

TRÁVENÍ A METABOLISMUS

Ing. Mgr. Jana Juříková, Ph. D.

Katedra pohybových aktivit a zdraví

Fakulta sportovních studií

Masarykova univerzita

METABOLISMUS

Katabolismus = rozklad složitějších látek na látky jednodušší za uvolnění energie (reakce exotermní)

Anabolismus = slučování jednodušších látek do složitějších za spotřebování energie (reakce endotermní)

Uvolněnou energii využívá organismus:

- k obnovným dějům
- pro osmotickou a mechanickou práci (osmotická práce je energie potřebná k vyrovnávání koncentračních nerovnováh mezi jednotlivými komponentami buňky a mezi buňkami a extracelulárním prostorem)
- K tvorbě a udržování tepla

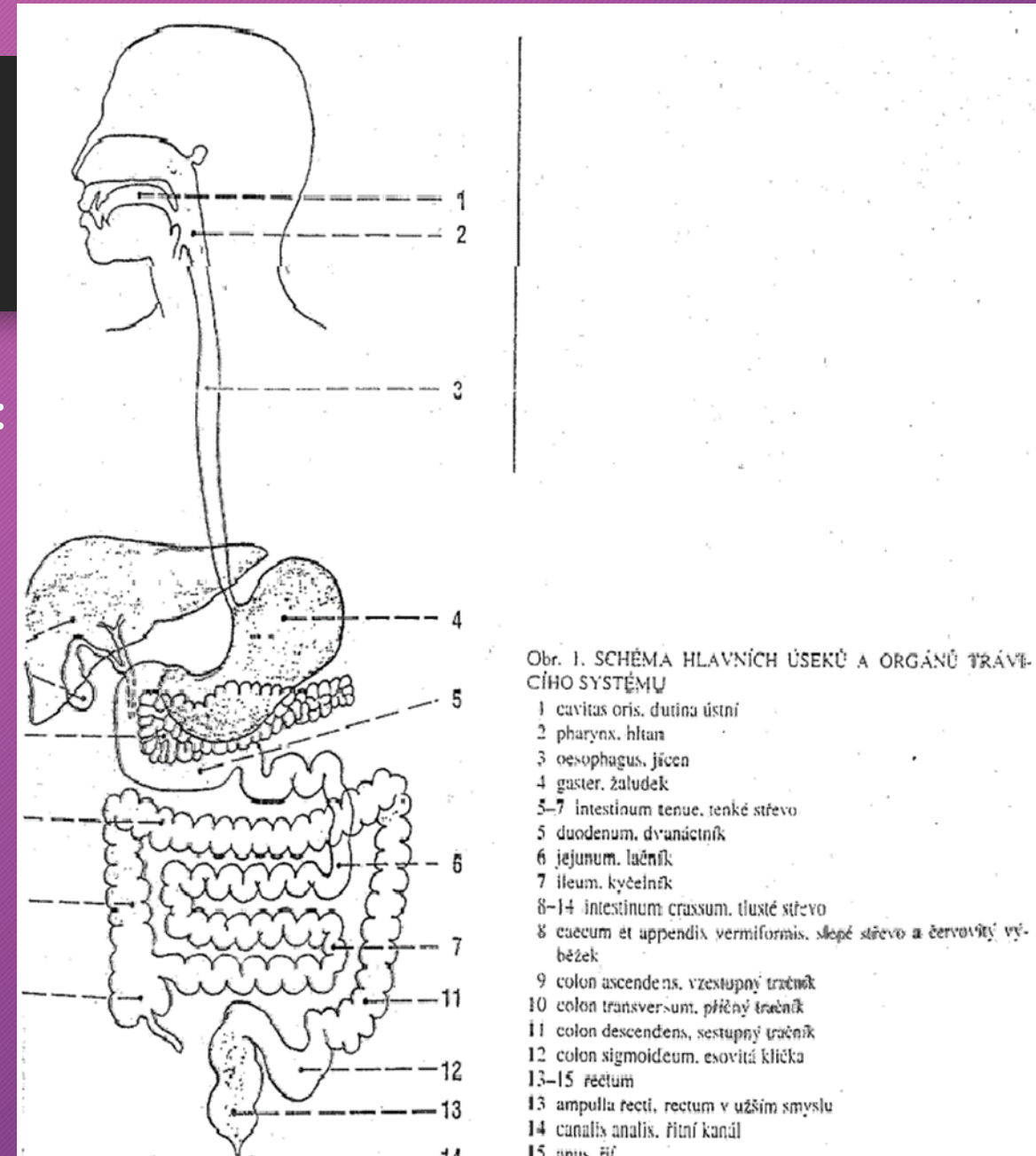
TRÁVICÍ SYSTÉM

• Orgány v trubici:

- Dutina ústní
- Hltan
- Jícen
- Žaludek
- Tenké střevo
- Tlusté střevo

Orgány mimo trubici:

- Játra
- Slinivka břišní
- Žlučník



Dutina ústní

- Začíná trávení sacharidů enzymem ptyalinem = α -amylasa
- Ptyalin rozkládá škrob za vzniku maltosy a isomaltosy
- Jen malá část škrobu se rozštěpí již v ústech kvůli nedostatku času, po který sousto v ústech setrvává

Žaludek

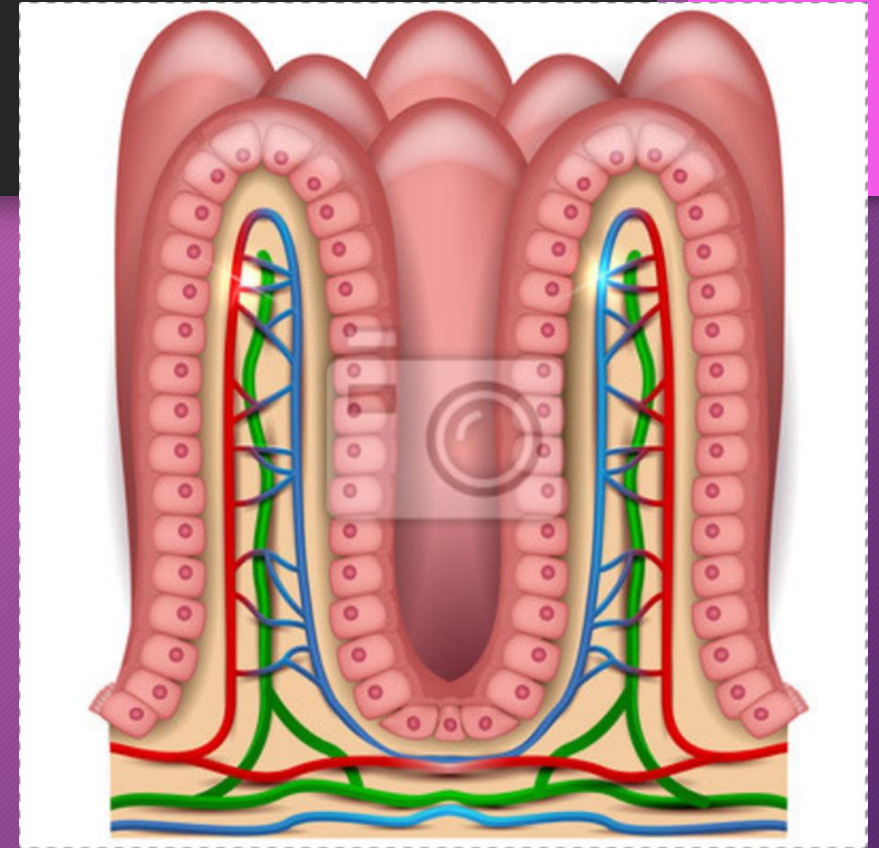
- 3 druhy trávení:
 - Chemické pomocí HCl
 - Enzymatické pomocí enzymu pepsinu (neaktivní forma pepsinu je pepsinogen)
 - Mechanické - pomocí 3 vrstev hladké svaloviny žaludku
 - Pohyby peristolické - ze stran do středu
 - Pohyby peristaltické - shora dolů
- Kvůli kyselému pH se v žaludku zastaví trávení sacharidů
- V žaludku probíhá hlavně trávení bílkovin enzymem pepsinem, který patří mezi hydrolasy (štěpení za účasti vody) a co do účinku patří mezi endopeptidasy (štěpí peptidové vazby uvnitř proteinových řetězců, čímž rozděluje dlouhé polypeptidové řetězce na kratší peptidy)

Žaludek

- Na trávení v žaludku se podílejí ještě nepravé neboli tkáňové hormony (jsou vylučovány přímo žaludeční sliznicí, kde také působí):
 - Gastrin
 - Podněcuje buňky stěny žaludku k vylučování kyseliny chlorovodíkové (HCl).
 - Vzniklá HCl posléze aktivuje proenzym (zymogen) pepsinogen (neaktivní formy enzymu pepsinu) na pepsin (aktivní forma).
 - Somatostatin
 - Pomáhá regulovat pH žaludku tím, že zabraňuje nadměrné produkci HCl
 - Inhibuje produkci ostatních trávicích hormonů jako je gastrin
 - Ghrelin
 - Stimuluje pocit hladu
 - Má vliv na regulaci příjmu potravy a energetického metabolismu

Tenké střevo

- Je to hlavní vstřebávací orgán
- Živiny se vstřebávají prostřednictvím klků tenkého střeva do krve (v případě chylomikronů do lymfy)



Obr. Klky tenkého střeva

Zdroj: <https://myloview.cz/obraz-strevni-klky-anatomie-tenkeho-streva-podsivka-c-407524F>

Tenké střevo

- Zde pokračuje trávení:
 - Bílkovin
 - pomocí enzymů pankreatické šťávy - pankreatické proteasy jsou:
 - Trypsin, chymotrypsin, karboxypolypeptidasa, elastasa
 - Jejich aktivitou vznikají krátké peptidy (dipeptidy, tripeptidy)
 - pomocí enzymů produkovaných střevní stěnou, což jsou:
 - Dipeptidasy a aminopolypeptidasy
 - Jejich aktivitou vznikají jednotlivé aminokyseliny
 - Pomocí speciálních enzymů (proteas) produkovaných uvnitř enterocytů (enterocyty jsou buňky kartáčového lemu tenkého střeva) - tady probíhá část trávení krátkých peptidů
 - Sacharidů
 - Tuků

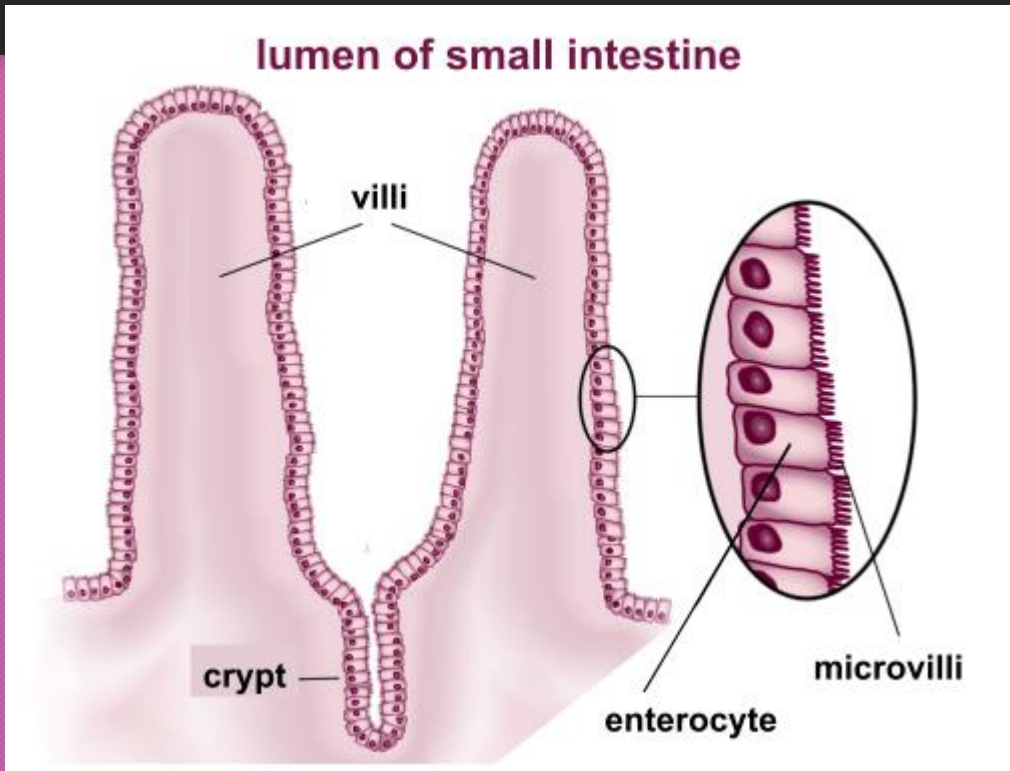
Tenké střevo

- Trávení sacharidů
 - Pomocí enzymů pankreatické šťávy, která obsahuje enzym pankreatickou amylasu, která štěpí sacharidy na maltosu a sacharózu
 - Pomocí enzymů produkovaných střevní stěnou, což jsou maltasa, laktasa, sacharasa a α -dextrinasa
 - Jejich aktivitou vznikají jednoduché monosacharidy (= cukry)

