

# TUKY (LIPIDY)



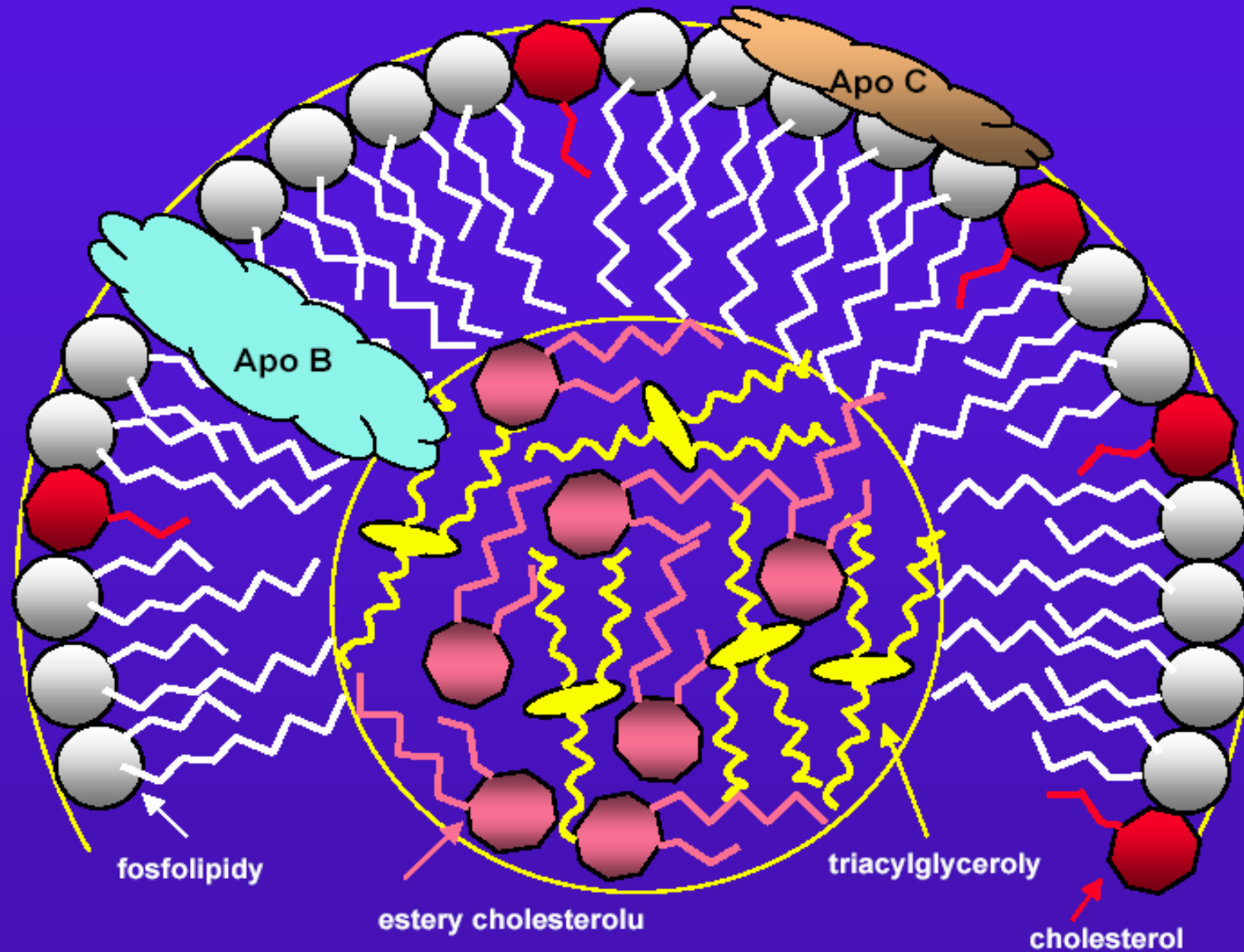
# Osnova

- Transport tuků
  - Lipoproteiny a jejich metabolismus
- Metabolismus tuků
  - Oxidace MK
  - Syntéza MK
- Buněčné lipidy

