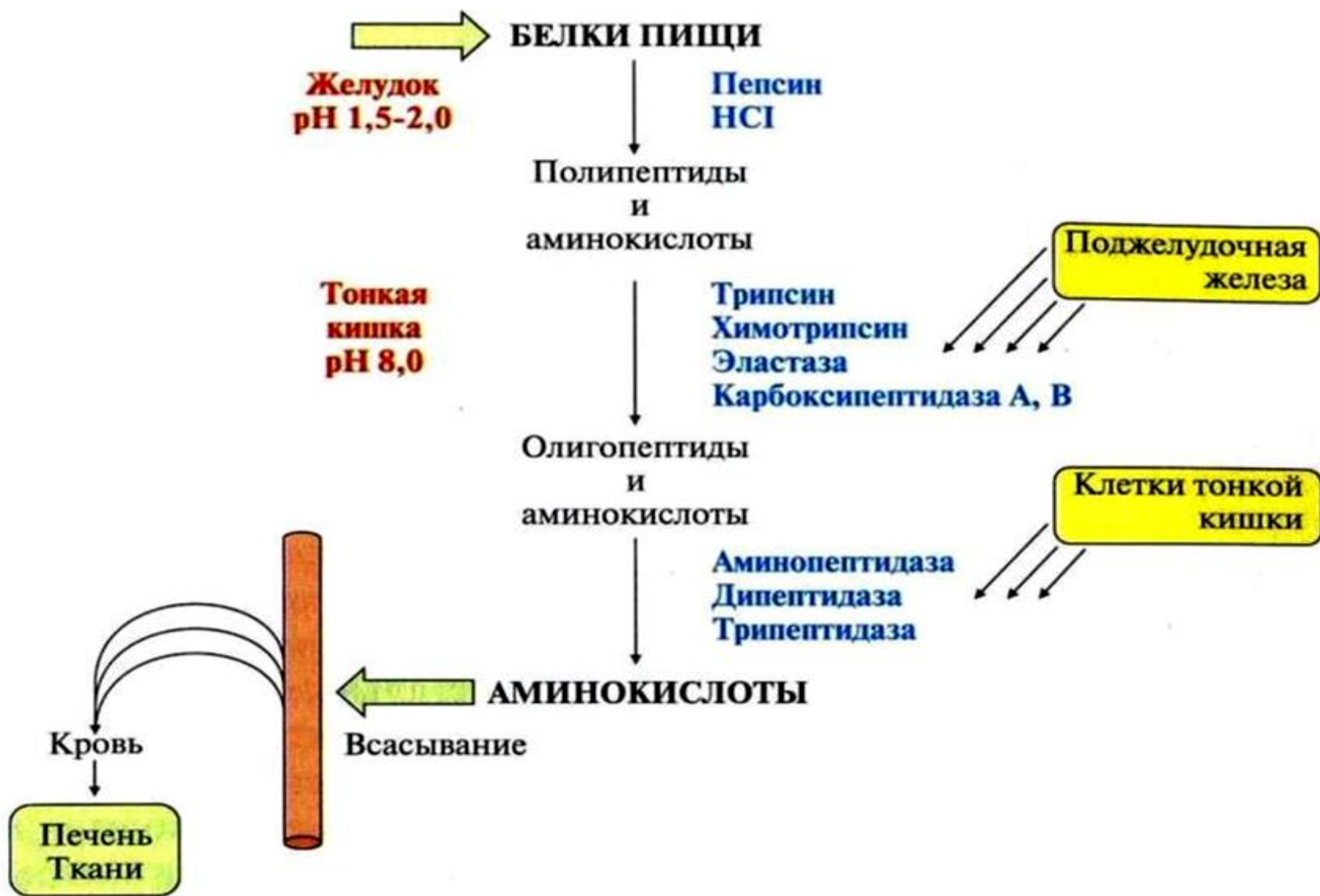
- трипсин (трипсиноген)
- химотрипсин (химотрипсиноген)
- карбоксипептидаза А и В
(прокарбоксипептидаза)
- эластаза (проэластаза)