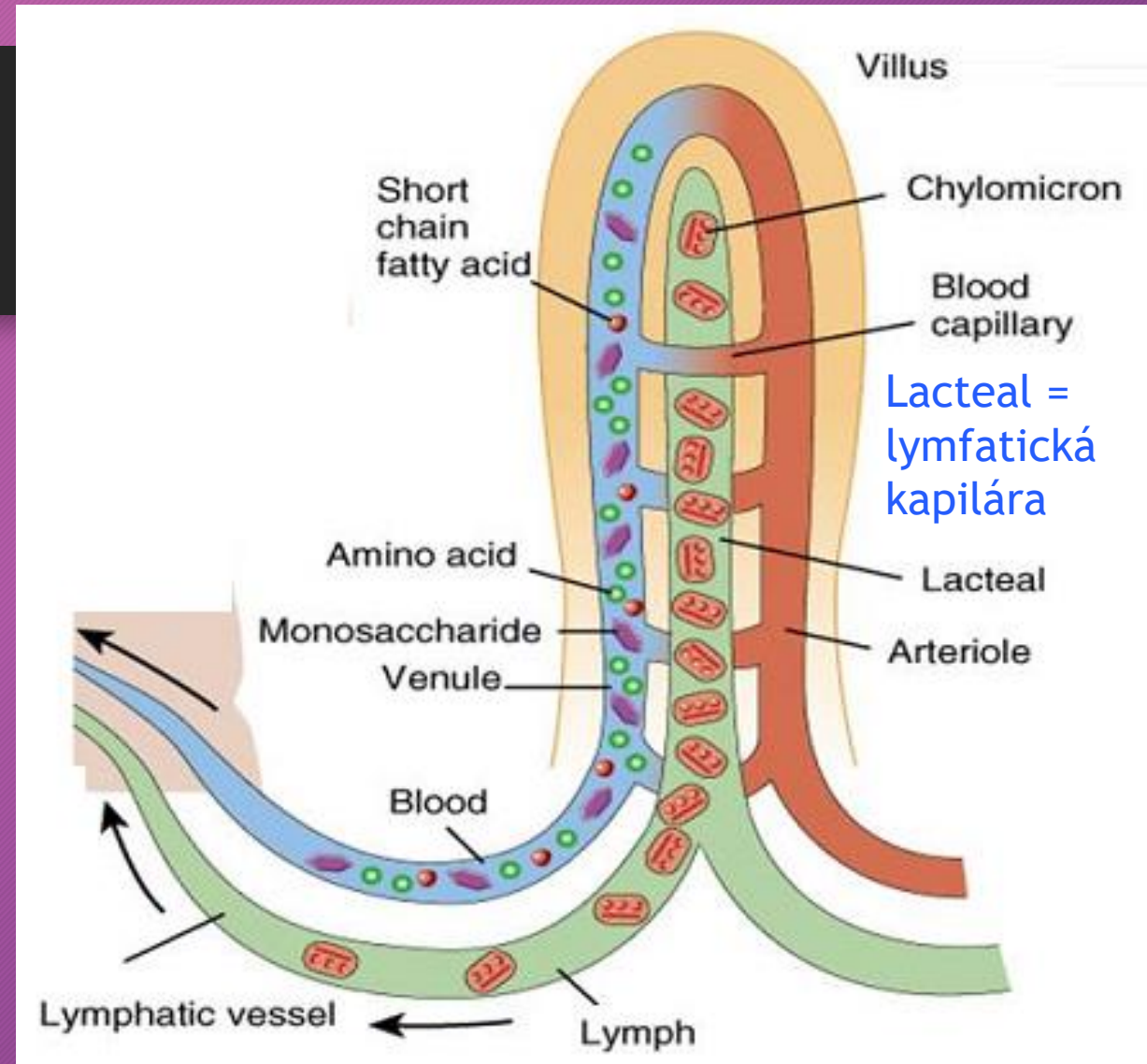
Tenké střevo

- Trávení tuků - tuky musí být nejprve emulgovány žlučí, a potom ...
 - Pomocí enzymů pankreatické šťávy, která obsahuje enzym pankreatickou lipasu (hlavní enzym pro trávení tuků)
 - Její aktivitou vznikají z molekuly triacylglycerolu ----- 1 molekula monoacylglycerolu a 2 molekuly vyšších mastných kyselin
 - Pomocí enzymů produkovaných stěvnou stěnou, což je enterická lipasa (ve velmi malém množství)
 - Její aktivitou vznikají z molekuly triacylglycerolu ----- 1 molekula glycerolu a 3 molekuly vyšších mastných kyselin

Klky a mikroklky



Zdroj: [File:Villi & microvilli of small intestine.svg](#)
- [Wikimedia Commons](#)



Zdroj: [Absorption - function of the small intestine and significance of villi - Biology Notes for IGCSE 2014](#)

Tenké střevo

- Na trávení v tenkém střevě se podílejí ještě nepravé neboli tkáňové hormony (jsou vylučovány přímo sliznicí tenkého střeva, kde také působí):
 - Sekretin
 - Tvoří se při posunu produktů trávení bílkovin ze žaludku do horního úseku tenkého střeva a s nimi i kyselého prostředí
 - Snižuje sekreci HCl v žaludku a zvyšuje sekreci hydrogenuhličitanových iontů (HCO_3^-), vody a dalších iontů
 - Podporuje produkci pankreatické šťávy ze slinivky břišní a tím snižuje pH tráveniny přicházející ze žaludku, čímž chrání sliznici tenkého střeva před poškozením
 - Cholecystokinin
 - Stimuluje žlučník k vypouštění žluči do dvanáctníku
 - Stimuluje vylučování pankreatické šťávy ze slinivky břišní
 - Zpomaluje vyprazdňování žaludku a podporuje jeho motilitu (pohyblivost)
 - Motilin
 - Stimuluje motilitu (pohyb) trávicího traktu, což pomáhá v pohybu tráveniny skrz střevo zejména mezi jídly

Tlusté střevo

- Zpětná resorpce vody (a tím dochází k zahušťování stolice)
- Zpětná resorpce některých minerálních látek - Na a K
- Rozkládání nestrávených zbytků potravy pomocí střevní mikroflóry (= střevní mikrobiom)
- Syntéza některých vitaminů, hlavně vitaminu K
- Formování, ukládání a následně vylučování stolice

Játra

- Metabolismus sacharidů, tuků, bílkovin
- Exokrinní žláza produkující žluč
- Detoxikační funkce
- Ukládání jaterního glykogenu
- Hlavní orgán, kde probíhá glukoneogeneze = tvorba glukosy z necukerných zdrojů. (Při dlouhodobém hladovění může glukoneogeneze probíhat také v ledvinách.)

Žlučník

- Rezervoár žluči

Slinivka břišní

- Exokrinní funkce:
 - Produkce pankreatické šťávy, která obsahuje enzymy na trávení bílkovin, sacharidů, tuků
 - Pankreatická šťáva je dopravována 2 dukty do tenkého střeva (jeden duktus ústí na malé papile a druhý duktus na velké papile spolu s ústím žlučovodu)
- Endokrinní funkce:
 - Produkce hormonů:
 - Inzulin - snižuje hladinu glukosy v krvi
 - Glukagon - zvyšuje hladinu glukosy v krvi
 - Tyto hormony jsou vylučovány do krve

METABOLISMUS SACHARIDŮ

Trávení sacharidů začíná v ústní dutině enzymem ptyalinem.

V žaludku je trávení sacharidů pozastaveno kvůli kyselému prostředí způsobenému HCl.

▶ Tenké střevo

▶ Pankreatická amylasa štěpí polysacharidy, vznikají:

- ▶ Maltosa
- ▶ Isomaltosa
- ▶ Laktosa
- ▶ Sacharosa

▶ Disacharidasy štěpí disacharidy:

▶ Maltasa štěpí maltosu, vzniká:

- ▶ Glukosa

▶ Isomaltasa štěpí isomaltosu, vzniká:

- ▶ Glukosa

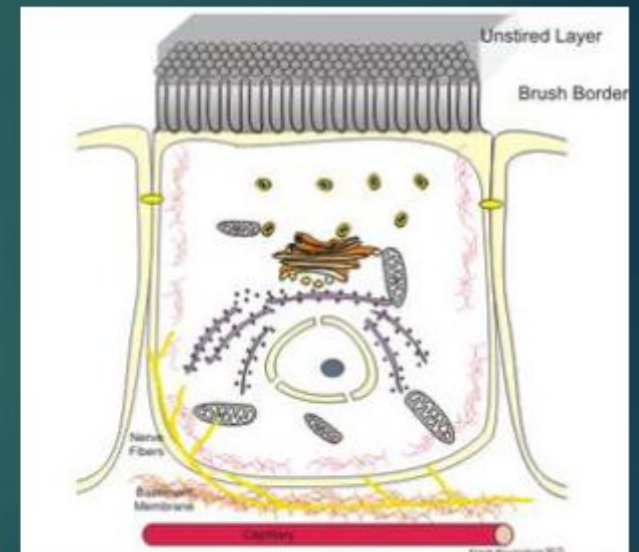
▶ Laktasa štěpí laktosu, vzniká:

- ▶ Glukosa
- ▶ Galaktosa

▶ Sacharasa štěpí sacharosu, vzniká:

- ▶ Glukosa
- ▶ fruktosa

Vzniklé monosacharidy jsou vstřebány do enterocytů. Z enterocytu jsou transportovány do portální žíly. Portální žilou jsou transportovány do jater.

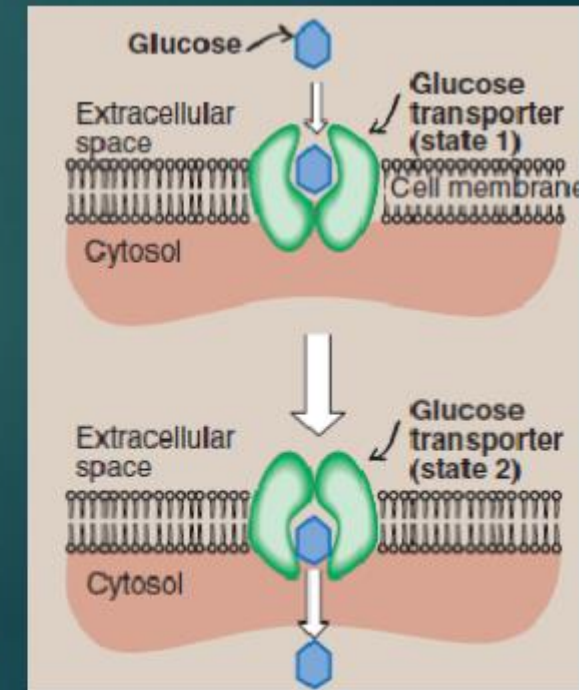
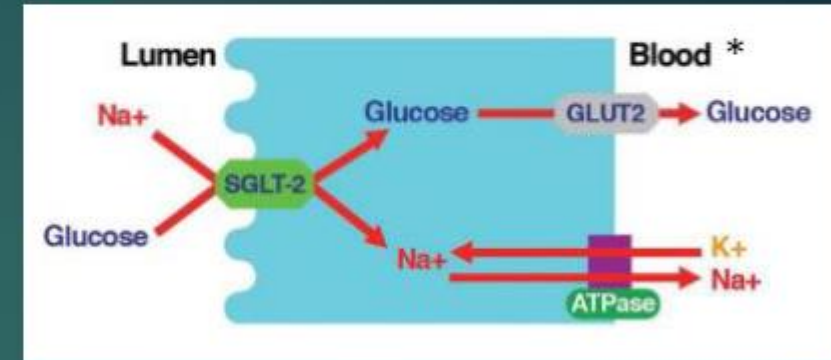


Zdroj obrázku:

<https://www.wikiskripta.eu/w/Enterocyt>

VSTŘEBÁVÁNÍ SACHARIDŮ

- ▶ Z lumen střeva do enterocytu se monosacharidy dostávají:
 - ▶ Sekundárním aktivním transportem
 - ▶ Jde o kotransport (druhou látkou je Na)
 - ▶ Pomocí ATP je čerpána glukosa proti koncentračnímu spádu
 - ▶ Usnadněnou difuzí
 - ▶ Probíhá po koncentračním spádu
 - ▶ Nevyžaduje energii
- ▶ Z enterocytu (střevní buňka s řasinkami) do portální žíly
 - ▶ Usnadněnou difuzí



Zdroj:

https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BLKBC0211p/um/04_pred_Mtb_sacharidu_23.3.2018_JG.pdf

Vstřebávání sacharidů

- Sacharidy se vstřebávají do krve v tenkém střevě
- Jsou zde rozštěpeny na monosacharidy: glukosu, fruktosu, galaktosu a pentosy
- Vrátnicovou žilou jsou odváděny do jater
- V játrech jsou monosacharidy zadržovány, do krve je postupně uvolňována jen glukosa
- Glykogenezi se tvoří z glukosy glykogen (zásobní polysacharid)
- Množství glukosy, ze které se tvoří glykogen, je ohraničeno, více glykogenu už se vytvořit nemůže a glukosa se pak přeměňuje na tuk

