

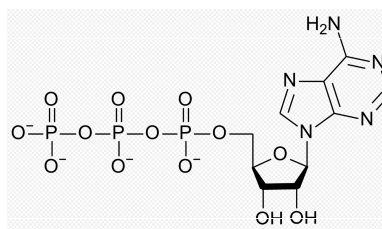
**MUNI
SPORT**

METABOLISMUS SACHARIDŮ

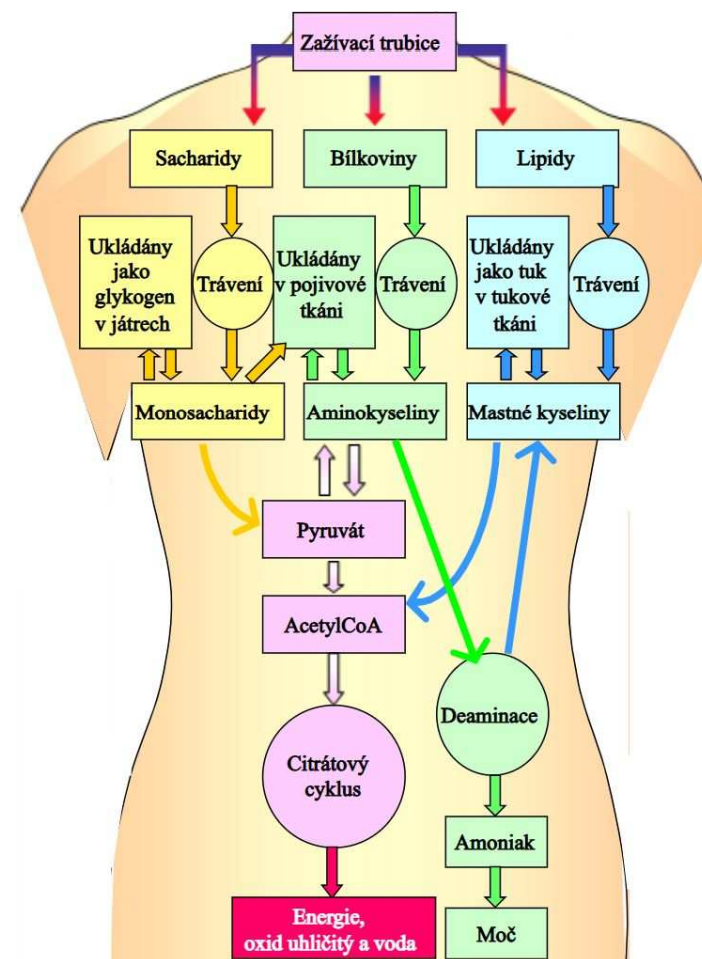
METABOLISMUS - obecně

- Veškeré chemické a energetické změny probíhající v organismu.
- Oxidace živin v organismu je komplexní, pomalý, postupný proces, jímž se energie uvolňuje v malých použitelných množstvích - vzniká CO₂ a H₂O a energie (teplo).
- Energie je v těle uskladněna v tzv. makroergních fosfátech (adenosintrifosfát - ATP), které jsou jediným okamžitým zdrojem energie pro životní děje v buňce. Dostupné množství ATP v organismu je pouze od několika sekund do několika minut.

ATP - adenosintrifosfát



- Energie uvolněná oxidací živin se používá k udržení tělesných funkcí, štěpení a metabolizování potravy, pro termoregulaci, fyzickou aktivitu a schopnost bránit se infekcím.



