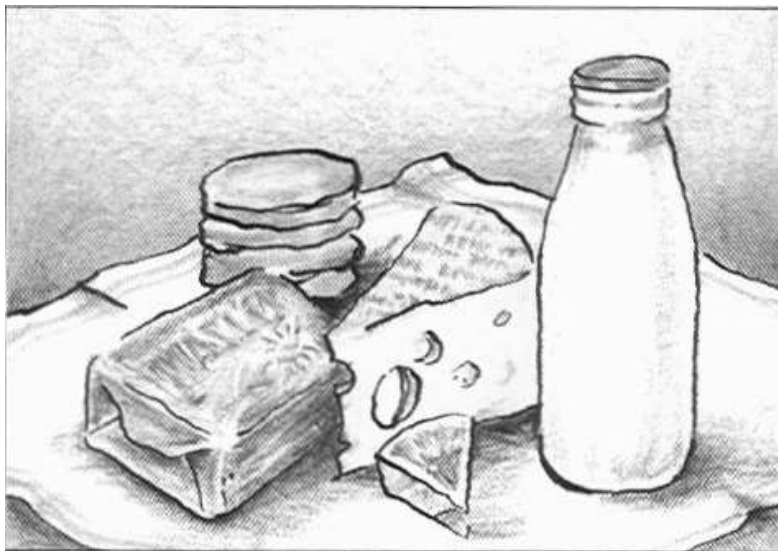


TUKY (LIPIDY)



Osnova

- Charakteristika lipidů
- Význam lipidů
- Dělení lipidů
- Přehled MK
- Trávení a vstřebávání lipidů
- Cholesterol

Charakteristika lipidů

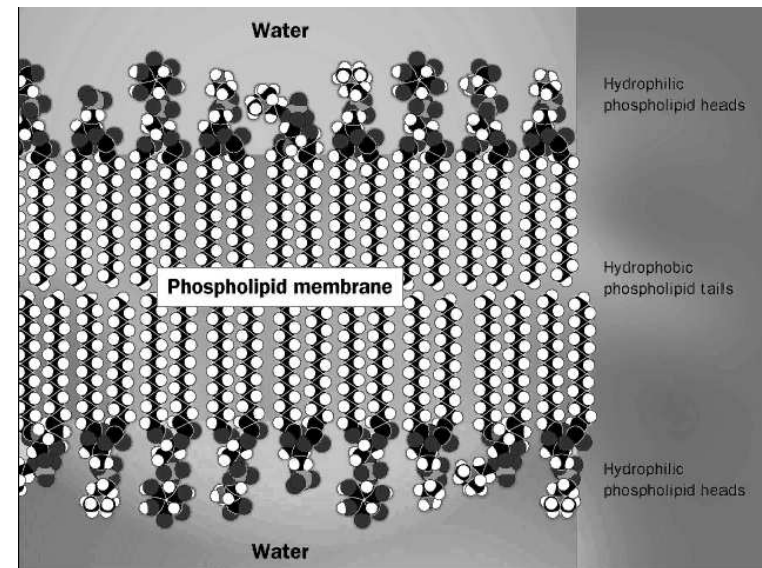
- Z řečtiny - lípos = tuk
- Estery vyšších mastných kyselin a alkoholů nebo jejich derivátů (zmýdelnitelné lipidy)
- Důležitá součást buněk nerozpustných ve vodě, ale rozpustných v organických rozpouštědlech (etanol, chloroform, ether)

Hlavní funkce v lidském organismu

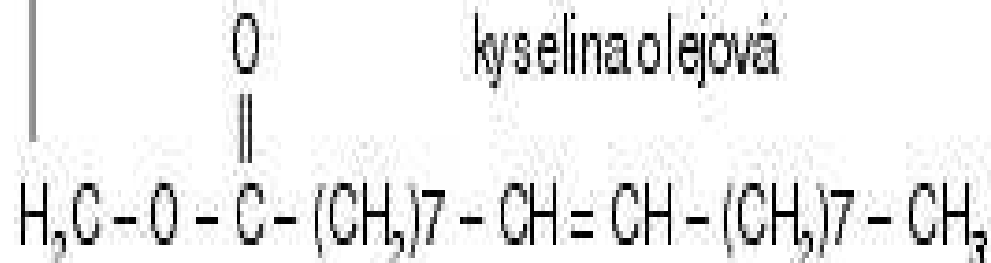
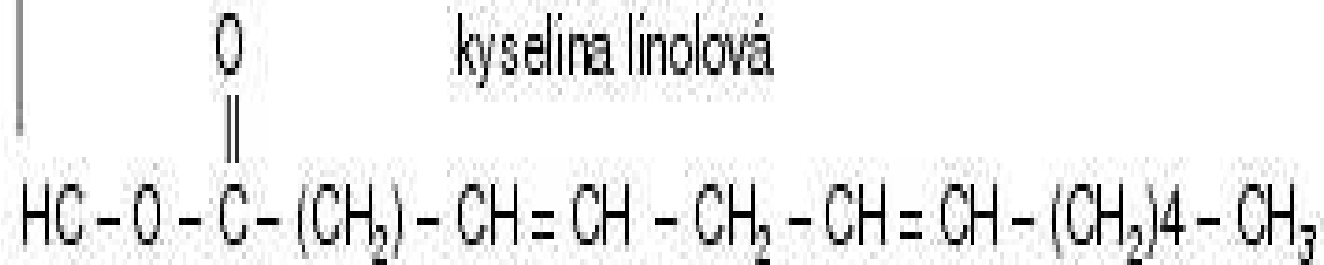
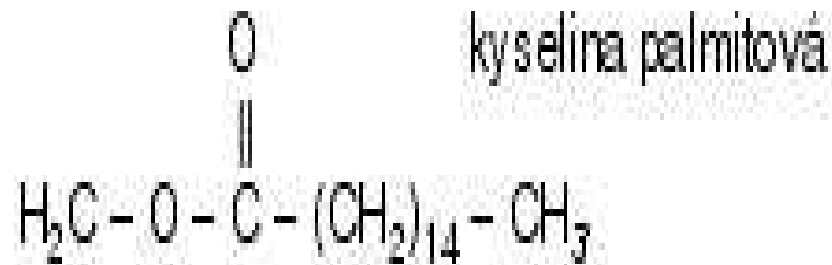
- **Zdroj a rezerva energie**
 - Největší zdroj energie ve stravě 1 g tuku = 9 kcal = 38 kJ - relativně nejvyšší podíl vodíku z živin
 - Živiny přijaté nad normu => ukládání do zásob (acylglyceroly)
 - Energetické zásoby v lidském těle - 50 000 kcal
- **Strukturní funkce**
 - Stavební komponenta biologických membrán
 - Přenos podnětů - polární lipidy (nerv. tkáň až 40% lipidů)
- **Ochranné funkce**
 - Izolace - zabraňuje ztrátám tepla a vody
 - Ochrana orgánů před mechanickým poškozením
- **Napomáhá využití vitaminů rozpustných v tucích**
- **Vyvolávají pocit sytosti po požití**
- **Snižují objem stravy bohaté na energii**
- **Z cholesterolu se tvoří steroidní hormony**

