



# Tuky a jejich vliv na lidský organizmus (z pohledu výživy člověka)

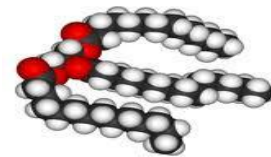
J.Ruprich

Centrum zdraví, výživy a potravin v Brně

Státní zdravotní ústav v Praze

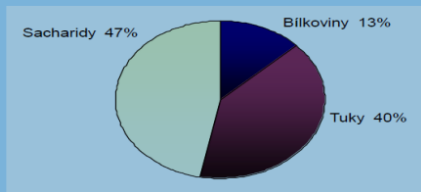
Email: [jruprich@chpr.szu.cz](mailto:jruprich@chpr.szu.cz)

# Tuky (lipidy) – význam, spotřeba



- tuk znamená pro biochemika:
  - ve vodě nerozpustnou organickou **sloučeninu složenou z uhlíku, kyslíku a vodíku**
- tuk znamená pro epidemiologa:
  - látku obsaženou v dietě, která je **příčinou obezity, kardiovaskulárních a nádorových onemocnění**
- tuk znamená pro nutricionistu:
  - součást diety, která představuje **koncentrovaný zdroj energie a významných mastných kyselin (esenciální MK)**

Podíl nutrientů na zjištěném přívodu energie



Skupina	18 - 59	18 - 59	60 +	60 +
	muži	ženy	muži	ženy
Bílkoviny	14%	13%	13%	13%
Tuky	40%	40%	41%	38%
Sacharidy	46%	47%	46%	49%

Podíl mastných kyselin na zjištěném přívodu energie

Věková kategorie	18 - 59	18 - 59	60 +	60 +
	muži	ženy	muži	ženy
SAFA	14%	13%	13%	13%
MUFA	16%	14%	16%	15%
PUFA	6%	6%	6%	6%

- WHO – obecné doporučení:  
SAFA max. 10% z celkového přívodu energie  
PUFA: 6 – 10% z celkového přívodu energie
- Společnost pro výživu – doporučení:  
podíl nasycených, monoenoých a polyenoých mastných kyselin <1:1,4:>0,6 v celkové dávce tuku

# Role tuku v dietě

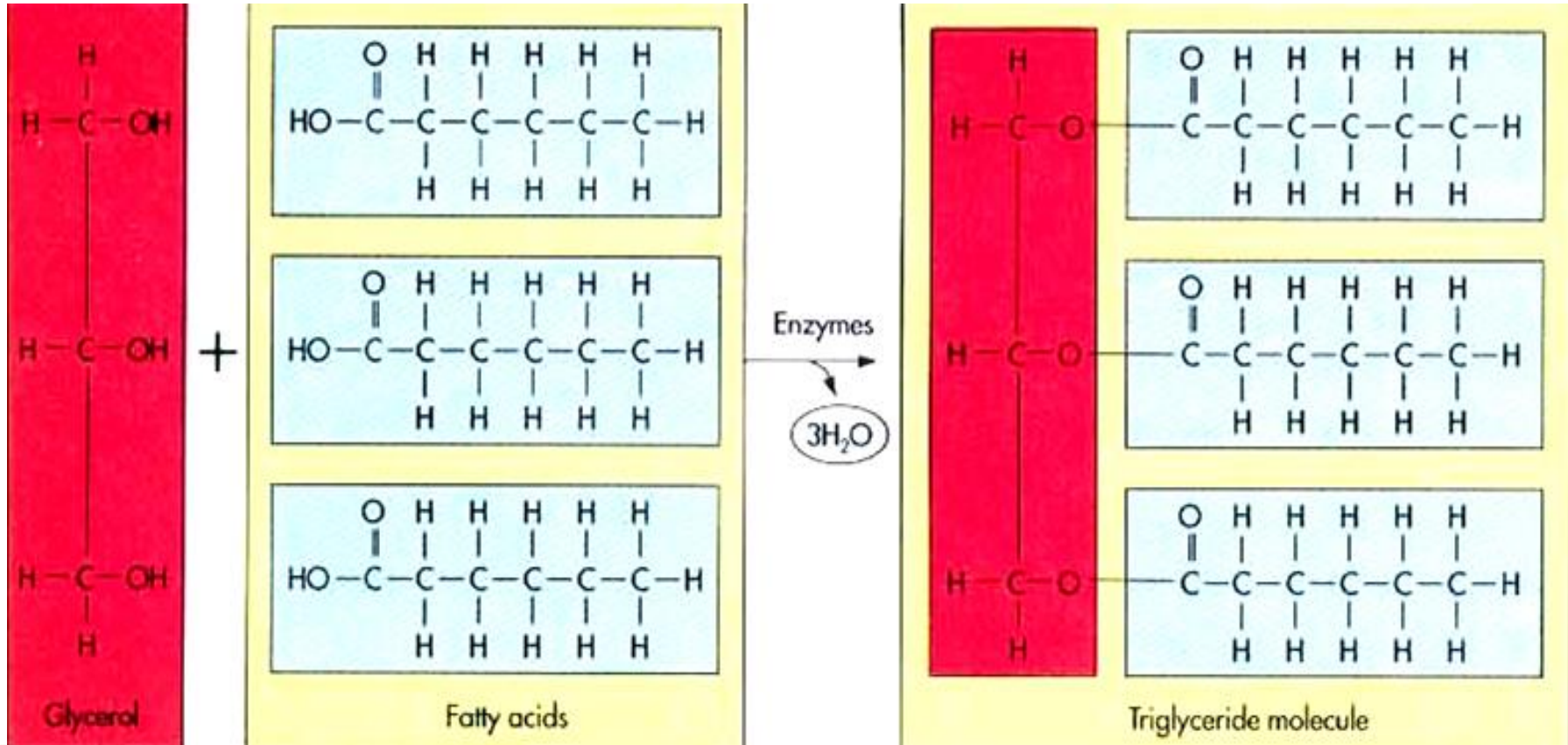
Tuk má v organizmu řadu funkcí.

Mezi nejznámější role tuku patří:

1. tuk je bohatý **zdroj energie** - 9 kcal = 37 kJ / g
2. tuk má **syťící funkce** - tuk pomalu opouští žaludek (3.5 hod po jídle) >>> diety s částečným zachováním tuků jsou úspěšnější!
3. tuk je **nosičem vitamínů a dalších látek** rozpustných v tucích (A,D,E,K)
4. tuk je „**faktorem chutnosti**“ - tučnější potravina je vnímána jako chutnější



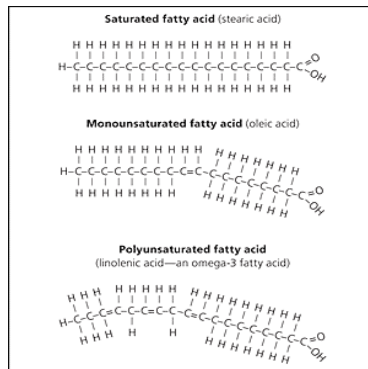
# Tuky v potravinách - triglyceridy = glycerol + MK



