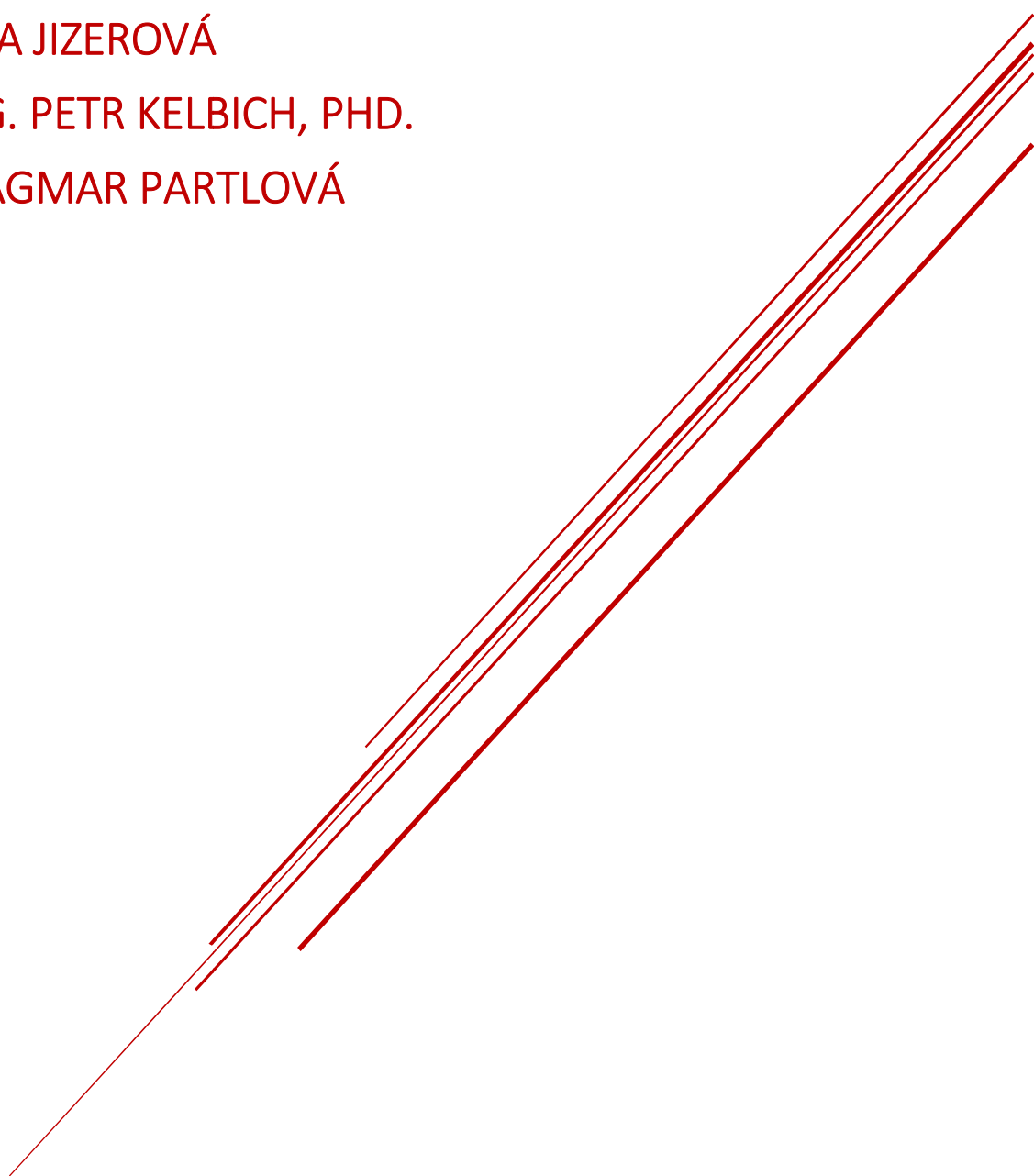


CHEMIE A BIOCHEMIE

ING. ADÉLA JIZEROVÁ

RNDR. ING. PETR KELBICH, PHD.

MUDR. DAGMAR PARTLOVÁ



UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

CHEMIE A BIOCHEMIE

Ing. Adéla Jizerová

RNDr. Ing. Petr Kelbich, Ph.D.

MUDr. Dagmar Partlová

Text neprošel jazykovou korekturou. Za obsahovou, jazykovou a stylistickou správnost odpovídá autor.

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

© Jméno Autora, editora a recenzentů 2023

Vydavatel: Fakulta zdravotnických studií.

Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2023

ISBN xxxxxxxxx (online: PDF)

DOI: xxxxxxxxx

Obsah

ÚVOD

1	Obsah	
1	Obečná chemie (A. Jizerová)	6
2	Anorganická chemie (A. Jizerová).....	10
3	Organická chemie (A. Jizerová)	15
4	Úvod do farmakologie a toxikologie (A. Jizerová)	20
5	Nukleové kyseliny, aminokyseliny, peptidy, proteiny, proteosyntéza (P. Kelbich)	22
6	Sacharidy, lipidy, bioenergetika (P. Kelbich)	28
7	pH, voda, ionty, homeostáza vnitřního prostředí a její regulace (D. Partlová)	36
8	Enzymy a vitamíny (D. Partlová).....	42
9	Endokrinologie (D. Partlová)	53

Seznam použitých ikon

Referenční seznam



Cíl kapitoly



Klíčová slova



Kontrolní otázky



Místo pro doplnění



Úvod

Učební cíl.

Cílem studia učebního textu je:

1 Obecná chemie (A. Jizerová)

Anotace, abstrakt

Chemie je přírodní věda. Předmětem jejího zkoumání jsou látky. Chemie zkoumá chemické reakce látek. Společným znakem látek je jejich částicové složení, které svým významem pro vlastnosti látek výrazně převyšuje vlnovou povahu látek. Částice látek mají určitou energii a nenulovou klidovou hmotnost.

Cíl kapitoly

Seznámit studenty s obory chemie, rozdělením a druhy soustav, stavbou atomu.

Klíčová slova

Částice, atom, orbital, chemická vazba

Předmětem zkoumání chemie jsou látky. Předmětem zkoumání fyziky jsou látky (resp. tělesa) i pole (např. magnetické, elektrické apod.).

1. Třídění látek podle původu:

- a) přírodní (minerály, uhlí, celulóza)
- b) umělé (polystyren, bakelit, hydroxid sodný)

2. Třídění látek podle skupenství:

- a) plynné
- b) kapalné
- c) pevné

3. Třídění látek podle složení strukturních jednotek:

- a) prvky (strukturní jednotky prvku obsahují atomy se stejným protonovým číslem)
- b) sloučeniny (strukturní jednotky sloučeniny obsahují atomy alespoň dvou různých prvků)

Látka je soubor hmotných částic zvaných strukturní jednotky. Strukturními jednotkami jsou **atomy, molekuly a ionty**. Atomy a molekuly jsou elektricky neutrální, ionty jsou elektricky nabitě. Podle znaménka elektrického náboje se ionty rozdělují na **kationty** (mají kladný elektrický náboj) a **anionty** (se záporným elektrickým nábojem). Různé látky se od sebe vždy liší svými fyzikálními i chemickými vlastnostmi. Každá látka má své charakteristické fyzikální i chemické vlastnosti, kterými se liší od látek ostatních. Všechny vlastnosti látek vyplývají z jejich vnitřní stavby. Chemické vlastnosti způsobují a umožňují přeměnu jedné látky v jinou látku. Nejvýznamnější chemickou vlastností je slučivost s jinými látkami. Např. hořčík má vlastnost (= schopnost) sloučit se (= reagovat) s kyslíkem za vzniku oxidu hořečnatého.

Podle druhu zkoumaných látek se chemie rozděluje na **anorganickou, organickou a makromolekulární**.



Anorganická chemie studuje složení, strukturu a vlastnosti látek s výjimkou většiny sloučenin uhlíku. **Organická** chemie studuje složení, strukturu a vlastnosti převážné části sloučenin uhlíku. **Makromolekulární** chemie studuje složení, strukturu a vlastnosti přirozených i syntetických (= umělých) makromolekulárních látek.

Podle způsobu zkoumání látek se chemie rozděluje na obecnou, fyzikální, analytickou a biochemii.

Obecná chemie studuje problémy, které se dotýkají všech oborů chemie (např. stavba strukturních jednotek, skupenské stavy látek, chemické reakce mezi strukturními jednotkami, energetické změny při chemických reakcích apod.).

Všechny látky jsou vybudovány ze strukturních jednotek. Z nich mají největší význam atomy, protože ostatní strukturní jednotky jsou od atomů odvozeny. Atomy samy jsou však složité útvary. **Na stavbě atomů se podílejí pouze tři druhy elementárních částic:** protony (p), neutrony (n) a elektrony (e). Elektrické náboje protonu a elektronu mají stejnou absolutní hodnotu. Liší se znaménkem. Elektrické náboje protonu a elektronu jsou nejmenší dosud známé elektrické náboje.

Atomy jsou elektricky neutrální strukturní jednotky. Chemickými metodami (= reakcemi) jsou dále nedělitelné. Každý atom je tvořen jádrem a obalem.

Atomové jádro

Atomové jádro je vybudováno z **protonů** a **neutronů**. Protony a neutrony se souhrnně nazývají nukleony. Atomové jádro má **kladný** elektrický náboj. Velikost elektrického **náboje jádra** je dána počtem protonů v něm. Obal atomu je vybudován z **elektronů**. Má **záporný** elektrický náboj.

Protonové číslo (Z) udává počet protonů (a zároveň i počet elektronů) v atomu. Ke značce prvku se píše vlevo dolů: ${}_Z\text{X}$.

Nukleonové číslo (A) udává počet nukleonů (protonů a neutronů) v jádře atomu. Ke značce prvku se píše vlevo nahoru: ${}_Z^A\text{X}$.

Neutronové číslo (N) udává počet neutronů v jádře.

Soubor atomů, které se shodují v protonovém i nukleonovém čísle, se nazývá **nuklid**.

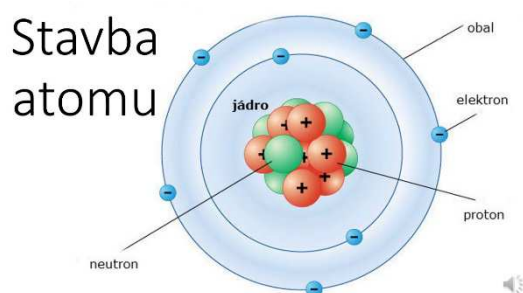
Různé nuklidy téhož prvku se nazývají **izotopy**. Izotopy mají stejné chemické, ale rozdílné fyzikální vlastnosti.

Elektronový obal

Elektrony nejsou v elektronovém obalu rozmístěny nahodile.

1. Elektrony se mohou v elektronovém obalu atomu vyskytovat jen v určitých vzdálenostech od jádra. Tyto vzdálenosti se nazývají sféry a označují se písmeny K, L, M, N, O, P, Q nebo čísly 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

2. Ne v každé části sféry je stejná pravděpodobnost, že zde může existovat (= být umístěn) elektron. Ta část sféry, kde je značná pravděpodobnost přítomnosti elektronu, se nazývá **orbital**. **Orbital** je oblast nejpravděpodobnějšího výskytu elektronu ve sféře.
3. Druhy orbitalů a jejich vlastnosti lze popsat pomocí kvantových čísel. **Kvantová čísla** popisující druhy a vlastnosti orbitalů jsou hlavní, vedlejší a magnetické.
4. V jednom orbitalu mohou být maximálně dva elektrony, které se od sebe musí lišit ve směru rotace kolem své osy. Tato vlastnost elektronu se nazývá **spin**. Směr rotace vyjadřuje spinové kvantové číslo. Dva elektrony v jednom orbitalu tvoří elektronový pár.

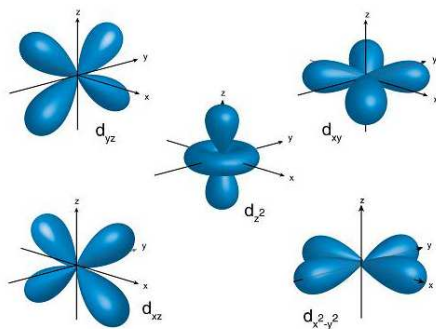


Kvantové číslo

1. **Hlavní kvantové číslo** - označuje se "n". Nabývá hodnot přirozených čísel. Udává sféru, ve které se uvažovaný orbital vyskytuje. (např. je-li $n = 1$ je orbital ve sféře K, je-li $n = 2$ je orbital ve sféře L atd.). Čím větší je hodnota hlavního kvantového čísla, tím více je popisovaný orbital dále od jádra a tím větší je jeho energie a rovněž energie elektronů ve sféře umístěných.
2. **Vedlejší kvantové číslo** - Označuje se "l". Nabývá hodnot celých čísel, pro která platí nerovnost $0 \leq l \leq (n - 1)$. Určuje druh (= jméno) uvažovaného orbitalu. Nejdůležitější jsou čtyři druhy orbitalů, kterým přísluší vedlejší kvantová čísla $l = 0, 1, 2, 3$. Častěji se tyto orbitály označují písmeny s ($l = 0$), p ($l = 1$), d ($l = 2$) a f ($l = 3$). Z nerovnosti vyplývá, že počet druhů orbitalů v dané sféře závisí na hlavním kvantovém čísle. Čím vzdálenější je sféra od jádra, tím je rozsáhlejší a tím větší počet různých druhů orbitalů obsahuje.
3. **Magnetické kvantové číslo** - Označuje se "m". Nabývá hodnot celých čísel v rozsahu od $-l$ do $+l$ včetně nuly. Počet hodnot magnetického kvantového čísla udává počet orbitalů daného druhu ve sféře. Konkrétní hodnota magnetického kvantového čísla upřesňuje konkrétní orbital daného druhu. Orbitály téhož druhu umístěné v jedné sféře se od sebe liší pouze hodnotami magnetického kvantového čísla. Mají stejnou energii a nazývají se degenerované.
4. **Spinové kvantové číslo** - charakterizuje spin (směr rotace elektronu). Označuje se "s" (neplést s označením druhu orbitalu). Nabývá pouze dvou hodnot lišících se znaménkem. Jsou to hodnoty $1/2$ a $-1/2$.

Tvary orbitalů

Orbitaly **s** mají tvar **koule**. Orbitaly **p** tvarem připomínají rotující osmičku. Orbitaly **p** (jsou vždy tři) jsou na sebe kolmé. Jsou orientovány podle os **x**, **y** a **z** pravoúhlého souřadného systému.



Příčiny vzniku chemické vazby

Atomy prvků (kromě vzácných plynů) jsou slučivé. Atomy jsou málo stálé strukturní jednotky. Molekuly jsou nejmenší stálé strukturní jednotky. Atomy jsou v molekulách k sobě poutány chemickou vazbou. Protože slučivost (= stálost) souvisí s energetickým obsahem, je zřejmé, že atomy jsou energeticky bohatší než molekuly. Při vzniku molekul z atomů se vždy uvolňuje energie. Čím více energie se při vzniku chemické vazby mezi atomy uvolní, tím je chemická vazba pevnější.

Kovalentní chemická vazba

Nejjednodušší, reálně existující molekulou, je molekula vodíku H_2 . Popíšme proto vytvoření chemické vazby na vzniku této molekuly. Podstatou chemické vazby je společné sdílení vazebného elektronového páru oběma atomy. Chemická vazba založená na společném sdílení vazebného elektronového páru se nazývá kovalentní chemická vazba (předpona ko-lat. společné, -valentní je odvozeno od valenčních elektronů).

Atomy se musí k sobě přiblížit tak, aby se překryly jejich valenční orbitaly s nespárovanými elektrony. Nespárované elektrony obou atomů musí mít opačný spin.

Koordinálně kovalentní vazba

Jednou z podmínek vytvoření chemické vazby je vznik vazebného elektronového páru, který "drží" oba atomy pohromadě. Vazebný elektronový pár může vzniknout dvojím způsobem:

1. Každý z obou atomů poskytne po jednom elektronu opačného spinu (tak vzniká kovalentní chemická vazba).
2. Jeden atom poskytne celý elektronový pár a druhý atom prázdný orbital (tak vzniká koordinálně kovalentní chemická vazba, jednodušeji nazývaná koordinační vazba).

Strukturní jednotka poskytující elektronový pár se nazývá **dárce** (= donor). Strukturní jednotka přijímající elektronový pár (má prázdný orbital) se

nazývá **příjemce** (= akceptor). Proto se koordinační chemická vazba také někdy nazývá donor-akceptorová vazba.