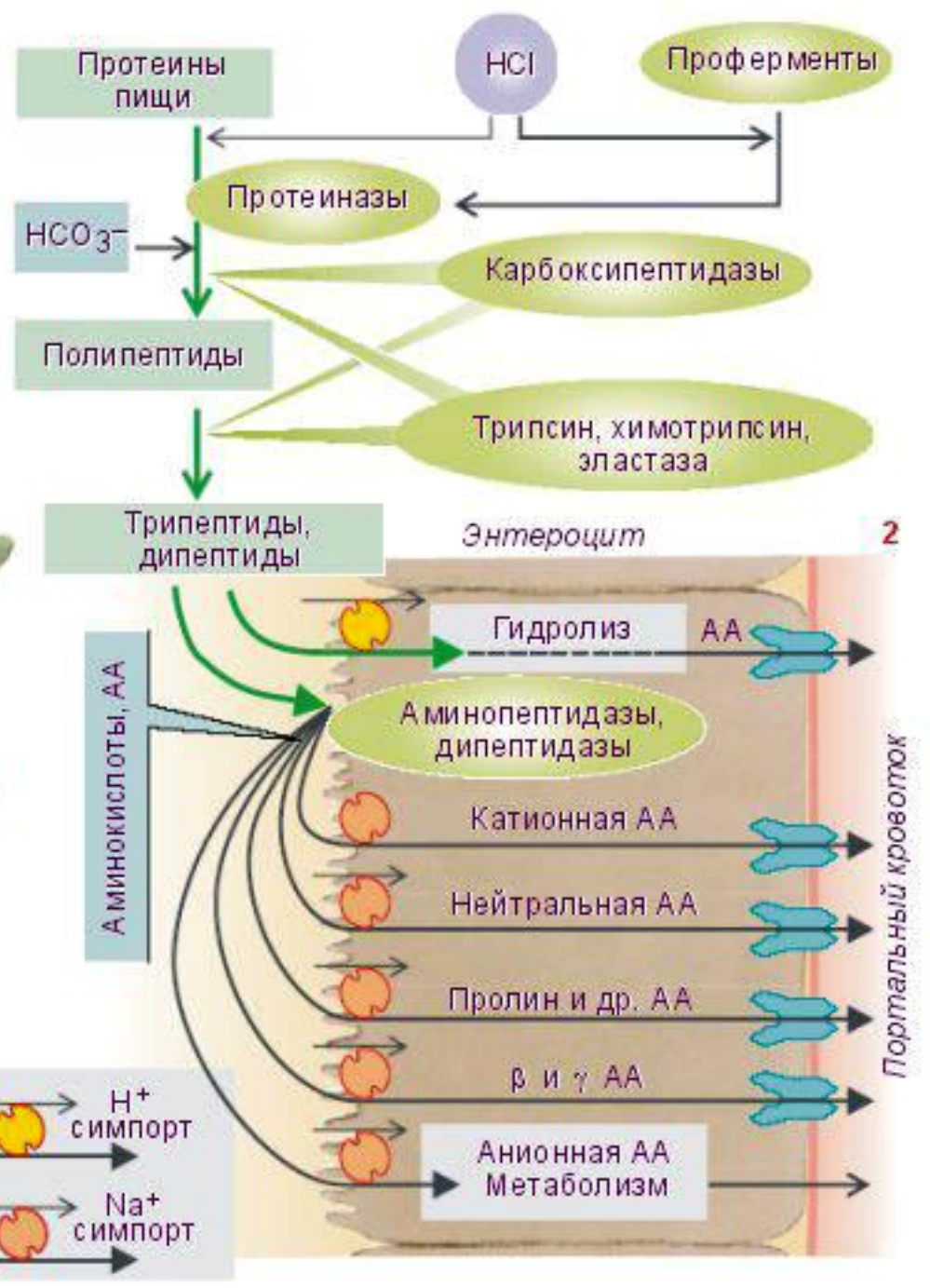
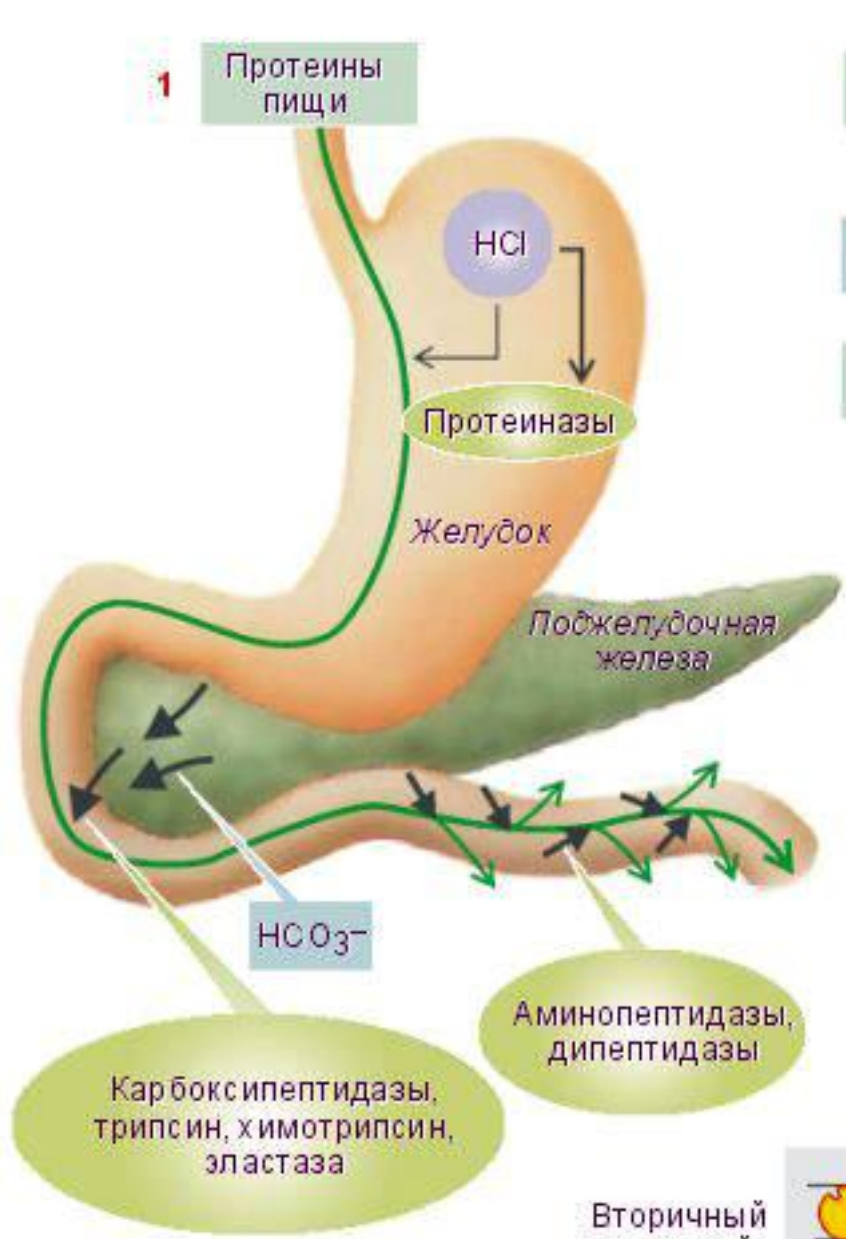


Клетки тонкого кишечника

- аминопептидазы (N-концевые АК)
- дипептидазы

Переваривание белков





Особенности переваривания белков у детей

- **Кислотность** желудочного сока новорождённого 6,0
(в течение 6-12 часов снижается до 1-2)
К концу первой недели жизни - 5,0-6,0
постепенно снижается до рН 3,0-4,0 к концу первого года жизни

! кислотность желудочного сока обеспечивается в основном **молочной** кислотой, а не соляной.

В возрасте 4-7 лет величина рН в среднем составляет 2, в дальнейшем она снижается до величины взрослых (1,5-2,0).

Особенности переваривания белков у детей

Протеолитическая активность желудочного сока довольно низкая.

К концу первого года жизни она возрастает в 3 раза, но остается вдвое ниже, чем у взрослых.

Основным ферментом желудка грудных детей является **реннин (химозин)**. Его активность обнаруживается еще в антенатальном периоде, являясь максимальной к моменту рождения и не меняясь до 10 дня жизни.

Синтезируется реннин главными клетками желудка в виде профермента (прореннина) и активируется при pH менее 5,0. Оптимальная кислотность среды для реннина 3,0-4,0.

Особенности переваривания белков у детей

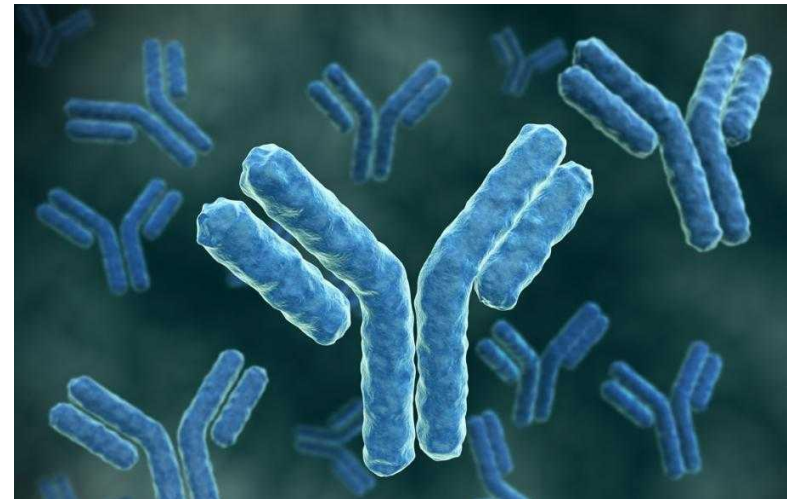
- Реннин имеет значение для переваривания молочного белка **казеина**. Отщепление гликопептида от казеина превращает последний в **параказеин**, который связывает ионы кальция, створаживается и образует нерастворимую соль. Благодаря этому молочный белок задерживается в желудке и подвергается частичному перевариванию **гастроксином**.