Dělení lipidů

- **Jednoduché lipidy**
 - acylglyceroly (tuky) a vosky (estery MK a alkoholu glycerolu)
- **Složené lipidy**
 - fosfolipidy (fosfoacylglyceroly), glykolipidy, sfingolipidy, lipoproteiny, apod. (estery MK s alkoholy a dalšími skupinami)
- **Odvozené lipidy**
 - steroidy, karotenoidy



Triacylglyceroly



Dělení mastných kyselin (MK) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

■ Dle:

- dle stupně nasycenosti
 - počtu dvojných vazeb
- délky řetězce
- polohy vodíkových atomů okolo vazeb

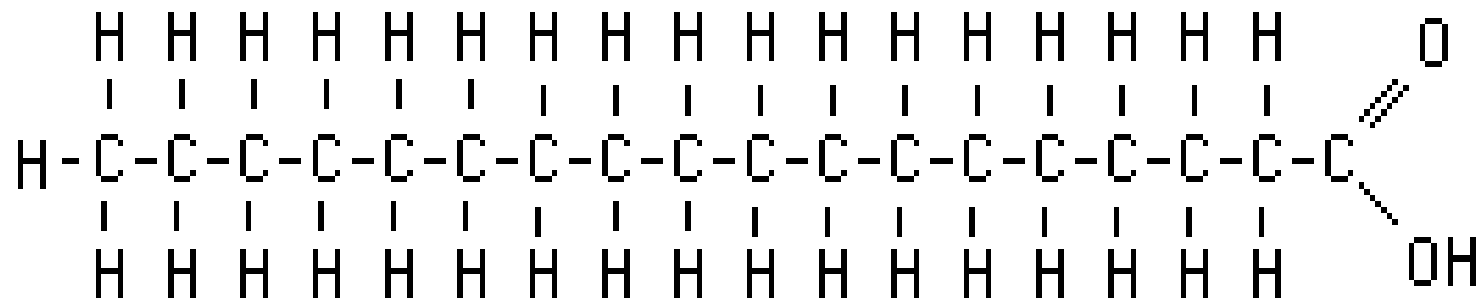
❖ Dle stupně nasycenosti (počtu dvojných vazeb) se dělí:

- nasycené MK (k. palmitová (C16), k. stearová (C18))
- nenasycené MK

❖ Podle počtu dvojných vazeb se dělí nenasycené MK:

- mononenasyčené (MUFA) (k. olejová (C18:1)) - 1 dvojná vazba
- polynenasycené (PUFA) (k. linolová (C18:2), k. linolenová (C18:3)) - více dvojných vazeb

Nasyčená MK - stearová

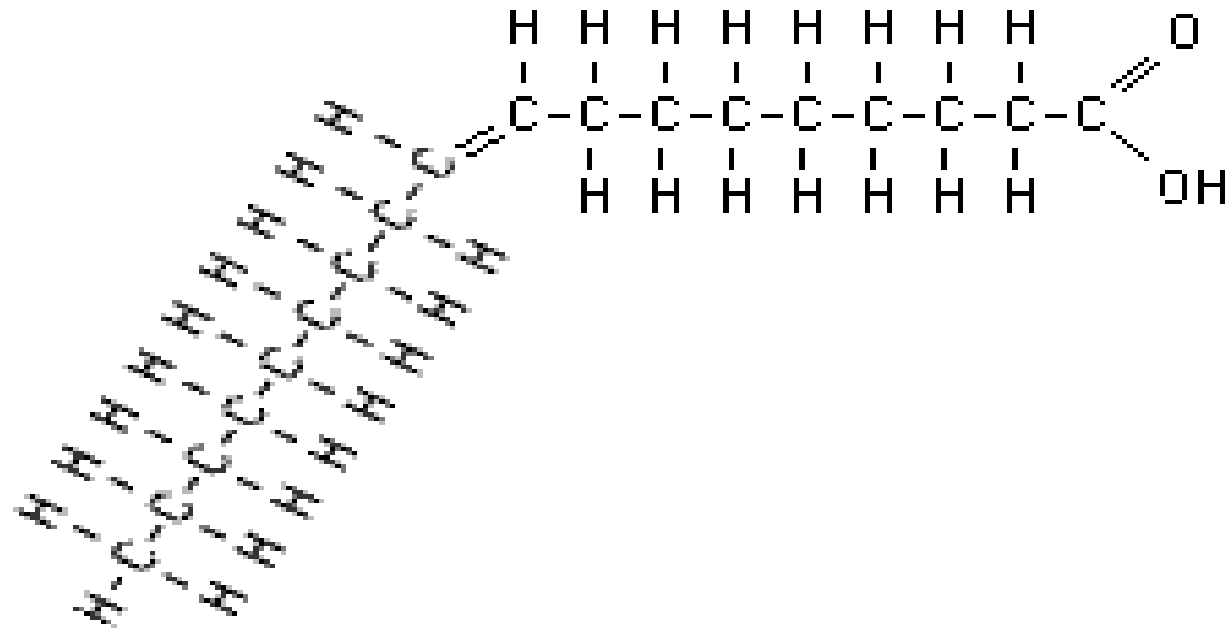


long hydrocarbon chain

carboxylic
acid group

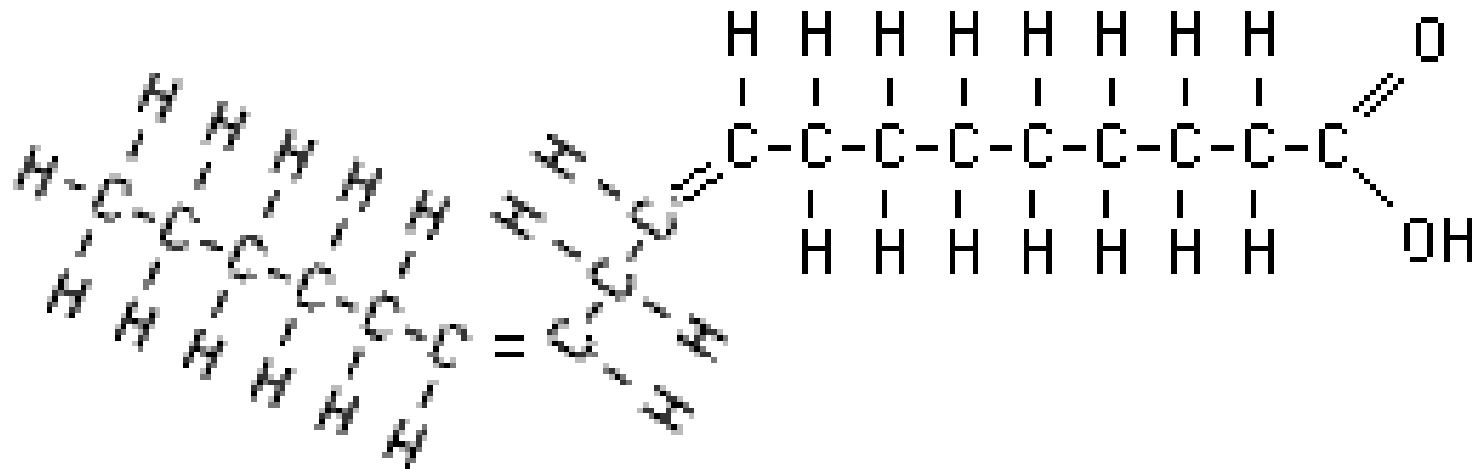
Essential features of a fatty acid

Nenasycená MK (mononenasycená)



