

Mastné kyseliny

Charakteristika, třídění, význam

Lenka Fialová
Ústav lékařské biochemie 1. LF UK

Mastné kyseliny (MK)

- v přírodě více než 100 mastných kyselin
- většinou *sudý počet uhlíků a lineární řetězec*
- obvykle *v esterifikované formě* jako součást jiných lipidů (např. acylglycerolů, fosfolipidů), nikoli volné

Rozdělení mastných kyselin

- podle délky řetězce

<i>krátký řetězec</i> (short-chain fatty acid - SCFA)	< 6 uhlíků
<i>středně dlouhý řetězec</i> (medium-chain fatty acid - MCFA)	6-12 uhlíků
<i>dlouhý řetězec</i> (long-chain fatty acid - LCFA)	14-20 uhlíků
<i>velmi dlouhý řetězec</i> (very-long chain fatty acid - VLCFA)	> 20 uhlíků

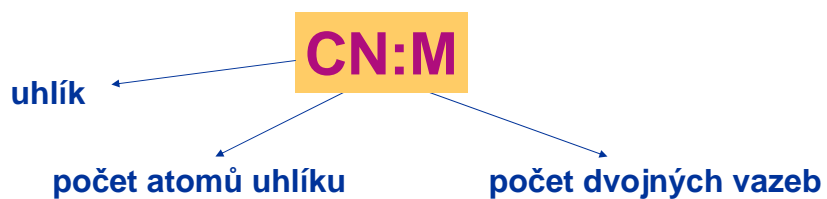
- podle stupně nasycení

- nasycené
- nenasycené
 - cis* izomery
 - trans* izomery

- rozvětvené

- s OH skupinami

Zkrácený zápis MK



Zkrácený zápis MK

udání polohy dvojné vazby

- **číslování uhlíků od karboxylového konce** - karboxylový uhlík má číslo 1



CN:M Δ a,b,c

CN:M (a,b,c)

CN:M; a,b,c

čísla uhlíků, z nichž vychází dvojná vazba, počítáno od karboxylového konce

- **číslování uhlíků od methylového konce** - methylový uhlík je označen ω nebo n



CN:M ω a

číslo uhlíků, z něhož vychází první dvojná vazba, počítáno od methylového uhlíku

Nasycené mastné kyseliny- nižší

- volné nepříjemně zapáchají
- kapalné
- obsaženy v mléčném tuku (C4-C10)
- snadno stravitelné

zástupci

K. máselná

k. butanová

C4:0

K. kapronová

k. hexanová

C6:0

K. kaprylová

k. oktanová

C8:0

K. kaprinová

k. dekanová

C10:0

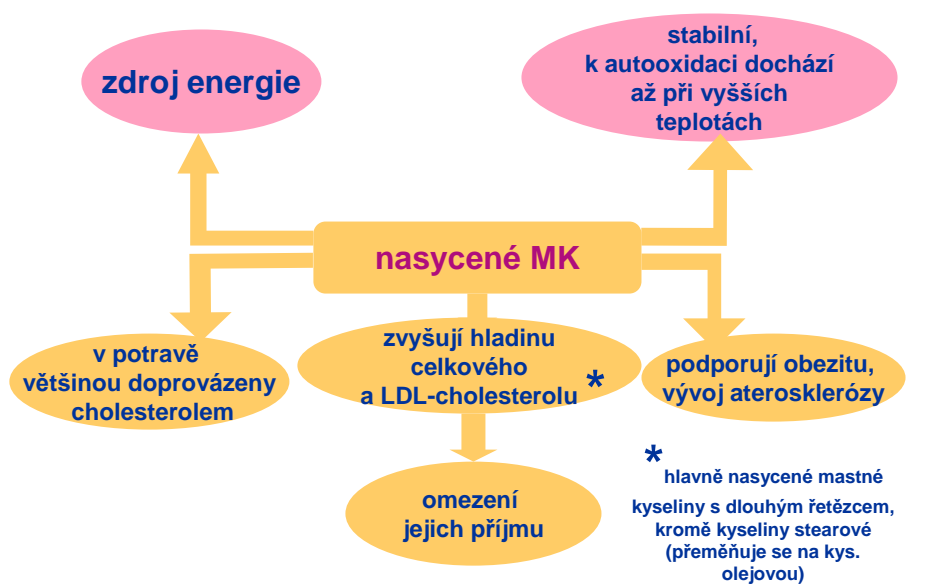
Nasyčené mastné kyseliny - vyšší

- při pokojové teplotě tuhé
- běžné v živočišných a rostlinných tucích
- hůře stravitelné

