

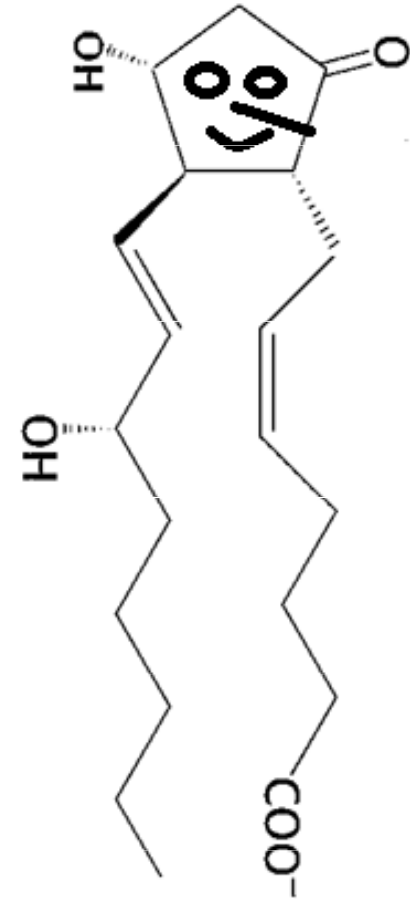
Eicosanoidy

Isoprenoidy

Steroidy

© Biochemický ústav (E.T.) 2013

Eicosanoidy



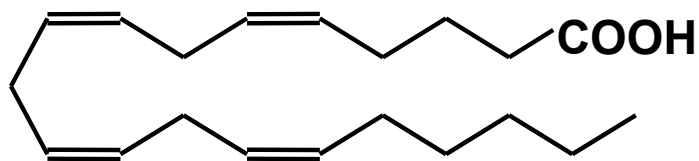
Eicosanoidy

Skupina derivátů odvozených od polynenasycených MK s 20 uhlíky
(řecky *eikosi* = dvacet)

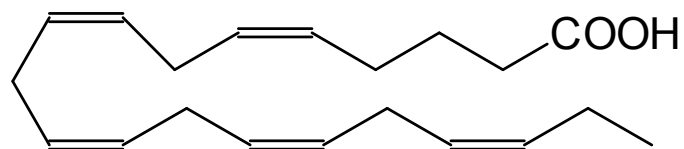
Působí jako **lokální hormony**, poločas existence 1-2 min

Biosynteticky odvozeny především od:

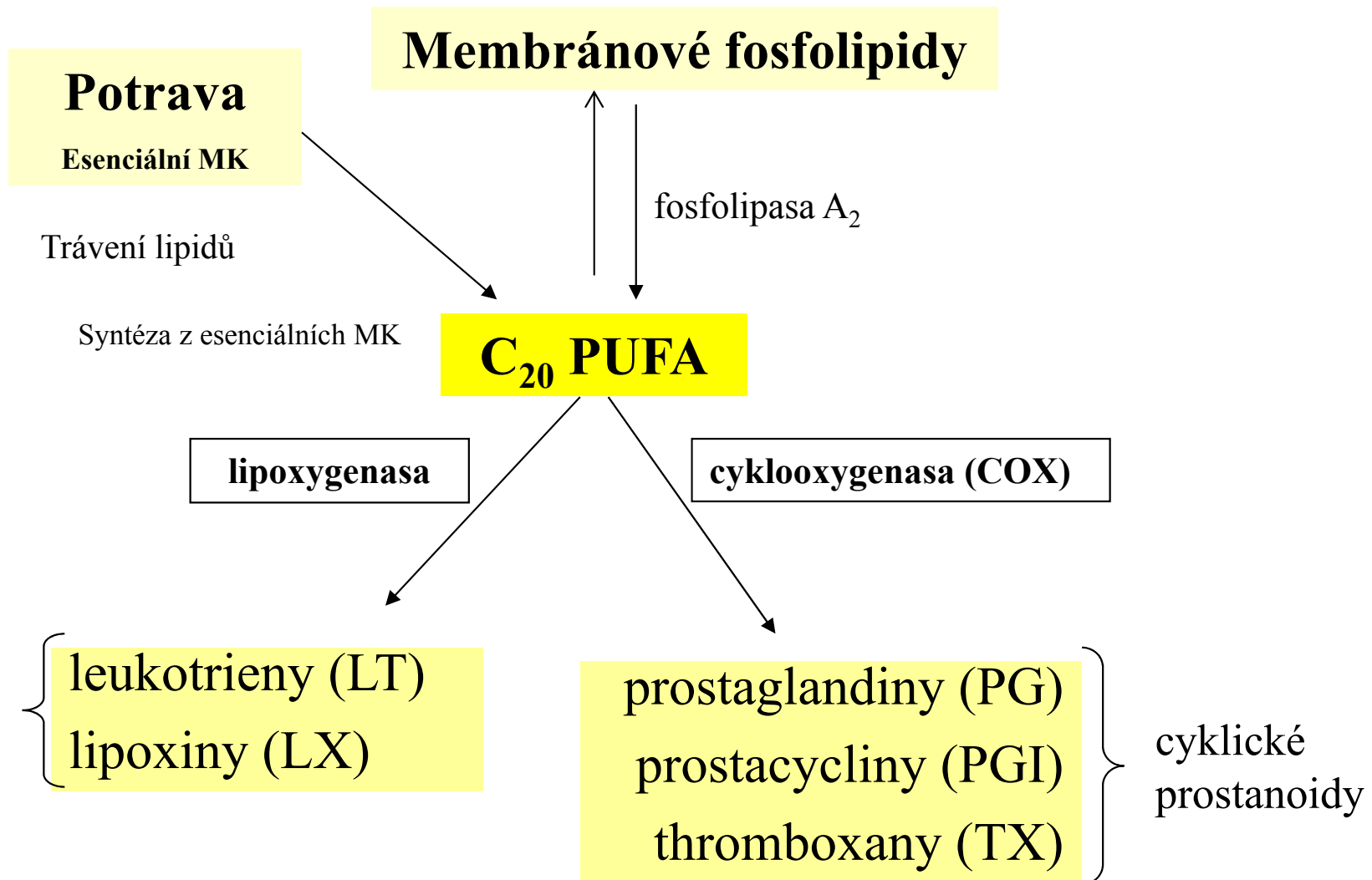
Arachidonová kyselina (eikosatetraenová) **20:4 (5,8,11,14)** řada n-6



Eikosapentaenová kyselina (EPE) **20:5 (5,8,11,14,17)** řada n-3



Klasifikace a původ eikosanoidů

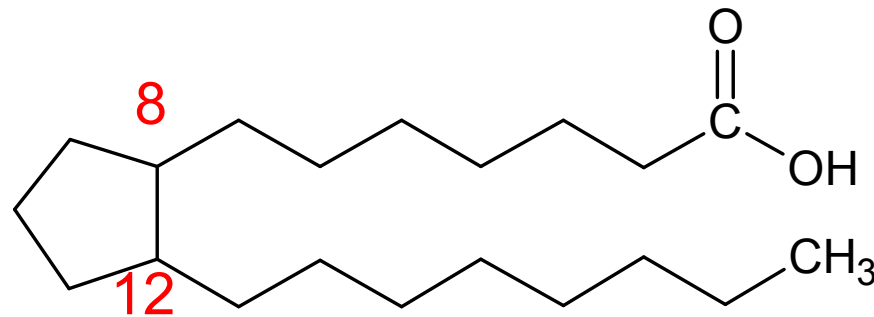


Hlavní typy eikosanoidů

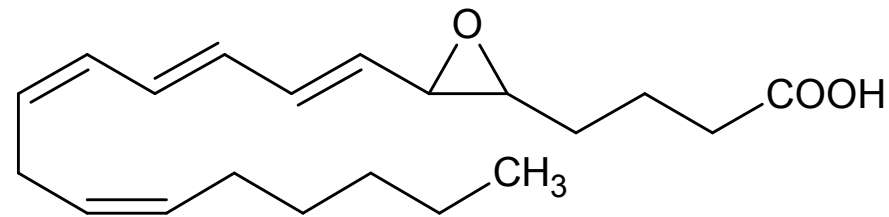
• cyklické prostanoidy – deriváty hypotetické kyseliny prostanové (20C, vazba mezi C8 a C15)

Cyklus se tvoří pomocí enzymu cyklooxygenasy:

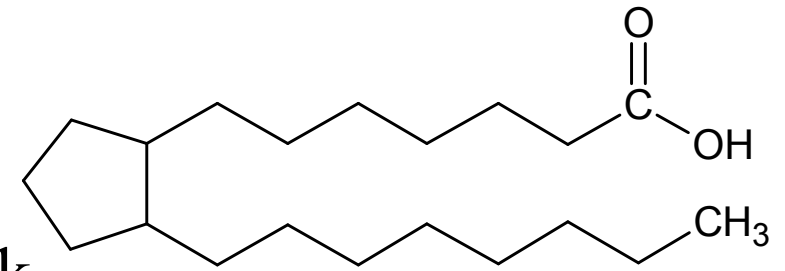
prostaglandiny
prostacykliny
thromboxany



• acyklické
leukotrieny
lipoxiny



Prostaglandiny (PG)



Syntetizovány téměř ve všech typech buněk,

Poprvé izolovány z buněk prostaty.

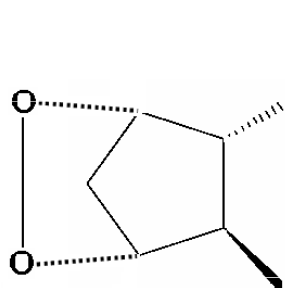
Jsou to modifikované karboxylové kyseliny

Klasifikace:

- ❑ na základě substituce a desaturace na cyklopentanovém kruhu (např. PGE, PGF, PGG, PGH,)
- ❑ na základě počtu dvojných vazeb v postranním řetězci, který záleží na biosyntetickém původu PG

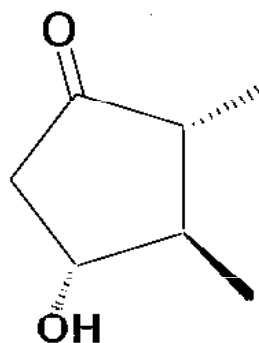
Struktury jednotlivých prostanoidů není třeba znát, je třeba rozumět principu tvorby jejich názvů ve vztahu k původu (viz dále)

Typy prostaglandinů podle substituce na cyklopentanovém kruhu – výsledek účinku různých enzymů na společný prekursor PGH

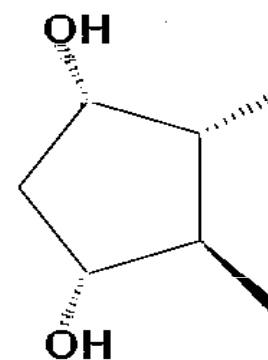


Společný prekursor
všech prostaglandinů

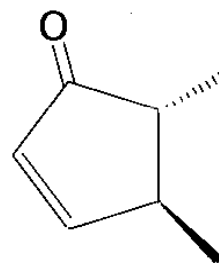
PGH



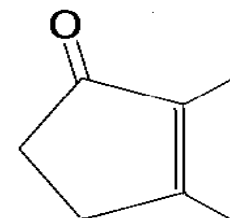
PGE



PGF

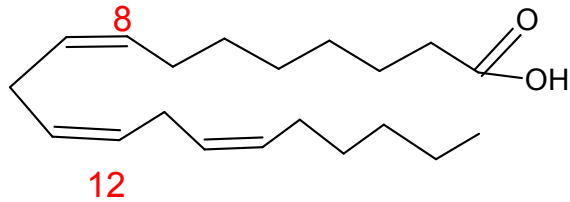


PGA

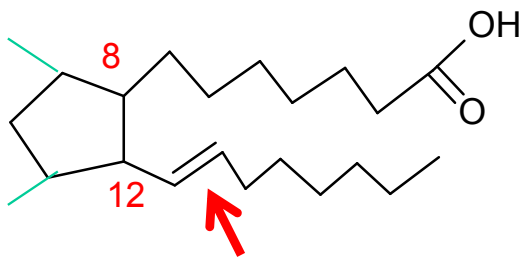


PGB

Typy prostaglandinů podle původu

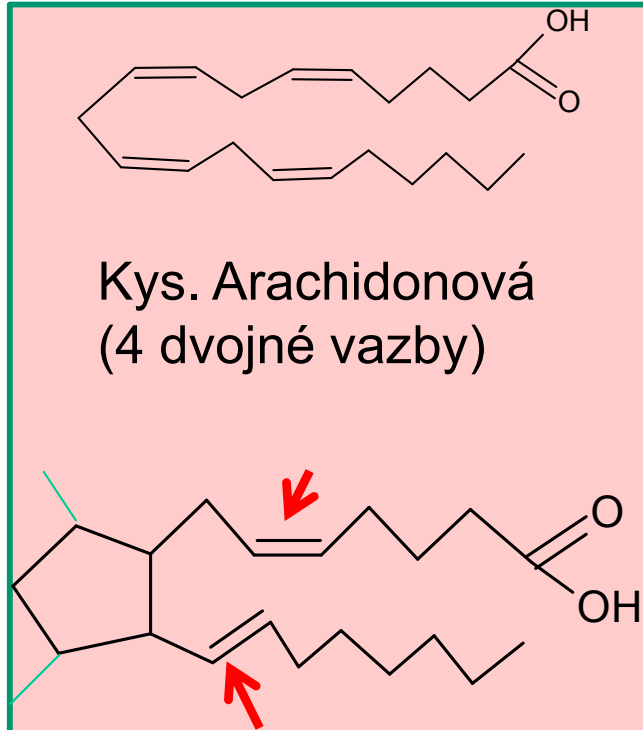


Kys. dihomo- γ -linolenová
(3 dvojně vazby)

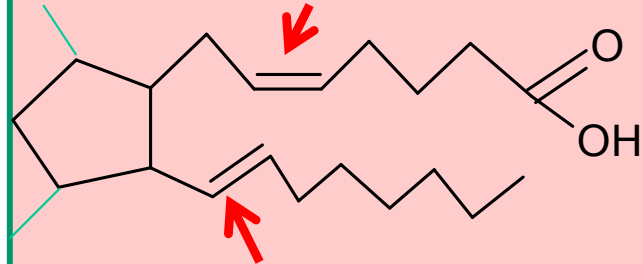


Řada -1

PGE, PGG, PGH
(1 dvojná vazba)

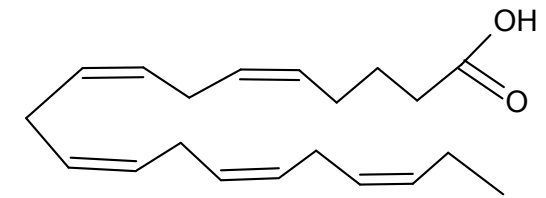


Kys. Arachidonová
(4 dvojně vazby)

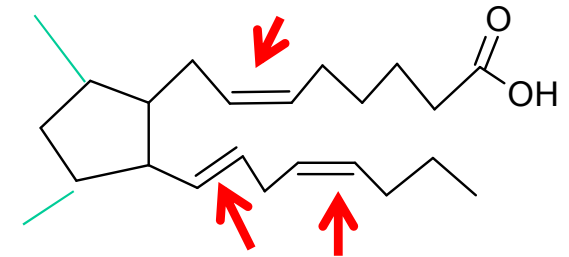


Řada -2

PGE₂, PGG₂, PGH₂
(2 dvojně vazby)



Kys. eikosapentaenová
(5 dvojných vazeb)



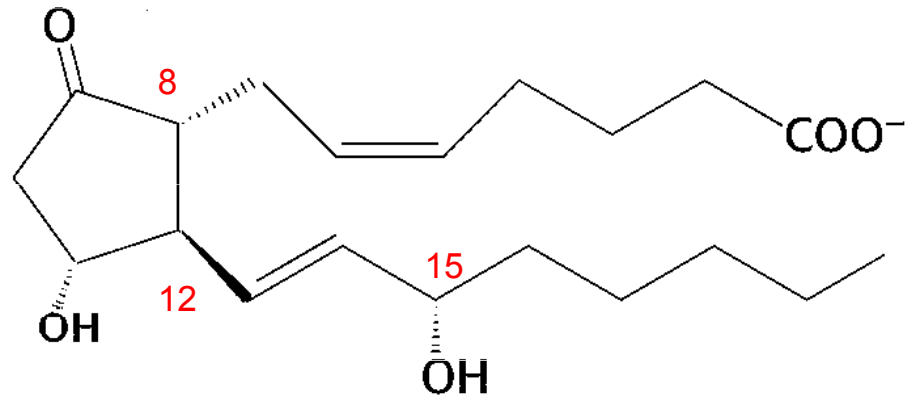
Řada -3

PGE₃, PGG₃, PGH₃
(3 dvojně vazby)

Nejběžnější jsou prostanoidy řady 2, biosynteticky odvozené z kyseliny arachidonové

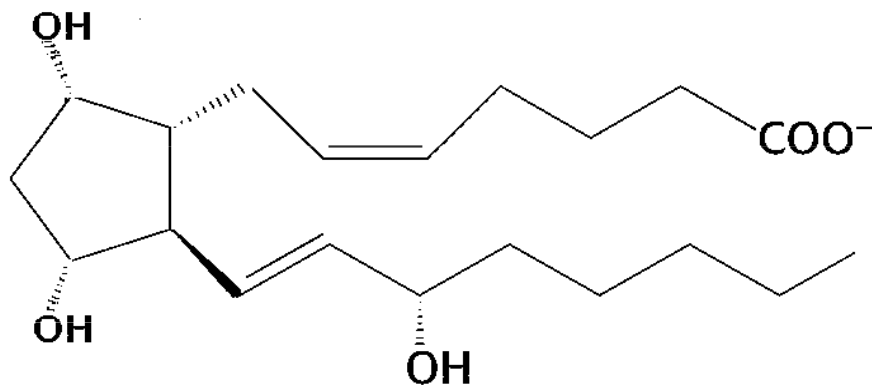
Struktura prostaglandinů E a F

Všechny prostanoidy mají –OH na C-15



prostaglandin E₂

PGE₂

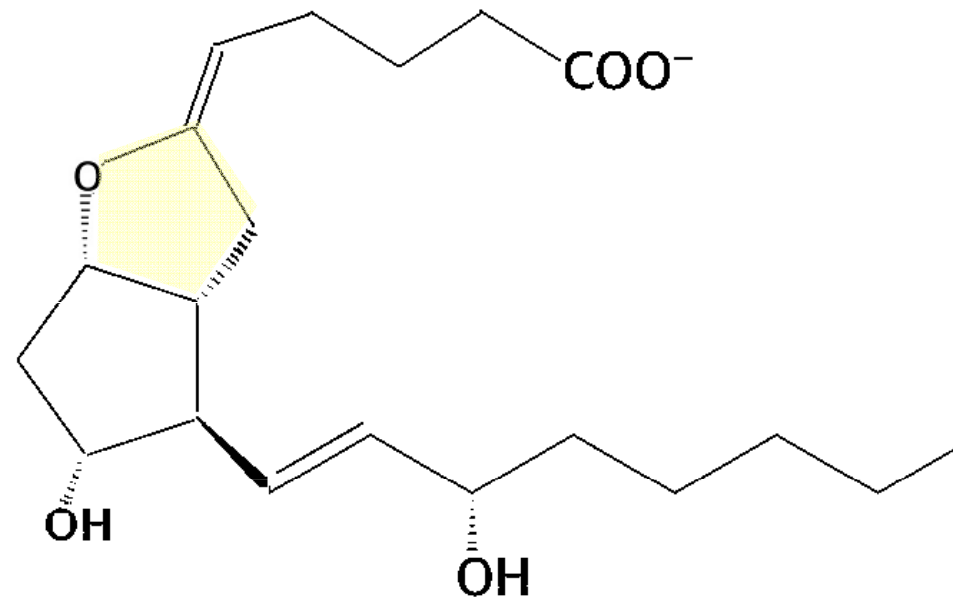
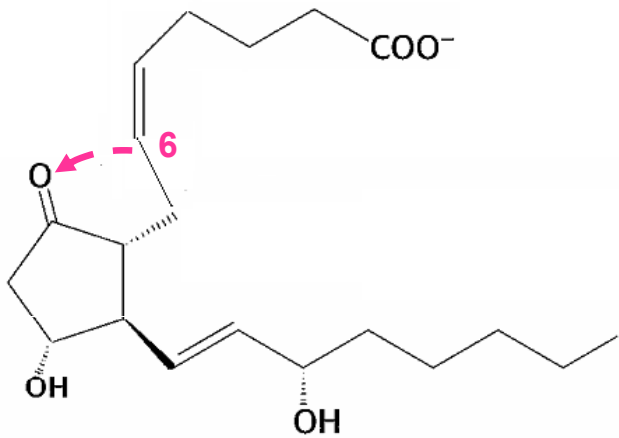


prostaglandin F_{2α}

PGF_{2α}

Prostacycliny (PGI)

Deriváty PGH, ve kterém C-6 kratšího řetězce uzavře pětičlenný cyklus spojený s cyklopentanovým kruhem:



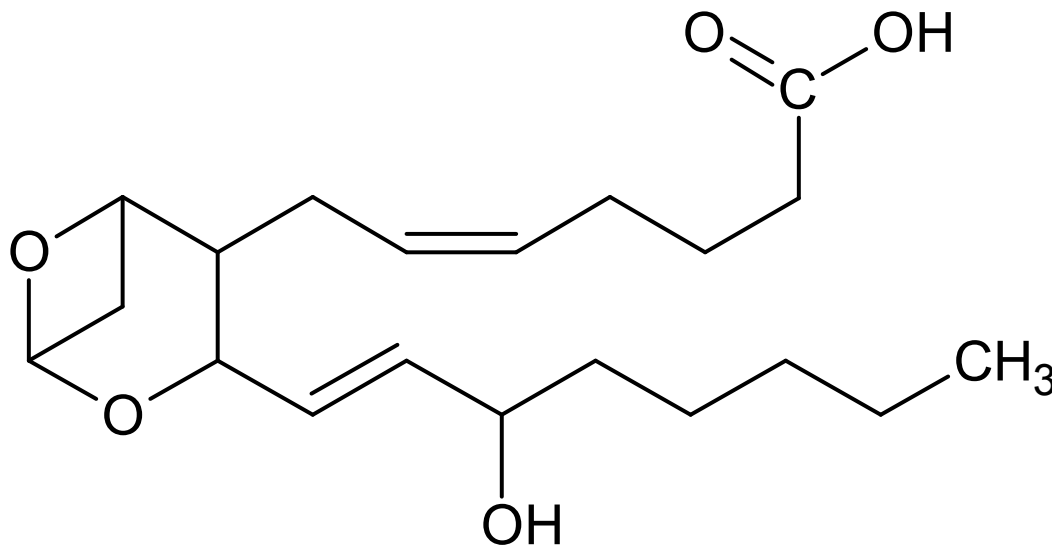
prostacyclin PGI₂

Tromboxany (TX)

Pochází rovněž z PGH.

