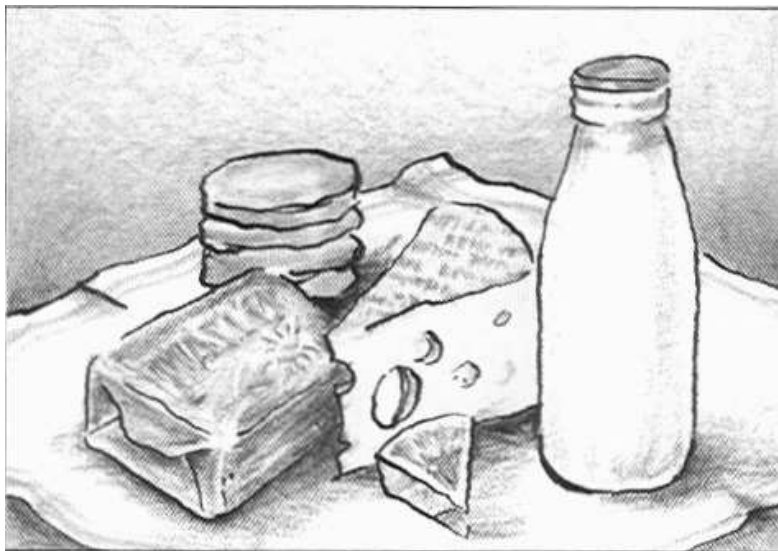
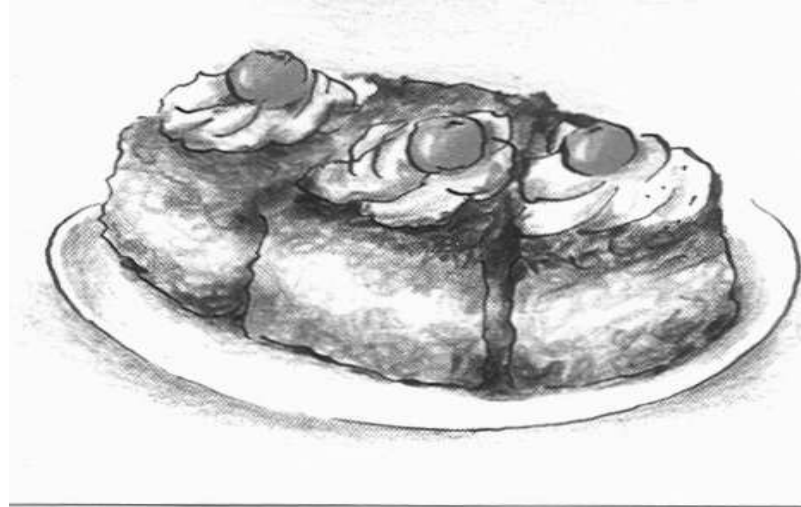


TUKY (LIPIDY)



Osnova

- Charakteristika lipidů
- Význam lipidů
- Dělení lipidů
- Přehled MK
- Trávení a vstřebávání lipidů
- Metabolismus a transport lipidů
- Lipoproteiny a jejich metabolismus
- Cholesterol
- Výskyt tuků
- Příjem tuků

Charakteristika lipidů

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

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

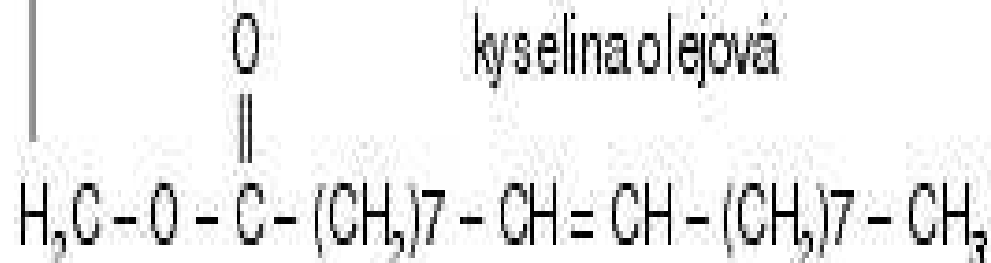
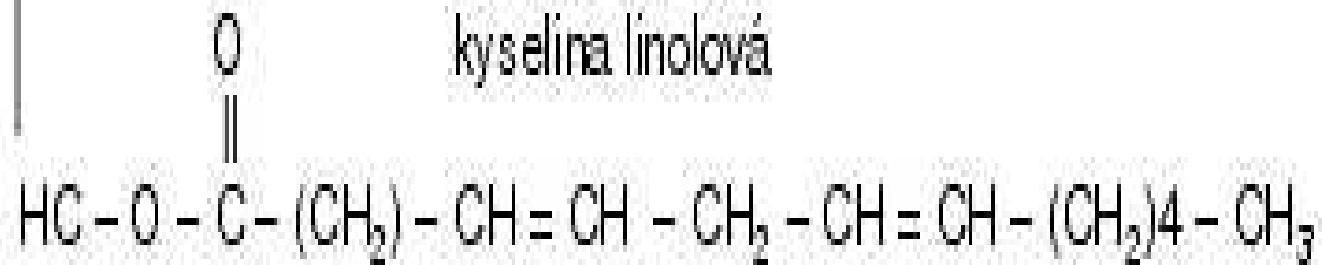
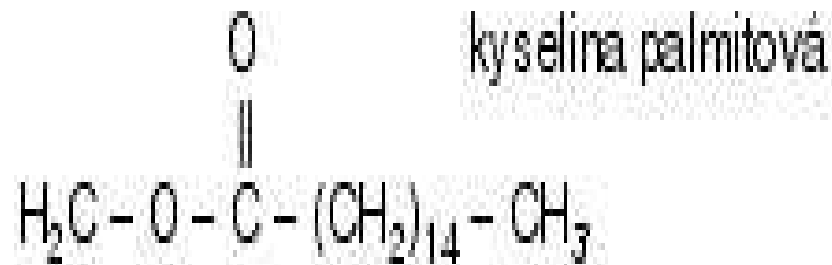
Buněčné lipidy