Особенности переваривания белков у детей

В раннем грудном возрасте активность поджелудочной железы относительно низка, однако к концу первого года жизни секреция **панкреатических ферментов** возрастает от 2 до 10 раз, переваривание белков происходит практически полностью

Особенности переваривания белков у детей

Низкая кислотность желудка и слабая протеолитическая активность ЖКТ в первые месяцы жизни обеспечивают **формирование пассивного иммунитета** младенца, т.к. **антитела молока и грудного молока** всасываются не повреждаясь и не перевариваясь.



ТРАНСПОРТ АМИНОКИСЛОТ В КЛЕТКИ

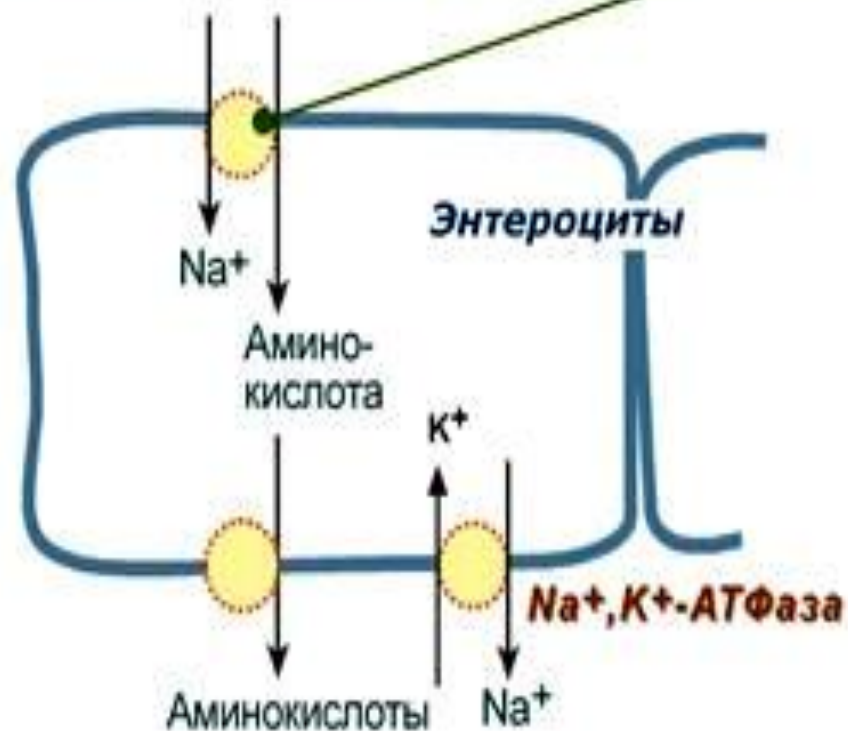
Аминокислоты, образовавшиеся при переваривании белков, быстро всасываются в кишечнике.

Известны 5 специфических транспортных систем, каждая из которых обеспечивает перенос определенной группы АК:

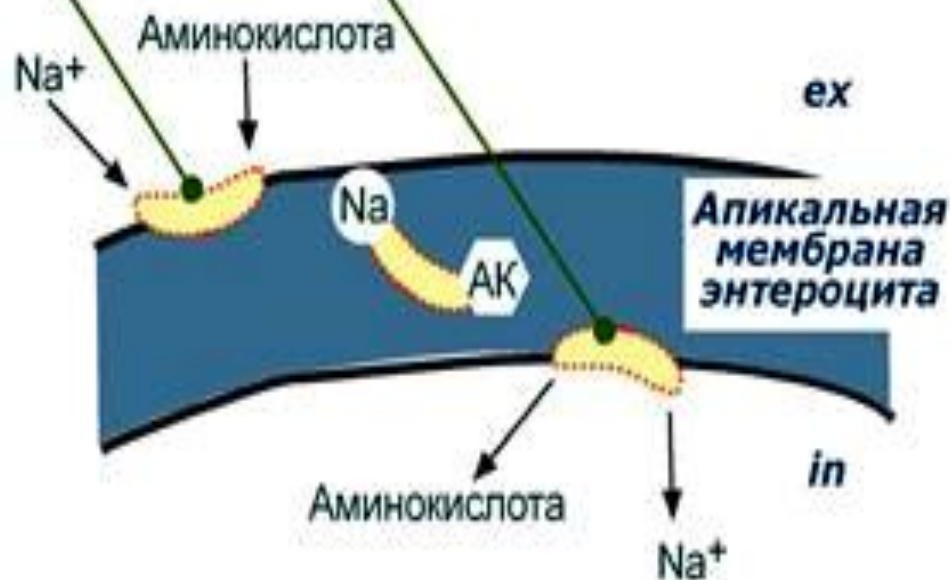
- 1. Нейтральных с короткой боковой цепью – Ала, Сер, Тре.**
- 2. Нейтральных с длинной или разветвленной цепью – Вал, Лей, Иле.**
- 3. С катионными радикалами – Лиз, Арг.**
- 4. С анионными радикалами – Глу, Асп.**
- 5. Иминокислот – Про, оксипролин.**