Namísto cyklopentanového kruhu obsahují šestičlenný heterocyklus **oxan**.

Tvoří se v trombocytech a dalších buňkách.



thromboxan TXA₂

Příklady biologických účinků některých prostanoidů

Prostanoid	Účinek
TXA_2	agregace trombocytů kontrakce hladkého svalstva cév
$\text{PGI}_2/\text{PGI}_3$	antiagregační účinek stimulace relaxace hl. svalstva (vasodilatace) zvýšení intenzity a trvání bolesti
PGE_2	inhibice kontrakce hladkého svalstva, vasodilatace cév, inhibice sekrece HCl, stimulace sekrece mucinu, zvýšení teploty, zvýšení intenzity a trvání bolesti, zvýšení permeability cév,
PGD_2	navození spánku, kontrakce bronchiálního svalstva
$\text{PGF}_{2\alpha}$	kontrakce hladkého svalstva, zvýšení tělesné teploty

Účast prostanooidů ve fyziologických procesech - příklady

TXA₂

je produkován trombocyty, vyvolává vasokonstrikci a aktivaci destiček

účinek cca 30-60 s

PGI₂

je antagonistou TXA₂, produkován cévním endotelem, počas 3 min.

Jejich vyvážený účinek se podílí na krevním srážení

PGE_2 je produkován žaludeční sliznicí a potlačuje sekreci kyseliny chlorovodíkové

Snižuje tak riziko vzniku žaludečního vředu

PGE_2 a $\text{PGF}_{2\alpha}$ tvořené v endometriu indukují kontrakci dělohy. Jejich koncentrace v plodové vodě je během těhotenství nízká, masívně se zvyšuje při porodu. Společně s oxytocinem se podílí na indukci porodu.

Na rozdíl od oxytocinu kontrahují dělohu vždy.

Mohou být použity k vyvolání potratu intravenosním nebo intravaginálním podáním

Účinky prostanooidů různé řady nejsou stejné

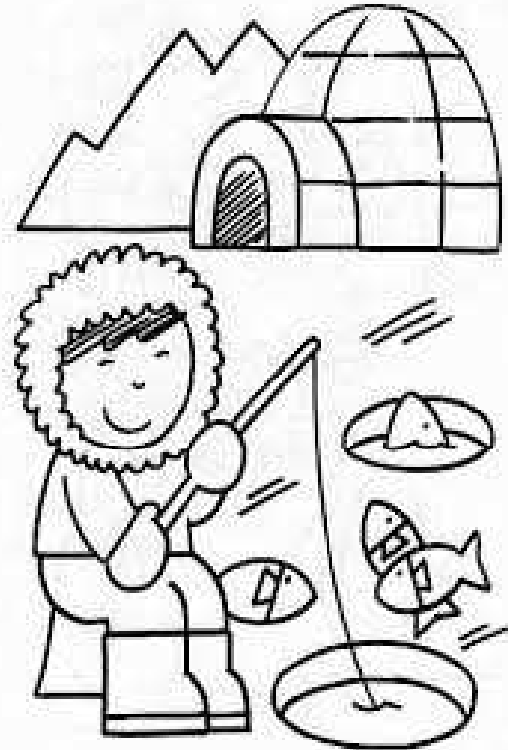
Např.:

TXA_2 má pozitivní efekt na agregaci destiček

TXA_3 - efekt je mnohem slabší

PGI_2 – slabší vasodilatační účinek

PGI_2 – silnější vasodilatační účinek



Riziko infarktu u grónských eskymáků je 400 x nižší než u euroamerické populace, mortalita je 7x menší

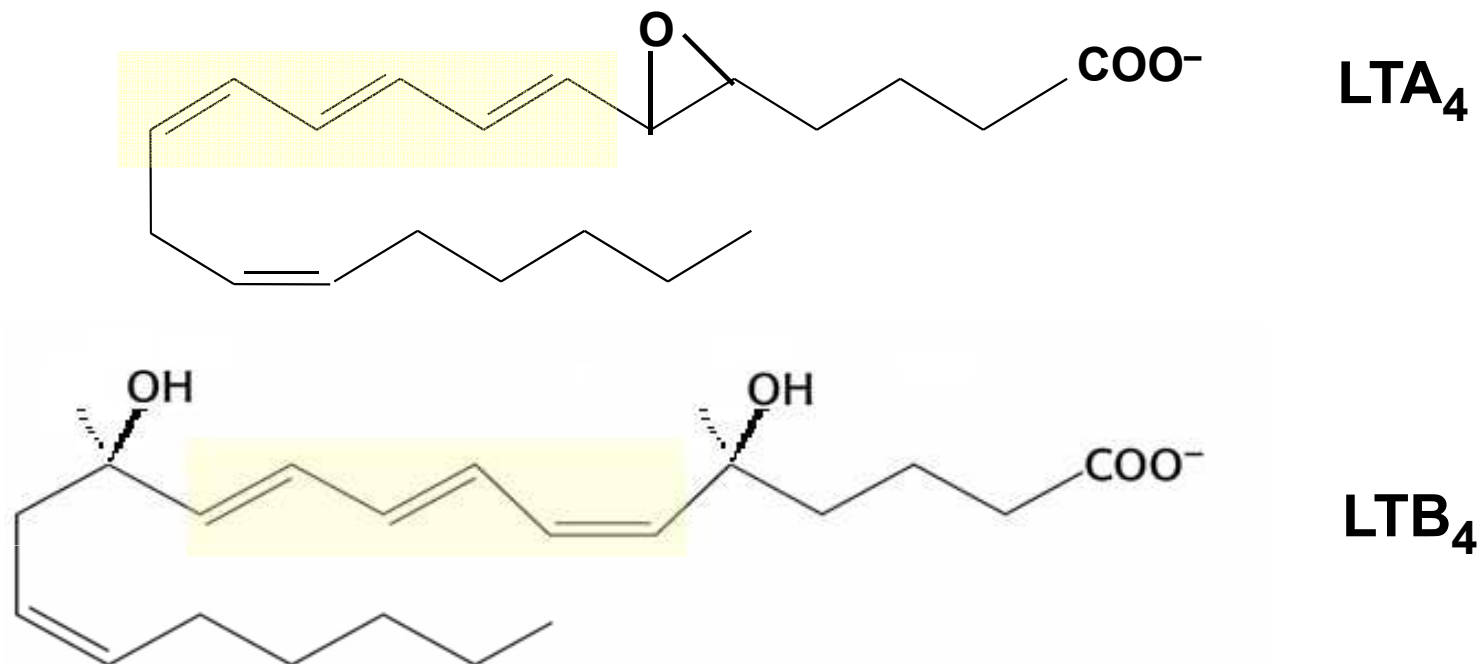
Čím to lze vysvětlit?

Esenciální mastné kyseliny ω -6 a ω -3

- Esenciální mastné kyseliny ω -6 a ω -3 by měly být přijímány ve vhodném poměru.
- Podle některých autorů je to od 1:1 to 1:4
- Jiní autoři udávají 4:1
- Typická dieta v západoevropských zemích poskytuje obvykle poměr 10:1 až 30:1

Leukotrieny jsou acyklické eicosanoidy

- Syntéza v leukocytech a žírných buňkách – enzymy lipooxygenasy
- Jsou mediátory alergické reakce a zánětu
- **Obsahují tři konjugované dvojně vazby** (trieny), jejich pozice mohou být různé, konfigurace *trans* nebo *cis*.

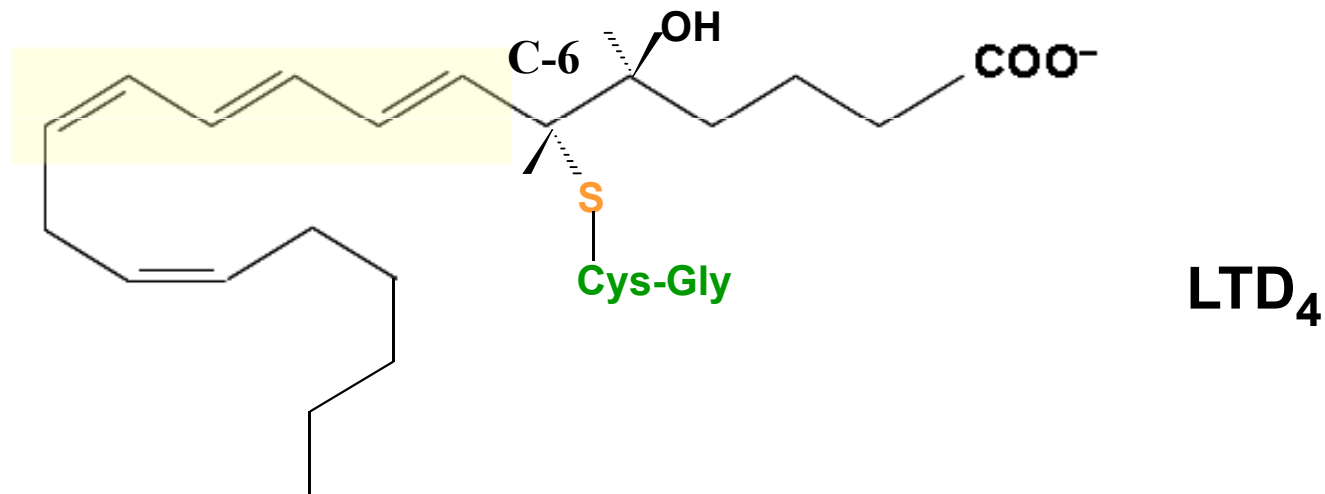


Značení

- Dle typu se značí písmeny (LTA, LTB – LTE)
- index značí celkový počet dvojných vazeb
- Původ:
leukotrieny s indexem 3 - eikosatrienová kyselina
leukotrieny s indexem 4 - arachidonová kyselina
leukotrieny s indexem 5 - eikosapentaenová kyselina

Peptidové leukotrieny (leukotrieny třídy C, D, E)

LTC	na C6 se váže:	glutathion ($\gamma\text{-Glu}\rightarrow\text{Cys}\rightarrow\text{Gly}$)
LTD		cysteinyl-glycin
LTE		cystein



- prozánětlivý účinek
- chemotakticky přitahují neutrofily,
- mohou podporovat produkci reaktivních forem kyslíku.
- jsou podkladem též anafylaktických reakcí.

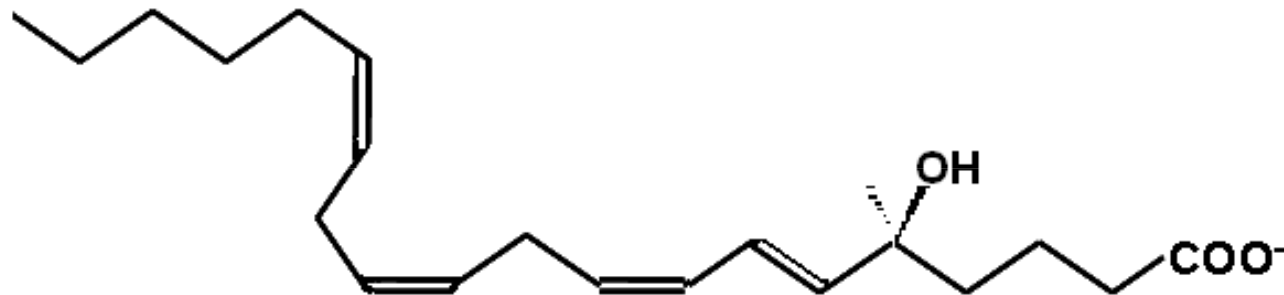
Lipoxiny

Produkty hydroxylace kys. arachidonové nebo EPA.

Syntéza v leukocytech působením lipoxxygenas → hydroxylace na C5, C12, nebo C15.

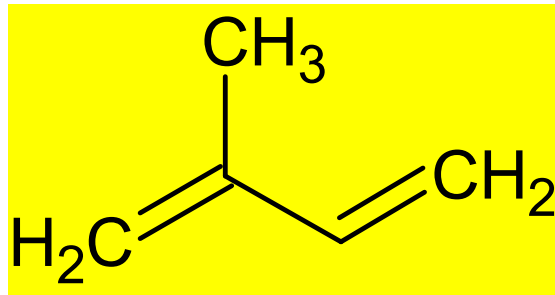
Ovlivňují účinky leukocytů

Název lipoxiny je odvozen z „lipoxxygenase interaction products“.



5-hydroxytetraenová kyselina (5-HETE)

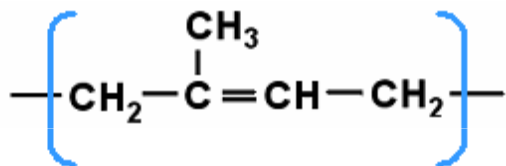
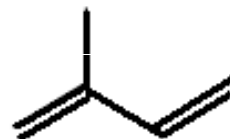
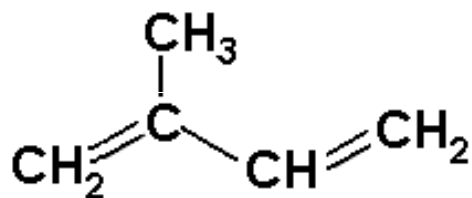
Isoprenoidy



Isoprenoidy (Terpenoidy)

Přírodní látky vznikající biosyntézou z isoprenových jednotek.

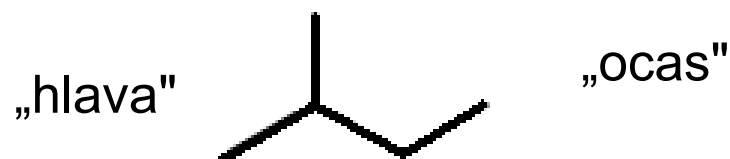
Isopren je 2-methylbuta-1,3-dien



Isoprenová jednotka při polymeraci

Při polymeraci zanikají nebo se přesouvají dvojně vazby isoprenu.

Isoprenové jednotky(C₅) se při polymeraci kombinují dvojím možným způsobem



Pravidelné uspořádání ocas-hlava
(častější)



Nepravidelné uspořádání ocas-ocas
(méně časté)

Terpeny (isoprenoidy)

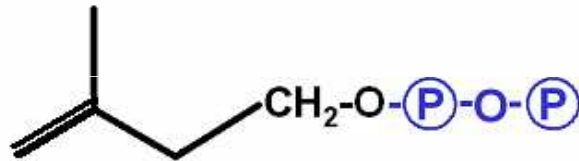
Sloučeniny vznikající z isoprenových jednotek.

Mohou mít cyklickou i acyklickou strukturu, nasycené, nenasycené, mohou obsahovat různé funkční skupiny

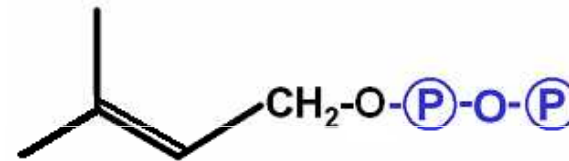
Typ terpenu	Počet C ₅ jednotek	Počet uhlíků	Příklad
Monoterpeny	2	10	Geraniol, menthol, kafr
Seskviterpeny	3	15	Farnesol
Diterpeny	4	20	Fytol
Triterpeny	6	30	Skvalen
Tetraterpeny	8	40	Karotenoidy
Polyterpeny	$n > 1000$	$5n$	Dolichol

Biosyntéza isoprenoidů

Aktivní formou isoprenu jsou jeho fosforylované formy isopentenyl-difosfát a dimethylallyl-difosfát, které vznikají z acetylCoA

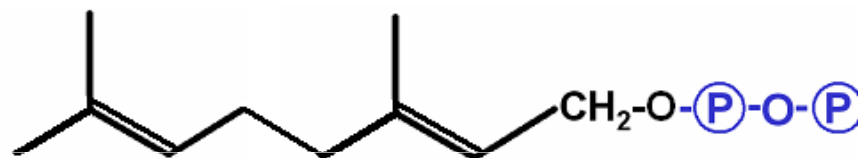


isopentenyl-difosfát

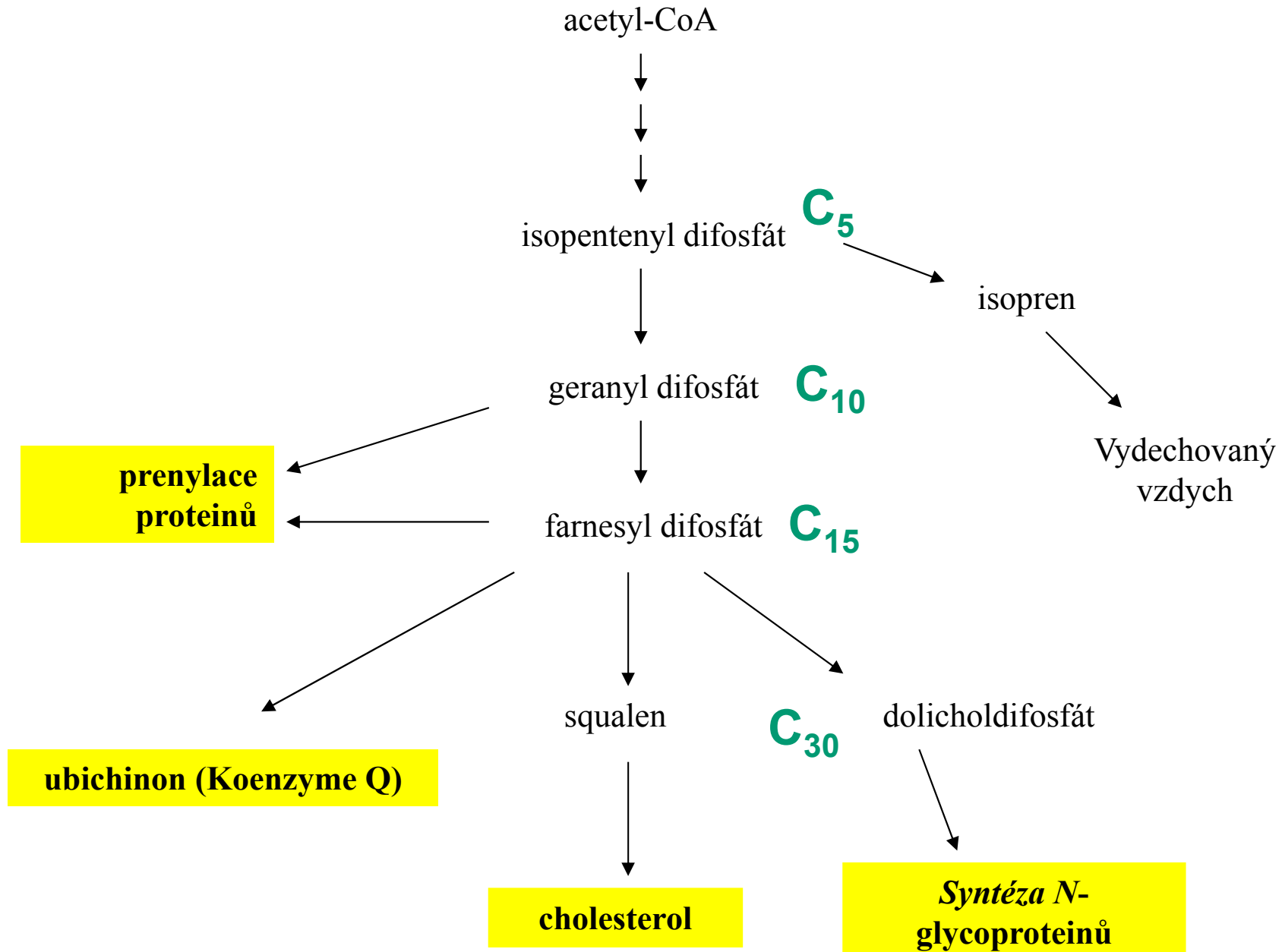


dimethylallyl-difosfát

Jejich vzájemným spojením (ocas-hlava) vzniká geranyl-difosfát

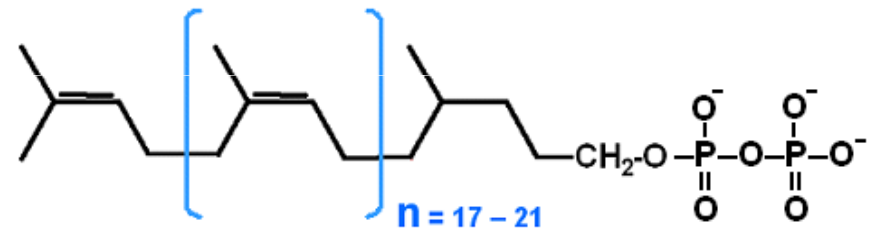
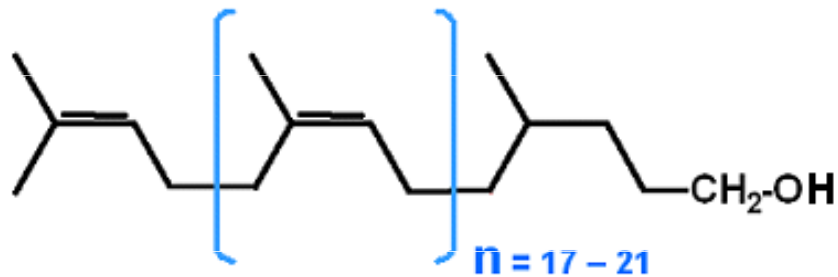


