

Луганский государственный медицинский  
университет»  
Кафедра медицинской химии

**Общее понятие о  
липидах.  
Переваривание и  
всасывание липидов.**

*Луганск 2015*

Липиды — группа органических соединений, являющихся производными высших жирных кислот, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в органических растворителях (эфире, хлороформе, бензине).

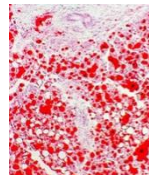
Общие свойства — **гидрофобность** или **амфифильность**.

В организме человека липиды представлены большой группой соединений: **гидрофобные** (триацилглицеролы -ТАГ, эфиры холестерина –ЭХ), **амфифильные** (есть гидрофобная часть и гидрофильная (полярная «головка») - глицерофосфолипиды, сфинголипиды.



# Функции липидов

- 1) Структурная. Сложные липиды и холестерин амфифильны, они образуют все клеточные мембраны; фосфолипиды выстилают поверхность альвеол, образуют оболочку липопротеинов. Сфингомиелины, плазмалогены, гликолипиды образуют миелиновые оболочки и другие мембраны нервных тканей.
- 2) Энергетическая. В организме до 33% всей энергии АТФ образуется за счет окисления липидов;
- 3) Антиоксидантная. Витамины А, Д, Е, К препятствуют СРО;
- 4) Запасающая. ТГ являются формой хранения жирных кислот;
- 5) Защитная. ТГ, в составе жировой ткани, обеспечивают теплоизоляционную и механическую защиту тканей. Воска образуют защитную смазку на коже человека;



# Функции липидов

## 6) Регуляторная.

- фосфотидилинозитолы - внутриклеточные посредники в действии гормонов (инозитолтрифосфатная система).
- из полиненасыщенных жирных кислот образуются эйкозаноиды (лейкотриены, тромбоксаны, простагландины, простациклины), вещества, регулирующие иммуногенез, гемостаз, неспецифическую резистентность организма, воспалительные, аллергические, пролиферативные реакции.
- из холестерина образуются стероидные гормоны.

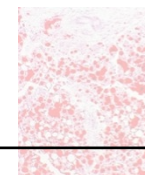
7) Пищеварительная. Из холестерина синтезируются желчные кислоты. Желчные кислоты, фосфолипиды, холестерин обеспечивают эмульгирование и всасывание липидов;

8) Информационная. Ганглиозиды обеспечивают межклеточные контакты.

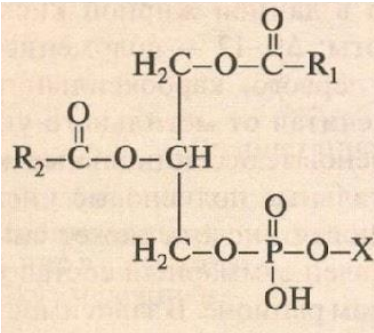

*Источником липидов в организме являются синтетические процессы и пища. Некоторые липиды в организме не синтезируются (полиненасыщенные жирные кислоты - витамин F, витамины A, Д, E, K), они являются незаменимыми и поступают в организм только с пищей.*

# Строение и функции основных классов липидов человека

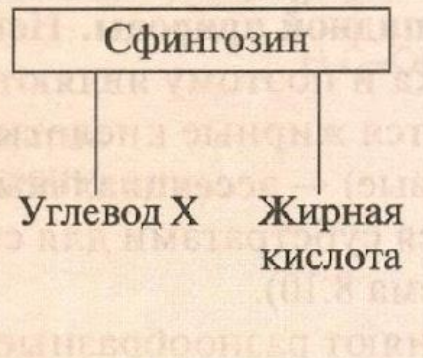
Класс липидов	Схема строения	Функции	Преимущественная локализация
Жирные кислоты	$\text{R-COOH}$	Структурные компоненты большинства классов липидов, источники энергии	Все клетки (в составе других классов липидов)
Триацилглицеролы (ТАГ)	$  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}_1 \\    \\  \text{R}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH} \\    \\  \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}_3  \end{array}  $	Запасание энергетического, материала, термоизоляция, механическая защитная функции	Адипоциты