Kontrolní otázky

1. Třídění látek podle původu, skupenství, a strukturních jednotek.
 2. Vyjmenujte a charakterizujte obory chemie.
 3. Charakterizujte látku a její složení.
 4. Složení atomu.
 5. Charakteristika orbitalu.
 6. Tvary orbitalů.
 7. Popište kovalentní vazbu?
-

Místo pro doplnění

Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

DVOŘÁČKOVÁ, Svatava. *Chemie pro každého, aneb, Rychlokurz chemie*. Olomouc: Rubico, 2011. ISBN 978-80-7346-098-3

2 Anorganická chemie (A. Jizerová)

Anotace, abstrakt

První chemické prvky, jako například zlato, stříbro, cín, měď či rtuť, byly známy již v **pravěku**. Společně s následným rozvojem společnosti a lidského vědění docházelo též k objevování **dalších chemických prvků**. Jelikož se čím dál více rozšiřovaly člověkem zjištěné poznatky, musely se určitým způsobem **systematizovat**. Proto také vyvstal problém, jak přehledně v **grafické podobě zaznamenat chemické prvky**.

Cíl kapitoly

Seznámit studenty s anorganickou chemií, periodickou soustavou prvků.

Klíčová slova

Periodická soustava prvků, kovy, nekovy, chemické značky, vodík, halogeny

Periodická soustava prvků

Periodická soustava prvků (zkratka PSP) je vědecké uspořádání prvků do tabulky podle stavby elektronových obalů jejich atomů. Bylo získáno



mnoho poznatků o vlastnostech prvků a jejich sloučenin. Všechny poznatky bylo nutné systematicky roztřídit tak, aby bylo možné se v nich snáze orientovat. Předpokladem pro třídění poznatků bylo vytvoření **systému** (= soustavy) prvků, ve kterém by prvky byly umístěny podle svých chemických vlastností.

Podrobně se vytvořením soustavy prvků zabýval (mimo mnoha jiných chemiků) ruský chemik **D. I. MENDĚLEJEV**. Mendělejev seřadil tehdy známé prvky do řady podle vzrůstající relativní atomové hmotnosti (dnes jsou prvky seřazeny v tabulce podle vzrůstajícího protonového čísla, tehdy však protonové číslo nebylo známo) a porovnával jejich vlastnosti.

Závěry vyplývající z MENDĚLEJEVOVA postupu:

1. V přírodě existují prvky s podobnými chemickými vlastnostmi (to platí i pro sloučeniny prvků, např. NaCl – KCl, HF – HCl – HBr, NaOH – KOH).
2. Prvky s podobnými vlastnostmi se v sestavené řadě periodicky opakují (peri = řec. okolo, hodos = řec. cesta). To znamená, že po určitém počtu prvků s odlišnými vlastnostmi - po určité periodě - následuje prvek, který má podobné vlastnosti jako vytypovaný prvek ze začátku řady.
3. V řadě prvků sestavené podle vzrůstajícího protonového čísla se periodicky opakují prvky s podobnými vlastnostmi. Vlastnosti prvků a jejich sloučenin jsou periodicky závislé na protonovém čísle (= periodický zákon). Periodický zákon je jeden ze základních přírodních zákonů. Každý sloupec (= skupina) obsahuje prvky s podobnými chemickými vlastnostmi. Sloupce se označují římskými číslicemi, periody arabskými. Sloupců je 32 (pro zkrácení tabulky se jich zapisuje jen 18 – zbývajících 14 se vyčleňuje mimo tabulku), period je 7.

Periodický zákon

Platí, že všechny vlastnosti látek vyplývají z jejich vnitřní stavby. To znamená, že chemické vlastnosti atomů jsou určeny stavbou jejich elektronových obalů. Mají-li prvky podobné chemické vlastnosti, musí mít jejich atomy podobnou stavbu elektronových obalů.

1. PSP (= uspořádání prvků do skupin) je obrazem stavby elektronových obalů atomů prvků.
2. Podobnost stavby se týká vnějších, energeticky nejbohatších, orbitalů elektronového obalu. Tyto orbitaly se nazývají valenční orbitaly a elektrony v nich umístěné valenční elektrony (valens = lat. silný, mocný).
3. Valenční elektrony rozhodují o chemických vlastnostech atomu, především o jeho slučovací schopnosti.
4. Prvky s podobnými chemickými vlastnostmi mají stejné druhy valenčních orbitalů a shodný počet valenčních elektronů.

Většina prvků se ve svých sloučeninách vyskytuje v několika různých oxidačních stavech. Některé jsou velmi časté a stabilní, jiné jsou méně oxidačních stavech. Některé jsou velmi časté a stabilní, jiné jsou méně běžné a nestálé případně zcela výjimečné.

Platí, že:

Prvky I. Skupiny (A i B) mají maximální pozitivní oxidační číslo I

Prvky II. Skupiny (A i B) mají maximální pozitivní oxidační číslo II

- .
- .

Prvky VII. Skupiny (A i B) mají maximální pozitivní oxidační číslo VII

Výjimku z toho pravidla nacházíme u kyslíku a některých halogenů. Kyslík a fluor jen velmi neochotně nabývají jakéhokoli kladného oxidačního čísla.

Jinou výjimkou jsou naopak vyšší maximální oxidační čísla, než by odpovídalo číslu skupiny.

Příkladem je měď (I.B skup.) kladná ox. čísla jsou nejen I ale také II, výjimečně i III. (obdobně také u Ag, Au).

Z postavení prvků v periodické tabulce lze vyčíst i nejnižší záporné oxidační číslo prvku

Prvky skupiny VII. A. mají nejnižší možné záporné ox. číslo -I (F, Cl...)

Prvky skupiny VI. A. mají nejnižší možné záporné ox. číslo -II (O,S,...)

Prvky skupiny V. A. mají nejnižší možné záporné ox. číslo -III (N, P...)

Prvky skupiny IV. A. mají nejnižší možné záporné ox. číslo -IV (C, Si..)

Vzniklé ionty mají konfiguraci vzácného plynu.

Periodická soustava prvků

The image shows a standard periodic table of elements. Elements are color-coded by groups: alkali metals (red), alkaline earth metals (orange), transition metals (various shades of blue and green), metalloids (yellow), and nonmetals (light green). Each element cell contains its symbol, atomic number, and name in Czech. The table is organized into periods (rows) and groups (columns).

d

The diagram illustrates the electron configuration of Aluminum (Al) and lists its key properties. The electron configuration is shown as $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$, with the outermost shell (n=3) highlighted. The properties listed are:

- hmotnostní číslo (Atomic mass): 26,98
- značka (symbol) (Symbol): Al
- elektronegativita (Electronegativity): 1,5
- český název (Czech name): HLINÍK
- latinský název (Latin name): Aluminium

Rozdělení prvků na kovy a nekovy

V současnosti můžeme chemické prvky rozdělit například na **kovy**, **nekovy** a **polokovy**.

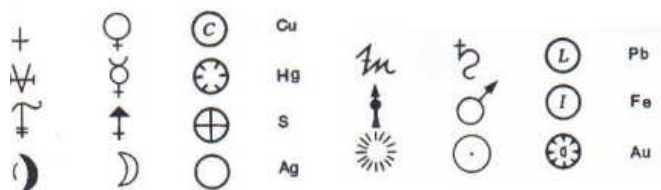
Kovové prvky (př. zlato Au, železo Fe, měď Cu) jsou kujné, po zahřání tažné a vedou elektrický proud i teplo.

Tyto vlastnosti postrádají prvky **nekovové** (př. síra S, kyslík O, fosfor P).

Polokovové prvky (př. křemík Si, germanium Ge, arsen As) mají některé vlastnosti jak kovů, tak nekovů, a proto se využívají například jako polovodiče.

Značky chemických prvků

Dříve se pro označování chemických prvků využívali namísto písmenných značek, jak je známe dnes, různé **grafické symboly**. Toto značení používal například anglický chemik **John Dalton**. Samotné značky si prošly svým vývojem, jak je patrné z obrázku.



Značky chemických prvků

Na počátku 19. století, v roce 1818, se švédský chemik **Jöns Berzelius** rozhodl zavést písmenné označení chemických prvků. Každý chemický prvek tak má **1-3 písmennou značku** vytvořenou převážně z **prvních písmen** jeho **latinského názvu**.

Latinský (český) název	Značka	Latinský (český) název	Značka
Hydrogenium (vodík)	H	Cuprum (měď)	Cu
Carbon (uhlík)	C	Aurum (zlato)	Au
Aluminium (hliník)	Al	Plumbum (olovo)	Pb
Ferrum (železo)	Fe	Radium (radium)	Ra

Obr.5 Latinské názvy prvků

Na vzniku názvů českých chemických prvků se podíleli především přírodovědec **Jan Svatopluk Presl** a jazykovědec **Josef Jungmann**. Nutno dodat, že názvy některých chemických prvků byly v průběhu let několikrát upraveny (barvík na chrom, chaluzík na jod...).

Triády prvků (a skupiny, do kterých byly později společně zařazeny):

Li – Na – K (alkalické kovy)

Ca – Sr – Ba (kovy alkalických zemin)

S – Se – Te (chalkogeny)

Cl – Br – I (halogeny)

Chemie vybraných prvků

Vodík a alkalické prvky

Vodík má ze všech prvků periodické soustavy nejjednodušší elektronovou konfiguraci, neboť jeho atom obsahuje ve svém obalu pouze jeden elektron, konkrétně v orbitalu 1s. Elektronová konfigurace vodíku je tedy: **1s¹**

Jelikož atom vodíku má ve svém valenčním orbitalu (orbitalu, nacházejícím se v nejvyšší – valenční – vrstvě obsazené elektrony) pouze 1 elektron, a

tak by byl za běžných podmínek značně reaktivní, stabilizuje se vytvořením **dvouatomové molekuly H_2** .

Vodík je za běžných podmínek plyn bez barvy, chuti i zápachu. Samotný je nehořlavý, avšak s kyslíkem vytváří **výbušnou směs**. Je přibližně **14x lehčí než vzduch**. Vodík je téměř nerozpustný ve vodě.

Prvky I.A skupiny (s^1 -prvky), s výjimkou vodíku, se souhrnně označují pojmem **alkalické kovy**. Alkalické kovy jsou velmi **měkké kovy**, a tak je lze **krájet nožem**. Působením vzduchu **oxidují**, čili se pokrývají vrstvičkou oxidačních produktů. Na čerstvém řezu však mají **kovový lesk**. Pro svoji reaktivitu se musí uchovávat **pod petrolejem**. Alkalické kovy mají velmi **nízkou hustotu**. Bouřlivě reagují s vodou (za vzniku vodíku a hydroxidu) nebo halogeny (prvky VII.A skupiny – fluor, chlor, brom, jod), kdy vznikají příslušné halogenidy. Jejich reakcí s vodíkem vznikají iontové hydridy.

Halogeny

Označení p^5 -prvky znamená, že 5 valenčních elektronů (těch, které se nachází v nejvzdálenější obsazené - valenční - vrstvě od jádra) těchto prvků se nachází v orbitalu typu p. Všechny p^5 -prvky se souhrnně označují pojmem **halogeny**. Tyto prvky se mohou vyskytovat v oxidačních stavech od -I do VII (výjimkou je fluor, který může existovat pouze v oxidačních stavech -I a 0). Všechny halogeny jsou **nekovy**. Vysoká elektronegativita halogenů je způsobena deficitem pouhého jednoho elektronu potřebného k dosažení elektronového oktetu – z toho vyplývá jak jejich zvýšená reaktivita, tak i schopnost tvořit snadno anionty. **Fluor a chlor** jsou **žlutozelené plyny**. Fluor je nejreaktivnější a nejelektronegativnější prvek, **brom** těkává **červenohnědá kapalina** a **jod** sublimující **fialová pevná látka**. Všechny halogeny jsou jedovaté, **astat** je **radioaktivní**. Brom způsobuje závažnější poleptání kůže, než koncentrované kyseliny.

Kontrolní otázky

1. Co je PSP a kdo je jejím autorem?
2. Definujte pojem periodický zákon?
3. Vysvětlete nejdůležitější zákonitosti platné v PSP.
4. Které prvky periodického systému lze zařadit mezi kovy, které mezi nekovy a polokovy?

Místo pro doplnění

Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

HOUSECROFT, C. E., SHARPE, A. G. *Anorganická chemie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze 2014. ISBN 9788070808726.



3 Organická chemie (A. Jizerová)

Anotace, abstrakt

Organická chemie je oborem chemie, který se zabývá především „složitějšími“ sloučeninami uhlíku, jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi, možnostmi přípravy a výroby, reakcemi, využitím apod.

Cíl kapitoly

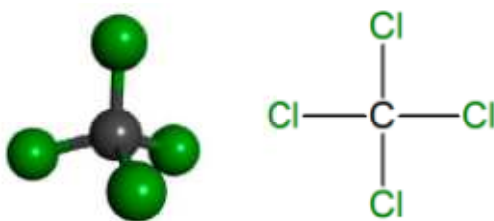
Seznámit studenty s organickou chemií, uhlovodíky a jeho deriváty.

Klíčová slova

Organická chemie, uhlovodík, alkany, alkeny, alkyny

Základy organické chemie

Studium samotného uhlíku, jako elementárního prvku, spadá do oboru anorganické chemie („chemie prvků“), která se rovněž zabývá některými „jednoduššími“ sloučeninami uhlíku. Těmi jsou především jeho oxidy (uhelnatý a uhličitý), kyselina uhličitá a její soli (uhličitany a hydrogenuhličitany), bezkyslíkaté sloučeniny uhlíku (kyanidy, thiokyanatany apod.). Neexistuje žádná ostrá hranice, která by od sebe striktně oddělovala anorganické a organické sloučeniny uhlíku. Například na sloučeninu se sumárním vzorcem CCl_4 je možné nahlížet z pohledu anorganické chemie jako na chlorid uhličitý, zatímco z hlediska organické chemie by se jednalo o tetrachlormethan.



Molekula CCl_4

Počet organických sloučenin uhlíku je oproti těm anorganickým podstatně vyšší. Zatímco v anorganické chemii lze hovořit o stovkách anorganických sloučenin uhlíku, organická chemie zná desítky milionů organických sloučenin uhlíku.

Uhlík

Uhlík C je za standardních podmínek pevnou látkou. V přírodě se vyskytuje ve dvou základních modifikacích - jako grafit (tuha) či jako diamant.

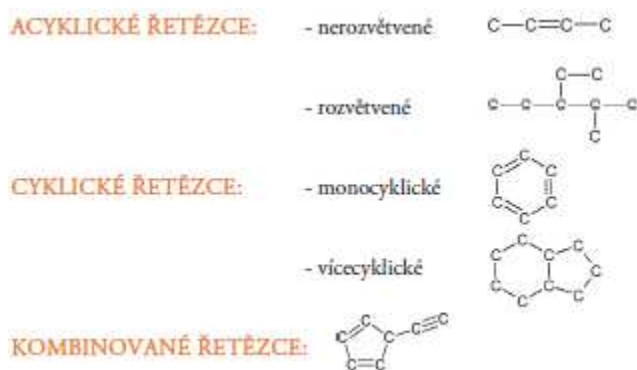


Některé další jeho modifikace byly připraveny uměle (fullereny, grafeny apod.).

V periodické soustavě prvků se uhlík nachází ve 2. periodě 14. skupiny (IV. A skupina). Elektronová konfigurace atomu uhlíku, vyplývající právě z jeho umístění v periodické soustavě prvků, je jednou z příčin jeho mimořádné stability a možnosti tvorby několika desítek milionů organických sloučenin. V základním stavu je elektronová konfigurace atomu uhlíku $1s^2 2s^2 2p^2$ (či jen $[\text{He}] 2s^2 2p^2$). V excitovaném stavu (při dodání energie do základního stavu) dojde k přesunu jednoho elektronu z orbitalu 2s do orbitalu 2p. Nová elektronová konfigurace je poté $1s^2 2s^1 2p^3$. Atom uhlíku má pak obsazeny všechny orbitály ve 2. vrstvě jedním elektronem a mohou z něj vycházet 4 jednoduché chemické vazby.

Atomy uhlíku mají schopnost vytvářet dlouhé stabilní řetězce.

Ty mohou být buď **acyklické** (nerozvětvené či rozvětvené), **cyklické** (monocyklické, vícecyklické), nebo **kombinované**. Dále jsou uvedeny příklady různých možných řetězení:



Další prvky obsažené ve sloučeninách

Organické sloučeniny nejsou tvořeny pouze atomy uhlíku, který je centrálním prvkem celé organické chemie, ale také třeba atomy vodíku H, kyslíku O, dusíku N, síry S, halogenů X ($X = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$), některých kovů M (obecná zkratka pro kov z anglického „metal“ = kov), fosforu P, selenu Se či křemíku Si.

Dvouprvkové sloučeniny uhlíku C a vodíku H se nazývají **uhlovodíky** (po názvech obou zmíněných prvků, obecně C_mH_n). Jestliže je některý atom vodíku nahrazen atomem jiného chemického prvku, nazývá se pak taková sloučenina jako derivát uhlovodíku.

