

# Lipidy

- ▶ přírodní látky živočišného i rostlinného původu
- ▶ heterogenní skupina sloučenin, jejichž společnou vlastností je:
  1. relativní nerozpustnost ve vodě
  2. dobrá rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech
- ▶ estery mastných kyselin a alkoholů
- ▶ důležitá složka potravy
  - ▶ vysoká energetická hodnota
  - ▶ obsah esenciálních mastných kyselin

# Lipidy-funkce

- strukturální složky buněčných membrán
- neutrální tuky - zásoba energie
- izolační vlastnosti - podkožní tuk
- transport vitamínů A,D,E,K v lipoproteinových částicích
- výchozí látka syntézy steroidních hormonů , vitamínu D a žlučových kyselin
- ochrana proti infekci, dehydrataci

# Klasifikace lipidů

## 1. JEDNODUCHÉ LIPIDY (homolipidy)

- estery MK s různými alkoholy

a) Tuky - estery mastných kyselin s glycerolem, tekuté tuky se nazývají oleje.

b) Vosky - estery mastných kyselin s vyššími jednosytnými alkoholy.

# Klasifikace lipidů

## 2. SLOŽENÉ LIPIDY (heterolipidy)

- mimo MK a alkohol obsahují ještě další skupiny
  - a) Fosfolipidy - obsahují zbytek kyseliny fosforečné
  - b) Glykolipidy (glykosfingolipidy) - obsahují sacharidovou složku
  - c) Ostatní složené lipidy - lipoproteiny

# Klasifikace lipidů

## 3. PREKURZORY A ODVOZENÉ LIPIDY

- **steroidy**
- žlučové kyseliny
- v tucích rozpustné vitamíny
- pohlavní hormony
- prostaglandiny

# Mastné kyseliny

- schématické značení  $C_n:p$
- $n$  je celkový počet atomů C v molekule
- $p$  je počet dvojných vazeb
- sudý počet uhlíkových atomů
- nerozvětvený řetězec
- s glycerolem tvoří estery
- strukturní funkce
- deriváty eikosa-polyenových mastných kyselin (eikosanoidy): prostaglandiny, leukotrieny a tromboxany

# Rozdělení mastných kyselin

- ▶ Nasycené mastné kyseliny (SAFA)
  - ▶ Saturated Fatty Acids
- ▶ Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA)
  - ▶ Mono Unsaturated Fatty Acids
- ▶ Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)
  - ▶ PolyUnsaturated Fatty Acids

# Rozdělení mastných kyselin

## ▶ Nasycené mastné kyseliny (SAFA)

- ▶ neobsahují v řetězci žádnou dvojnou vazbu
- ▶ z jater jsou distribuovány v lipoproteinech VLDL
- ▶ VLDL obsahuje také velké množství cholesterolu
- ▶ tím SAFA prokazatelně zvyšují hladinu cholesterolu v krvi, jsou atherogenní

## ▶ Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA)

- ▶ obsahují ve svém řetězci jednu dvojnou vazbu
- ▶ většina se vyskytuje v konfiguraci *cis*



# Rozdělení mastných kyselin

- ▶ Mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA)
  - ▶ cis-MUFA zrychlují odbourávání lipoproteinů LDL, snižují tak hladinu cholesterolu v krvi
  - ▶ trans-MUFA hladinu cholesterolu zvyšují a zvyšují tak riziko aterosklerózy
- ▶ Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)
  - ▶ mají v řetězci více než jednu dvojnou vazbu
  - ▶ patří mezi ně i tzv. esenciální MK
  - ▶ jsou nutným substrátem pro syntézu prostaglandinů
  - ▶ některé PUFA snižují množství LDL v krvi a tak pomáhají snižovat hladinu cholesterolu

# Fosfolipidy

- ▶ Fosfatidylcholin (lecitin)
  - nejvíce zastoupené fosfolipidy buněčné membrány, zásoba cholinu
  - cholin je důležitý pro přenos nervového vzruchu
- ▶ Fosfatidyletanolamin (kefalin)
- ▶ Fosfatidylserin
- ▶ Fosfatidylinositol
  - je prekursorem „druhého posla“
- ▶ Sfingomyelin
  - neobsahuje glycerol, ale aminoalkohol sfingosin
  - výskyt v mozku a nervové tkáni
- ▶ Plazmalogeny
  - vyskytují se v mozku a svalech
  - strukturou se podobají fosfatidyletanolaminu