Oleic acid, a monounsaturated fatty acid.
Note that the double bond is *cis*; this is
the common natural configuration.

Polynenasycená MK



Linoleic acid, a polyunsaturated fatty acid.
Both double bonds are *cis*.

Dělení mastných kyselin $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

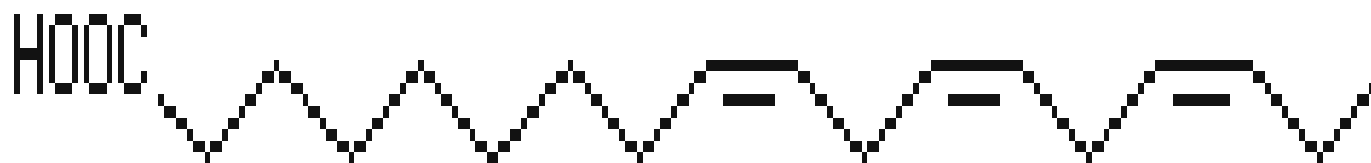
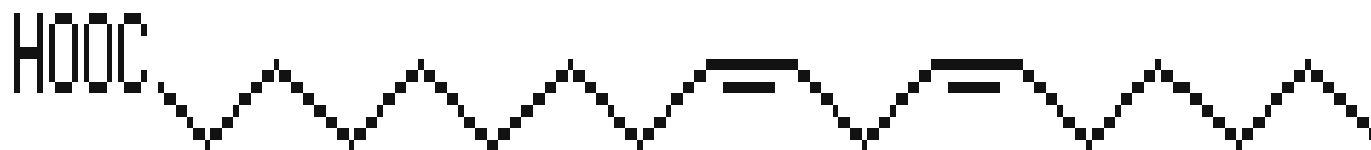
❖ Dle délky řetězce se dělí nasycené MK na:

- SCT - krátký řetězec - do C6 (kyselina máselná)
- MCT - střední řetězec - C6-C12 (kys. laurová, kapronová....)
- LCT - dlouhý řetězec - nad C12 (kys. palmitová, stearová...)

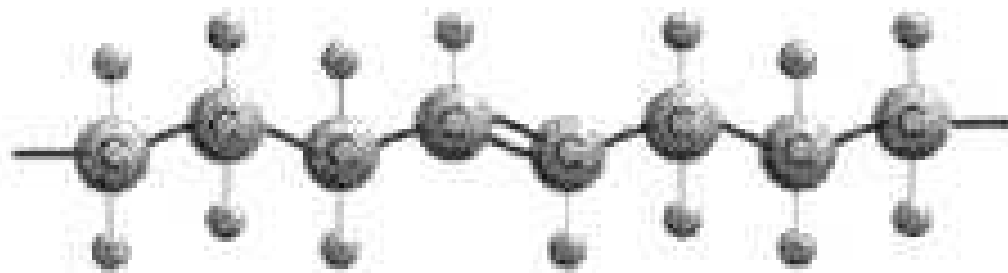
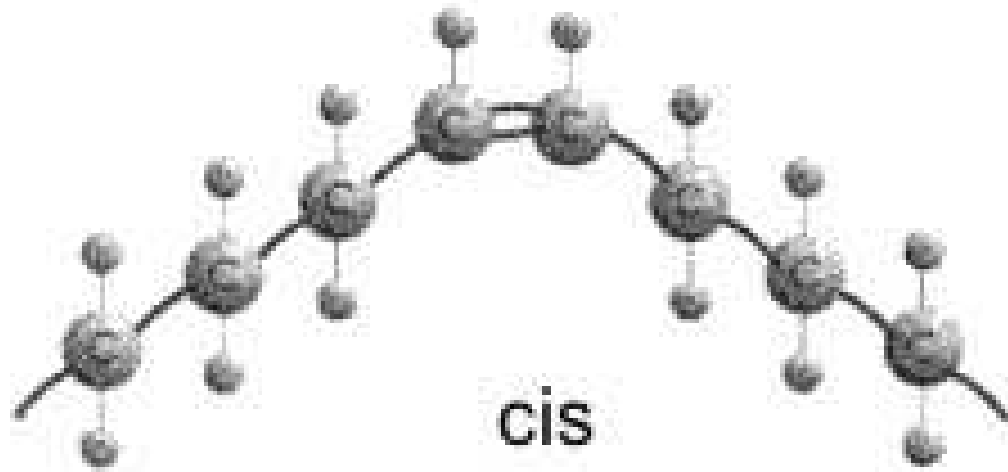
❖ Dle umístění dvojně vazby (PUFA)

- n-3 (EPA, DHA, k. linolenová)
- n-6 (k. linolová, k. arachidonová)

Umístění dvojné vazby



Trans a cis MK



trans

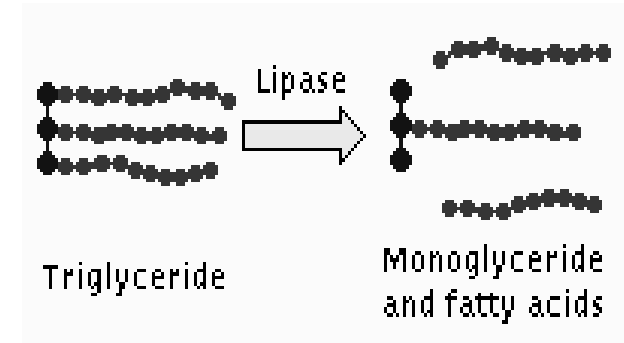
Přehled MK zastoupených v organismu

Název mastné kyseliny	Počet uhlíků/ /počet dvojných vazeb	Poloha 1. dvojně vazby od konce molekuly	Syntéza v organismu
Palmitová	16/0		Ano
Stearová	18/0		Ano
Myristová	14/0		Ano
Palmitoolejová	16/1	ω -7	Ano
Olejová	18/1	ω -9	Ano
Linolová	18/2	ω -6	Ne
Arachidonová	20/4	ω -6	Ne
Linolenová	18/3	ω -3	Ne
Eicosapentaenová	20/5	ω -3	Ne
Docosahexaenová	22/6	ω -3	Ne

