

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)

Простые

Сложные

Жиры
Масла

Воска

Фосфолипиды

Гликолипиды

ТАГ

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.

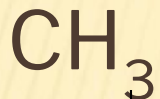
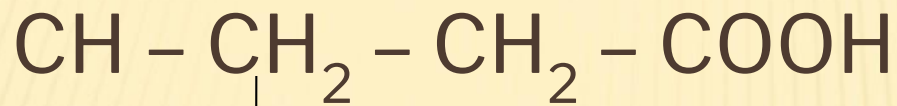
3. Основное переваривание липидов происходит в тонком кишечнике, где жиры подвергаются действию панкреатического сока и желчи (вырабатывается печенью)

Панкреатический сок содержит липазу, холестеролэстеразу, фосфолипазы А1, А2, С, D.

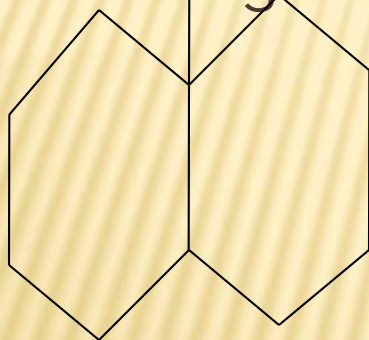
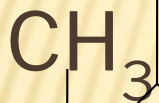
В составе желчи содержатся конъюгированные желчные кислоты. Желчные кислоты являются производными холановой кислоты. 60% - конъюгаты с глицином, 20-40% - конъюгаты с таурином. Соотношение глициновых и тауриновых конъюгатов может меняться в зависимости от состава пищи.

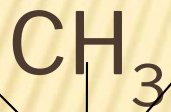
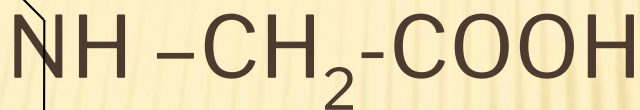
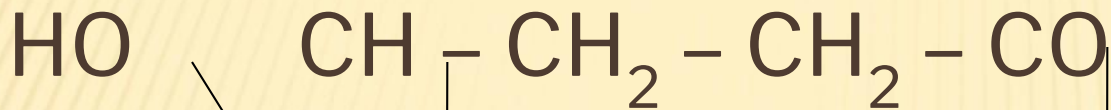
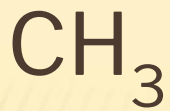
Углеводы – глициновые конъюгаты.

Белки – тауриновые конъюгаты.