Terpeny v živočišných organismech



Dolichol

polyprenol obsahující kolem 20 isoprenových jednotek (~100 C atomů).



dolichol diphosphate (DoI-P-P)

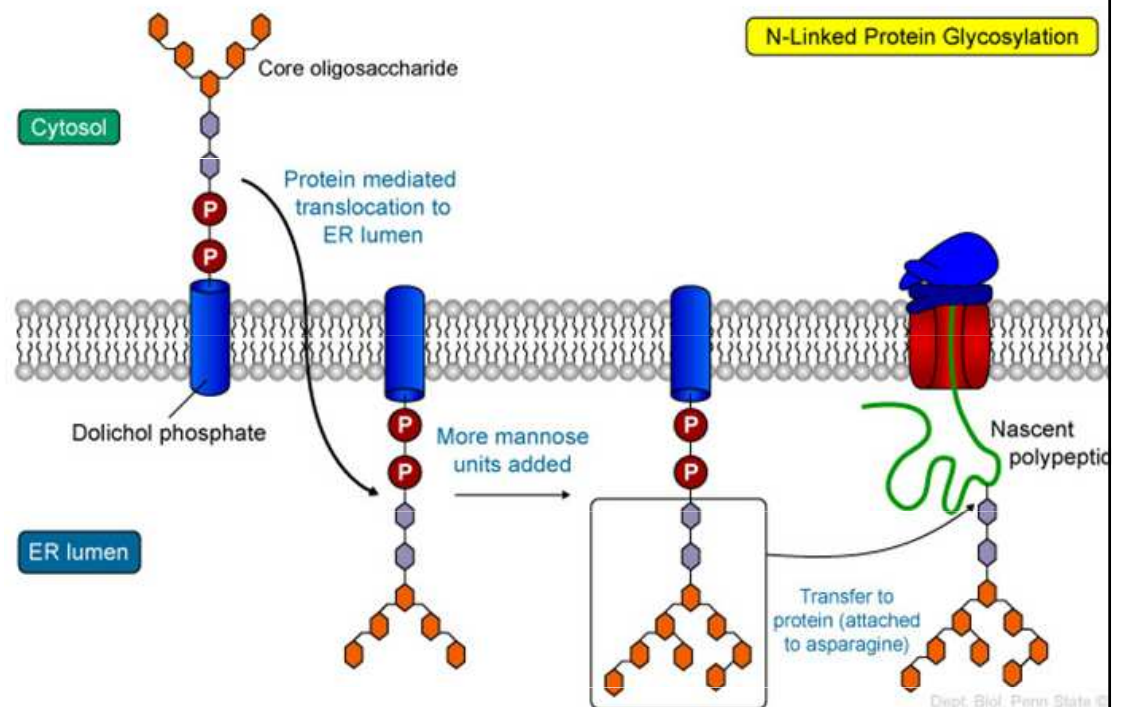
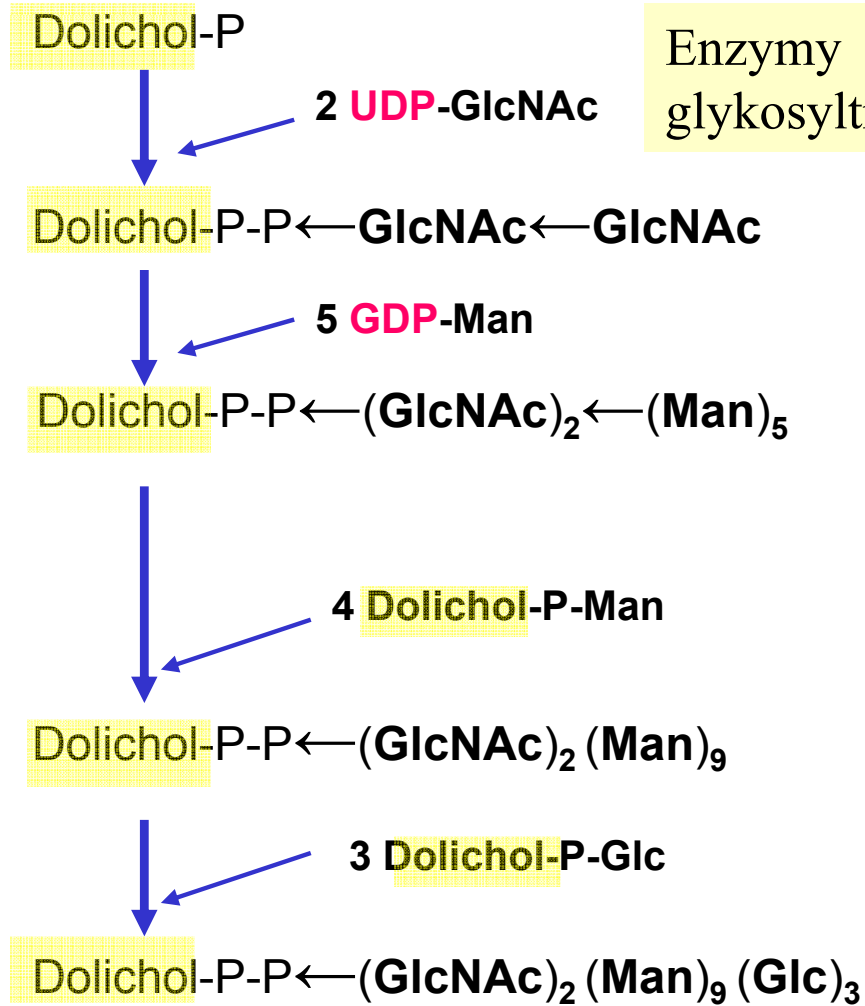
Má význam při biosyntéze N-glykoproteinů.

Dolichodifosfát je zakotven na membráně ER a aktivované

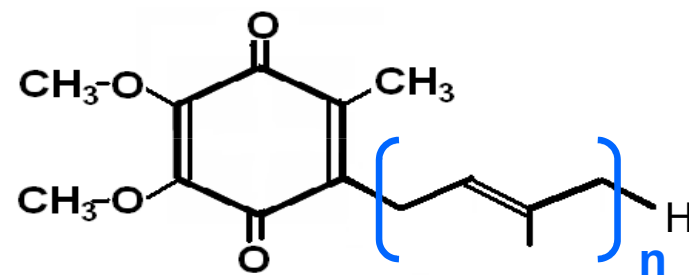
monosacharidy se postupně navazují a vytvářejí základní

oligosacharidovou strukturu

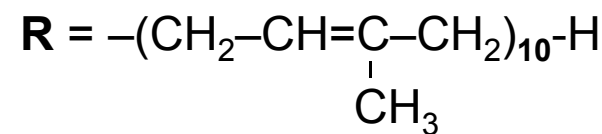
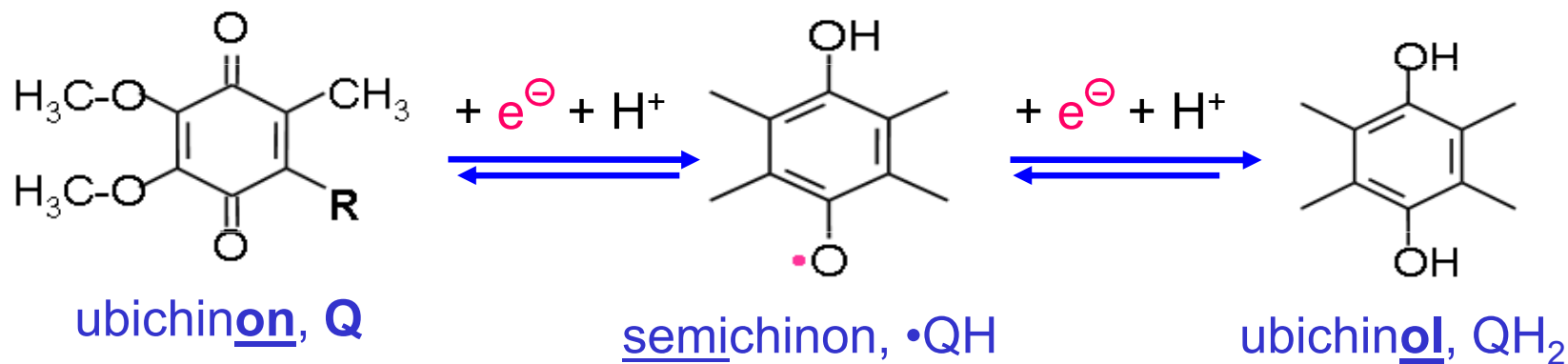
Význam dolicholu pro glykosylaci proteinů



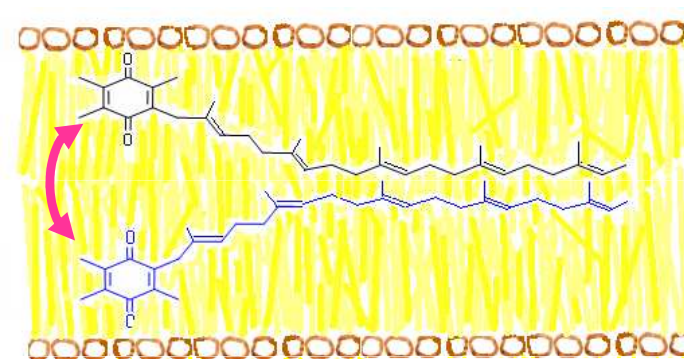
Ubichinon (koenzym Q) je komponentou dýchacího řetězce



Postupně váže dva elektrony a dva protony za vzniku ubichinolu:



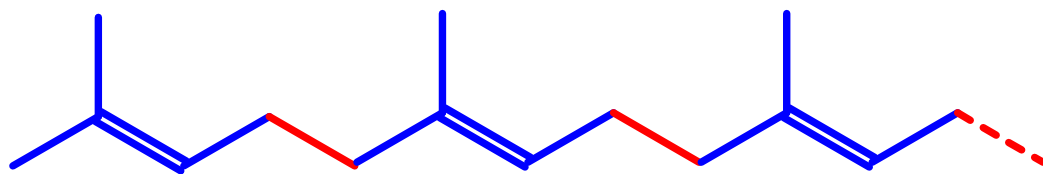
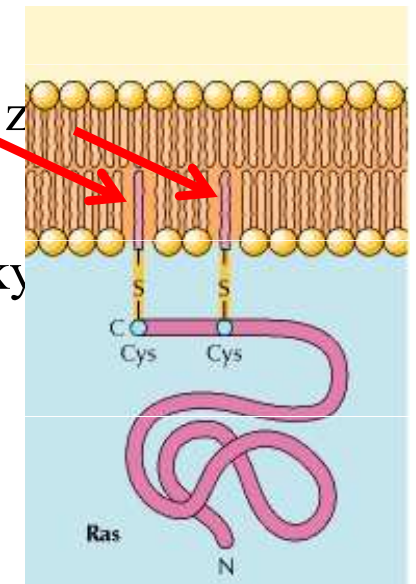
Pomocí lipofilního řetězce je ubichinon zakotven ve
vnitřní mitochondriální membráně



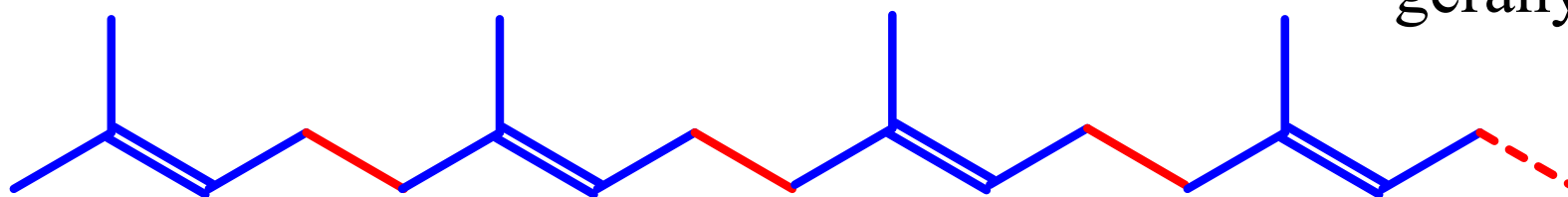
Prenylace proteinů je posttranslační modifikací proteinů

Navázání farnesyly nebo geranyl-geranylu na SH- skupinu cysteinu

- Umožňuje interakci proteinů s membránou (zakotvení).
- Uplatňuje se např. u některých proteinů zprostředkujících buněčnou proliferaci (GTP-vážíci proteiny, např. Ras, Rac, Rho)
- Proteiny ras jsou součástí mitogenních signálních drah, prenylace je zcela z jejich funkce
- inhibitory prenylace (bisfosfonáty) jsou využívány jako protinádorové léky

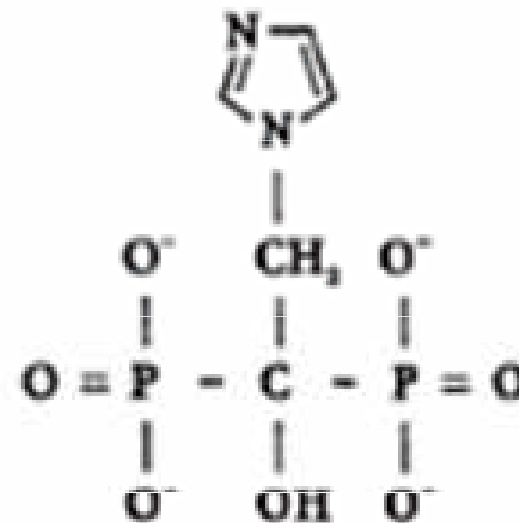
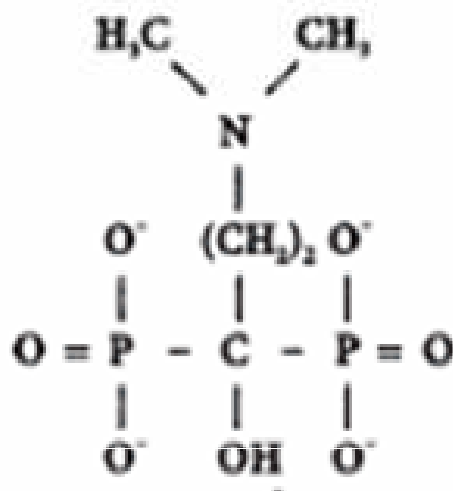
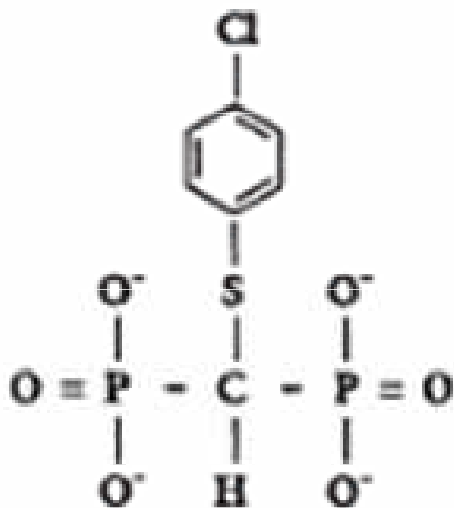


farnesyl- (C₁₅)



geranylgeranyl- (C₂₀)

Příklady bis-fosfonátů

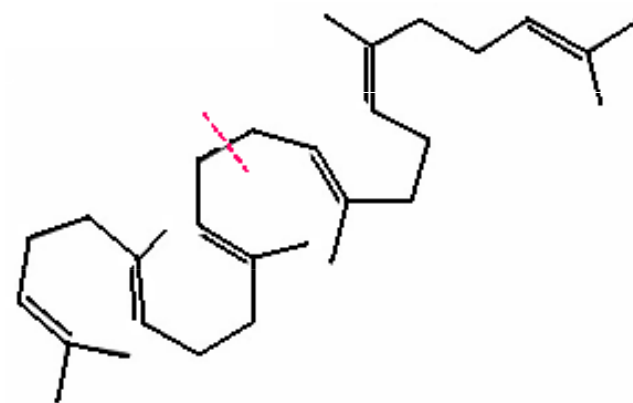
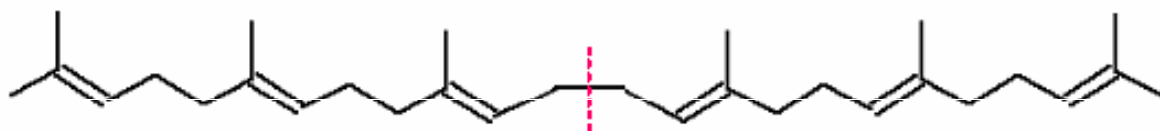


Skvalen

Skvalen je triterpen (C_{30}),

Je meziproduktem při syntéze cholesterolu:

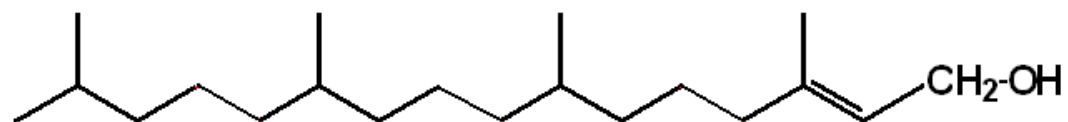
Natažená konformace



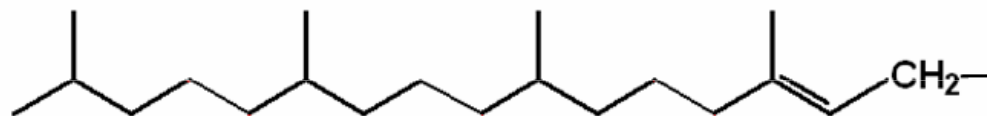
sbalená konformace

Další významné terpeny

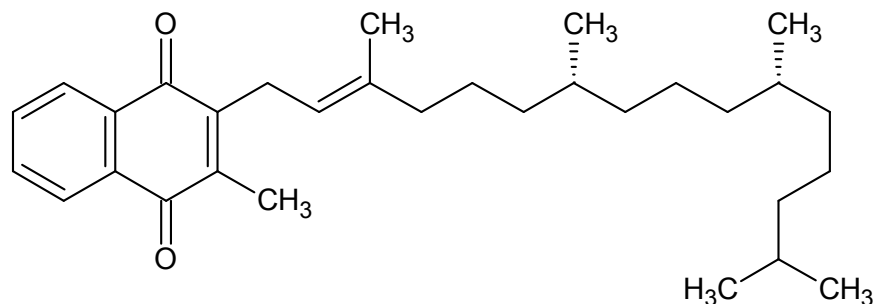
Phytol je diterpenový alkohol (C_{20}):



Phytyl se nachází v chlorofylu a jako postranní řetězec připojený k 1,4-naftochinonu ve **fylochinonu** (vitamin K_1):

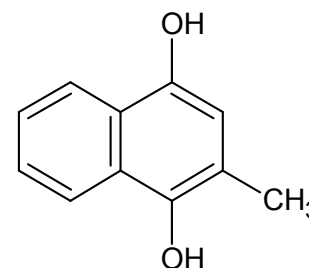


Vitaminy K (deriváty 2-methyl-1,4-naftochinonu)



fylochinon (K₁- rozpustný v tucích)

- v zelených rostlinách



menadiol (K₃- syntetický, rozpustný ve vodě, syntetizován i střevní mikroflorou)

Vitaminy K - potřebné pro gama-karboxylaci glutamátu

Aktivace krevního srážení, zrání kostní tkáně (osteokalcin)

Antagonisté vitamínu K - warfarin a kumarin.

