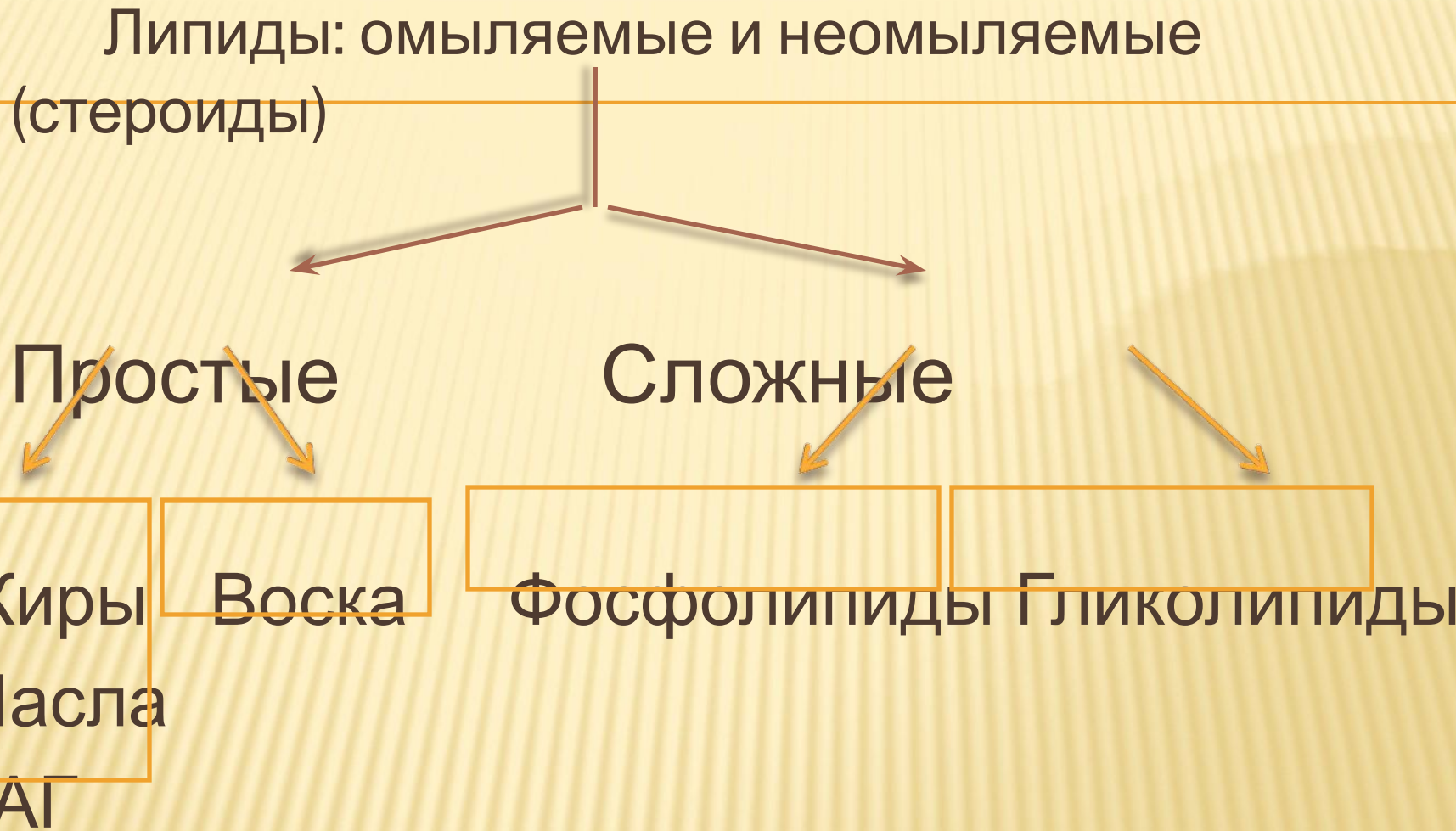


ОБМЕН ЛИПИДОВ

-
- Под названием липиды объединяют большую группу веществ биологической природы, не растворимых в воде и растворимых в органических растворителях.