Просвет тонкого кишечника

Белок-переносчик

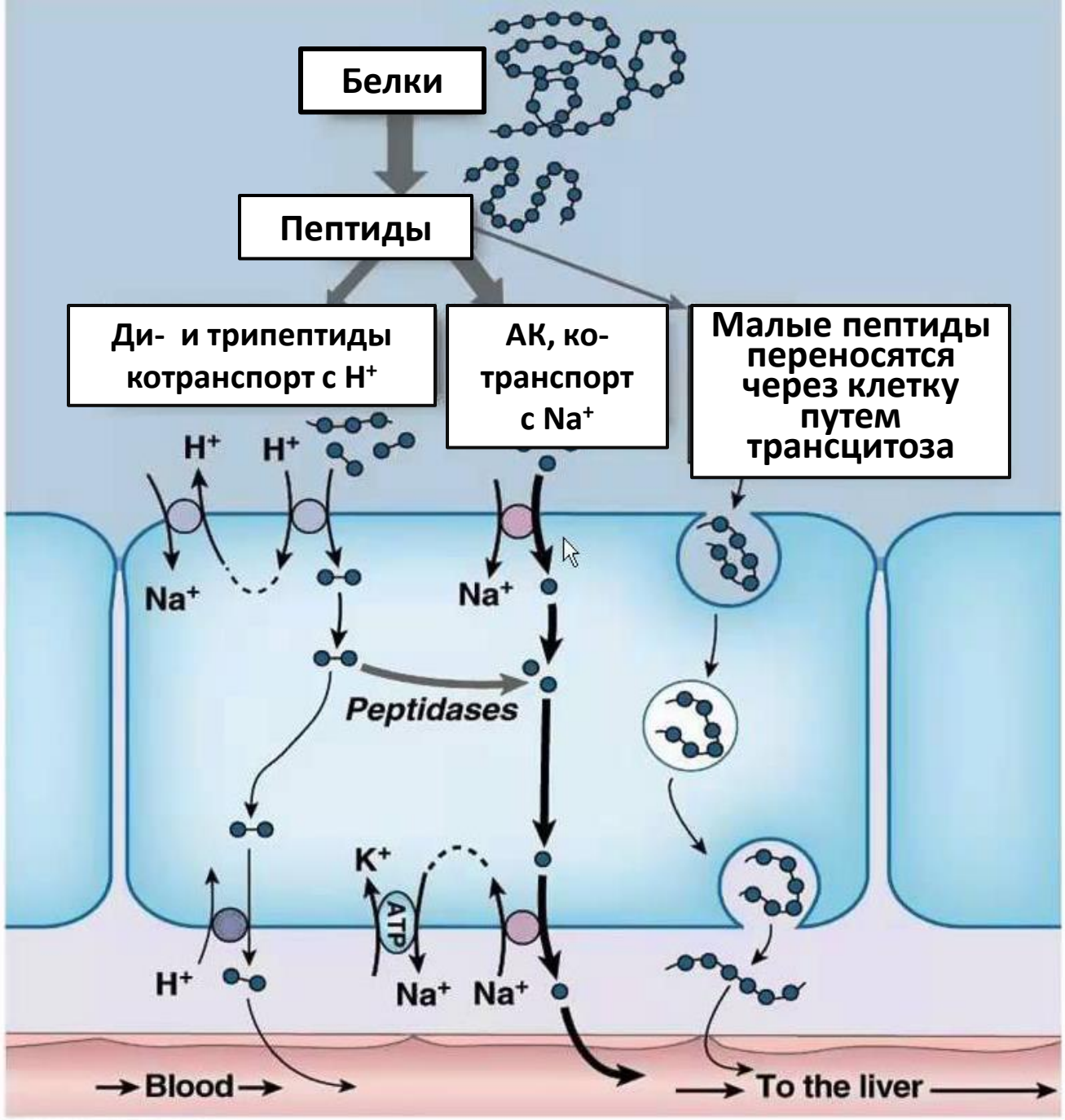


Взаимодействие мембранных транспортеров апикальной и базальной стороны энтероцита



Механизм одновременного переноса аминокислоты и иона Na⁺ через апикальную мембрану энтероцита

Всасывание пептидов и аминокислот



Особенности всасывания аминокислот и пептидов у детей

**В раннем постнатальном периоде
(у новорождённых и до 2-3 месяцев)
проницаемость стенки кишечника у детей
повышена.**

**Такая особенность обеспечивает
проникновение антител молока и
материнского молока в кровь ребенка и
способствует формированию его пассивного
иммунитета.**

Особенности всасывания аминокислот и пептидов у детей

При наличии неблагоприятных обстоятельств (гиповитаминозы, индивидуальные особенности, неправильное питание) проницаемость кишечной стенки возрастает и создается повышенный поток в кровь младенца пептидов коровьего молока (при искусственном вскармливании), пептидов и веществ, присутствующих в материнском молоке – развивается **пищевая аллергия**.

Аналогичная ситуация может наблюдаться у старших детей и взрослых при нарушениях желчевыделения, при гельминтозах, дисбактериозах, поражении слизистой оболочки кишечника токсинами и т.п.

Наследственные нарушения транспорта аминокислот

• Болезнь Хартнупа



• цистинурия

ТРАНСПОРТ АК ЧЕРЕЗ КЛЕТОЧНЫЕ МЕМБРАНЫ

(γ -ГЛУТАМИЛЬНЫЙ ЦИКЛ)