Elektronová konfigurace atomu kyslíku je $[\text{He}] 2s^2 2p^4$. Z toho vyplývá, že má atom kyslíku ve svém 2p orbitalu volná dvě místa, která se mohou obsadit elektrony jiného chemického prvku při tvorbě chemické vazby. Atom kyslíku je tedy dvouvalný. Kyslíkaté deriváty uhlovodíku je možné rozdělit do několika skupin.

Mezi základní kyslíkaté deriváty patří **alkoholy** a **fenoly** (obsahují hydroxylovou skupinu $-\text{OH}$; jejich příkladem je ethanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), aldehydy a ketony (obsahují karbonylovou skupinu $>\text{C}=\text{O}$, jejich příkladem

je acetaldehyd CHO) či karboxylové kyseliny (obsahují karboxylovou skupinu --COOH , jejich příkladem je kyselina octová CH_3COOH). Od karboxylových kyselin je možné dále odvodit jejich deriváty. Jiným známým příkladem kyslíkatých derivátů jsou ethery (obsahují etherovou skupinu --O-- , jejich příkladem je diethylether $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}$).

Atom dusíku má elektronovou konfiguraci $[\text{He}] 2s^2 2p^3$, a tak je trojvazný (má ve své valenční vrstvě 3 nespárované elektrony). Kromě toho může vytvářet koordinačně-kovalentní čtvrtou vazbu. Dusík se vyskytuje v několika organických sloučeninách. Mezi ty nejzákladnější patří **nitrosloučeniny** (obsahují nitroskupinu --NO_2 ; jejich příkladem je nitromethan CH_3NO_2) a aminy (obsahují aminovou skupinu --NH_2 ; jejich příkladem je anilin $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$), které jsou deriváty amoniaku NH_3 . Kromě jiného je dusík přítomen i ve složitějších sloučeninách, jako jsou amidy (obsahují amidovou skupinu --CONH_2), imidy (obsahují imidovou skupinu --CO--NH--CO--).

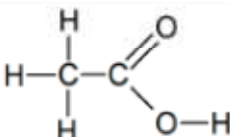
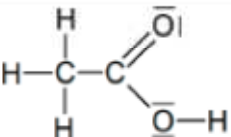
Typy vzorců v organické chemii

Pro vyjadřování prvkového složení a případně i struktury organických sloučenin se využívají různé typy chemických vzorců.

1. **Empirický** (stechiometrický) vzorec vyjadřuje pouze poměr počtu atomů prvků v molekule dané chemické sloučeniny.
2. **Sumární** (molekulový) vzorec vyjadřuje skutečný počet atomů prvků v molekule dané sloučeniny.
3. **Racionální** (funkční) vzorec vyjadřuje jednotlivá charakteristická atomová seskupení v molekule (funkční skupiny).

Empirický vzorec	Sumární vzorec	Racionální vzorec
CH_2O	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	CH_3COOH

4. **Strukturní** (konstituční) vzorec vyjadřuje typy a rozložení vazeb v molekule.
5. **Strukturní elektronový vzorec** je strukturní vzorec s vyjádřenými počty volných valenčních elektronů na jednotlivých atomech.

Strukturní vzorec	Strukturní elektronový vzorec
	

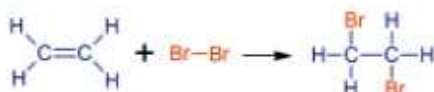
Reakce v organické chemii

V organické chemii se obvykle rozlišují 4 základní typy chemických reakcí:

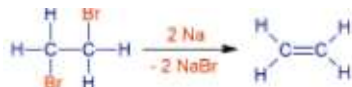
1. **SUBSTITUCE** (záměna) je doprovázena výměnou určitých částí mezi dvěma molekulami. Příkladem je reakce methanu CH_4 s chlorem Cl_2 , která probíhá mechanismem substituce:



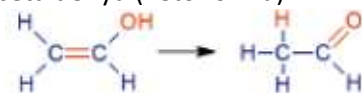
2. **ADICE** (zvyšování nasycenosti) je doprovázena navázáním částic jedné reagující látky do struktury druhé výchozí látky. Příkladem je reakce ethylenu C_2H_4 s bromem Br_2 , která probíhá mechanismem adice:



3. **ELIMINACE** (snížování nasycenosti) je doprovázena odvázáním části jedné reagující látky od struktury výchozí látky. Příkladem je reakce 1,2-dibromethanu se sodíkem:



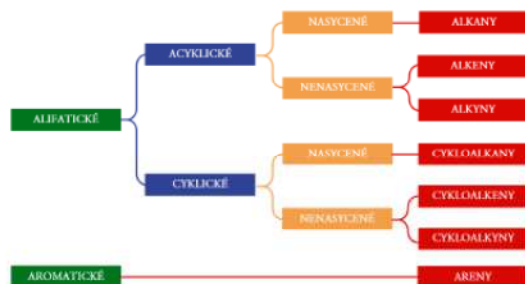
4. **PŘESMYK** je proces, při kterém dochází k přeuspořádání vazeb v rámci jedné dané molekuly. K přesmyku může docházet spontánně nebo působením vnějších vlivů. Příkladem je přesmyk ethenolu (enol forma) na acetaldehyd (keto forma):



Uhlovodíky

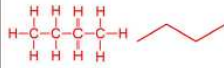
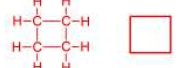
Základními organickými sloučeninami jsou dvoupřvkové sloučeniny uhlíku a vodíku, které se nazývají **uhlovodíky**. Ty je možné dále rozdělit na alifatické (nearomatické) a aromatické (areny).

Alifatické uhlovodíky je možné dále rozdělit na **acyklické** a **cyklické** dle přítomného typu uhlíkatého řetězce. Struktury s kombinovaným řetězcem jsou brány jako cyklické sloučeniny. Nakonec se posuzuje ještě přítomnost násobných vazeb v molekulách uhlovodíků. Jestliže v nich nejsou přítomny žádné násobné vazby, nazývají se tyto uhlovodíky **nasycené** (alkany a cykloalkany). V opačném případě (je-li přítomná alespoň jedna dvojná či trojná vazba) se jedná o **nenasycené** uhlovodíky. Ty, které obsahují minimálně jednu dvojnou vazbu, se nazývají alkeny (acyklické) a cykloalkeny (cyklické). Pokud je v chemické struktuře organické sloučeniny přítomna aspoň jedna trojná vazba, hovoří se o alkynech (acyklické uhlovodíky) a cykloalkynech (cyklické uhlovodíky).



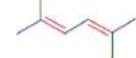
Alkany a cykloalkany

Strukturně nejjednodušší organické sloučeniny, složené pouze z atomů uhlíku a vodíku pospojovaných výhradně pomocí jednoduchých vazeb, se nazývají alkany. Jestliže je v řetězci přítomen uhlíkový cyklus, jedná se o cykloalkany. Ve strukturách alkanů a cykloalkanů se tak mohou vyskytovat pouze typy vazeb C–C a C–H. Obrázek 12 ukazuje příklady řetězců alkanů a cykloalkanů.

ALKANY	CYKLOALKANY
Otevřený (acyklický) řetězec, nerozvětvený	Uzavřený (cyklický) řetězec, nerozvětvený
	
Otevřený (acyklický) řetězec, rozvětvený	Uzavřený (cyklický) řetězec, rozvětvený
	

Alkeny a cykloalkeny

Alifatické acyklické uhlovodíky, které obsahují ve své struktuře mezi dvěma atomy uhlíku dvojnou vazbu, se nazývají alkeny. Je-li dvojná vazba přítomna mezi dvěma atomy uhlíku v cyklickém řetězci alifatického uhlovodíku, pak se jedná o cykloalken. Ve strukturách alkenů a cykloalkenů je tak povolena přítomnost vazeb C–C, C=C a C–H. Obrázek 13 zobrazuje příklady struktur některých alkenů a cykloalkenů.

		
pent-1-en	2,5-dimethylhexa-2,4-dien	2-ethyl-5-methylcyklopenta-1,3-dien

Alkyny a cykloalkyny

V molekulách alkynů a cykloalkynů se vyskytuje trojná vazba mezi dvěma atomy uhlíku, tj. vazba C≡C. Zatímco molekuly alkynů jsou acyklické, cykloalkyny tvoří cyklický řetězec. Tato trojná vazba je tvořena jednou vazbou σ a dvěma vazbami π . Vazby π jsou obecně méně pevné než vazba σ , neboť se nachází mimo spojnici jader sloučených atomů. To je důvodem, proč chemické reakce alkynů probíhají primárně právě na vazbách π . Jelikož je trojná vazba tvořena 2 vazbami π , tyto vazby vytvářejí okolo molekuly alkynu jakýsi elektronový prstenec. Atom uhlíku, ze kterého vychází trojná vazba, má hybridizaci sp , a tak je molekula v místě trojné vazby lineární, jak je patrné ze vzorce a molekuly acetylenu.



Kontrolní otázky

1. Co je předmětem organické chemie?
2. Příklad organických a anorganických sloučenin uhlíku?
3. Vymyslete strukturu sloučeniny C_4H_8 .
4. Typy vzorců?
5. Co jsou nitrosloučeniny?



6. Rozdíl mezi alkany, alkeny, alkyny?

Místo pro doplnění



Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

MCMURRY, John. *Organická chemie*. Přeložil Jan BUDKA, přeložil Radek CIBULKA, přeložil Dalimil DVOŘÁK, přeložil Jaroslav KVÍČALA, přeložil Pavel LHOTÁK, přeložil Jiří SVOBODA. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2015. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-4769-1.



4 Úvod do farmakologie a toxikologie (A. Jizerová)

Anotace, abstrakt

Farmakologie a toxikologie se zaměřuje na studium interakcí léčiv s organismem ve smyslu farmakokinetiky, farmakodynamiky a toxicity léčiv.

Cíl kapitoly

Seznámit studenty se základy toxikologie a farmakologie.

Klíčová slova



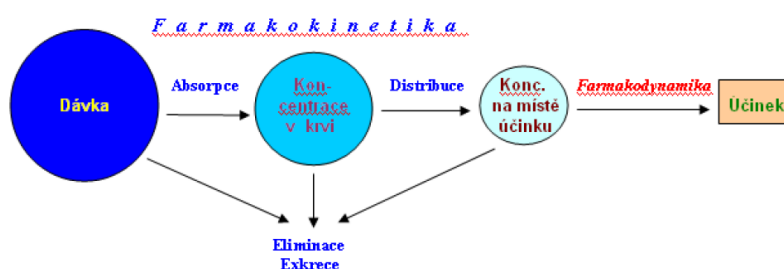
Úvod do toxikologie

Toxikologie se zabývá vzájemným vztahem mezi chemickými látkami a živým organismem. Současná toxikologie vychází z biologických věd (biologie, lékařské vědy, molekulární biologie, genetika) a chemických (anorganická, organická, fyzikální, biochemie). Má část popisnou, experimentální a teoretickou a velmi úzce souvisí s farmakologií. V průběhu času se vyčlenilo mnoho aplikovaných odvětví toxikologie, mezi která dnes zařazujeme zejména:

- popisnou toxikologii (popis poškození organismu toxickou látkou),
- predikční toxikologii (odhad toxicity ze struktury chemické látky),
- soudní lékařství (zabývá se postupy, jak prokázat otravu v kriminálních případech),
- klinickou toxikologii (diagnóza a léčení otrav),
- průmyslovou toxikologii (otravy v průmyslu, jejich léčba a prevence),
- toxikologii psychotropních a omamných látek (poškození organismu drogami),
- ekotoxikologii (působení škodlivých látek na ekosystémy),
- toxikologii potravin a aditiv (studium negativních účinků látek přidávaných do potravin)
- a toxikologii agrochemikálií (pesticidů, hnojiv, ap.).

Úvod do farmakologie

Farmakologie je vědní obor, který se zabývá interakcemi mezi léčivý a organismem. Zahrnuje farmakodynamiku, která studuje způsob a míru účinku léčiv na organismus a farmakokinetiku, o níž lze zjednodušeně říci, že zkoumá působení organismu na léčivo.



Farmakodynamika

Podání různých látek vyvolává v organismu určitou biologickou odezvu. Tato odezva může být příznivá nebo nežádoucí, míra této odezvy – účinek – obvykle závisí na koncentraci látky. Léčiva jsou látkami, u nichž převažuje příznivý účinek, který lze využít v terapii. Účinek léčiva vyvolávají jeho interakce s určitými cílovými strukturami v organismu.

Kontrolní otázky

1. Co je předmětem toxikologie?
2. Co je předmětem farmakologie?
3. Vysvětlete pojem farmakokinetika?
4. Vysvětlete pojem farmadynamika?





Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu



ŠVIHOVEC, Jan, Jan BULTAS, Pavel ANZENBACHER, Jaroslav CHLÁDEK, Jan PŘÍBORSKÝ, Jiří SLÍVA a Martin VOTAVA, ed. *Farmakologie*. Ilustroval

Miroslav BARTÁK. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-247-5558-8.
LINHART, Igor. *Toxikologie: interakce škodlivých látek s živými organismy, jejich mechanismy, projevy a důsledky*. 3. upravené a rozšířené vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2022. ISBN 978-80-7592-103-1.

5 Nukleové kyseliny, aminokyseliny, peptidy, proteiny, proteosyntéza (P. Kelbich)

Anotace, abstrakt

Struktura a veškeré funkce organismu jsou zakódovány v dvoušroubovicovém vlákně deoxyribonukleové kyseliny (DNA). Ta se nachází v podobě sekvencí čtyř nukleotidových basí (adenin, guanin, cytosin a thymín) zformovaná v chromosomech v jádrech všech jaderných buněk organismu. Každá jaderná buňka organismu tak nese kompletní návod na výstavbu celého organismu. Identická DNA musí být zachována v dceřiných generacích buněk při buněčném dělení. Genetický kód uložený v DNA je pak realizován prostřednictvím překladu sekvence nukleotidových basí do sekvence aminokyselin. Tento proces se nazývá proteosyntéza a jeho produktem jsou strukturální a regulační peptidy a proteiny.

Cíl kapitoly

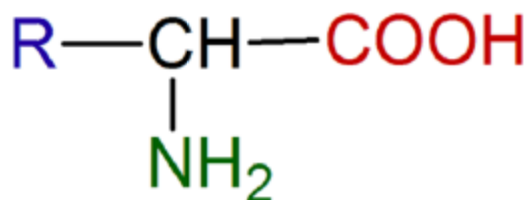
Seznámit studenty s organizací genetické informace v deoxyribonukleové kyselině (DNA), s replikací DNA předcházející buněčnému dělení a s expresí genetické informace prostřednictvím proteosyntézy.

Klíčová slova

Deoxyribonukleová kyselina (DNA), replikace, transkripce, mRNA, translace, ribozomy, tRNA, proteosyntéza

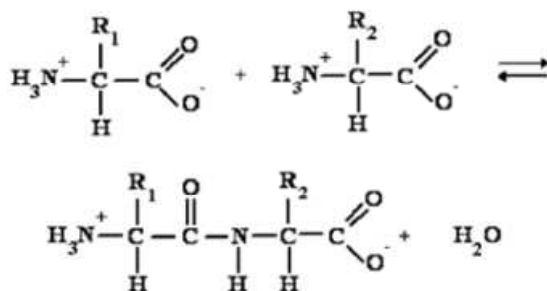
Peptidy a proteiny

Aminokyseliny



Stavebními kameny peptidů a proteinů jsou aminokyseliny. Obecný vzorec aminokyseliny obsahuje současně aminoskupinu a karboxylovou skupinu.

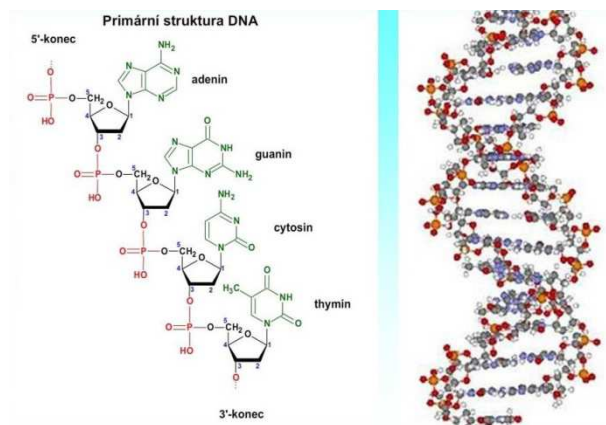
Peptidová vazba



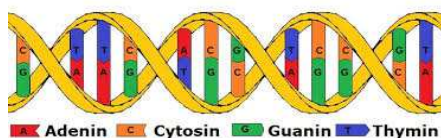
Peptidový či proteinový řetězec vzniká při proteosyntéze (viz kapitola 1.3.) vytvářením peptidických vazeb mezi sousedními aminokyselinami, a to vždy kondenzací karboxylové skupiny jedné aminokyseliny s aminoskupinou aminokyseliny sousední. V případě řetězců s počtem aminokyselin do 10 hovoříme o oligopeptidech, pokud je počet aminokyselin v peptidu mezi 10 a 100, hovoříme o polypeptidech. Při vyšších počtech aminokyselin v molekule se jedná o proteiny.