ХОЛАНОВАЯ КИСЛОТА





ГЛИКОХОЛЕВАЯ КИСЛОТА



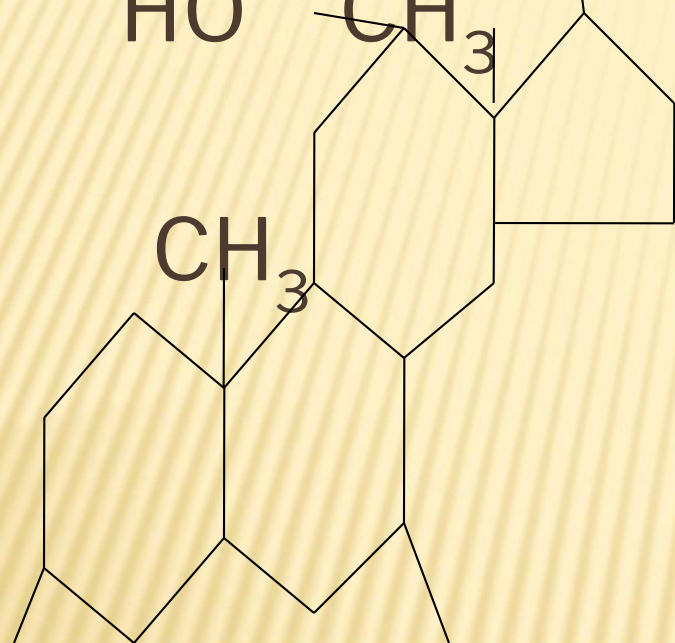
CH₃

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

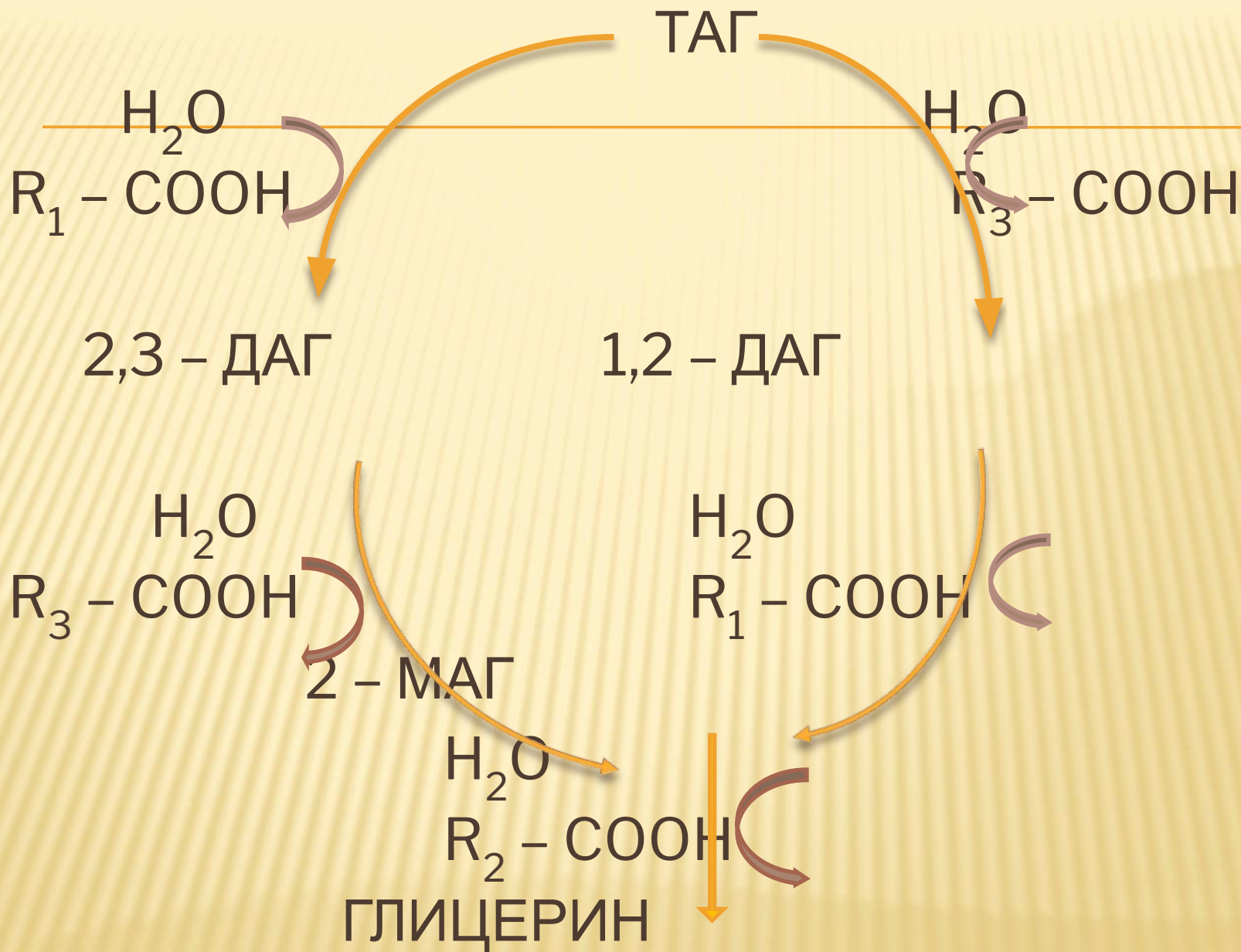
Панкреатическая липаза вырабатывается в неактивном виде, активируется колипазой и желчными кислотами. Оптimum pH липазы в присутствии желчи смещается с 8 до 6, т.е. до значения pH которое бывает при приеме жирной пищи в верхних отделах тонкого кишечника.

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).