Mastné kyseliny

- **Nasycené MK**
 - podporují obezitu
 - růst krevních lipidů - LDL chol
- **K.olejová**
 - brzdí rozvoj aterosklerózy a snad i brání rozvoji Ca tl. střeva
- **n-3 a n-6**
 - esenciální MK
 - n-3 - prostaglandiny - vazodilatační, antiagregační a antipermeabilní účinky
 - N-6 - tromboxyny - proagregační, vasokonstikční a permeabilní účinky
 - Vysoký příjem => endogenní luiperoxidace

Trávení tuků



■ Lipolytické enzymy - lipázy

- ze žlázek jazyka - Ebnerovy žlázy (aktivní i v žaludku) - **linguální lipáza**

- triacylglyceroly → MK a 1,2-diacylglyceroly

- ze žaludku - **žaludeční lipáza**

- triacylglyceroly → MK a glycerol

- ze slinivky břišní

- **Pankreatická lipáza**

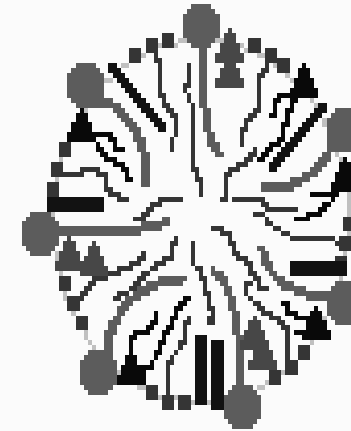
- triacylglyceroly → monoacylglyceroly, MK

- **Kolipáza (prokolipáza) - kapénky tuku**

- **Cholesteryl ester hydroláza**

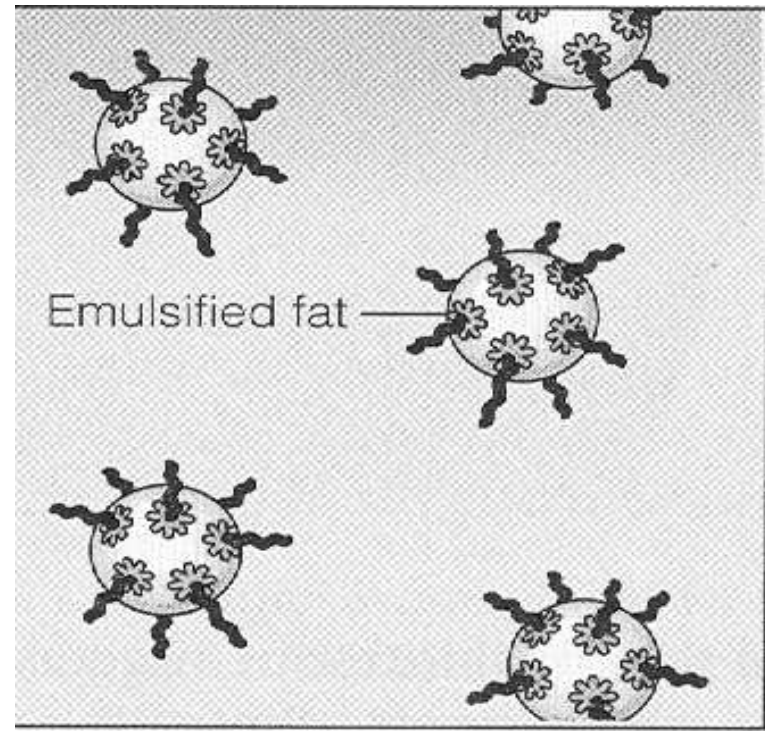
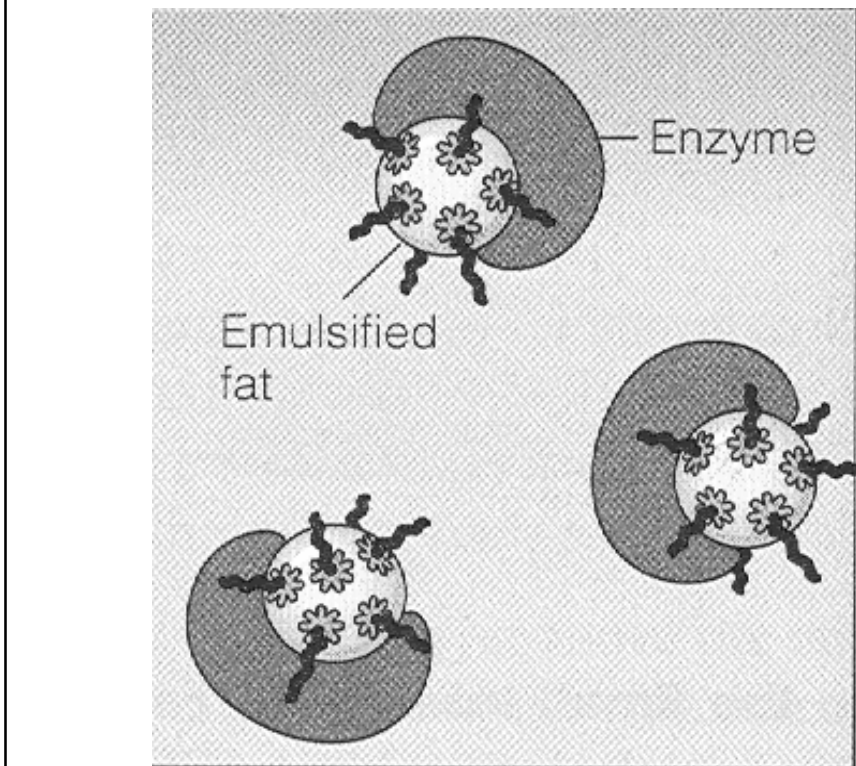
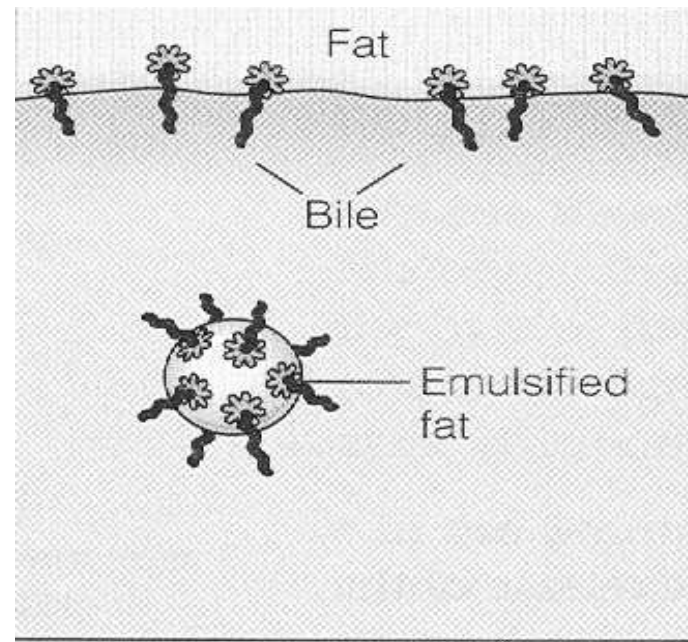
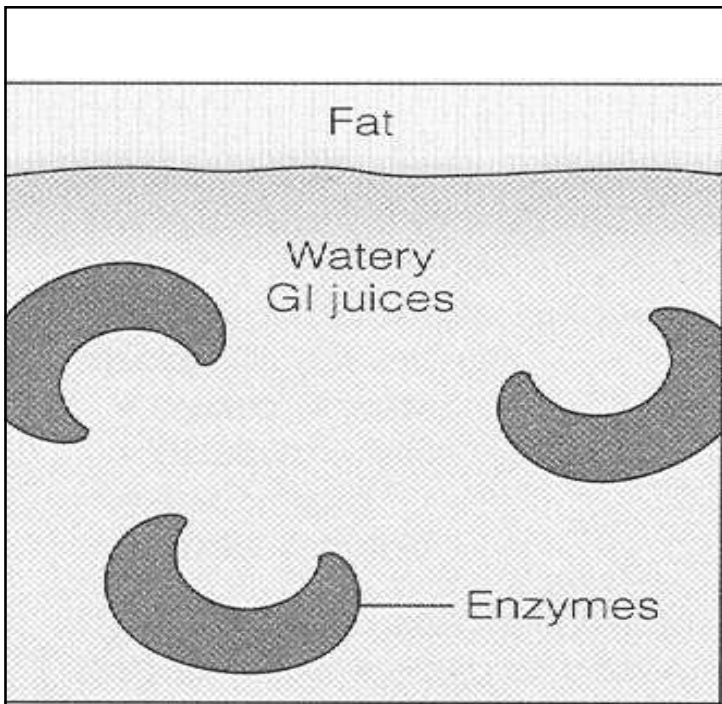
- Estery → cholesterol