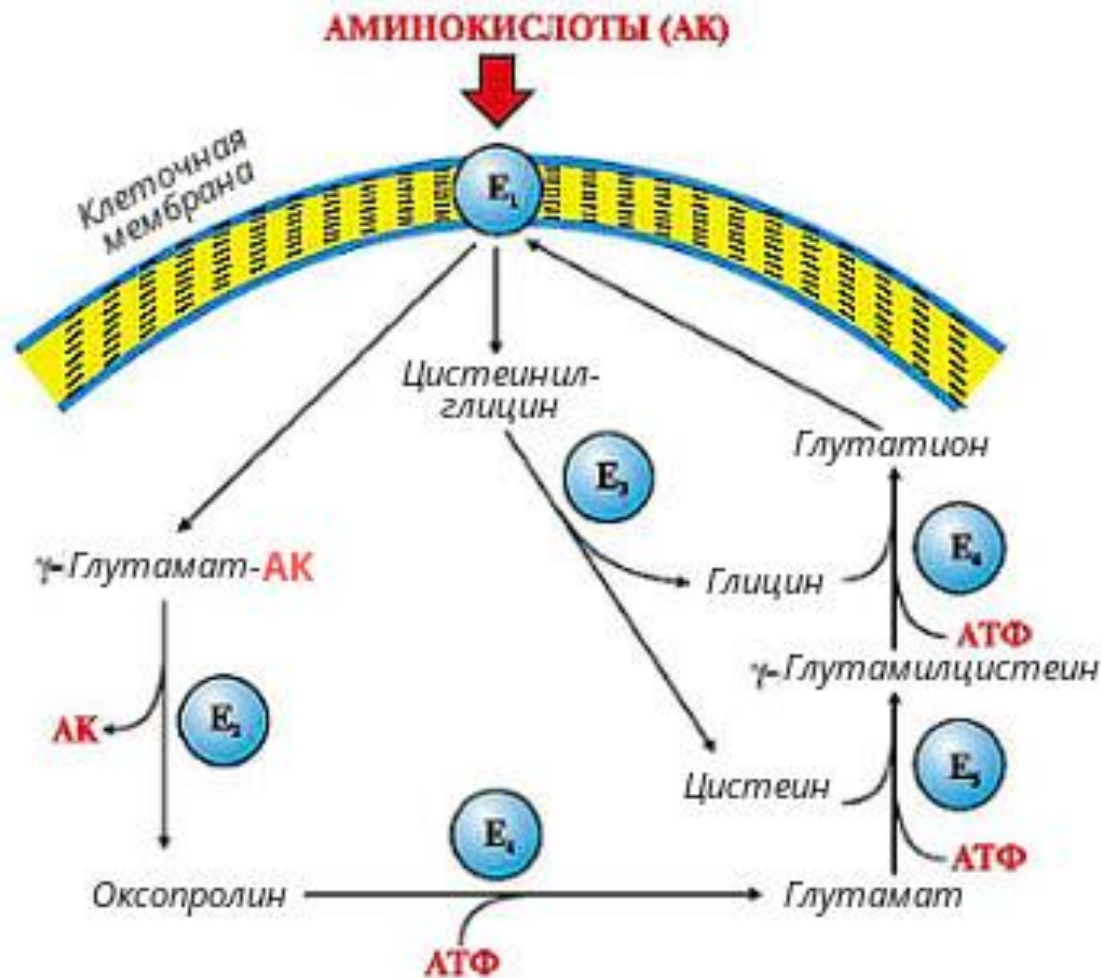


рис. 1. γ -Глутамильный цикл

E_1 - γ -глутамилтранспептидаза, E_2 - γ -глутамилциклотрансфераза, E_3 - пептидаза, E_4 - оксопролиназа, E_5 - γ -глутамилцистеинсинтетаза, E_6 - глутатионсинтетаза

ПРЕВРАЩЕНИЕ АК МИКРОФЛОРОЙ КИШЕЧНИКА



Микрофлора кишечника располагает набором ферментов, которых нет в животных тканях и которые катализируют самые разнообразные превращения пищевых АК.