□ **КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИПИДОВ:**

Липиды: омыляемые и неомыляемые (стероиды)



```
graph TD; A[Липиды: омыляемые и неомыляемые (стероиды)] --> B[Простые]; A --> C[Сложные]; B --> D[Жиры<br/>Масла<br/>TAG]; B --> E[Воска]; C --> F[Фосфолипиды]; C --> G[Гликолипиды];
```

The diagram is a hierarchical flowchart. At the top is the title 'Липиды: омыляемые и неомыляемые (стероиды)'. A vertical line descends from this title and splits into two diagonal arrows pointing to 'Простые' and 'Сложные'. From 'Простые', two diagonal arrows point to 'Жиры' and 'Воска'. From 'Жиры', a vertical line descends to 'Масла', which then has a vertical line descending to 'TAG'. From 'Сложные', two diagonal arrows point to 'Фосфолипиды' and 'Гликолипиды'. All text is in Russian. The words 'Жиры' and 'Масла' are stacked vertically. 'TAG' is at the bottom of the 'Жиры' branch. 'Фосфолипиды' and 'Гликолипиды' are stacked vertically. The entire diagram is set against a light yellow background with a faint, repeating pattern of the word 'lipid' in a light blue font.

Простые

Сложные

Жиры
Масла
TAG

Воска

Фосфолипиды
Гликолипиды

Фосфолипиды:

□ Сфинголипиды

□ Глицерофосфолипиды:

- фосфотидилхолины
(лецитины);

- фосфотидилэтаноламины
(коламинкефалины);

- фосфотидилсерины
(серинкефалины).

Гликолипиды:

- Цереброзиды;

- Ганглиозиды;

- Сульфатиды.

НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ГРУППЫ ЛИПИДОВ

- 1. Жирные кислоты, самые простые по строению липиды. В организме служат промежуточными продуктами при распаде и синтезе других липидов.
- 2. Жиры (ТАГ) выполняют функции резервного энергетического материала. Липиды пищи представлены в основном жирами (около 99%).

-
- 3. Фосфолипиды и гликолипиды (сложные липиды) – являются компонентами клеточных мембран – структурная функция.
 - 4. Стероиды, наиболее распространенный представитель холестерин. Входит как структурный элемент в состав клеточных мембран, а также служит предшественником ряда других стероидов – желчных кислот, стероидных гормонов, витамина D

-
- 5. Простогландины – производные кислот, содержащие пятиуглеродный цикл. Выполняют регуляторные функции.

ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ

- 1. Структурно-энергетическая (обеспечивают до 50% энергетической потребности, депо энергии).
- 2. Структурная (в состав мембран).
- 3. Транспортная (транспорт и всасывание жирорастворимых витаминов).
- 4. Электроизолирующая.
- 5. Эмульгирующая.

-
- 6. Механическая.
 - 7. Теплоизолирующая.
 - 8. Являются источником эндогенной воды (из 100 г жира образуется 107 г воды).

-
- Вместе с тем нарушения липидного обмена лежит в основе патогенеза таких заболеваний и состояний как:
 - 1. Ожирение.
 - 2. ИБС.
 - 3. Желчно-каменная болезнь.
 - 4. Атеросклероз.
 - 5. Метаболический ацидоз.
 - 6. Рак молочной железы и толстого кишечника.

Суточная потребность в липидах 80-100 г, из них

минимум 20 – 25 г растительных липидов.

Основной источник насыщенных жиров – мясо животных, молочные продукты, маргарин.

Холестерин содержится только в пищевых продуктах животного происхождения, особенно много в яичном желтке. В растительной пище нет и быть не может.

Ненасыщенные полиеновые жирные кислоты содержатся в растительном масле. В организме синтезироваться не могут и объединяются по названию витамин F.

Полиеновые кислоты

- ✓ Линолевая 18 : 2
- ✓ Линоленовая 18 : 3
- ✓ Арахидоновая 20 : 4

синтез

1. Простогландины
2. Тромбоксаны
3. Лейкотриены

НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОБМЕНА ЛИПИДОВ

Переваривание липидов в ЖКТ

1. В ротовой полости переваривания липидов не происходит, т.к. липаза в слюне проявляет активность в следовых количествах, а пища в ротовой полости находится непродолжительное время.

