

Mezipředmětová integrace tělesná výchova – biologie – chemie

Biochemie pro učitele tělesné výchovy I.: úvod

(průvodce studiem)

Filip Neuls, Ph.D.

Průvodce studiem

Vážené studentky, vážení studenti,

tématem předkládaných metodických listů je průnik teoretických a praktických poznatků, které mají jedno společné – lidské tělo a lidský pohyb. Při studiu tělesné výchovy a dalších přidružených oborů se pohyb probírá z různých pohledů, avšak šíří teoretických poznatků někdy chybí praktické uplatnění. Pohyb, pohybová aktivita, sportovní výkon, to vše má v základu nějakou biologickou (fyziologickou) a chemickou (biochemickou) podstatu. Integrace tří školních předmětů zmíněných v názvu projektu se tedy přímo nabízí. Co se vše odehrává v pohybujiícím se lidském těle z fyziologického a biochemického hlediska? Existují způsoby, jak to ovlivnit? Co si lze představit pod pojmy metabolismus, adaptace, únava či zotavení tak, aby to bylo prakticky upotřebitelné a učitel tělesné výchovy (popř. kondiční trenér, instruktor aj.) se mohl opřít o znalosti z jiných školních předmětů, aniž by k tomu potřeboval rady svých kolegů? Jak tyto předměty integrovat, aby žáci a žákyně na školách získali výhodu během učení, při kterém se pouhé memorování informací změnilo na prožitou zkušenost? Věřím, že pomocí našich společných seminářů a těchto textů můžeme hledat odpovědi.

Cíl textu

Cílem tohoto metodického listu je představení základních pojmů z chemie a biochemie se záměrem vytvořit znalostní bázi pro vysvětlení metabolických pochodů při tělesné zátěži.

Úvod

Při svém studiu obecné a zátěžové fyziologie se setkáváte s celou řadou pro vás nových pojmů, jejichž pochopení není úplně jednoduché. Jedním z důvodů je, že toto porozumění vyžaduje znalosti z různých dalších oborů, neboť fyziologie jako lékařská věda využívá informací i z jiných biologických a dalších přírodních věd, jako je anatomie, cytologie, histologie, ale i (bio)chemie, (bio)fyziologie, molekulární biologie apod. V této části textu se zaměříme na důležité pojmy z chemie a biochemie.

Efektivní adaptace začínajících učitelů na požadavky školské praxe

1 Základní pojmy

Biochemie se zabývá chemickými pochody v živých organismech. Studuje strukturu a funkce základních stavebních kamenů živé hmoty, tzv. **biomolekul** (sacharidy, lipidy, proteiny, nukleové kyseliny atd.). Veškeré biomolekuly se skládají z tzv. **biogenních prvků**. Ty se podle svého množství v organismu dělí na makrobiogenní, mikrobiogenní a stopové:

- **makrobiogenní** (> 1 %): C, H, O, N, Ca, P;
- **mikrobiogenní** (0,01–1 %): Na, K, S, Cl, Mg;
- **stopové** (< 0,01 %): Fe, Zn, Cu, I, Mn, Mo, Co, Se, Cr, F.

Tabulka 1. Zastoupení jednotlivých prvků v lidském organismu

Prvek	Zastoupení	Prvek	Zastoupení
Uhlík (C)	50 %	Draslík (K)	1 %
Kyslík (O)	20 %	Síra (S)	0,8 %
Vodík (H)	10 %	Sodík (Na)	0,4 %
Dusík (N)	8,5 %	Chlor (Cl)	0,4 %
Vápník (Ca)	4 %	Hořčík (Mg)	0,1 %
Fosfor (P)	2,5 %	Železo (Fe)	0,01 %
		Mangan (Mn)	0,001 %
		Jod (I)	0,00005 %

Z těchto prvků se skládají molekuly jednotlivých sloučenin. Jejich vlastnosti pak vycházejí ze zastoupení jednotlivých prvků a povahy vazeb mezi nimi, stejně jako z interakcí s molekulami jiných sloučenin. Některé sloučeniny jsou označovány jako anorganické, jiné jako organické:

- **anorganické sloučeniny**: obvykle se skládají z atomu nebo skupiny atomů s kladným nábojem (kovu) a atomu nebo skupiny atomů se záporným nábojem (nekovu) – tj. minerály, soli apod.;
- **organické sloučeniny**: obsahují ve své molekule uhlík, ale nepatří sem oxidy uhlíku (CO₂, CO), kyselina uhličitá (H₂CO₃), uhličitany a hydrogenuhličitany (soli H₂CO₃) apod., které patří mezi sloučeniny anorganické.