Vzájemné přeměny monosacharidů

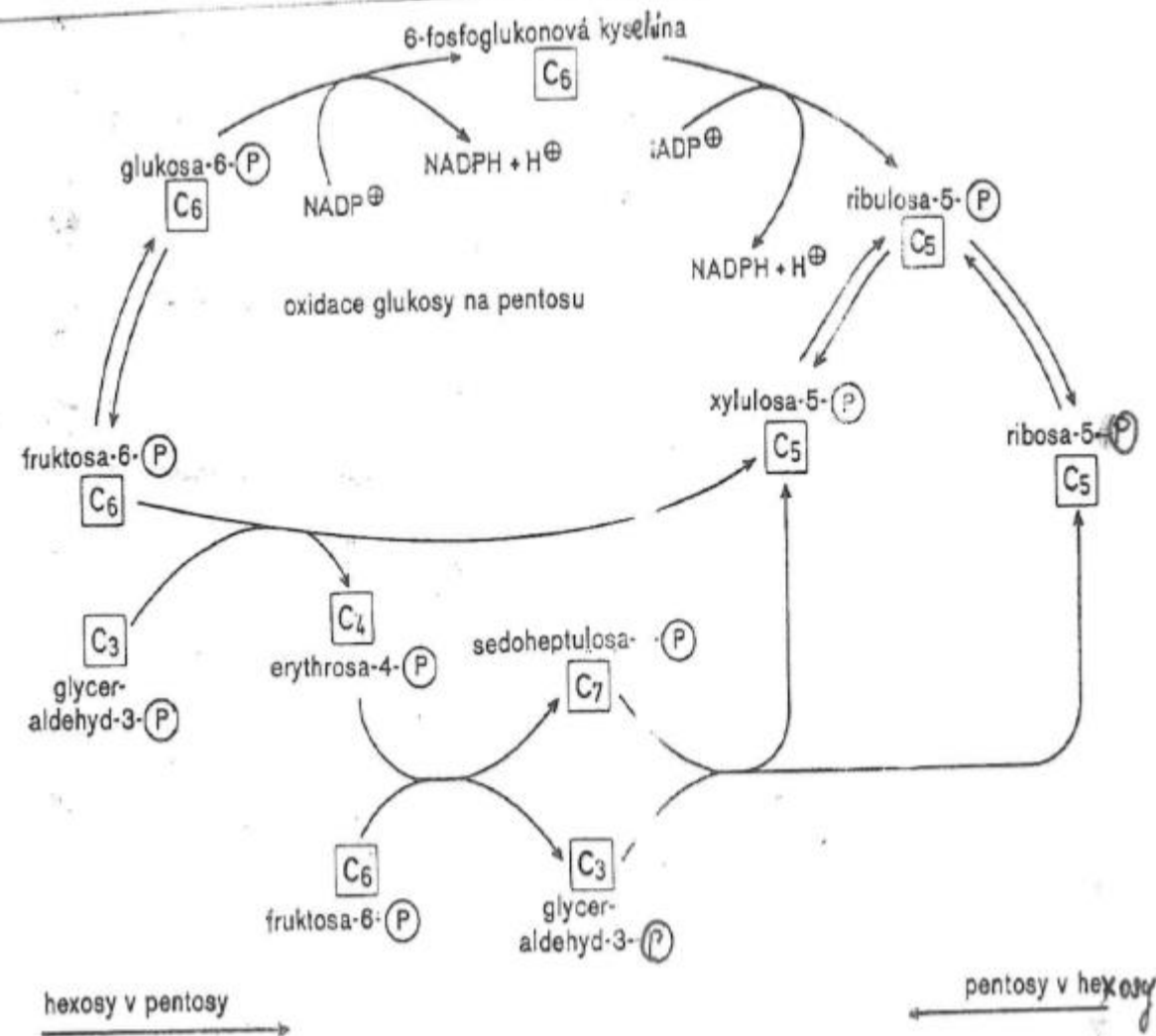
1. Počet uhlíkových atomů se nemění:
 1. Epimerace - změna stérického uspořádání na jednom z uhlíkových atomů
 2. Izomerace - přeměna aldosa-ketosa
2. Oxidativní odbourávání jednoho uhlíkového atomu:
 1. Dehydrogenace aldehydu na kyselinu
 2. Dekarboxylace - řetězce se zkracují (např. z hexos vznikají pentosy)
3. Přenos tříuhlíkatých nebo dvouuhlíkatých štěpů z jednoho cukru na druhý

Pentosový cyklus

- ▶ Aerobní odbourávání cukrů za vzniku CO_2
- ▶ Význam:
 1. Přeměna hexos na pentosy → glukosa nebo fruktosa → ribosa
 - ▶ děje se během růstu, neboť ribosa se používá k výstavbě nukleových kyselin
 2. Zdroj redukčních ekvivalentů a molekuly NADH, které jsou nezbytné pro redukční reakce anabolických pochodů a k tvorbě vyšších mastných kyselin
 3. Zdroj energie – vzniká 36 molekul ATP (konečný zisk je jen 35 molekul ATP, protože 1 molekula ATP se spotřebuje hned zpočátku na fosforylaci glukosy. Ale proto se v organismu nekoná, je důležitý pro body 1 a 2.

Pentózový cyklus je lokalizován v cytosolu (zejména buněk jater, tukové tkáně, varlat, kůry nadledvin, dále pak v erytrocytech či v laktující mléčné žláze).

Pentosový cyklus

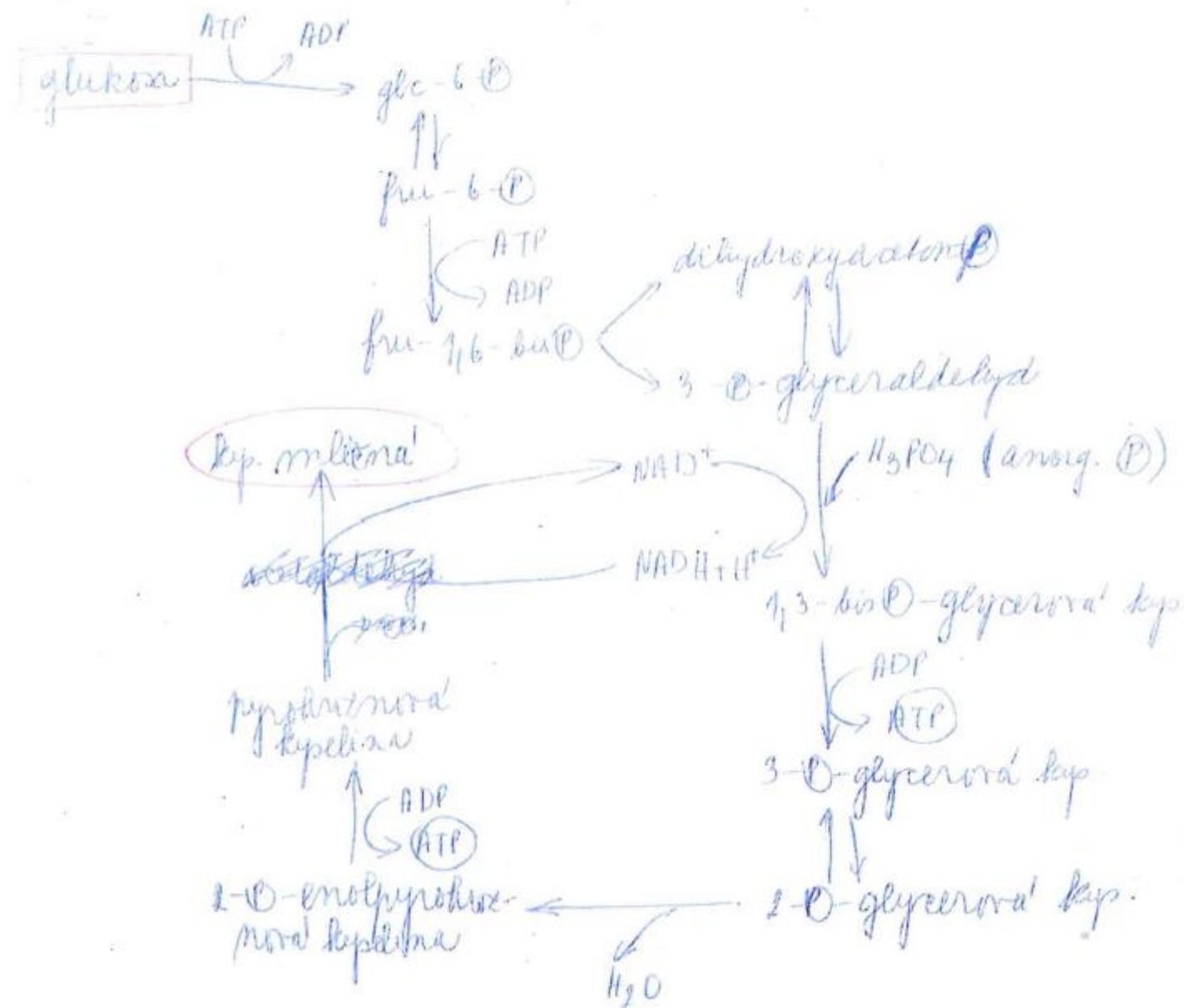


Glykolýza

- ▶ Odbourávání sacharidů
- ▶ Mění molekulu glukosy (přes molekulu glukosa-6-fosfát na 2 molekuly pyruvátu
- ▶ Konečným produktem je:
 - ▶ Za anaerobních podmínek laktát
 - ▶ Za aerobních podmínek acetyl-CoA, který dále vstupuje do citrátového cyklu
- ▶ Význam:
 - ▶ Produkce energie ve formě ATP
 - ▶ Produkce intermediátů pro ostatní metabolické dráhy
 - ▶ Zahrnuje metabolismus galaktosy a fruktosy

Glykolýza probíhá v cytoplasmě.

Glykolyza = anaerobní odbourávání sacharidů



Odbourávání pyruvátu

▶ Probíhá ve 2 směrech:

▶ Aerobní odbourávání

- ▶ Za přítomnosti kyslíku
- ▶ Pyruvát přechází z cytoplazmy do mitochondrií
- ▶ Oxiduje se na acetylCoA (oxidační dekarboxylace pyruvátu)
- ▶ AcetylCoA dále vstupuje do citrátového cyklu a dýchacího řetězce

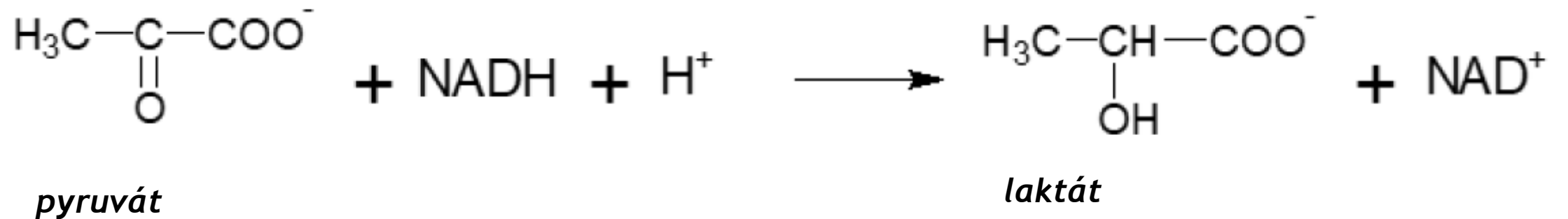
▶ Anaerobní odbourávání

- ▶ Probíhá při nedostatku kyslíku, kdy nemůže probíhat oxidační dekarboxylace pyruvátu
- ▶ Za pomoci enzymu laktatdehydrogenasy se pyruvát redukuje na laktát
- ▶ Laktát se tvoří např. při cvičení (ukládá se do svalů a způsobuje jejich bolest)
- ▶ Při cvičení je metabolismus mnohem rychlejší než v klidu. Tím se kyslík mnohem rychleji spotřebovává a vzniká tak „**kyslíkový dluh**“. Glukosa se začne odbourávat anaerobně. Tímto náhradním procesem dochází k doplňování potřeby energie.

Laktát z periferních tkání putuje do jater, kde je reoxidován na pyruvát. Ten se využívá pro tvorbu glukosy → *Coriho cyklus*.