Deoxyribonukleová kyselina (DNA)





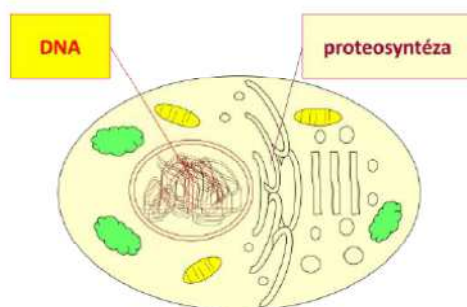
Nositelem dědičné informace prokaryotických i eukaryotických buněk je **deoxyribonukleová kyselina (DNA)**. Ta se skládá z purinových bází **adeninu (A)** a **guaninu (G)** a pyrimidinových bází **cytosinu (C)** a **thyminu (T)** navázaných na cukr deoxyribózu a spojených do řetězce prostřednictvím zbytků kyseliny fosforečné. V tomto uspořádání tvoří tzv. **nukleotidové báze**.



DNA má dvoušroubovicovou strukturu a dědičná informace v ní je uložena v sekvenci zmíněných nukleotidových bází. Báze jsou na protilehlých řetězcích řazeny komplementárně tak, že proti adeninu se vždy za normálního stavu vyskytuje thymin a proti cytosinu guanin.

Proteosyntéza

Velmi zjednodušeně můžeme konstatovat, že život stojí na proteinech. Ty tvoří základní stavební kameny živých organismů a také celou řadu různých regulačních působků (enzymů, hormonů, cytokinů atd.). O tom, jak bude organismus vypadat a jak fungovat, rozhoduje to, jaké proteiny budou syntetizovány. Proces, ve kterém se tak děje se nazývá proteosyntéza.



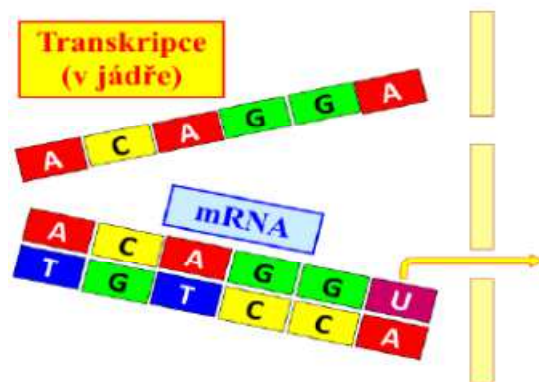
Kompletní návod na vytvoření všech potřebných proteinů pro organismus je zapsán v DNA uložené v jádře každé jaderné buňky. Jejich syntéza ale probíhá v cytoplasmě. Ta je ale vzhledem k přítomnosti jaderné membrány pro DNA nedostupná. Jak tedy dopravit informaci z jádra do cytoplasmy? Řešením je syntéza podstatně menších informačních molekul, které jsou schopné proniknout póry v jaderné membráně. Takovou sloučeninou je **ribonukleová kyselina (RNA)**. V tomto případě tzv. messenger (poslíčková)

RNA (**mRNA**). Oproti DNA se liší především tím, že je jednořetězcová a namísto thyminu obsahuje pyrimidinovou bázi **uracil (U)**. K její produkci v jádře vede proces nazývaný **transkripce** (přepis).

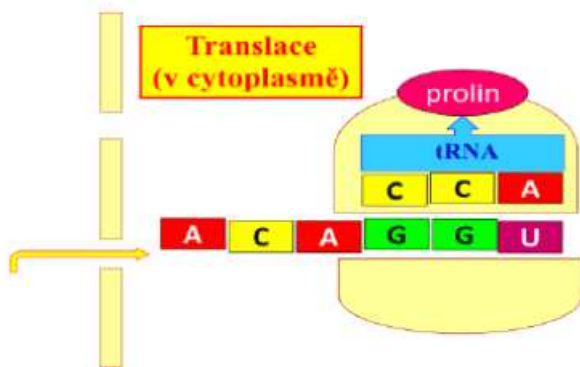
Transkripce



Transkripce je tedy přepis informace z jedné nukleové kyseliny (dvojřetězcové DNA) do jiné nukleové kyseliny (jednořetězcové RNA).

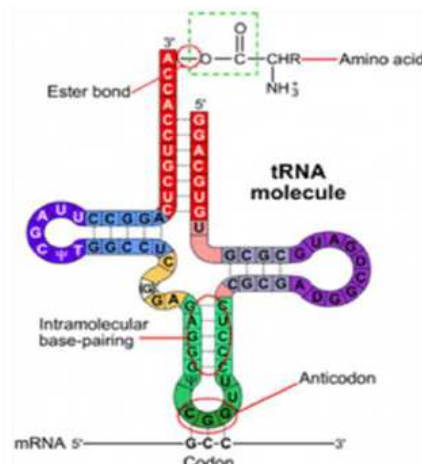


Transkripce probíhá v buněčném jádře a podobně jako v případě replikace spočívá v řazení komplementárních bází podle matrice DNA. Tzn. proti cytosinu na DNA je zařazen guanin na RNA, proti guaninu na DNA cytosin na RNA a proti thyminu na DNA adenin na RNA. Odlišnost spočívá v komplementárním zařazení uracilu do struktury RNA proti adeninu v matricové DNA.



Jednořetězcová mRNA exportuje informaci z jádra do cytoplasmy, kde na ní nasedají tzv. ribozomy, na nichž probíhá překlad (angl. translation) ze sekvence nukleotidových bází do sekvence aminokyselin tvořících primární strukturu peptidů, resp. proteinů. Tento proces se nazývá **translace**.

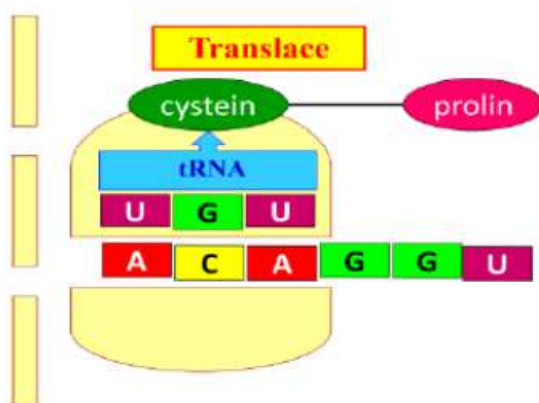
tRNA



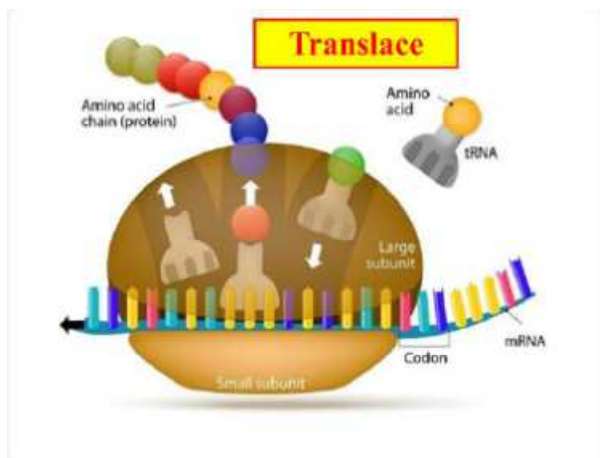
Další důležitou molekulou je **transferová ribonukleová kyselina (tRNA)**. Ta tvoří jakýsi „čtyřlístek“. My se zaměříme na dvě místa tRNA. Tím prvním je trojice nukleotidových bází na „spodním lístku“ (viz obrázek výše). Říká se mu **antikodon** a komplementárně (tzn. C proti G, a A proti U) nasedá na příslušnou trojici nukleotidových bází v řetězci mRNA označovanou jako **kodon**.

		Druhý nukleotid					
		U	C	A	G		
První nukleotid	U	UUU fenylalanin	UCU serin	UAU tyrosin	UGU cystein	U	Třetí nukleotid
		UUC fenylalanin	UCC serin	UAC tyrosin	UGC cystein	C	
		UUA leucin	UCA serin	UAA stop kodon	UGA stop kodon	A	
		UUG leucin	UCG serin	UAG stop kodon	UGG tryptofan	G	
	C	CUU leucin	CCU prolin	CAU histidin	CGU arginin	U	
		CUC leucin	CCC prolin	CAC histidin	CGC arginin	C	
		CUA leucin	CCA prolin	CAA glutamin	CGA arginin	A	
		CUG leucin	CCG prolin	CAG glutamin	CGG arginin	G	
	A	AUU isoleucin	ACU threonin	AAU asparagin	AGU serin	U	
		AUC isoleucin	ACC threonin	AAC asparagin	AGC serin	C	
		AUA isoleucin	ACA threonin	AAA lysin	AGA arginin	A	
		AUG methionin	ACG threonin	AAG lysin	AGG arginin	G	
	G	GUU valin	GCU alanin	GAU kyselina asparagová	GGU glycin	U	
		GUC valin	GCC alanin	GAC kyselina asparagová	GGC glycin	C	
		GUA valin	GCA alanin	GAA kyselina glutamová	GGA glycin	A	
		GUG valin	GCG alanin	GAG kyselina glutamová	GGG glycin	G	

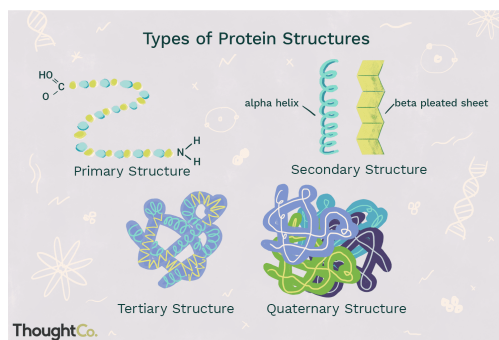
tRNA s konkrétním antikodonem nese příslušnou aminokyselinu (viz tabulka), kterou v ribozomu přidává k prodlužujícímu se řetězci aminokyselin.



Např. tRNA s antikodonem obsahujícím uracil-guanin-uracil nasedá na kodon na mRNA adenin-cytosin-adenin a řetězec aminokyselin doplňuje o aminokyselinu cystein.



Ribozom se po řetízku mRNA posouvá jako „jezdec po zipu“, napojuje další a další aminokyseliny a tím vytváří **primární strukturu proteinu**.



Primární strukturu proteinu tvoří prostá sekvence aminokyselin. Bezprostředně dochází k formování vyšších struktur, při nichž se uplatňují slabé vazebné interakce – vodíkové můstky, disulfidické můstky, van der Waalovy interakce, iontové vazby atd. Těmi jsou **sekundární struktura** (α -šroubovice nebo β -struktura skládaného listu) a **terciární struktura**. **Kvartérní struktura** proteinu představuje společné uspořádání více peptidových či proteinových řetězců.

Kontrolní otázky

1. Vysvětlete způsob uložení genetické informace v buňkách.
2. Popište strukturu kyseliny deoxyribonukleové.
3. Vysvětlete mechanismus replikace DNA při buněčném dělení.
4. Vysvětlete pojmy transkripce a translace.
5. Popište mechanismus proteosyntézy.





Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu



ALBERTS, B., BRAY, D., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P. *Základy buněčné biologie. Úvod do molekulární biologie buňky*. Espero Publishing, s.r.o., Ústí nad Labem, 1998. ISBN 80-902906-0-4

ROSYPAL, S. et al. *Nový přehled biologie*. Scientia, s.r.o., Praha, 2003. ISBN 978-80-86960-23-4

6 Sacharidy, lipidy, bioenergetika (P. Kelbich)

Anotace, abstrakt

K udržení vysokého stupně organizovanosti živých struktur je zapotřebí nepřetržitých dodávek značného množství energie. Spíše jako raritu lze zmínit archebakterie, které získávají energii přeměnou anorganických látek. Ostatní organismy na Zemi potřebují k pokrytí svých nároků organické sloučeniny s deponovanou energií slunečního záření. Těmi jsou především sacharidy a lipidy.

Cíl kapitoly

Seznámit studenty se zásadními energeticky významnými organickými látkami a způsoby využití jejich energetického potenciálu živými organismy

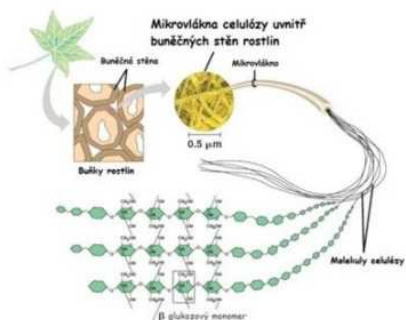
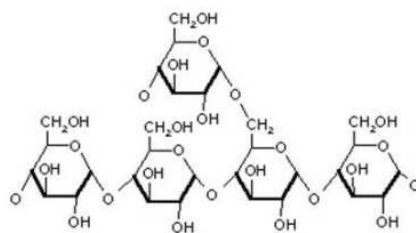
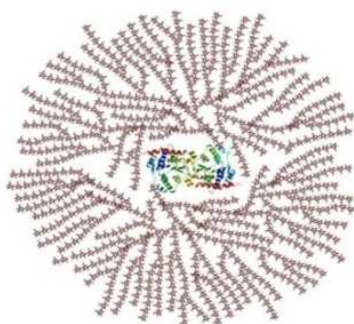
Klíčová slova

Sacharidy, lipidy, ATP, hoření, dýchání, aktivací energie, enzymy

Sacharidy

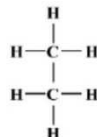
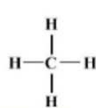
Sacharidy jsou zdrojem energie pro buňku, včetně složitých zásobních polymerů glukosy **glykogenu**. Najdeme je ale také v podobě **celulosy** (polymer glukosy) ve stěnách rostlinných buněk či **chitinu** (polymer N-acetylglukosaminu) ve vnějších kostrách hmyzu a buněčných stěnách hub.





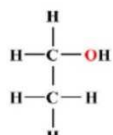
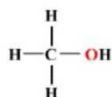
K lepšímu pochopení struktury sacharidů lze dospět seznámením se s jejich genezí:

Uhlovodíky:



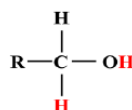
částečná oxidace

Alkoholy:



Uhlovodíky (alkany) jsou částečně oxidovány na alkoholy.

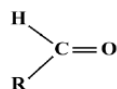
Primární alkoholy:



dehydrogenace (oxidace)

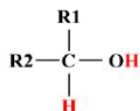
- 2H

Aldehyd (karbonyl):



Oxidací primárních alkoholů vznikají aldehydy.

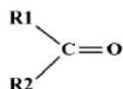
Sekundární alkoholy:



**dehydrogenace
(oxidace)**

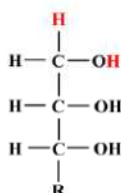
- 2H

Keton (karbonyl):

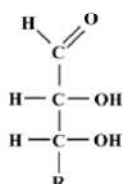


Oxidací sekundárních alkoholů vznikají **ketony**.

Polyalkoholy:

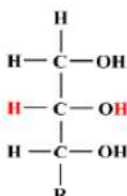


Aldosy (glyceraldehyd):

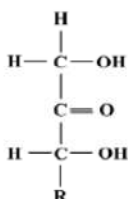


Částečná oxidace polyalkoholů vedoucí ke vzniku aldehydové skupiny dává vzniknout **aldosám**.

Polyalkoholy:



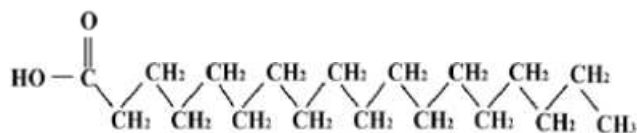
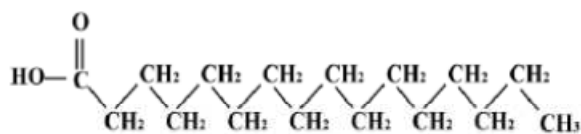
Ketosy (dihydroxyaceton):



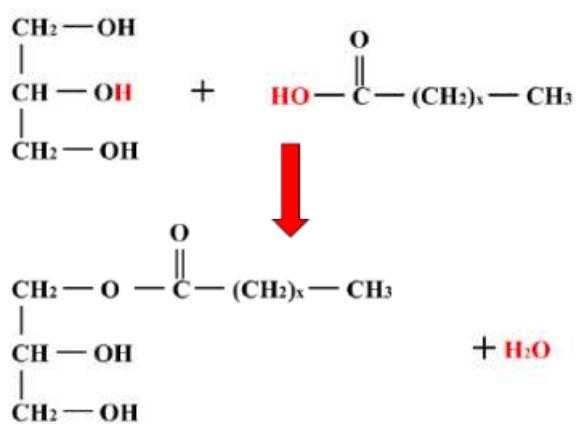
Částečná oxidace polyalkoholů vedoucí ke vzniku ketonové skupiny dává vzniknout **ketosám**.