Každý organismus je přirozeně složen jak z látek organických (jednoznačně převažují), tak anorganických. Zjednodušeně můžeme říci, že nám známý život je založen na sloučeninách **uhlíku**.

Jak bylo uvedeno výše, některé atomy či skupiny atomů mají elektrický náboj, označují se jako ionty. **Iont** je tedy elektricky nabitá částice (atom nebo molekula). Jak známo, atomy v sobě obsahují protony (kladný náboj), neutrony (bez náboje) a elektrony (záporný náboj). Pokud jsou protony a elektrony v rovnováze, částice je elektroneutrální. Jakmile ale protony nebo elektrony převáží, z částice se stává iont s elektrickým nábojem, který iontu dává odlišné vlastnosti oproti elektroneutrální částici:

Efektivní adaptace začínajících učitelů na požadavky školské praxe

- **kationt** – kladně nabitá částice; odevzdala elektron (e^-) nebo přijala proton (p^+ , někdy značeno jako H^+);
- **aniont** – záporně nabitá částice; přijala elektron (e^-) či odevzdala proton (p^+)

Jako jednoduché příklady vzniku iontů lze uvést rozpouštění soli ($NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$) nebo rozklad vody, tzv. hydrolyzu ($H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$).

2 Makronutrienty

Organismus přijímá z vnějšího prostředí (potravou) veškeré látky důležité pro život: **makronutrienty** (sacharidy, lipidy a proteiny), vitamíny, minerály a vodu. Z těchto látek si různými metabolickými cestami vytváří další látky nezbytné pro chod životních funkcí. Některé látky si organismus neumí vytvořit sám, musí je proto bezpodmínečně přijímat v potravě; jde o tzv. **esenciální látky** (vitamíny, esenciální mastné kyseliny a esenciální aminokyseliny). Aby mohla fungovat látková přeměna, musí organismus z vnějšího prostředí pomocí dýchání nezbytně přijímat kyslík (O_2).

2. 1 Sacharidy

Jsou označovány také nepřesně či nesprávně jako glycidy nebo karbohydráty (uhlohydráty, uhlovodany). Patří mezi základní přírodní látky v rostlinných i živočišných organismech. Přírodní cestou vznikají v procesu fotosyntézy z vody a oxidu uhličitého pomocí sluneční energie (např. v rostlinách). Organismy neschopné fotosyntézy jsou závislé na jejich příjmu v potravě. Při nedostatku mohou sacharidy krátkodobě vznikat z aminokyselin nebo glycerolu. Z chemického hlediska jde o organické sloučeniny patřící mezi polyhydroxyderiváty karbonylových sloučenin (aldehydů a ketonů). Nízkomolekulární sacharidy jsou rozpustné ve vodě a mají více či méně sladkou chuť (označují se jako cukry), makromolekulární polysacharidy jsou většinou bez chuti a jsou ve vodě jen omezeně rozpustné (škrob), nebo zcela nerozpustné (celulóza a jiné složky vlákniny). V organismu jsou sacharidy významným zdrojem a zásobou energie (glukóza, glykogen) nebo složkami složitějších biomolekul (nukleových kyselin, hormonů, koenzymů).

Biomolekuly sacharidů se skládají z uhlíku, vodíku a kyslíku. Základní stavební jednotkou je tzv. cukerná jednotka (monosacharid). Rozdělení:

- dle počtu atomů C v cukerné jednotce: triózy (3C), tetrózy (4C), pentózy (5C), hexózy (6C) atd.;
- dle počtu cukerných jednotek: monosacharidy (1), disacharidy (2), oligosacharidy (do 10), polysacharidy (nad 10).

Příklady:

monosacharidy – glukóza (6C; „hroznový cukr“, „krevní cukr“), fruktóza (6C; „ovocný cukr“), galaktóza (6C; součást mateřského mléka), ribóza (5C, součást nukleových kyselin, ATP aj.);

disacharidy – sacharóza (glukóza + fruktóza; „řepný cukr“), maltóza (glukóza + glukóza, „sladový cukr“), laktóza (glukóza + galaktóza, „mléčný cukr“);

Efektivní adaptace začínajících učitelů na požadavky školské praxe

polysacharidy – glykogen (až 120.000 molekul glukózy, zásobní polysacharid živočichů), škrob (amylóza + amylopektin, rostlinná zásobní látka), celulóza (stavební polysacharid rostlin, součást vlákniny), inulin (polymer fruktózy, rostlinný původ, zdroj energie pro symbiotické střevní bakterie, tzv. prebiotikum).