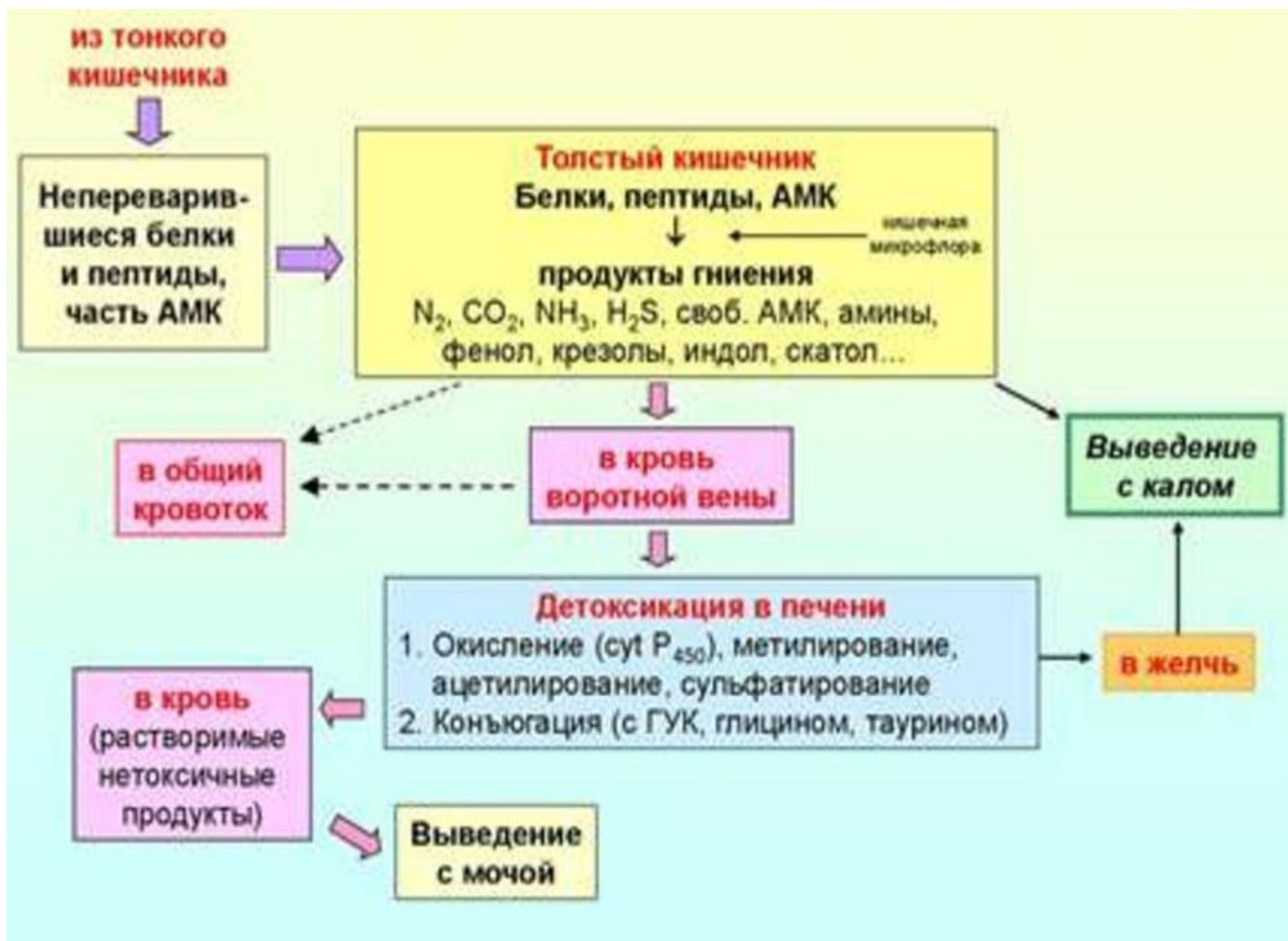
Лизин → **кадаверин**

Орнитин → **путресцин**

Тирозин → **крезол** → **фенол**

Триптофан → **скатол** → **индол**

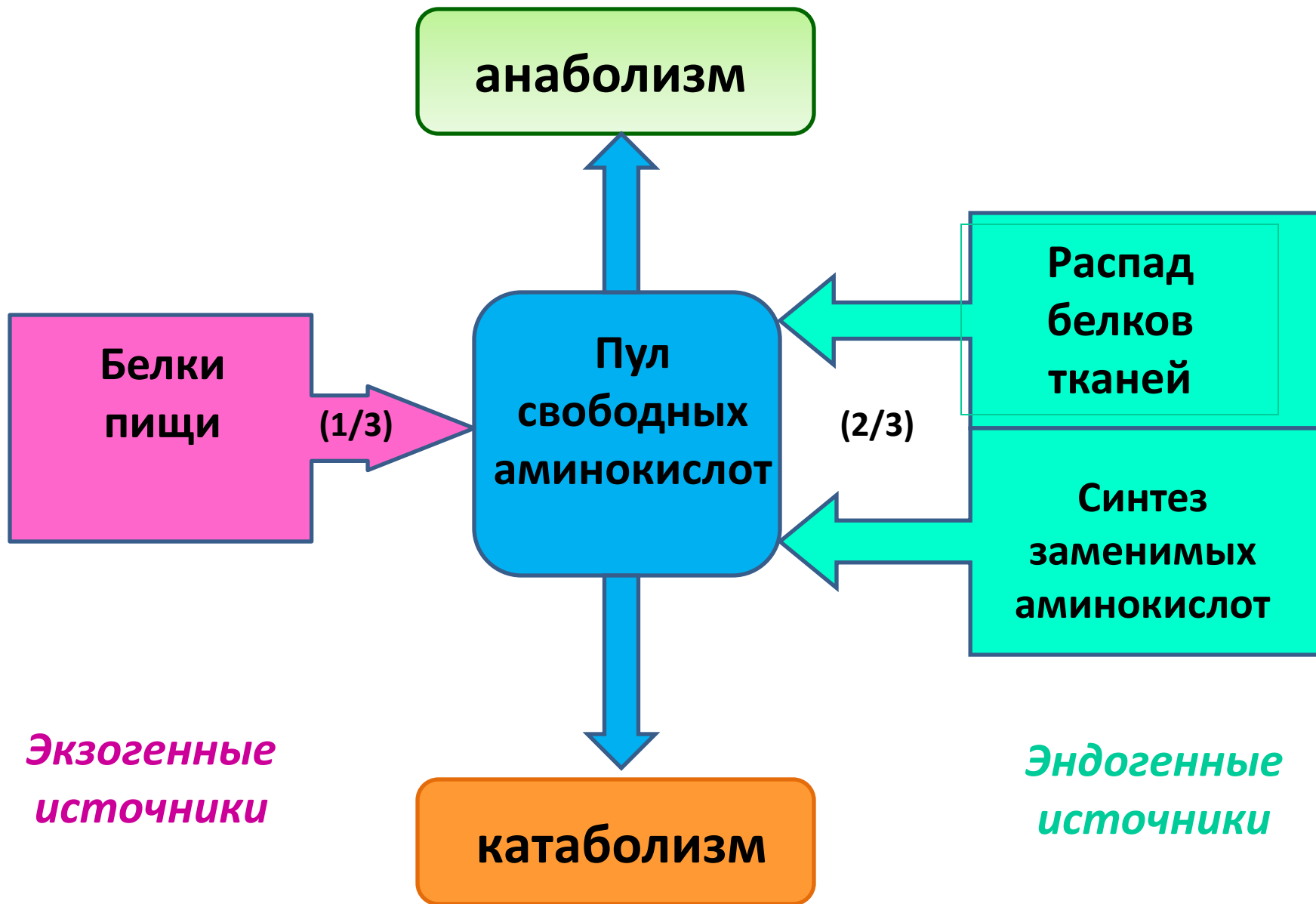
Эти токсические вещества попадают в печень, где подвергаются обезвреживанию.



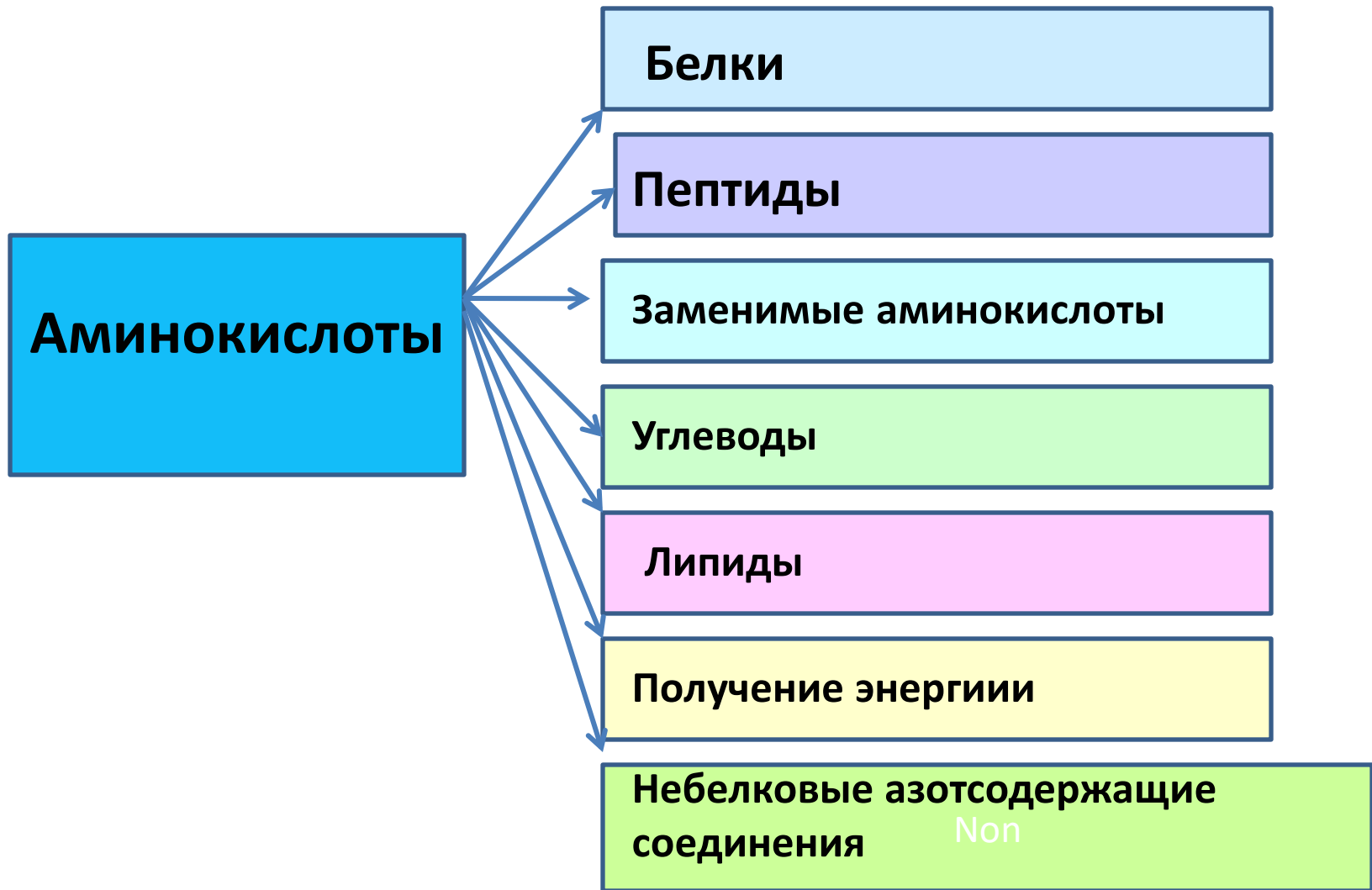
Особенности переваривания и всасывания белков у детей

У здоровых детей первых месяцев жизни в толстом кишечнике не происходит образования индола, скатола, фенола и других токсических продуктов, так как в кишечнике отсутствуют процессы гниения. Этому способствует постепенное заселение кишечника нормальной микрофлорой, которое происходит при питании ребенка материнским молоком.