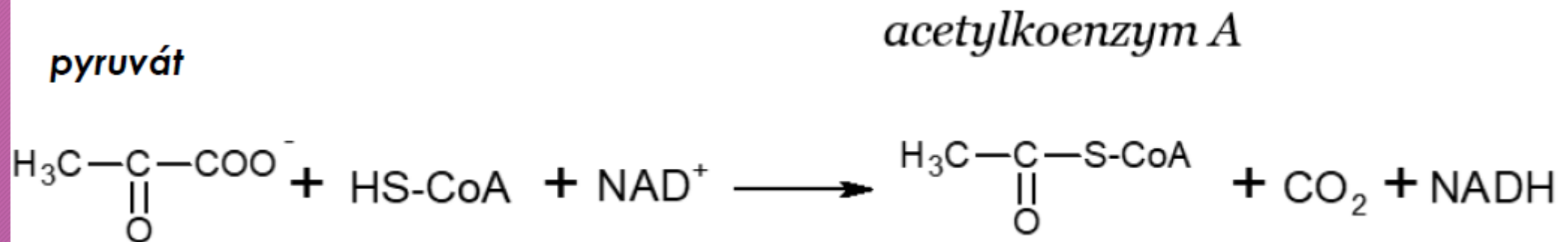
Anaerobní odbourávání pyruvátu

- Probíhá při nedostatku kyslíku
- Vzniká laktát

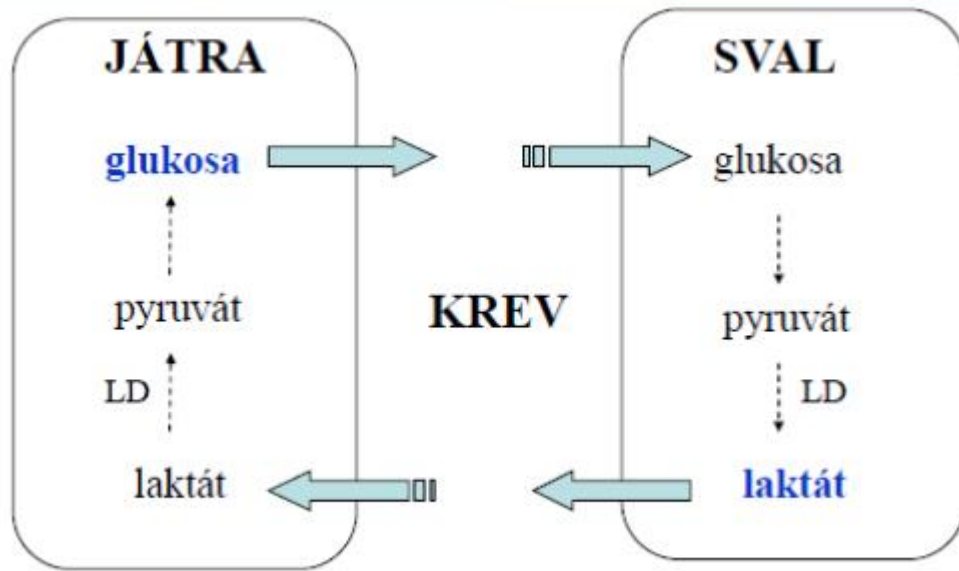


Aerobní odbourávání pyruvátu

- Probíhá při přístupu kyslíku
- Vzniká acetyl-CoA

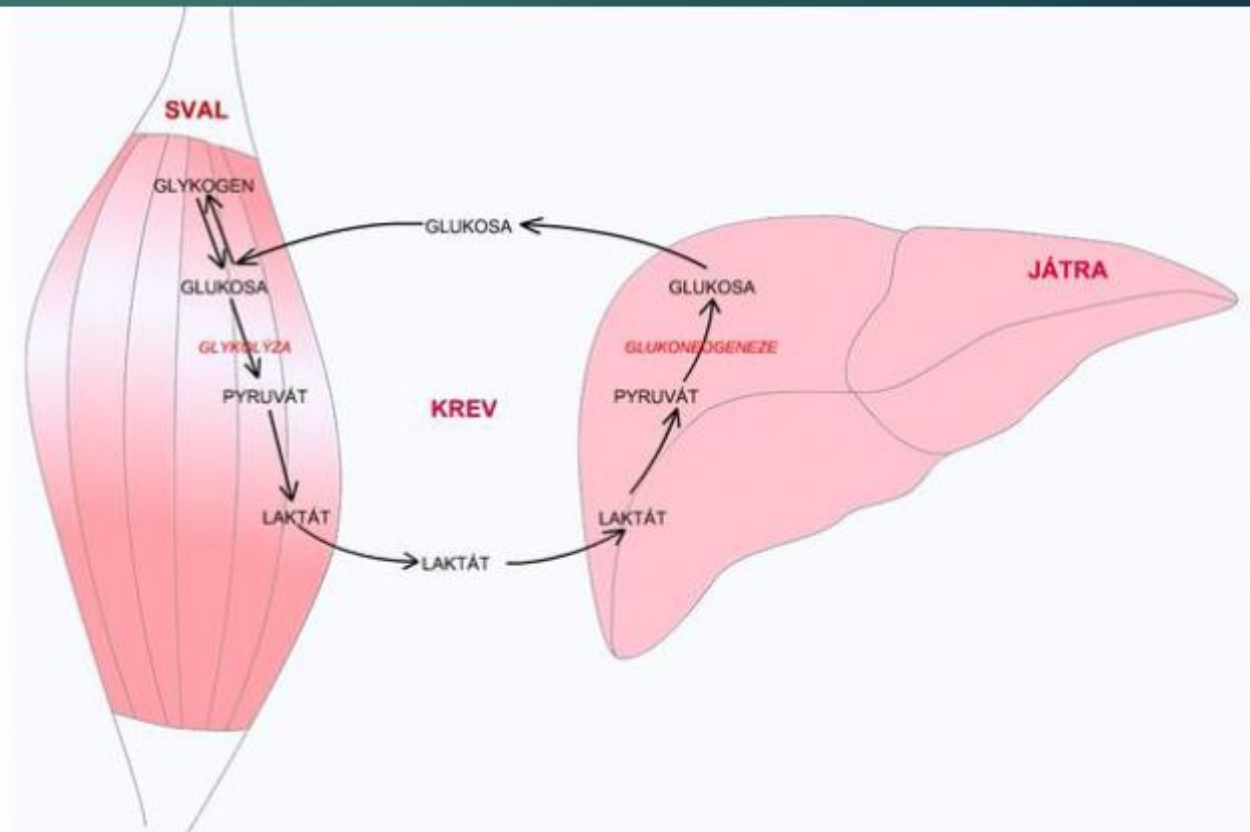


CORIHO CYKLUS



Zdroj:
https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BLKBC0211p/um/04_pred_Mtb_sacharidu_23.3.2018_JG.pdf

Zdroj:
http://www.studiumbiochemie.cz/metabolismus_sacharidy.html



Obr. 11: Coriho (laktátový) cyklus

- ▶ Coriho cyklus probíhá

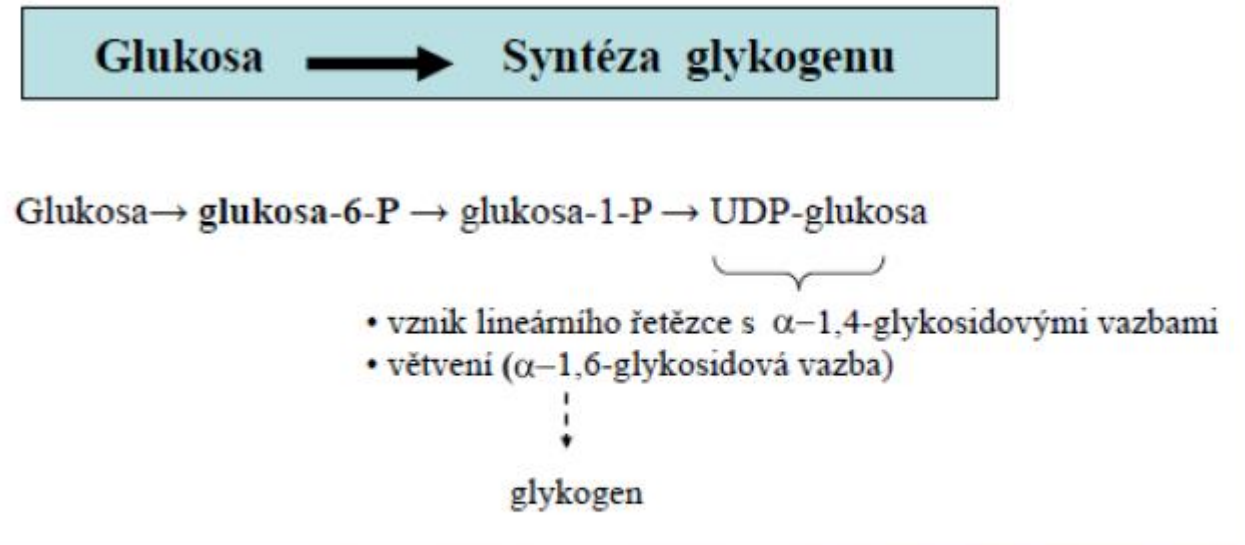
- ▶ V buňkách, které nemají mitochondrie (erytrocyty, leukocyty)
- ▶ V buňkách při nedostatečném přísunu kyslíku
- ▶ V intenzivně pracujícím svalu (bílá svalová vlákna)

GLYKOGENEZA = SYNTÉZA GLYKOGENU

► Lokalizace:

- Ve svalech z glukosy kolující v krvi
- V játrech z glukosy, kterou sem přinesla vrátnicová žíla (= portální žíla)

► Syntéza glykogenu (po jídle):



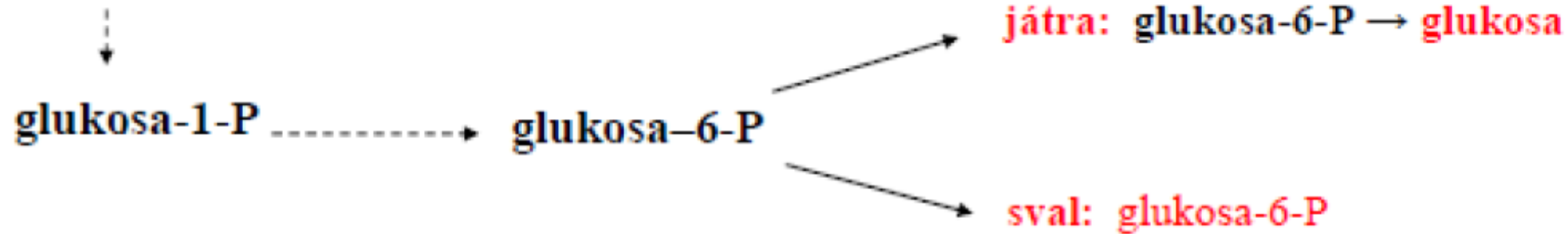
Zdroj:

https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BLKBC0211p/um/04_pred_Mtb_sacharidu_23.3.2018_JG.pdf

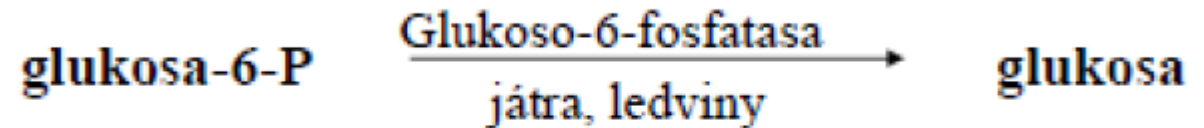
Glykogenolýza v játrech a ve svazech

Glykogen

Fosforolytické štěpení α -1,4-glykosidové vazby
Odstranění α -1,6-větvení



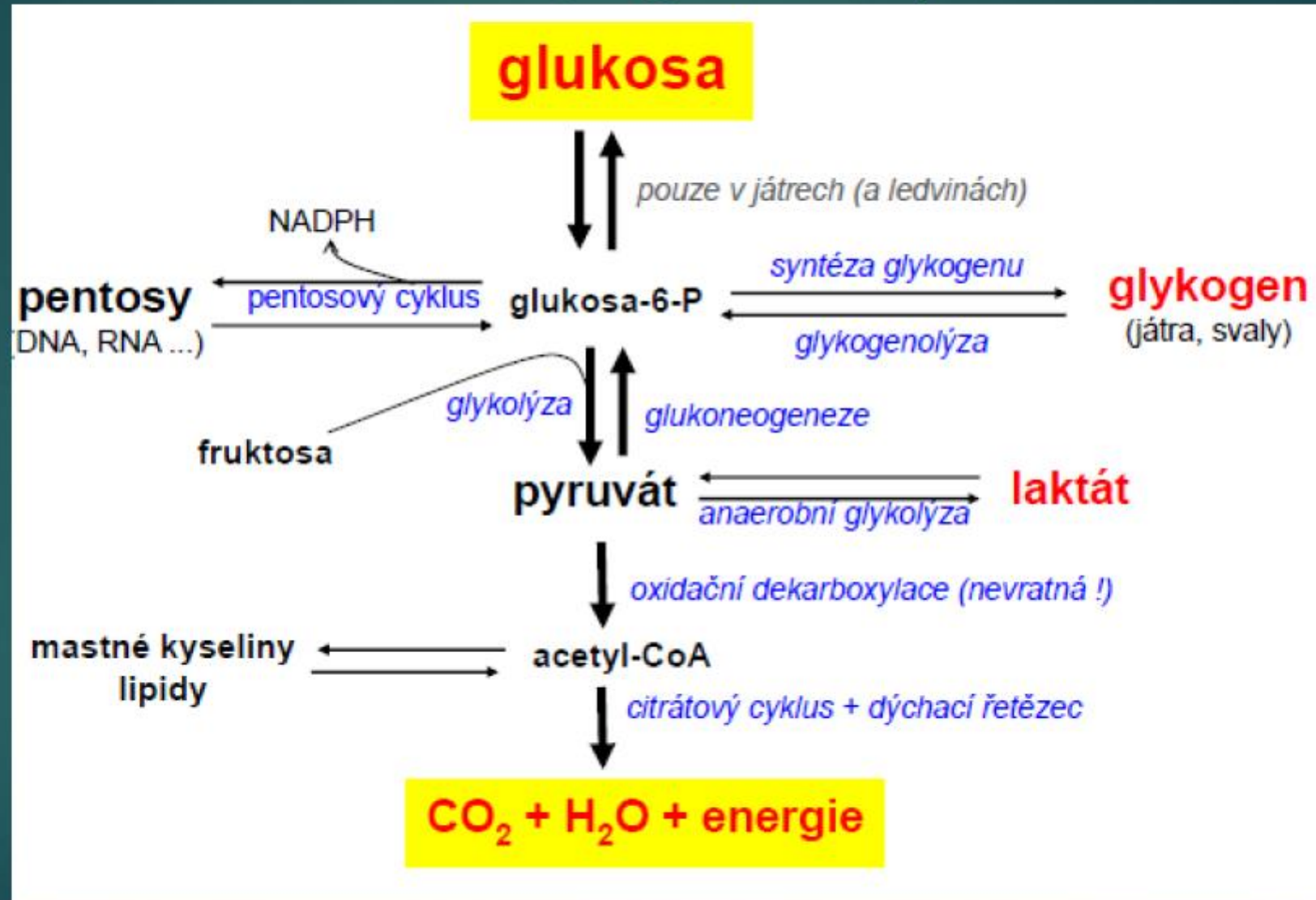
V játrech se glukosa-6-P přeměňuje na glukosu:



Glukosa-6-P se přeměňuje na glukosu enzymem glukosa-6-fosfatasou, která se nachází pouze v játrech, není ve svazech.