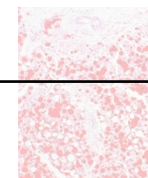


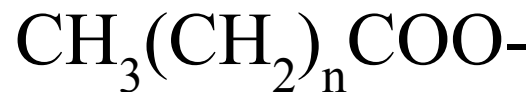
# Строение и функции основных классов липидов человека

Класс липидов	Схема строения	Функции	Преимущественная локализация
<p>Глицерофосфолипиды: Холин; Этаноламин; Серин; Инозитолдифосфат</p>		<p>Структурные компоненты мембран; фосфатидилхолин - структурный элемент липопротеинов, компонент сурфактанта, предотвращающего слипание альвеол (в этом случае R1 и R2 – пальмитиновые кислоты)</p>	<p>Мембраны клеток, монослой на поверхности липопротеинов, альвеолы легких</p>
<p>Сфингофосфолипиды - сфингомиелины</p>		<p>Основные структурные компоненты мембран клеток нервной ткани</p>	<p>Миелиновые оболочки нейронов, серое вещество мозга</p>

# Строение и функции основных классов липидов человека

Класс липидов	Схема строения	Функции	Преимущественная локализация
<p>Гликолипиды: Цереброзиды, если X- моносахарид; ганглиозиды, если X-углеводы сложного состава</p>		<p>Компоненты мембран клеток нервной ткани, антигенные структуры на поверхности разных типов клеток; рецепторы, структуры, обеспечивающие взаимодействие клеток</p>	<p>Внешний слой клеточных мембран</p>
<p>Стероиды</p>	<p>Холестерол и его производные</p>	<p>Компонент мембран, предшественник в синтезе желчных кислот и стероидных гормонов</p>	<p>Мембраны клеток, липопротеины крови</p>





# Жирная кислота

## ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ, ПРИСУТСТВУЮЩИЕ В ПЛАЗМЕ

	Название	Длина цепи	Источник
Насыщенные	миристиновая	C 14:0	кокосовое масло животный жир животный жир
	пальмитиновая	C 16:0	
	стеариновая	C 18:0	
Мононенасыщенные (моноеновые)	пальмитолеиновая	C 16:1 ω7	животный жир растительное масло
	олеиновая	C 18:1 ω9	
Полиненасыщенные (полиеновые) эссенциальные	линолевая	C 18:2 ω6	растительное масло растительное масло растительное масло рыбий жир
	линоленовая	C 18:3 ω6	
	арахидоновая	C 20:4 ω8	
	эйкозапентатеновая	C 20:5 ω3	

В сокращенной формуле указано количество атомов углерода и число двойных связей.

$n$  – количество углеродных атомов в радикале;