zástupci

K. palmitová	k. hexadekanová C16:0
K. stearová	k. oktadekanová C18:0
K. arachová	K. eikosanová C20:0

Účinky nasycených MK



Nenasycené mastné kyseliny

- zastoupení *v rostlinných tucích* v širokém rozmezí

90 % ←————→ 10 %
(řepkový olej) (kokosový olej)

- *v živočišných tucích méně zastoupeny*
 - výjimku tvoří *rybí oleje* - obsahují MK s 20 - 22 uhlíky s 4 - 6 dvojnými vazbami (např. EPA, DHA)

Dělení nenasycených MK

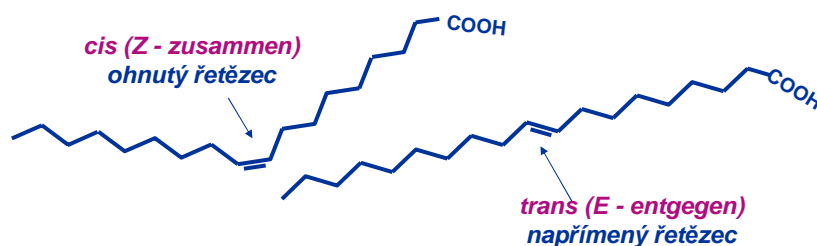
podle počtu dvojných vazeb

- nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou - *monoenové (mononenasycené) mastné kyseliny - monounsaturated fatty acids - MUFA*
- nenasycené mastné kyseliny s dvěma dvojnými vazbami - *dienové*
- nenasycené mastné kyseliny s více dvojnými vazbami - *polyenové (polynenasycené) mastné kyseliny - polyunsaturated fatty acids - PUFA*

Dvojně vazby polynenasycených mastných kyselin jsou většinou *nekonjugované*, oddělené methylenovými skupinami.

Dělení nenasycených MK podle geometrické izomerie

- **cis-konfigurace** - obě části řetězce jsou umístěny na stejné straně roviny proložené dvojnou vazbou - v místě ohnutí je úhel 120° - ohnutí řetězce do tvaru L
 - vyskytují se přirozeně
 - nižší bod tání
- **trans-konfigurace** - obě části řetězce jsou lokalizovány na opačných stranách roviny proložené dvojnou vazbou - řetězec je napříměný (podobné jako u nasycených MK)



Dělení nenasycených MK podle umístění první dvojné vazby od methylového uhlíku

Rodina mastných kyselin ω 9 (n-9)

1. dvojná vazba je umístěná na 9. uhlíku od methylové skupiny



Rodina mastných kyselin ω 6 (n-6)

1. dvojná vazba je umístěná na 6. uhlíku od methylové skupiny



Rodina mastných kyselin ω 3 (n-3)

1. dvojná vazba je umístěná na 3. uhlíku od methylové skupiny



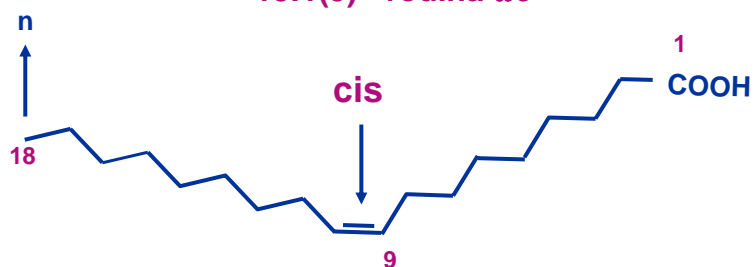
Mononenasyčené MK

K. palmitoolejová	k. <i>cis</i> -hexadec-9-enová 16:1(9)
K. olejová	k. <i>cis</i> -oktadec-9-enová 18:1(9)
K. elaidová	k. <i>trans</i> -oktadec-9-enová 18:1(9)
K. eruková	k. <i>cis</i> -dokos-13-enová 22:1(13)