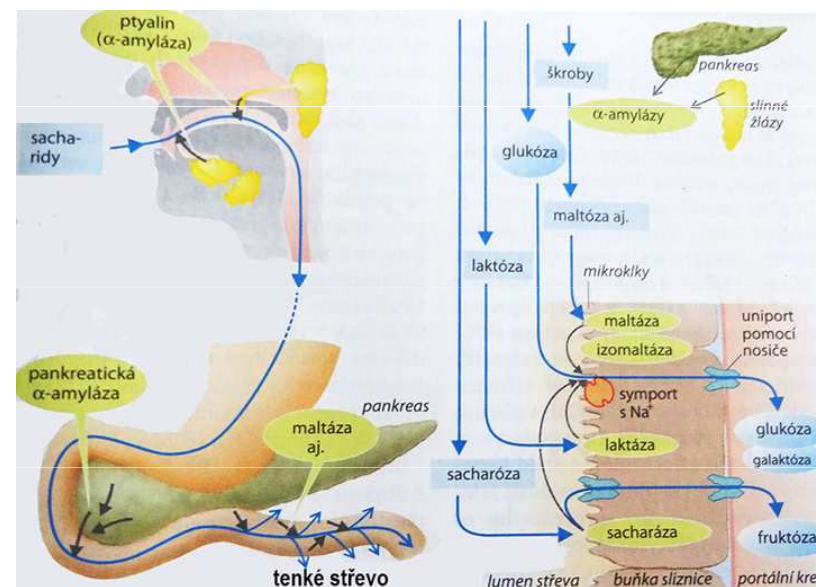
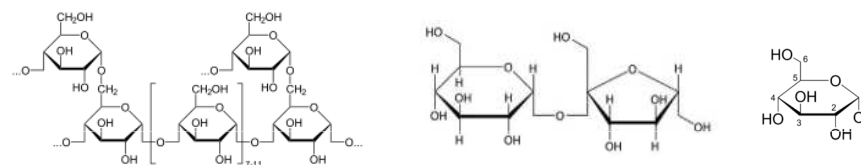
Metabolické reakce dělíme na:

1. **Anabolické** (syntetické, endergonní) – tvorba nových struktur a zásob energie, př. proteosyntéza (aminokyseliny → proteiny), glykogeneze (glukóza → glykogen), lipogeneze (mastné kyseliny, glycerol → triacylglyceroly).
2. **Katabolické** (degradační, exergonní) – rozklad složitějších látek na jednodušší, energie se uvolňuje a využívá pro práci, tvorbu tepla a energetické nároky anabolických reakcí, př. proteolýza, glykogenolýza, lipolýza.
3. **Amfibolické** – mohou být anabolické i katabolické, např. glykolýza při hladovění je katabolickou reakcí (glukóza se mění na pyruvát a získá ATP) x glykolýza při zvýšeném příjmu sacharidů v potravě (glukóza se mění na mastné kyseliny a tvoří TAG) je součástí sledu reakcí anabolického charakteru.

Trávení sacharidů

- Sacharidy přijímané potravou jsou především polysacharidy (škrob a glykogen + nestravitelné), v menším množství disacharidy a monosacharidy.
- Úkolem trávení je rozštěpit polysacharidy a disacharidy na monosacharidy.
- Začíná v ústech – **slinná alfa-amyláza** (ptyalin) štěpí škrob na nízkomolekulární dextriny, maltózu, izomaltózu
- Žaludek – nic – kyselé pH zastaví trávení sacharidů
- Tenké střevo – zejména zde jsou škroby natráveny pankreatickou šťávou obsahující **pankreatickou α -amylázu**, která štěpí poly/oligosacharidy na disacharidy
- V kartáčovém lemu sliznice tenkého střeva jsou disacharidy rozloženy pomocí **disacharidáz** (laktáza, maltáza, sacharáza) na monosacharidy, vstřebány do enterocytů a poté jsou transportovány portální žílou do jater.
- V játrech jsou neglukózové monosacharidy (fruktóza, galaktóza) přeměněny na glukózu.
- Glukóza je z jater transportována do buněk nebo použita k syntéze glykogenu (v játrech nebo ve svalech). Nadbytečná glukóza je přeměněna na zásobní podkožní tuk.