Ближайшая к метильному концу двойная связь обозначена символом  $\omega$



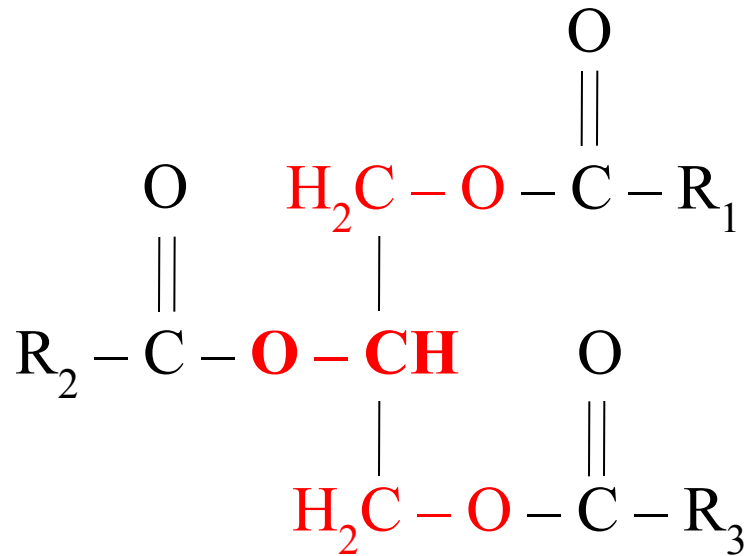


# Функции ПНЖК

- - пластическая - являются субстратом для образования собственных жиров организма, клеточных мембран, тканевых гормонов (простагландинов), оболочек нервных волокон, соединительной ткани, фосфолипидов;
- - регуляторная:
- - обеспечивают функции клеточных мембран;
- - способствуют росту и развитию организма;
- - связанные с обменом витаминов<sub>1</sub> и В<sub>6</sub>;
- - стимулируют иммунно-защитные функции организма;
- - способствуют выведению избытка холестерина;
- - предупреждают образование желчных камней;
- - способствуют функционированию систем сердечно-сосудистой, пищеварения, почек, кожи и репродуктивной (физиологическое действие простагландинов);
- - нормализуют состояние стенок кровеносных сосудов - повышают эластичность и уменьшают проницаемость;
- - энергетическая - источник энергии

# Строение триацилглицеролов (ТАГ)

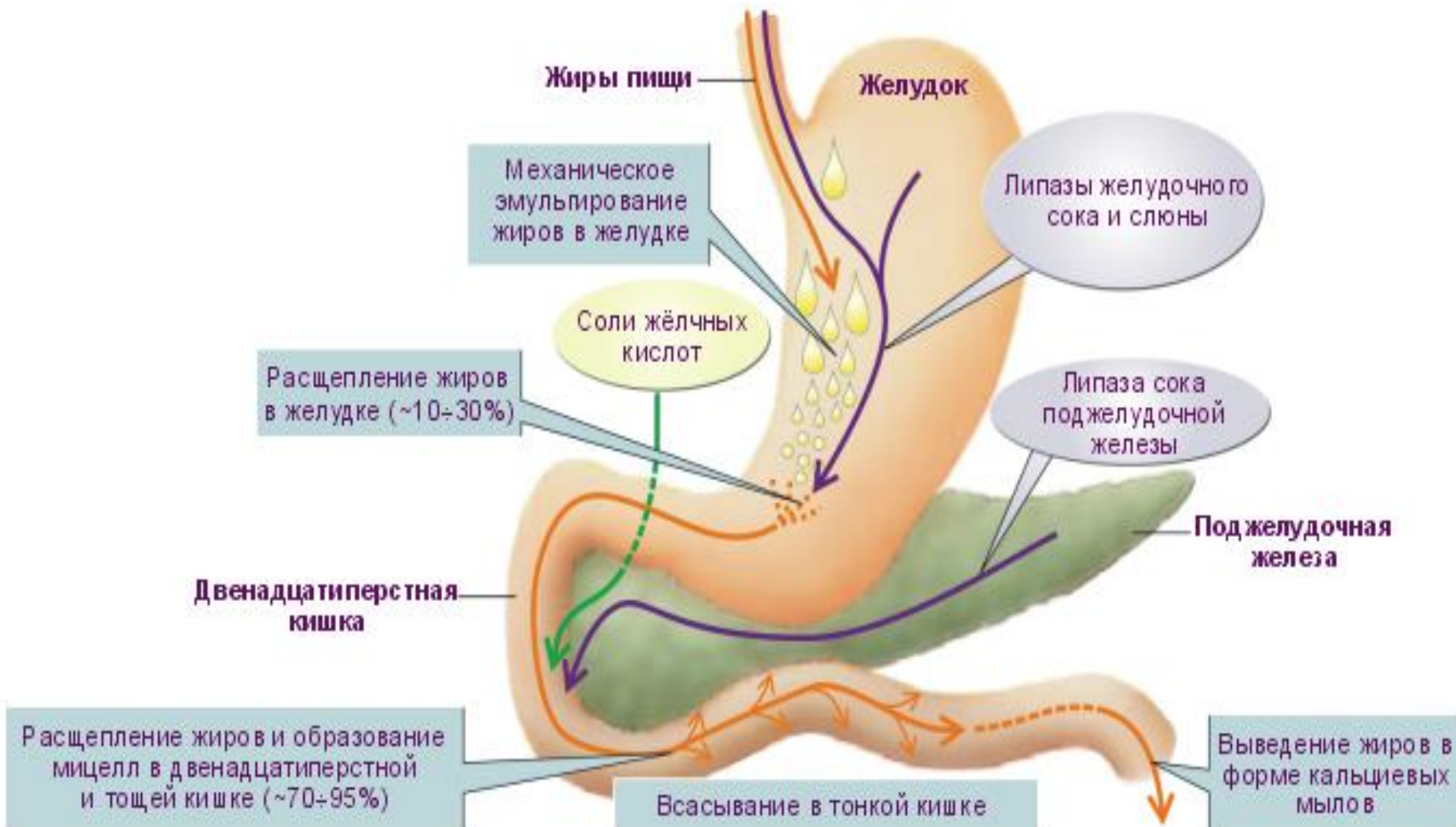
ТАГ (жиры) являются сложными эфирами жирных кислот и трехатомного спирта глицерола. К 3 гидроксильным группам глицерола присоединены 3 остатка жирных кислот