# Plasmatické lipidy a transport lipidů

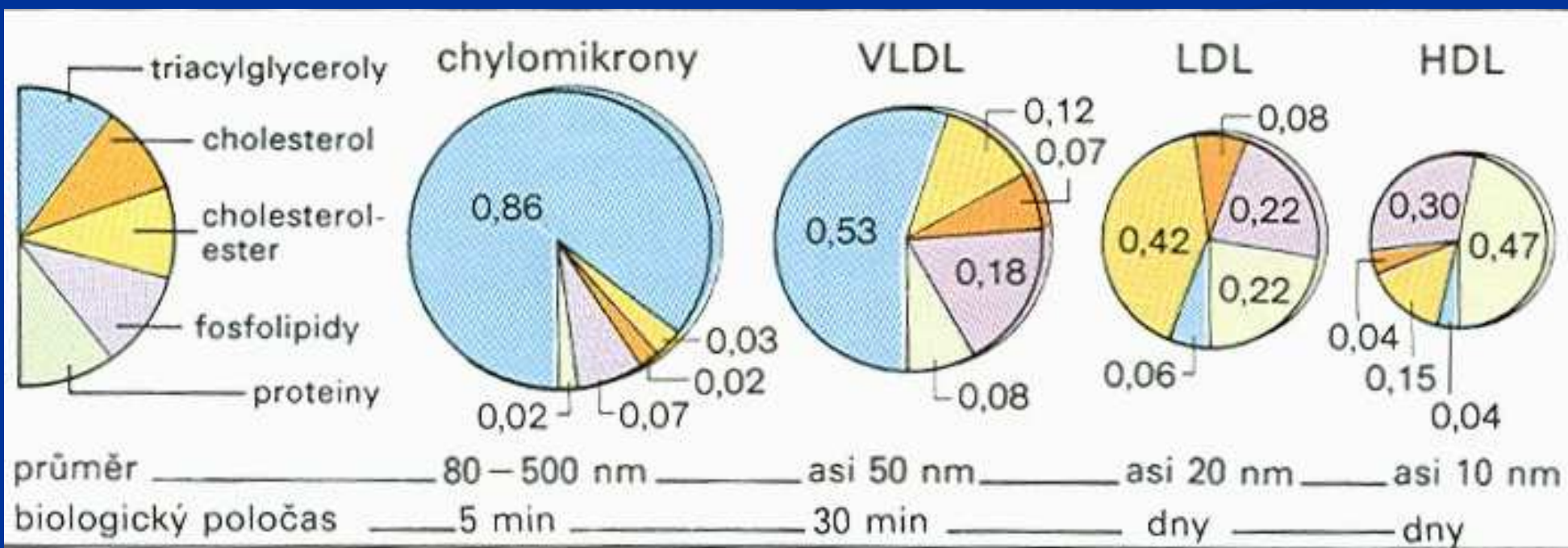
- **Plasmatické lipidy - necirkulují volně**
  - VMK - vazba na albumin (zdroje energie pro kosterní a srdeční svalstvo)
  - Cholesterol, TAG, PL - LP
- LP - povrch částice - **fosfolipidy, proteiny (apoproteiny)**
  - Lipofilní konec - dovnitř molekuly
  - Hydrofilní konec - vně molekuly
  - Uvnitř molekuly - látky zcela hydrofóbní (esterifikovaný cholesterol, triacylglyceroly)

# Schéma lipoproteinu



# Lipoproteiny

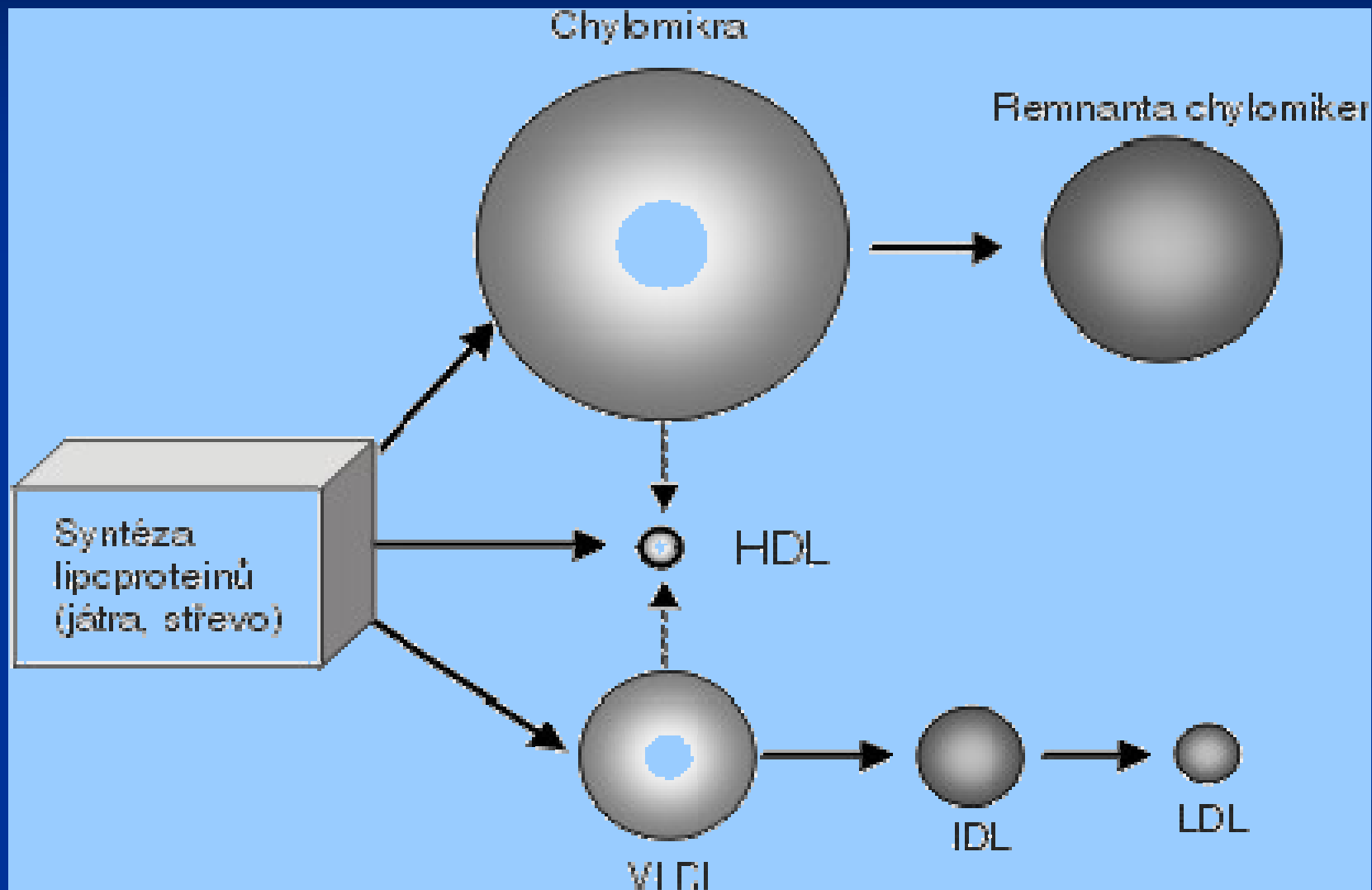
- Částice sloužící pro transport lipidů ve vodném prostředí
  - **Chylomikrony**
  - **VLDL** - lipoproteiny o velmi nízké hustotě
  - **IDL** - lipoproteiny o střední hustotě
  - **LDL** - lipoproteiny o nízké hustotě
  - **HDL** - lipoproteiny o vysoké hustotě