- Dva typy tuků ve tkáních:
 - Strukturální lipidy
 - Součásti membrán a jiných částí buněk
 - Při hladovění se zachovávají
 - Neutrální tuk
 - Skladovaný v tukových buňkách do zásob (aktivní dynamická tkáň)
 - Mobilizován při hladovění
- Hnědý tuk
 - Zaujímá malé procento z celkových zásob
 - Novorozenci - uložen mezi lopatkami v zátylku, podél velkých cév v hrudníku a bříše a v jiných oblastech
 - Buňky hnědého typu - sympatická inervace, mnoho mitochondrií,
 - Vytváří více tepla - stimulace sympatiku → noradrenalin → ↑ lipolýza a oxidace MK → zvýšená produkce tepla

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

Triacylglyceroly



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

■ Dělení mastných kyselin dle:

- délky řetězce
- dle stupně nasycenosti
- počtu dvojných vazeb
- 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:

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

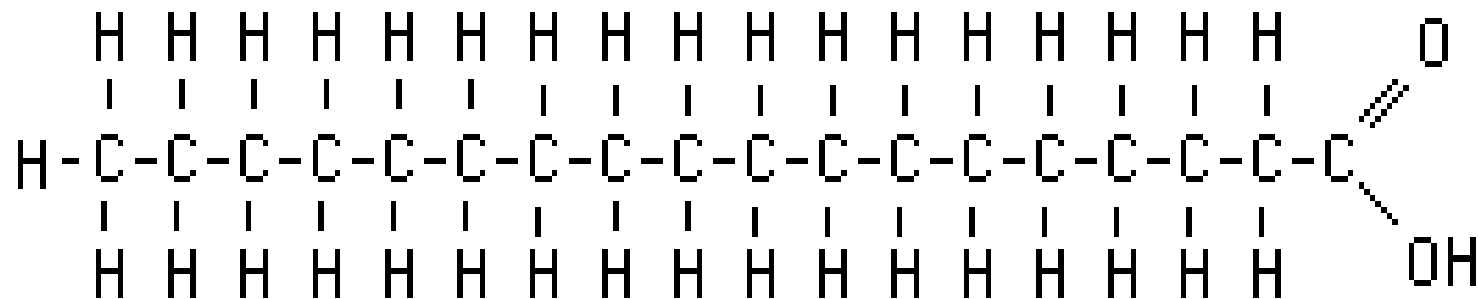
❖ Dle délky řetězce dělí nasycené MK na:

- 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)