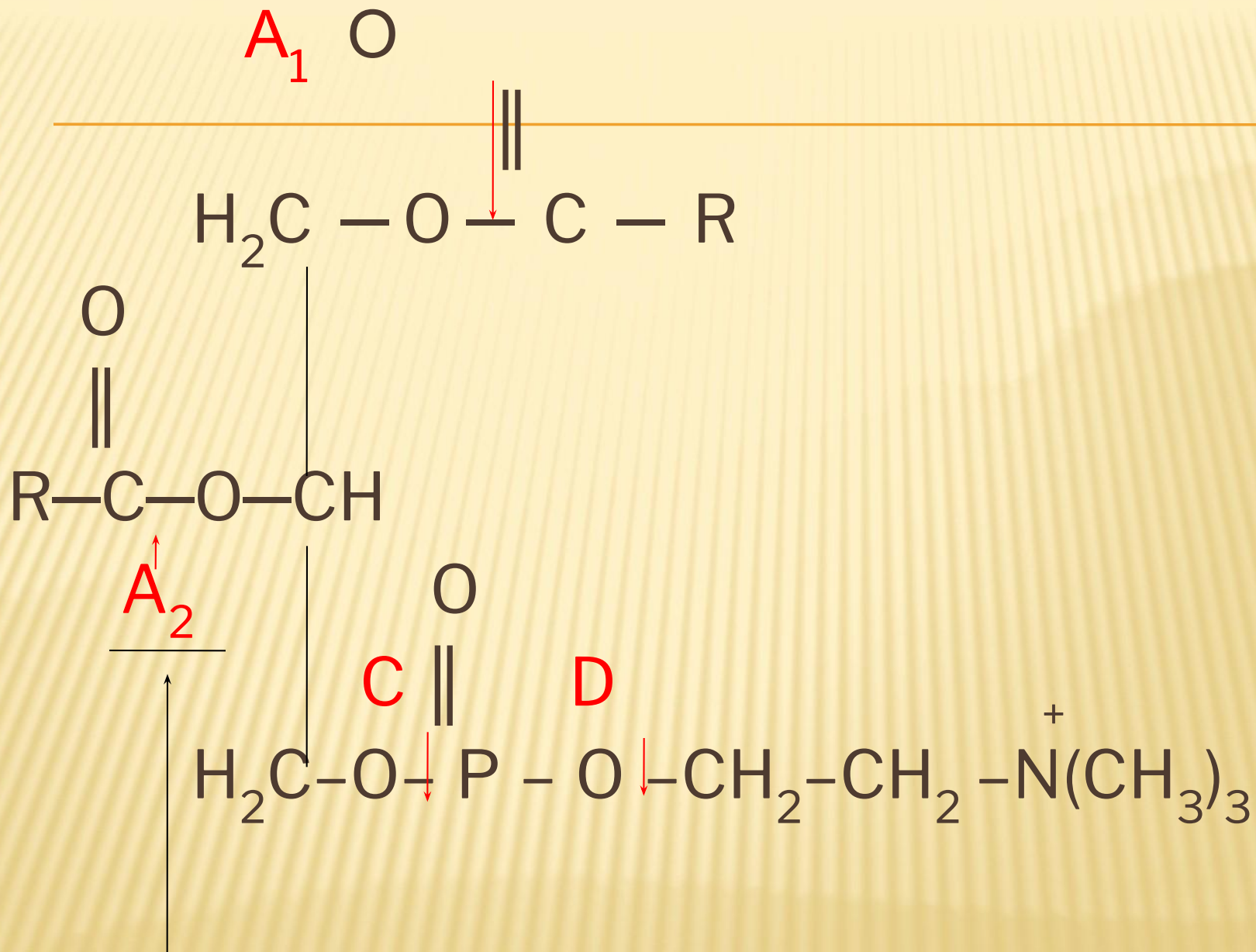
2-МАГ может всасываться через стенку кишечника, но может отделиться еще одна жирная кислота и образуется глицерин и жирная кислота.

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 А1 гидролизует эфирную связь в положении 1.