# Nutriční klasifikace tuků

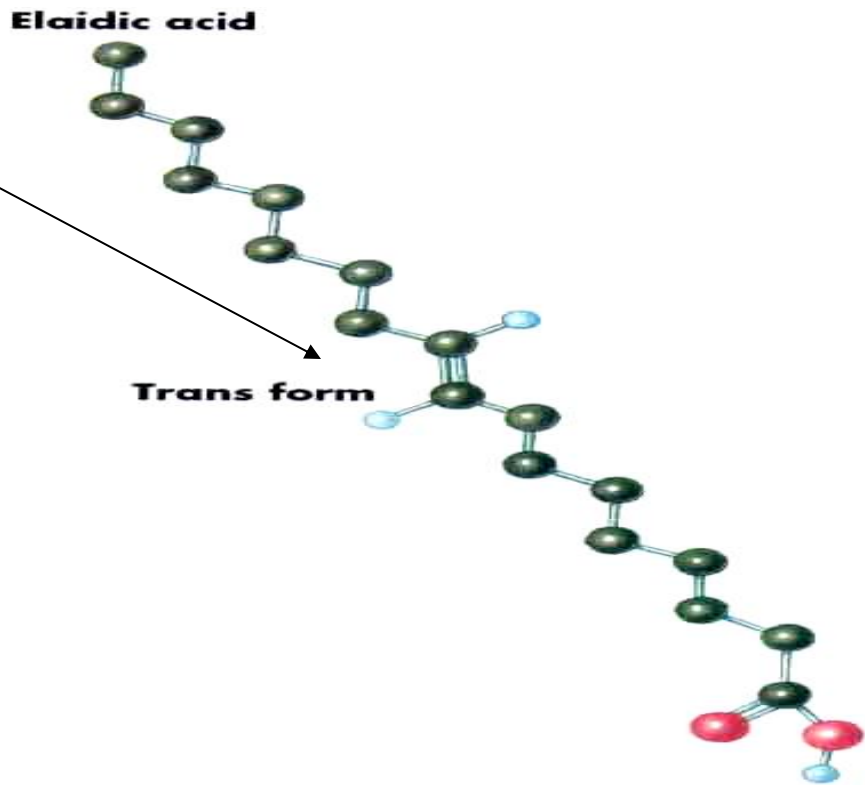
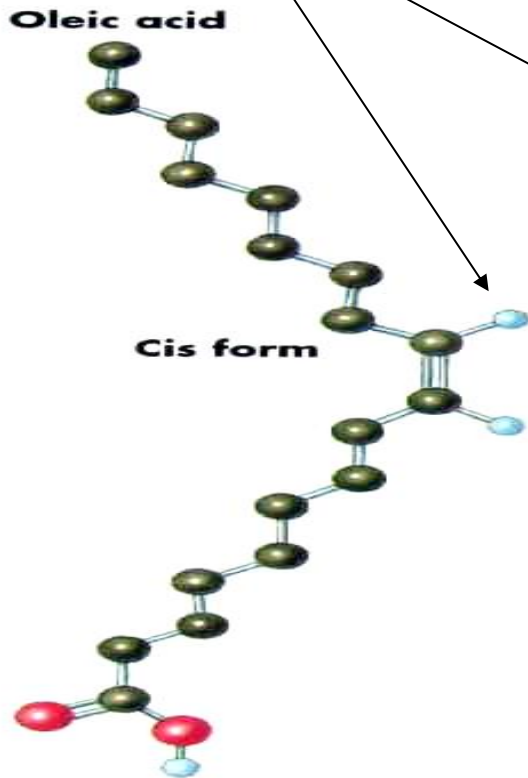
Z nutričního hlediska je nejvíce významný **stupeň nasycení** - typ vazby mezi uhlíky jednoduchá nebo dvojná vazba

- základní nutriční **klasifikace MK**
  - MK nasycené (**SFA**) (nemají dvojně vazby)
  - MK nenasycené (mají dvojně vazby)
    1. mononenasycené (**MUFA**) (mají 1 nenasycenou vazbu)
    2. polynenasycené (**PUFA**) (mají 2 a více nenasycených vazeb)



# Prostorové uspořádání nenasycených MK - cis/trans formy

- atomy vodíku „na jedné straně řetězce“ = cis forma - v praxi je v potravinách většina nenasycených MK v cis formě

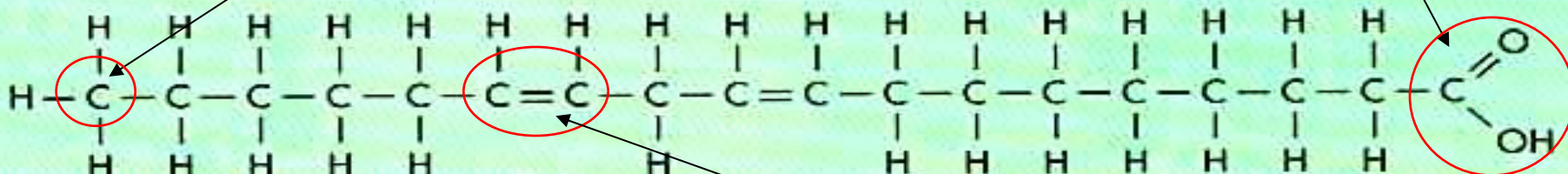


# Omega-0, -3, -6, -9 MK - názvosloví

- alternativní číslování jde od opačného konce - **methylové skupiny**. Uhlík této skupiny se označuje jako - **omega uhlík**

- klasifikace MK** se provádí podle počtu uhlíků, které jsou číslovány od karboxylu - ten nese číslo 1

Kys. linolová (18:2 omega-6)



- Omega-0 = nasycené MK

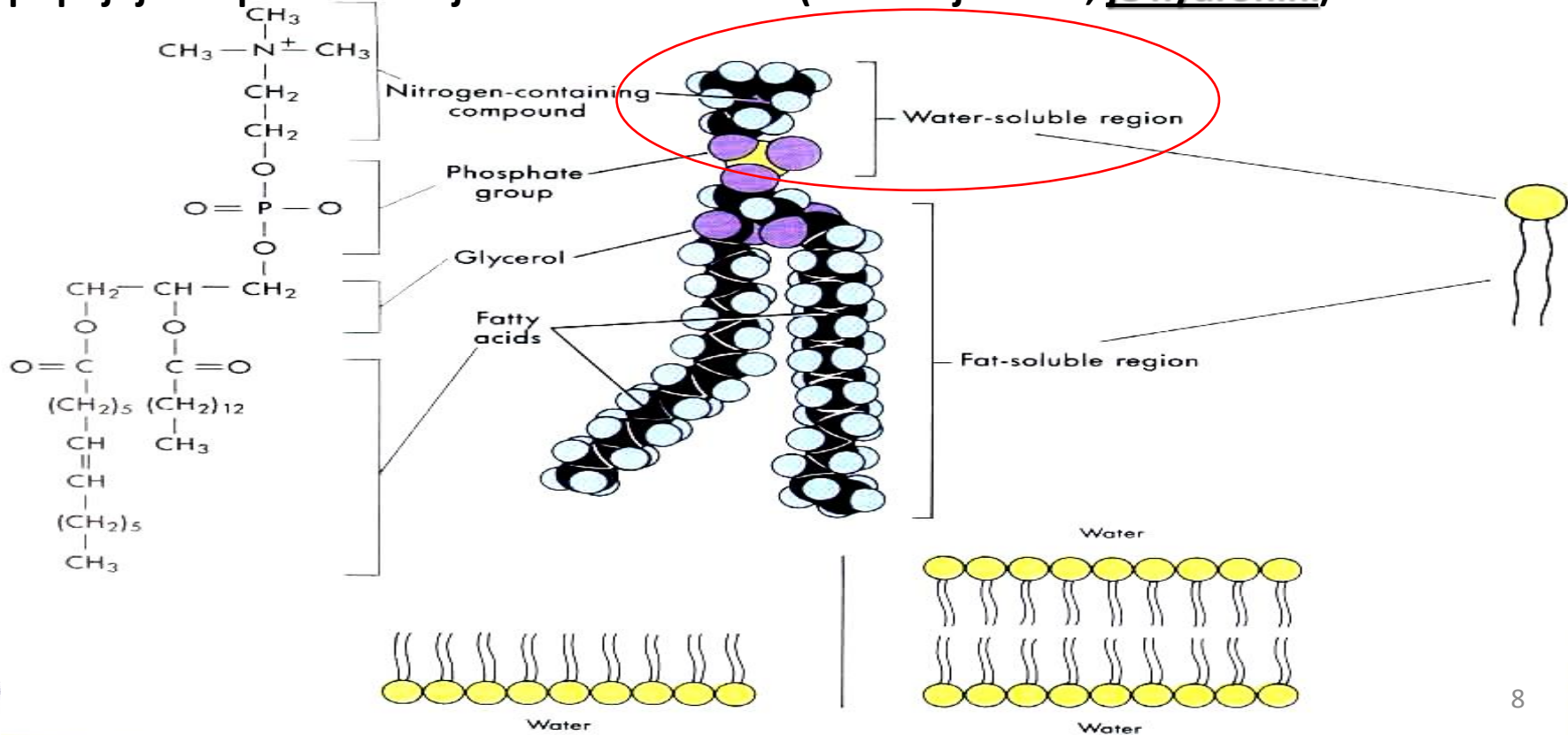
- PUFA které mají první dvojnou vazbu mezi 3-4 uhlíkem od omega uhlíku se nazývají **omega-3 MK** (n-3 MK)