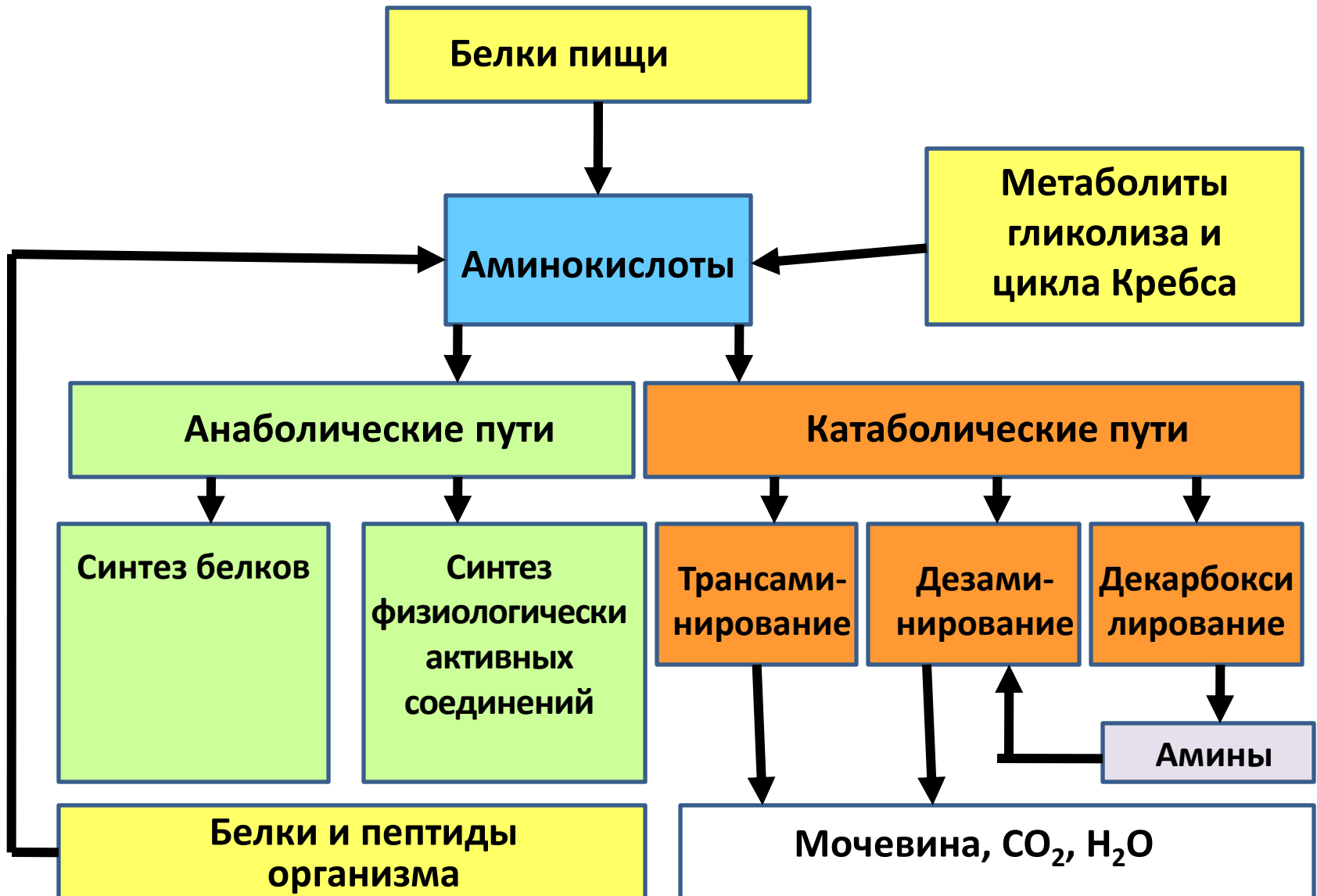
Источники аминокислот в организме



Пути использования аминокислот

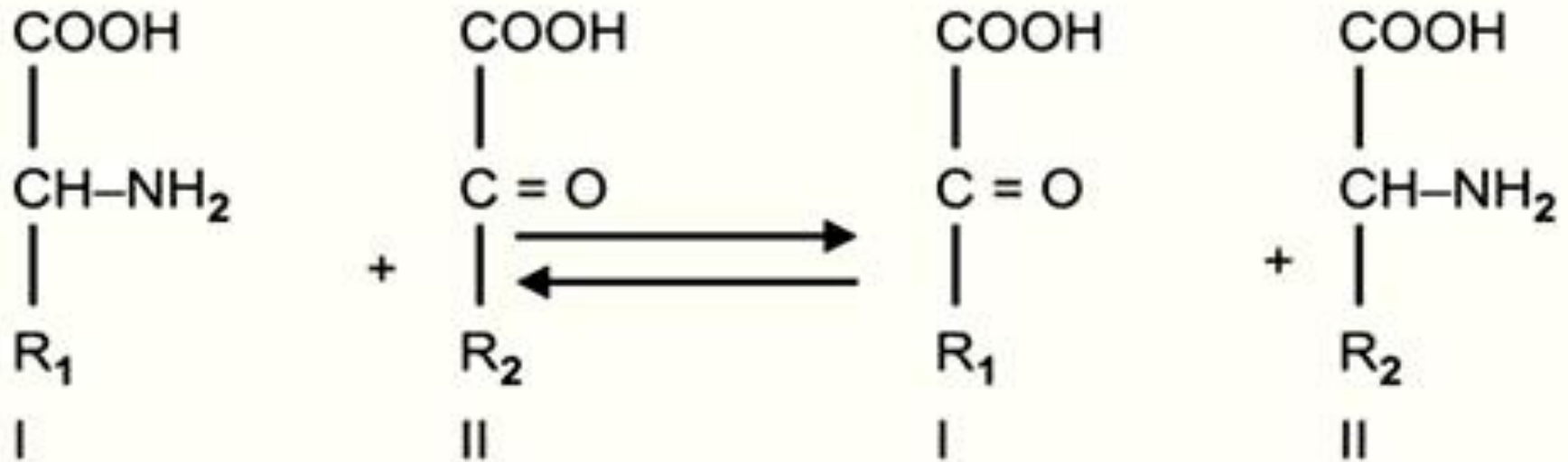


Основные пути обмена аминокислот



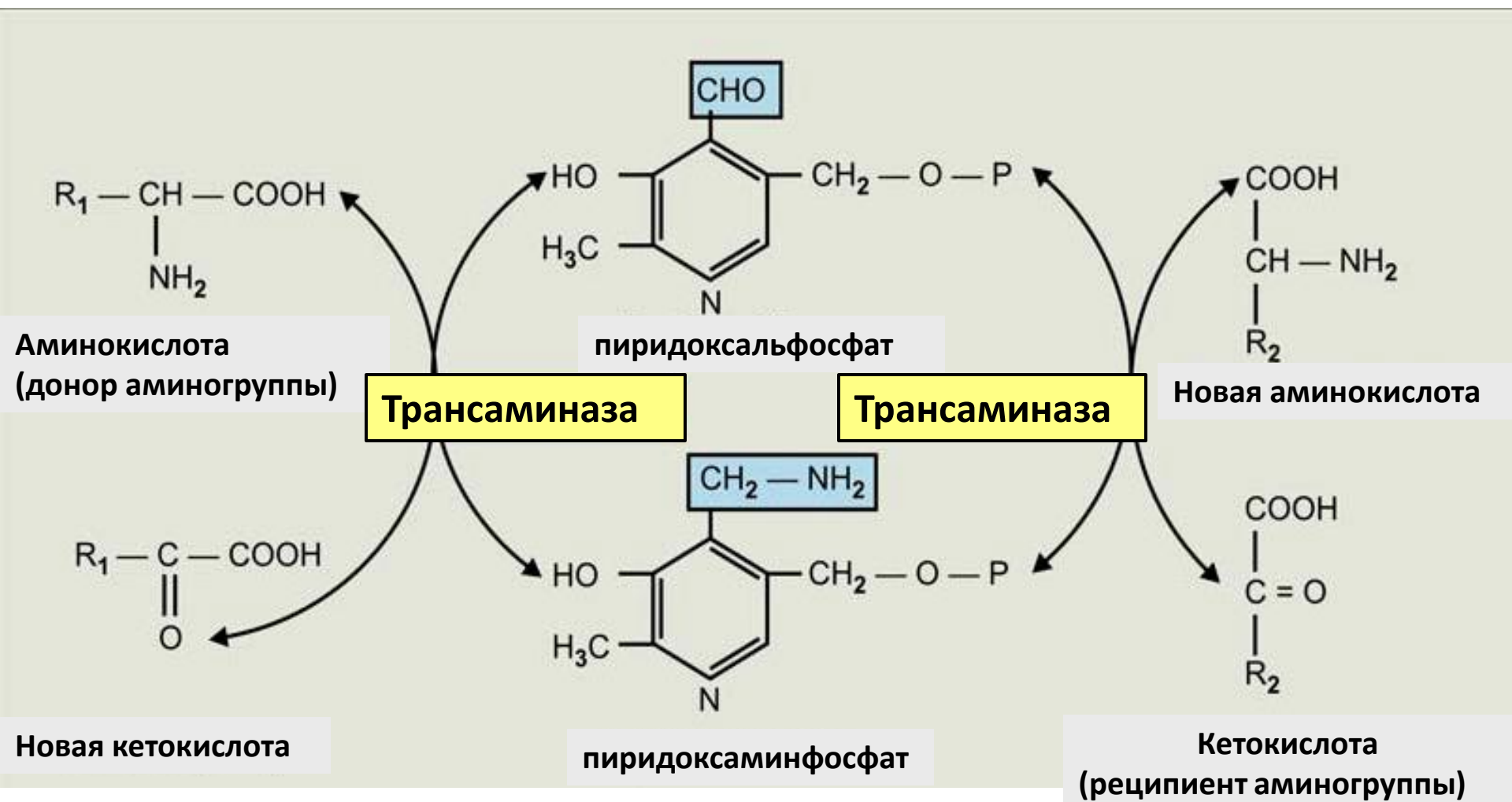
ТРАНСАМИНИРОВАНИЕ

Трансаминирование - это обратимая реакция, в которой α -аминогруппа одной аминокислоты переносится на кетокислоту, что приводит к образованию новой аминокислоты и новой кетокислоты.