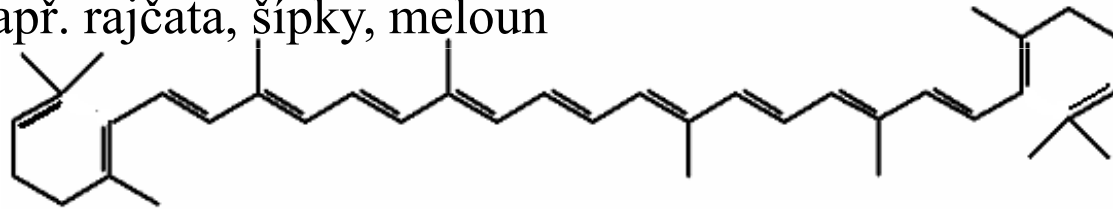
Proč je rajče červené?



Karotenoidy

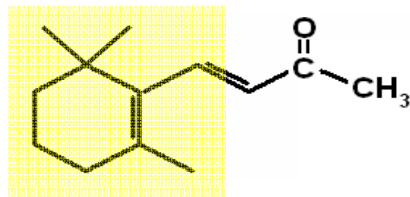
tetraterpeny (C_{40}), přirozená barviva, v listech zelených rostlin, provázejí chlorofyl. Obsahují konjugovaný systém dvojných vazeb, jsou proto zbarvené. Známo kolem 600 struktur. Patří k přírodním antioxidantům.

Lykopen - červený, např. rajčata, šípky, meloun

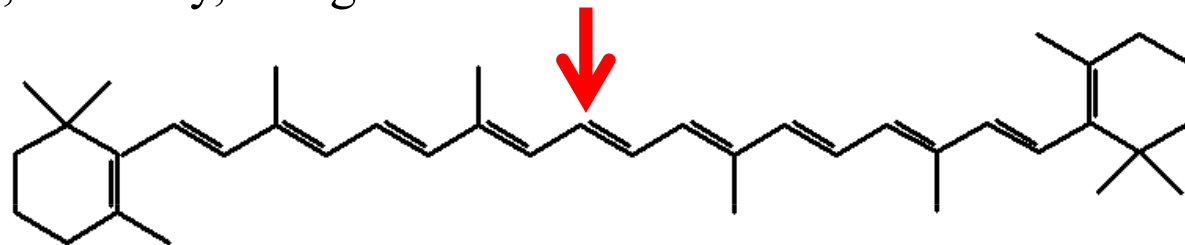


β -Karoten

Nejvýznamější karoten, obsahuje dva β -jononové kruhy na obou koncích molekuly (je symetrický) – oranžový, mrkev, meruňky, mango



β -jononový kruh



Oxidativní štěpení ve středu molekuly produkuje **retinol** (vitamin A).

Ostatní typy karotenů se liší od β -carotenu různými strukturami na koncích řetězce

Kyslíkaté deriváty jsou **xanthofyly**.

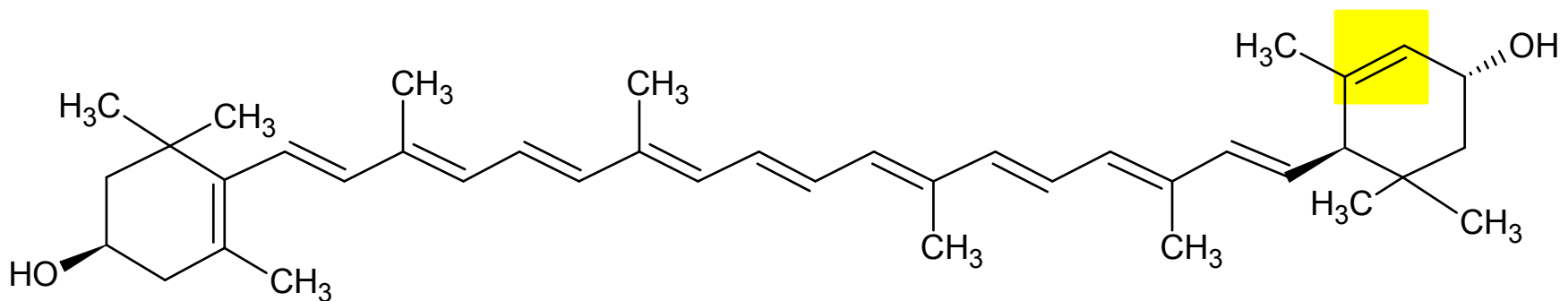
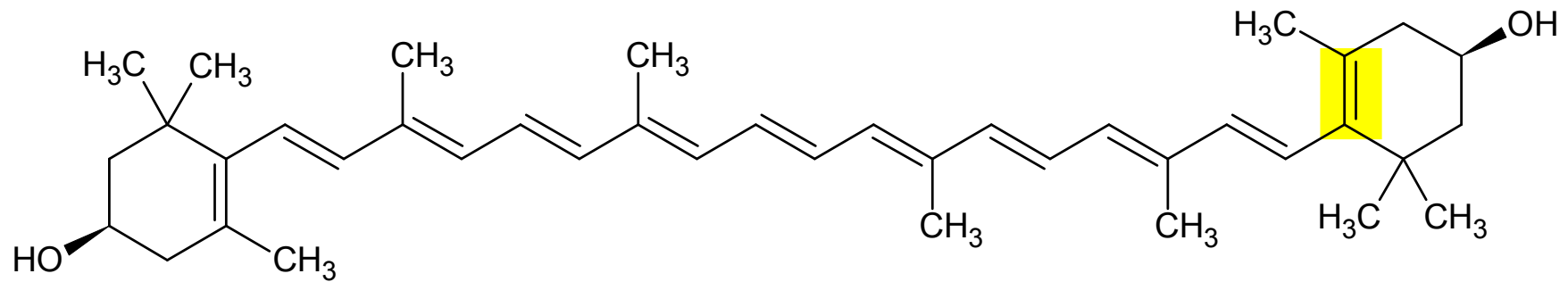
Zeaxanthin a lutein - xantofyly (kyslíkaté deriváty)

žluté zbarvení, lutein E161b

přítomny v listové zelenině

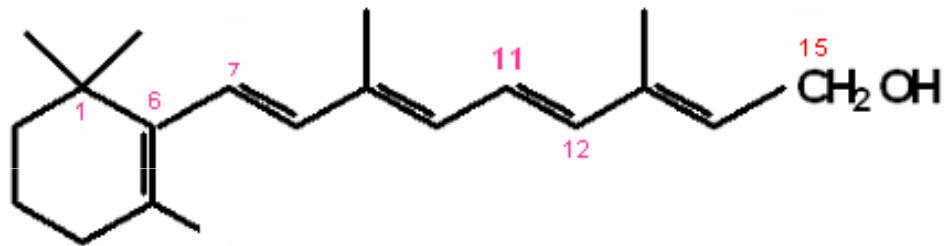
akumulují se v macula densa

existuje hypotéza, že snižují oxidační stres v oku



Retinol (vitamin A)

Vzniká oxidačním štěpením karotenů obsahujících β -iononový kruh

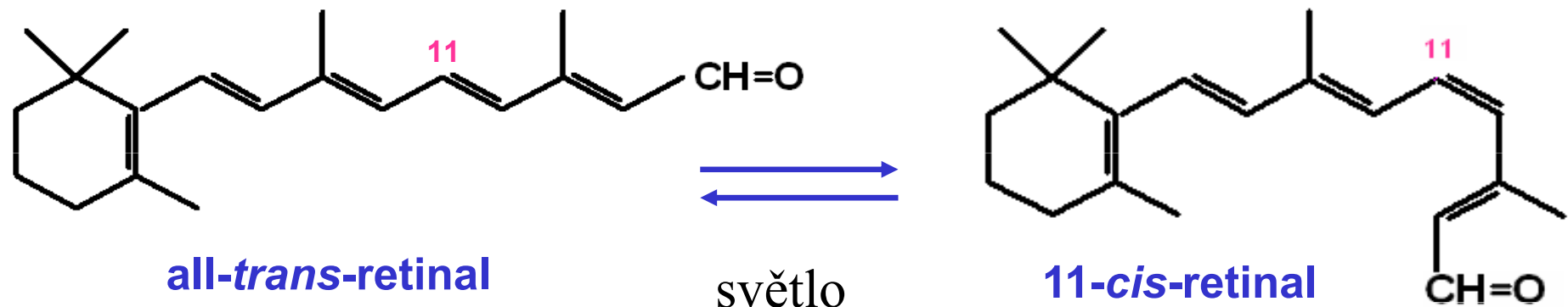


V těle se přeměňuje na aldehyd retinal (reversibilně) a na kyselinu retinovou (irreversibilně).

Retinal

Fotosenzitivní komponenta očního barviva – **rhodopsinu**.

Po absorpci fotonů, se *all-trans*-retinal mění na *11-cis*-retinal, který zahajuje proces vizuálního vjemu.



Proč potřebujeme retinol



Doporučená denní dávka 1 mg

- a) Aldehyd **retinal** je součást rhodopsinu v tyčinkách a čípcích sítnice oka
- b) Kyselina retinová je potřebná pro regulaci exprese genů - podporuje **růst**, a správný vývoj buněk zejména sliznic, kostí a krvevorbny.

Vysoké dávky jsou toxické (dlouhodobé denní dávky 10x vyšší než doporučené nebo jednorázově 100x vyšší dávka – jen při užívání lékových forem nebo denní konzumace jater (polárníci ?)

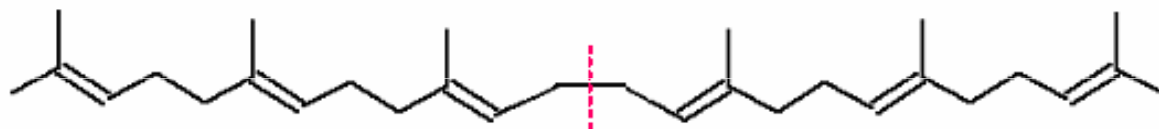
Příznaky deficitu: šeroslepost, xeroftalmie (vysychání a rohovatění spojivek).

Zvýšené riziko infekce.

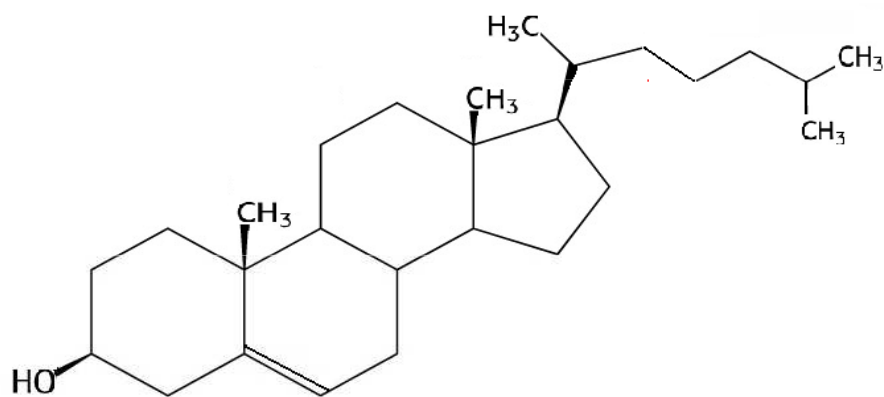
Steroidy

Steroidy

Biosyntetickým původem patří mezi isoprenoidy. Prekursorem je triterpen **skvalen**.

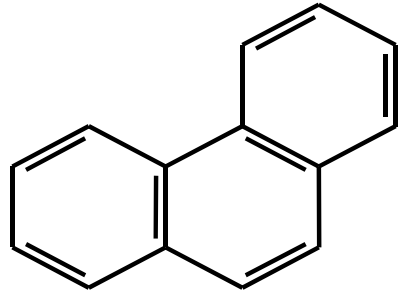


Ze skvalenu je komplexním systémem mnoha reakcí syntetizován steroidní alkohol **cholesterol**

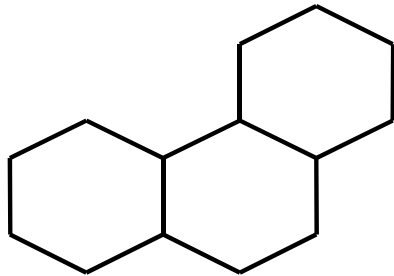


Cholesterol má 27 atomů C

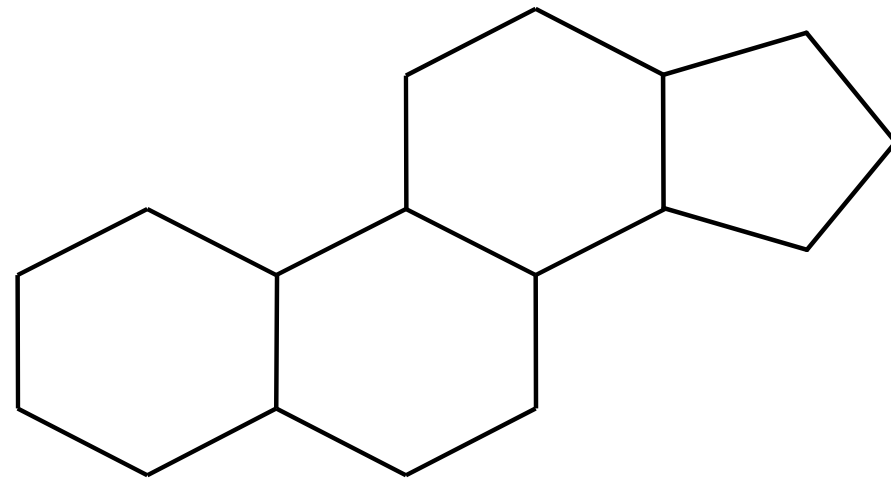
Steroidní skelet



fenanthren



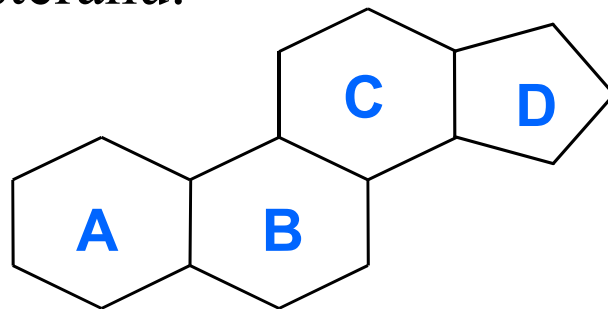
perhydrofenanthren



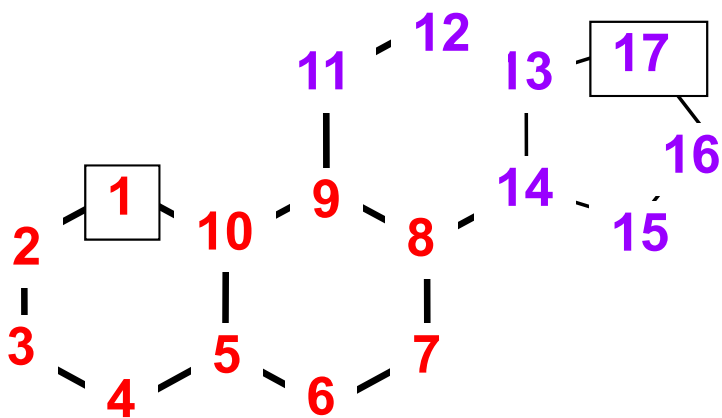
**cyclopentanoperhydrofenanthren
(steran)**

Steran

Označení kruhů ve steranu:



Číslování uhlíkových atomů ve steranu:

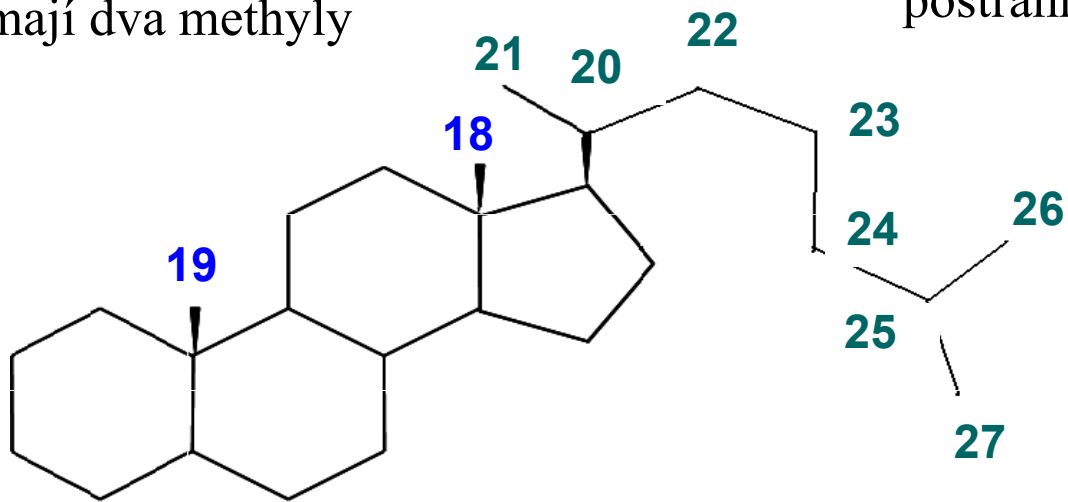


!!!Důležité pro popis biosyntézy a poruch !!!

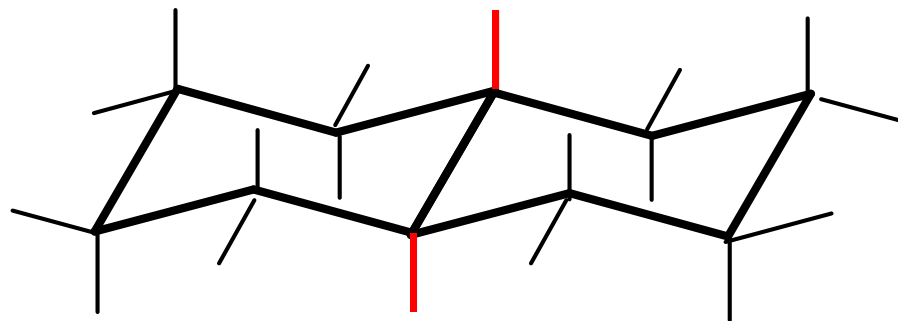
Číslování steroidů

Přirozené steroidy
mají dva methyly

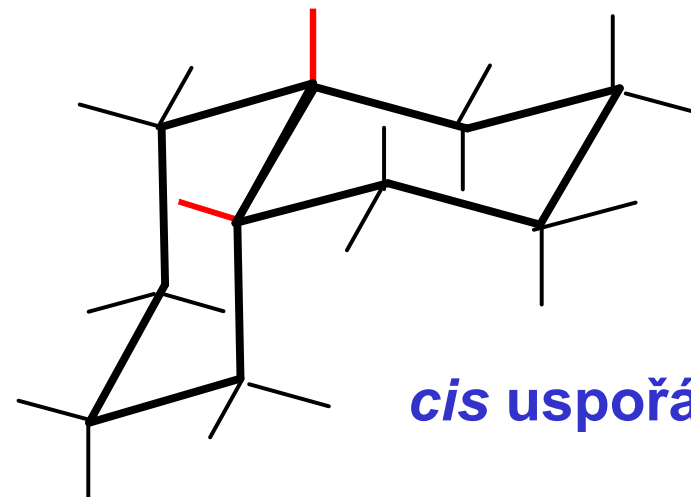
Číslování
postranního řetězce



Vzájemná konfigurace dvou kondenzovaných cyklických uhlovodíků:

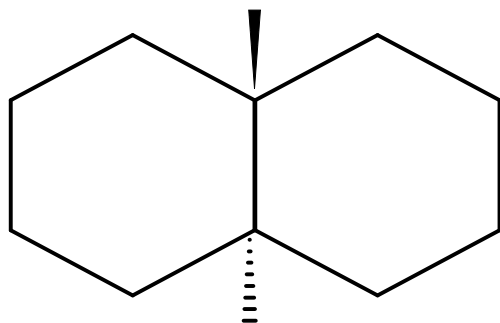


trans uspořádání



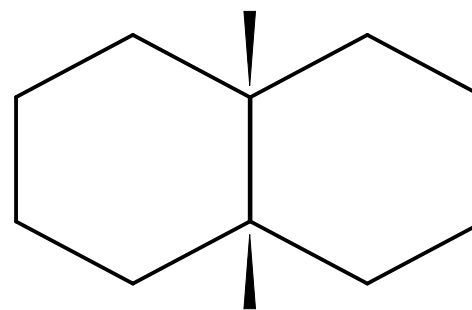
cis uspořádání

***Trans* uspořádání poskytuje téměř planární strukturu,
cis uspořádání poskytuje lomenou strukturu**



trans

dekalin



cis

Stereoisomerie steranu

Stereoisomery steranu – celkem 8 možných forem

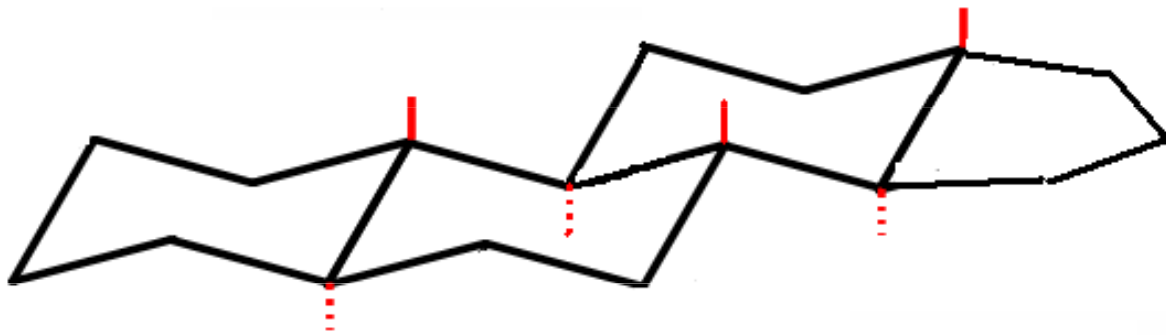
U přirozených steroidů jsou většinou kruhy B/C and C/D v uspořádání *trans*,