- PUFA které mají první dvojnou vazbu mezi 6-7 uhlíkem se nazývají **omega-6 MK** (n-6 MK)

- PUFA které mají první dvojnou vazbu mezi 9-10 uhlíkem se nazývají **omega-9 MK** (n-9 MK)

# Další dietární tuky - fosfolipidy

- v molekule obsahují vedle **MK** a **glycerolu** ještě **fosfátovou skupinu** ( $\text{PO}_4$ ), přes kterou se připojuje skupina obsahující **dusík nebo cukr** (nahrazuje 1 MK, je hydrofilní)

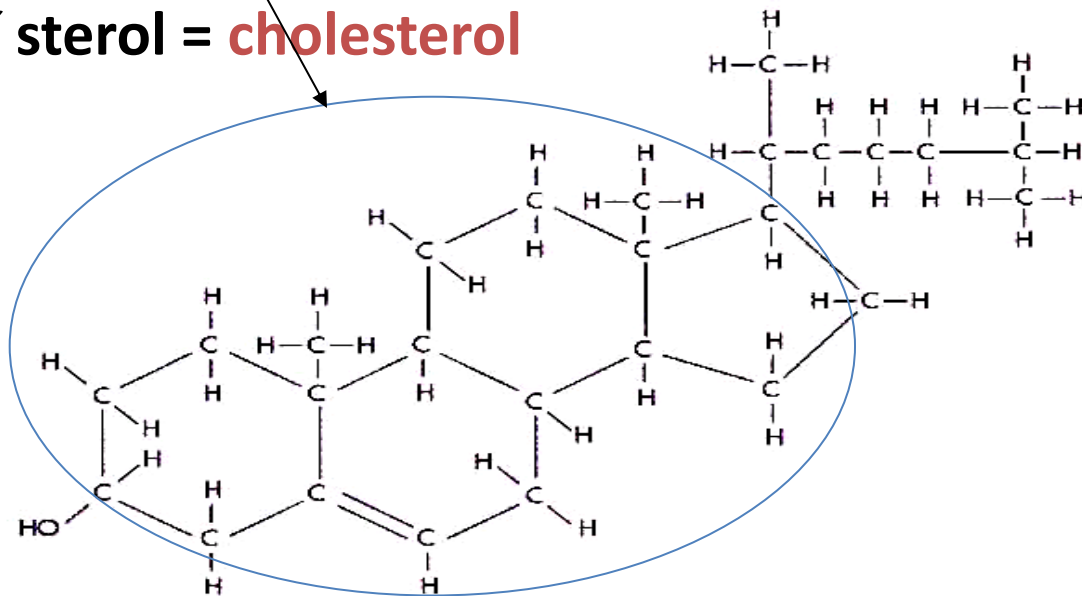




# Další dietární tuky - steroly

## Steroly

- nejdůležitější strukturální rys je spojení 4 uhlíkových cyklů do tzv. **steranu**
- nejznámější sterol = **cholesterol**



# Steroly: cholesterol

- cholesterol je alkoholický lipid - obsahuje hydroxyl
- je ve všech živočišných tucích, nikoli však v rostlinných (pouze stopy)
- je potřebný pro syntézu základních látek těla - např. steroidních hormonů, vitamínu D, žlučových solí - **není to esenciální látka**, protože tělo je schopno jeho syntézy v játrech a buňkách tenkého střeva
- je součástí živočišné buněčné membrány a myelinu, který tvoří obal nervů
- lidské tělo obsahuje asi **130 g cholesterolu**
- dietou se dodává asi 300-500 mg, tělo syntetizuje asi 600-1500 mg za den
- jestliže hladina cholesterolu v krvi přesáhne 240 mg / 100 ml >>> **hypercholesterolemie >>> hrozí vysoké riziko CVD**
- hypercholesterolemie neznamena automaticky onemocnění CVD. **Záleží na poměru LDL/HDL v krvi. Poměr > 4:1 indikuje vysoké riziko.**

# Další dietární tuky - fytosteroly

- skupina lipidů se sterolovou strukturou, které jsou nalézány v rostlinách
- **jsou přirozenou součástí jedlých rostlinných olejů**, jako je například slunečnicový olej
- mají v rostlinách podobnou funkci jako cholesterol u lidí: udržují strukturu a funkci buněčných membrán
- průměrný příjem rostlinných sterolů činí v "západní" stravě 200-400 mg/den, přičemž jejich hlavním zdrojem jsou **rostlinné oleje**, rostlinné tuky, ovoce a zelenina
- nejznámější fytosterol = **ergosterol - prekursor vitamínu D2** (např. v kvasnicích)
- **mohou soutěžit o absorpci s cholesterolem !!!**



# Trávení a absorpce tuků

- dietární tuky tvoří především triglyceridy
- SAFA v nich je hlavně kys. stearová a palmitová (omega-0)
- PUFA v nich je hlavně kys. olejová (omega-9) a linolová (omega-6)

**1. krok trávení** = emulzifikace tuku (v ústech - role slin)

**2. krok trávení** = štěpení tuku lipázami na glycerol + MK

- lipázy začínají působit už v ústech (**jazyková lipáza** z von Ebnerových žláz u kořene jazyka) - vznikají diglyceridy
- tato lipáza pokračuje ve štěpení i v žaludku, protože je odolná proti nízkému pH a proteázám - současně zde působí i **gastrická lipáza**
- přítomnost tuku v tenkém střevě vyvolá produkci hormonů cholecystokinin a sekretin >>> stimulují uvolnění pankreatické šťávy a žluči >>> emulgace tuků >>> další štěpení **lipázami pankreatu** (pro funkci je potřebná tzv. **kolipáza**) >>> vznikají monoglyceridy a volné MK

**3. krok trávení** = resorpce do střevních buněk

- monoglyceridy jsou **v buňkách opět měněny na triglyceridy** >>> ty jsou inkorporovány do tzv. **chylomikronů** >>> ty přecházejí do **lymfy** procesem exocytózy

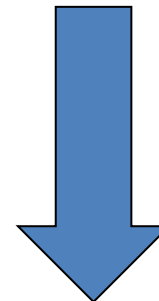
- **MK s řetězcem kratším než 12 uhlíků se v buňkách na triglyceridy nemění, ale přecházejí rychle do portální krve a jsou využity v játrech**

# Transport pomocí lipoproteinů

- Rozeznáváme 4 třídy lipoproteinů:

1. chylomikrony
2. VLDL lipoproteiny (very low density lipoprotein)
3. IDL lipoproteiny (intermedium density lipoprotein)
4. LDL lipoprotein (low density lipoprotein)
5. HDL lipoprotein (high density lipoprotein)

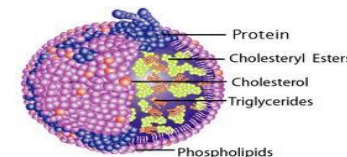
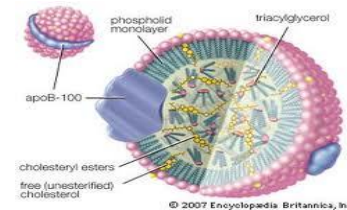
Roste podíl bílkoviny



- Lipoproteiny se liší **denzitou**, která je dána poměrem obsahu tuku a proteinu.
- **Proteiny mají vyšší denzitu >>> je-li vyšší denzita je v lipoproteinu více proteinu.**
- Bílkovinné části lipoproteinů se nazývají >>> **apolipoproteiny** a mají různou strukturu.
- Apolipoproteiny se syntetizují v játrech a buňkách střeva.
- Fungují jako inhibitory nebo aktivátory enzymů metabolismu lipidů.
- Působí jako klíč k vazbě lipoproteinů na receptory ve stěnách buněk.
- **Různé typy apolipoproteinů vznikají v závislosti na dietě !!!**

# LDL a HDL lipoproteiny

- **LDL**
  - je tvořen z VLDL
  - transportuje **cholesterol do buněk**
- **HDL**
  - je produkován v játrech či buňkách střeva nebo vzniká v plasmě z chylomikronů a VLDL.
  - transportuje **cholesterol do jaterních buněk.**



- transport cholesterolu v těle tedy zabezpečuje HDL (z těla do jater) a LDL (z jater k buňkám) >>> tyto apolipoproteiny mají obrácenou roli
- **dosáhne-li MK, monoglycerid, či jiný lipid buňky, je metabolizován:**
  - jako zdroj energie
  - je skladován jako lipid - zásoba energie
  - je zabudován do lipidických struktur buňky (membrány)
  - je použit jako stavební materiál pro syntézu dalších látek (např. choleste



# Tuky a zdraví



**UNSATURATED FATS**



**SATURATED FATS**



**TRANS FATS**

# Role tuku v lidském těle

## 1. tuk je zásobárnou energie - je skladován ve specializovaných buňkách adipocytech

- počet adipocytů je geneticky determinován, velikost adipocytů je ale závislá na vydatnosti diety
- tuk tvoří u žen asi 18-24 %, u mužů 15-18 % tělesné hmotnosti
- většina tuku v těle je tzv. **bílý tuk**, část však tvoří i tzv. **hnědý tuk** >>> ten může být daleko rychleji oxidován >>> většina energie však slouží k produkci tepla, snad je také určitou ochranou proti obezitě (tlumí ukládání bílého tuku).

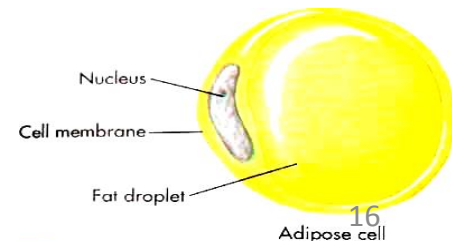
## 2. tuk je regulátor tělesných funkcí - prekursor řady hormonů

- eicosanoidy (prostaglandiny, prostacykliny, thromboxany, leukotrieny) >>> k syntéze je potřeba omega-3 a 6 PUFA

## 3. tuk má roli mechanické ochrany proti nárazům

## 4. tuk je tepelný izolátor těla

Podle Guthrie-Picciano, 1995





# Esenciální MK, deficience



## Co jsou esenciální MK?

- MK, které si tělo člověka nedokáže vytvořit
- jsou to:
  - kys. linolová (omega-6) - rostlinné a živočišné tuky
  - alfa-linolenová (omega-3) – rostlinné tuky
  - arachidonová (dříve řazená mezi esenciální) kys. arachidonová však v těle může vznikat z kys. linolové
- všechny v těle slouží jako prekurzory pro syntézu **hormonů**

## Deficience

- obě esenciální MK jsou potřebné k léčbě dermatitid při nízkém přívodu tuků v dietě
- obnovují narušenou reprodukční schopnost

# Tuk a degenerativní onemocnění/poruchy

- Kolik jíst tuků ? Tuk v dietě by měl dodávat (podle věku a PAL) pouze 30 - 40 % potřeby energie !!!

## Kardiovaskulární onemocnění (CVD)

- ateroskleróza, trombóza, srdeční infarkty a mozkové mrtvice
  - zvýšené riziko CVD je spojeno s vysokou hladinou celkového krevního cholesterolu a vysokou hladinou LDL-cholesterolu
  - obecně platí, že SFA v dietě zvyšují hladinu krevního cholesterolu a LDL-cholesterolu, nedávné studie ale tvrdí, že SFA kys. stearová vede spíše ke snížení obou hodnot.

### *Prevence CVD (dospělé osoby):*

- omezte spotřebu tuků na hodnotu 30 % celkové potřeby energie
- redukujte spotřebu SFA tuků (živočišné tuku, mimo rybí)
- konzumujte pravidelně rybí tuk (zdroj omega-3 a-6 MK)
- pozor na ztužené tuky s vysokým obsahem trans-MK (u nás dnes již lepší situace)

## Hypertenze

- redukce spotřeby tuku nevede ke snížení tlaku krve
- naopak zvýšení omega-6 a omega-3 PUFA (z ryb) takový efekt má

## Nádorová onemocnění

- spotřeba tuků je pozitivně korelována s výskytem nádorů prsu, tlustého střeva a prostaty

## Obezita

- Nerovnováha mezi přívodem a výdejem energie, porucha metabolismu

# Co u tuků z potravin vztahujeme ke zdraví?

## 1. Celkové/relativní množství tuku přijatého dietou

– Závisí na věku, hmotnosti, pohlaví, fyzické aktivitě a zdraví

## 2. Zastoupení mastných kyselin přijatých dietou

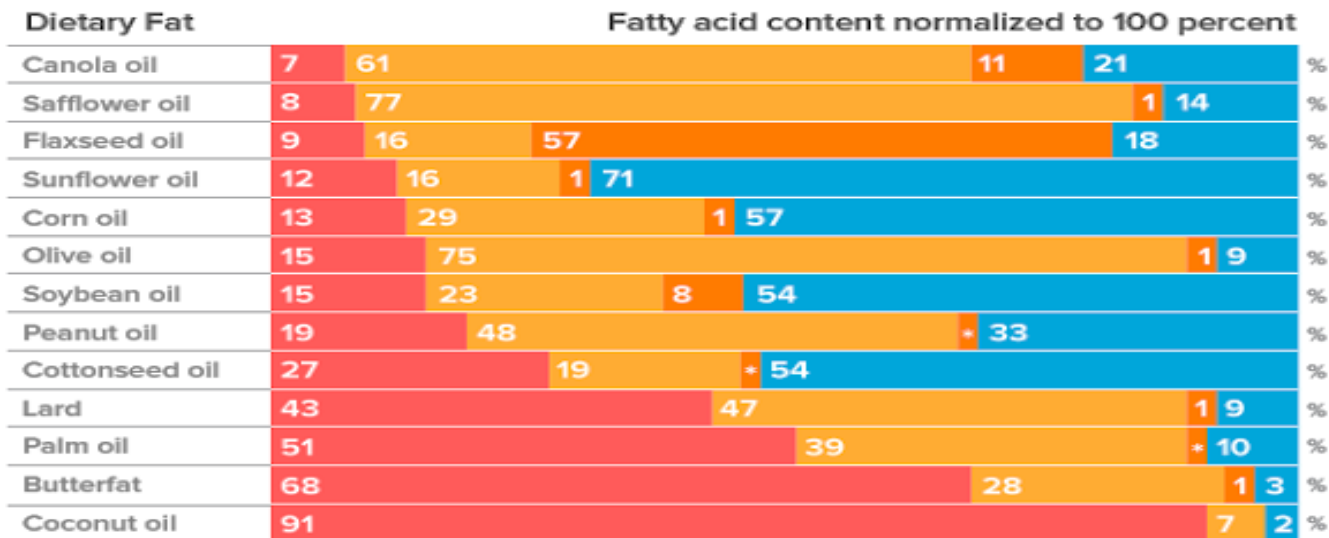
– % Zastoupení SFA/MUFA/PUFA/TFA závisí na typu tuku