2. Желудочная липаза переваривает только эмульгированные жиры (жиры молока), наибольшее значение имеет у детей. У взрослых активность низкая вследствие кислотности желудочного сока.

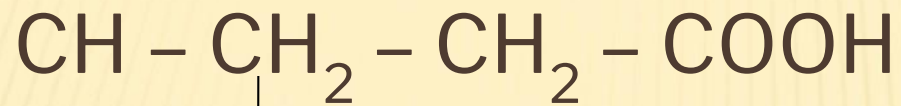
3. Основное переваривание липидов происходит в тонком кишечнике, где жиры подвергаются действию панкреатического сока и желчи (вырабатывается печенью)

Панкреатический сок содержит липазу, холестеролэстеразу, фосфолипазы A1, A2, C, D.

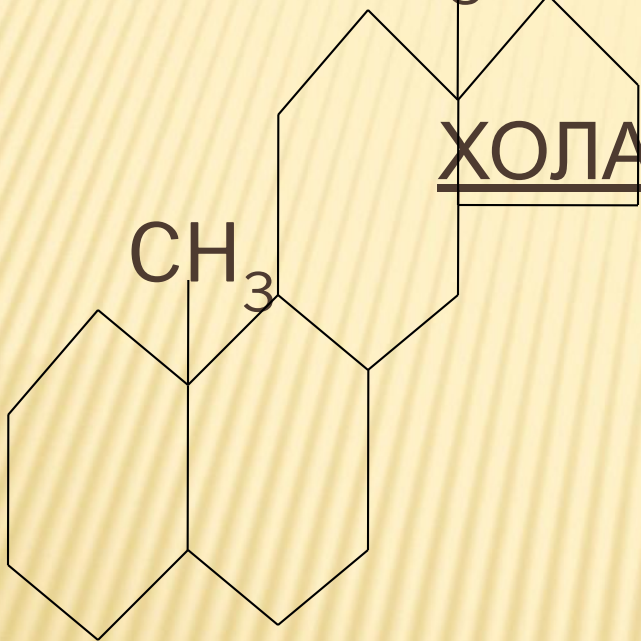
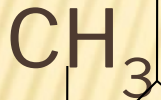
В составе желчи содержатся конъюгированные желчные кислоты. Желчные кислоты являются производными холановой кислоты. 60% - конъюгаты с глицином, 20-40% - конъюгаты с таурином. Соотношение глициновых и тауриновых конъюгатов может меняться в зависимости от состава пищи.

Углеводы – глициновые конъюгаты.

Белки – тауриновые конъюгаты.



ХОЛАНОВАЯ КИСЛОТА



CH₃

HO CH - CH₂ - CH₂ - CO

CH₃

NH - CH₂ - COOH

CH₃

ГЛИКОХОЛЕВАЯ КИСЛОТА

HO

OH

CH₃

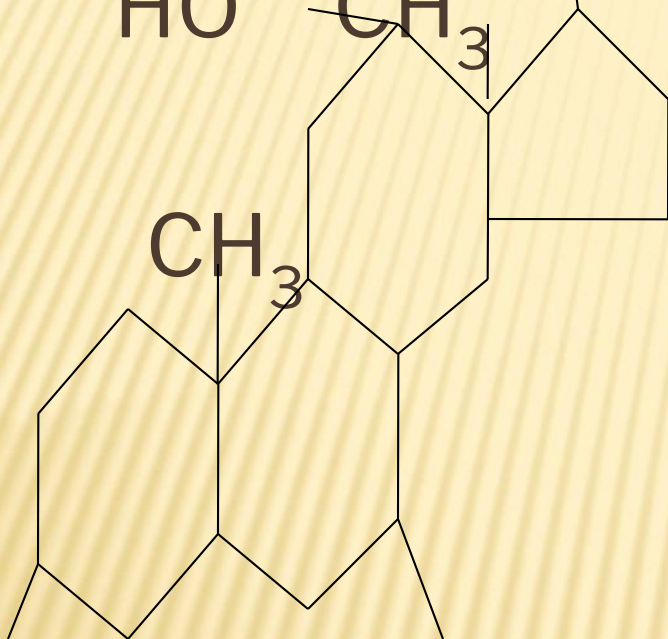


CH - CH₂ - CH₂ - CO/

HO

CH₃

NH - CH₂ - CH₂ - SO₃H



ТАУРОХОЛЕВАЯ КИСЛОТА

HO

OH

ФУНКЦИИ ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ

Поступая в 12-перстную кишку
обеспечивают:

1. Эмульгирование жиров;
2. Активацию липазы;
3. Всасывание продуктов переваривания
липидов путем образования комплексов-
мицелл.

Перистальтика кишечника способствует дроблению жировых капель, а желчные кислоты поддерживают их во взвешенном состоянии.

Эмульгирование жиров увеличивает поверхность раздела фаз. Продукты гидролиза ВЖК, ДАГ, МАГ также обладают эмульгирующим действием.

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ТАГ

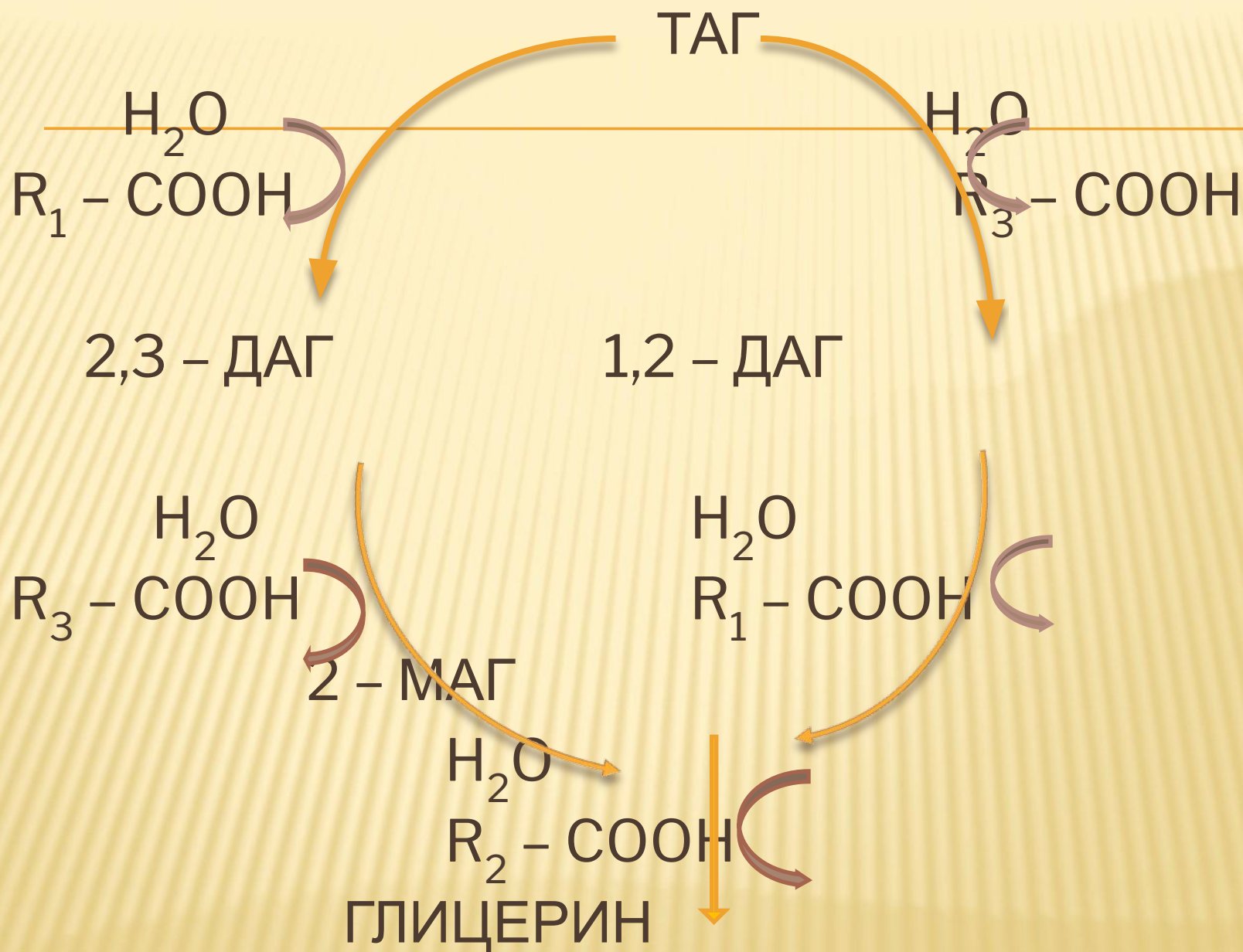
Панкреатическая липаза вырабатывается в неактивном виде, активируется колипазой и желчными кислотами. Оптимум pH липазы в присутствии желчи смещается с 8 до 6, т.е. до значения pH которое бывает при приеме жирной пищи в верхних отделах тонкого кишечника.