ТАГ – гидрофобные молекулы, различаются строением жирнокислотных радикалов ( $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$ ,  $\text{R}_3$ ).



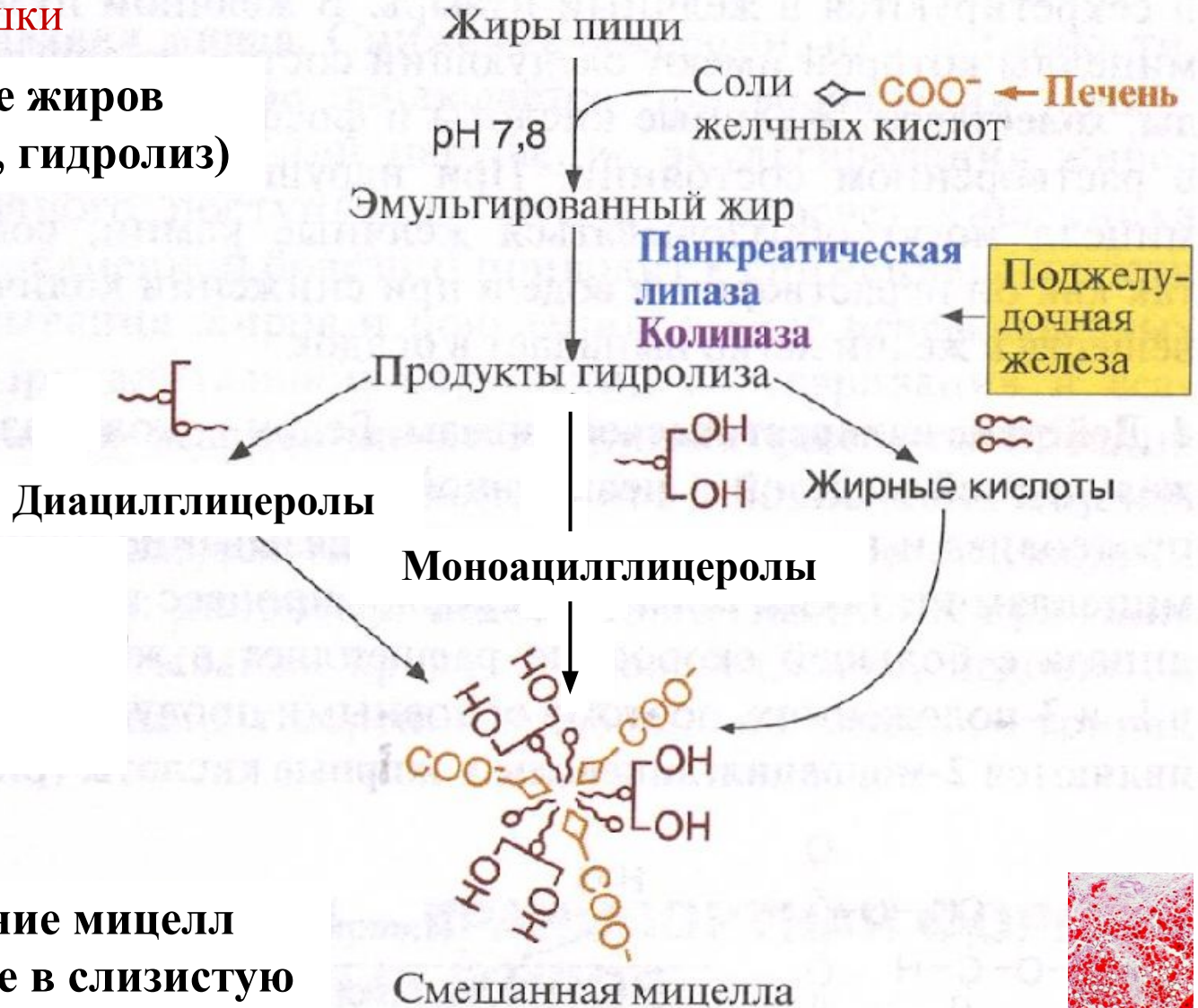
# ПЕРЕВАРИВАНИЕ И ВСАСЫВАНИЕ ЛИПИДОВ В ЖКТ