Lipidy

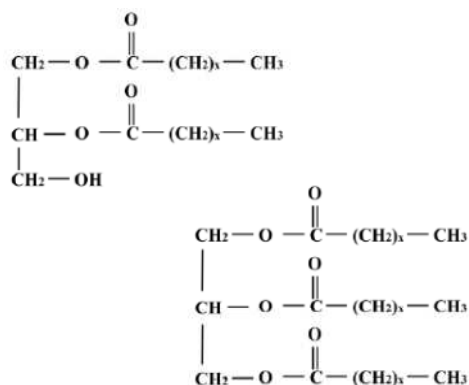
Do této skupiny látek řadíme tuky, oleje, vosky, některé vitamíny a hormony. V dalším textu se zaměříme na acylglyceroly (zejm. triacylglyceroly) a zmíníme fosfolipidy.



Na vyobrazení jsou příklady mastných kyselin - kyseliny palmitová a stearová.



Postupnou esterifikací alkoholu glycerolu s mastnými kyselinami vznikají postupně monoacylglyceroly,



diacylglyceroly a konečně triacylglyceroly, které jsou zásobnou energií.

Hoření a dýchání

Při oxidaci organických látek (zde zastoupených glukosou) se uvolňuje energie za produkce CO_2 a H_2O .

Hoření



Dýchání

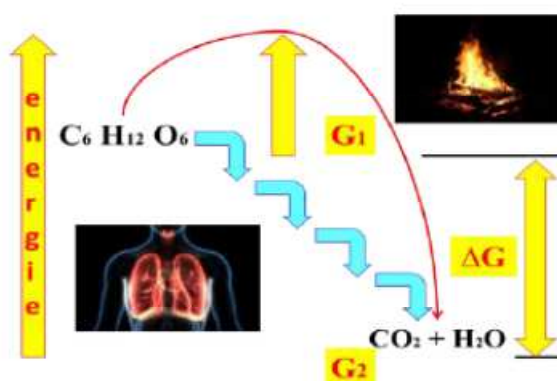


K tomu může docházet hořením nebo metabolickými procesy. Rozdíl je v množství aktivační energie použité pro iniciaci těchto procesů.



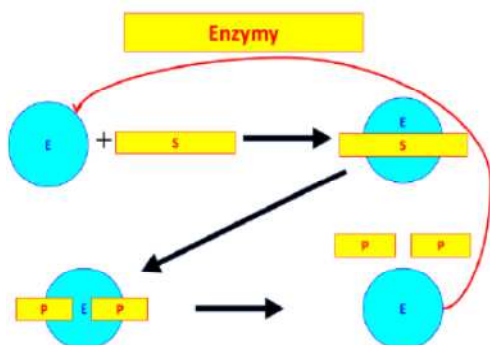
V čem to spočívá? Představme si, že se potřebujeme dostat z bodu A na jedné straně kopce do bodu B na jeho druhé straně. K tomu můžeme použít buď kratší, zato ale energeticky náročnější a krkolomnější cestu přes kopec. Tento příměr odpovídá investování vysoké aktivační energie vedoucí k oxidaci organické látky při uvolnění tepelné energie.

Druhou možností, jak se dostat z bodu A do bodu B je sice delší, zato méně vysilující, cesta po úpatí kopce za doprovodu průvodce. Tento způsob reprezentuje postupnou metabolickou přeměnu organických látek v organismu za uvolnění energie pro jeho fungování a udržení jeho integrity. Za zmíněného průvodce můžeme považovat enzymy snižující aktivační energii příslušných reakcí.



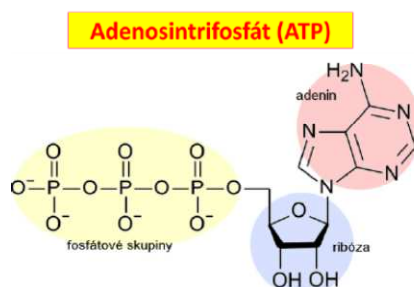
Na schématu je patrná volná energie G_1 molekuly glukosy (substrátu reakce) a volná energie G_2 produktů reakce ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Aby mohla tato reakce proběhnout, musí aktivační energie překonat $\Delta G = G_1 - G_2$. Jak již bylo uvedeno dříve, to lze realizovat pomocí dodávky vysoké aktivační energie vedoucí k uvolnění značného množství tepelné energie hořením

nebo dodávkou nízké aktivační energie pro enzymatické reakce uvolňující energii ve formě vhodné pro fungování organismu a zachování jeho integrity.



Enzymy

Enzymy jsou katalyzátory snižující aktivační energii metabolických reakcí. Na svém povrchu mají **aktivní místo**, na které se váže substrát a kde probíhá reakce za vzniku produktu. Po proběhnutí reakce se z komplexu produkt oddělí a enzym je připraven pro opětovnou katalýzu.



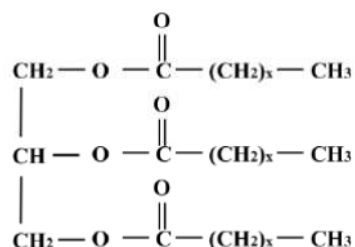
Pro metabolické procesy v buňkách nelze využít přímo energii uloženou v organických látkách, jako jsou sacharidy, lipidy, příp. proteiny. To se odehrává za pomoci prostředníka. Snad nejvýznamnějším příkladem zprostředkovatele energie pro metabolické procesy je **adenosintrifosfát (ATP)**. Energie obsažená v živinách se ukládá do **makroergické**, čili energeticky bohaté, vazby fosfátu v ATP. ATP se pak účastní metabolických procesů, kterým poskytuje energii uvolněnou při defosforylaci z makroergické vazby.

Sacharidy

Sacharidy patří mezi nejvýznamnější zdroje energie. Demonstrujme si jejich energetickou přeměnu na majoritním zástupci, kterým je **glukosa**. Glukosa je v procesu nazývaném **glykolysa** přeměňována na **pyruvát**. Pokud je v prostředí k dispozici dostatečné množství kyslíku (O₂), dochází k přeměně pyruvátu v procesu nazvaném **oxidační dekarboxylace** na **acetylkoenzym A (acetyl-CoA)**. Ten vstupuje do tzv. **Krebsova, neboli citrátového, cyklu**, produkujícího redukované sloučeniny pro systém oxidačně-redukční reakcí, které souhrnně nazýváme jako **respirační (dýchací) řetězec**. Poslední reakcí respiračního řetězce je redukce O₂ na vodu. Respirační řetězec je spřažen s tzv. **oxidační fosforylací ADP na ATP**. Přeměnou jedné molekuly glukosy se tímto způsobem získá teoreticky **38 molekul ATP**.

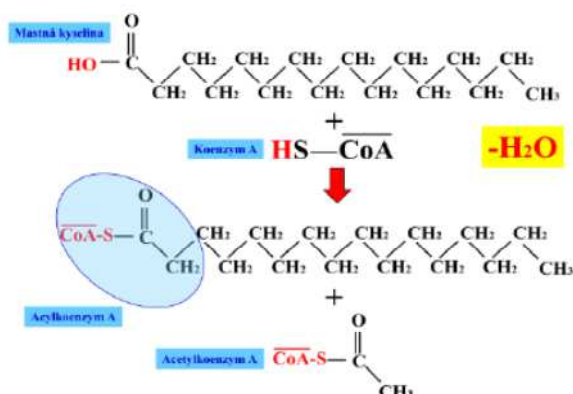
Pokud není k dispozici O₂, či na aerobní dráze došlo k nějakému metabolickému bloku, dochází k alternativní anaerobní přeměně pyruvátu na **laktát (kyselinu mléčnou)**. Tentokrát s podstatně nižší energetickou výtěžností **2 molekul ATP** na jednu molekulu glukosy.

Energetický metabolismus triacylglycerolů

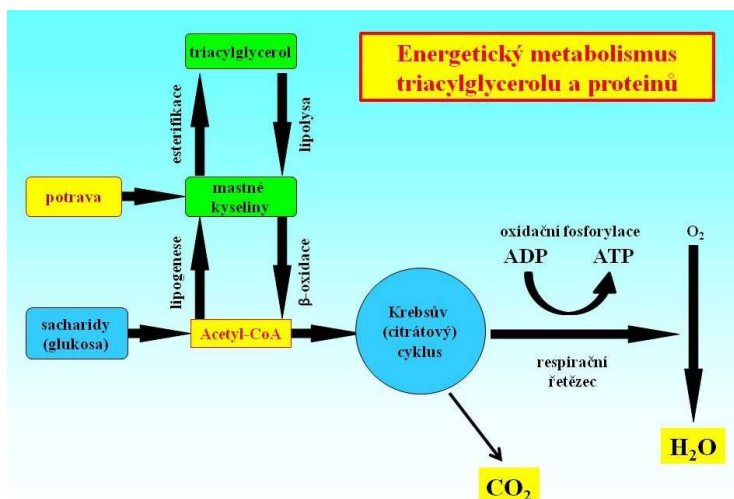


Lipidy

Energetickou přeměnu **lipidů (tuků)** si budeme demonstrovat na příkladu **triacylglycerolů**. Ty jsou tvořeny **glycerolem** se třemi navázanými **mastnými kyselinami**.



Lipolýza vede k oddělení mastných kyselin od glycerolu. Následně dochází v procesu nazývaném **β-oxidace** ke zkracování jejich uhlíkového řetězce za produkce **acetylkoenzymu A**.



Acetylkoenzym A vstupuje do Krebsova cyklu a následné procesy jsou identické s těmi výše popsányými při metabolické přeměně glukosy.

Stejně jako mastné kyseliny, tak také sacharidy přijímáme v podobě potravy, které se známým sledem událostí přeměňují na acetyl-CoA. V případě nadbytečného příjmu sacharidů se z acetyl-CoA v procesu nazvaném **lipogenese** syntetizují mastné kyseliny. Jejich následnou esterifikací s glycerolem vznikají zásobní triacylglyceroly.

Konečně též proteiny se prostřednictvím aminokyselin a jejich přeměny na acetyl-CoA účastní klíčových energetických procesů v buňce.

Kontrolní otázky

1. Vysvětlete rozdíl mezi dýcháním a hořením.
2. Vysvětlete význam ATP.
3. Popište energetickou přeměnu glukosy.
4. Popište metabolickou přeměnu lipidů.
5. Vysvětlete význam glykogenu.

Místo pro doplnění

Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

ALBERTS, B., BRAY, D., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WALTER, P. *Základy buněčné biologie. Úvod do molekulární biologie buňky*. Espero Publishing, s.r.o., Ústí nad Labem, 1998. ISBN 80-902906-0-4

ROSYPAL, S. et al. *Nový přehled biologie*. Scientia, s.r.o., Praha, 2003. ISBN 978-80-86960-23-4



7 pH, voda, ionty, homeostáza vnitřního prostředí a její regulace (D. Partlová)

Anotace, abstrakt

Podstatou života z biochemického hlediska jsou metabolické děje, při nichž dochází ke vzniku energie (ve formě ATP) a substrátů potřebných pro enzymatické reakce, při těchto procesech jsou rozkládány složité uhlíkaté sloučeniny na látky jednodušší, které mají převážně kyselou povahu

Cíl kapitoly

Seznámení se základy acidobazické rovnováhy a metabolismu kyslíku, se základním rozdělením a charakteristikou poruch acidobazické rovnováhy

Klíčová slova

Acidobazická rovnováha, nárazníkové systémy, pufr, kyslík, oxid uhličitý, Handersonova-Hasellbachova rovnice acidóza, alkalóza, hypokapnie, hyperkapnie

Acidobazická rovnováha, pH

Podstatou života z biochemického hlediska jsou metabolické děje, při nichž dochází ke vzniku energie (ve formě ATP) a substrátů potřebných pro enzymatické reakce

Při těchto procesech jsou rozkládány složité uhlíkaté sloučeniny na látky jednodušší, které mají převážně kyselou povahu.

Organismus má vyvinuté mechanismy k udržení stálé hodnoty koncentrace vodíkových iontů v krvi, neboli **pH krve – záporný dekadický logaritmus molární aktivity vodíkových iontů**

Optimální hodnota pH krve je 7,4 (7,36 – 7,44)

Za patologických stavů (metabolické rozvraty, např. úrazy, popáleniny, selhání funkce jater, ledvin..., dekompenzovaný diabetes, nedonošené děti) se pH krve mění

Při velkém vychýlení pH - > 7,8 a <6,8 dochází k selhání životních funkcí

hodnoty v krvi nižší nežli 7,36 = acidémie, jsou –li postiženy i tkáň = acidóza

hodnoty v krvi vyšší nežli 7,44 = alkalémie, jsou –li postiženy i tkáň = alkalóza

Laboratoř KLB vyšetřuje u pacientů tyto parametry ABR:

- **pH krve**
- **pCO₂** (parciální tlak oxidu uhličitého)
- **pO₂** (parciální tlak kyslíku)

Tyto tři parametry se měří pomocí elektrod.





Další parametry se vypočítávají z těchto změřených hodnot

- **standardní a aktuální HCO_3^-**
- **BB = Buffer Base (celkové báze)**
- **BE = Base Excess (přebytek nebo nedostatek bází)**

Během metabolických pochodů v organismu dochází k oxidoredukčním reakcím, při kterých vznikají v těle kyseliny a báze (zásady), které musí být neustále neutralizovány a vylučovány z těla, aby bylo udrženo stálé pH

Tělo k tomuto účelu využívá:

a) nárazníkové roztoky

b) regulační funkci plic a ledvin

Nárazníkové roztoky= pufrý= pufrační roztoky= tlumivé roztoky a regulační funkce ledvin a plic

Jedná se o roztoky, které udržují stálé pH i tehdy, přidá-li se k nim kyselina nebo báze (zásada)

Skládají se ze směsi slabých kyselin a jejich solí, nebo slabých bází a jejich solí

Nárazníkové roztoky dělíme na:

- Hydrogenuhličitanový nárazníkový systém
- Hemoglobinový nárazníkový systém
- Proteinový nárazníkový systém
- Fosforečnanový nárazníkový systém

Poruchy ABR

Podle původu se rozdělují na:

- metabolické – porucha se odrazí na hodnotě HCO_3^-
- respirační - porucha se odrazí na hodnotě pCO_2
- smíšené (kombinované) – jsou nejčastější

Metabolická acidóza (Mac) -je způsobena nadměrnou tvorbou kyselých iontů, nebo ztrátou hydrogenuhličitanů, **snižuje se HCO_3^- a pH**

Metabolická alkalóza (MAI) - příčinou je nadměrná ztráta kyselin nebo zvýšený příjem hydrogenuhličitanů, **zvýšuje se pH a HCO_3^-**

Respirační acidóza (RAc) - příčinou je snížená schopnost vylučování CO_2

- př. záněty plic, chronické bronchitidy, slabost dýchacích svalů, zranění hrudníku
- **dochází k vzestupu pCO_2 a k poklesu pH**

Respirační alkalóza (RAI) - je typická pro stavy provázené drážděním dechového centra s následnou hyperventilací

- př. stres a hysterie, poruchy dechového centra [horečky, salicyláty (léky)]
- **klesá pCO_2 a zvyšuje se pH**

Způsoby kompenzace poruch ABR

- cílem kompenzace je vrátit pH k fyziologickému rozmezí

Metabolické poruchy jsou kompenzovány činností plic

- u metabolické acidózy působí nízké pH krve na stimulaci dýchacího centra, dochází k hyperventilaci a tím ke zvýšenému vylučování CO_2
- při metabolické alkalóze působí vysoké pH na dýchací centrum opačně a dýchání je sníženo

Respirační poruchy jsou kompenzovány činností ledvin, které tvoří podle potřeby kyselou nebo zásaditou moč vylučováním nebo zadržováním kyselin či bází

Odběr krve pro vyšetřování ABR, transport a skladování vzorků

- k měření pH, pCO_2 a pO_2 je nejvhodnější použít arteriální krev
- tento odběr je však náročný
- je nahrazován odběrem kapilární krve
- odběr se provádí z prstu, ušního lalůčku, u novorozenců a malých kojenců z paty
- před odběrem je vhodné zahřát končetinu či ušní lalůček pomocí nahřátého ručníku a příliš nestlačovat tkáň při odběru, aby se v odebírané krvi nezvýšil podíl žilní krve a intersticiální tekutiny
- po vpichu se první kapka otře a krev se odebírá do heparinizované kapiláry tak, aby krev byla odebrána bez bublin
- po naplnění kapiláry se dovnitř vloží kovové míchadlo (drátek) a kapilára se uzavře na obou koncích tmelem nebo plastickou zátkou

- pomocí magnetu se krev v kapiláře promíchá
- krev má být transportována do laboratoře ihned po odběru, nejlépe v boxu chlazeném ledem
- nedodržení podmínek transportu má za následek pokles pH a pO_2 a vzestup pCO_2



Voda, ionty

Každý živý organismus je tzv. „otevřeným systémem“

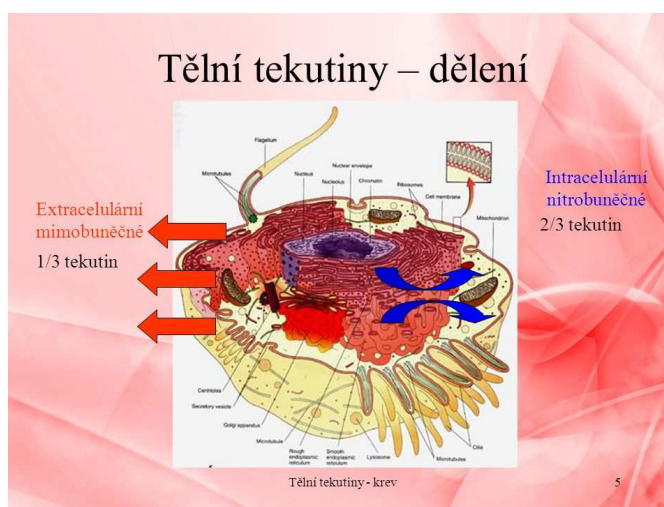
Pro svůj metabolismus musí přijímat látky z *vnějšího prostředí* (živiny v potravě), tento proces mu umožňuje růst, pohyb, rozmnožování ...