- Poměr omega 6 / omega 3 PUFA

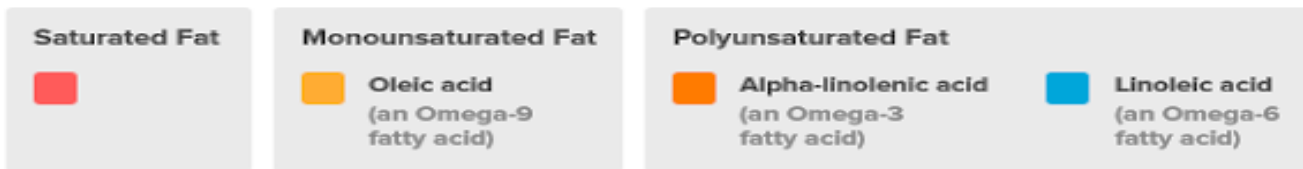
# Příklad dietárních referenčních hodnot pro děti (věk 7-10 roků)

Nutrient	Formát DRV	DRV	Zdroj	UL	Poznámka
<b>Energie (cel.)</b>	AR (MJ/den) AR (MJ/den) (MJ/den) (MJ/den) (MJ/den)	(F7y,PAL 1,4) <b>5,5</b> (M10y,PAL 2,0) <b>9,6</b> <b>9,1</b> (F7y, PAL 1,4) <b>6,3</b> (M10y, PAL 1,8) <b>8,8</b>	EFSA, 2013 EFSA, 2013 VDD ČR, 1989 DACH, 2015 DACH, 2015	Nelze aplikovat	
<b>Tuky</b>	E % (RI) E % (RI) E % (RI) (g/den)	20 – 35 15 – 30 30 - 35 <b>65</b>	EFSA, 2010 WHO, 2003 DACH, 2015 VDD ČR, 1989	Nelze aplikovat	
<b>Mastné kyseliny</b>				Nelze aplikovat	
SAFA	E % (RI)	0 – 10	WHO, 2003		
PUFA	E % (RI)	6 – 10	WHO, 2003		
TRANS	E % (RI)	0 - 1	WHO, 2003		
k. linolová ( $\omega - 6$ )	E % (RI)	$\geq 4$ 2,5	EFSA, 2010 DACH, 2015		EFSA $\omega - 6 / \omega - 3 = 8 : 1$ DACH $\omega - 6 / \omega - 3 = 5 : 1$
k. alfa-linolenová ( $\omega - 3$ )	E % (RI)	$\geq 0,5$ 0,5	EFSA, 2010 DACH, 2015		