Nasyčená MK - stearová

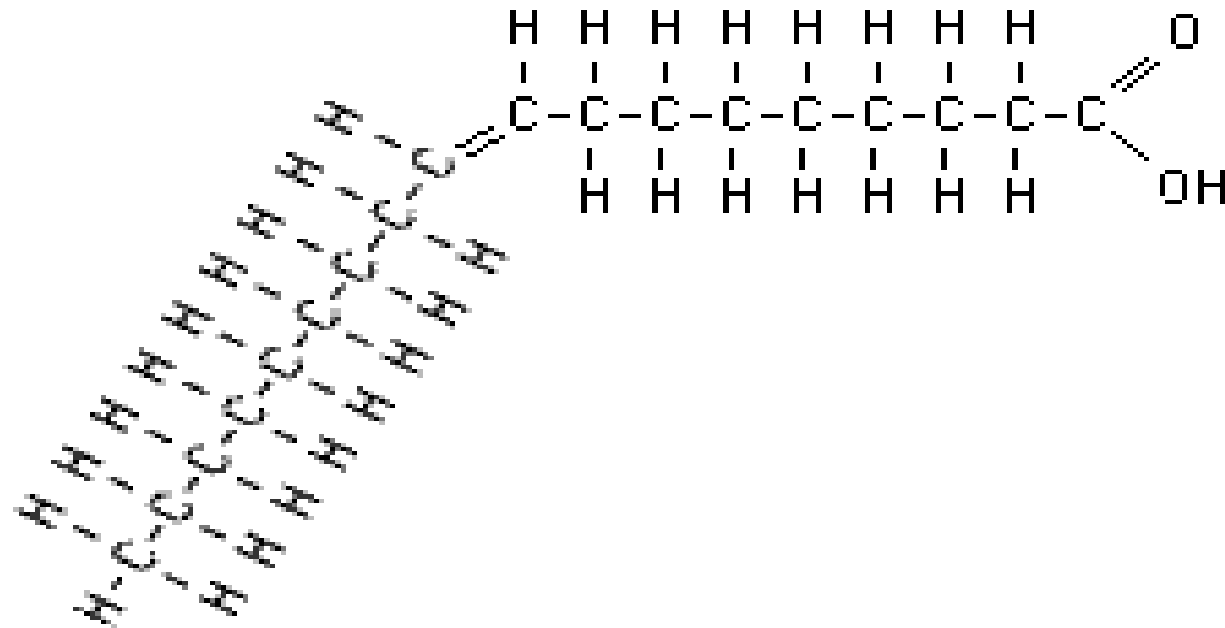


long hydrocarbon chain

carboxylic
acid group

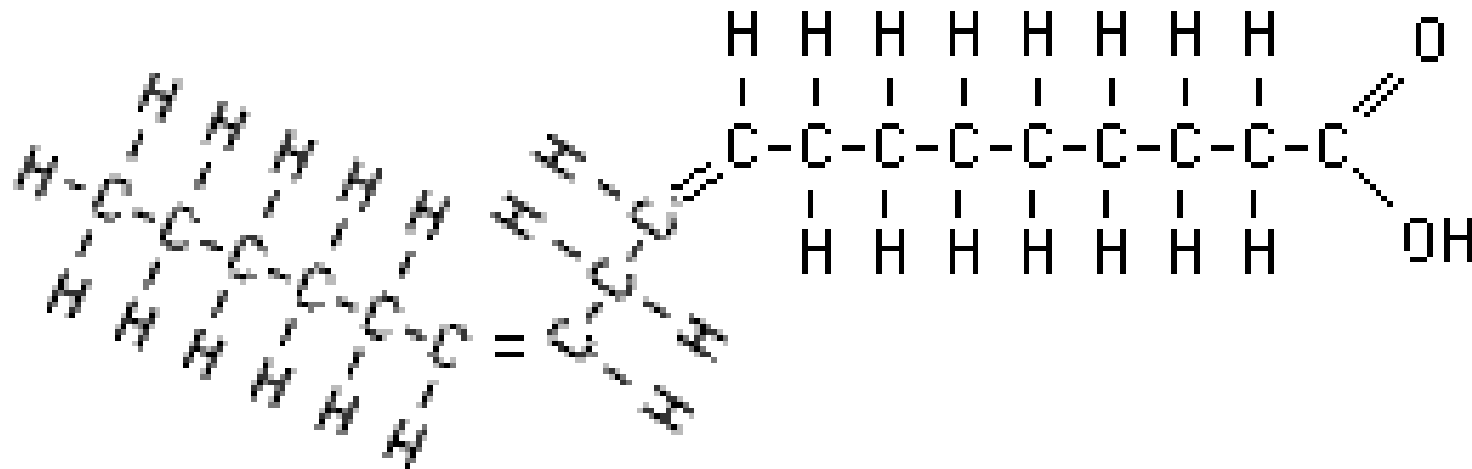
Essential features of a fatty acid

Nenasycená MK (mononenasycená)



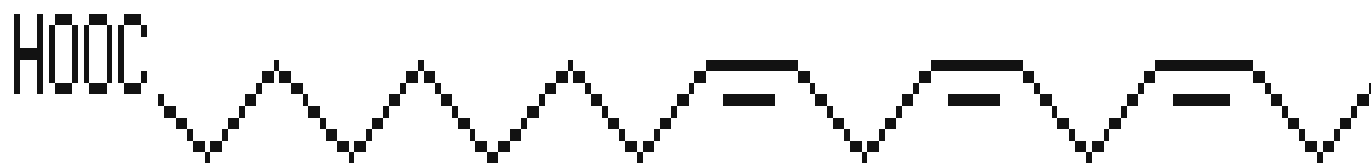
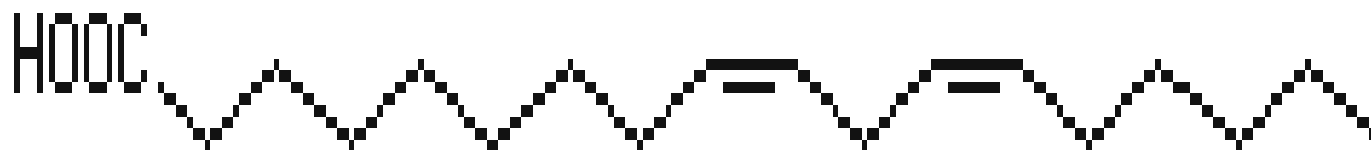
Oleic acid, a monounsaturated fatty acid.
Note that the double bond is *cis*; this is
the common natural configuration.

Polynenasycená MK



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

Umístění dvojné vazby



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

- **Nasyčené MK** - podporují obezitu, růst kr. lipidů
- **K.olejová** - brzdí rozvoj aterosklerózy a snad i brání rozvoji Ca tl. střeva
- **Kyselina linolová, linolenová** - esenciální MK
- **Elongace a desaturace MK**
 - **k. linolová (C18:2)** → k. dihomo-gamalinolenová (C20:3) → k. arachidonovou (C20:4)
 - **k. linolenová (C18:3)** → k. eikosapentaenová (C20:5) → k. dokosaheptaenová (C22:6)

Trávení a vstřebávání 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

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

- **Pankreatická lipáza**

- triacylglyceroly → monoacylglyceroly, MK

- **Cholesteryl estery hydroláza**

- Estery → cholesterol

Trávení a vstřebávání tuků

- Emulgace tuků a tvorba micel
 - Místo: duodenum
 - Účel: zvětšení povrchu tukových částic a tím zlepšení působení enzymů, umožnění vstřebávání
 - Polární oblast na povrchu molekuly X nepolární uvnitř (hydrofóbní)
 - Složení micel:
 - soli žlučových kyselin, monoacylglyceroly, lecitin, cholesterol, vitaminy rozpustné v tucích
 - => 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
 - Pohyb micel: dle koncentračního spádu ke kartáčovému lemu na střevní sliznici (dynamická rovnováha) → difundace tuků ven z micel
 - Vstup do buněk - pasivní difúze - monoacylglyceroly, cholesterol, MK
 - V buňce - reesterifikace

Trávení a vstřebávání tuků

- 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, precipitací solí žluč. kyselin => inhibice lipázy
 - Jiná příčina - porucha reabsorpce solí žluč. kyselin v distální části ilea