Zdroj:
https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BLKBC0211p/um/04_pred_Mtb_sacharidu_23.3.2018_JG.pdf

Metabolické dráhy glukosy



Zdroj:

https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BLKBC0211p/um/04_pred_Mtb_sacharidu_23.3.2018_JG.pdf

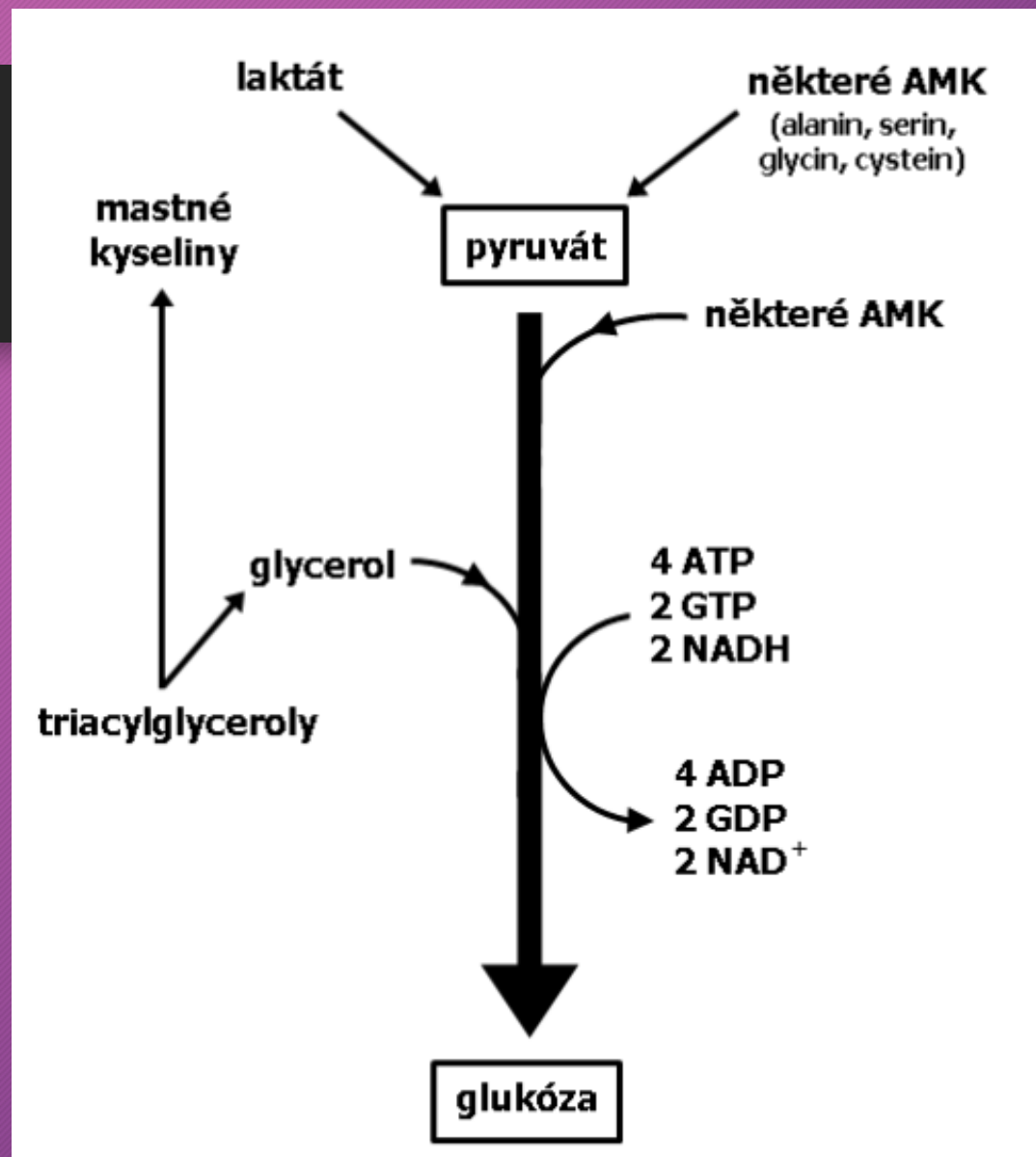
GLUKONEOGENEZE

Glukoneogeneze = tvorba glukosy z necukerných zdrojů:

- z aminokyselin
- z laktátu
- z tuků

Glukoneogeneze probíhá

- hlavně v játrech (v cytoplasmě a v mitochondriích):
- během hladovění
- při náročném sportovním výkonu
- při nedostatečném přísunu sacharidů ze stravy
 - v menší míře v ledvinách (při dlouhodobém hladovění).

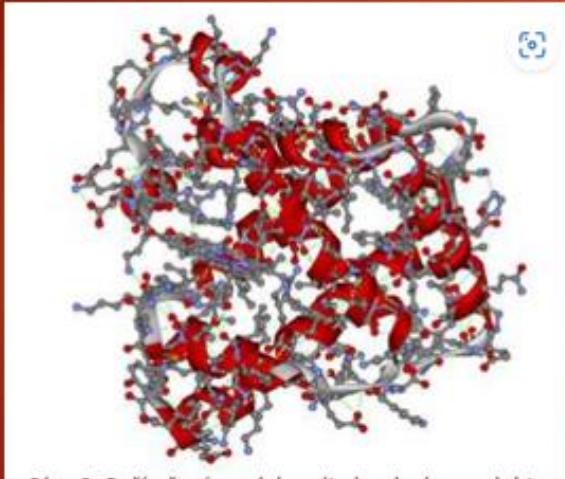


Zdroj: [Glukoneogeneze | Medicína, nemoci, studium na 1. LF UK](#)

METABOLISMUS BÍLKOVIN

Bílkoviny

- ▶ Bílkoviny jsou makromolekuly složené z několika tisíc aminokyselin
- ▶ Počet, druh a pořadí aminokyselin v tzv. peptidickém řetězci určuje vlastnosti bílkoviny
- ▶ Veškeré bílkoviny v lidském těle jsou složeny z 20-ti aminokyselin



Obr.: Příklad molekuly bílkovin – počítačový model struktury hemoglobinu

Zdroj:

http://www.studiumbiochemie.cz/prirodni_latky_bilkoviny.html

Bílkoviny přijaté z potravy organismus nedovede přímo využít, proto jsou enzymaticky hydrolyzovány na aminokyseliny. Z těch si pak vytvoří vlastní bílkoviny.

Bílkoviny se skládají z aminokyselin.

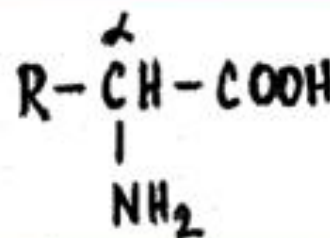
► Hydrolytické štěpení bílkovin:

- Endopeptidasy – štěpí bílkoviny na určitých místech ve větší štěpy (např. pepsin, trypsin)
- Exopeptidasy – štěpí bílkoviny od konce řetězců, z nichž odštěpují volné aminokyseliny
 - Aminopeptidasy – působí na N-konci peptidů
 - Karboxypeptidasy – působí na C-konci

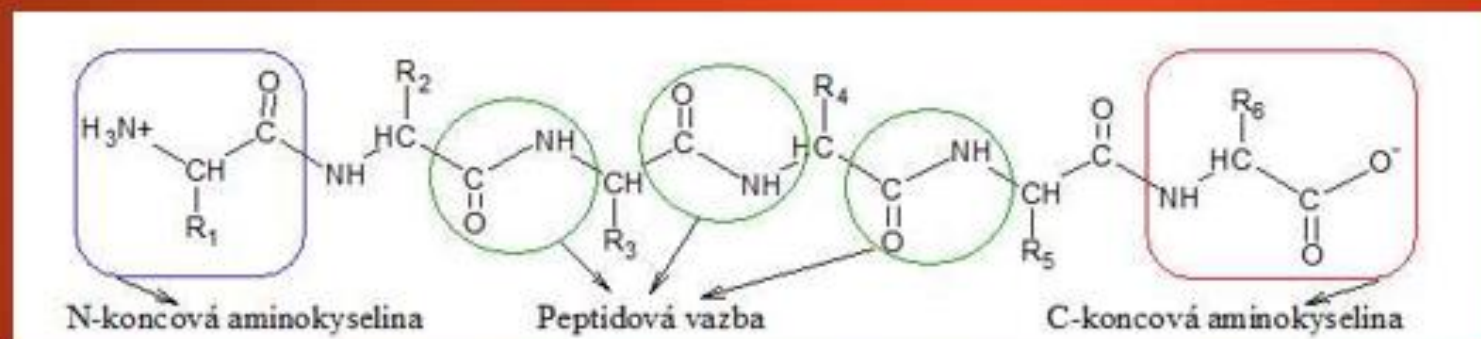
bílkoviny $\xrightarrow{\text{trávení, proteasy}}$ **aminokyseliny**

Aminokyseliny

- Obecný vzorec aminokyselin je



- Jednotlivé aminokyseliny jsou v bílkovinách spojeny peptidickou vazbou a tvoří tzv. peptidový řetězec aminokyselin



Enzymy podílející se na trávení bílkovin:

- ▶ Pepsin

- ▶ je secernován v žaludční šťávě ve formě inaktivního pepsinogenu
- ▶ V kyselém prostředí žaludku je přeměňován na aktivní formu

- ▶ Trypsin

- ▶ Je secernován slinivkou břišní ve formě inaktivního prekursoru trypsinogenu
- ▶ Je aktivován enterokinasou pocházející z buněk kartáčového lemu

- ▶ Elastasa

- ▶ Chymotrypsin – oba secernovány slinivkou břišní

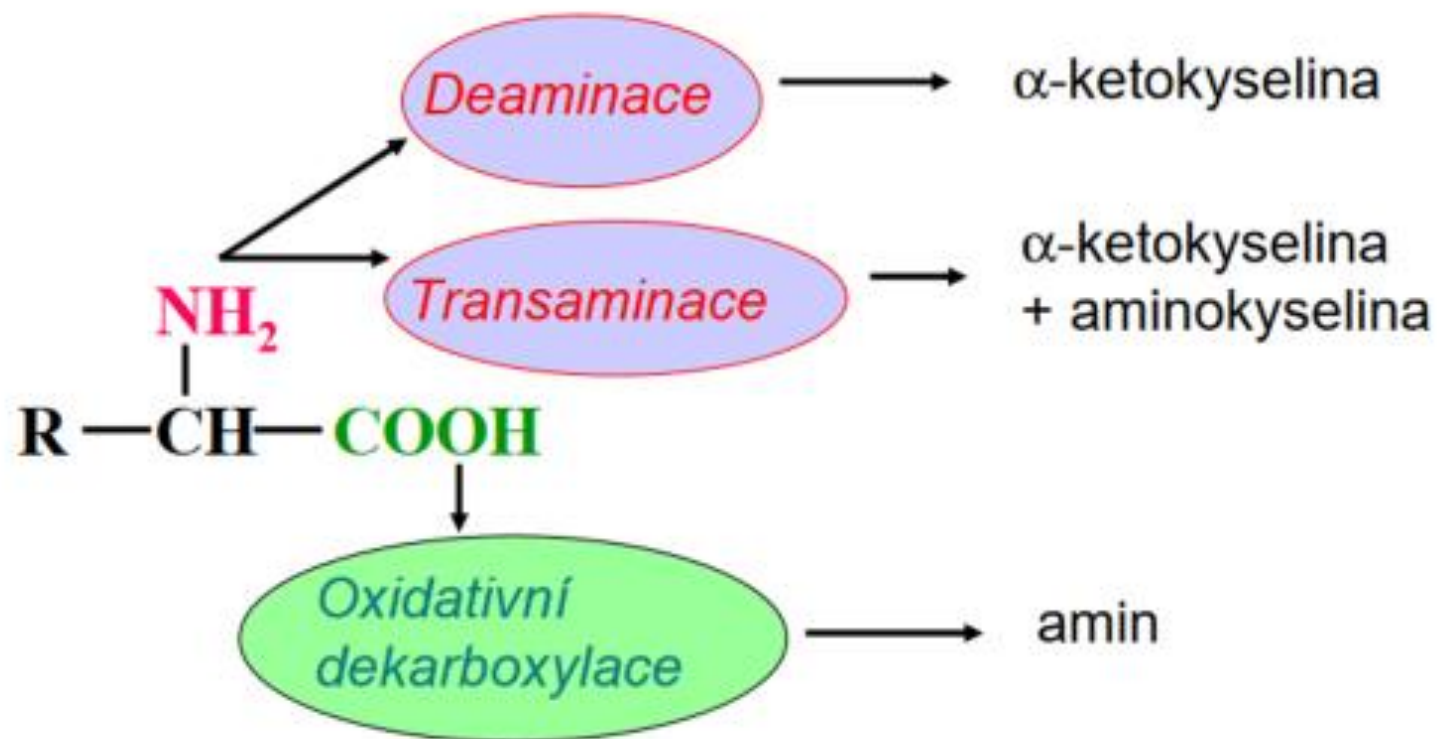
Trávení bílkovin

- ▶ Je zahájeno v žaludku (enzym pepsin) a pokračuje v tenkém střevě
- ▶ Enzymy podílející se na trávení bílkovin:
 - ▶ Pepsin
 - ▶ je secernován v žaludční šťávě ve formě inaktivního pepsinogenu
 - ▶ v kyselém prostředí žaludku je přeměňován na aktivní formu
 - ▶ Trypsin
 - ▶ Je secernován slinivkou břišní ve formě inaktivního prekursoru trypsinogenu
 - ▶ Je aktivován enterokinasou pocházející z buněk kartáčového lemu
 - ▶ Elastasa
 - ▶ Chymotrypsin – oba secernovány slinivkou břišní