# Eikosanoidy

- ▶ produkty metabolismu dvacetihlíkatých MK
- ▶ zejména kyseliny arachidonové
- ▶ vnitrobuněčné signalizační molekuly
- ▶ ovlivňují:
  - ▶ svalový stah
  - ▶ srážení krve
  - ▶ bolest
  - ▶ zánět

# Cholesterol

- ▶ strukturální funkce v biologických membránách
- ▶ důležitý prekurzor steroidních hormonů a žlučových kyselin
- ▶ koncentrace závislá na věku, pohlaví, výživě, tělesné aktivitě
- ▶ 30% volný a 70% esterifikovaný MK

## Estery cholesterolu

- ▶ transportní a zásobní forma cholesterolu
- ▶ intracelulární CE s kys. olejovou a palmitoolejovou
- ▶ transportní CE s kys. linolovou a linolenovou v plazmatických lipoproteinech

# Žlučové kyseliny

- nejdůležitější produkt katabolismu cholesterolu
- nezastupitelné místo při vstřebávání tuků
- primárními žlučovými kyselinami jsou kyselina cholová a chenodeoxycholová
- vznikají v hepatocytech syntézou cholesterolu
- regulace jejich vzniku je založena na principu zpětné vazby
- v krvi se žlučové kyseliny transportují vázané na bílkoviny

# Lipoproteiny

- ▶ transportní forma plazmatických lipidů
- ▶ transport hydrofóbních lipidů (TAG, CE)
  - ▶ asociací s polárnějšími lipidy (fosfolipidy a FC) a jejich vazbou se specifickými bílkoviny, apoproteiny
  - ▶ *POZOR: transport polárních lipidů (volné MK, žlučové kyseliny) je zajištěn jejich vazbou na albumin*

# Lipoproteiny

- ▶ rozdělení do tříd: podle hustoty
  - ▶ chylomikra
  - ▶ lipoproteiny o velmi nízké hustotě - VLDL
  - ▶ lipoproteiny o nízké hustotě - LDL
  - ▶ lipoproteiny o vysoké hustotě - HDL
  - ▶ lipoproteiny o velmi vysoké hustotě - VHDL

# Chylomikrony

Lipoproteiny s nejmenší hustotou ( $\downarrow$  relativní obsah bílkovin  $\times$   $\uparrow$  obsah lipidů)

Tvořeny v tenkém střevě – transport TAG do tkání

lymfou se dostávají přímo do systémové cirkulace – obcházejí játra

Účinkem lipoproteinové lipázy uvolňují TAG ve tkáních  $\rightarrow$  chylomikronový zbytek (remnant)

- ▶ Vychytáván játry (bohatý na cholesterol z potravy, degradace lysozomálními enzymy)

Apolipoproteiny: A-I, A-II, A-IV, B-48, C-III, E



# VLDL

- ▶ syntetizován v játrech (obsahuje hlavně TAG)
- ▶ transport TAG z jater na periférii (hydrolýza lipoproteinovou lipázou)
- ▶ Apoproteiny: B-100, C-I, C-II, C-III, E
- ▶ IDL ( intermediate density lipoproteins)
  - ▶ vychytávány játry nebo konvertovány na LDL účinkem jaterní lipázy
  - ▶ obsahuje hlavně cholesterolem
  - ▶ konečný produkt (remnant) degradace VLDL

# LDL

- ▶ Vznikají v krevním řečišti z VLDL (pomocí HDL)
- ▶ Přenášejí hlavně estery cholesterolu do buněk na periférii (stavební prvky biomembrán, syntéza steroidů)
- ▶ **Významné ve vzniku a rozvoji aterosklerózy** (hlavně podtyp LDL-3)
- ▶ Vychytáván z oběhu vazbou na specifický LDL-receptor (v játrech i extrahepatických tkáních) → endocytóza
- ▶ Apoproteiny: B-100, lipoprotein a
- ▶ deficience LDL-receptoru → familiární hypercholesterolémie