Trávení a vstřebávání tuků

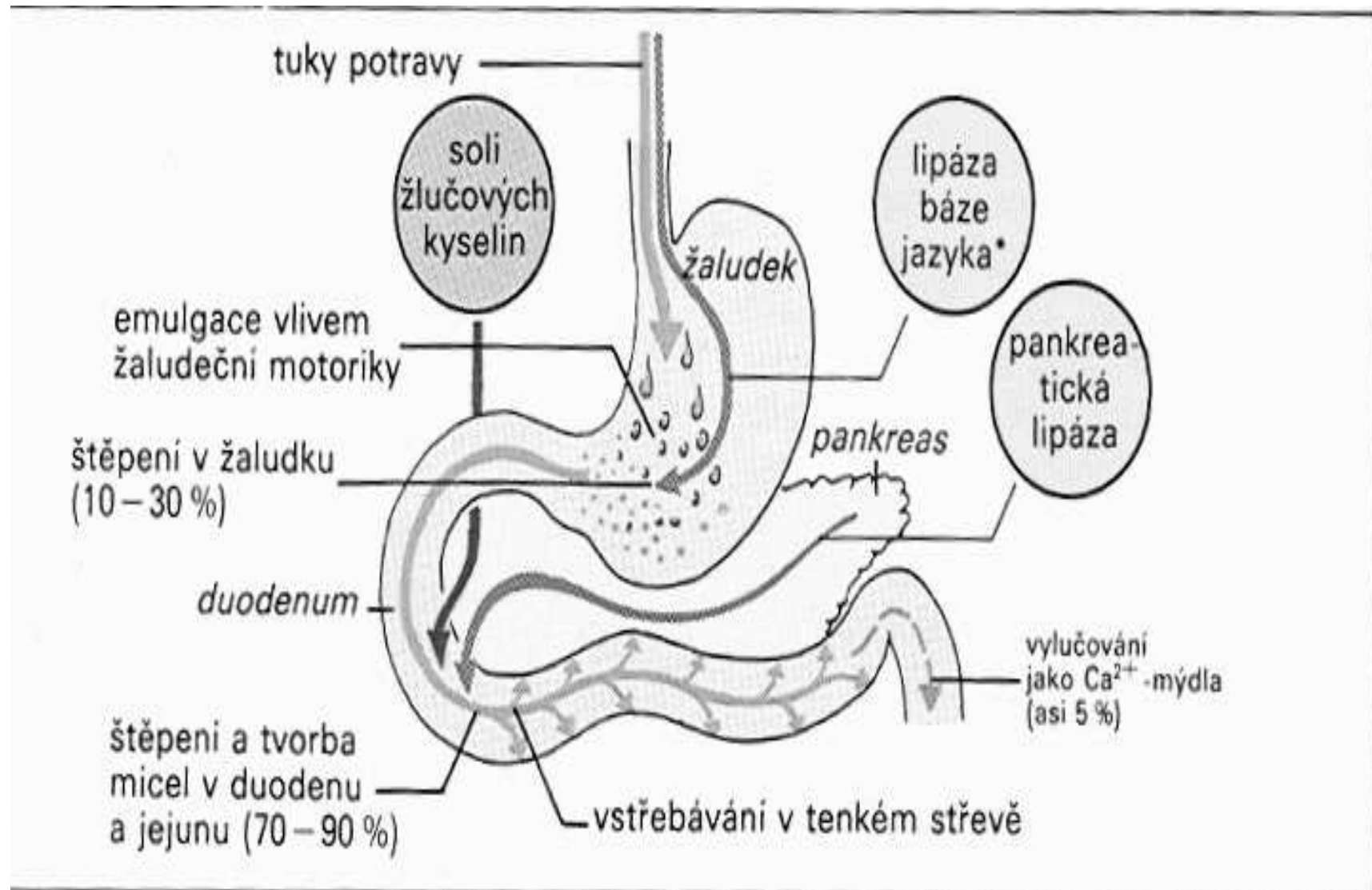
■ Vstřebávání lipidů

- Jejunum - většina tuků
- Ileum - dolní část tenkého střeva - málo
- Mírný příjem tuků - 95% vstřebatelnost
- Novorozenci - nedokonalý systém vstřebávání - vstřebatelnost 85-90%

■ Vstřebávání cholesterolu

- Za přítomnosti žluči, MK a pankr. šťávy
- Inkorporace do chylomikronů => lymfatické cévy
=> krevní řečiště

Trávení a vstřebávání tuků



Transport lipidů

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

Transport lipidů

■ MK o delším řetězci

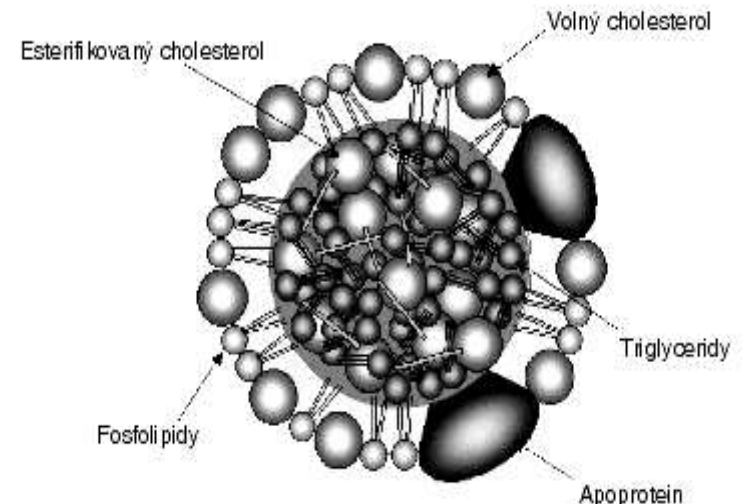
- Reesterifikace v enterocytech (triacylglycerol i část cholesterolu)
 - acylace vstřebaných 2-monoacylglycerolů
 - z glycerolfosfátu (produkt katabolismu glukózy)