# Příklad rozdílů v zastoupení MK v tucích



\* Trace

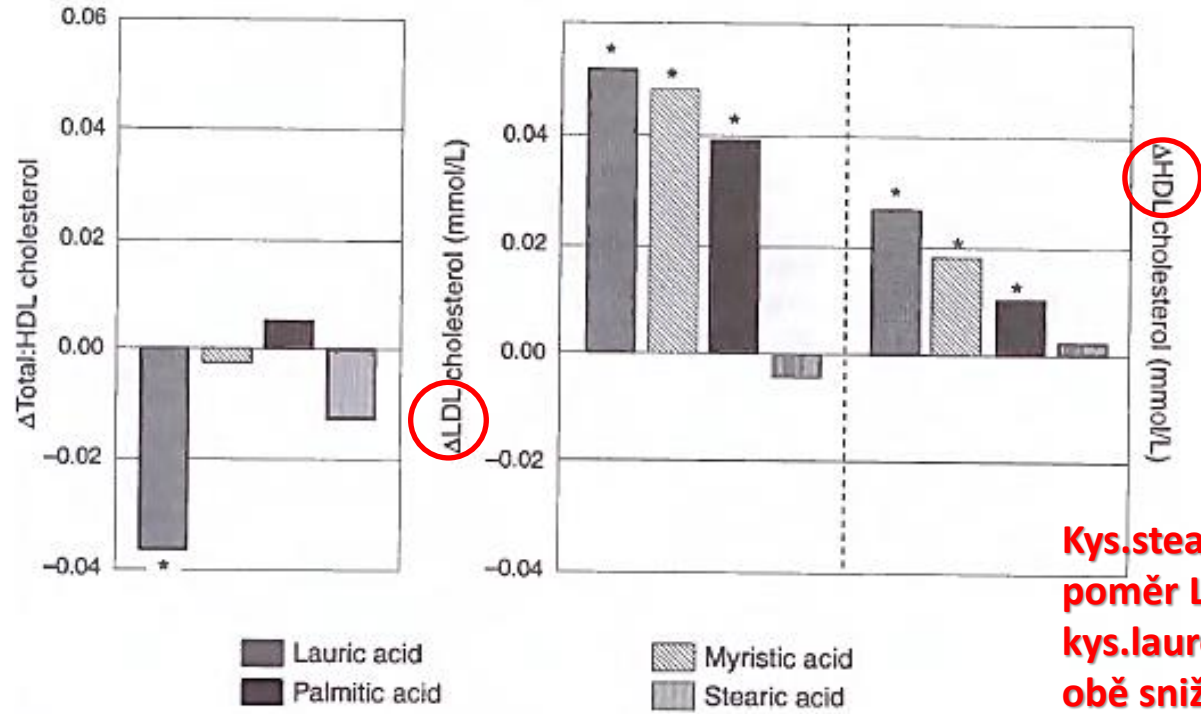


Source: POS Pilot Plant Corporation

# MK mají na průběh aterosklerózy různý efekt

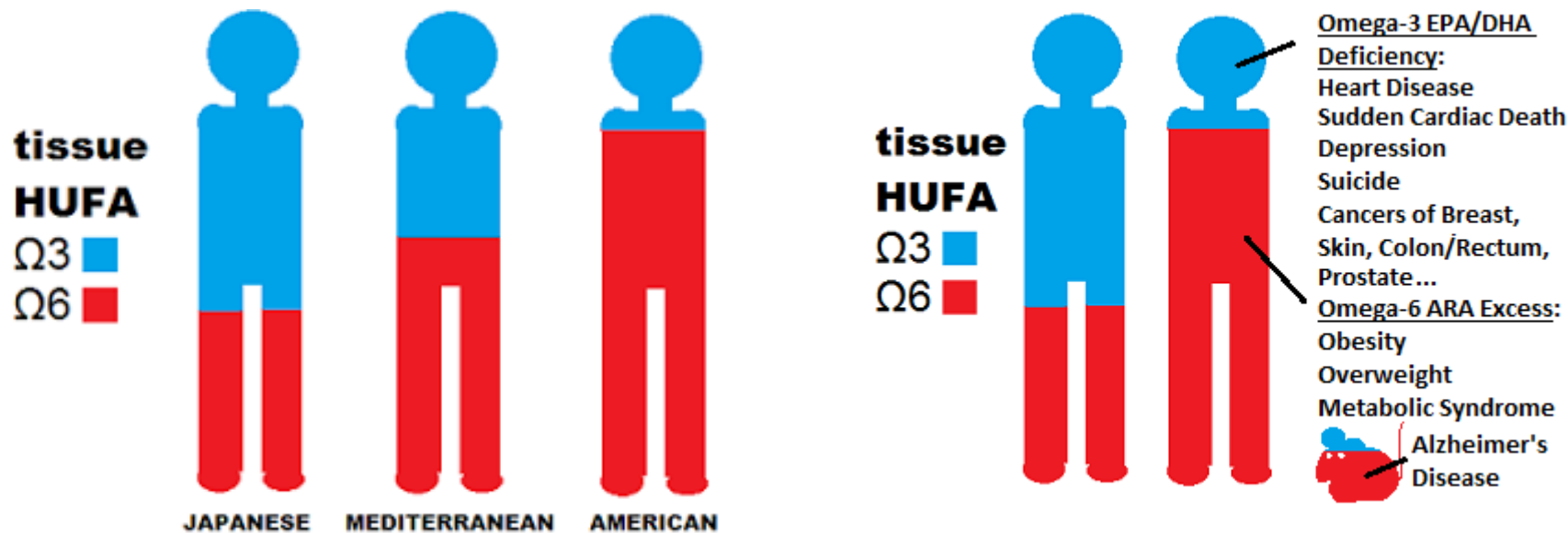
1. SFA s krátkým řetězcem zřejmě působí méně aterogenně než SFA s dlouhým řetězcem
2. MUFA/PUFA (zejména  $\omega$ -3) zvyšují rozpustnost plasmatických LD lipoproteinů, tzv. „líného“ škodlivého cholesterolu a jsou tudíž protiaaterogenní.
3. Nadbytek  $\omega$ -6 nenasycených mastných kyselin (odvozeny od kys. linolové a gama linolenové) proti  $\omega$ -3 a  $\omega$ -9 má pro-zánětlivý účinek a může zvyšovat podíl LDL cholesterolu. Strava s vysokým poměrem  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 podporuje záněty v těle. Tuková tkáň lidí obsahuje 2-3x více  $\omega$ -6 kys. linolové než před 50 lety.

# SFA různě mění sérovou hladinu HDL a LDL cholesterolu po iso-energetické náhradě 1% sacharidů



**Kys.stearová má lepší poměr LDL/HDL než kys.laurová, ale stejně obě snižují celkový HDL.**

# Zastoupení omega 3 a 6 MK v lidských buněčných membránách a možné zdravotní souvislosti



V ČR byl zjištěn průměrný poměr přívodu kyseliny linolové : alfa-linolenové z obvyklé diety 12:1 (Ruprich et al, 2017). **DACH (2015) doporučuje poměr 5:1.**

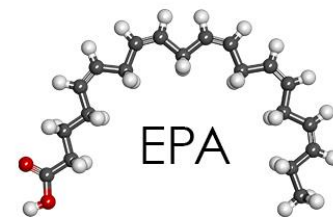
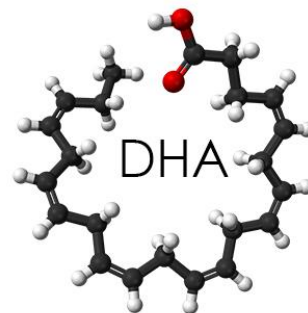
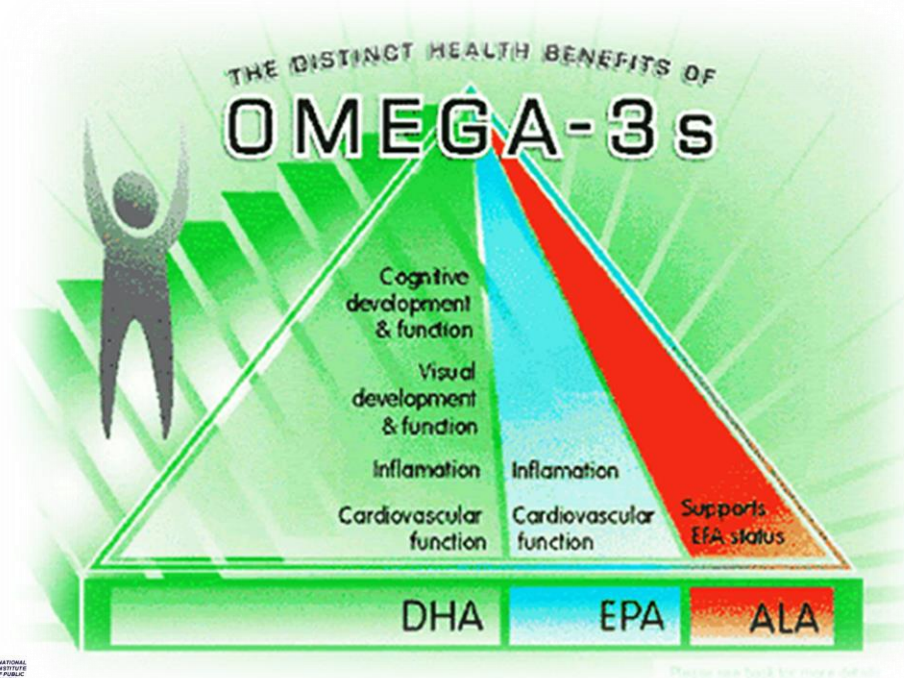