Společné reakce, kterými se odbourávají všechny aminokyseliny:

1. Odstranění skupiny -NH_2
 - ▶ Prostá deaminace
 - ▶ Oxidační deaminace – vznikají oxokyseliny
 - ▶ Transaminace – přenesení aminoskupiny jinam
2. Odstranění skupiny -COOH - dekarboxylace

Štěpení aminokyselin



Zdroj: Novotná, J. Metabolismus aminokyselin I

Druhy deaminací

Prasta' deaminace

napi.

serin



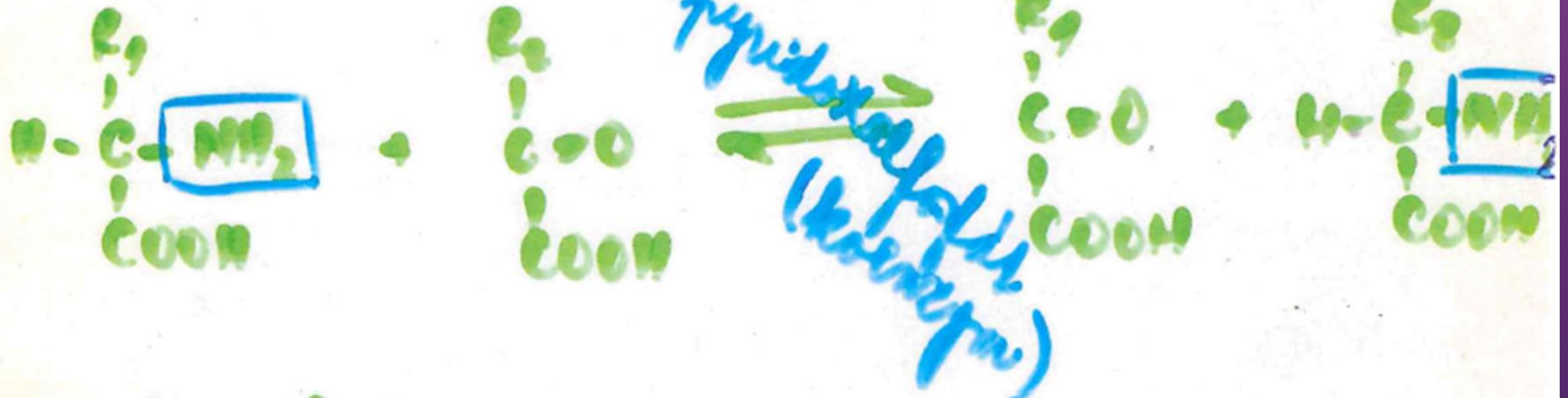
kys. pyrochroanová
(= pyruvát)

SPOLEČNÉ REAKCE, KTERÝMI
SE ODBOURÁVAJÍ VŠECHNY
AMINOKYSELINY

Oxidační deaminace



Transaminase

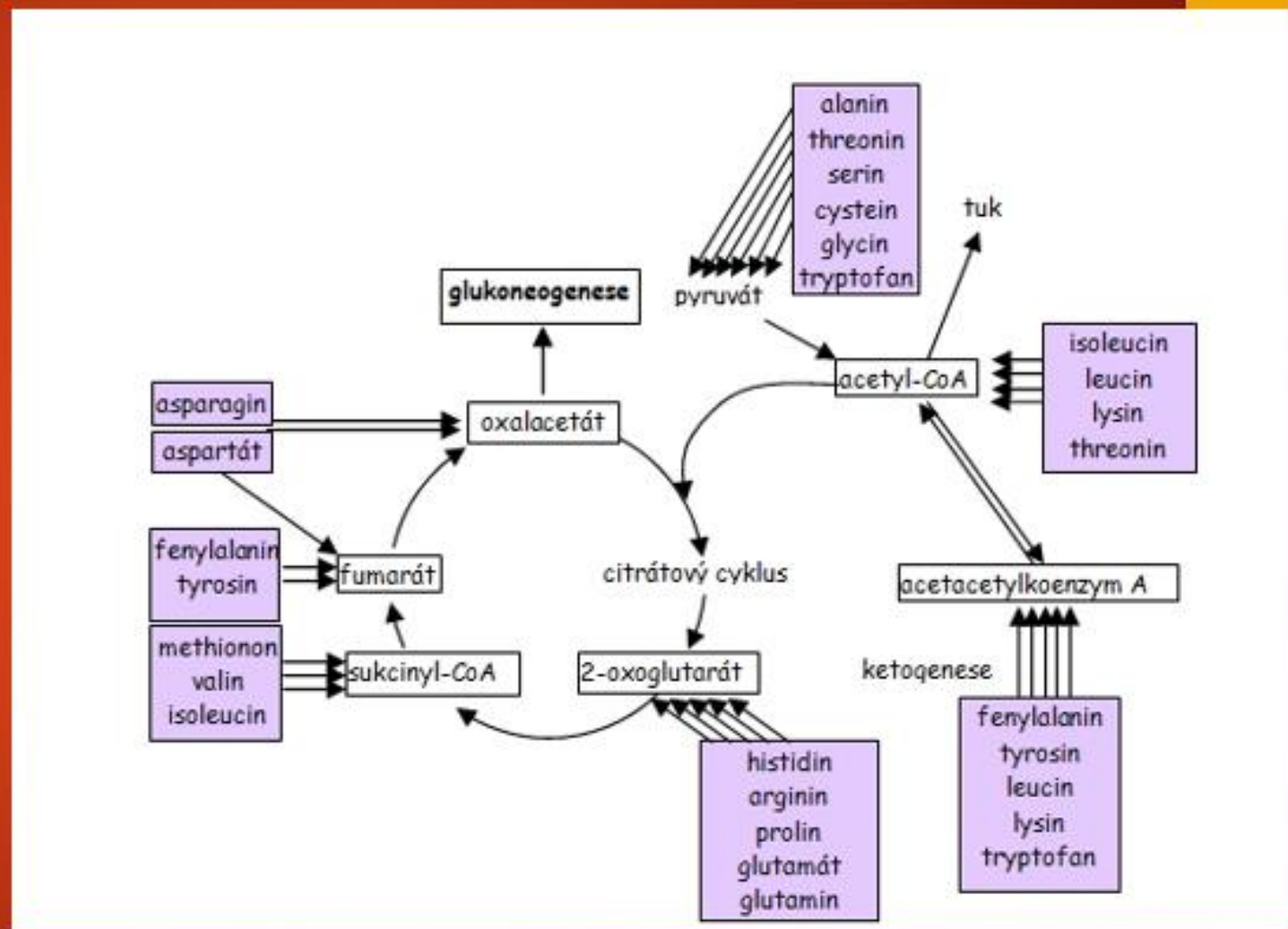


Dekarboxylase

Dekarboxylase



Další reakce už jsou odlišné a existuje několik metabolických drah – viz schéma:

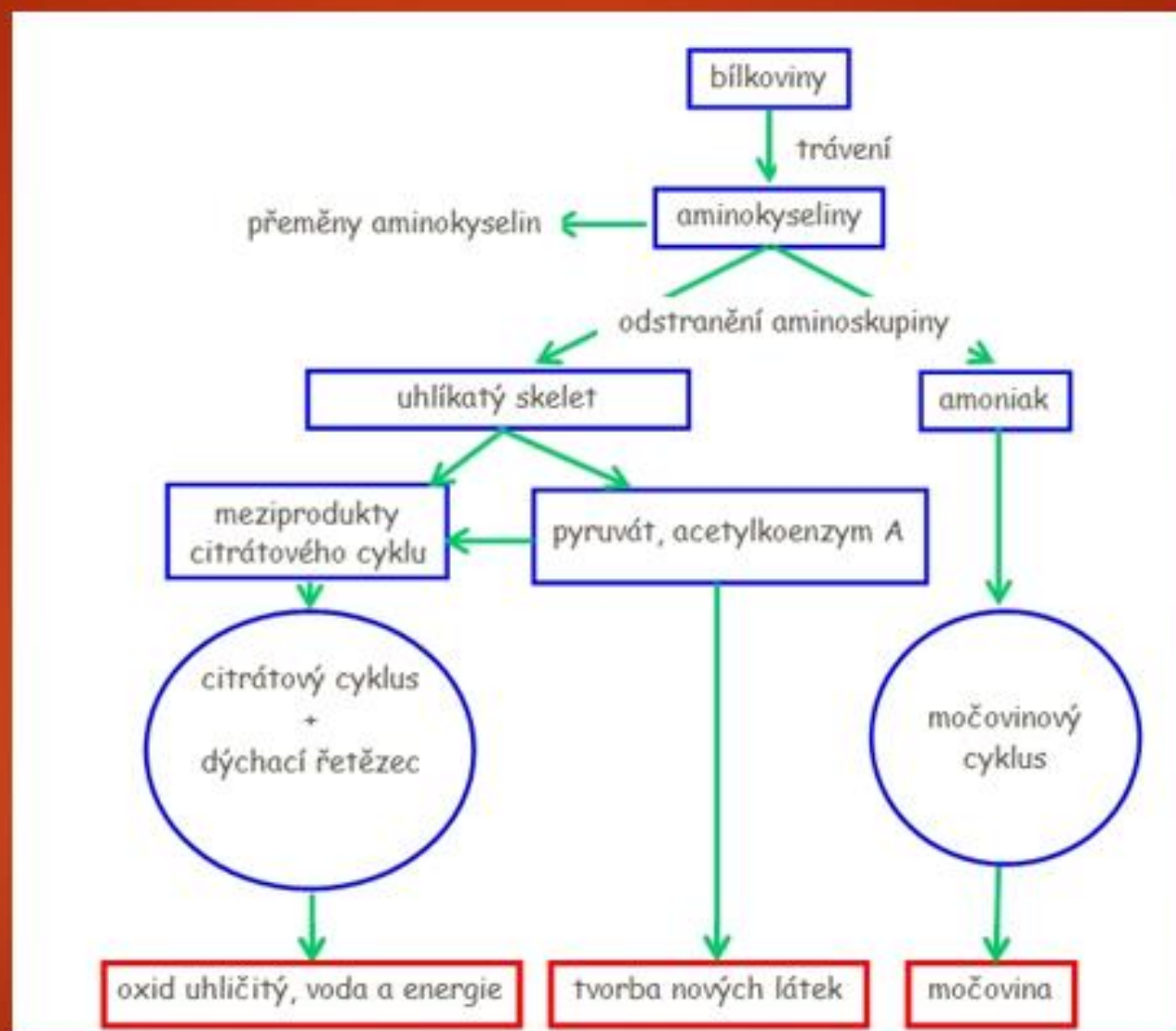


Zdroj: http://www.studiumbiochemie.cz/metabolismus_bilkoviny.html

- ▶ Při oxidačním odbourávání aminokyselin by se uvolňoval amoniak, který je toxický.
 - ▶ Vodní živočichové vylučují amoniak do vody; po zředění už toxický není
 - ▶ Ptáci a plazi odstraňují amoniak z těla ve formě kyseliny močové
 - ▶ Savci odstraňují amoniak z těla ve formě močoviny v močovinovém neboli ornithinovém cyklu.