Trávení tuků



Bile salts
Monoglyceride
Fatty acids
Phospholipids
Cholesterol

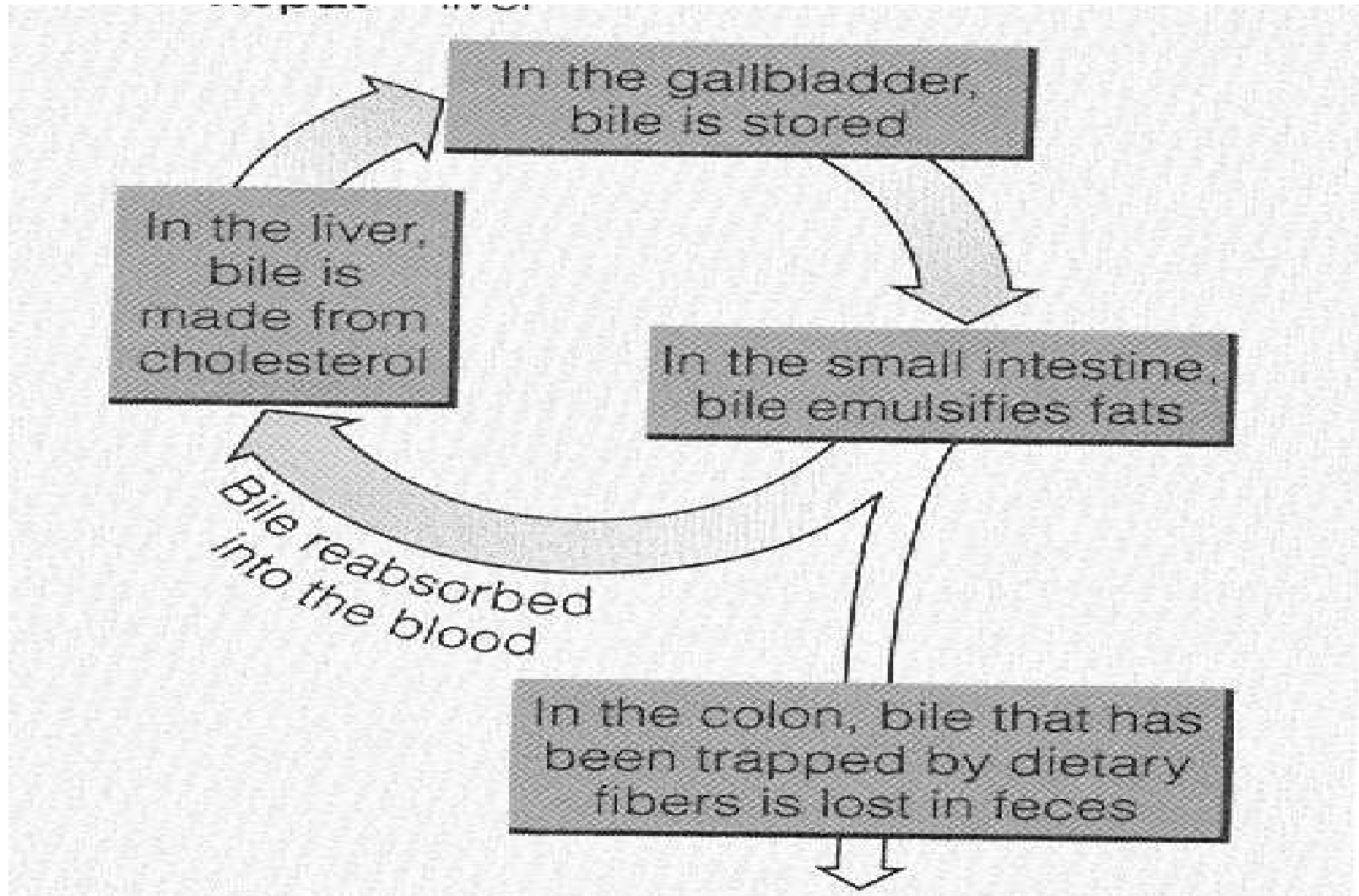
- Emulgace tuků a tvorba micel
 - Místo: duodenum
 - Účel: zvětšení povrchu tukových částic, rozpouštějí a tím zlepšení působení enzymů, umožnění vstřebávání
 - Složení micel:
 - Soli žlučových kyselin, monoacylglyceroly, lecitin, cholesterol, vitaminy rozpustné v tucích
 - Polární oblast na povrchu molekuly X nepolární uvnitř (hydrofóbní)
 - => kapénky 200-5000 nm v průměru
 - Mechanická emulgace tuků - motilita žaludku => malé kapičky tuku 1- 2 μm
 - Emulgaci podporuje: lehce zásadité pH
 - kyselé pH: separace tuků