Kruhy A/B mohou být *cis* i *trans*

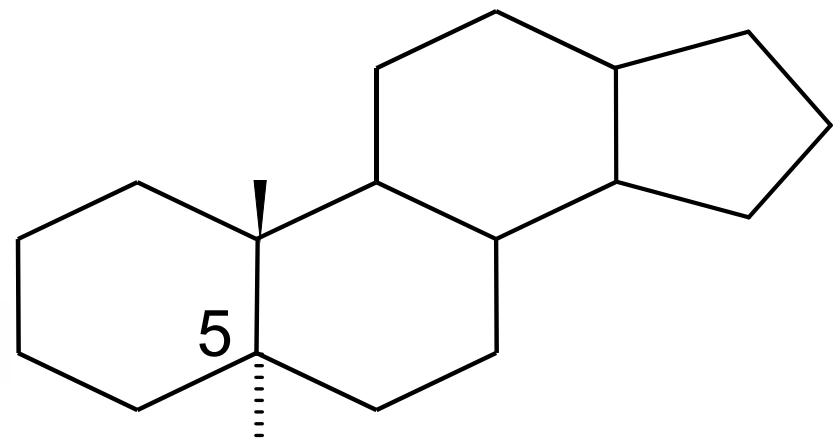
A/B *trans* = (5 α -gonan)

A/B *cis* = (5 β -gonane)

(leží-li atomy vodíku nebo jiných substituentů připojených k C10, C8, C13 nad rovinou kruhů – jejich poloha se označuje jako β , leží-li pod rovinou značí se α)



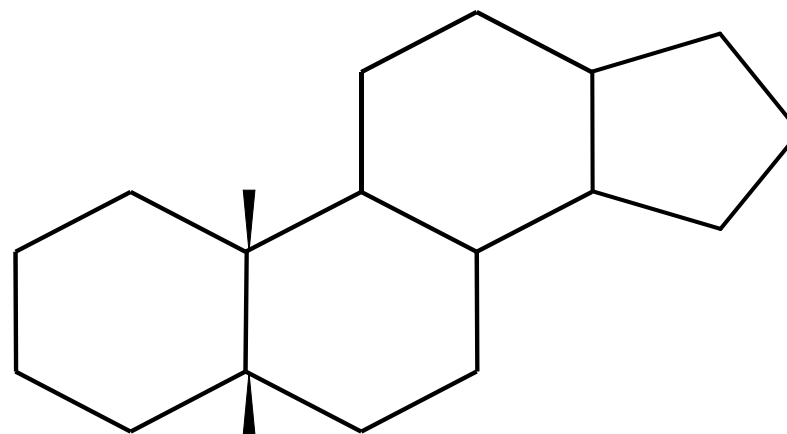
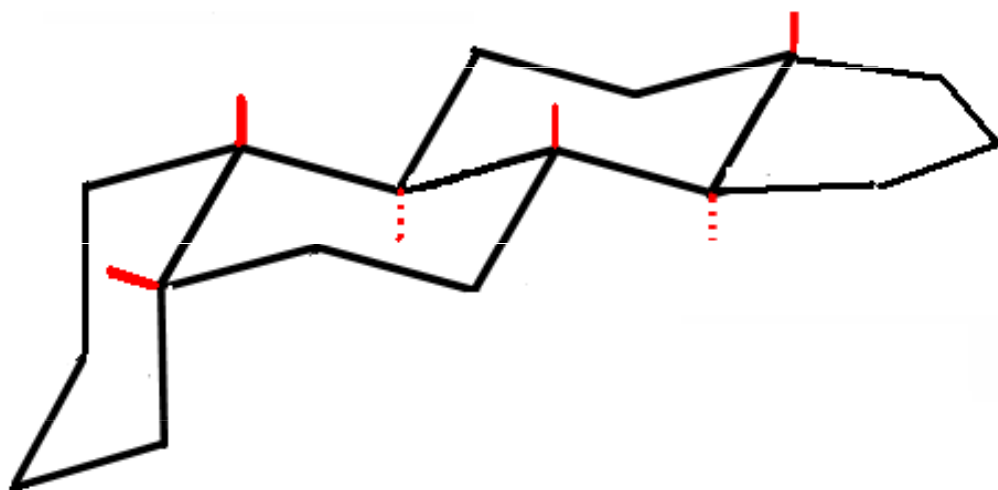
5 α -gonan



H na C-5 leží v pozici *trans*
vůči CH₃ na C-1

Méně časté uspořádání A/B cis

Např. u žlučových kyselin



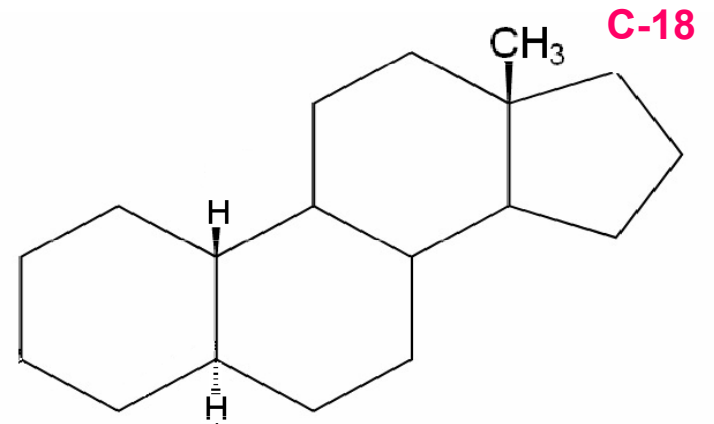
5 β -gonan

Třídy steroidů na základě počtu uhlíků

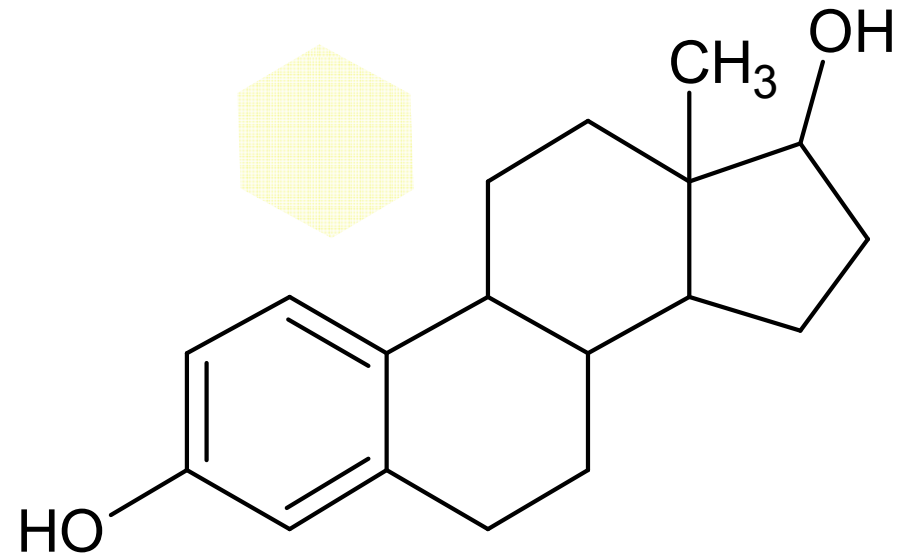
Název	Počet C	Skupina steroidů	Příklad
Steran	17	-	-
Estran	18	estrogeny	estradiol
Androstan	19	androgeny	testosteron
Pregnan	21	Gestageny, kortikoidy	Progesteron, kortisol
Cholan	24	Žlučové kyseliny	Cholová kyselina
Cholestan	27	Živočišně steroly	Cholesterol