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

=> lymfatické cévy => krevní řečiště

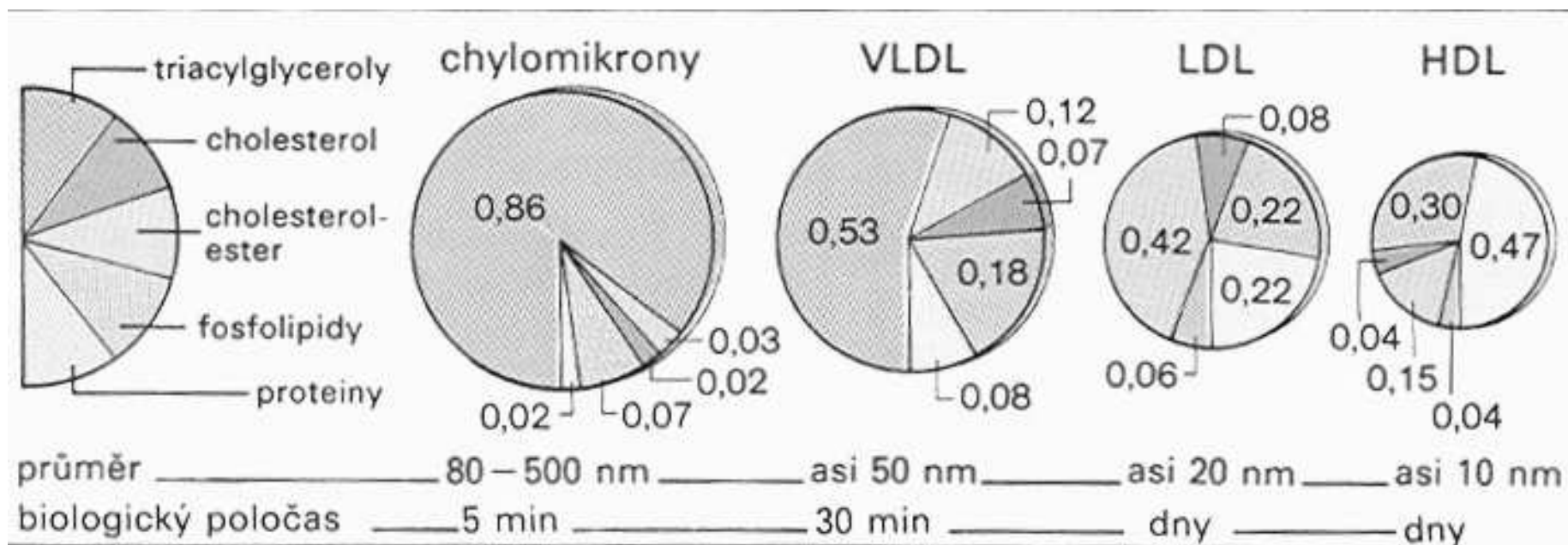
=> lipoproteinová lipáza

=> MK (oxidace, ukládání)



Lipoproteiny

- Částice sloužící pro transport lipidů ve vodném prostředí
 - Chylomikrony
 - VLDL - lipoproteiny o velmi nízké hustotě
 - IDL - lipoproteiny o střední hustotě
 - LDL - lipoproteiny o nízké hustotě
 - HDL - lipoproteiny o vysoké hustotě