4 Fyziologie výživy



Disacharidázy – v kartáčovém lemu sliznice tenkého střeva

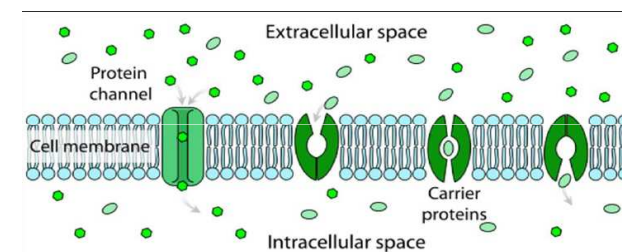
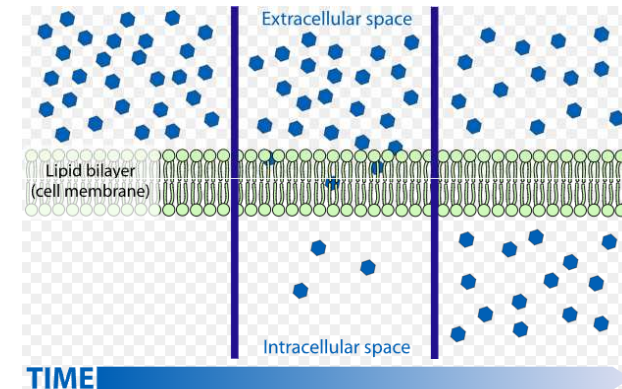
- **Laktáza** štěpí laktózu na glukózu a galaktózu
- **Maltáza** a **izomaltáza** štěpí maltózu na dvě molekuly glukózy
- **Sacharáza** štěpí sacharózu na glukózu a fruktózu

MUNI
SPORT

Transport látek přes buněčné membrány I

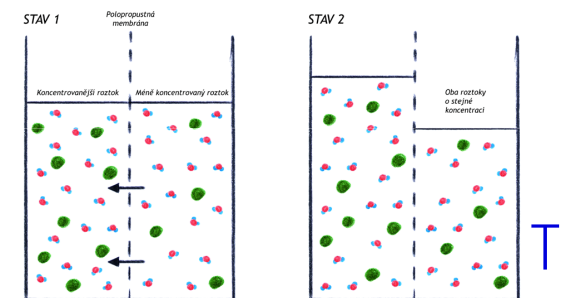
Pasivní transport – probíhá samovolně prostřednictvím kanálů a přenašečových proteinů, nespotřebovává chemickou energii

- **prostá difuze** – pohyb látek z místa s vyšší koncentrací do místa s nižší koncentrací (koncentrační gradient/spád); u malých molekul a plynů (kyslík, dusík, oxid uhličitý, etanol, steroidní hormony, vyšší mastné kyseliny) - lipidovou dvojrstvu procházejí nepolární látky snadno
- **facilitovaná/usnadněná difuze** - pohyb molekul přes buněčnou membránu po svém elektrochemickém gradientu za pomoci specifických transportních proteinů. Tento proces usnadňuje přenos látek, které by membránou jinak nemohly volně projít kvůli své velikosti, polaritě nebo elektrickému náboji, jako jsou například glukóza, aminokyseliny nebo ionty.
- **osmóza** - pasivní transport vody přes semipermeabilní (polopropustnou) membránu. Tento proces probíhá, když je na jedné straně membrány vyšší koncentrace rozpuštěných látek než na druhé straně. Voda se pohybuje z oblasti s nižší koncentrací rozpuštěných látek (vyšší koncentrace vody) směrem do oblasti s vyšší koncentrací rozpuštěných látek (nižší koncentrace vody), dokud se koncentrace na obou stranách nevyrovnejší.