# HDL

- ▶ prekurzory HDL tvořené v játrech → v oběhu konvertovány na HDL
- ▶ Významná role v metabolismu chylomiker a VLDL
- ▶ Na periférii vážou volný cholesterol → esterifikace → přenos do jater
- ▶ **Protektivní antiaterogenní efekt**
- ▶ Důležité enzymy:
- ▶ Apoproteiny: A-x, C-x, D, E, (F), lipoprotein a (Lp a)
  - ▶ LCAT – pro esterifikaci volného cholesterolu
  - ▶ CEPT – pro přenos esterifikovaného cholesterolu na VLDL a IDL

# Apolipoproteiny

- ▶ specifické bílkoviny lipoproteinových částic
- ▶ mají strukturální i jiné biochemické funkce
  - ▶ aktivátory/inhibitory enzymů LP metabolismu
  - ▶ signální část pro vazbu na specifický receptor
- ▶ vzájemné poměry apolipoproteinů se v rámci jednotlivých lipoproteinů liší za různých patofysiologických stavů

# HYPERLIPOPROTEINÉMIE

- ▶ zvýšená syntéza nebo snížení odbourávání lipoproteinů
- ▶ jeden z nejzávažnějších rizikových faktorů ICHS, ICHDK, CMP, aterosklerózy
- ▶ na vzniku hyperlipoproteinémie se podílí kombinace genetických faktorů s faktory zevního prostředí

# HYPERLIPOPROTEINÉMIE

- ▶ familiární
- ▶ sekundární

klasifikace:

- ▶ Hypercholesterolémie (izolované zvýšení celkového cholesterolu, převážně na vrub LDL)
- ▶ Kombinovaná hyperlipidémie (současné zvýšení cholesterolu i TAG)
- ▶ Hypertriglyceridémie (izolované zvýšení TAG v kombinaci s normálním cholesterolem)

# HYPERLIPOPROTEINÉMIE

## ▶ Léčba:

- ▶ změna životního stylu
  - režimová opatření: zákaz kouření, zvýšení fyzické aktivity
  - dietní opatření
- ▶ farmakologická
- ▶ komplexní ovlivnění dalších rizikových faktorů (dietou, režimem i farmakologicky)

# ATEROSKLERÓZA

- ▶ degenerativní onemocnění cévní stěny
- ▶ zvýšená akumulace lipidů v cévní stěně
- ▶ v důsledku ukládání těchto tukových látek dochází k zúžení stěny tepny a snížení její pružnosti
- ▶ cholesterol ukládán do tzv. plátů
  - ▶ tvorba pěnových buněk
  - ▶ cholesterolových jader



# ATEROSKLERÓZA

- ▶ **Rizikové faktory:**
  - ▶ zvýšený celkový a LDL cholesterol
  - ▶ kouření
  - ▶ hypertenze
  - ▶ diabetes mellitus
  - ▶ fyzická inaktivita
  - ▶ obezita
  - ▶ dědičná predispozice

# ATEROSKLERÓZA

- ▶ Rizikové faktory:
  - ▶ částice VLDL
  - ▶ homocystein
  - ▶ lipoprotein (a)
  - ▶ oxidační stres

# ATEROSKLERÓZA

- ▶ Léčba
  - ▶ úprava životního stylu (kouření, nadváha)
  - ▶ snížení hladiny cholesterolu
  - ▶ léčba hypertenze
  - ▶ léčba cukrovky

# Analýza lipidů v krvi

- ▶ Poslední jídlo: 12 hodin před odběrem
- ▶ **Používané testy - klinicky významné lipidy:**
  - ▶ TAG (triacylglyceroly) <2,83mmol/l
  - ▶ Celkový cholesterol <5,18mmol/l (FC + CE)
  - ▶ HDL-cholesterol >1,42mmol/l
  - ▶ LDL-cholesterol <3,37mmol/l
  - ▶ Lp(a)
  - ▶ ApoB -hlavní proteinová složka chylomiker, VLDL, LDL
  - ▶ ApoA1 -hlavní proteinová složka HDL
  - ▶ Elektroforéza lipoproteinů

# Analýza lipidů v krvi

- ▶ Používané testy:

- ▶ Aterogenní index:

(celkový cholesterol - HDL-C)/HDL-C

Prognosticky příznivý: < 3

Standardní riziko: 3-4

Zvýšené riziko: > 4