Есть данные о существовании двух типов
липаз:

I тип – гидролизует связи 1 и 3

II тип – (карбоксиэстераза) гидролизует связь
по 2-му положению.

Гидролиз жиров идет в составе жировой
капли на границе раздела фаз.



Под действием панкреатической липазы отщепляется жирная кислота по 1 или 3 положению, затем еще одна и образуется 2-моноацилглицерид (2-МАГ).

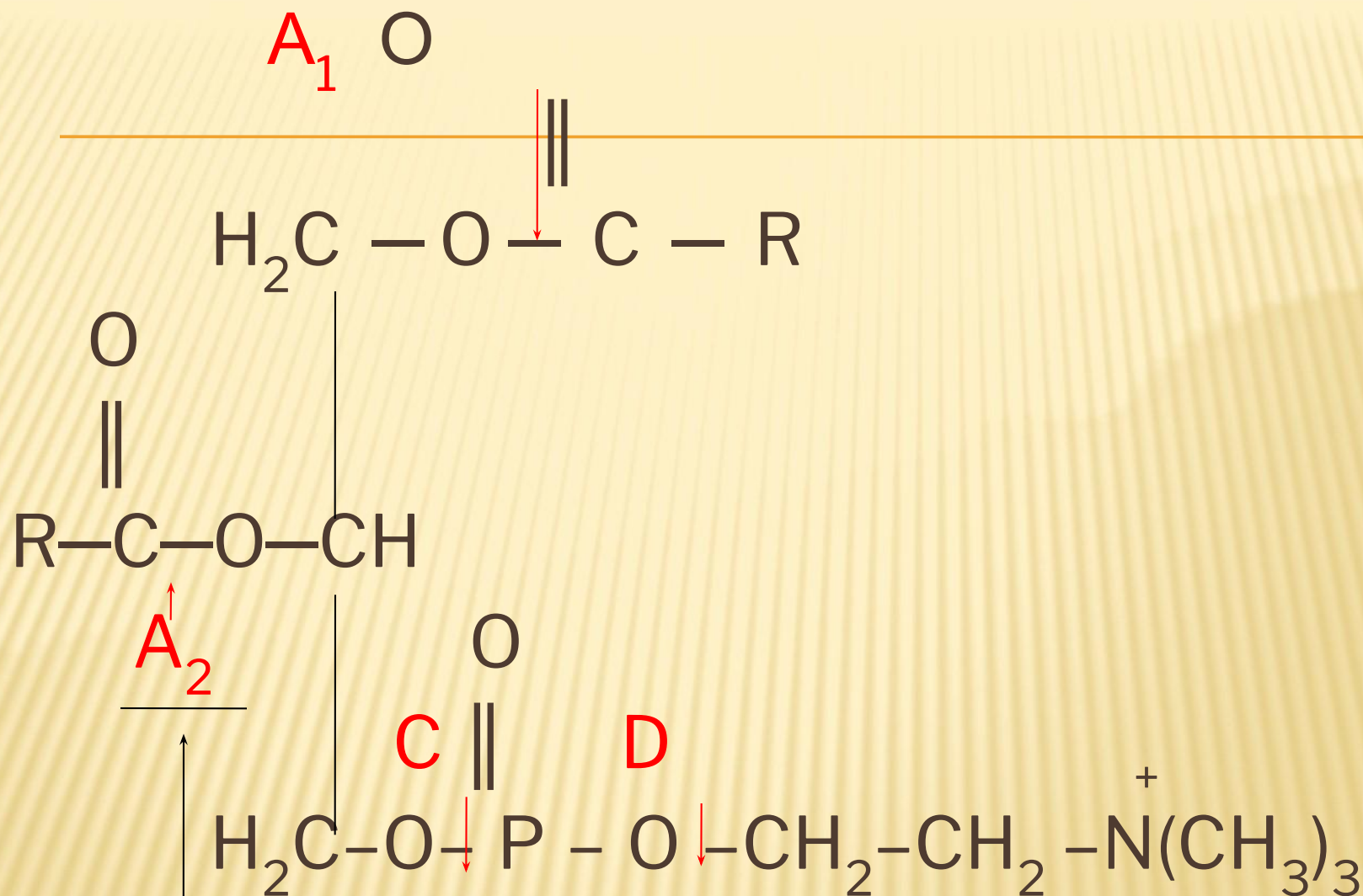
2-МАГ может всасываться через стенку кишечника, но может отделиться еще одна жирная кислота и образуется глицерин и жирная кислота.