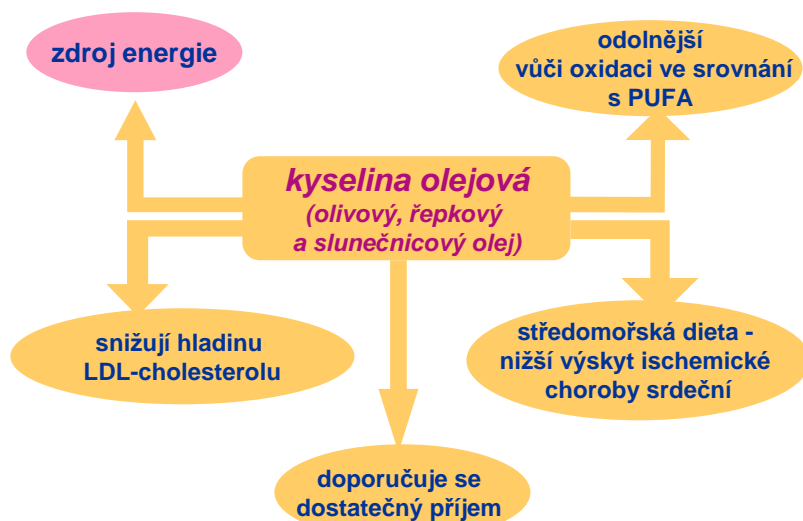
Kyselina olejová

k. *cis*-oktadec-9-enová

18:1(9) - rodina ω 9



Kyselina olejová



Rodina ω 6 mastných kyselin

K. linolová	k. <i>cis,cis</i> -oktadeka -9,12- dienová 18: 2 (9,12) <i>esenciální</i>
K. γ -linolenová	k. all- <i>cis</i> -oktadeka-6,9,12- trienová 18: 3 (6,9,12)
K. dihomo- γ -linolenová	k. all- <i>cis</i> -eikosa-8,11,14- trienová 20: 3 (8,11,14)
K. arachidonová	k. all- <i>cis</i> -eikosa-5,8,11,14- tetraenová 20: 4 (5,8,11,14)

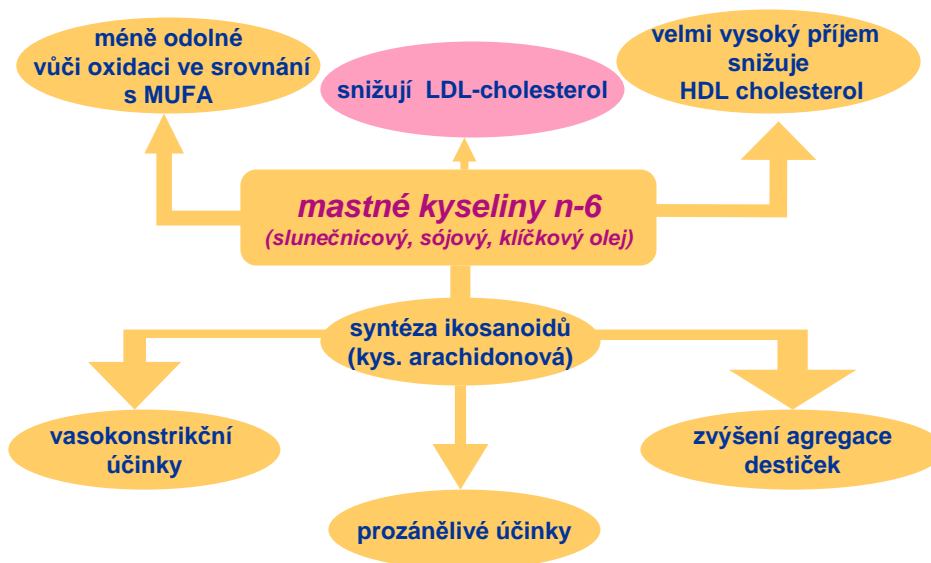
Linolová kyselina

esenciální mastná kyselina
prekursor kyseliny arachidonové

18:2 (9,12) - rodina ω 6



Mastné kyseliny ω 6 (n-6)