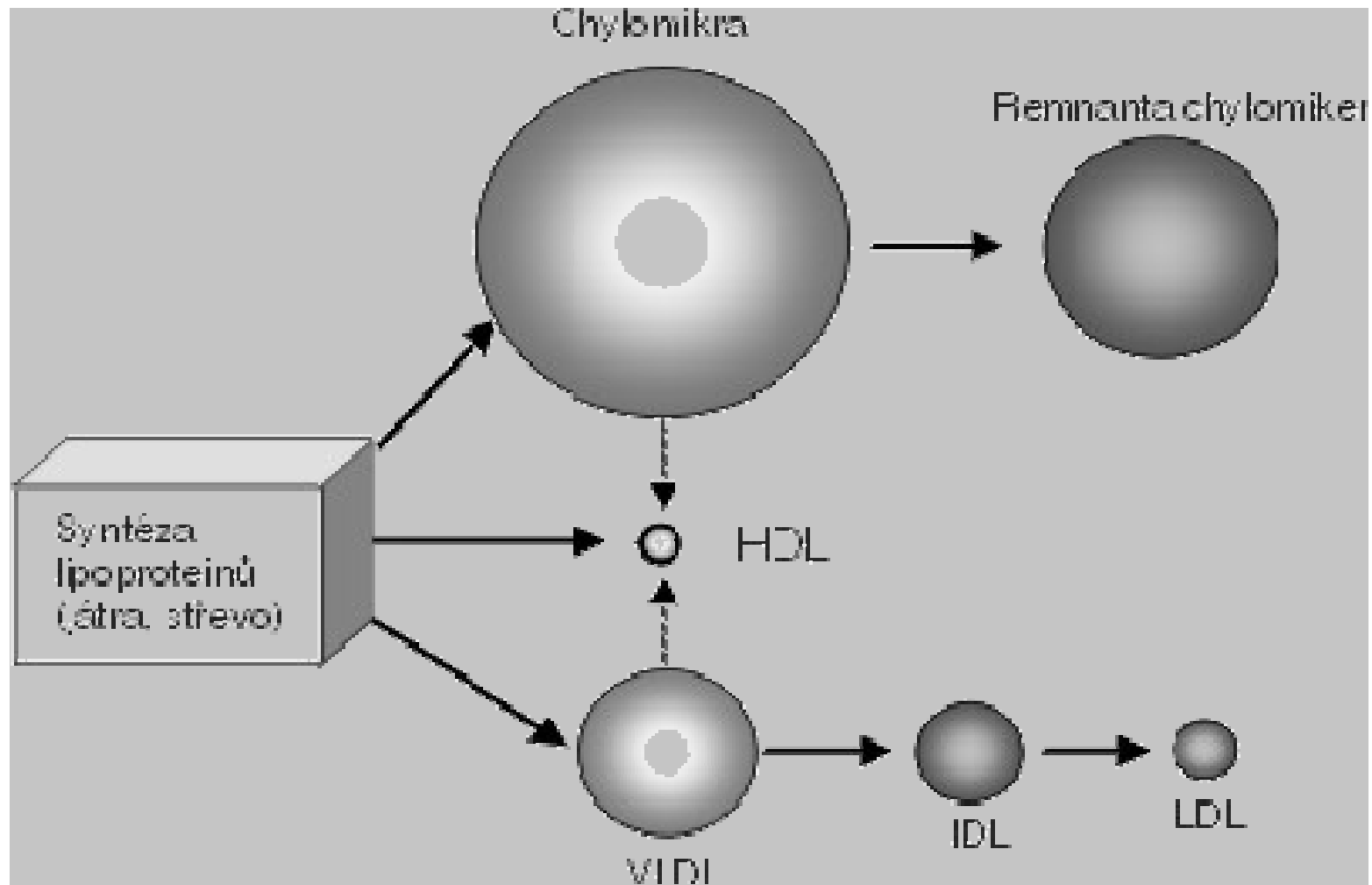


Obsah cholesterolu a triacylglycerolů v krevních lipoproteinech

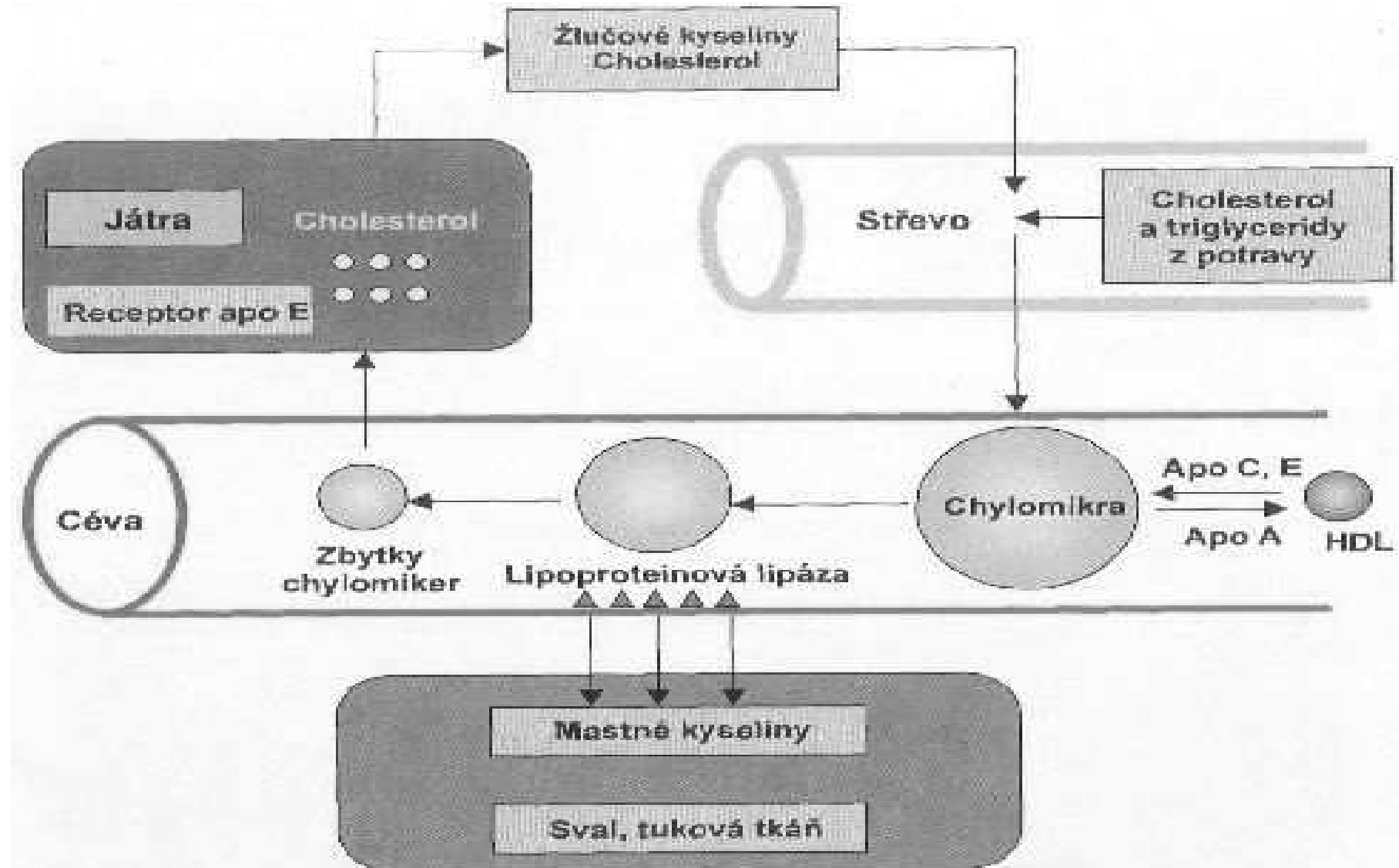
Lipoproteiny	Cholesterol (%)	Triacylglyceroly (%)	Riziko ICHS
CL	5	86	Neovlivňují
Remnanta CL	8	70	Zvyšují (++)
VLDL	19	55	Mírně zvyšují (+)
IDL	38	23	Silně zvyšují (+++)
LDL	50	6	Silně zvyšují (+++)
HDL	19	4	Silně snižují (---)