Конечными продуктами будут высшие жирные кислоты и глицерин.

ПЕРЕВАРИВАНИЕ ФОСФОЛИПИДОВ

Осуществляется специальными
липолитическими ферментами, которые
называются фосфолипазами.

Существует несколько видов фосфолипаз:
A1, A2, C, D.



ЛИЗОФОСФОЛИПИДЫ

Фосфолипаза A1 гидролизует эфирную связь в положении 1.

Фосфолипаза A2 гидролизует эфирную связь в положении 2. Под действием ФЛ A2 образуются очень токсичные продукты лизофосфатиды - вызывают разрушение клеточных мембран. Образуются в большом количестве под действием яда змей, скорпионов (за счет высокой активности ФЛ A2), что приводит к гемолизу.

-
- Следовательно, очень важно согласованное действие фосфолипаз A1 и A2 на фосфолипид. Некоторые авторы считают, что в составе панкреатического и кишечного сока специальные ферменты – лизофосфолипазы. Защита от токсического действия фосфолипазы A2 также достигается тем, что она вырабатывается в неактивном виде. Активируется трипсином путем отщепления гексапептида.

-
- Фосфолипаза С – гидролизует связь между фосфорной кислотой и глицерином.
 - Фосфолипаза D – гидролизует связь между фосфорной кислотой и азотистым основанием.
 - Т.о. при гидролизе фосфолипидов образуются следующие продукты: глицерин, ВЖК, фосфорная кислота, азотистое основание.

-
- Гидролиз эфиров холестерина осуществляется холестеролэстеразой на холестерин и жирные кислоты.

ВСАСЫВАНИЕ

- Происходит в тонком кишечнике. Короткоцепочечные жирные кислоты (до C 10-12) и глицерин, хорошо растворимы в воде, свободно всасываются и поступают в кровь воротной вены.

-
- Длинноцепочечные жирные кислоты и 2-МАГ являются гидрофобными веществами, поэтому они вместе с желчными кислотами образуют комплекс – мицеллу и в таком виде проходят через стенку кишечника. В энтероцитах мицелла распадается и желчные кислоты с током крови попадают в печень, где в составе желчи возвращаются в просвет кишечника (энтеро-гепатическая циркуляция желчных кислот, происходит 5-6 раз в сутки).

-
- 3-6% ТАГ всасываются путем пиноцитоза.
 - Легко всасываются будучи водорастворимыми продукты гидролиза фосфолипидов: глицерин, фосфаты, холин, сфингозин.