Sacharidy mohou vytvářet i části složitějších molekul, např. proteoglykany (vytvářejí síť, vážou vodu, důležité pro metabolismus kostí a hydrataci tkání), glykoproteiny (často vytvářeny sliznicemi, např. mucin v trávicím traktu), glykolipidy (zejména v buněčných membránách, buněčné receptory, látky pomáhající zakotvit buňku do okolní tkáně).

2. 2 Lipidy

Lipidy jsou přírodní látky živočišného i rostlinného původu. Mohou být v kapalném nebo pevném skupenství. Chemicky se jedná o estery vyšších karboxylových kyselin (nasyčených i nenasycených), látky skládající se stejně jako sacharidy z uhlíku, vodíku a kyslíku. Jejich důležitou vlastností je to, že jsou hydrofobní, tj. nerozpustné ve vodě. Lipidy mají v organismu následující zásadní funkce:

- součást buněčných membrán (lipidová dvojvrstva),
- zdroj a zásoba energie (např. v adipocytech; lipidy jsou energeticky velmi bohaté),
- ochrana orgánů, tepelná izolace,
- rozpouštědlo (pro vitamíny rozpustné v tucích),
- signální molekuly.

Příklady jednoduchých lipidů:

tuky (též triacylglyceroly, triglyceridy) – v potravě jsou nejběžnější, skládají se z glycerolu (3C alkohol) a tří mastných kyselin (MK, *fatty acids*), MK mají v řetězci obvykle sudý počet C a dle přítomnosti dvojných vazeb se rozlišují na nasycené (bez dvojných vazeb) a nenasycené (obsahují dvojnou vazbu); mezi esenciální MK patří kyselina linolová, linolenová nebo arachidonová – ta je důležitá pro syntézu prostaglandinů (hormonům podobných látek s místním účinkem);

steroly (např. cholesterol a jeho deriváty) – důležité komponenty membránových lipidů, prekurzory pro steroidní hormony, signální molekuly, žlučové kyseliny aj.

Příklady složených lipidů:

fosfolipidy – hlavní součást buněčných membrán s hydrofilní a hydrofobní částí;

lipoproteiny – součást membrán, cytoplazmy, krevní plazmy, obsahují fosfolipidy, triglyceridy, cholesterol a jejich funkcí je transport ve vodě nerozpustných lipidů vodním prostředím krve (např. chylomikrony, chylomikronové zbytky, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, VLDL-cholesterol apod.).

2. 3 Proteiny

Proteiny (bílkoviny) jsou podstatou všech známých organismů. Jde o vysokomolekulární přírodní látky (tzv. biopolymery) složené z **aminokyselin** (AK) spojených peptidovou vazbou. Rozlišujeme oligopeptidy (2–10 AK), polypeptidy (11–100 AK) a proteiny (více než 100 AK). Kromě uhlíku, vodíku a kyslíku obsahují AK dusík (ve formě tzv. aminoskupiny) a některé i síru. Všechny bílkoviny vznikají kombinací 20 (21) biogenních AK

Efektivní adaptace začínajících učitelů na požadavky školské praxe

na základě přepisu genetické informace (replikace, transkripce, translace – viz rozšiřující text v dalších metodických listech). Esenciální AK si lidské tělo nedokáže vytvořit (je jich celkem 8) a musí je proto bezpodmínečně přijímat v potravě. Funkce bílkoviny je dána složením polypeptidového řetězce a jeho strukturou (prostorovým uspořádáním). **Denaturací** se nevratně ztrácí její biologická aktivita (zahřátím, změnou pH).

Dle struktury rozdělujeme proteiny na:

- globulární (albuminy, globuliny),
- fibrilární (vláknité – kolagen, elastin, keratin),
- jednoduché/složené.

Dle funkce pak můžeme rozlišit proteiny:

- stavební či strukturální (tvoří stavební složky buněk, kolagen, elastin, keratin),
- katalytické, řídicí a regulační (enzymy, hormony, receptory),
- transportní (hemoglobin, myoglobin),
- pohybové (aktin, myosin),
- ochranné a obranné (protilátky, imunoglobuliny, fibrin, fibrinogen),
- zásobní, skladovací (transferin, ferritin),
- senzorické (rhodopsin),
- výživové (zdroj hmoty k výstavbě a obnově tkání).