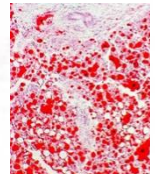
# Переваривание и всасывание триацилглицеролов (ТАГ) (жиров)

Полость тонкой кишки

**Переваривание жиров  
(Эмульгирование, гидролиз)**



**Образование мицелл  
и всасывание в слизистую  
оболочку кишечника**



Лишь 40-50% пищевых липидов расщепляется полностью, от 3% до 10% пищевых липидов всасываются в неизменном виде.

### **Особенности и стадии переваривания и всасывания липидов :**

- 1) Липиды твердой пищи при механическом воздействии и под влиянием ПАВ желчи смешиваются с пищеварительными соками с образованием эмульсии (масло в воде). Это необходимо для увеличения площади действия ферментов, т.к. они работают только в водной фазе. Липиды жидкой пищи (молоко, бульон и т.д.) поступают в организм сразу в виде эмульсии;
- 2) Под действием липаз пищеварительных соков происходит гидролиз липидов эмульсии с образованием водорастворимых веществ и более простых липидов;
- 3) Выделенные из эмульсии водорастворимые вещества всасываются и поступают в кровь. Выделенные из эмульсии более простые липиды, соединяясь с компонентами желчи, образуют мицеллы;
- 4) Мицеллы обеспечивают всасывание липидов в клетки эндотелия кишечника.

# РОТОВАЯ ПОЛОСТЬ

- Механическое измельчение твердой пищи и смачивание ее слюной (рН=6,8).
- У грудных детей здесь начинается гидролиз ТГ с короткими и средними жирными кислотами, которые поступают с жидкой пищей в виде эмульсии. Гидролиз осуществляет лингвальная *триглицеридлипаза* («лингвальная липаза», ТГЛ), которую секретируют железы Эбнера, находящиеся на дорсальной поверхности языка.

# ЖЕЛУДОК

- Так как «язычная липаза» действует в диапазоне 2-7,5 рН, она может функционировать в желудке в течение 1-2 часов, расщепляя до 30% триглицеридов с короткими жирными кислотами. У грудных детей и детей младшего возраста она активно гидролизует ТГ молока, которые содержат в основном жирные кислоты с короткой и средней длиной цепей (4—12 С). У взрослых людей вклад «липазы языка» в переваривание ТГ незначителен.
- В главных клетках желудка вырабатывается желудочная липаза, которая активна при нейтральном значении рН, характерном для желудочного сока детей грудного и младшего возраста, и не активна у взрослых (рН желудочного сока ~1,5). Эта липаза гидролизует ТГ, отщепляя, в основном, жирные кислоты у третьего атома углерода глицерола.