РЕСИНТЕЗ ЖИРОВ

- В эпителии кишечника всосавшиеся липиды подвергаются процессу **ресинтеза**. В ходе этого процесса образуются липиды характерные по своим физико-химическим свойствам организму человека. Источником для ресинтеза служат продукты гидролиза липидов в ЖКТ, а также собственные жирные кислоты.

ПАТОЛОГИЯ

- При нарушении желчеобразования или желчевыделения (ЖКБ, опухоль) условия переваривания жиров и всасывание продуктов гидролиза ухудшаются и значительная часть их выводится с калом – **стеаторрея**. Жирорастворимые витамины также не всасываются, что приводит к развитию гиповитаминозов.

ТРАНСПОРТ ЛИПИДОВ

- Ресинтезированные в эпителии кишечника ТАГ, эфиры холестерина и подавляющее большинство фосфолипидов вследствие гидрофобности в свободном виде транспортироваться кровью не могут, поэтому в энтероцитах из них синтезируются специальные транспортные частицы – хиломикроны (ХМ).

СОСТАВ ХИЛОМИКРОНОВ

- Белок – 0,5 - 2,5%
- Фосфолипиды – 2,5 – 10%
- Холестерин – 0,5 -1,0%
- Эфиры холестерина – 1 – 3%
- ТАГ – 80 – 95%

-
- ХМ являются крупными частицами (100-1200 нм) и поэтому сразу поступать в кровеносный сосуд не могут. ХМ поступают в лимфатические капилляры кишечника, затем через лимфатические сосуды брыжейки в грудной проток и оттуда через яремную вену в общий кровоток.

-
- Через 1-2 часа после приема жирной пищи наблюдается явление алиментарной гиперлипемии, т.е. увеличение общих липидов крови за счет ХМ (в основном ТАГ). Пик гиперлипемии приходится через 4-6 часов после приема пищи. Плазма, содержащая большое количество взвешенных в ней ХМ имеет молочно-белый цвет. Такая плазма называется – **липемической.**

-
- Через 10-12 часов ХМ из кровяного русла исчезают, плазма просветляется. Поэтому все биохимические исследования крови, особенно липидного обмена, проводят утром, натощак.

-
- Плазма просветляется при работе в крови специального фермента – **липопротеинлипазы**. Данный фермент работает на поверхности эндотелия жировой ткани, сосудов, в печени. Активируется гепарином.

-
- ХМ крупные частицы и самостоятельно проникнуть в клетки не могут, поэтому их гидролиз осуществляется липопроотеидлипазой. Образующиеся при этом глицерин и ВЖК поступают в жировую ткань → плазма просветляется. В жировой ткани из них вновь синтезируются ТАГ, т.о. липиды депонируются.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ОБМЕН

- Включает следующие основные процессы:
- 1. Расщепление ТАГ на ВЖК и глицерин.
- 2. Мобилизация ВЖК из жировых депо и их окисление.
- 3. Кетогенез.
- 4. Биосинтез ВЖК.
- 5. Биосинтез ТАГ, ФЛ, ХС.

МОБИЛИЗАЦИЯ ЖИРОВ (ЛИПОЛИЗ)

- Возникает:
- 1. Тяжелая физическая работа.
- 2. Эмоциональное напряжение.
- 3. Голодание.

РЕГУЛЯЦИЯ ЛИПОЛИЗА

□ **Нервная:**

- SYM – увеличивает липолиз;
- PSYM – снижает липолиз, способствует накоплению жира.