C₁₈

5 α -Estran

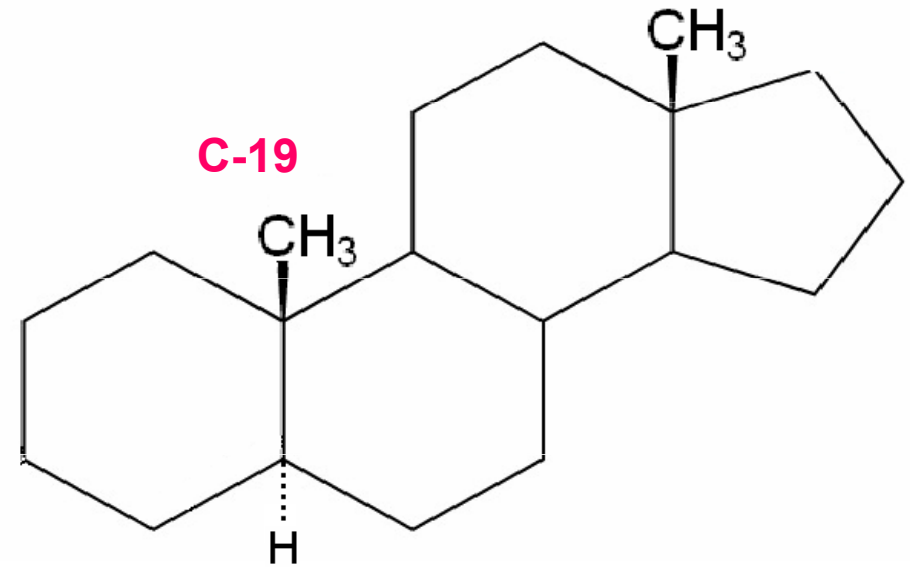


Estradiol

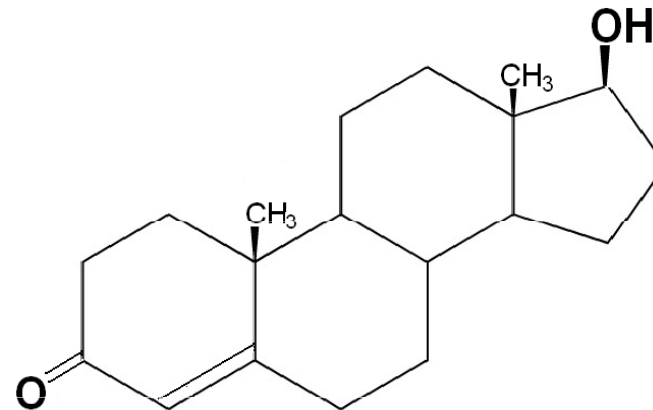


C₁₉

5 α -Androstan

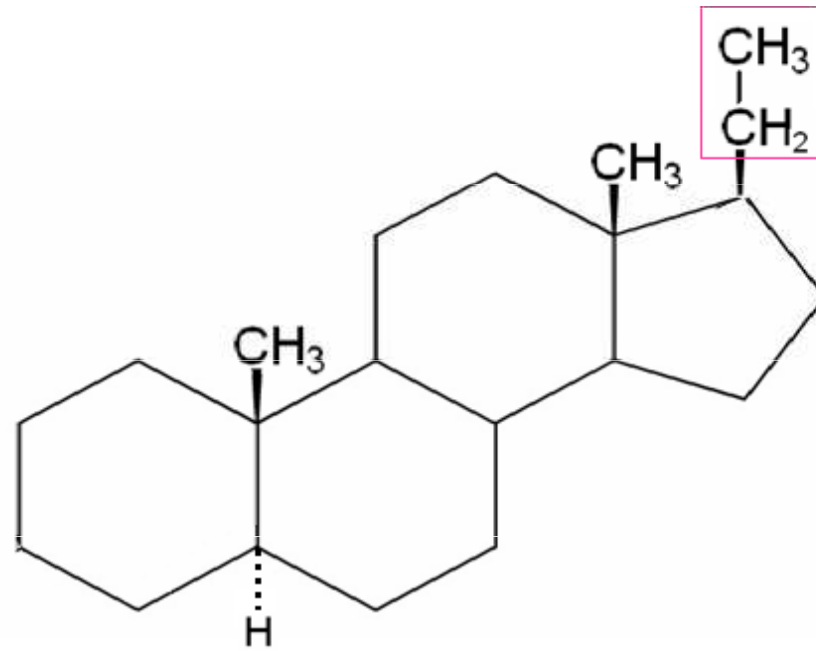


Testosteron

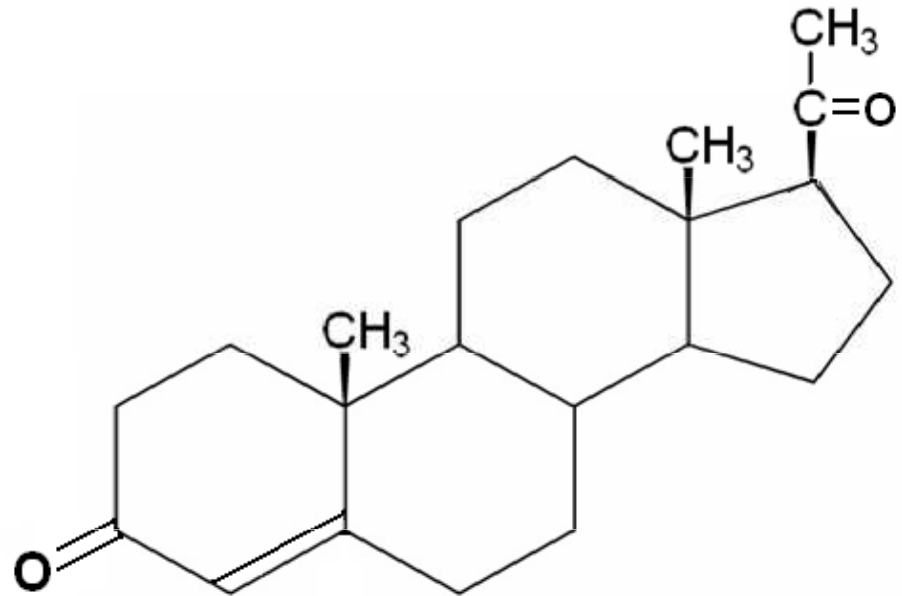


C₂₁

5 α -Pregnan



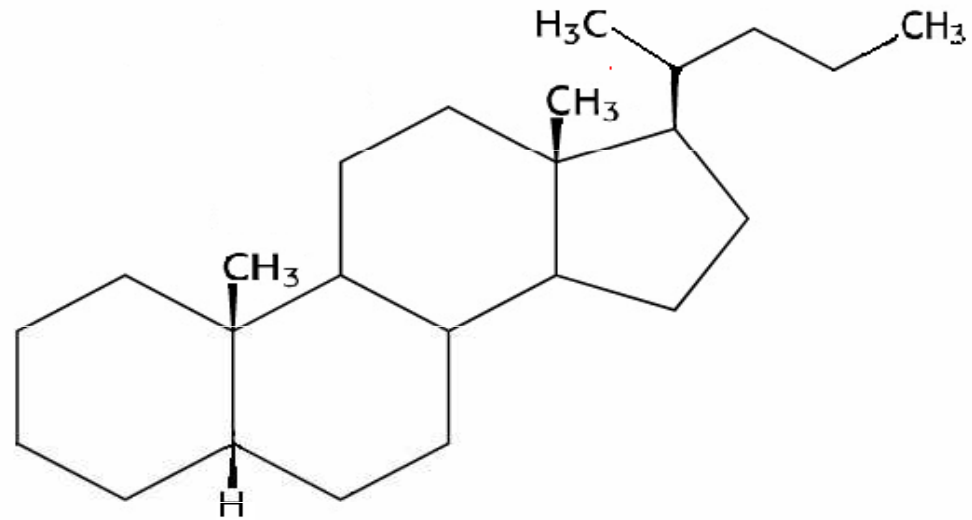
Progesteron



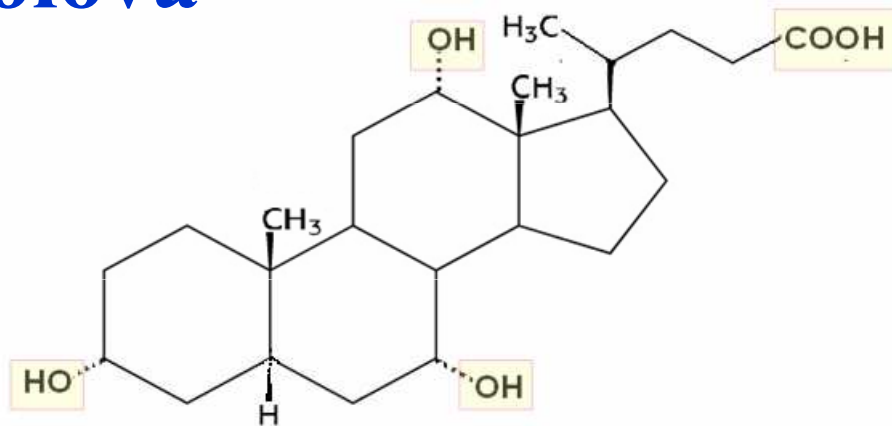
C₂₄

5 β -Cholan

5 uhlíků v postranním řetězci na C-17



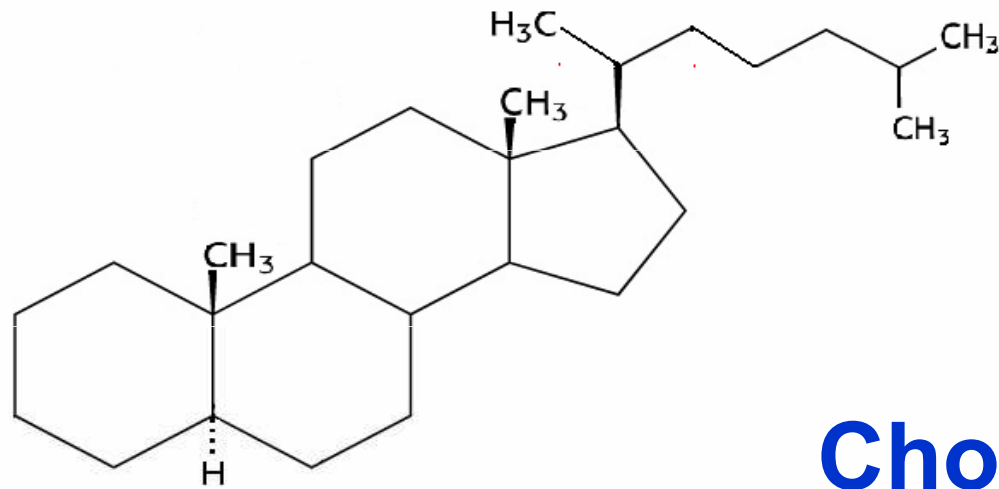
Kyselina cholová



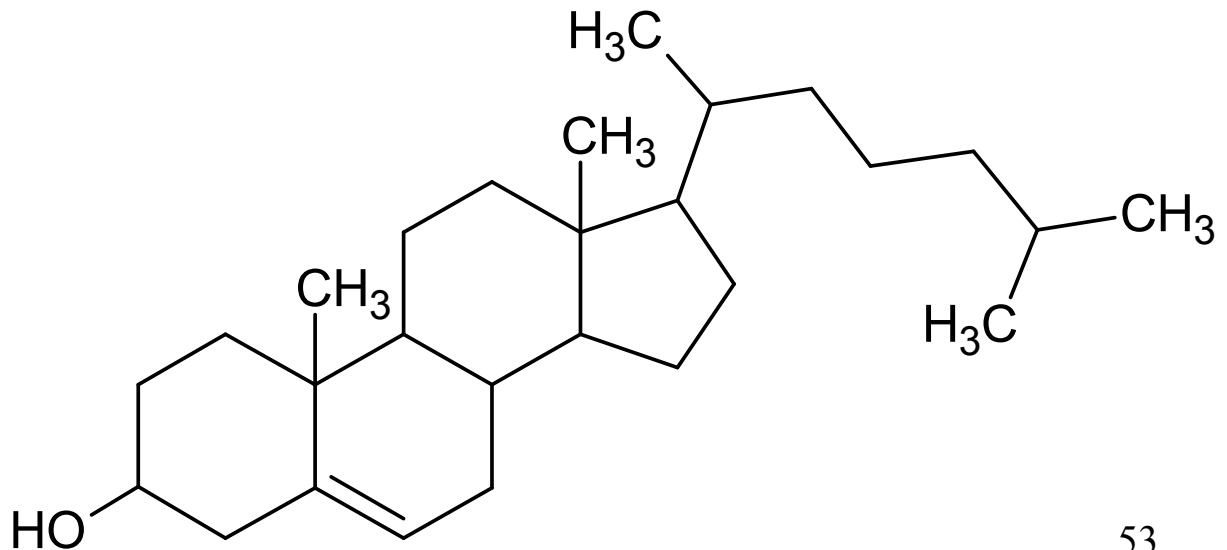
C₂₇

5 α -Cholestan

8 uhlíků v postranním řetězci na C-17

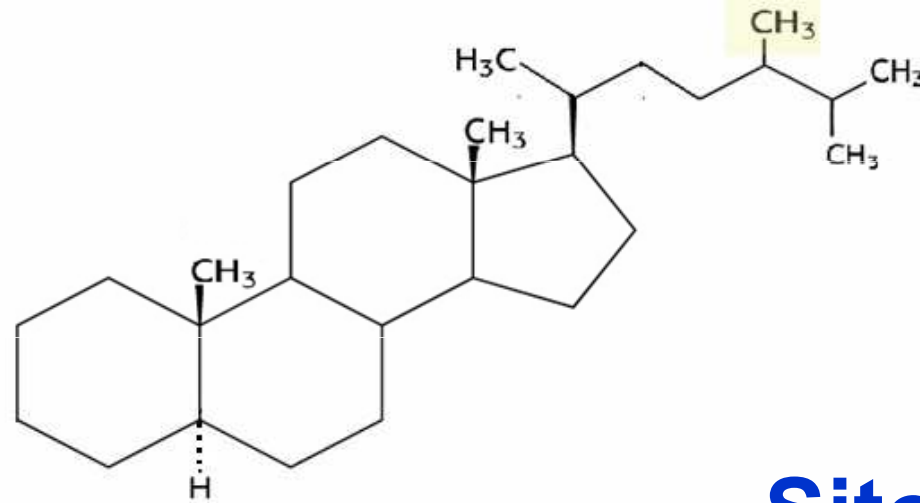


Cholesterol



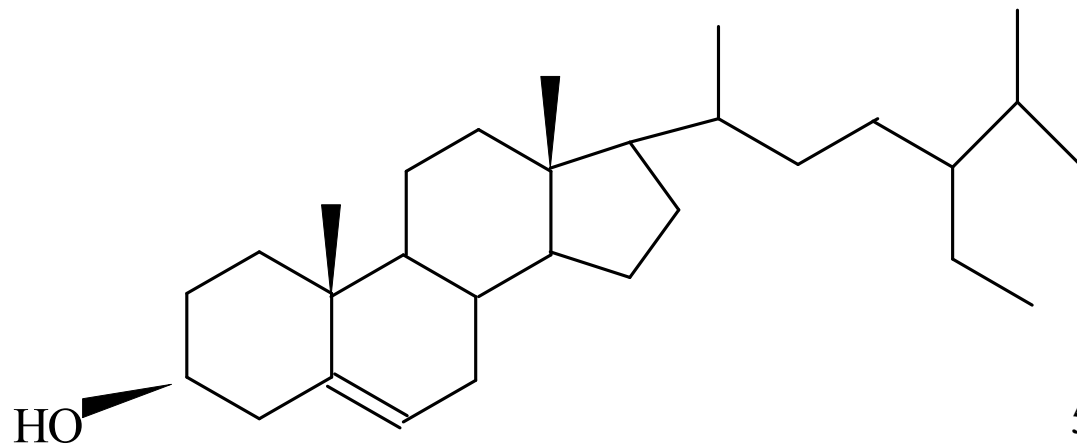
Ergostan **C₂₈**

9 uhlíků v postranním řetězci na C-17

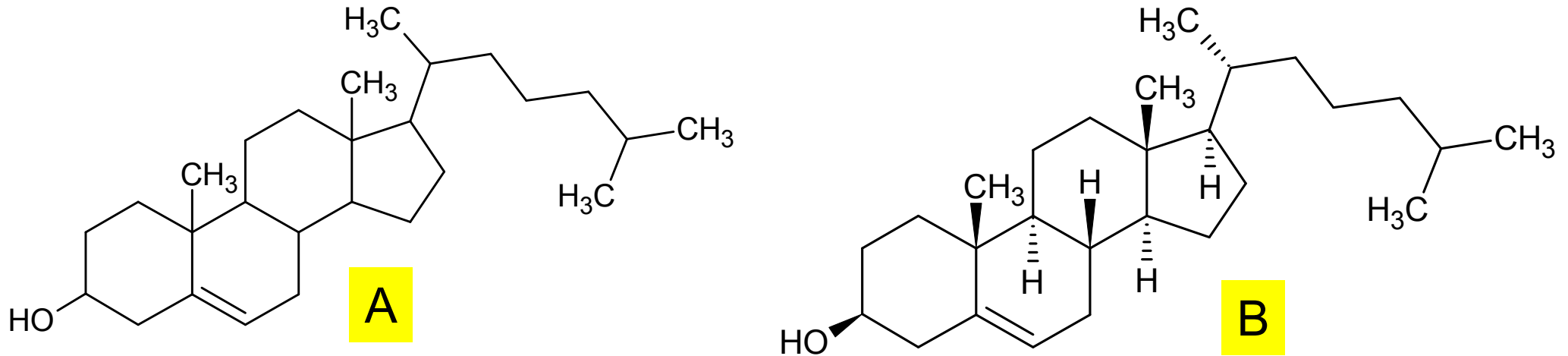


Sitosterol

Základ rostlinných fytosterolů



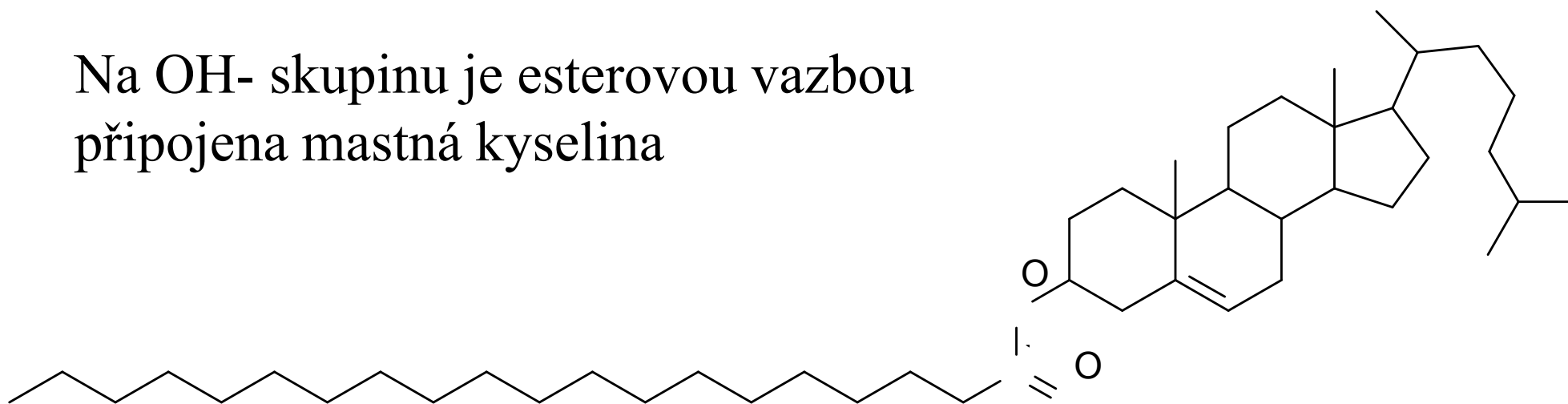
Cholesterol (cholest-5-en-3 β -ol)



Vzorec A	Zjednodušený vzorec
Vzorec B	Vzorec vyjadřující konfiguraci na chirálních uhlících: Tučně vyznačené vazby směřují nad rovinu (β), čárkované po rovinu (α)

Esterifikovaný cholesterol

Na OH- skupinu je esterovou vazbou
připojena mastná kyselina



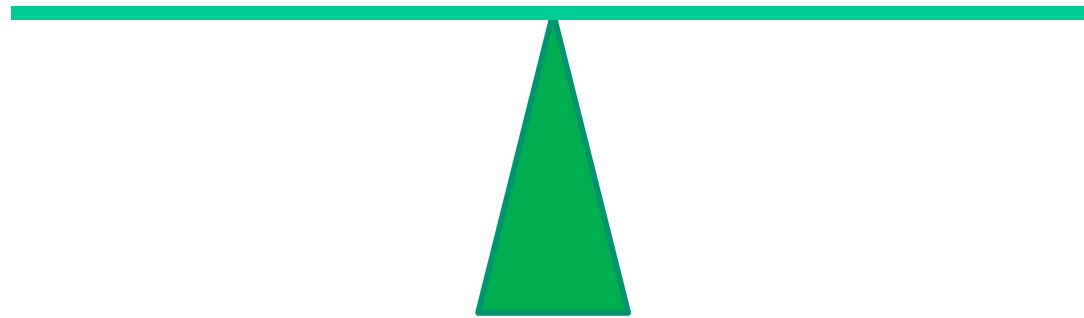
Nejčastěji kys. linolová a linolenová

Esterifikací se snižuje polarita cholesterolu (ztrácí se OH- skupina, která je jedinou polární skupinou v cholesterolu)

Význam cholesterolu

Komponenta membrán
Substrát pro syntézu
steroidů a žlučových
kyselin

Nadbytek
cholesterolu se může
akumulovat v cévní
stěně a vyvolat
aterosklerózu



Bilance cholesterolu

Zdroje v těle	~ g/den	Výdej	g/den
Potraviny	0.5 g	Koprostanol (stolice)	0.8 g
Biosyntéza	1.0 g	Žlučové kyseliny (stolice)	0.5 g
		Kožním a ušním maz, odloučený střevní epitel	0.2 g
Celkem:	1.5 g	Celkem:	1.5 g

Zdroje cholesterolu v potravě

Pouze živočišné tuky





Co je klamavého na této nálepce?

Eliminace cholesterolu z organismu

Cyklický steroidní systém nemůže být v organismu odbourán

- jsou dvě cesty, jak organismus eliminuje cholesterol:

přeměna na žlučové kyseliny a jejich exkrece

vylučování nezměněného cholesterolu žlučí

Ve střevě se cholesterol působením bakteriálních enzymů přeměňuje na koprostanol

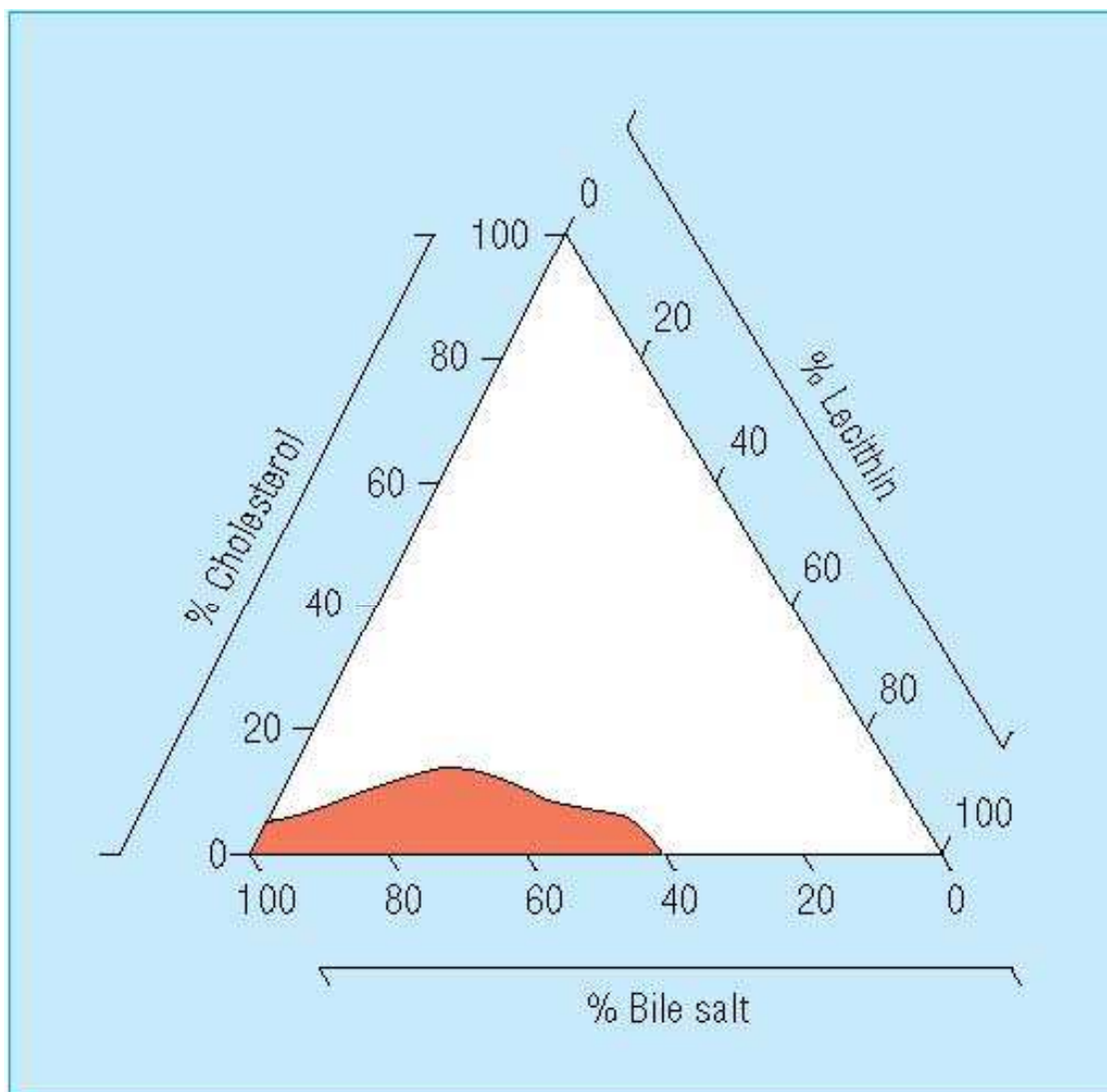
Cholesterol může ve žluči vytvářet žlučové kameny



80% všech žlučových kamenů

Rozpustnost cholesterolu ve žluči

Graf, z něhož lze odvodit poměry, kdy je ještě cholesterol rozpustný



- Rozpustnost cholesterolu v játrech závisí na vzájemném poměru se žlučovými kyselinami a lecithinem.
- Jsou-li všechny složky v takovém poměru, že jejich průsečík leží v barevné zóně, je cholesterol rozpuštěný.
- Změní-li se jejich poměr tak, že se průsečík posune mimo tuto zónu, cholesterol se vysráží a usazuje se na stěnách

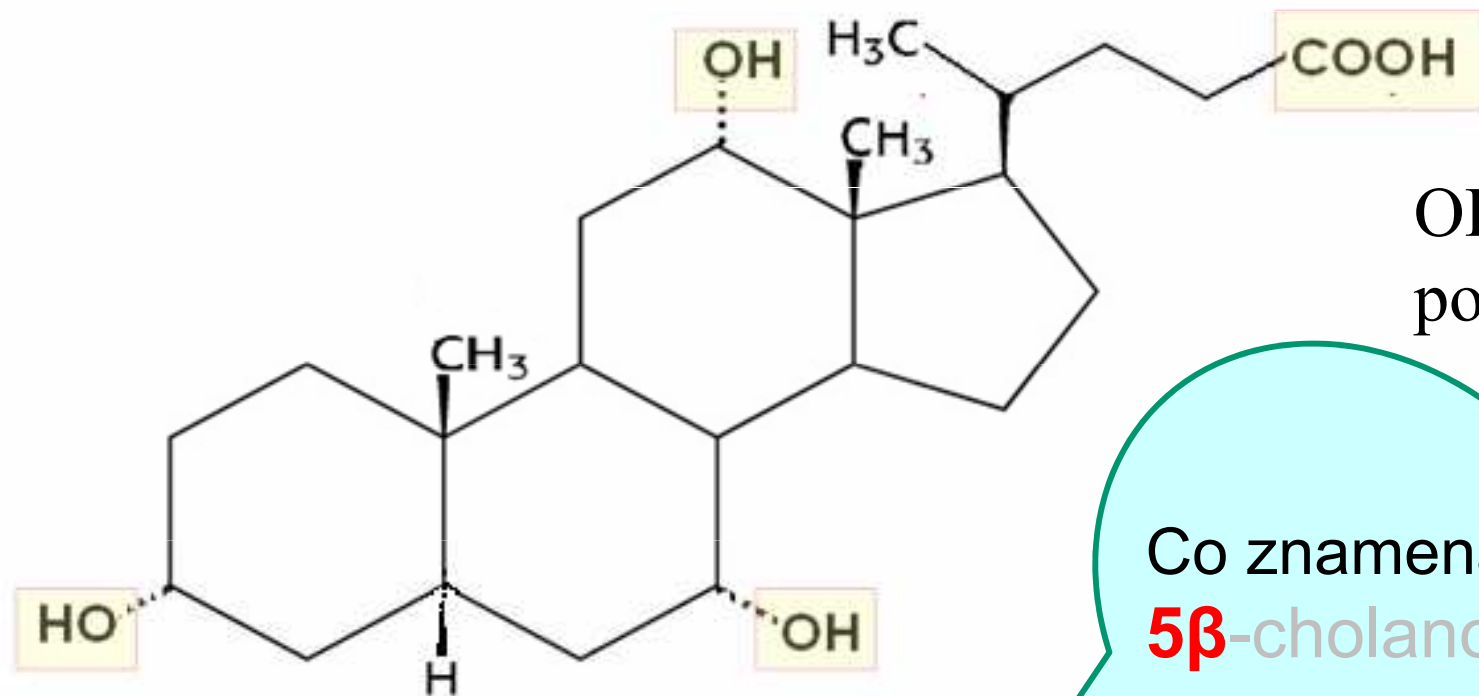
C₂₄

Žlučové kyseliny obsahují karboxylovou skupinu a jednu až tři OH- skupiny

Cholová kyselina

(3 α ,7 α ,12 α -trihydroxy-5 β -cholanová)

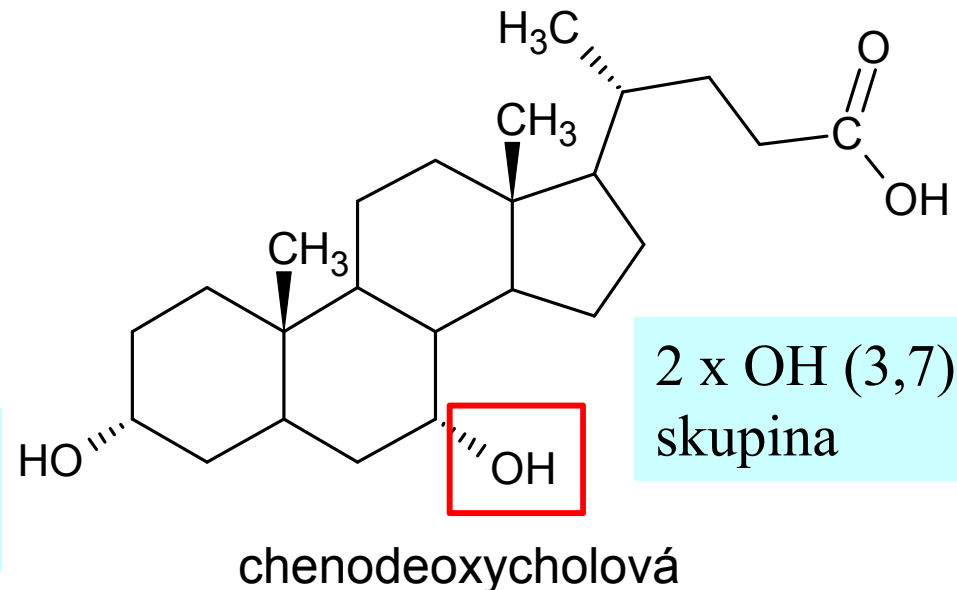
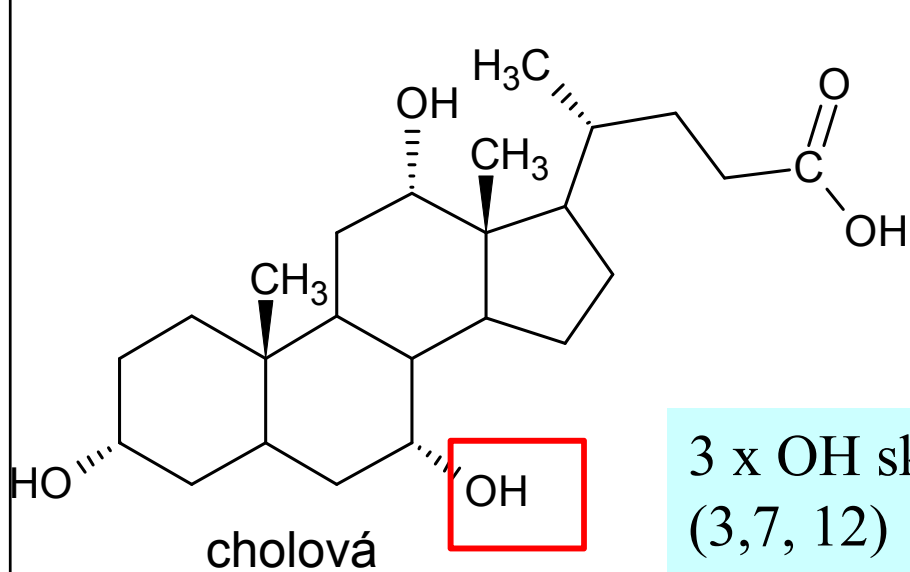
pK_A \approx 6



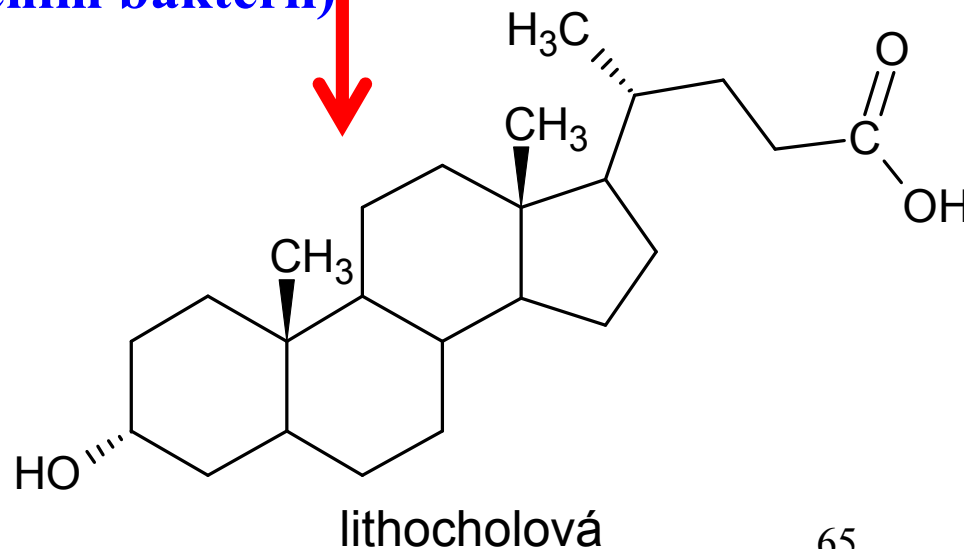
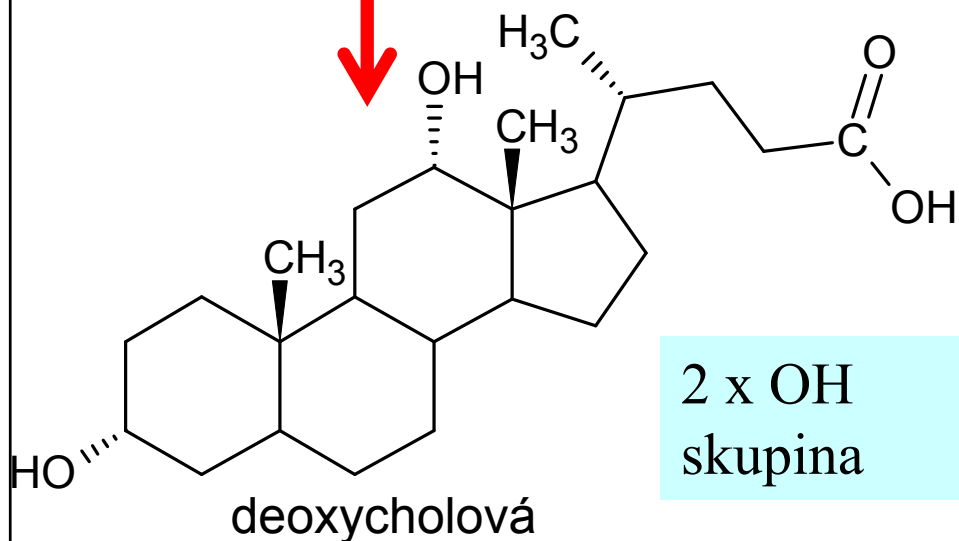
OH skupiny v pozicích 3,7,12

Co znamená
5 β -cholanová?