Trávení tuků

- Pohyb micel
 - Dle koncentračního spádu ke kartáčovému lemu na střevní sliznici → difundace tuků ven z micel
 - Vstup do buněk - pasivní difúze - monoacylglyceroly, cholesterol, MK
- Soli žlučových kyselin
 - Sliznice jejunu - rychlost jejich vstřebání malá - zůstávají v lumen střeva - tvorba nových micel
 - Sliznice ilea - rychlost větší
- Lidé s omezenou funkcí slinivky břišní
 - Steatorhea - na tuky bohatá, objemná, světležlutě zbarvená stolice) nedostatek lipázy, bikarbonátu => kyselé prostředí, precipitace solí žluč. kyselin => inhibice lipázy
 - Jiná příčina - porucha reabsorpce solí žluč. kyselin v distální části ilea

Enterohepatální cirkulace



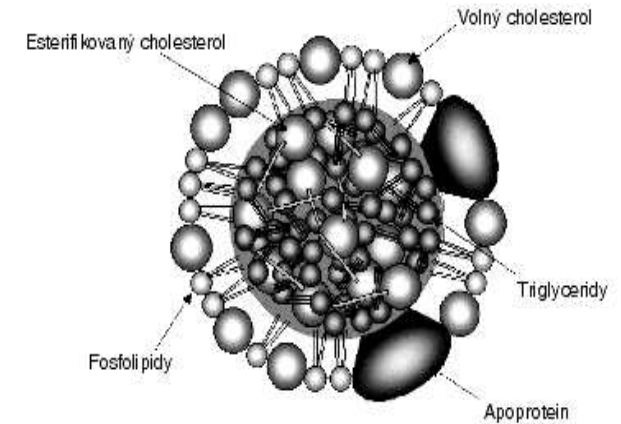
Vstřebávání tuků

- Jejunum - většina tuků (monoacylglycerol, MK, velmi málo glycerolu)
- Ileum - dolní část tenkého střeva - málo
- Mírný příjem tuků - 95% vstřebatelnost
- Novorozenci - nedokonalý systém vstřebávání - vstřebatelnost 85-90%
- Liší se dle délky řetězce MK

Transport lipidů

- MK o střední délce řetězce (C6-10(12))
 - Rozpustné ve vodě
 - Forma - volné neesterifikované MK
 - Resorpce => portální oběh => játra (metabolismus)
 - Nevyžadují karnitin pro vstup do mitochondrií

Transport lipidů

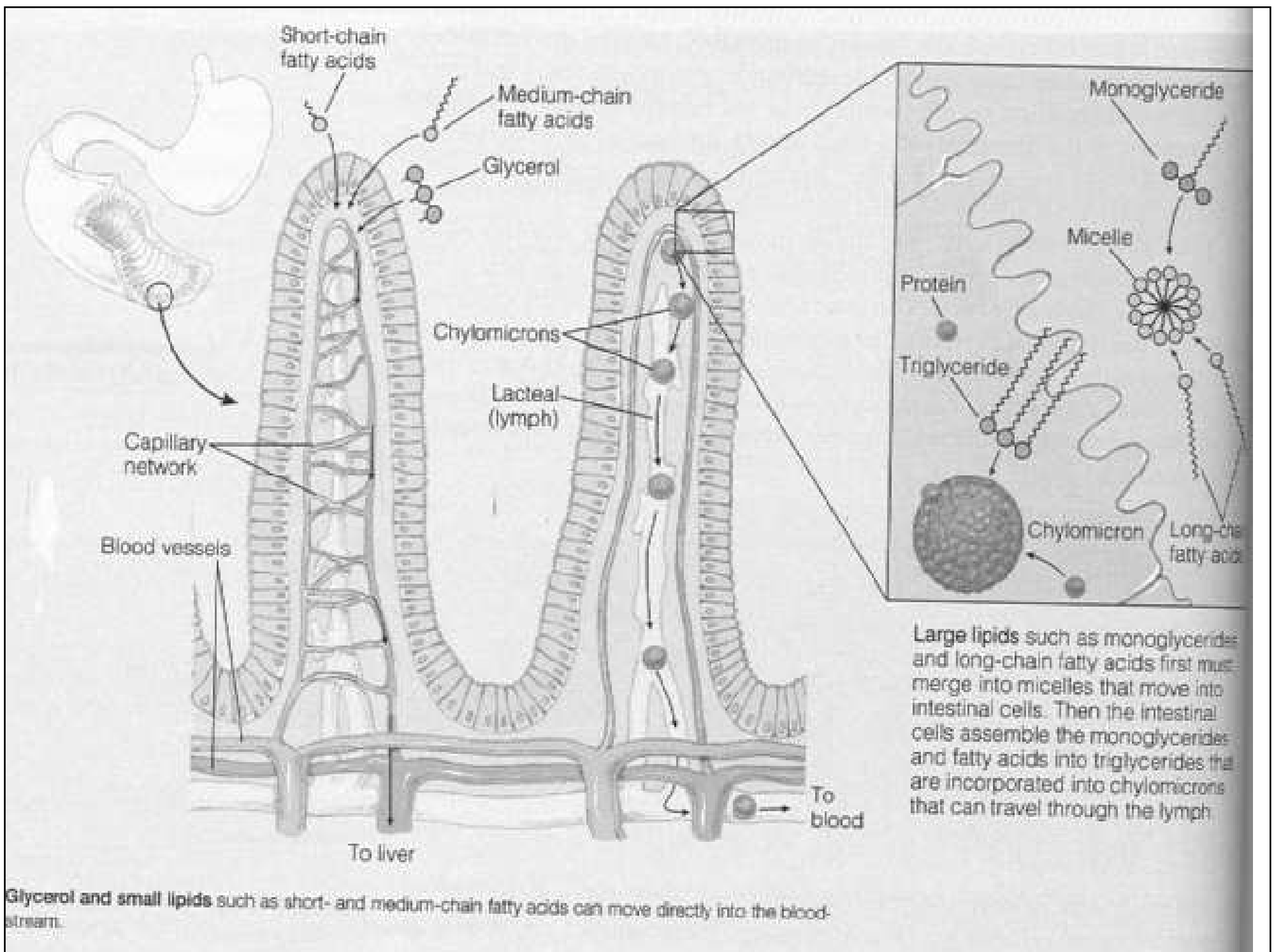


■ MK o delším řetězci

- Reesterifikace v enterocytech (triacylglycerol i část cholesterolu)