Během metabolismu vznikají kromě látek pro tělo potřebných také látky pro organismus nepotřebné (toxické), které se *musí z těla vyloučit*, tyto nepotřebné látky přecházejí opět do *vnějšího prostředí* např. *stolicí* (zbytky potravy), *dechem* (CO_2), *močí a potem* (voda s rozpuštěnými odpadními látkami), ačkoliv probíhá v organismu neustále značné množství chemických reakcí (metabolické pochody), je schopen si udržet stálost vnitřního prostředí = **homeostázu**

- tato rovnováha je udržována složitým regulačním mechanismem
- jedním z těchto mechanismů je *neustálá regulace hospodaření s vodou a s minerály*, která je řízena *hormonálně a receptory v cévním řečišti*

Rozdělení tělních tekutin

podle místa, kde se tělní tekutiny nacházejí, je rozdělujeme na:



Buňky mají na svém povrchu plazmatickou membránu, plazmatická membrána je semipermeabilní = polopropustná, mohou jí volně procházet (difundovat) některé látky(např. voda, minerály, plyny, nízkomolekulární organické látky..)

Všechny tyto látky mohou volně procházet přes plazmatickou membránu z vnějšího prostředí do buňky i naopak, tedy z buňky do vnějšího prostředí, přechod je umožněn na základě koncentračního spádu = z prostředí, kde je koncentrace přenášené látky vyšší, do prostředí, kde je její koncentrace nižší, přechod však může být uskutečněn i proti koncentračnímu spádu pomocí přenašečů v plazmatické membráně (transport proti koncentračnímu spádu však vyžaduje dodání energie)

Transport látek přes plazmatickou membránu je usměrňován tak, aby koncentrace přenášených látek byla v ECT i ICT optimální

Minerály (elektrolyty) se v tělesných tekutinách vyskytují převážně ve formě volných iontů

- podle náboje se ionty dělí na:
 - a) anionty (-)
 - b) kationty (+)

V ICT i v ECT jsou kationty a anionty v rovnováze !!!

Natrium, kalium, chloridy

Sodík (Natrium)

Je hlavním kationtem EC tekutiny, z tohoto důvodu se podílí největší měrou na *osmotickém tlaku* ECT

Sodík se v ECT vyskytuje téměř výhradně ve formě sodného kationtu (Na^+) sodík na sebe *váže vodu* (nejvíc ze všech iontů), zadržování (retence) sodíku v organismu je vždy doprovázeno zadržováním vody a naopak

Draslík (kalium)

Je hlavním kationtem ICT, nachází se převážně v buňkách, v ECT jen v minimálním množství (cca 2%), v ECT se nachází v ionizované formě (K^+), v buňkách udržuje draslík osmotický tlak, acidobazickou rovnováhu, do buněk prostupuje z ECT **proti koncentračnímu spádu** (to je nezbytné pro správnou funkci buněk – nervosvalová dráždivost)

Chloridy

Chloridový aniont je hlavním aniontem ECT, spolu se sodíkem se podílí na udržování osmotického tlaku, udržení acidobazické rovnováhy, chloridy jsou přijímány do organismu kuchyňskou solí, stejně jako sodík Chloridy jsou důležité pro tvorbu kyselého žaludečního šťávy (HCl), příjem, vstřebávání a vylučování je obdobné jako u sodíku.

Vápník (calcium)

Převážná část vápníku v organismu je uložena v kostní tkáni (99 %) ve formě krystalického hydroxyapatitu (tvořený vápníkem a fosforem – základní minerální součást kostí), zbytek vápníku je prakticky všechen obsažen v extracelulární tekutině, neboť v buňkách je jeho koncentrace velmi nízká, v plazmě se vápník nachází ve třech formách:

- vázaný na bílkovinu – hlavně na albumin (vápník nedifuzibilní = nemůže pronikat semipermeabilními membránami buněk)
- vázaný ve formě solí či komplexů s fosforečnany, uhličitan, citrany (vápník difuzibilní)
- volný kationt Ca^{2+} - „ionizovaný vápník (vápník difuzibilní)

Hořčík (magnezium)

Do organismu je přijímán potravou, vstřebává se jen 30 – 40 % požitého množství (závisí to na obsahu vápníku a vit. D v potravě, zbytek je vylučován močí a stolicí, více než polovina hořčíku v organismu je uložena v kostech, další část v buňkách, ***v ECT je ho asi jen 1-2 % z celkového množství***

Rozložení hořčíku v plazmě je obdobné jako u vápníku:

- asi 1/3 Mg je vázána na albumin
- část koluje v plazmě ve formě solí
- více než polovina je ve formě Mg^{2+} - tento volný ion snadno difunduje do buněk

Význam hořčíku

- je součástí mnoha enzymů, i aktivátorem enzymů
- podílí se na metabolismu nukleových kyselin
- účastní se syntézy bílkovin a cholesterolu
- snižuje nervosvalovou dráždivost

Anorganický fosfor (H_2PO_4^- / HPO_4^{2-})

Většina anorganického fosforu se nachází v kostech a v zubech ve formě hydroxyapatitu (stejně jako u vápníku)

- v plazmě se vyskytuje převážně jako fosforečnanový aniont ve formě HPO_4^{2-} a H_2PO_4^-
- jeho metabolismus je řízen *kalcitoninem*, *parathormonem* a *vit.D*

Železo (ferrum), více než polovina z celkového obsahu železa v organismu se nachází v hemoglobinu (přenos kyslíku), dále je železo součástí myoglobinu a mnoha enzymů, ve tkáních se vyskytuje ve formě feritinu a hemosiderinu, v plazmě je železo vázáno na **bílkovinu transferin (Fe^{3+})**

Měď (cuprum), z potravy je měď absorbována v tenkém střevě, nadměrný příjem mědi blokuje vstřebávání zinku a naopak, v organismu je měď vázána na bílkovinu metalothionein, stejně jako jiné stopové prvky, v krvi je transportována vázaná na bílkovinu ceruloplasmin

Význam mědi:

- je součástí mnoha enzymů, které jsou nezbytné pro metabolické pochody v organismu
- zastává významnou úlohu v antioxidační ochraně organismu (působí proti vzniku volných radikálů) a to katalýzou Fe^{2+} na Fe^{3+}
- zasahuje do metabolismu železa při jeho vstřebávání
- z těla je vylučována převážně stolicí

Kontrolní otázky

1. Vyjmenujte orgány (2), které se účastní regulace ABR.
 2. jaká je optimální hodnota pH krve ?
 3. Doplňte: -
 - hodnoty v krvi nižší nežli 7,36jsou –li postiženy i tkáň.....
 - hodnoty v krvi vyšší nežli 7,44 ,jsou –li postiženy i tkáň.....
 4. Definujte pH
 5. Vysvětlete význam hořčíku v organismu
 6. V jakých formách se vyskytuje vápník?
 7. Jak se nazývá bílkovina transportující měď?
-

Místo pro doplnění

Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

DASTYCH, M., BREINEK, P. *Klinická biochemie, bakalářský obor Zdravotní laborant* 2. vydání, Brno: Coprint s.r.o., 2011. ISBN 978-80-87192-18-4

RACEK, J., RAJDL, D. *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021
ISBN 978-80-7492-545-0

MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha: Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

8 Enzymy a vitamíny (D. Partlová)

Anotace, abstrakt

Enzymy jsou převážně složené proteiny, které mají schopnost katalyzovat chemické (biochemické) reakce v buňce (tyto reakce jsou vlastně projevem života v buňce), ovlivňují rychlost biochemické reakce – mohou ji zrychlit až 10^{14} krát. Bez enzymů by mnoho reakcí probíhalo velmi pomalu, nebo by neprobíhaly vůbec - jeden enzym dokáže přeměnit za 1 sekundu několik tisíc molekul substrátu. Enzymy neovlivňují rovnováhu chemických reakcí, mnohonásobně urychlují reakční rychlost tím, že snižují aktivační energii substrátu, enzymy jsou syntetizovány v buňce, kde většinou také působí (intracelulární enzymy). V buňce jsou enzymy buďto volně v cytoplazmě, nebo vázány na membrány, nebo v organelách.

Cíl kapitoly



Seznámení se základní problematikou enzymů, jejich kinetikou a klinickým významem. Základní rozdělení a význam vitamínů.

Klíčová slova

Enzym, kofaktor, apoenzym, katalytická aktivita, katal, Michaelisova konstanta, substrát, produkt, vitamíny

Enzymy

ENZYM (holoenzym) = KOENZYM (KOFAKTOR) + APOENZYM

Kofaktor – organická molekula, která je součástí aktivního centra. Přenáší atomy nebo skupiny atomů ze substrátu na aktivní centrum enzymu.

Je-li molekula kofaktoru vázána pevně, nazývá se **prostetická skupina**.

Je-li kofaktor vázán labilně – může od enzymu oddisociovat a znovu se připojit (asociovat), potom se nazývá **koenzym**.

Molekula bílkoviny = **apoenzym**.



Průběh enzymatické reakce

Enzymy vstupují do enzymatických reakcí, tzn. reagují se substrátem.



Enzymy působí za mírných podmínek:

- při teplotách 20 - 40°C
- pH většinou kolem 7,0 (existují výjimky, které pro průběh reakce potřebují kyselé nebo naopak alkalické pH)
- při normálním tlaku 0,1 MPa
- mají krátký biologický poločas – jsou rychle odbourávány a syntetizovány podle potřeb organismu v závislosti na vnějších vlivech

Izoenzymy

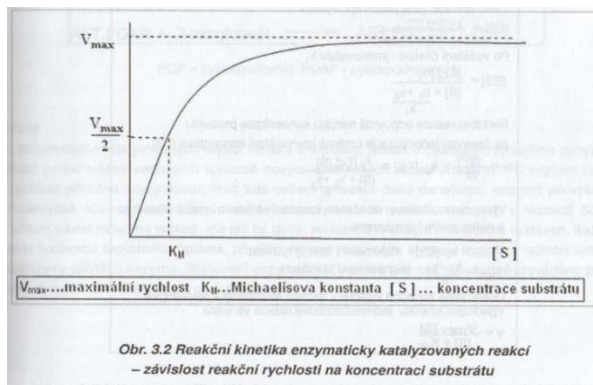
- jsou mnohočetné molekulární formy jednoho enzymu
- mají stejnou substrátovou specifitu
- liší se v primární struktuře bílkovinné části (apoenzymu)

Katalytická aktivita

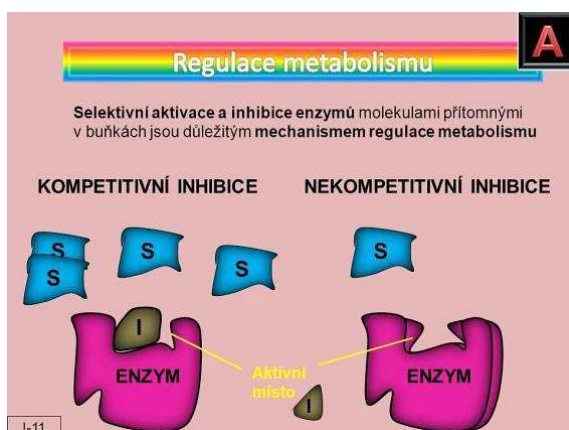


Vyjadřování katalytické aktivity - podle soustavy SI je jednotkou katalytické aktivity enzymu katal (zkratka – kat)

Katal vyjadřuje látkové množství substrátu v molech, které je přeměněno za sekundu v enzymaticky katalyzované reakci probíhající za definovaných podmínek (teplota, pH, přítomnost aktivátorů aj.)



Faktory ovlivňující enzymatickou aktivitu - koncentrace substrátu, teplota, pH, aktivátory, inhibitory



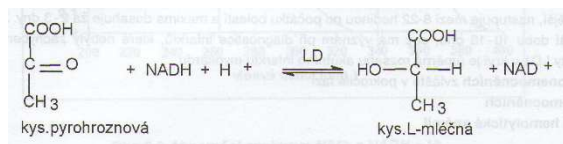
Klasifikace enzymů

OXIDOREDUKTÁZY

- funkce-katalyzují oxidačně redukční procesy. Oxidovaný substrát je dárce elektronu, nebo vodíku

př. LD - laktátdehydrogenáza

- podílí se na poslední reakci anaerobní glykolýzy
- v této reakci je kyselina pyrohroznová redukována na laktát
- redukčním činidlem (dárce vodíků) je $NADH + H^+$
- $NADH + H^+$ se touto reakcí oxiduje na NAD^+ , což je nezbytné pro další průběh glykolýzy
- LD je obsažena v cytoplazmě buněk všech tkání organismu
- nejvíce je obsažena v **kosterním svalstvu, ledvinách, srdci, lymfatických uzlinách, erytrocytech,**
- **v nádorových buňkách**



zvýšení aktivity LD je pozorováno u:

- a) poškození myokardu
- b) nádorových onemocnění zvláště v pokročilé fázi
- c) jaterních onemocnění
- d) perniciozní a hemolytické anemie
- e) leukémie

TRANSFERÁZY

- enzymy, které přenášejí různé funkční skupiny z jednoho substrátu na druhý

př. **Aminotransferázy**

ALT- alaninaminotransferáza

- katalyzuje přenos aminoskupiny z **alaninu** na **2- oxoglutarát** za vzniku **pyruvátu** a **glutamátu**
- prostetickou skupinou (kofaktor) je **pyridoxal-5-fosfát** (derivát vit. B6)
- enzym ALT je obsažen hlavně v **játrech**, dále ve svalech a v ledvinách, pankreatu, slezině a v plicích
- je lokalizován v cytoplazmě jaterních buněk (hepatocytů)
- do krevního oběhu se dostává již při malém poškození buněčné membrány
- ALT se stanovuje hlavně při podezření na jaterní onemocnění

zvýšené hodnoty jsou:

- a) při onemocnění jater
 - při **virové hepatitidě** jsou jeho hodnoty zvýšené dříve, nežli se objeví typické příznaky onemocnění
 - vrcholu dosahuje 7. - 12. den (zvýšení 20x – 100x)
 - **infekční mononukleóza** se projevuje až 20 ti násobným zvýšením hodnoty ALT
 - zvýšené hodnoty jsou u **chronických onemocnění jater**, **toxické hepatitidě** a při chorobách žlučových cest
- b) při poškození svalstva – úrazem, zánětem, degenerativními procesy
- c) dekompenzované srdeční vady – po IM, při oběhových selháních spojených s šokem, hypoxií

AST- aspartátaminotransferáza

- katalyzuje přenos aminoskupiny z aspartátu na 2- oxoglutarát za vzniku oxalacetátu a glutamátu
- prostetickou skupinou (kofaktor) je **pyridoxal-5-fosfát** (derivát vit. B6)
- AST je obsažena převážně v cytoplazmě buněk, částečně v mitochondriích
- v séru zdravých lidí lze stanovit pouze cytoplazmatický izoenzym

- AST je nejvíce obsažena v **játrech, srdci, kosterním svalstvu, ledvinách** a v **erytrocytech**

zvýšená aktivita v séru bývá u:

- a) onemocnění srdce* – hlavně při nekróze provázející IM
- b) onemocnění jater* – zvyšuje se u infekční hepatitidy a velmi výrazně u toxické hepatitidy, např. otrava alkoholem
- c) onemocnění kosterního svalstva* – úraz, degenerativní svalové onemocnění (svalová dystrofie)

HYDROLÁZY

- katalyzují hydrolytické štěpení různých vazeb (v reakci se využívá molekula vody)

př. **Alkalická fosfatáza (ALP)**

- ALP odštěpuje kyselinu trihydrogenfosforečnou z jejich sloučenin v alkalickém prostředí
- enzym je složen ze 4 podjednotek
- **je obsažena** ve dvanáctníku, tenkém střevě, kostech, játrech, ledvinách, placentě
- v erytrocytech je ve vyšší koncentraci nežli v séru, proto se neprovádí její stanovení v hemolytickém séru
- má izoenzymy – **kostní, střevní, jaterní, placentární** (pouze u těhotných žen)
- u zdravých dospělých osob v séru převažuje **jaterní izoenzym**, vedle kostního a střevního
- u dětí je 2-3x vyšší aktivita ALP nežli u dospělých a převažuje u nich **kostní izoenzym**
- během těhotenství jsou též zvýšené hodnoty ALP – narůstá aktivita **placentárního izoenzymu**
- ALP je významná pro **růst a přestavbu kostí, metabolismus glycidů** a pro **výživu** (správnou resorpci ze střev).