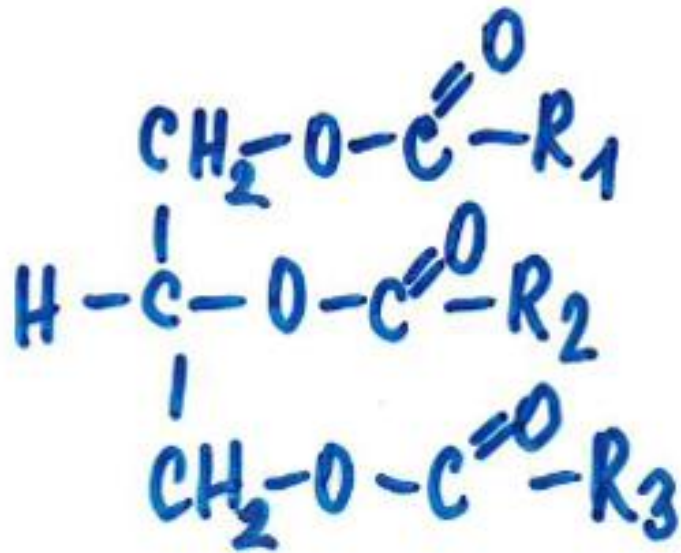
Celkové schéma odbourávání bílkovin



METABOLISMUS TUKŮ

- Tuky přijaté v potravě musí lidský organismus nejprve rozštěpit na glycerol a vyšší mastné kyseliny, ze kterých si potom skládá tuky vlatní.

TUKY = neutrální lipidy =
TRIACYLGLYCEROLY



triacylglycerol

$\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3 \dots$ vyšší mastné kyseliny

Trávení tuků

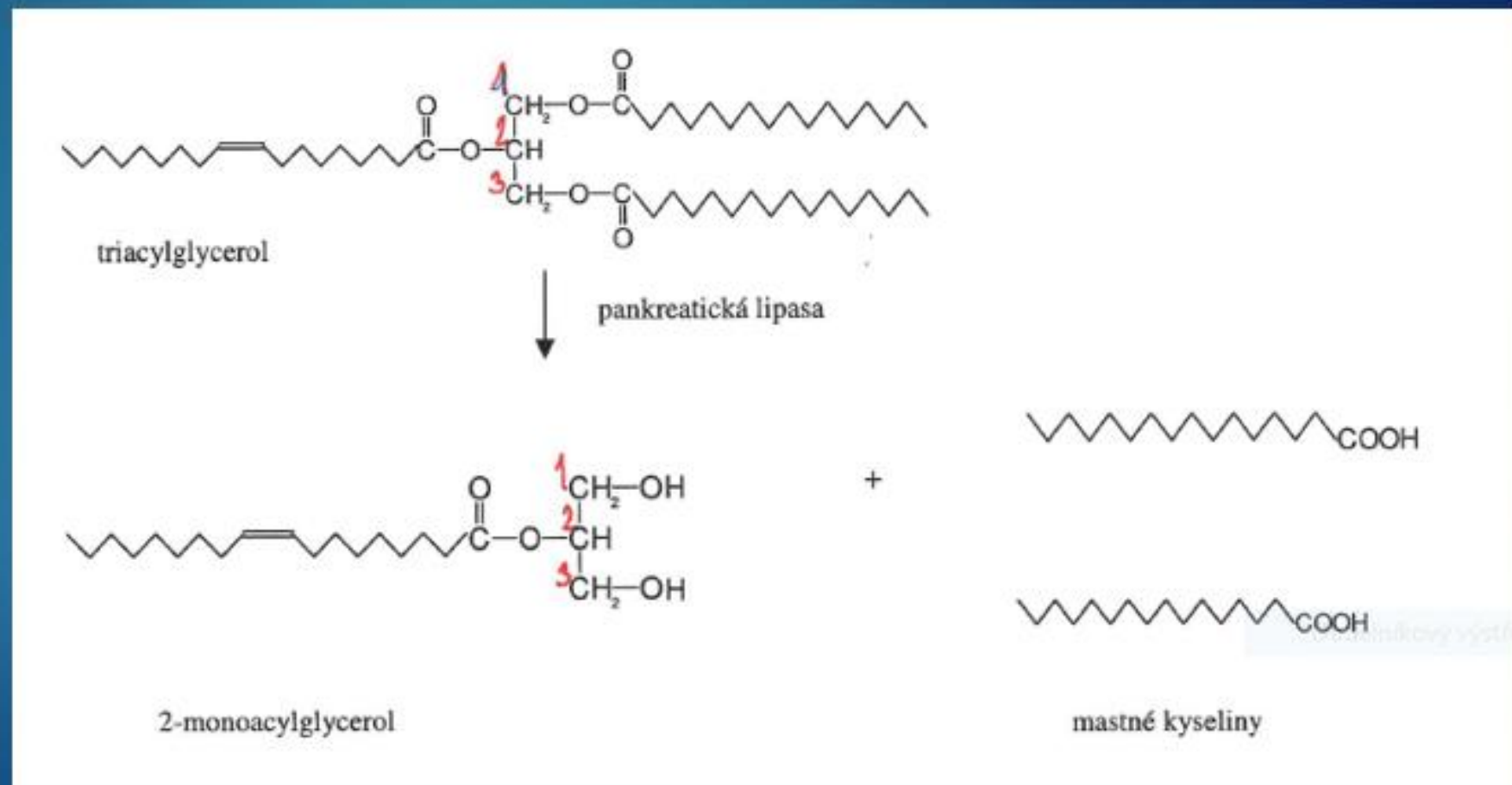
- ▶ Triacylglyceroly jsou neutrální tuky, patří mezi lipidy
- ▶ Trávení tuků začíná už v žaludku působením žaludeční lipasy
- ▶ Intenzivní štěpení tuků však nastává až v duodenu (dvanáctník, část tenkého střeva)
 - ▶ V duodenu jsou tuky emulgovány účinkem žlučových kyselin ze žluči
 - ▶ Následně jsou štěpeny působením pankreatické lipasy – dochází k hydrolýze esterových vazeb mezi glycerolem a vyššími mastnými kyselinami v pozicích 1 a 3
 - ▶ Produktem štěpení jsou:
 - ▶ 2-monoacylglycerol a 2 volné vyšší mastné kyseliny
 - ▶ Nebo glycerol a 3 volné vyšší mastné kyseliny

Hydrolytické štěpení tuků:

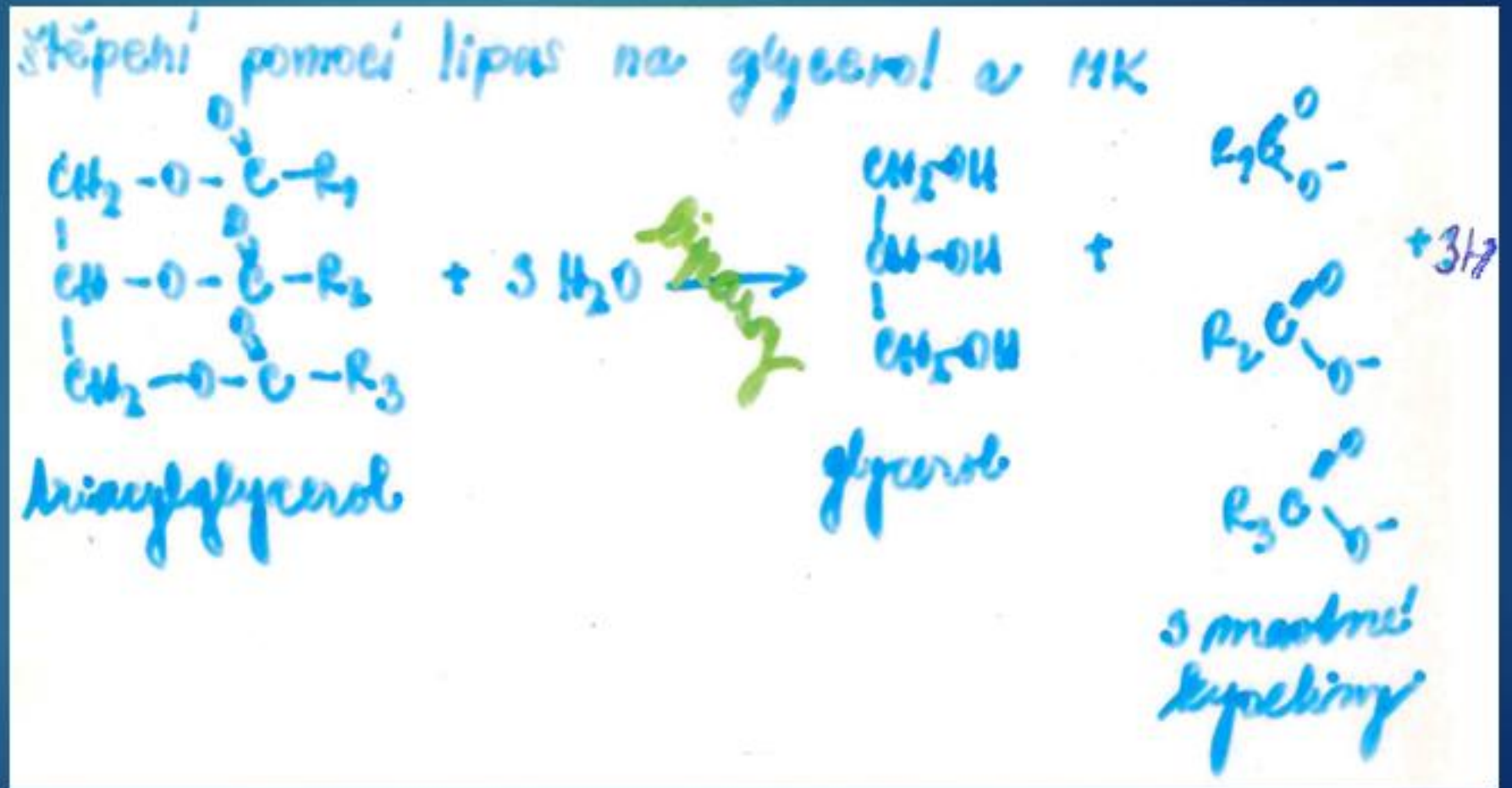
- ▶ Štěpení pomocí lipas na glycerol a vyšší mastné kyseliny
- ▶ Zapojení glycerolu do glykolýzy
- ▶ Odbourávání mastných kyselin:
 1. aktivace mastných kyselin
 2. Transport přes mitochondriální membránu
 3. Sled reakcí v mitochondriích – Linenova spirála

ŠTĚPENÍ POMOCÍ LIPAS NA GLYCEROL A VYŠŠÍ MASTNÉ KYSELINY

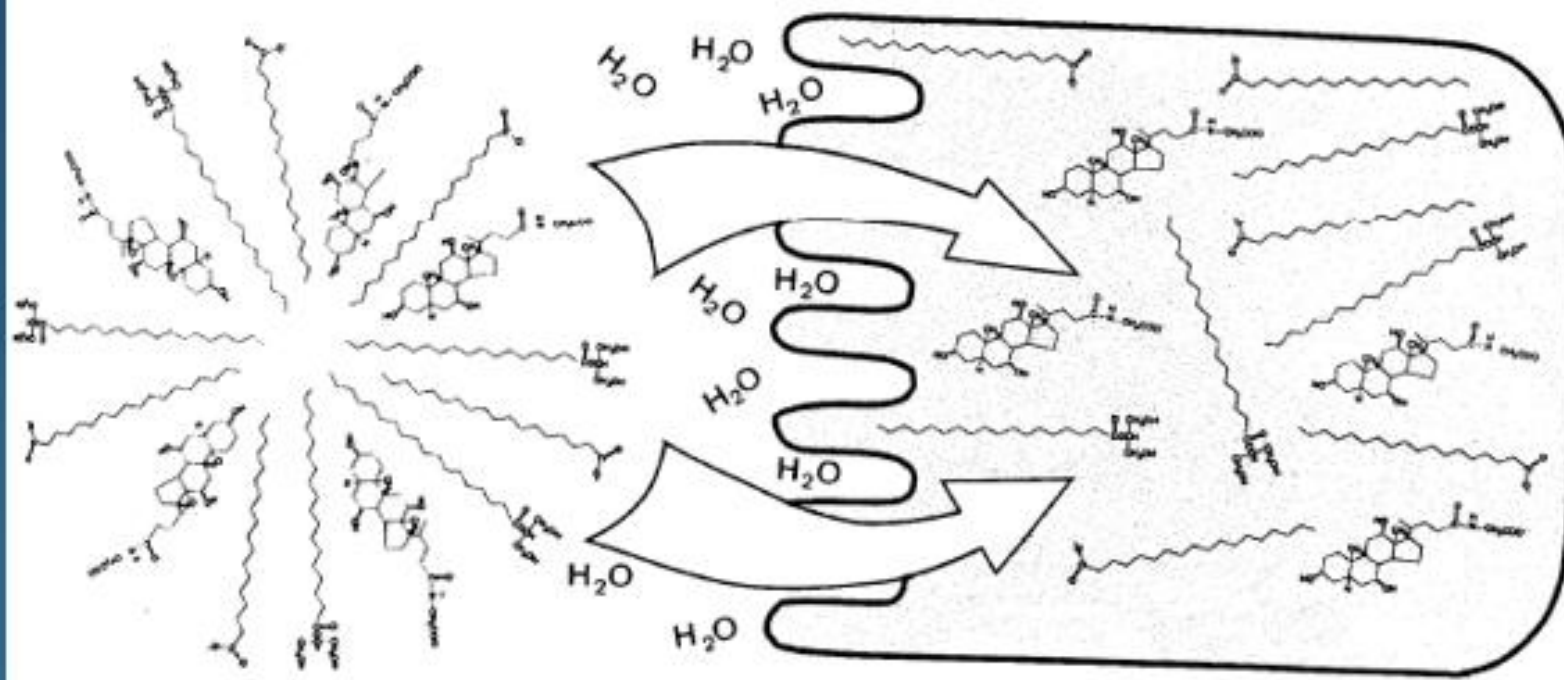
Pankreatická lipasa štěpí triacylglyceroly (TAG) na 2-monoacylglycerol (MAG) a 2 vyšší mastné kyseliny (VMK):