# Kolik se doporučuje omega 3 MK s dlouhým řetězcem (EPA a DHA)

Pro primární prevenci CVD alespoň 250 mg/osobu/den

Pro sekundární prevenci CVD 1000 mg/osobu/den

*Denní dávka EPA+DHA do 3000 mg/osobu/den se považuje za bezpečnou.*



**Průměrný příjem v ČR (Ruprich, 2017):**

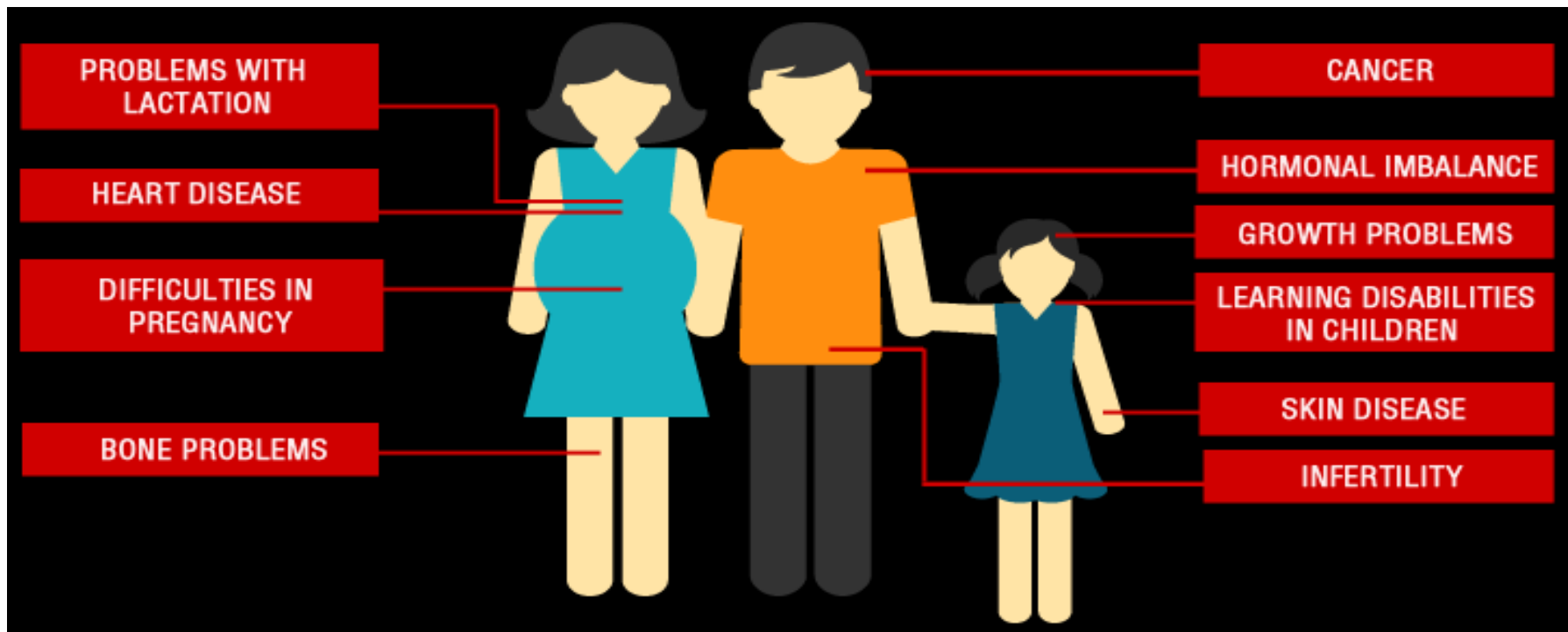
EPA 45 mg/os/den

DHA 77 mg/os/den

ALA 1540 mg/os/den

**= cca 50% DDD**

# TFA - zdravotní rizika nejsou spojena jen s CVD

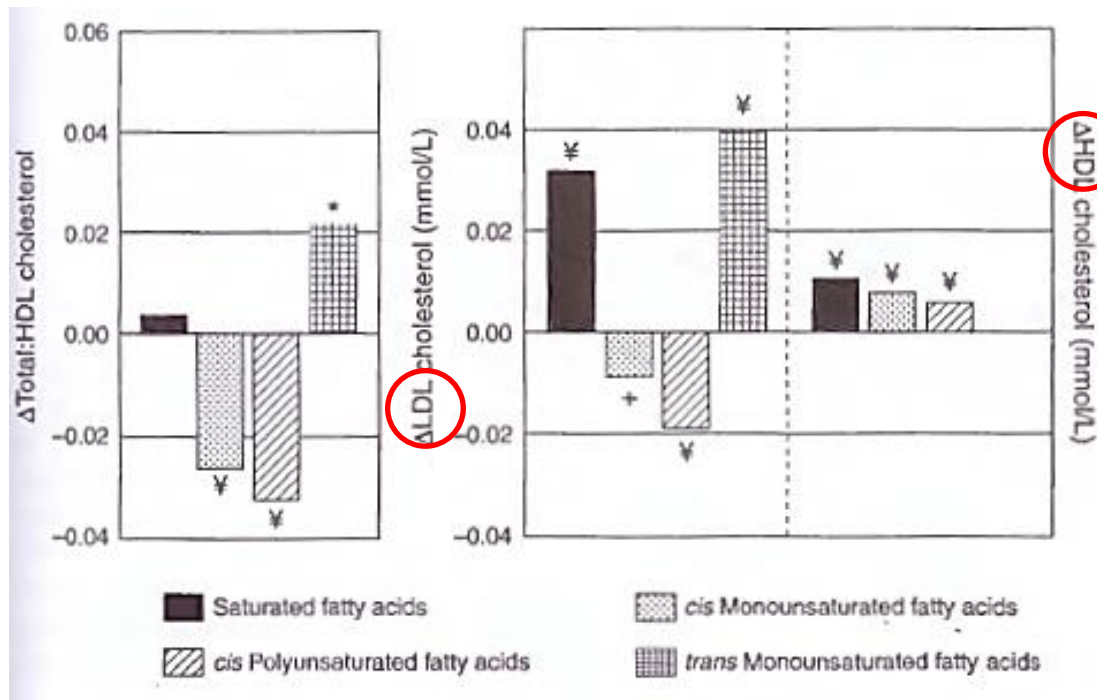


## Očekává se, že:

nahrazení 2% spotřeby TFA nenasycenými FA sníží riziko o více než 50%

nahrazení 5% SFA nenasycenými FA sníží riziko pouze o cca 40%

# Jak SFA-MUFA-PUFA-TFA mění sérovou hladinu HDL a LDL cholesterolu po iso-energetické náhradě 1% sacharidů



**TFA – horší než SFA**  
Celkový HDL-CH je vyšší, ale poměr LDL/HDL je horší

# Jaký je hlavní problém s TFA v těle

- Největší problém - TFA nejsou rozpoznány, protože nejsou přirozenou součástí potravy, pokud jsou vytvořeny abnormálním hydrogenačním procesem. Struktura se mění tak, že **tělo tyto látky neumí použít.**
- Protože tělo neví, jak s těmito uměle vytvořenými TFA nakládat, neeliminuje je. Tak se stávají částí buněčných struktur. To ale vyvolává zmatek, protože tyto **umělé struktury neumožňují přirozené chemické reakce.**
- **Přirozeně se vyskytující TFA v mléce a tuku přežvýkavců představují jen malou metabolickou zátěž.** Rozhodující je větší množství částečně ztužených tuků (hydrogenací).

# TFA – zdravotní doporučení

- Nedoporučuje se odstranit všechny TFA z diety, protože by to přineslo problémy
  - *TFA se vyskytují přirozeně v tuku přežvýkavců (např. máslo obsahuje CLA)*
  - *Úplné odstranění by mohlo vést k neočekávaným vedlejším efektům a malnutrici*
- WHO (2003) doporučuje 0 - 1 % TFA z celkového přívodu energie

# Studie obsahu TFA v mateřském mléce v ČR 2017



Příloha k dopisu č.j.: 11281/2017

POKYN

hlavního hygienika ČR k provedení  
„Studie obsahu a zastoupení trans-mastných kyselin v mateřském mléce v ČR“.

Studie byla realizována na jaře roku 2017.

Náhodný odběr vzorků (69) ze všech 14 krajů ČR.

Analýza obsahu 35 *cis* + 15 *trans* MK.

Country	Year of the study, author	Content of TFA in breast milk ( $\Sigma$ Wt %) *
CZE	2002 (DLOUHÝ P. et al.)	4,2 $\pm$ 1,9 (1,8 – 9,8)
	2007 (MARHOL P., DLOUHÝ P. et al.)	3,13 $\pm$ 1,26 vs. 3,78 $\pm$ 1,88
Turkey	2009 (SAMUR G. et al.)	2,13 $\pm$ 1,03
Poland		1,37 (1,00 – 2,00) vs. 1,80 (1,42 – 2,48)
	2003 (MOJSKA H. et al. )	2,59 (1,49 – 3,34) vs. 2,41 (1,79 – 4,31)
		2,36 (1,55 – 3,92) vs. 2,77 (1,53 – 4,18)
USA	2005 (MOSLEY E. E. et al.)	7,0 $\pm$ 2,3
Canada	1995 (CHEN Z.Y. et al.)	7,2 $\pm$ 3,0 (0,1 – 17,2)
	1998 (INNIS S.M. et al.)	7,1 $\pm$ 0,32
	2006 (FRIESEN R. et al.)	6,2 $\pm$ 0,48 vs. 4,6 $\pm$ 0,32
	2014 (RATNAYAKE W. M. N. et al.)	2,7 $\pm$ 0,9 (1,4 – 7,2) vs. 1,9 $\pm$ 0,5 (0,9-3,9)
Greece	2013 (ANTONAKOU A. et al.)	0,78 ( $\pm$ 0,47) vs. 0,19 $\pm$ 0,34
Germany	2010 (SZABÓ E. et al.)	1,55 (1,73) vs. 1,43 (1,55)