- LP - povrch částice - fosfolipidy
 - Lipofilní konec - vně molekuly
 - Hydrofilní konec - dovnitř molekuly
 - Uvnitř molekuly - látky zcela hydrofóbní (esterifikovaný cholesterol, triacylglyceroly)

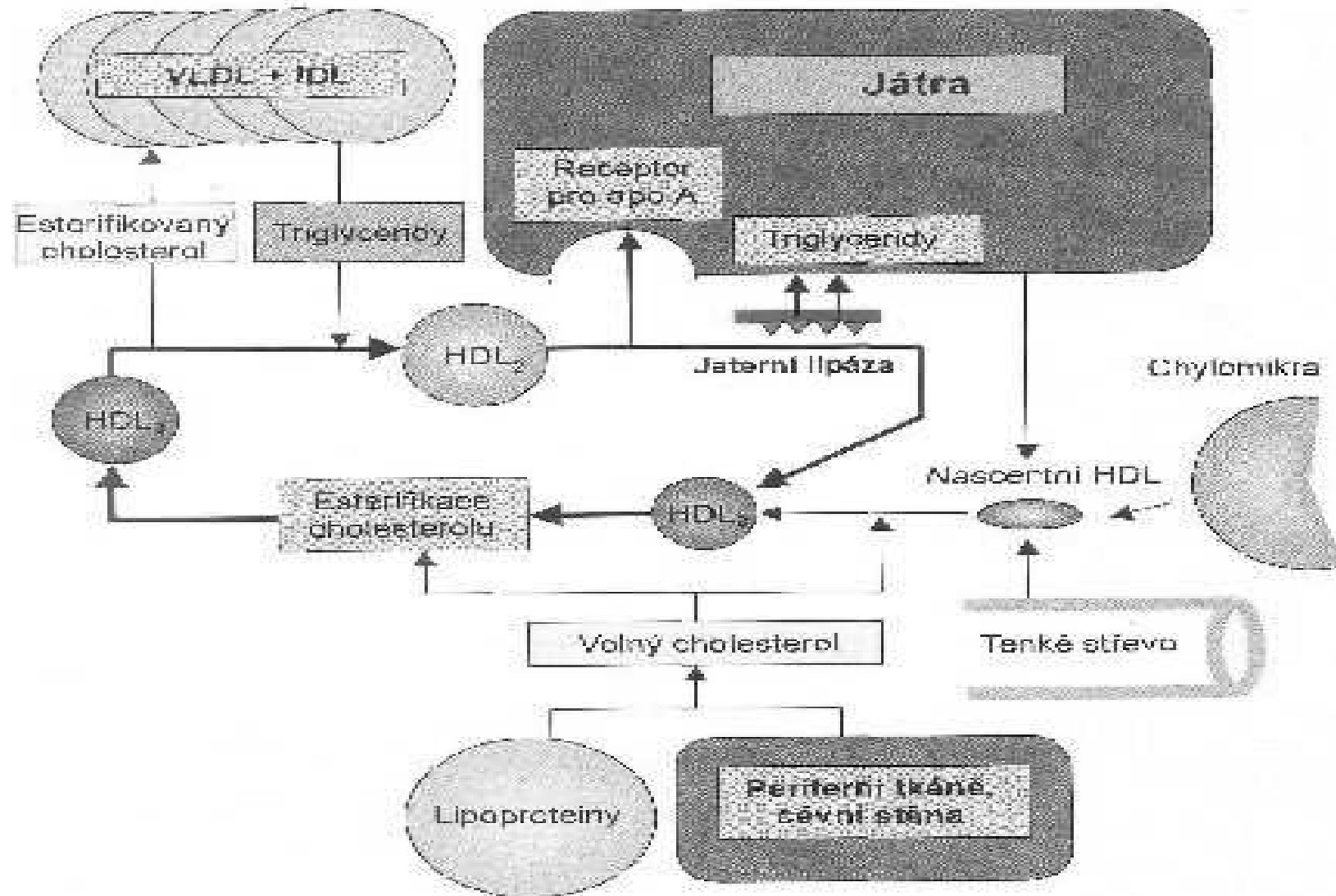
Vznik lipoproteinů



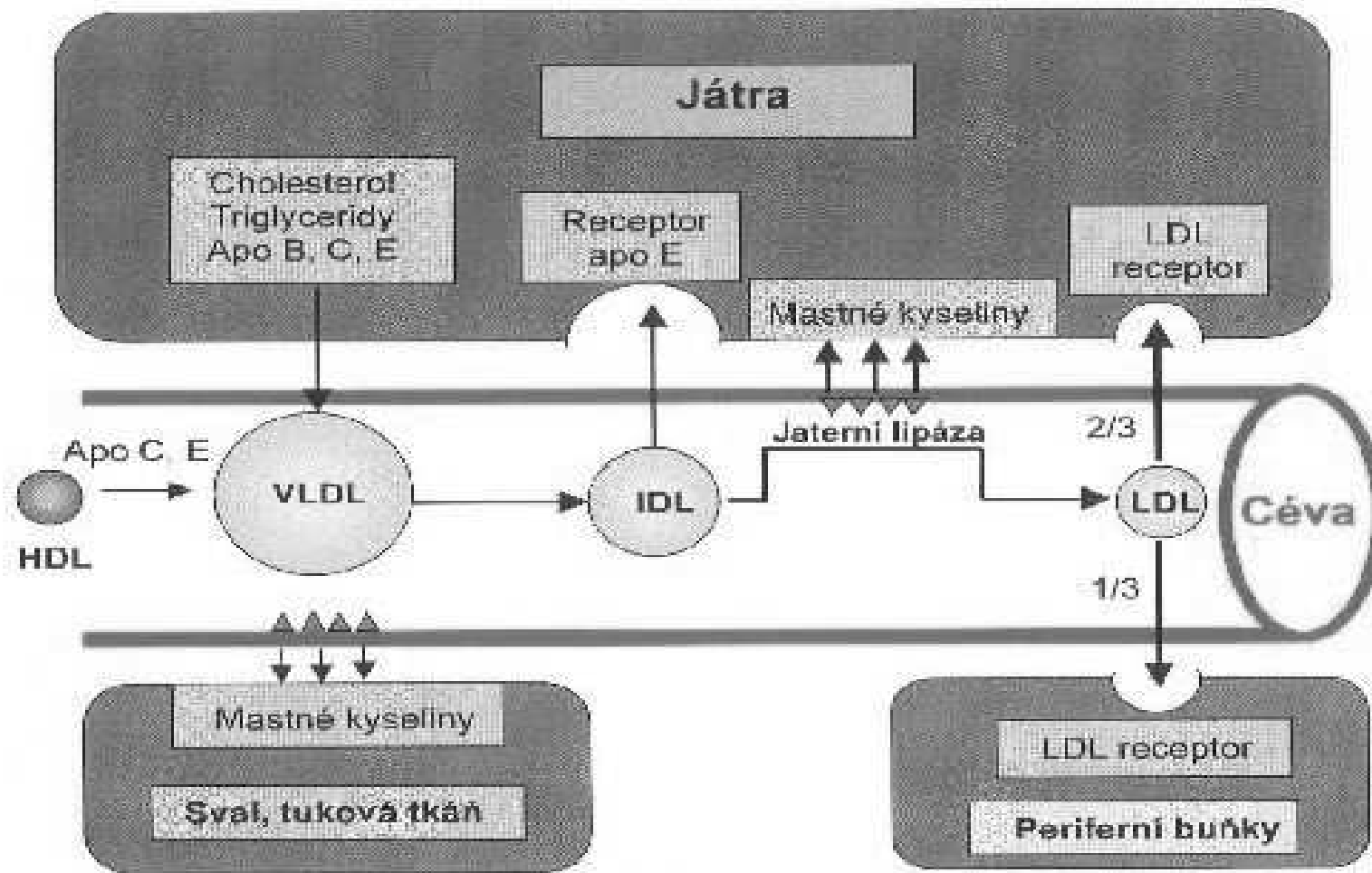
Metabolismus chylomikronů



Metabolismus HDL



Metabolismus VLDL-IDL-LDL



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

- Tělesný pool cholesterolu
 - 50 - 65 mmol - rychle směnitelný oddíl (LP, erytrocyty, játra, střevo)
 - 25 mmol - středně rychle směnitelný oddíl (chol v tuk. tkáni a kůži)
 - 90 mmol - pomalu směnitelný oddíl (chol ve svalech, cévy)
 - 70 - 80 mmol - nesměnitelný oddíl (CNS)

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

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 = 1:2:1 (1:1:1)
- Poměr n-6 a n-3 = 5 -10:1
- 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 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 margarín, máslo + 20 g kvalitní rostlinný olej) + 1 - 2x týdně ryby
- K. arachidonová (20:4) - žloutek, vnitřnosti (játra), tučná červená masa, uzeniny
- K. dihomu-gamalinolenová (20:3) - olej pupalky dvouleté, černý rybíz, brutnák lékařský

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

Přehled MK zastoupených v potravinách