# ТОНКАЯ КИШКА

- Основной процесс переваривания липидов происходит в тонкой кишке.
- 1. Эмульгирование липидов (смешивание липидов с водой) происходит в тонкой кишке под действием желчи. Желчь синтезируется в печени, концентрируется в желчном пузыре и после приёма жирной пищи выделяется в просвет двенадцатиперстной кишки (500-1500 мл/сут).
- Жёлчные кислоты (производные холановой кислоты) синтезируются в печени из холестерина (холиевая, и хенодезоксихолиевая кислоты) и образуются в кишечнике (дезоксихолиевая, литохолиевая, и д.р. около 20) из холиевой и хенодезоксихолиевой кислот под действием микроорганизмов.
- В желчи желчные кислоты присутствуют в основном в виде конъюгатов с глицином (66-80%) и таурином (20-34%), образуя парные желчные кислоты: таурохолевую, гликохолевую и д.р.



- Соли жёлчных кислот, фосфолипиды, белки и щелочная среда желчи действуют как детергенты (ПАВ) - они снижают поверхностное натяжение липидных капель, в результате крупные капли распадаются на множество мелких, т.е. происходит *эмульгирование*.

**2. Гидролиз триглицеридов** осуществляет панкреатическая липаза. Ее оптимум рН=8, она гидролизует ТГ преимущественно в положениях 1 и 3, с образованием 2 свободных жирных кислот и 2-моноацилглицерола (2-МГ). 2-МГ является хорошим эмульгатором.

- 2-МГ под действием изомеразы превращается в 1-МГ. Большая часть 1-МГ гидролизуется панкреатической липазой до глицерина и жирной кислоты.
- В поджелудочной железе панкреатическая липаза синтезируется вместе с белком колипазой. Колипаза образуется в неактивном виде и в кишечнике активируется трипсином. Колипаза своим гидрофобным доменом связывается с поверхностью липидной капли, а гидрофильным способствует максимальному приближению активного центра панкреатической липазы к ТГ, что ускоряет их гидролиз.

- **3. Гидролиз лецитина** происходит с участием фосфолипаз (ФЛ): А1, А2, С, D и лизофосфолипазы (лизоФЛ).
  - В результате действия этих четырех ферментов фосфолипиды расщепляются до свободных жирных кислот, глицерола, фосфорной кислоты и аминспирта или его аналога, например, аминокислоты серина, однако часть фосфолипидов расщепляется при участии фосфолипазы А2 только до лизофосфолипидов и в таком виде может поступать в стенку кишечника.
  - ФЛ А2 активируется частичным протеолизом с участием трипсина и гидролизует лецитин до лизолецитина. Лизолецитин является хорошим эмульгатором. ЛизоФЛ гидролизует часть лизолецитина до глицерофосфохолина. Остальные фосфолипиды не гидролизуются.
4. **Гидролиз эфиров холестерина** до холестерина и жирных кислот осуществляет холестеролэстераза, фермент поджелудочной железы и кишечного сока.