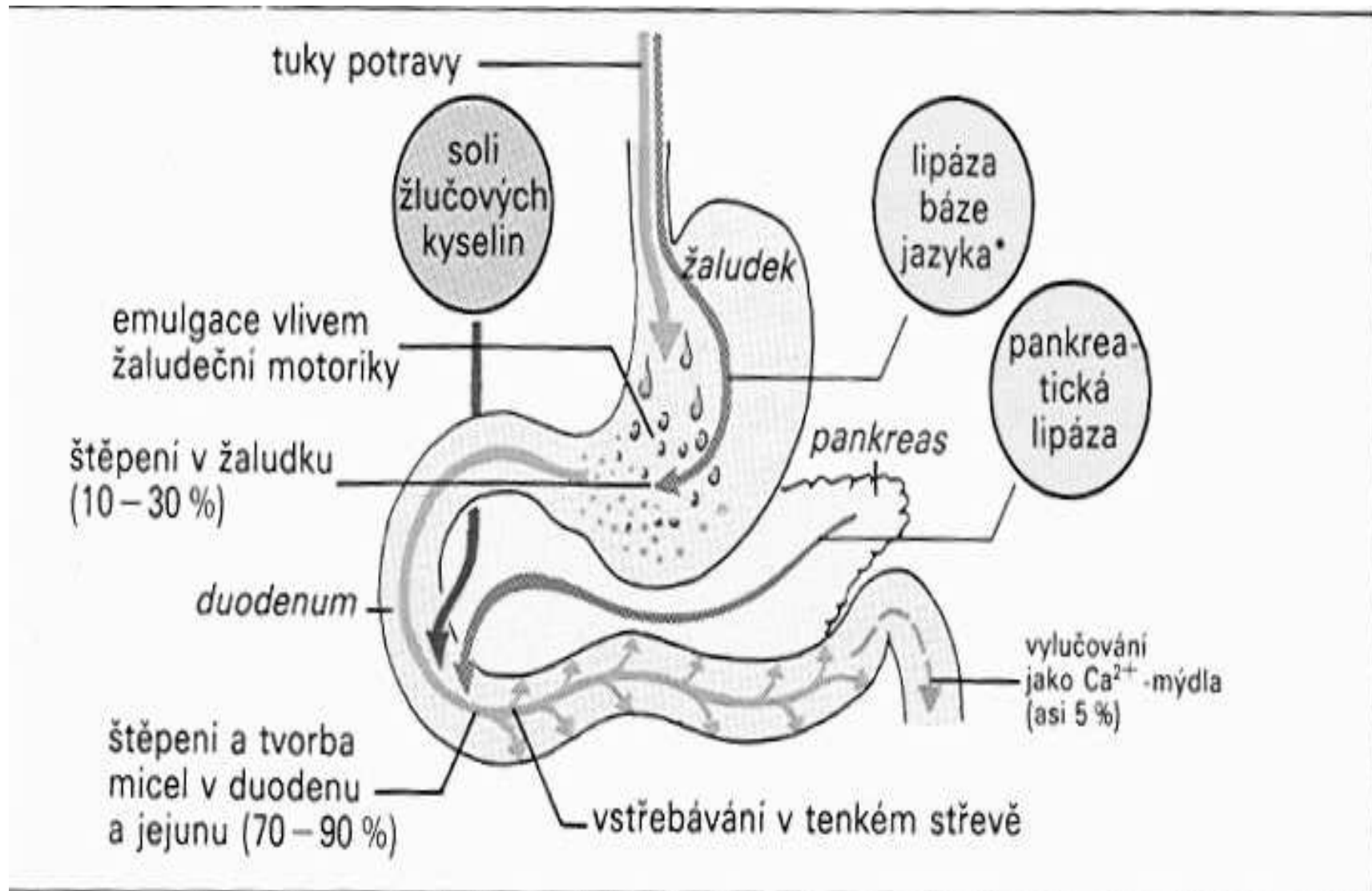
=> chylomikrony (obalí tyto lipidy vrstvou proteinů, fosfolipidů a cholesterolu)

=> lymfatické cévy => krevní řečiště



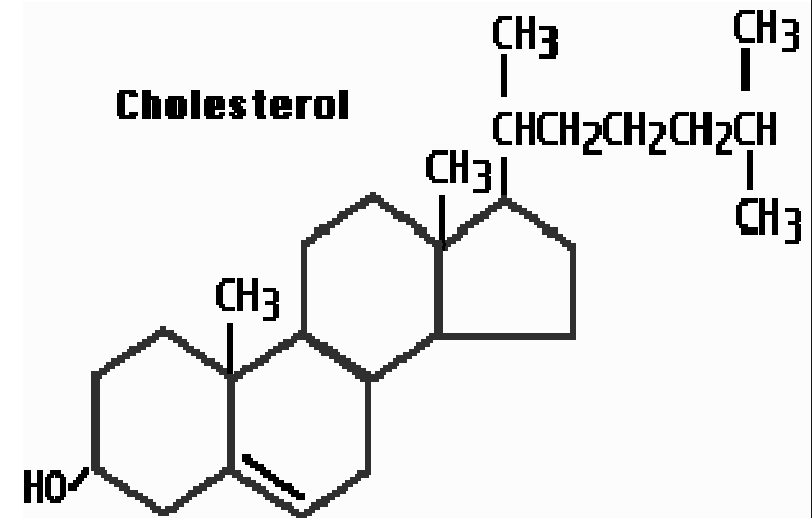
Glycerol and small lipids such as short- and medium-chain fatty acids can move directly into the blood-stream.

Trávení a vstřebávání tuků



Cholesterol

- Základní součást živočišné buňky
- Původ:
 - Exogenní - potrava
 - Endogenní - syntéza (hepatocyty, nerv. tkáň, enterocyty)
 - Vznik z Acetyl-CoA
 - Klíčový enzym v syntéze cholesterolu -
3-hydroxymetyl-3-glutaryl-coenzym A reductáza
(3-HMGCoA)
 - Aktivita enzymu - regulace dle zásob cholesterolu v buňce
 - ↑ - deplece cholesterolu, ↑ příjem energie, obezita
 - ↓ - dostatečný přívod stravou

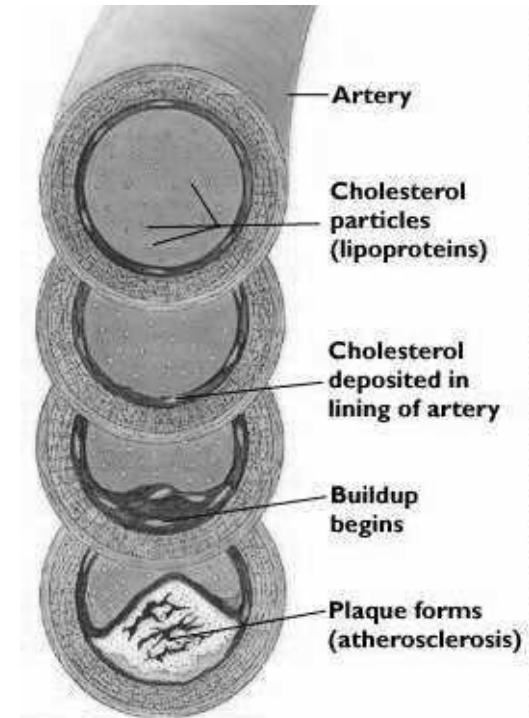


Cholesterol

- **Formy cholesterolu:**
 - Volný - hydrofilní
 - Esterifikovaný (vazba MK na OH skupině) - hydrofóbní
 - Transportní a zásobní (hepatocyty) forma chol
- **Hlavní biologické funkce:**
 - Hlavní strukturální součást buněčných membrán
 - Výchozí látka pro výrobu steroidních hormonů
 - Výchozí látka pro syntézu žlučových kyselin
 - Nezbytný pro syntézu všech lipoproteinů ve střevě a játrech