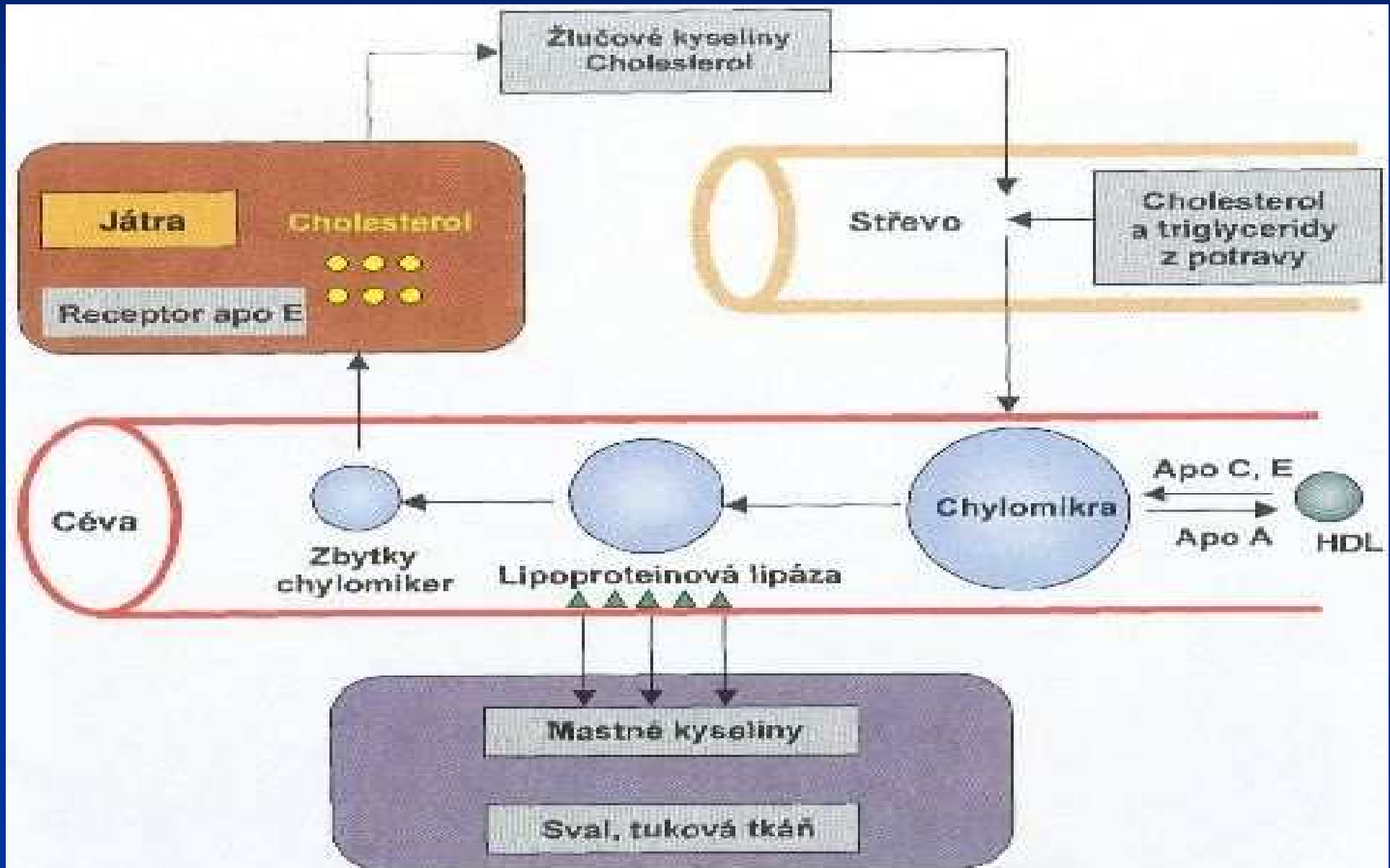
# Obsah cholesterolu a triacylglycerolů v krevních lipoproteinech