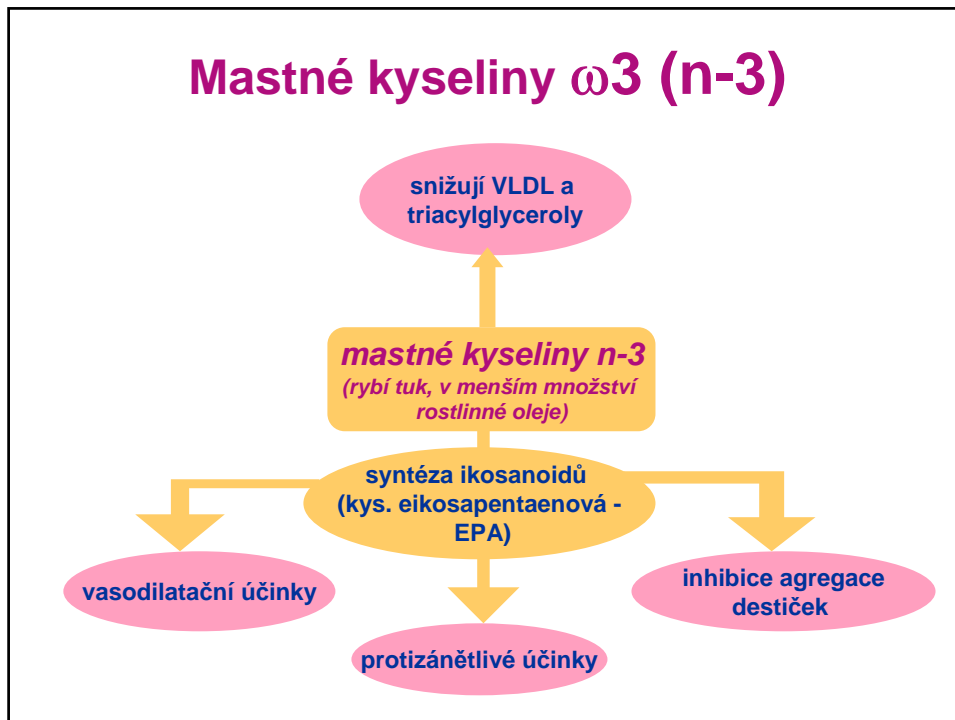
Konjugovaná kyselina linolová (CLA - conjugated linoleic acid)

- společný název pro skupinu izomerů kys. linolové - dvojně vazby jsou v konjugovaném uspořádání
- možnost různých geometrických izomerů (*cis* a *trans*) a možnost různé polohy dvojně vazby (9 a 11, 10 a 12)
 - nejčastější konfigurace - *cis*-9 a *trans*-11 a *trans*-10 a *cis*-12
- vznik CLA
 - *in vivo* - ve střevě dobytka izomerasou kys. linolové, která je součástí střevní bakteriální flóry
 - u lidí endogenní syntéza zatím nebyla prokázána
 - *in vitro* - tepelnou úpravou především mléčných produktů
- účinky u laboratorních zvířat
 - antioxidantní
 - antikancerogenní
 - antiaterogenní
 - antidiabetické
 - pokles hmotnosti
 - imunomodulační

Rodina ω 3 mastných kyselin

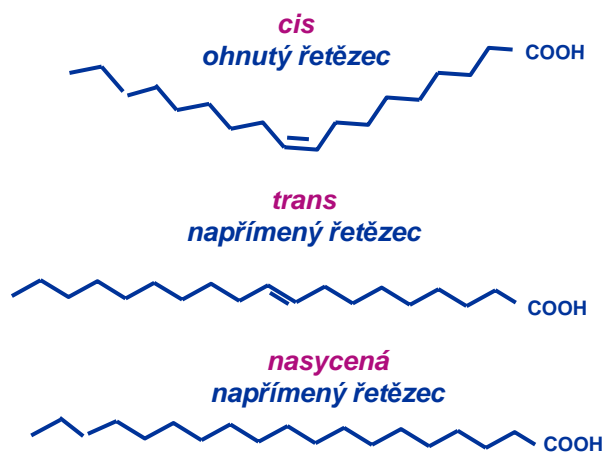
K. α -linolenová	k. all- <i>cis</i> -oktadeka-9,12,15- trienová 18: 3 (9,12,15) esenciální
EPA	k. all- <i>cis</i> -eikosa-5,8,11,14,17- pentaenová 20: 5 (5,8,11,14,17)
DHA	k. all- <i>cis</i> -dokosa-4,7,10,13,16,19- hexaenová 22: 6 (4,7,10,13,16,19)