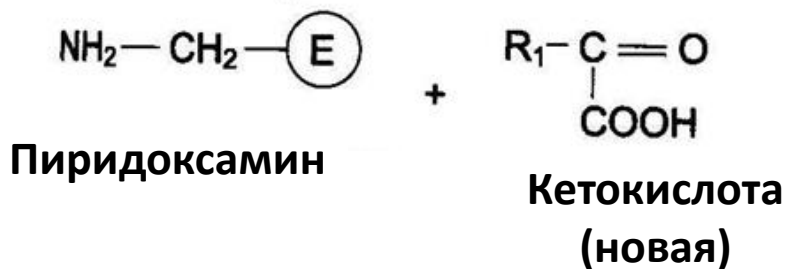
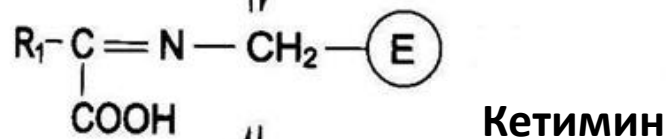
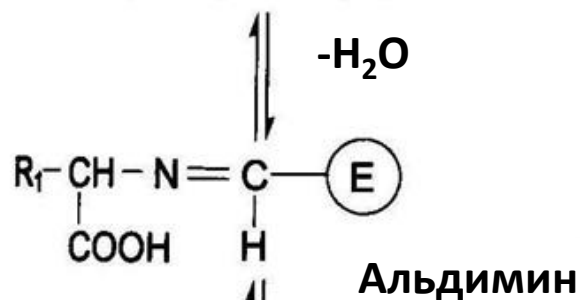
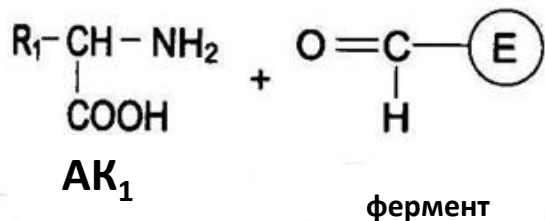
ТРАНСАМИНИРОВАНИЕ

Ферменты, участвующие в трансаминировании, называются аминотрансферазами (или трансаминазами). Кофермент, необходимый для реакции: пиридоксальфосфат



Механизм трансаминирования

I фаза



II фаза