3 Enzymy a koenzymy

Enzymy jsou bílkoviny s katalytickou aktivitou, tzv. **biokatalyzátory** (obvykle mají v názvosloví koncovku *-áza*, výjimkou jsou třeba některé trávicí enzymy). Enzymy určují povahu i rychlost chemických reakcí a řídí většinu biochemických procesů v těle všech živých organismů. Jsou specifické, obvykle katalyzují určitou konkrétní reakci. Bílkovinná složka enzymu se nazývá **apoenzym**, nebílkovinná část je tzv. **kofaktor**. Kofaktor je chemická látka nezbytná pro biologickou aktivitu enzymu. Může být anorganická (např. ionty Mg^{2+} , Cu^+ , Fe^{2+} aj.) nebo organická, v tom případě hovoříme o **koenzymech**, které často tvoří tzv. prostetickou skupinu (koenzym pevně navázaný na apoenzym). Příklady koenzymů:

Adenosin trifosfát (ATP) – makroergní fosfát, univerzální buněčný přenašeč energie ($ATP \rightarrow ADP + Pi + E$). Energie (E) se využívá téměř ve všech typech buněčných pochodů, např. při biosyntézách, vnitrobuněčném a membránovém transportu, výrobě proteinů, syntéze RNA, svalové kontrakci apod. ATP se rozkládá hydrolýzou za pomoci enzymu ATPázy, regeneruje (recykluje se) pomocí enzymu myokinázy a energie dodané z enzymaticky řízeného rozpadu jiných energeticky bohatých látek, jako jsou kreatinfosfát, glukóza, glykogen, MK, AK, glycerol, ketolátky aj. ($ADP + Pi + E \rightarrow ATP$).

Nikotinamid adenin dinukleotid (NAD) – koenzym přítomný ve všech živých organismech, je zapojený v oxidačně-redukčních reakcích. Může existovat v oxidované formě (NAD⁺) či v redukované formě (NADH) a díky tomu funguje jako přenašeč elektronů (e⁻) a protonů (H⁺) v elektronovém transportním řetězci (v mitochondrii). Na oxidaci 1 mol NADH je vázán vznik 3 mol ATP.

Flavin adenin dinukleotid (FAD) – má podobnou funkci jako NAD, opět může existovat v oxidované (FAD) a v redukované formě (FADH₂). Je také schopen přenášet elektrony a

Efektivní adaptace začínajících učitelů na požadavky školské praxe

vodíkové protony do elektronového transportního řetězce. Na oxidaci 1 mol FADH_2 je vázán vznik 2 mol ATP.

Koenzym A (CoA) – funguje jako přenašeč různých skupin (acetylových, acylových...) při buněčných oxidacích.

Koenzym Q10 – významně přispívá ke konverzi energie z potravy do chemické energie ATP, slouží i jako antioxidant v mitochondriích a lipidových membránách, brání tyto struktury před volnými radikály.

4 Vitamíny

Vitamíny jsou nízkomolekulární organické látky esenciální pro život (organismus je nedokáže syntetizovat v dostatečném množství). Obvykle vystupují jako katalyzátory biochemických reakcí. V současnosti se uznává 13 vitamínů:

- **rozpustné v tucích:** A, D, E, K,
- **rozpustné ve vodě:** C, B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12.

Funkce vitamínů jsou následující:

- regulátory (podobně jako hormony, např. vitamín D),
- kofaktory (koenzymy) enzymů, části prostetických skupin,
- antioxidanty (vitamín C, E, A, B3),
- přenašeče chemických skupin, elektronů apod.

Použitá a doporučená literatura

Koolman, J., & Röhm, K.-H. (2012). *Barevný atlas biochemie*. Praha: Grada.
Vacík, J. (1999). *Přehled středoškolské chemie* (4th ed.). Praha: SPN.

Kontrolní otázky

Jaké látky jsou využitelné jako energetické zdroje?

Jaký je vztah mezi glukózou a glykogenem?

Co jsou to mastné kyseliny?

Z čeho se skládají proteiny? Jak vznikají?

Co jsou to enzymy? Jaké jsou nejvýznamnější koenzymy z hlediska přenosu energie?

Samostudium

Vyhledejte v relevantních zdrojích, jaké funkce mají v organismu jednotlivé chemické prvky a jaké funkce mají jednotlivé vitamíny.