Mastné kyseliny ω 3 (n-3)



Trans mastné kyseliny

izomery nenasycených mastných kyselin majících alespoň jednu vazbu v poloze *trans* tvarem molekuly se podobají nasyceným mastným kyselinám



Vznik *trans* mastných kyselin

přirozeně

- mléko, mléčné výrobky a jiné živočišné tuky (2-7%) - vznikají *činností mikroorganismů* v bacheru hovězího dobytka
- některé rostliny (např. granátové jablko)

uměle

- *při průmyslové katalytické hydrogenaci nenasycených MK* (až 40 % - při použití pokročilých technologií je obsah trans MK nízký)
- *při dlouhodobé tepelné zátěži tuků* - smažení

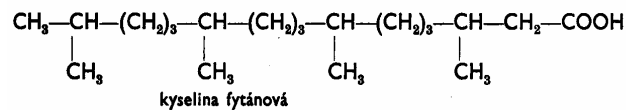
Z potravy se mohou dostávat do depotního tuku člověka.

Účinky *trans* mastných kyselin

- zvýšený příjem představuje rizikový faktor aterosklerózy
- nepříznivý vliv na hladinu cholesterolu - *zvyšují hladinu LDL-cholesterolu*

Rozvětvené mastné kyseliny

- v savčích tkáních nejsou normálně přítomny (výjimka - mazové žlázy)
- do organismu se mohou dostat s potravou
 - **kyselina fytanová** (v kravském mléce) - oxidační produkt fytolu (součást chlorofylu)



kys. 3,7,11,15 tetramethylhexanová

- porucha odbourávání kys. fytanové - **Refsumova choroba** - ukládání kys. fytanové do tkání nervového systému (periferní neuropatie, mozečkové poruchy, poruchy vidění) - nutno vyloučit kys. fytanovou z potravy

Hydroxyderiváty mastných kyselin

- **součástí sfingolipidů u živočichů** - typický výskyt OH skupiny na C₂
 - v CNS - kyselina cerebrinová (2-hydroxytetrakosanová)

$$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{21}-\text{CH}-\text{COOH} \\
 | \\
 \text{OH}
 \end{array}$$
- **ricinový olej** - k. ricinolejová (12-hydroxy-9-oktadecenová)
 - $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
- **prekursory leukotrienů**
 - hydroxy(OH) a hydroperoxy(OOH) deriváty 20 C PUFA

Použitá literatura

- Barter P. J., Rye K. A. (1996) *Atherosclerosis* 121, 1 - 12.
- Dlouhý P., Marhol P. (1999) *DMEV* 4, 211 - 135.
- Glatz J.F.C. et al. (1997) *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 57, 3 - 9.
- Champe P.C., Harvey R.A. *Biochemistry*, 2nd edition, Lippincott-Raven, 1994.
- Murray R.K. et al. *Harperova Biochemie*, H&H, 1998.
- Murray R.K. et al. *Harper's Illustrated Biochemistry*, 26th edition, Lange Medical Books/McGraw-Hill, 2003.
- Nelson D.L., Cox M. M. *Lehninger Principles of Biochemistry*, 3rd edition, Worth Publishers, 2000.
- Pokorný J. (2004) *DMEV* 3, 134 - 141.
- Sim K.G. et al. (2002) *Clin. Chim. Acta*, 323, 37 - 58.
- Suchánek P., Poledne R. (2001) *DMEV* 1, 65 - 71.
- Voet D., Voetová J.G. *Biochemie*. Victoria Publishing, 1990.
- Zadák Z. et al. (2000) *Vnitř. Lék.*, 46, 510 - 514.