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 (---)

# Vznik lipoproteinů

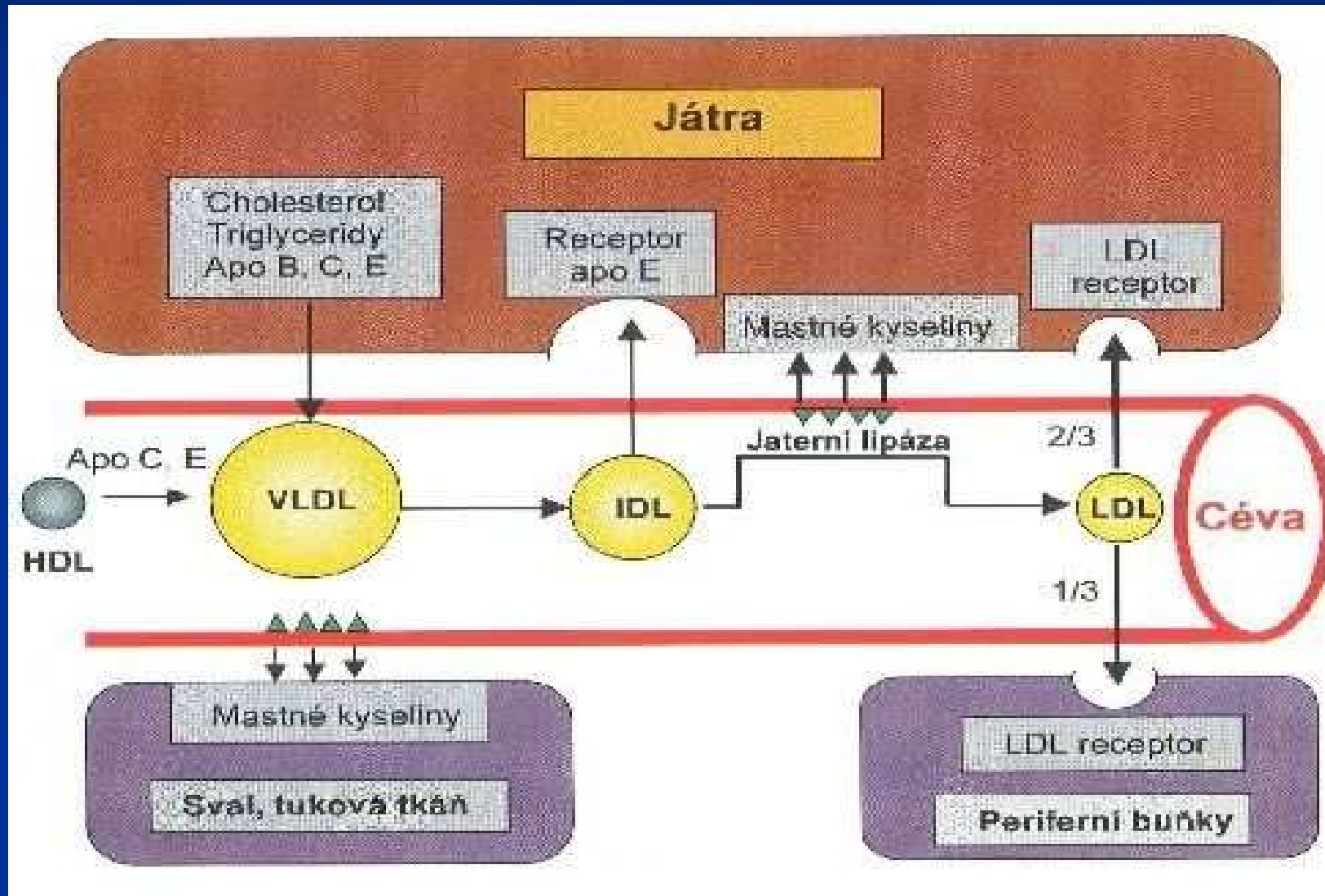


# Metabolismus chylomikronů

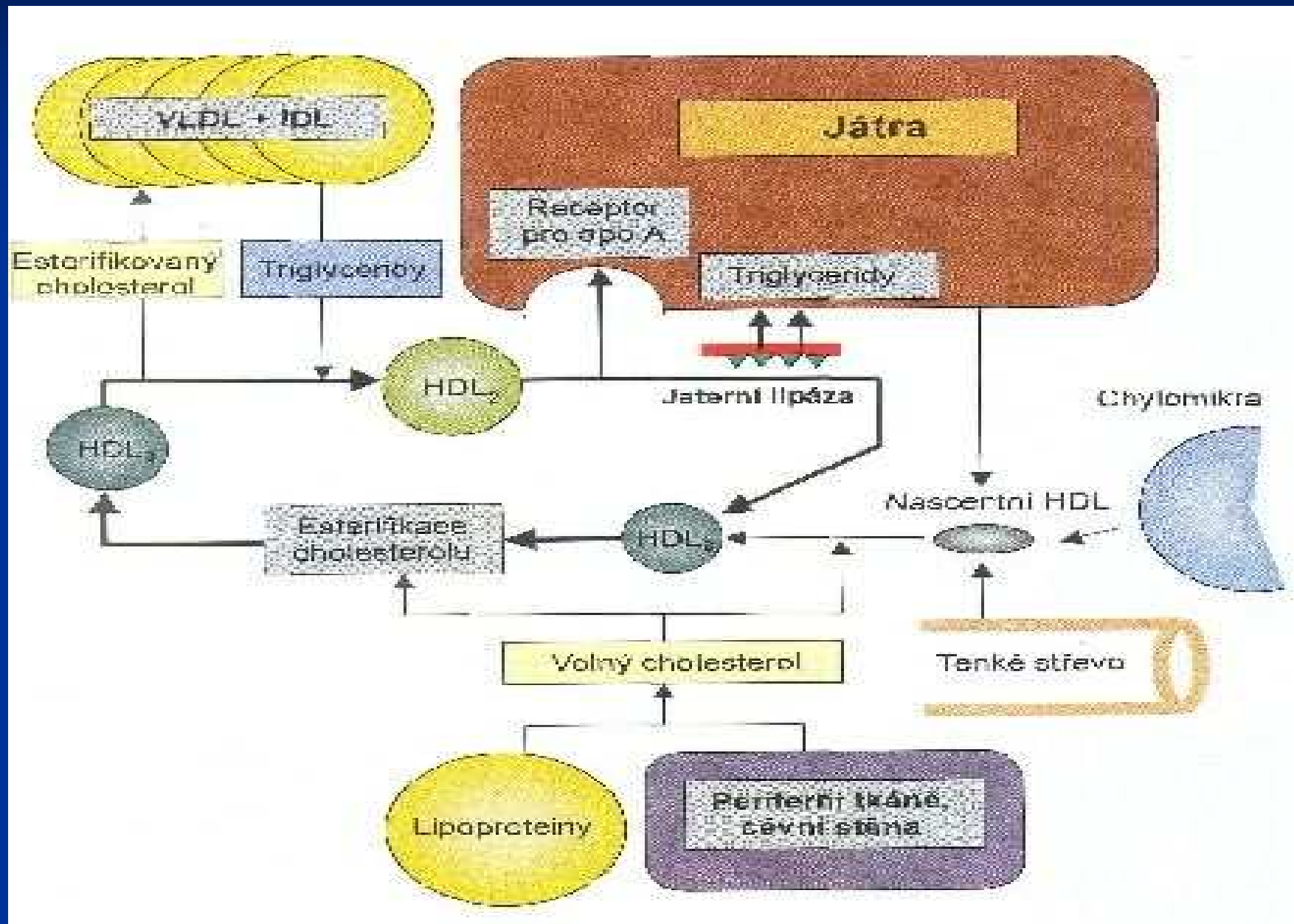




# Metabolismus VLDL-IDL-LDL



# Metabolismus HDL



# Přehled metabolismu tuků

- **Uskladnění tuků** - v tukové tkáni TAG
- **Tvorba T ze sacharidů a proteinů**
  - MK - vznik z 2C zbytků - derivát S či P
- **Tvorba T z T**
  - Absorpce tuku a uložení v tukové tkáni, velmi nízká spotřeba energie
- **T jako zdroj energie**
  - V klidu 60% zdroj energie
  - Hormon senzitivní lipáza
- TAG a MK - nemohou tvořit glu
- Glycerol → glu (nevýznamný zdroj)