Ke zvýšené aktivitě ALP dochází při:

- a) cholestáze* – zastavení odtoku žluči do duodena, příčinou bývá uzávěr žlučových cest kamenem či nádorem
- b) nádorových onemocnění jater* – zejména při metastázách do jater
- c) zánětlivých onemocnění střev*
- d) kostních procesech spojených s vyšší aktivitou osteoblastů* – hojení zlomenin kostí, osteomalacie, rachitis, nádorové metastázy do kostí, hyperfunkce štítné žlázy a příštítných tělísek

α-amyláza (α-AMS)

- katalyzuje hydrolytické štěpení **glykosidických vazeb v lineárních polysacharidových řetězcích** škrobu a glykogenu
- **α-AMS** je sekretorický enzym, produkováný a vylučovaný pankreatem a slinnými žlázami
- má dva izoenzymy – **slinný, pankreatický**
- α-AMS má malou molekulu, v glomerulech se profiltruje, v tubulech se z 50% vstřebává, zbytek je vylučován močí
- slinný izoenzym může vzácně vytvářet **imunokomplexy s IgG** nebo s **IgA**, tím dochází k **makroamylasemii** = amyláza má velkou molekulu a nemůže se přefiltrovat do moče

aktivita AMS je zvýšena nejčastěji při:

- a) akutním zánětu pankreatu
 - b) zánětu příušních žláz
 - c) onemocnění jater
 - d) nádorových onemocnění – u některých nádorů se může amyláza vázat na bílkoviny, vznikají makromolekulární komplexy, které se nemohou přefiltrovat do moči (makroamylasemie) - v tomto případě má AMS v séru vysokou a v moči nízkou hodnotu
- stanovení AMS se provádí v séru a v moči

LYASY

- katalyzují odštěpování malých molekul (H_2O , CO_2 , ...), nebo jejich vnášení za tvorby vazeb
- C-C, C-O, C-N, pokud jejich vznik není energeticky náročný

IZOMERÁZY

- katalyzují vnitřní přestavbu molekuly
- přesouvají atomy, nebo skupiny z jednoho atomu uhlíku na jiný
- mění polohu skupin na chirálním centru

LIGASY

- katalyzují energeticky náročné reakce, obvykle spojení dvou molekul za současné spotřeby ATP
- uplatňují se při biosyntézách mnoha látek
-

Využití enzymů v klinické biochemii (KLB)

klinický význam vyšetření enzymů spočívá především v:

- a) diagnostice subklinických forem onemocnění** – onemocnění, která doposud probíhají bez klinických příznaků
- b) diferenciální diagnostice onemocnění** – klinické příznaky jsou nespecifické
- c) posouzení míry poškození daného orgánu či tkáně** chorobným procesem
- d) posouzení efektivity léčby** a určení **prognózy onemocnění** na základě sledování změn katalytické aktivity enzymů

Vitamíny

Skupina chemicky různorodých látek, lidský organizmus je nezbytně potřebuje (látky esenciální) i když ve velmi nízkých koncentracích

Lidský organizmus si je nedovede vyrobit, přijímá je potravou, některé ve formě provitaminů, potřeba vitaminů závisí na věku a na fyziologickém stavu jedince, při jejich nedostatku vznikají hypovitaminózy až avitaminózy. Vitamíny se klasicky rozdělují na rozpustné v tucích a rozpustné ve vodě.

Význam vitaminů

- každý vitamin má v organizmu nezaměnitelnou funkci
- některé vitamíny jsou součástí enzymů = koenzymy (hl. vitamíny skupiny B)

- vitaminy, které jsou koenzymy, jsou nezbytné pro metabolismus cukrů, tuků a bílkovin
- některé vitaminy jsou antioxidanty (např. E, C, β karoten) = působí proti účinku volných radikálů
- (volné radikály jsou nestálé, vysoce reaktivní látky, které obsahují jeden nebo více nepárových elektronů; vznikají v ovzduší – z kouřových zplodin, záření i uvnitř organismu při metabolických pochodech)
- některé vitaminy posilují imunitní systém, mají vliv na metabolismus vápníku, na kardiovaskulární a nádorová onemocnění

Vitaminy rozpustné v tucích

Jedná se o vitaminy **A, E, D, K**, jejich molekula je hydrofobní a vstřebává se jen v přítomnosti tuků, je-li porucha ve vstřebávání tuků, dochází také k poruše vstřebávání vitaminů rozpustných v tucích, při nadměrném příjmu vitaminů (potravinové doplňky) může dojít k nadměrnému zachytu vitaminů v **tukové tkáni**

Vitamin A (retinol)

Jeho provitaminem je β karoten, vitamin A lze získat pouze z živočišných zdrojů – máslo, mléčné výrobky, vejce, játra, rybí tuk, živočišný organismus si ho vyrobí z β karotenu, který se vyskytuje v rostlinách i v živočišných zdrojích

Funkce vit. A

- je nezbytný pro správné vidění – při jeho nedostatku vzniká šeroslepost, může dojít až k oslepnutí
- podporuje imunitní systém
- působí na správnou funkci kůže a epitelálních tkání
- působí jako antioxidant proti volným radikálům
- dlouhodobý nadbytek vit. A poškozuje jaterní tkáň, mohou vypadávat vlasy a objevuje se krvácení z nosu
- doporučené denní množství: 1mg

Vitamin D

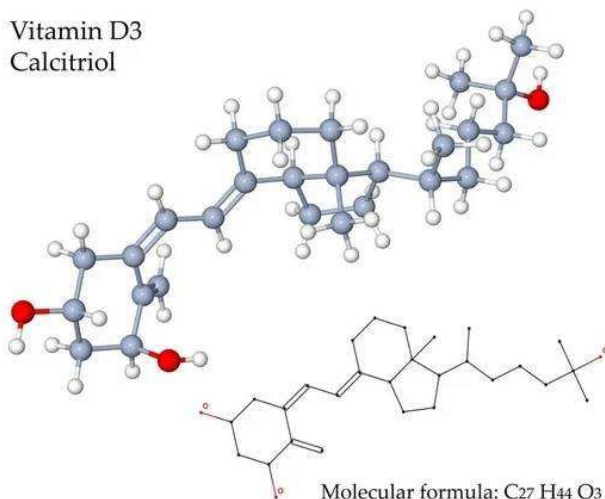
Hlavní formy jsou vitamín D2 = ergokalciferol – má rostlinný původ, a vit. D3 = cholekalciferol – živočišný původ, syntetizuje se v kůži po jejím ozáření UV zářením na provitamin, 7 – dehydrocholesterol, zdrojem vit. D je rybí tuk, játra a mořské ryby, méně je obsažen v mase, mléce, másle a vejcích

Funkce vit.D

- je nezbytný pro rovnováhu minerálních látek, hlavně vápníku a fosforu (jejich správný poměr v kostech)
- je významný pro funkci svalů a nervů
- důležitý pro srážení krve, růst buněk a využití energie
- při jeho nedostatku vzniká u dětí křivice, u dospělých osteomalacie
- hypervitaminóza se projevuje zvracením, hubnutím a přesunem vápníku do jiných tkání, např. plic, ledvin

- doporučené denní množství: 0,005mg

Vitamin D3
Calcitriol



Vitamin E (tokoferol)

Má několik izomerů, nejrozšířenější je α - tokoferol, nejbohatším zdrojem vit.E jsou obilné klíčky, sojový a slunečnicový olej, listový salát, také se vyskytuje v ovoci, ořechách, mase, mléce, vejcích, rybách...

Funkce vit.E

- významný antioxidant – chrání organismus před poškozením volnými radikály
- chrání před peroxidací hlavně vyšší mastné kyseliny s dvojnými vazbami, tím předchází rozvoji aterosklerosy
- působí preventivně proti nádorovým onemocněním
- chrání organismus před nežádoucími vedlejšími vlivy při léčení nádorového onemocnění zářením a chemoterapií
- správnou funkci vit. E podporuje selen a další antioxidanty ze skupiny vitamínů, např. vit.C, β -karoten
- nedostatek tohoto vitamínu se může projevit jako onemocnění svalové či nervové soustavy (špatná koordinace a rovnováha)
- doporučené denní množství: 10 mg

Vitamin K

Vyskytuje se v několika formách (vit. K1 a K2), *zdrojem je listová zelenina* (kapusta, brokolice, špenát...) sója, zelený čaj, žlutek, brambory, rajčata...

Funkce vit. K

- je důležitý pro krevní srážlivost
- podílí se na syntéze bílkovinné molekuly (osteokalcinu) v kostech
- vit. K1 pomáhá omezovat vylučování vápníku z kostí - prevence osteoporózy
- nedostatek vit. K se projeví sklonem ke krvácivosti a poruchou ukládání vápníku do kostí – časté zlomeniny kostí
- některé typy vit. K dokáží syntetizovat bakterie v tlustém střevě, proto dochází k jeho nedostatku jen zřídka – při poruchách vstřebávání tuků
- doporučené denní množství: 0,08 mg

Vitamíny rozpustné ve vodě

Do této skupiny se řadí vitamíny **B1, B2, B6, B12, C, niacin, biotin, kyselina pantotenová, kyselina listová**, nadbytečné množství těchto vitamínů je vylučováno močí, zásoby vitamínů rozpustných ve vodě jsou v těle nízké, k projevům jejich nedostatku dochází cca do 2 měsíců

Vitamin B1 (thiamin)

Vyskytuje se v potravinách rostlinného i živočišného původu, často v malých koncentracích, nejbohatším zdrojem jsou *kvasnice, játra, ledviny, srdce, vepřové maso, celozrnné potraviny* (oloupané zrní je vitaminu téměř zbaveno)

Funkce vit.B1

- je kofaktorem enzymů katalyzujících přeměnu aminokyselin
- jako koenzym je důležitý také pro metabolismus sacharidů
- nezbytný pro normální vývoj a funkci mozku, svalů, nervů a srdce
- pomáhá při léčení nervového systému, únavy, stresu
- nedostatek vitaminu se projevuje depresemi, únavou, neschopností orientace a koncentrace
- dlouhodobý nedostatek se projevuje onemocněním „beri-beri“ = poruchy nervového a kardiovaskulárního systému
- doporučené denní množství: 1,4 mg

Vitamin B2 (riboflavin)

Nejbohatším zdrojem jsou kvasnice a játra, dále mléko a mléčné výrobky, maso, obiloviny, celozrnné výrobky

Funkce vit.B2

- je součástí enzymů, nezbytných pro metabolismus cukrů, tuků a bílkovin
- je součástí flavinových koenzymů (FAD)
- účastní se reakcí enzymů v antioxidačním systému
- důležitý pro funkci některých částí kůže a sliznic (ústa, oči)
- nedostatek B2 se projevuje zřídka, většinou v kombinaci s chyběním jiných vitamínů rozpustných ve vodě
- při nedostatku praskají koutky, dochází k zánětům jazyka, padání vlasů a k zánětům spojivek
- doporučené denní množství: 1,6 mg

Vitamin B6 (pyridoxin)

Tři metabolicky podobné sloučeniny, které mají stejný účinek – pyridoxol, pyridoxal, pyridoxalamin

Vyskytuje se téměř ve všech potravinách, nejvíce v kvasnicích, mase, rybách, játrech, vejcích, zelenině, bramborách a v celozrnných výrobcích

Funkce vit.B6

- ve funkci koenzymu je důležitý pro metabolismus cukrů, tuků, bílkovin
- pomáhá zabránit tvorbě krevních sraženin
- důležitý pro kůži a nervy

- důležitý pro imunitní systém a krevtovorbu, správnou strukturu kostí a chrupavek
- nedostatek vitamínu se projevuje nervovou slabostí, nervovými, kožními a krevními chorobami
- vysoké dávky jsou nebezpečné pro nervovou soustavu
- doporučené denní množství: 0,002 – 0,003 mg

Vitamin B12 (kyanokobalamin)

V molekule má zabudovaný ion kobaltu, je syntetizován mikroorganismy, ke vstřebávání ve střevě potřebuje vnitřní faktor uvolňovaný ze žaludeční sliznice, vyskytuje se v potravě živočišného původu – játra, ledviny, srdce, vejce, ryby, mléko dále v kyselém zelí, kefiru a v pivu

Funkce vit. B12

- důležitý pro nervovou soustavu, krevtovorbu a růst
- účastní se metabolismu cukrů a tuků
- zlepšuje odolnost proti infekci
- jeho nedostatek se projevuje anemií megaloblastovou, chybí-li vnitřní faktor, dochází k perniciosní anemii, únavou, dušností, nechutenstvím, hubnutím, impotencí, psychickou labilitou
- doporučené denní množství: 0,001 mg

Vitamin C (kyselina L-askorbová)

Chemicky se řadí mezi cukry, je **silným redukčním činidlem**, jeho **hlavním zdrojem je ovoce a zelenina** – citrusové plody, černý rybíz, šípky, jahody, kiwi, paprika, rajčata, brokolice, vyskytuje se i v živočišné potravě, zejména v játrech a v ledvinách

Funkce vit. C

- **udržuje kovy iontů v redukovaném stavu**
- účastní se **tvorby kolagenu** (tvorba kostí, zubů, rychlé hojení ran), **adrenalinu** a **žlučových kyselin**
- napomáhá **udržet elasticitu kůže**
- **zvyšuje odolnost proti infekcím, vysokému krevnímu tlaku a ateroskleróze**
- **podporuje vstřebávání železa**
- je významným **antioxidantem**, chrání před účinky volných radikálů
- **nedostatek se projevuje** únavou, ztrátou chuti k jídlu, sníženou imunitou, sklonem k drobnému krvácení (např. dásní)
- **kurděje** se dnes již vyskytují vzácně (dříve u námořníků)
- **doporučené denní množství: až 200mg**, rozložené do tří denních dávek

Niacin

Kyselina nikotinová a její amid – **nikotinamid**, dříve též vit. PP, je **součástí kofaktoru NAD⁺**, vyskytuje se ve **většině potravin rostlinného i živočišného původu**, např. kvasnice, játra, maso, zelenina, ořechy

Funkce niacinu

- je **součástí koenzymu** – **účastní se enzymatických reakcí v metabolismu cukrů, tuků a bílkovin**

- ve vyšších dávkách se **podílí na snižování vysoké hladiny cholesterolu a triacylglycerolů**
- je **důležitý pro růst**
- **podílí se na syntéze hormonů**
- **působí proti pelagře** (vit. PP = proti pelagrový) pelagra = kožní onemocnění –červená hrubá kůže
- při jeho **nedostatku** dochází k žaludečním a střevním potížím až k anorexii, na pokožce se objevují suché skvrny, onemocnění je doprovázeno depresemi a ztrátou paměti
- nedostatek může nastat při převážném příjmu kukuřičných výrobků
- **doporučené denní množství: 16 mg**

Biotin (též vit. H)

Vyskytuje se ve velkém množství rostlinných i živočišných potravin, vždy v malém množství, např. kvasnice, játra, ledviny, žloutek, sója, ořechy, v dostatečném množství ho tvoří i střevní bakterie

Funkce biotinu

- je kofaktorem karboxylačních enzymů
- zvyšuje účinnost imunitního systému
- účastní se metabolismu cukrů, tuků, bílkovin
- při nedostatku biotinu dochází ke zvracení, anorexii, depresi, k padání vlasů, výskytu suché kůže
- **nedostatek biotinu je extrémně vzácný!!!**
- **doporučené denní množství: 0,015 – 0,03**

Kyselina pantothenová (dříve vit. B5)

je **velmi široce rozšířena**, zřídka se vyskytuje volná, v přírodě je obvykle ve formě **koenzymu A**, ve vyšším množství se vyskytuje v **játrech, srdci, mase, vaječném žloutku, obilovinách, houbách, kvasnicích**

Funkce kyseliny pantotenové

- je **součástí koenzymu A**, proto má velmi významnou roli v metabolismu cukrů, tuků, bílkovin
- **podílí se na obnově buněk a tkání**
- důležitá pro **syntézu hormonů, hemoglobinu, myoglobinu, neuromediátorů,...**
- **k nedostatku** kyseliny pantotenové vzhledem k jejímu širokému výskytu **nedochází**
- nedostatek byl pozorován pouze u válečných zajatců jako apatie, deprese a svalová slabost

Kyselina listová (folacin)

Též se jí říká **folát** nebo kyselina folová – toto označení je dáno skutečností, že se skládá ze tří hlavních jednotek – **pterinu, kyseliny p- aminobenzoové a kyseliny glutamové, nejvíce se vyskytuje** v játrech, listové zelenině, fazolích, obilných klíčcích, kvasnicích, žloutku, řepě

Funkce kyseliny listové

- **důležitá pro krvetvorbu**, pro **optimální funkci nervového systému a kostní dřeň**

- **podílí se na syntéze nukleových kyselin a na metabolismu aminokyselin**
- **má ochranný vliv na vznik defektů srdce, mozku a páteře**
- **nedostatek kyseliny listové** se projevuje specificky, např. únavou, nechutenstvím, popudlivostí, ale také jako u vit. B12, **megaloblastovou anemií**
- **doporučené denní množství: 0,4 mg**

Kontrolní otázky

1. Uveďte definici vitamínů?
 2. Jak dělíme vitamíny?
 3. Charakterizujte stručně vitamín D.
 4. Vyjmenujte vitamíny rozpustné ve vodě?
 5. Jaké vitamíny jsou antioxidanty?
 6. Definujte pojmy: apoenzym, koenzym, prostetická skupina
 7. Jak dělíme enzymy?
 8. Uveďte příklad oxidoreduktázy
-

Místo pro doplnění

Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

DASTYCH, M., BREINEK, P. *Klinická biochemie, bakalářský obor Zdravotní laborant*
2. vydání, Brno: Coprint s.r.o., 2011. ISBN 978-80-87192-18-4
Racek, J., Rajdl, D., *Klinická biochemie 3 vydání*, Praha 5: Galén, 2021
ISBN 978-80-7492-545-0
MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

9 Endokrinologie (D. Partlová)

Anotace, abstrakt

Soustava žláz s vnitřní sekrecí spolu s nervovou soustavou zajišťují neurohumorální regulaci orgánů a organismu jako celku.