Osmóza

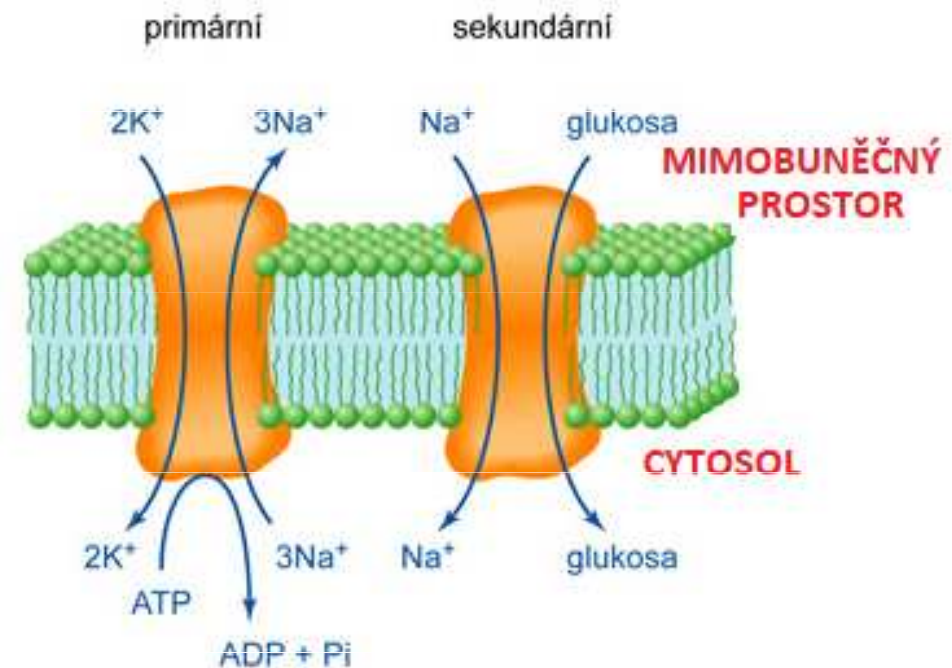
● Rozpuštěná látka
● Rozpuštělo
← Směr difuze rozpouštěla (vlastní osmóza)



Transport látek přes buněčné membrány II

Aktivní transport - spotřebovává se při něm energie, nejčastěji štěpením ATP, může probíhat i proti koncentračnímu spádu, umožněn membránovými proteiny zabudovanými v cytoplazmatické membráně

- **primární aktivní transport:** Zde se ATP přímo využívá k pohybu molekul. Příkladem je sodno-draselná pumpa (Na^+ / K^+ pumpa), která přenáší ionty sodíku ven z buňky a ionty draslíku do buňky.
- **sekundární aktivní transport:** Tento typ využívá energii uloženou v koncentračním gradientu, který byl vytvořen primárním aktivním transportem. Tento proces zahrnuje kotransport – symport (pohyb dvou molekul stejným směrem) a antiport (pohyb dvou molekul opačným směrem).



Transport glukózy přes buněčnou membránu

Glukóza je polární molekula s vysokou molekulovou hmotností a nemůže prostupovat lipidovou dvojvrstvou prostou difuzí.

– 1. Facilitovaná difuze

- **GLUT transportéry:** Glukóza se obvykle do buněk dostává prostřednictvím transportních proteinů zvaných GLUT (glucose transporter), které jsou rozptýleny v buněčné membráně. Existuje několik typů GLUT transportérů (GLUT1 až GLUT14), z nichž každý má specifické umístění a funkci v různých tkáních. Například:
 - **GLUT1:** Vyskytuje se v červených krvinkách a bariéře mozku, kde zajišťuje stabilní příjem glukózy.
 - **GLUT4:** Tento transportér se aktivuje inzulinem v kosterní a srdeční svalovině a v tukových buňkách. Po stimulaci inzulinem se GLUT4 transportéry přesunou z intracelulárních zásob do membrány, kde umožní příjem glukózy do buňky.

– 2. Sekundární aktivní transport (kotransport)

- **SGLT transportéry:** Glukóza může být transportována i pomocí sodíko-glukózových kotransportérů (SGLT – sodium-glucose linked transporter). Tento mechanismus se často vyskytuje v ledvinách a ve střevě, kde je potřeba efektivní vstřebávání glukózy z vnějšku.
- SGLT transportéry využívají energii uloženou v elektrochemickém gradientu sodíkových iontů (Na^+), který je vytvořen pomocí Na^+/K^+ pumpy. SGLT transportér přesouvá glukózu a Na^+ společně do buňky, ačkoli glukóza jde proti svému koncentračnímu gradientu.