# Syntéza a degradace TAG

## ■ Degradace

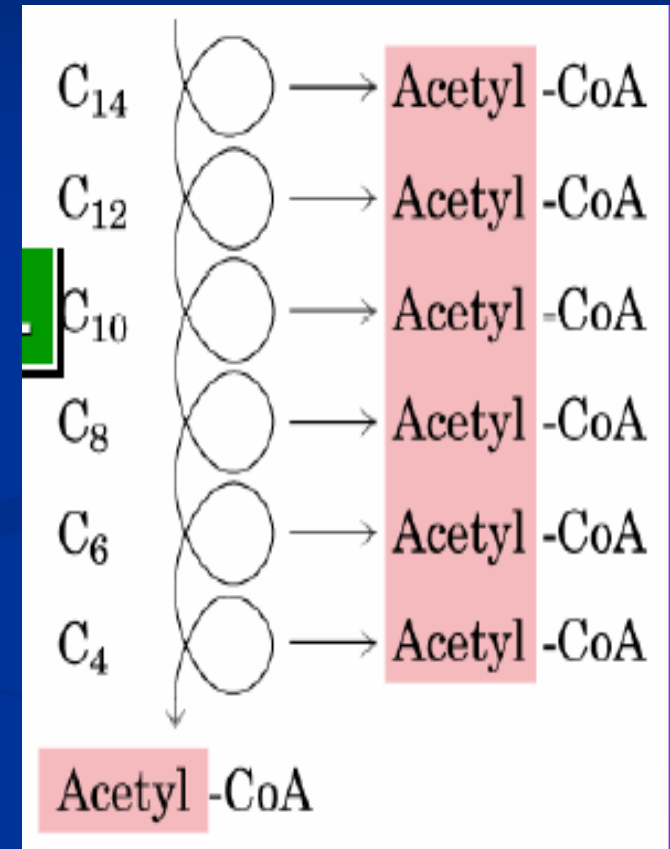
- Střevo - **pankreatická lipáza**
- Bb. tukové tkáně - **hormon senzitivní lipáza**
- Cévy (kapiláry tukové tkáně) - **lipoproteinová lipáza**

## ■ Syntéza

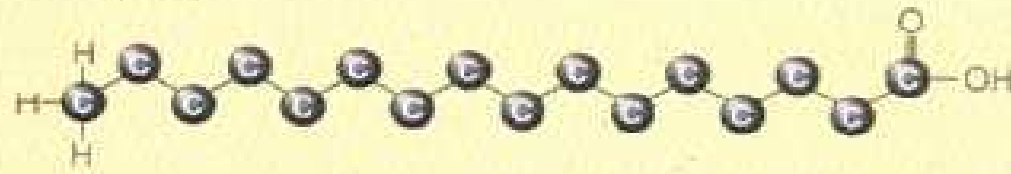
- Z čeho: z glycerol-3-fosfátu a MK
- Kde: endoplasmaticé retikulum jater, enterocyty, bb. tukové tkáně ...

# Oxidace a přeměna MK

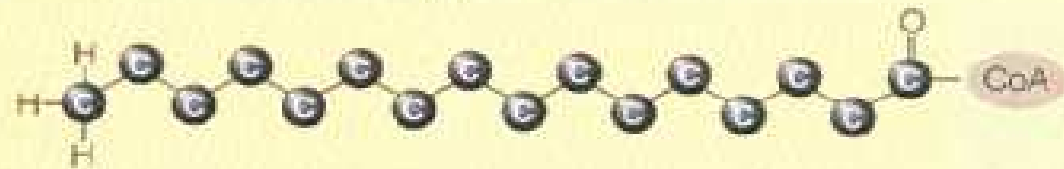
- **$\beta$ -oxidace** - odštěpení dvouhlíkatého zbytku MK
- Mitochondrie
  - **Karnitin** - přenos MK přes mitochondriální membránu
    - Stimulace oxidace MK
- MK  $\rightarrow$  Acetyl CoA  $\rightarrow$  citrátový cyklus
- Zisk energie 44 ATP/6C MK
- Malá část Acetyl CoA  $\rightarrow$  **ketolátky** (k. acetocetová, aceton a  $\beta$ -hydroxymáselná k.)
  - Hromadění : DM, hladovění, strava s  $\uparrow$  T a  $\downarrow$  S)



16-C fatty acid



The fatty acid is first activated by coenzyme A.



A little energy is released each time a carbon-carbon bond is cleaved.