Primární žlučové kyseliny (tvoří se v játrech)

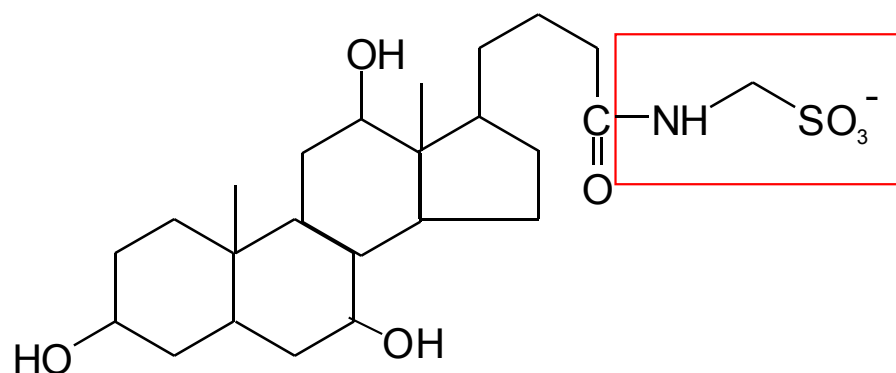


Sekundární žlučové kyseliny (tvoří se z primárních ve střevě odstraněním OH v pozici 7 působením bakterií)



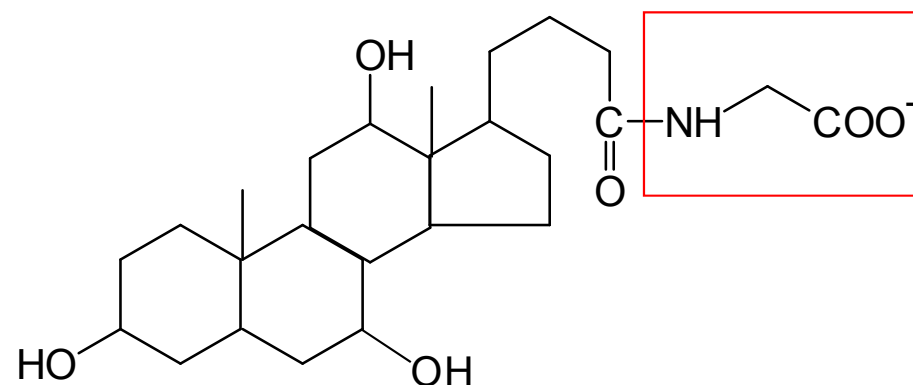
Konjugované žlučové kyseliny

Reakce karboxylové skupiny s taurinem nebo glycínem



taurocholová

$$\text{pK}_A \approx 2$$



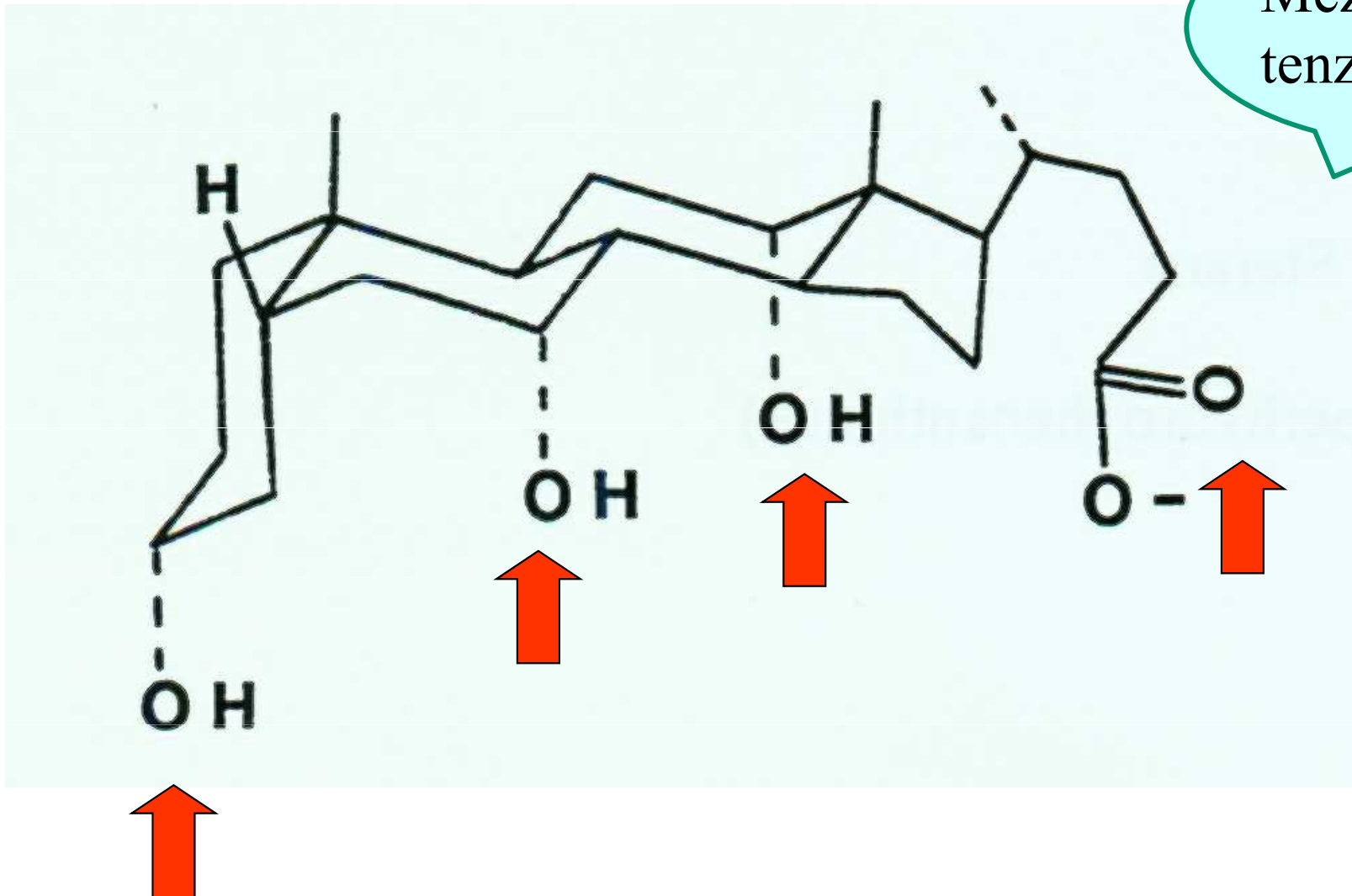
glykocholová

$$\text{pK}_A \approx 4$$

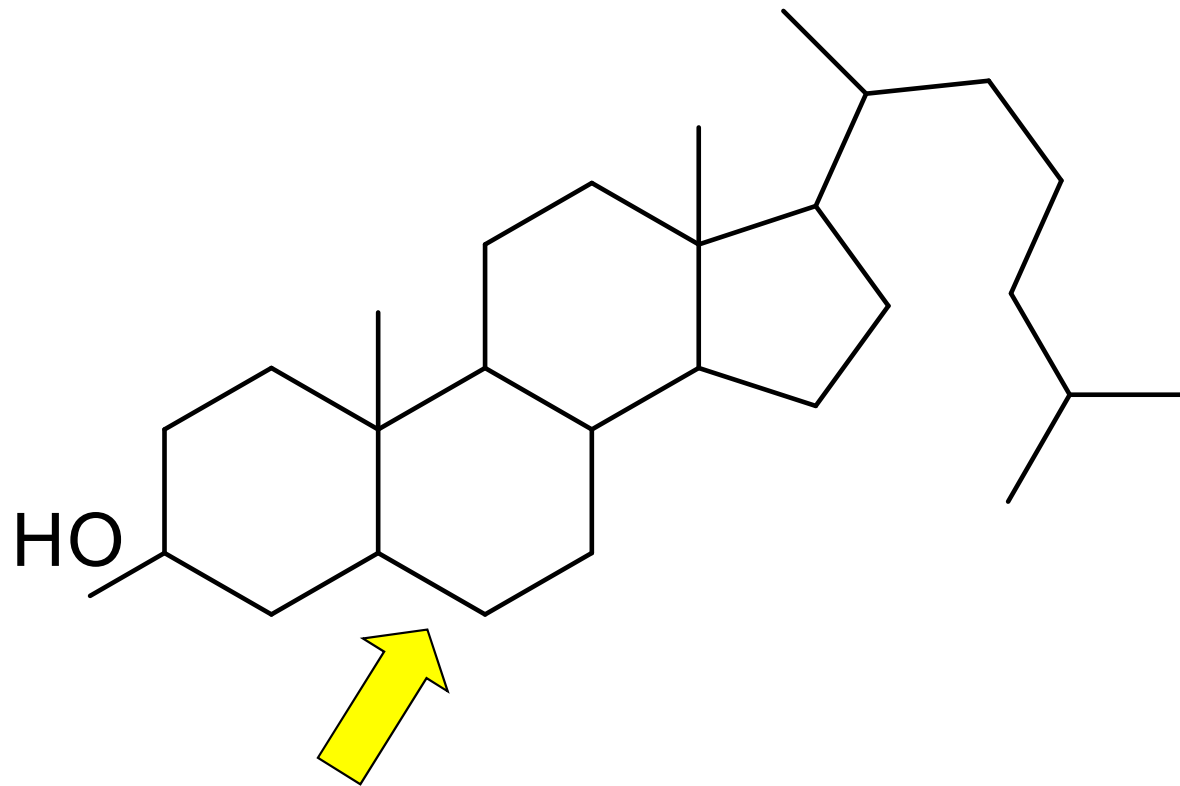
Konjugace snižuje hodnoty pK_A , zvyšuje detergenční účinnost

Žlučové kyseliny působí jako tenzidy v tenkém střevě

Mezi jaké tenzidy patří?



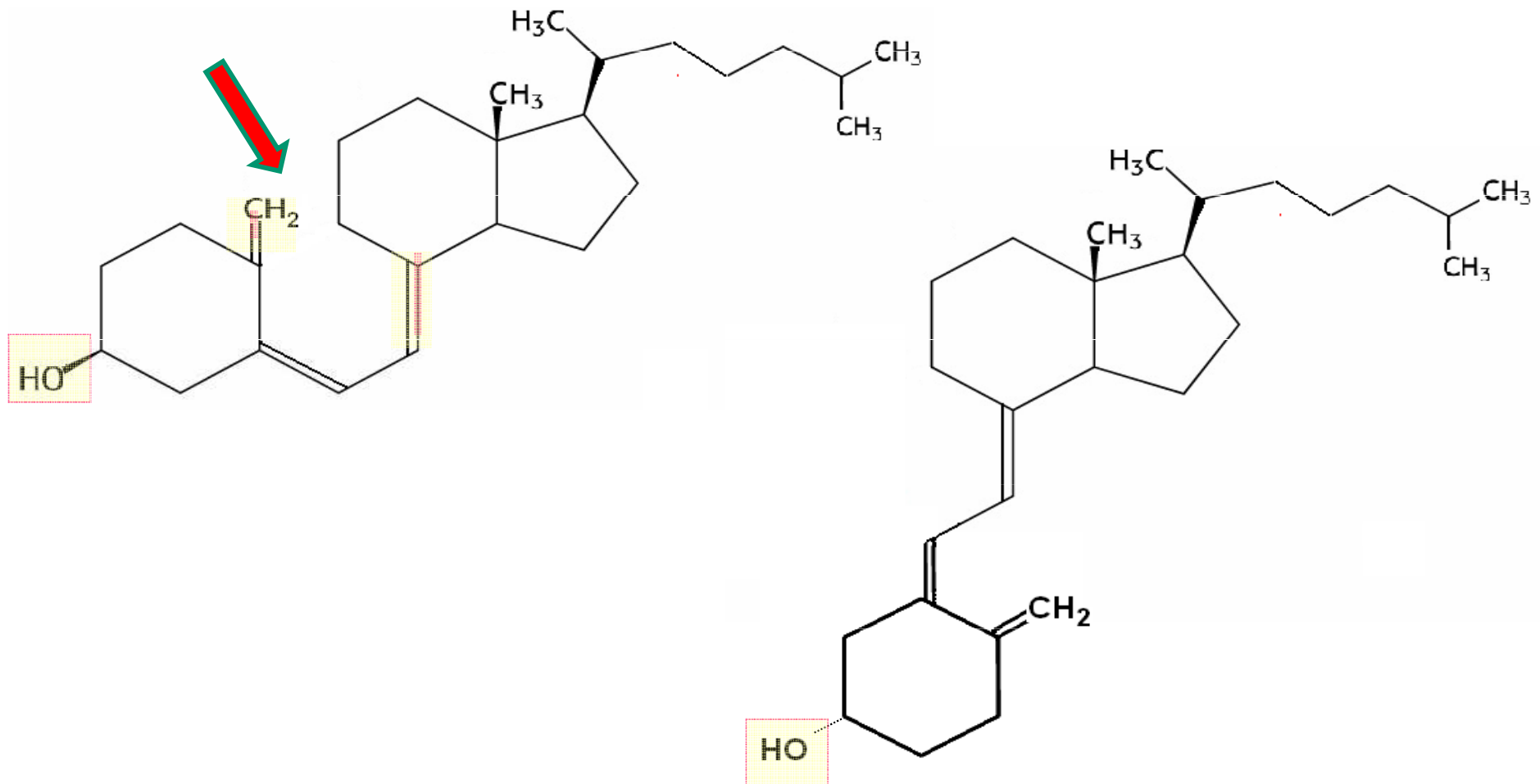
Koprostanol je hydrogenovaný cholesterol



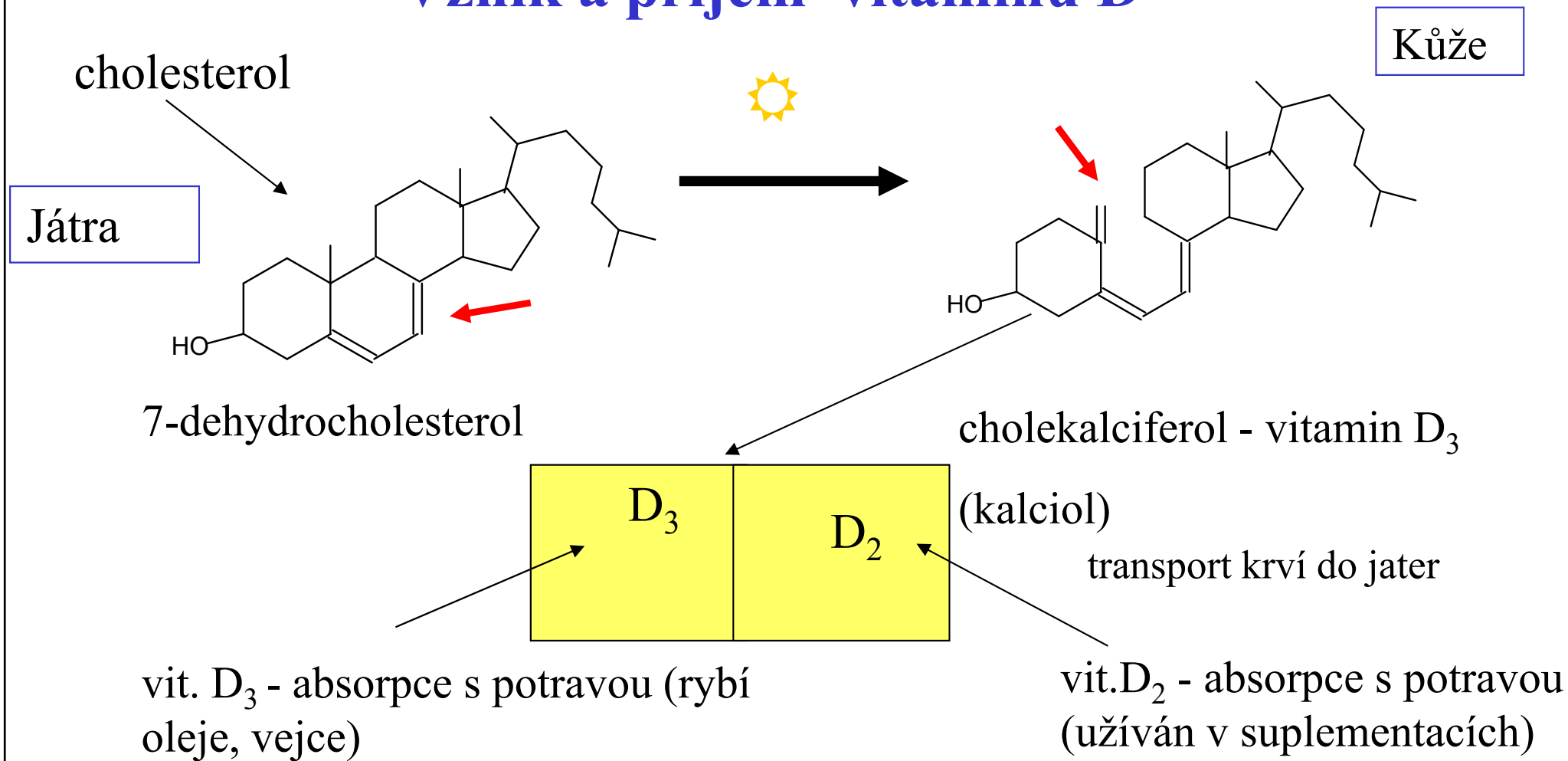
Produkt bakteriální redukce cholesterolu v tlustém střevě.

C₂₇

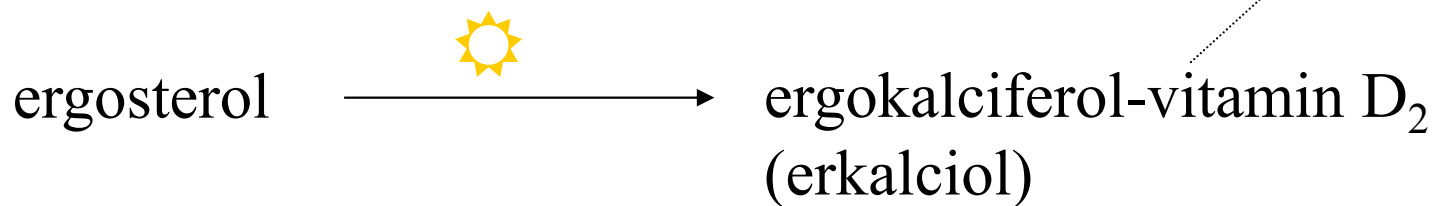
Kalciol (cholecalciferol, vitamin D₃) je syntetizován z 7-dehydrocholesterolu fotolýzou, která vede k otevření kruhu B:



Vznik a příjem vitaminů D



Rostliny



Proč potřebujeme vitaminy D?