- Tyto mechanismy jsou zásadní pro regulaci hladiny glukózy v buňkách a pro zajištění, že orgány, které potřebují konstantní přísun glukózy (např. mozek), ji mohou získat i za různých podmínek.

Glukóza v krvi

- Glykémie – koncentrace glukózy v krvi
- U zdravého člověka **na lačno** je normální glykémie 3,9 – 5,6 mmol /l (asi 1 g glukózy v 1 litru krve)

Zvýšení glykemie nad normu → *hyperglykémie*

- Po požití velkého množství monosacharidů najednou jen přechodné a nemá následky
- Nad 10 mmol /l u některých chorob, vylučuje se glukosa do moči (glykosurie), protože tak velké množství glukosy ledviny nejsou schopny zadržet
- U diabetiků je většinou často zvýšená glykémie jak nalačno tak po jídle a po jídle trvá zvýšení glykémie déle než u nediabetiků. Výrazná hyperglykémie může diabetika ohrozit porušením acidobazické rovnováhy organismu (ketoacidóza), mírnější, ale dlouhotrvající hyperglykémie zvyšuje riziko rozvoje pozdních komplikací diabetu.
- Projevy: žízeň, sucho v ústech a s tím spojené nadměrné močení.

Snížení hladiny glukosy pod normu → *hypoglykémie*

- Může k ní dojít např. u intenzivní sportovní činnosti trvající déle než 2 hod., když sportovec nedoplňuje ionty glykémie pak může klesnout až na 2,2 mmol /l
- Příznaky provázející hypoglykémii: pocit hladu, svalová ochablost, pocení, závrať, křeče, únava a nemožnost pokračovat v činnosti
- Mírná hypoglykemie se může projevit u zdravých lidí při nízkém příjmu potravy nebo vysoké tělesné zátěži, příznaky jsou přitom mírnější, zřídka dojde k několikavteřinové mdlobě.

Glykolýza

- Odbourávání monosacharidů (glukózy)
- Sled reakcí amfibolického charakteru – buď se stane součástí anabolické dráhy (tvorba lipidů) nebo katabolické (tvorba ATP).
- K aktivaci glykolýzy pro syntézu TAG dochází v játrech a tukové tkáni po příjmu potravy
- Aktivace glykolýzy jako katabolického procesu je fyzická zátěž – glykolýza je hlavním zdrojem energie pro pracující sval
- Esenciální zdroj ATP pro mozek a červené krvinky
- Začátek: sled reakcí přeměny 1 molekuly glukózy přes hexózafosfáty (glukóza-6-fosfát, fruktóza-1,6 fosfát...) a triózafosfáty (glyceraldehyd-3-fosfát) na 2 molekuly pyruvátu.

Aerobní glykolýza

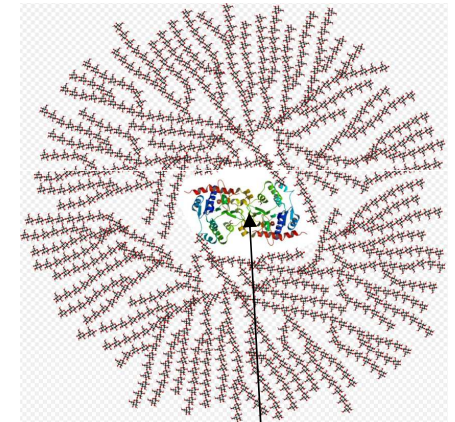
- **Dostatek kyslíku:** pyruvát přechází nevratně na **acetyl-CoA** – vstupuje do reakcí citrátového cyklu (Krebsův cyklus)
- Celkový výtěžek aerobní glykolýzy je **38 molů ATP na 1 mol glukózy**