# Co je častým zdrojem TFA pro kojící ženy v ČR?

Odhad ustálené dávky TFA pro populaci: data SZÚ pro ženy ve fertilním věku – upper tail

- Data MZSO (TDS, CZVP, 2017)

**Suma TFA (LB) v g/osobu/den:**

(337 žen 18-40 roků, 84 druhů potravin)

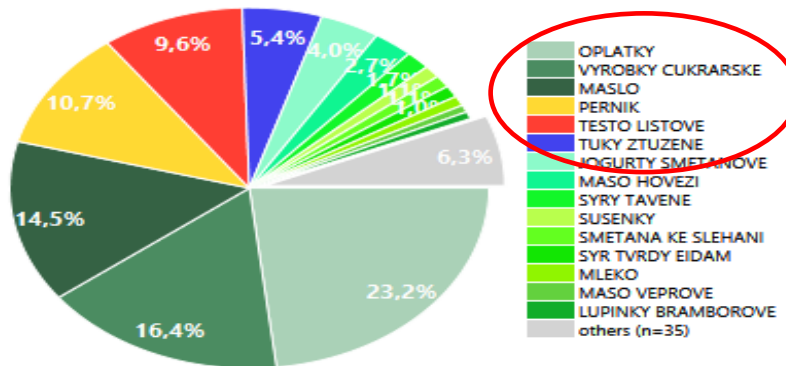
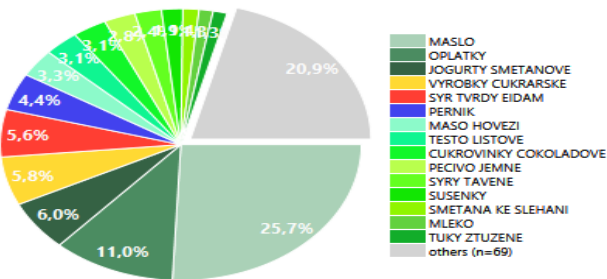
Percentile	Exposure (mg/day)	Lower bound (p2,5)	Upper bound (p97,5)
50	1,0	0,8	1,3
90	1,7	1,2	2,4
95	2,0	1,5	3,1
99	2,8	1,7	4,2

**Suma TFA (LB) P97,5 v g/osobu/den:**

(337 žen 18-40 roků, 84 druhů potravin)

Contribution to upper exposure distribution for foods as measured

Contribution to total exposure distribution for foods as measured

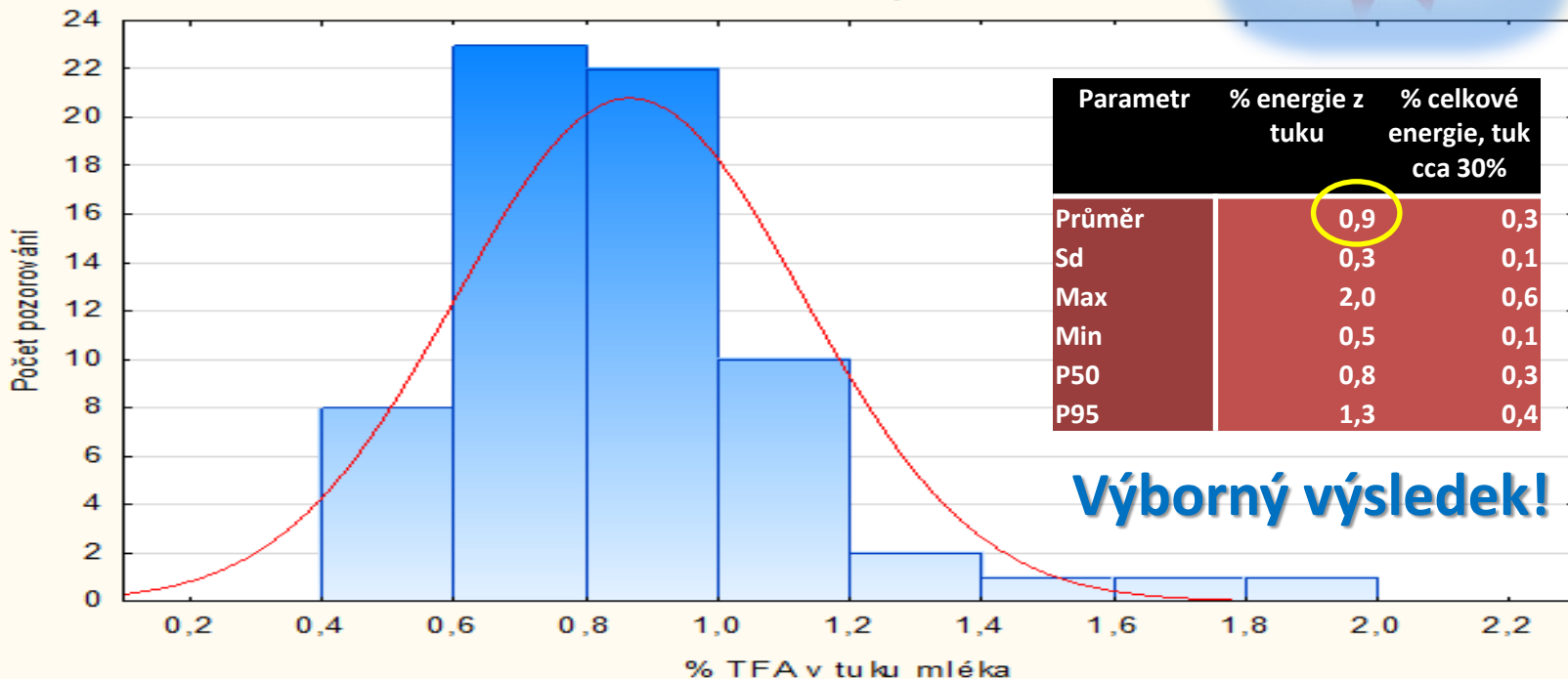


# Výsledek studie TFA v mateřském mléce ČR, 2017

(N=69)

**NOVINKY**

Obsah TFA v mateřském mléce v % z tuku  
Studie SZÚ-OOVZ, 2017



**Doporučení podle WHO: do 1% z celkové energie. „Doporučení EU“: do 2% z tuku.**

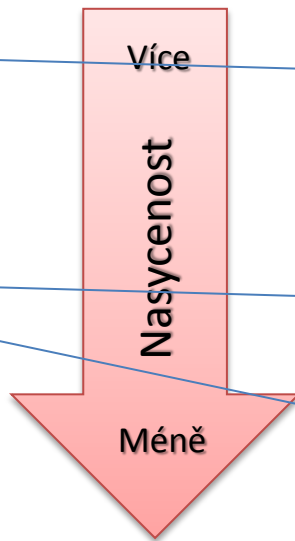


# Závěry 1 – „znalosti pro život jaký je“

Tyto MK obvykle nalezneme  
v nezpracovaných potravinách

Tyto MK často nalezneme  
ve zpracovaných potravinách

Vybírejte



Omezujte

## Závěry 2 – doporučení pro reformulace v ČR?

- Snížit obsah SFA pod 10% z celkové energie
- Omezit TFA pod 2% z obsahu tuku
- Zvýšit obsah PUFA na 6-10% z celkové energie
- Zlepšit poměr mezi omega 6 a omega 3 MK (doporučeno 5:1)
- Zvýšit obsah omega 3 MK s dlouhým řetězcem (EPA,DHA, 250 mg/os/den)
- *Na koho produkt míří + odhad denní spotřeby/přívodu (porce)*