Cíl kapitoly

Seznámení studentů se základy endokrinní soustavy, jednotlivých žláz a produkcí hormonů



Klíčová slova

Hormony, vnitřní sekrece, žlázy, hypofýza, nadledviny, štítná žláza, příštítná tělíska

Hormony

regulátory biochemických pochodů

1) Cílený efekt – daný hormon reguluje funkci pouze určitých buněk, tkání nebo orgánů

2) Specifický účinek - vyvolá jedinečné změny, které nevyvolá žádná jiná endogenní látka

3) Vysoká účinnost - v nízkých plazmatických koncentracích – obvykle pikomolárních, maximálně mikromolárních

Hormony – chemická struktura

Proteiny a polypeptidy

Steroidní látky

Aminokyseliny a jejich deriváty

Hormony - Proteiny a polypeptidy

Jsou **nejpočetnější** skupina - produkovány např. v **hypotalamu, hypofýze, pankreatu a příštítných těliscích**, skladovány v bb. v **sekrečních vezikulech**
prohormon - enzymaticky štěpen na **inaktivní fragment a účinný hormon** –

Steroidní hormony

Jsou **odvozeny od cholesterolu**, se produkují převážně v **kůře nadledvin, ovariích, varlatech a placentě**.

- **vázaná frakce** - biologicky neúčinná = zásobárna

- **volná frakce** – biologicky aktivní

vzájemná dynamická rovnováha

Aminokyseliny a jejich deriváty - vznikají ve dřeni nadledvin a štítné žláze

Kontrola sekrece hormonů

přísná kontrola koncentrace hormonů v plazmě mechanizmy:

Negativní zpětná vazba

Pozitivní zpětná vazba



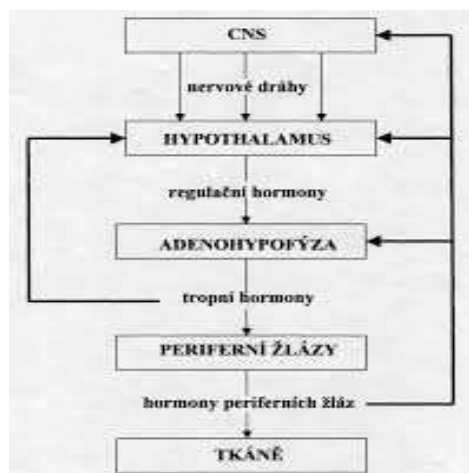
Cyklické změny

negativní zpětná vazba

základní kontrolní mechanismus

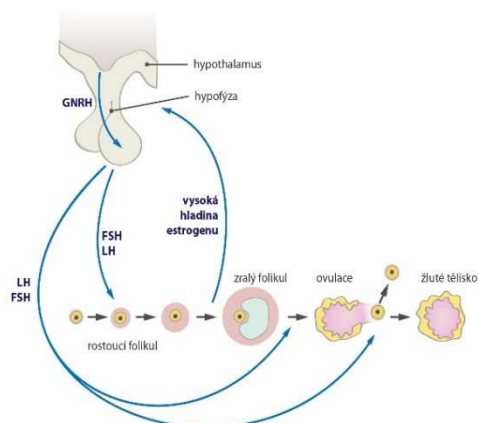
jednoduchá zpětná vazba - změna vyvolaná hormonem v cílové tkáni je monitorována a zpětně inhibuje sekreci hormonu (př. pokles glykémie – inhibice sekrece inzulínu)

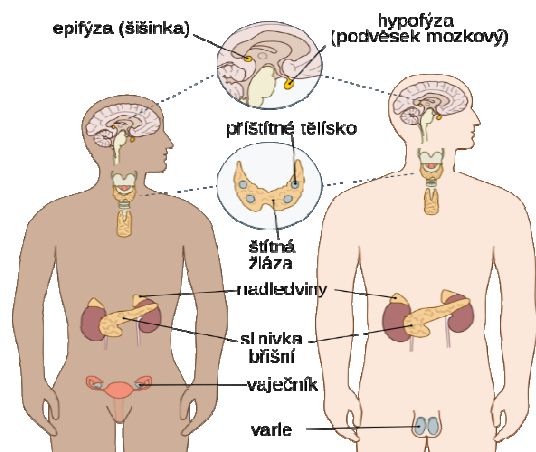
složitá zpětná vazba - hypothalamo- hypofyzární systém; produkce výkonného hormonu tlumí sekreci regulačního hormonu (př. tyroxin tlumí produkci TSH (hypofýza) i TRH (hypotalamus))



pozitivní zpětná vazba

Je zvláštním kontrolním mechanismem, ve kterém dochází k **cyklu změn**, kdy **každá potencuje následující**, až se dosáhne úrovně vedoucí ke **kvalitativní změně systému**. Kontrolní proměnná zde neinhibuje produkci hormonu, ale naopak ji ještě dále potencuje.

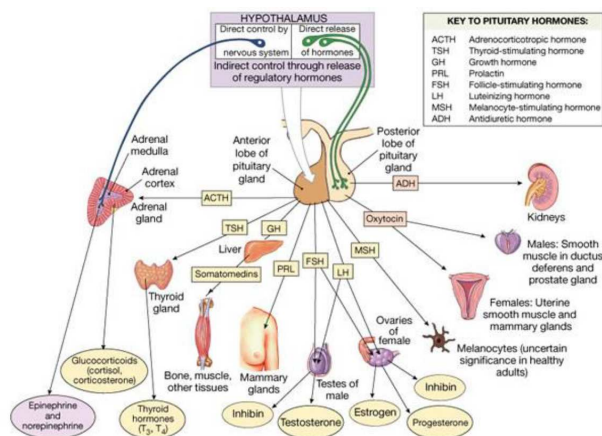




Endokrinní soustava zahrnuje **soubor žláz s vnitřní sekrecí** - (Nemají vlastní vývod. Látky, které tvoří, se vylučují do krve a transportují na místo určení.)

Žlázy produkují biologicky aktivní látky - **hormony**. Hormony řídí: metabolismus, rozmnožování, růst a vývoj. Mohou ovlivňovat řadu dalších funkcí organismu. (Např. adrenalin - ovlivňuje intenzitu srdeční činnosti, endorfiny - vyvolávají příjemné pocity po námaze atd.) → Vylučování hormonů může být jen jednou z více funkcí žlázy. (Slinivka břišní – produkuje hormon inzulín, ale také trávicí enzymy). Hormony vylučují také jiné buňky: tkáně - tkáňové hormony nervové buňky - mediátory

PŘEHLED ŽLÁZ S VNIŘNÍ SEKRECÍ :



HYPOFÝZA (podvěsek mozkový) – leží na spodině mozku a je rozdělen na dva laloky, adenohypofýzu a neurohypofýzu. Činnost adenohypofýzy řídí prostřednictvím regulačních hormonů (neurohormonů) hypothalamus – (mezimozek)

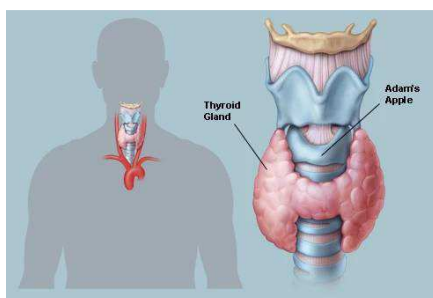
ADENOHYPOFÝZA - především ovlivňuje a řídí ostatní žlázy s vnitřní sekrecí. Vylučuje šest základních hormonů: **Somatotropin** - (růstový hormon) podporuje syntézu bílkovin v buňkách a růst dlouhých kostí (stimuluje růstové chrupavky). **kalcitonin** **Prolaktin** – U žen podporuje růst mléčné žlázy a po porodu řídí laktaci. **Kortikotropin** – stimuluje nadledvinky k vylučování kortizolu – (hormon kůry nadledvin) **Tyreotropin** – řídí činnost štítné žlázy **Folitropin** (FSH - folikuly stimulující hormon) – u žen podporuje růst folikulů, u mužů vyvolává množení pohlavních buněk

(spermatogenezi). **Lutropin** (luteinizační hormon LH) – Spolu s FSH podporuje růst folikulů, vyvolává ovulaci a tvorbu žlutého tělíska, které produkuje progesteron a estrogeny. U mužů podporuje činnost buněk produkujících testosteron.

NEUROHYPOFÝZA – vylučuje hormony produkované hypothalamem **Antidiuretický hormon** (ADH) dříve vasopresin – Vzniká v hypothalamu a v neurohypofýze je jen skladován. Působí na sběrné kanálky nefronů v ledvinách a podporuje v nich zpětné vstřebávání vody. Působí proti vylučování vody močí. **Oxytocin** – Vzniká také v hypothalamu, v neurohypofýze je skladován. Uvolňuje se u žen po stimulaci prsu, dělohy a vagíny. Na konci těhotenství podněcuje stahy dělohy a ovlivňuje také vylučování mléka

ŠTÍTNÁ ŽLÁZA - vylučuje tři hormony: **tyroxin, trijodtyronin, kalcitonin**.

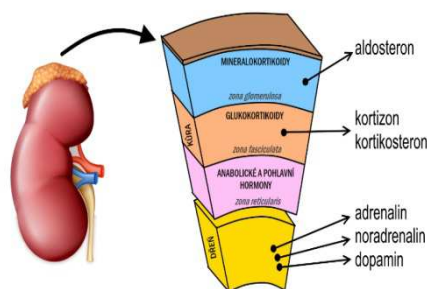
Tyroxin a trijodtyronin - oba hormony ovlivňují látkový metabolismus a především jeho rychlost. Nemoci štítné žlázy způsobují její zvětšení a někdy vznik strumy – lidově se tomuto útvaru na krku říká „vle“. Poruchy vylučování hormonů štítné žlázy se označují jako: Hypotyreóza – nedostatečná činnost – pomalost, pomalý tep, chladné končetiny, špatná paměť, podporuje sklony k obezitě... Hypertyreóza – hubnutí, zvýšená srdeční činnost, hubenost, hladovost, často bývají výrazně vypouklé oči. Kalcitonin – snižuje hladinu vápníku v krvi – podporuje jeho zabudování do kostí.



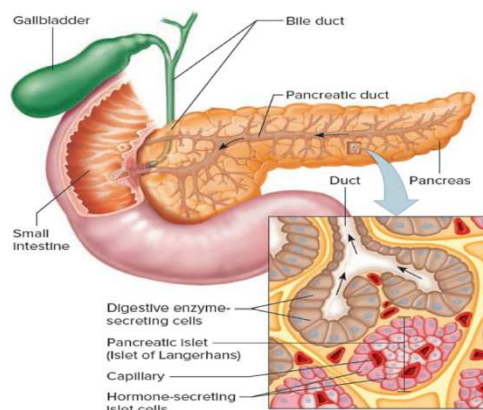
PŘÍŠTÍTNÁ TĚLÍSKA - představují 4 drobná tělíska na zadním laloku štítné žlázy. Produkují jediný hormon. Parathormon - v kostech stimuluje činnost buněk rozrušujících kostní tkáň. V důsledku toho se zvyšuje množství vápníku a fosforu v krvi.

NADLEDVINY - jsou párové žlázy uložené na horní části ledvin. Rozlišují se na kůru a dřeň. Kůra nadledvin Produkuje hormony ovlivňující metabolismus cukrů a iontů i imunitní reakce organismu **GLUKOKORTIKOIDY** - např. kortizol – zvyšuje pohotovost organismu při stresových reakcích - přispívá k udržování stabilní hladiny glukózy v krvi. Ve vyšších dávkách má imunosupresivní účinek – snižují aktivitu imunitní soustavy – Kortikoidy se proto přidávají do mastí a léků proti alergiím (atopický ekzém) **MINERALOKORTIKOIDY** – regulují zastoupení iontů v krvi – např. aldosteron – hlavní mineralokortikoid – působí na kanálky nefronů v ledvinách, kde zvyšuje zpětné vstřebávání vody, iontů sodíku a vylučování draslíku. Dřeň nadledvin Produkuje dva významné hormony: adrenalin a noradrenalin - oba hormony ovlivňují celou řadu orgánů – především oběhovou a cévní soustavu, hladké svalstvo a CNS. Jeho vylučování je

řízeno z mezimozku při: tělesné námaze, stresu, chladu, úzkosti, strachu atd.



SLINIVKA BŘÍŠNÍ Kromě produkce trávicích enzymů, které odchází do dvanáctníku, vylučuje také: **Inzulín** - regulující hladinu glukózy v krvi (stimuluje vstup glukózy z krve do buněk) **Glukagon** - působí opačně než inzulín – zvyšuje štěpení glykogenu na glukózu ve svalech a tím zvyšuje množství cukru v krvi. **CUKROVKA – (diabetes)** Onemocnění vyznačující se zvýšeným množstvím cukru v krvi. V krvi se hromadí glukóza, která se ale nedostává do buněk a je vylučována močí.



POHLAVNÍ ŽLÁZY – Hormony pohlavních žláz způsobují pohlavní dospívání organismu, ovlivňují vývoj pohlavních orgánů, sekundárních pohlavních znaků a sexuální chování. **VAJEČNÍKY** **Progesteron, estrogeny** – uvolňují se ze žlutého tělíska, které vzniká po ovulaci z Gráfova folikulu - (Ovulaci vyvolává Lutropin v součinnosti s folitropinem.) **Progesteron** – podporuje růst a výživu děložní sliznice. Pokud žena neotěhotní, dojde k zastavení produkce progesteronu a menstruaci. **Estrogeny** - ovlivňují celou řadu orgánů, ale především mají vliv na vývoj sekundárních pohlavních znaků – růst prsní žlázy a usazování tuku v „určitých“ partiích, zjemňují pokožku a ovlivňují sexuální chování ženy. Vznikají také ve folikulech vaječníků. **VARLATA** **Testosteron** – produkují ho buňky varlat na základě působení Lutropinu. Testosteron patří mezi tzv. anabolické steroidy, které urychlují proteosyntézu a výrazně podporují růst svalové hmoty. Podporuje především vývoj sekundárních pohlavních znaků muže – růst vousů, chlupů, svalů, hrubnutí hlasu atd. Zvyšuje také agresivitu a ovlivňuje sexuální chování muže.

Kontrolní otázky

1. Vyjmenujte žlázy s vnitřní sekrecí
 2. Jaké hormony produkuje hypofýza?
 3. Charakterizujte význam inzulínu
 4. Vyjmenujte mužské pohlavní hormony
-

Místo pro doplnění

Referenční seznam a doporučená literatura ke studiu

DASTYCH, M., BREINEK, P. *Klinická biochemie, bakalářský obor Zdravotní laborant* 2. vydání, Brno: Coprint s.r.o., 2011. ISBN 978-80-87192-18-4
Racek, J., Rajdl, D., *Klinická biochemie* 3. vydání, Praha 5: Galén, 2021
ISBN 978-80-7492-545-0
MACHOVÁ, J., *Biologie člověka pro učitele*, Praha: Karolinum, 2022. ISBN 978-80-246-5085-2