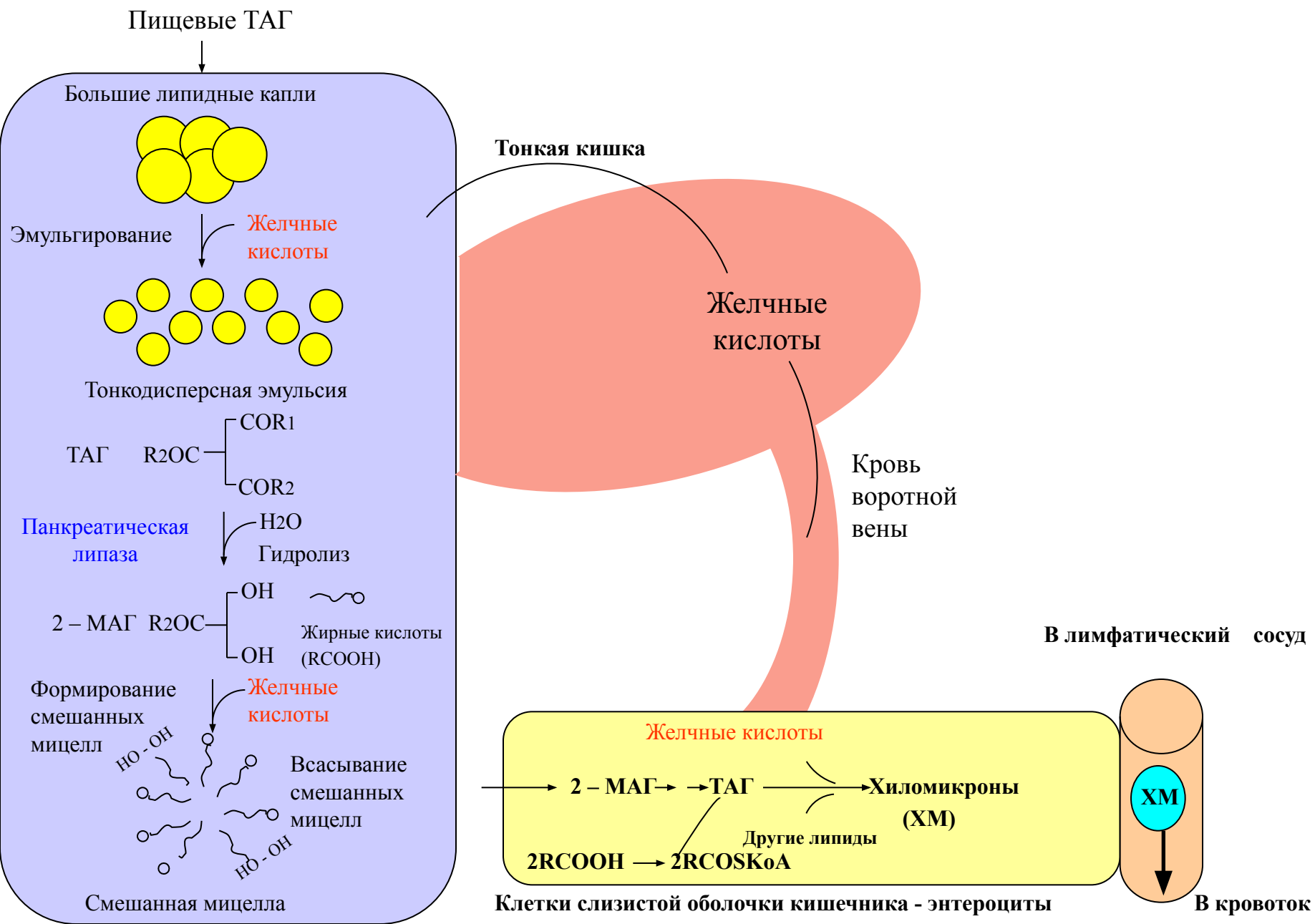
- **5. Мицеллообразование**

- Водонерастворимые продукты гидролиза (жирные кислоты с длинной цепью, 2-МГ, холестерол, лизолецитины, фосфолипиды) вместе с компонентами желчи (солями жёлчных кислот, ХС, ФЛ) образуют в просвете кишечника структуры, называемые смешанными мицеллами. Смешанные мицеллы построены таким образом, что гидрофобные части молекул обращены внутрь мицеллы (жирные кислоты, 2-МГ, 1-МГ), а гидрофильные (желчные кислоты, фосфолипиды, ХС) — наружу, поэтому мицеллы хорошо растворяются в водной фазе содержимого тонкой кишки. Стабильность мицелл обеспечивается в основном солями жёлчных кислот, а также моноглицеридами и лизофосфолипидами.