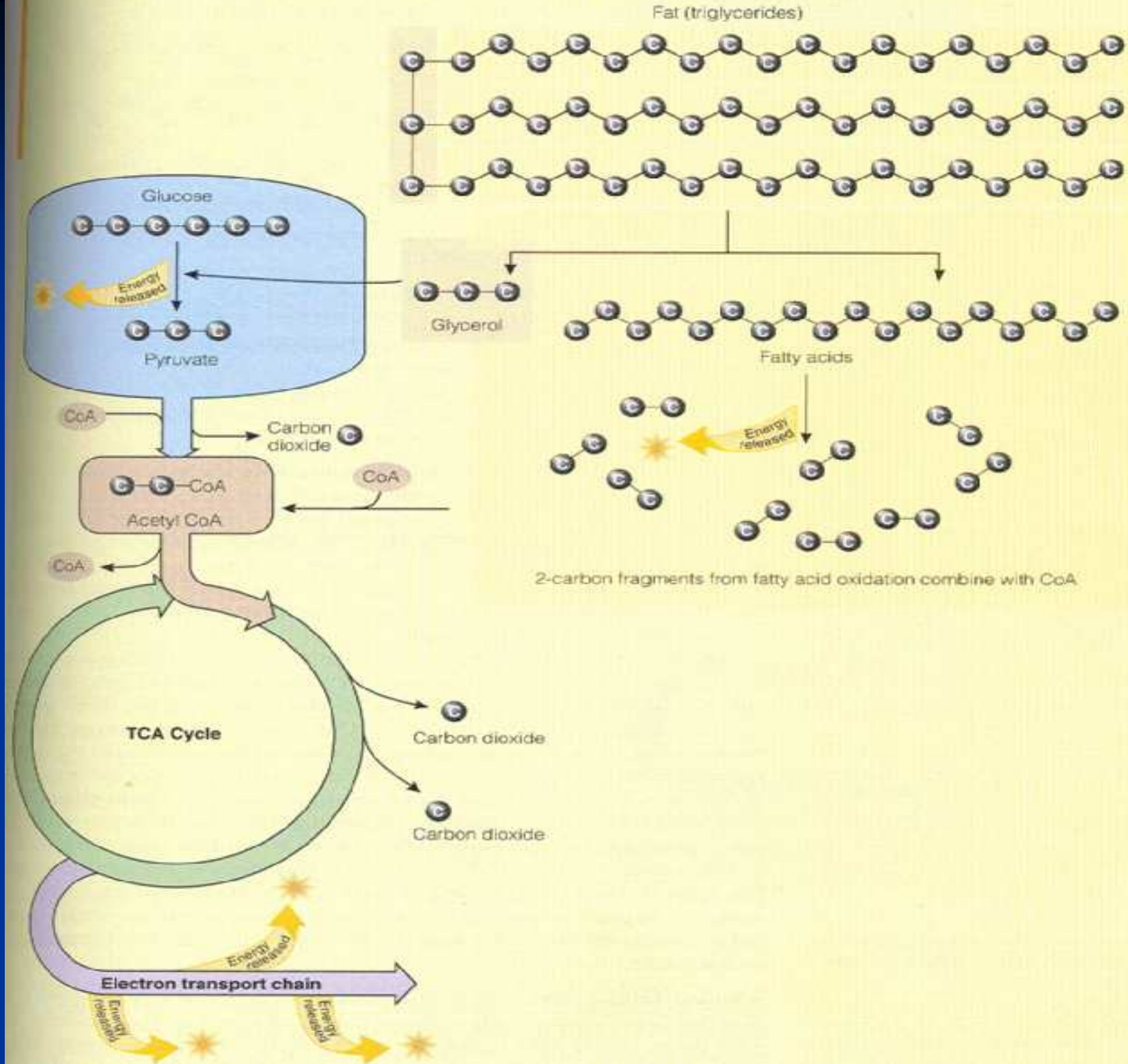


Another CoA joins the chain, and the bond at the second carbon (the beta-carbon) weakens. Acetyl CoA splits off, leaving a fatty acid that is two carbons shorter.

The shorter fatty acid enters the pathway and the cycle repeats. The molecules of acetyl CoA enter the TCA cycle, yielding abundant energy.