Anaerobní glykolýza

- **Nedostatek kyslíku:** pyruvát je přeměněn na **laktát**, čistý zisk je jen **2 moly ATP na 1 mol glukózy**
- Charakteristická pro červené krvinky, kosterní sval a nádorovou tkáň
- Laktát je uvolněn do krevního oběhu a využit tkáněmi jako zdroj energie (v játrech a ledvinách může být použit pro tvorbu glukózy). Pokud jeho hladina přesáhne schopnost organismu jej využít – vyvine se laktátová acidóza.

Glykogeneze

- Syntéza glykogenu v játrech a svalech – po jídle
- Prekurzorem je proglykogen = protein glykogenin + řetězce D-glukózy
- Pomocí enzymu glykogensyntázy se na něj připojují jednotky glukózy 1,4 glykosidickými vazbami na již existující řetězec a dále větvicí enzym způsobuje větvení glykogenu v místech 1,6 glykosidických vazeb (zvyšuje se přístupnost pro syntézu i degradaci).
- Glykogen může obsahovat až 120 000 molekul glukózy a je skladován ve formě hydratovaných granulí. 1 gram glykogenu váže přibližně 3–4 gramy vody - praktické důsledky například pro sportovce, kteří při zvýšeném příjmu sacharidů (glykogenová superkompensace) nejen doplňují zásoby energie, ale také zadržují více vody v těle, což může ovlivnit hmotnost i hydrataci. Je to důvod pro rychlou ztrátu hmotnosti při nízkosacharidových dietách a rychlý nárůst hmotnosti po návratu k běžné stravě)



glykogenin

Glukoneogeneze

- **Novosyntéza glukózy z necukerných složek** po vyčerpání jaterního glykogenu
- Probíhá téměř výhradně v játrech a v ledvinách - v mitochondriích a cytoplasmě
- Prekurzory 3 - 4 uhlíkové molekuly: laktát (produkt anaerobní glykolýzy), glycerol (uvolněný odbouráváním tuků) a glukogenní aminokyseliny: zejména alanin a glutamin (proteolýza ve svalech)
- Může zásobovat tkáně závislé na glukóze několik dní po zastavení přísunu glukózy v potravě
- Díky glukoneogenezi lze přežít i delší hladovění, protože zásoby glykogenu jsou vyčerpány přibližně během 24 hodin hladovění. K její aktivaci ale dochází již ráno po nočním hladovění.
- Proces glukoneogeneze neprobíhá pouhým obrácením glykolýzy.
- Některé reakce glykolýzy jsou ale irreverzibilní (nevratné) a v glukoneogenezi je třeba je obejít s použitím jiných enzymů.

Glykogenolýza

- Štěpení glykogenu v játrech a ve svalech
- odštěpování jednotlivých molekul glukózy z řetězce glykogenu enzymem glykogenfosforylázou (a transferázou v místech větvení)
- Glukóza odštěpená ze svalového glykogenu má při anaerobní glykolýze vyšší výtěžek, a to 3 ATP
- Ze svalového glykogenu se glukóza nemůže uvolňovat zpět do krve a lze ji využít jen na práci svalů

Shrnutí – význam metabolismu glukózy

- **Glykolýza** – odbourávání glukózy - získání energie ve formě ATP, přeměna acetyl-CoA na vyšší mastné kyseliny (syntéza tuků)
- **Glykogeneze** (syntéza glykogenu) – tvorba zásob glukózy ve formě glykogenu
- **Glykogenolýza** (štěpení glykogenu) – doplnění glukózy
- **Glukoneogeneze** (syntéza glukózy z necukerných zdrojů) – doplnění glukózy při nedostatku
- **Pentosový cyklus** – zdroj pentos (např. ribos), zdroj NADPH (pro další reakce)
- **Citrátový cyklus** – zdroj NADH + H⁺ (pro další reakce)