Cholesterol

- Negativní vlastnosti cholesterolu
 - Tvorba žlučových kamenů ve žlučníku
 - Ateroskleróza



Cholesterol

- **Denní bilance a enterohepatální oběh chol**
 - Vylučování chol - žlučí (nativní chol, žlučové kyseliny)
 - $\frac{1}{2}$ chol ze žluče a asi 95% žluč. kyselin - reabsorbce (enterohepatální oběh)
 - Denní bilance: 3 mmol
 - Příjem: resorpce ze střeva žluč, potrava
 - Výdej: stolicí
- **Vstřebávání cholesterolu**
 - Snadné
 - Za přítomnosti žluči, MK a pankr. šťávy
 - Inkorporace do chylomikronů => lymfatické cévy => krevní řečiště
 - Rostlinné steroly - snižují vstřebatelnost cholesterolu

Výskyt tuků

A. Dle suroviny, z které se získávají

1. Živočišné tuky a oleje

- tuky teplokrevných živočichů
 - mléčný tuk - kravský, buvolí
 - sádlo - vepřové, drůbeží
 - lůj - hovězí, skopový
- rybí olej

2. Rostlinné tuky a oleje

- Olejniny
 - S převahou linolové kyseliny: řepka, sója, slunečnice
 - S převahou olejové a dále linolové: podzemnice olejná, bavlník, světlice, sezam
 - S převahou olejové a dále palmitové: olivy, dužnina palmy olejně
 - S převahou palmitové a s dalšími nasycenými kyselinami: jádro palmy olejně, kokosový tuk
- Rostlinná másla: kakaové máslo (vysoký obsah stearové kys.)

Výskyt tuků

Typy výrobků:

- Jedlé oleje: lisované, rafinované - panenské, rafinované
- Emulgované tuky
- Směsné emulgované tuky (s mléč. tukem)

B. Podle konzistence

- kapalné oleje
- tuhé tuky

C. Podle výskytu

- tuky zjevné - ty které používáme
- tuky skryté - v mléku, vejcích, sval. tkáni, pečivu....

Výskyt tuků

D. Podle obsahu v potravině

1. Potraviny s vysokým obsahem tuků (více než 40% energie)

- Tučné maso
- Plnotučné mléko a ml. výrobky, sýry...
- Ořechy, mák
- Jemné a trvanlivé pečivo
- Smetanové mražené krémy
- Čokoláda
- Majonéza

2. Potraviny s nízkým obsahem tuků(méně než 20% energie)

- Výrobky z obilovin (mouka, chléb)
- Luštěniny, brambory
- Zelenina, ovoce
- Nečokoládové cukrovinky

Příjem tuků (MK)

- Doporučované množství 25 - 30 %
= 70 - 100 g tuku/den
- Konzumace tuku v ČR 30 - 40 % energie (25,4 kg/os/rok)
- Záleží na složení tuků - EMK jsou nezbytné (rostlinné oleje, rybí tuk) viz. dále
- Příjem cholesterolu < 300 mg/den
- ↑ příjem tuků => ↑ výskyt kardiovaskulárních nemocí
↑ výskyt některých nádorových onemocnění

Příjem tuků (MK)

- Poměr nasycených, MUFA, PUFA = <1:1,4:>1,6
- Poměr n-6 : n-3 = 5:1
- K. linolová (n-6, PUFA) - všechny dostupné oleje s výjimkou olivového, dále olej ze semen, ořechy, vejce
- K. linolenová (n-3, PUFA)- olej řepkový, lněný, sójový ne však slunečnicový, ořechy, tučné ryby
- K. linolová \leq 10 g (5%)
- K. linolenová \leq 4g (1%)
- Denní úhrada k. linolové a linolenové = 1,5 - 2 lžíce řepkového oleje

Příjem tuků(MK)

■ Rybí olej

- zdroj EPA a DHA (n-3)
- 1- 2x týdně 200- 300g ryb
- nebo denně 3 - 4 ml kvalitního rybího oleje

■ EPA + DHA \leq 1g (0,5%)

- **Denní příjem tuků:** 70 g = 25 g skrytý tuk + 45 kuchyňské použití (25 g margarin, máslo + 20 g kvalitní rostlinný olej) + 1 - 2x týdně ryby

Mastné kyseliny

Klasifikace MK		Potravinové zdroje	Doporučení příjmu
SFA - nasycená MK		Živočišné tuky, kokosový a palmový olej	8-10%
MUFA - mononenasycená MK		Olivový, řepkový olej, avokádo, ořechy	10-12%
PUFA - polynenasycená MK	n-3	Rybí tuk, ořechy	Do 10%
	n-6	Rostlinné oleje (slunečnicový, sójový, kukuřičný), semena, ořechy	2-4%

Obsah MK v jedlých tucích (%)

Jedlý tuk	Nasyčené kyseliny	Monoenové kyseliny	Polyenové kyseliny
Máslo	62	35	3
Sádlo	40	55	5
Sójový olej	15	25	60
Slunečnicový olej	12	20	68
Řepkový olej	6	64	30
Margarin	20-25	20-40	30-50
Pokrmový tuk	25-55	30-50	5-10

Zastoupení MK v tucích a olejích

Saturated fats
 Monounsaturated fats
 Polyunsaturated fats, $\omega 3$ Linolenic acid, $\omega 6$ Linoleic acid

- Animal fats and the tropical oils of coconut and palm are mostly **saturated**.

Coconut oil				$\omega 6$
Butter			$\omega 6$	$\omega 3$
Beef tallow			$\omega 6$	$\omega 3$
Palm oil			$\omega 6$	
Lard			$\omega 6$	$\omega 3$

- Some vegetable oils, such as olive and canola, are rich in **monounsaturated** fatty acids.

Olive oil				$\omega 6$	$\omega 3$
Canola oil			$\omega 6$	$\omega 3$	
Peanut oil				$\omega 6$	

- Many vegetable oils are rich in **polyunsaturated** fatty acids.

Safflower oil			$\omega 6$		$\omega 3$
Sunflower oil			$\omega 6$		
Corn oil			$\omega 6$		$\omega 3$
Soybean oil			$\omega 6$		$\omega 3$
Cottonseed oil			$\omega 6$		