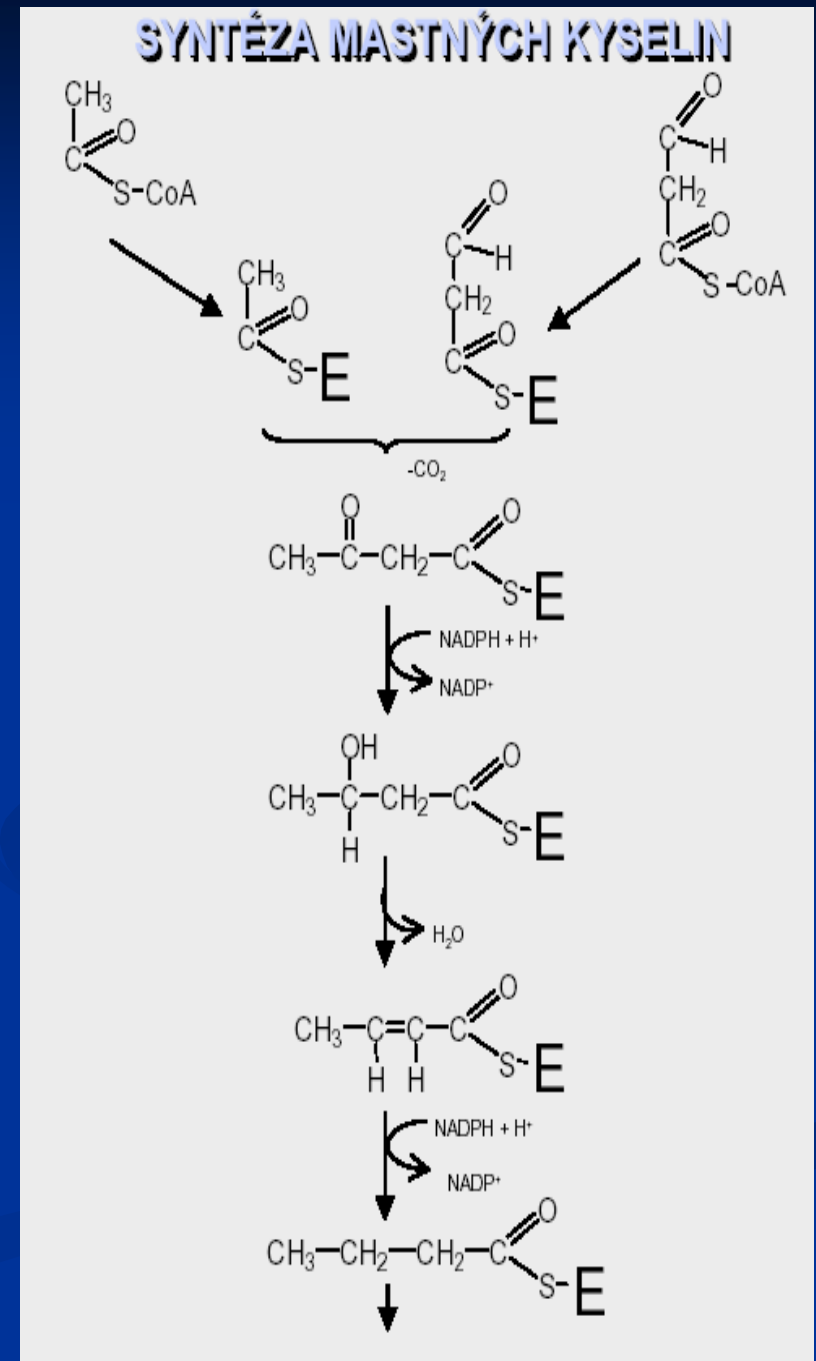
Net result from a 16-C fatty acid:	14-C fatty acid CoA	+	1 acetyl CoA
Cycle repeats, leaving:	12-C fatty acid CoA	+	2 acetyl CoA
Cycle repeats, leaving:	10-C fatty acid CoA	+	3 acetyl CoA
Cycle repeats, leaving:	8-C fatty acid CoA	+	4 acetyl CoA
Cycle repeats, leaving:	6-C fatty acid CoA	+	5 acetyl CoA
Cycle repeats, leaving:	4-C fatty acid CoA	+	6 acetyl CoA
Cycle repeats, leaving:	2-C fatty acid CoA*	+	7 acetyl CoA

\*Notice that 2-C fatty acid CoA = acetyl CoA, so that the final yield from a 16-C fatty acid is 8 acetyl CoA.



# Syntéza MK

- Uvnitř i vně mitochondrií
- Dlouhé MK - z krátkých MK (zpětná reakce)
- „de novo“ z Acetyl CoA
  - Mimo mitochondrie
  - Vždy o 2 C delší
  - až do 16C (palmitová k.)
  - Elongace - mitochondrie





# Esenciální MK

- Linolová (18:2,n-6) a linolenová (18:3, n-3)
  - Linolová → arachidonová k. (20:4)
  - Linolenová → EPA (20:5) a DHA (22:6)
- Syntéza biologicky aktivních látek - eikosanoidy (prostaglandiny, tromboxany a prostacykliny)
  - Deriváty k. arachidonové
- Součást biologických membrán

# Metabolismus VMK

- Pomocí CL a VLDL → tuková a jiné tkáně
- Vazba na albumin
- Zdroj energie pro kosterní a srdeční svalstvo
- Regulace zásobení VMK
  - **Hormon senzitivní lipáza** → glycerol a MK
    - **Stimulace** - glukagon, katecholaminy, noradrenalin a adrenalin, růstový hormon, glukokortikoidy, h. štítné žl.
      - hladovění, stres
    - **Inhibice** - inzulin
      - dostatek potravy
  - **Lipoproteinová lipáza** → TAG v CL a VLDL a uvolnění VMK a glycerol → TAG v tukové tkáni
    - **Stimulace** - nasycenost
    - **Inhibice** - hladovění a stres

# Buněčné lipidy

## ■ Dva typy tuků v buňkách:

### ■ 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
- Muži - 15 % , ženy - 20 %

## ■ 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 bez významné tvorby ATP
- Stimulace - chlad, příjem potravy