# ВСАСЫВАНИЕ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА

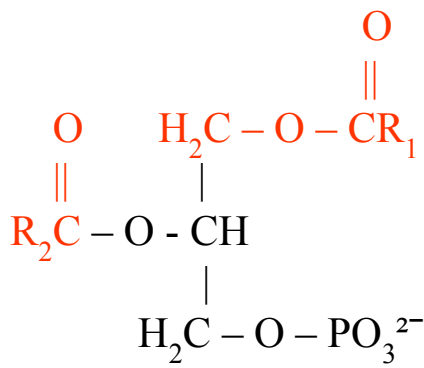
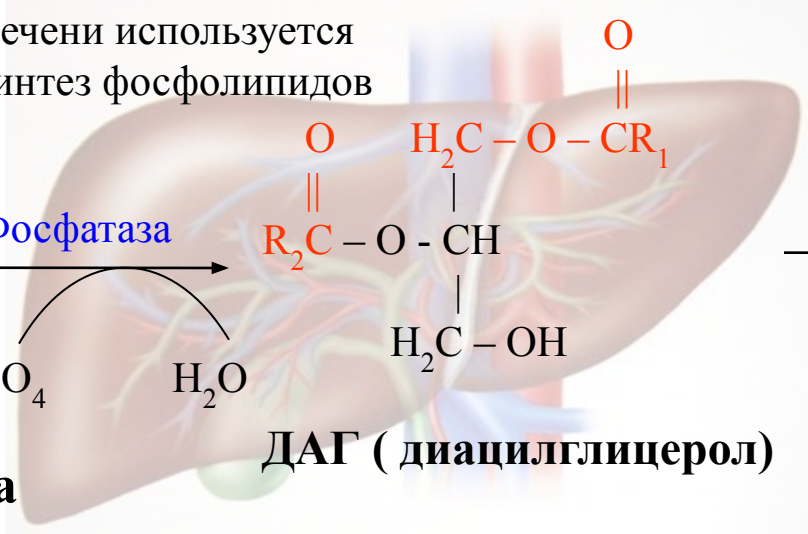
- 1. Водорастворимые продукты гидролиза липидов всасываются в тонкой кишке без участия мицелл. Холин и этаноламин всасываются в виде ЦДФ производных, фосфорная кислота - в виде  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  солей, глицерол - в свободном виде.
- 2. Жирные кислоты с короткой и средней цепью, всасываются без участия мицелл в основном в тонкой кишке, а часть уже в желудке.
- 3. Водонерастворимые продукты гидролиза липидов всасываются в тонкой кишке с участием мицелл. Мицеллы сближаются со щёточной каймой энтероцитов, и липидные компоненты мицелл (2-МГ, 1-МГ, жирные кислоты, холестерин, лизолецитин, фосфолипиды и т.д.) диффундируют через мембраны внутрь клеток.

# Переваривание и всасывание пищевых ТАГ

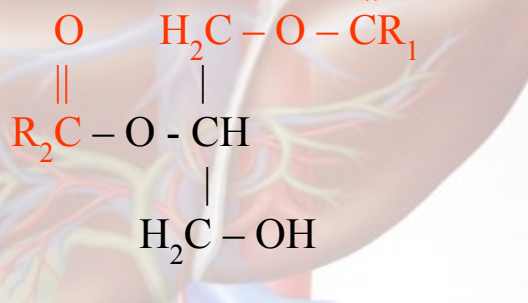
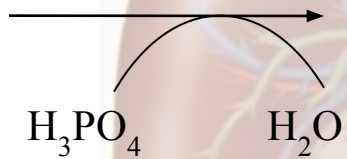


# Синтез триацилглицеролов в кишечнике, печени и жировой ткани

→ В печени используется на синтез фосфолипидов

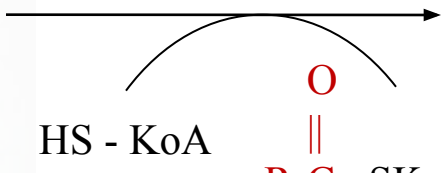


Фосфатаза



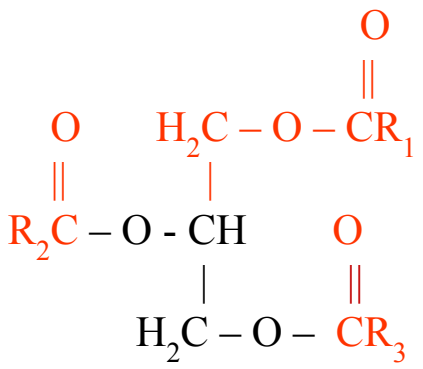
ДАГ ( диацилглицерол)

ЕЗ



Фосфатидная кислота

→



ТАГ ( триацилглицерол)

**Печень** - в составе ЛПОНП  
выходят в кровь.

**Кишечник** - в составе ХМ незр.  
выходят в лимфу

**Жировая  
ткань -  
депонирование**