Ergokalciferol a cholekalciferol jsou v ledvinách postupně hydroxylovány na 25(OH)D a v játrech na 1,25 (OH)₂D = **kalcitriol**,

Kalcitrol ovlivňuje hospodaření s Ca²⁺ (především resorpci Ca²⁺ ze střeva).

Má rovněž imunomodulační, antiproliferativní a prodiferenciační účinky.

DDD 0,01 mg

Deficit vitamínu D

K deficitu dochází:

při nedostatečném příjmu potravinou

poruchách absorpce, cholestáze (nedostatek žluč. kyselin),

nedostatečném osvětlení slunečním zářením (“indoor lifestyle”, opalovací krémy),

snížené hydroxylaci (jaterní a ledvinná onemocnění, hypoparathyreóza),

nefrotickém syndromu.

Nadbytek vitamínu D

Vitamin D přijímaný ve velkých dávkách je toxický

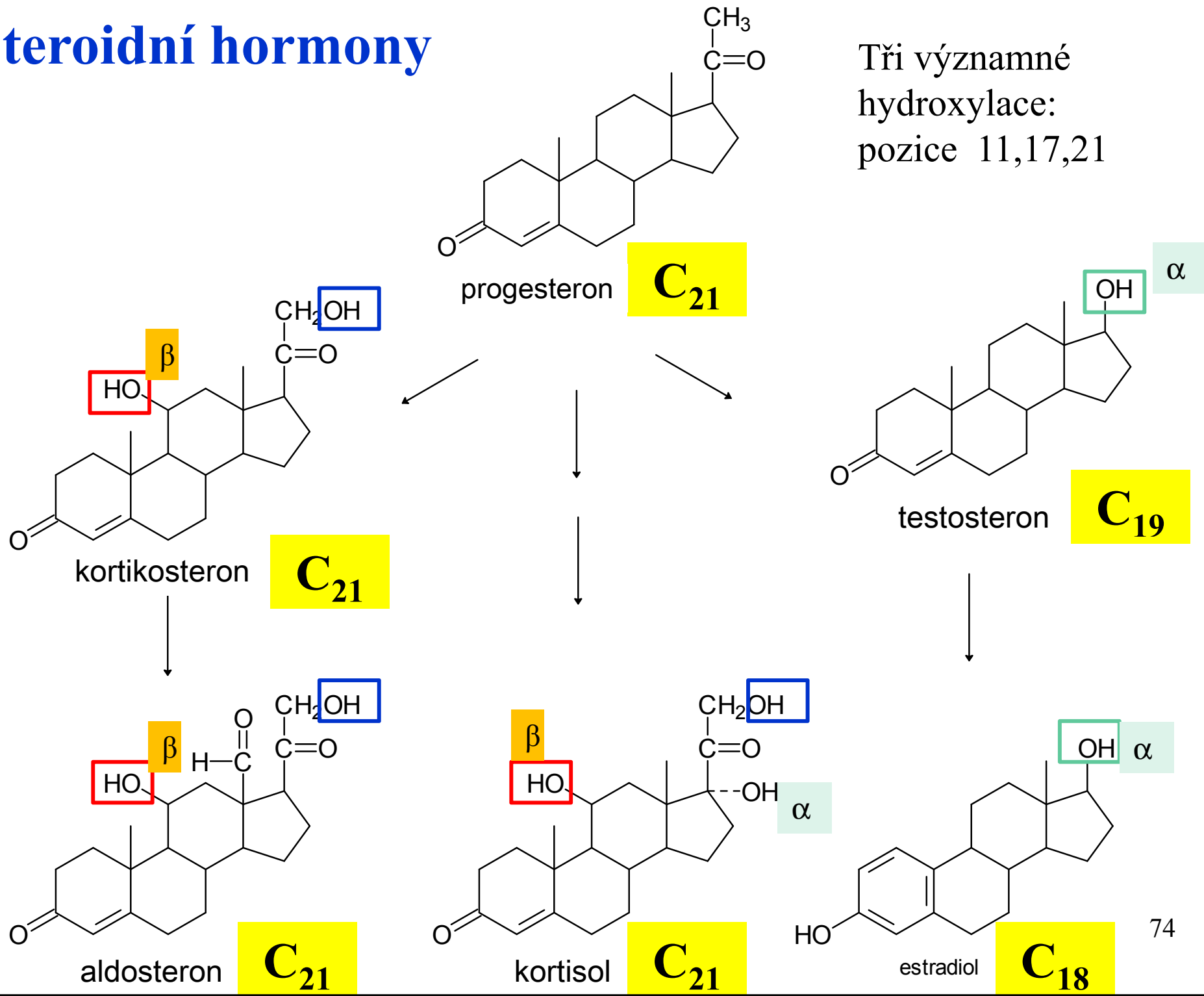
Vyvolá hyperkalcemii a hyperfosfatemii ⇒ mineralizace ledvin, srdce, cév ad.

Syntéza D₃ v těle je regulována – nemůže dojít k předávkování

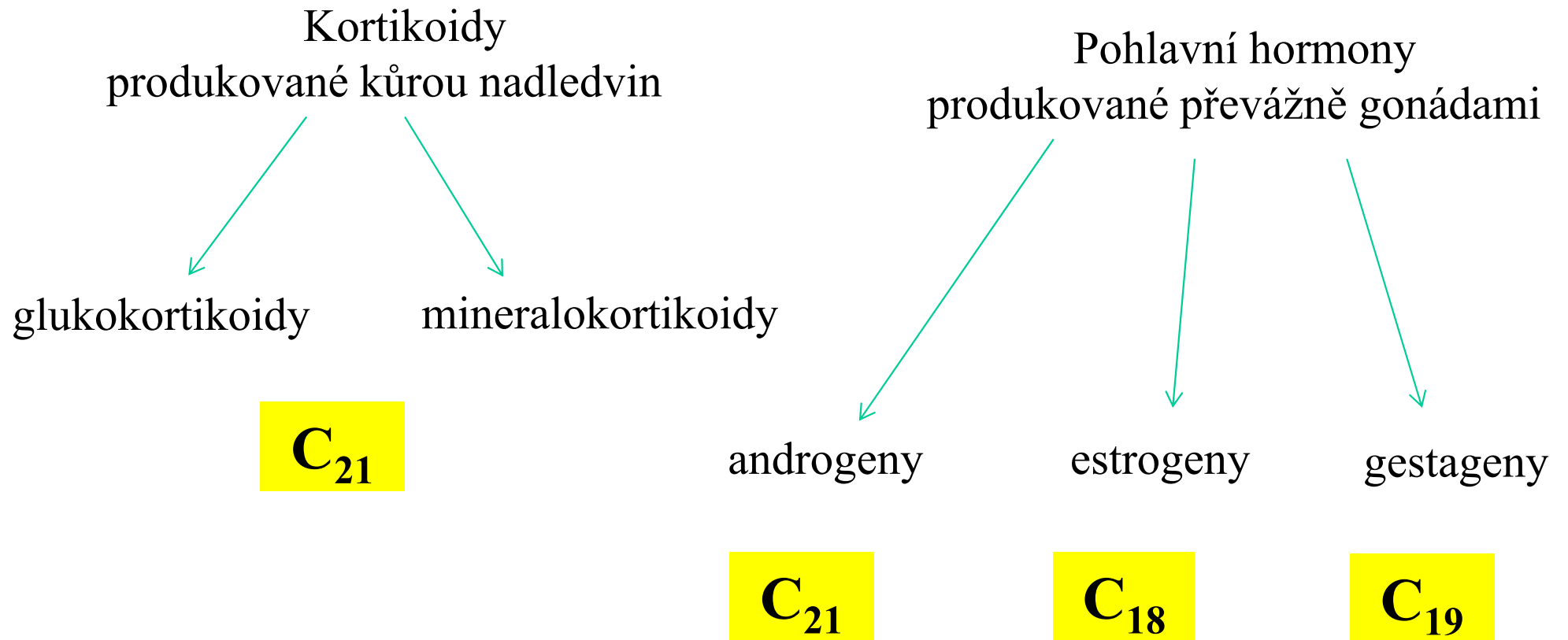
Steroidní hormony

Steroidní hormony

Tři významné hydroxylace:
pozice 11,17,21



Klasifikace steroidních hormonů



Hydroxylové skupiny u steroidních hormonů

Hormon	Počet OH skupin	Pozice OH skupin
Progesteron	-	-
Testosteron	1	17
Estradiol	2	3,17 *
Aldosteron	2	11,21 **
Kortisol	3	11,17,21

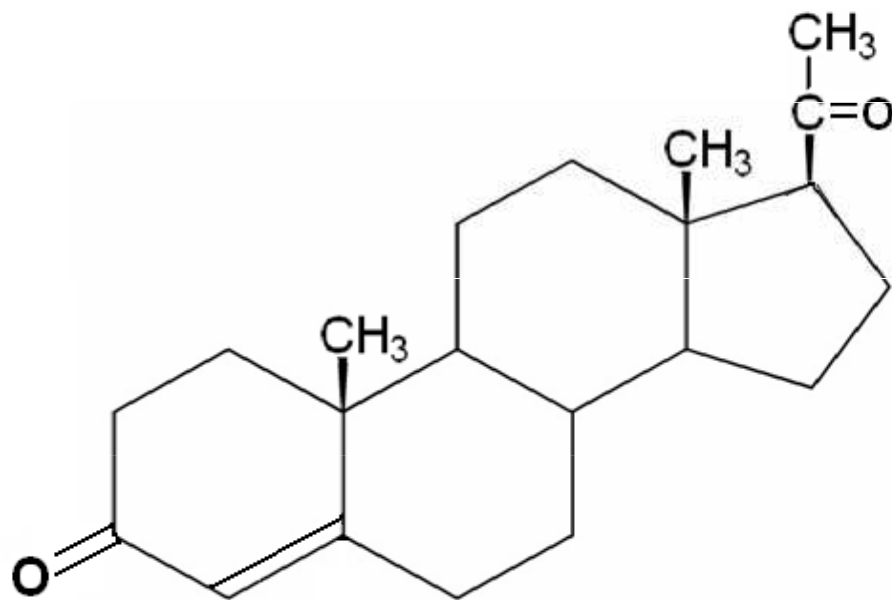
* C3-OH je fenolický hydroxyl

** C11-hydroxyl tvoří intramolekulární cyklický hemiacetal s aldehyden na C18

C₂₁

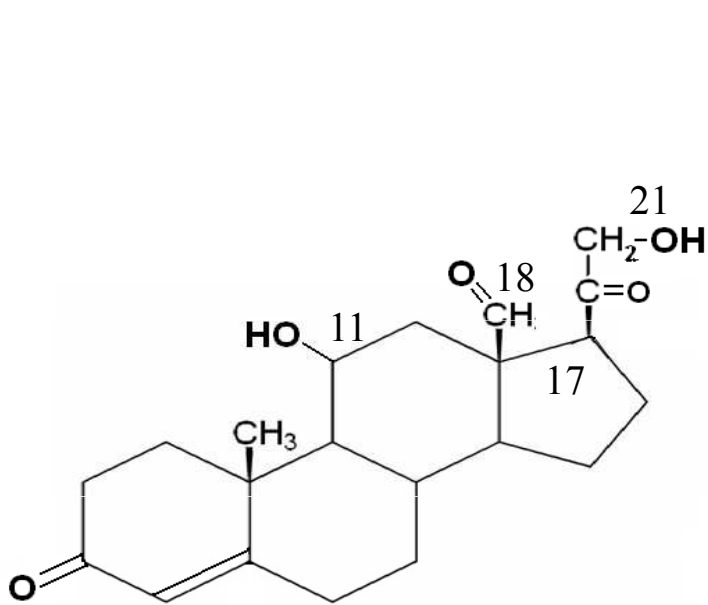
Progesteron je gestagen

Je meziproduktem při syntéze dalších hormonů

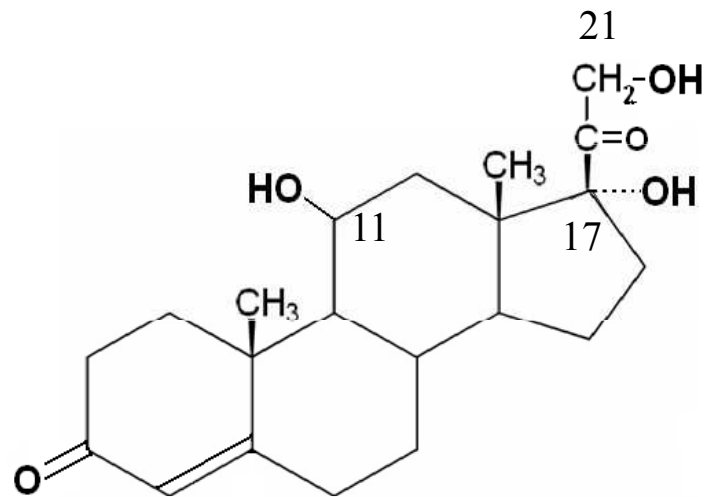


Není hydroxylován

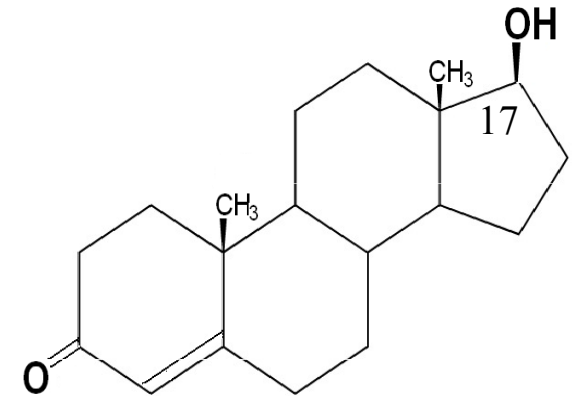
Srovnání struktury aldosteronu, kortisolu a testosteronu



Aldosteron
(mineralokortikoid)



Kortisol
(glukokortikoid)



Testosteron

Oba hydroxylovány na C11 a C21

Oxidace na C18

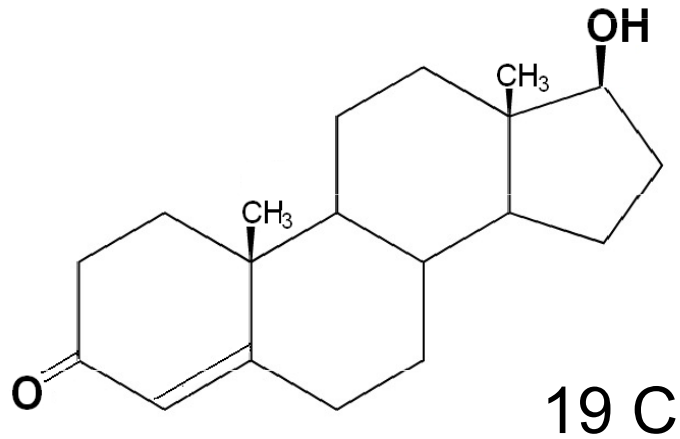
Oba hydroxylovány na C17

Deficit 17- α hydroxylázy – neprobíhá syntéza pohlavních hormonů a kortisolu, zvýšená produkce mineralokortikoidů

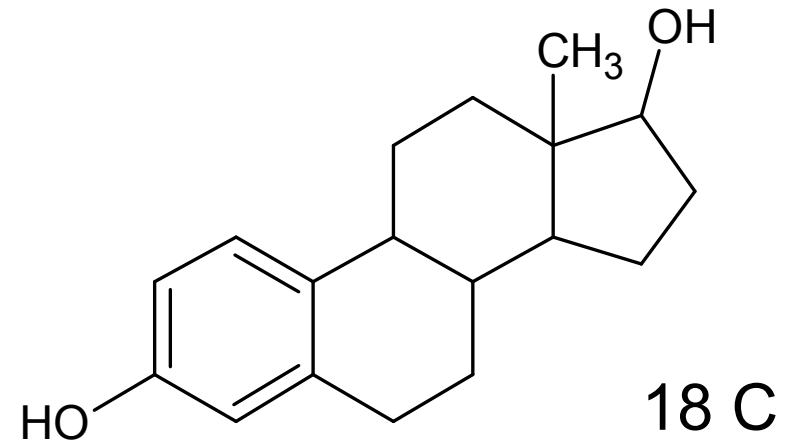
Deficit 21- α hydroxylázy – snížená syntéza kortikoidů, pohlavní hormony v převaze

Deficit 11- β hydroxylázy – snížená syntéza kortikoidů, pohlavní hormony zvýšeny ⁷⁸

Srovnání struktury testosteronu a estradiolu



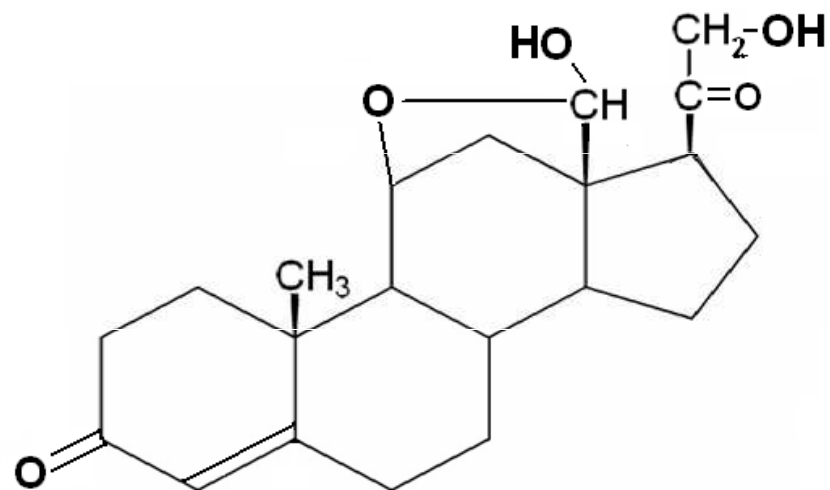
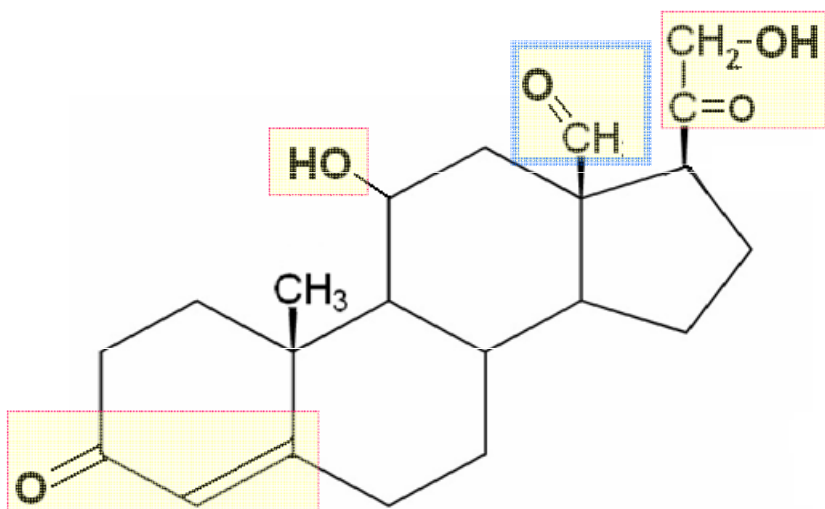
testosteron



estradiol

Estradiol je odvozen z testosteronu působením aromatasy

Aldosteron má aldehydovou a alkoholovou skupinu, tvoří intramolekulární cyklický hemiacetal

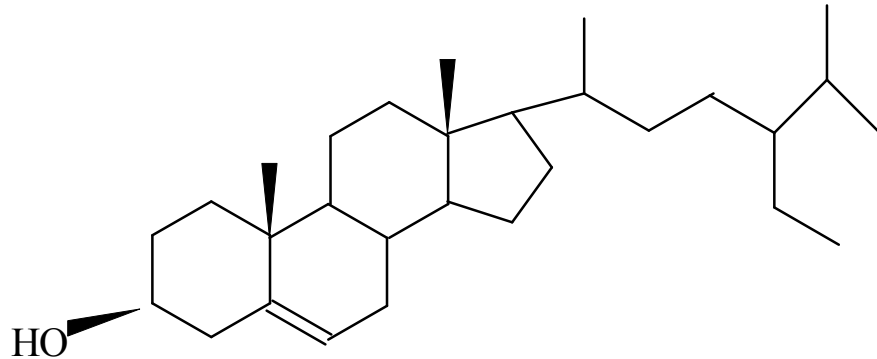


(hemiacetalová forma)

Rostlinné steroly - fytosteroly

Velmi podobná
chemická struktura

Snižují resorpci
cholesterolu



β -sitosterol

Zdroj: klíčkové oleje
(pšeničný, kukuřičný),
řepkový, sojový, olivový
olej

Obohacování potravin –
roztíratelné rostlinné tuky,
mléko, majonézy, mléčné
výrobky (u nás Flora)

Doporučení: osoby se zvýšenou
hladinou cholesterolu by měly
konsumovat 2g rostlinných sterolů
denně