Фосфолипаза А2 гидролизует эфирную связь в положении 2. Под действием ФЛ А2 образуются очень токсичные продукты лизофосфатиды - вызывают разрушение клеточных мембран. Образуются в большом количестве под действием яда змей, скорпионов (за счет высокой активности ФЛ А2), 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 липопротеидлипазой. 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;

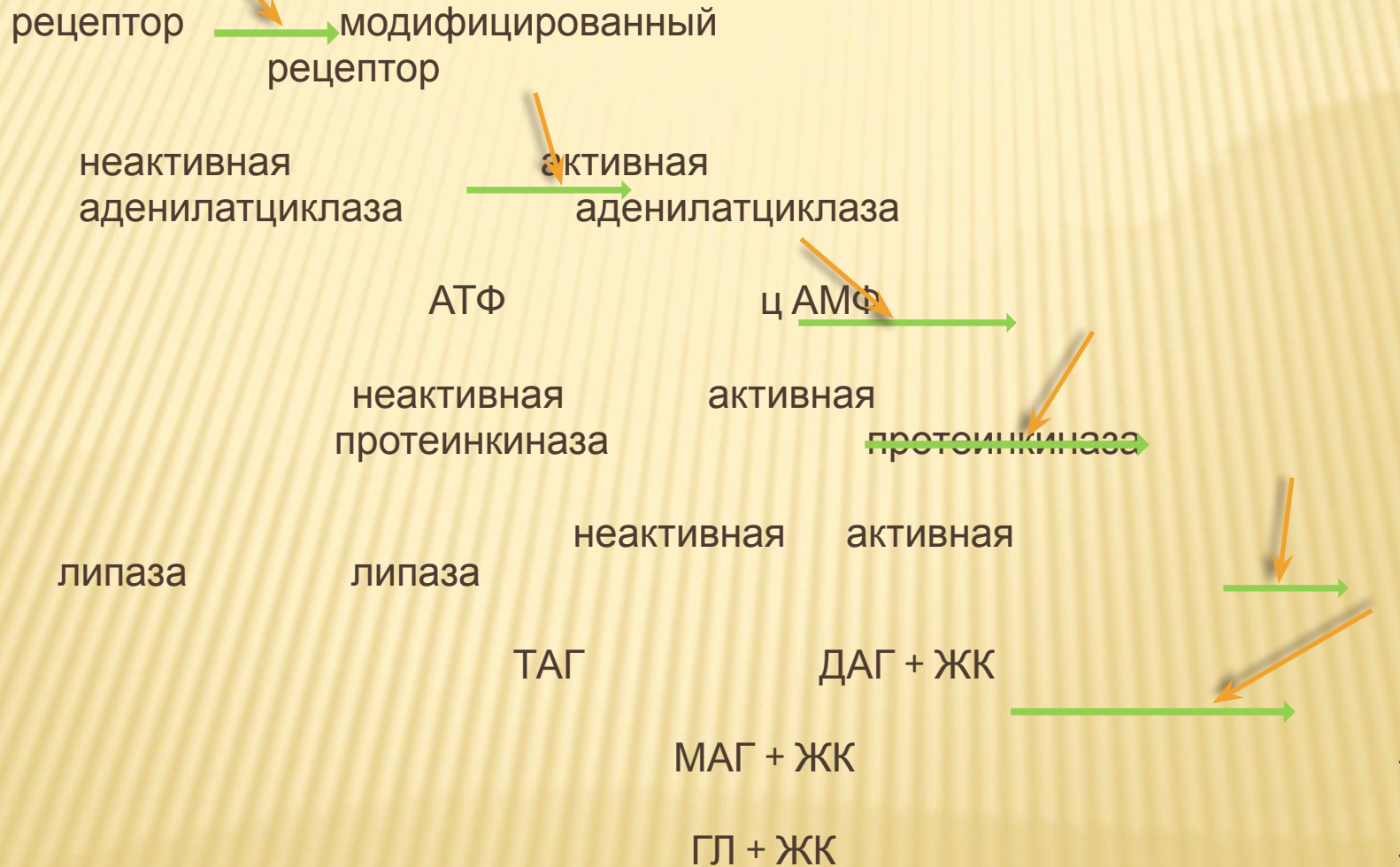
□ инсулин, простагландин E, никотиновая кислота – снижают липолиз

-
- 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.