MK zastoupení MK (g) ve 100 g zdrojového tuku	SMK				MMK		PMK			
	nasyčené 0 4-12 C	myristová	palmitová	stearová	palmitolejová	olejová	linolová	α-linolenová	arachidonová	další PMK
	4-12:0	14:0	16:0	18:0	16:1	18:1	18:2	18:3	20:4	
hovězí (sval)			16	11	2	20	26	1	13	
jehněčí (sval)			22	13	2	30	18	4	7	
jehněčí (mozek)			22	18	1	28	1		4	14
kuře (sval)			23	12	6	33	18	1	6	
kuře (játra)			25	17	3	26	15	1	6	6
vepřové (sval)			19	12	2	19	26		8	
treska (maso)			22	4	2	11	1		4	52
listová zelenina			13		3	7	16	56		
sádlo		1	29	15	3	43	9	1		
drůbeží tuk		1	27	7	9	45	11	1		
hovězí lůj		3	26	8	9	45	2	2		
skopový lůj		3	21	20	4	41	5	1	1	

Přehled MK zastoupených v potravinách

MK zastoupení MK (g) ve 100 g zdrojového tuku	SMK				MMK		PMK			
	nasyčené 0 4-12 C	myristová	palmitová	stearová	palmitolejová	olejová	linolová	α-linolenová	arachidonová	další PMK
	4-12:0	14:0	16:0	18:0	16:1	18:1	18:2	18:3	20:4	
mléko kravské	13	12	26	11	3	29	2	1		
mléko kozí	21	11	27	10	3	26	2			
žloutek			29	9	4	43	11			
olej z tresčích jater			13	3	13	20	2			20
avokádo			20	1	6	60	18			
kokos	63	16	9	2		7	2			
kukuřice		1	14	2		30	50	2		
oliva			12	2	3	72	11	1		
palma		1	42	4		43	8			
palma - jádro	53	18	9	3		15	2			
burský ořech		1	11	3		49	29	1	2	
řepka (nízko eruková)			4	1		54	23	10		
sója			10	4		25	52	7		
slunečnice			6	6		33	52			