□ **Гуморальная:**

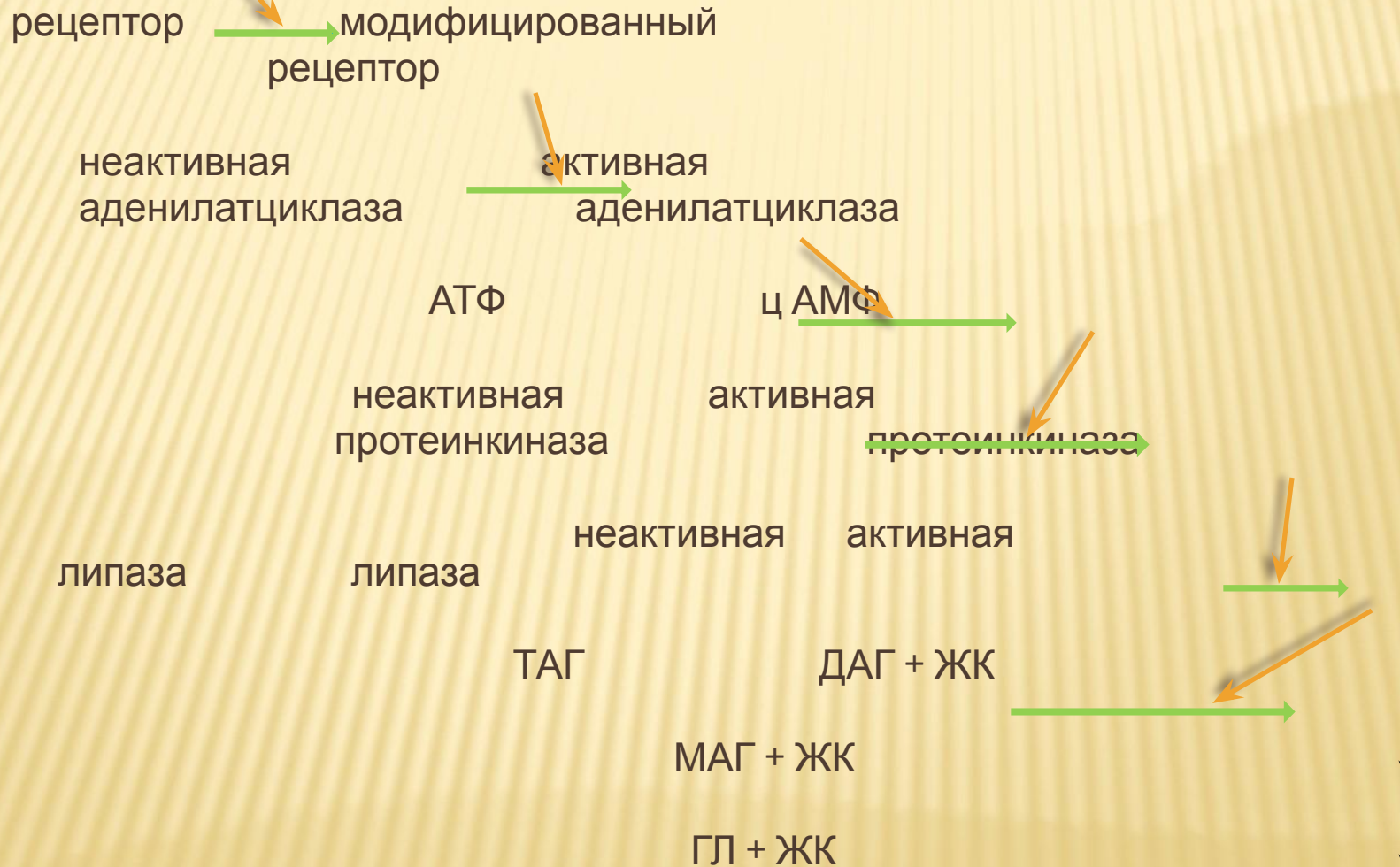
- адреналин, глюкагон, СТГ, ТТГ – увеличивают;
- инсулин, простагландин E, никотиновая кислота – снижают липолиз

-
- В тканях имеется несколько видов липаз. Гормончувствительная – триглицеридлипаза (ТАГ-липаза). ДАГ-липаза и МАГ-липаза к гормонам не чувствительны, однако их активность в 10-100 раз превышает активность ТАГ-липазы и они активируются при наличии своего субстрата (ДАГ и МАГ).

-
- Механизм активирования внутриклеточной липазы носит название **липолитический каскад Стайнберга.**

ЛИПОЛИТИЧЕСКИЙ КАСКАД (по Стайнбергу)

Гормон



-
- Образующиеся в ходе липолиза жирные кислоты подхватываются альбуминами и переносятся в органы и ткани, а глицерин переносится в растворенном состоянии.