EC 3 hydrolasy – hydrolytické štěpení esterových vazeb na glycerol a 3 vyšší
mastné kyseliny:



- ▶ Ve dvanáctníku tenkého střeva jsou štěpeny rovněž fosfolipidy → lysofosfolipidy a mastné kyseliny
- ▶ Estery cholesterolu přijaté v tučných potravinách jsou zde rozloženy na volný cholesterol a mastné kyseliny
- ▶ Všechny lipidové složky vstupují difuzí do buněk střevní sliznice
- ▶ Jejich prostupu do buněk napomáhá tvorba tzv. směsných micel, pro jejichž tvorbu jsou potřebné žlučové kyseliny
- ▶ Společně s lipidy jsou resorbovány i lipofilní vitaminy



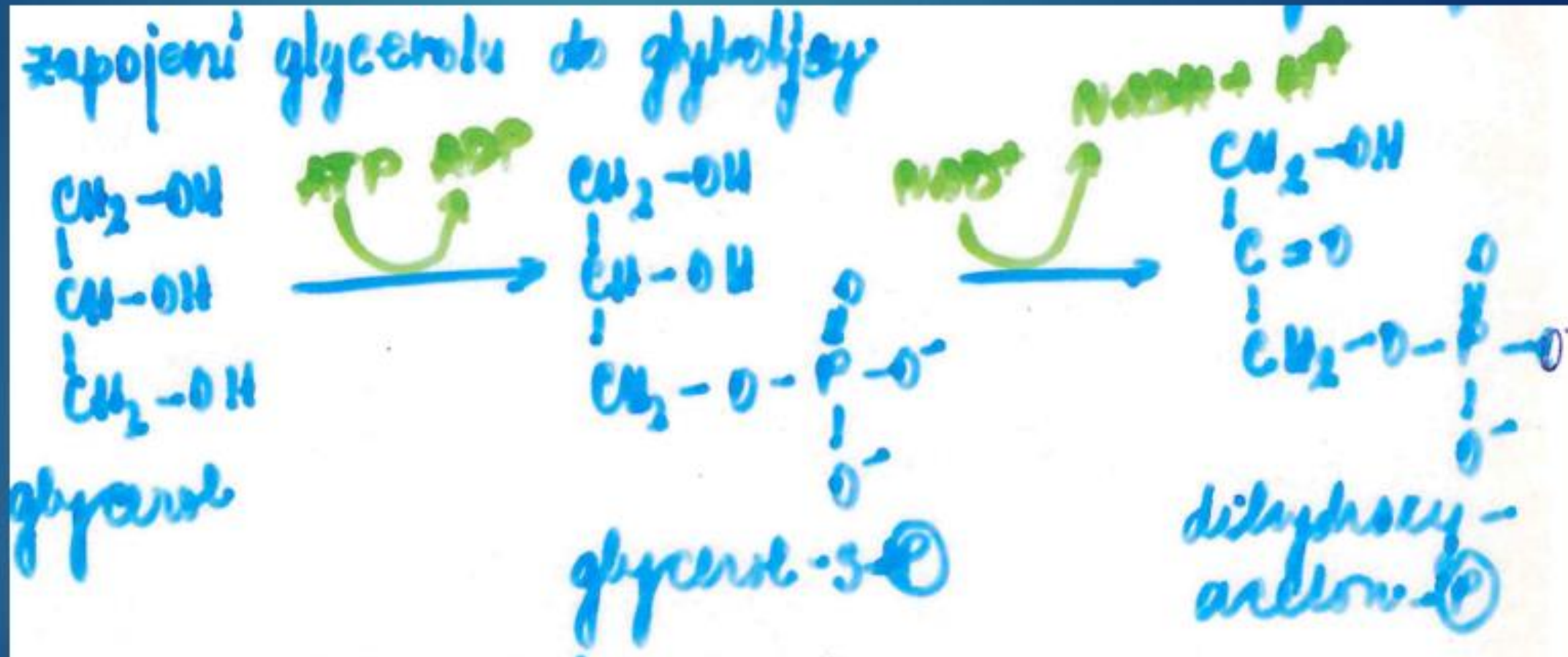
Směsná micela a resorpce lipidů do buněk střevní sliznice

Zdroj:

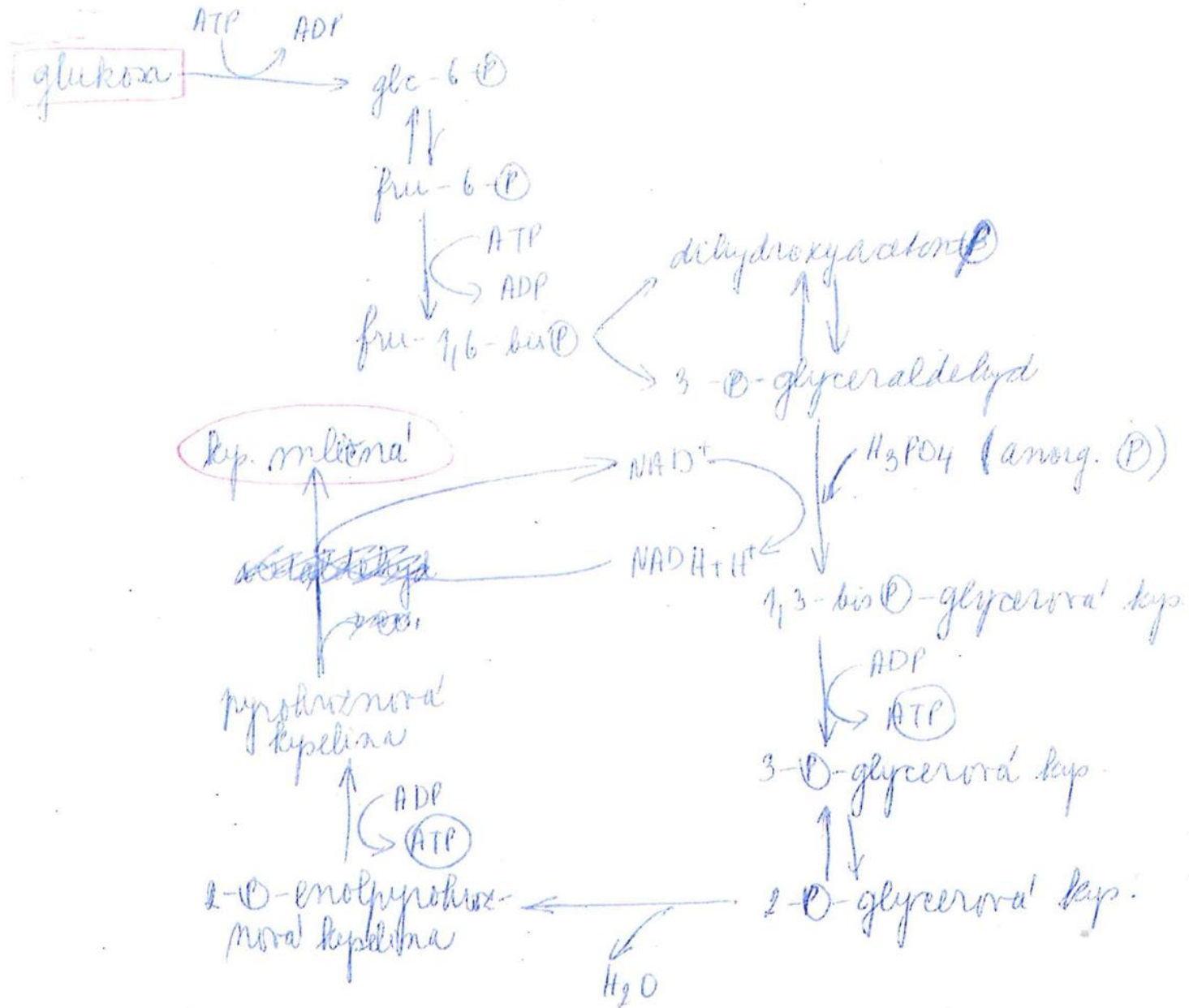
https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BLKBC0211p/um/synteza_a_o_dbouravani_mastnych_kyselin_2018.pdf

- ▶ Mastné kyseliny s kratším řetězcem (10-12 C) přecházejí z buněk střevní sliznice přímo do krve → portálním oběhem → do jater
- ▶ Většina reabsorbovaných lipidů je zabudována do komplexních částic – lipoproteinů, jejichž důležitou součástí je bílkovinná složka. Tyto částice se nazývají chylomikrony
- ▶ Do chylomikronů jsou zabudovány i lipofilní vitaminy
- ▶ Chylomikrony jsou transportovány do lymfy a odtud v oblasti hrudního mízovodu vlévají do krve

ZAPOJENÍ GLYCEROLU DO GLYKOLÝZY



Glykolyza = anaerobní odbourávání sacharidů



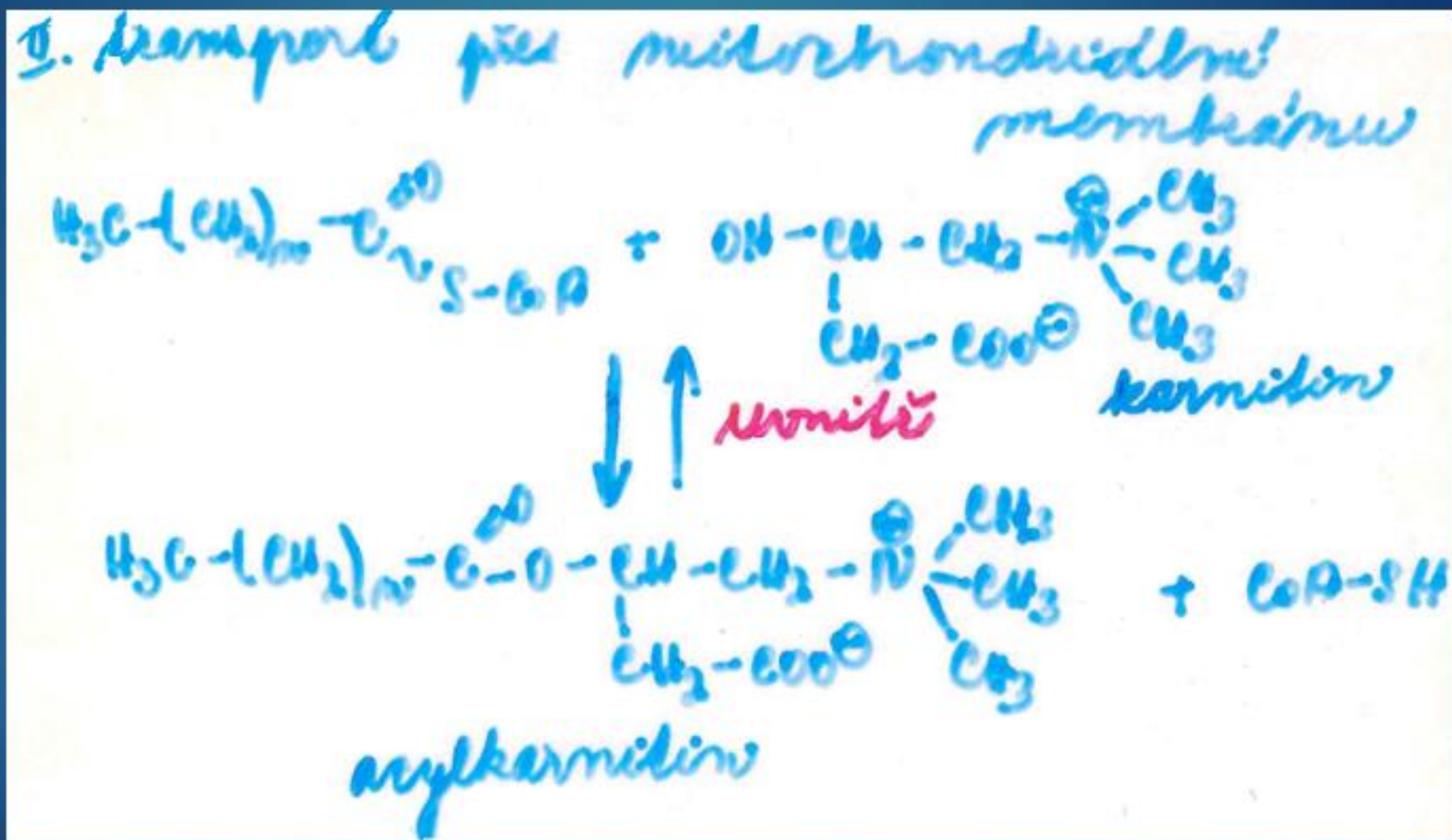
ODBOURÁVÁNÍ MASTNÝCH KYSELIN = β -oxidace mastných kyselin

Nejprve se mastné kyseliny musí aktivovat navázáním na koenzym A (potřebná energie je získána hydrolýzou ze 2 ATP)

I. aktivace mastných kyselin

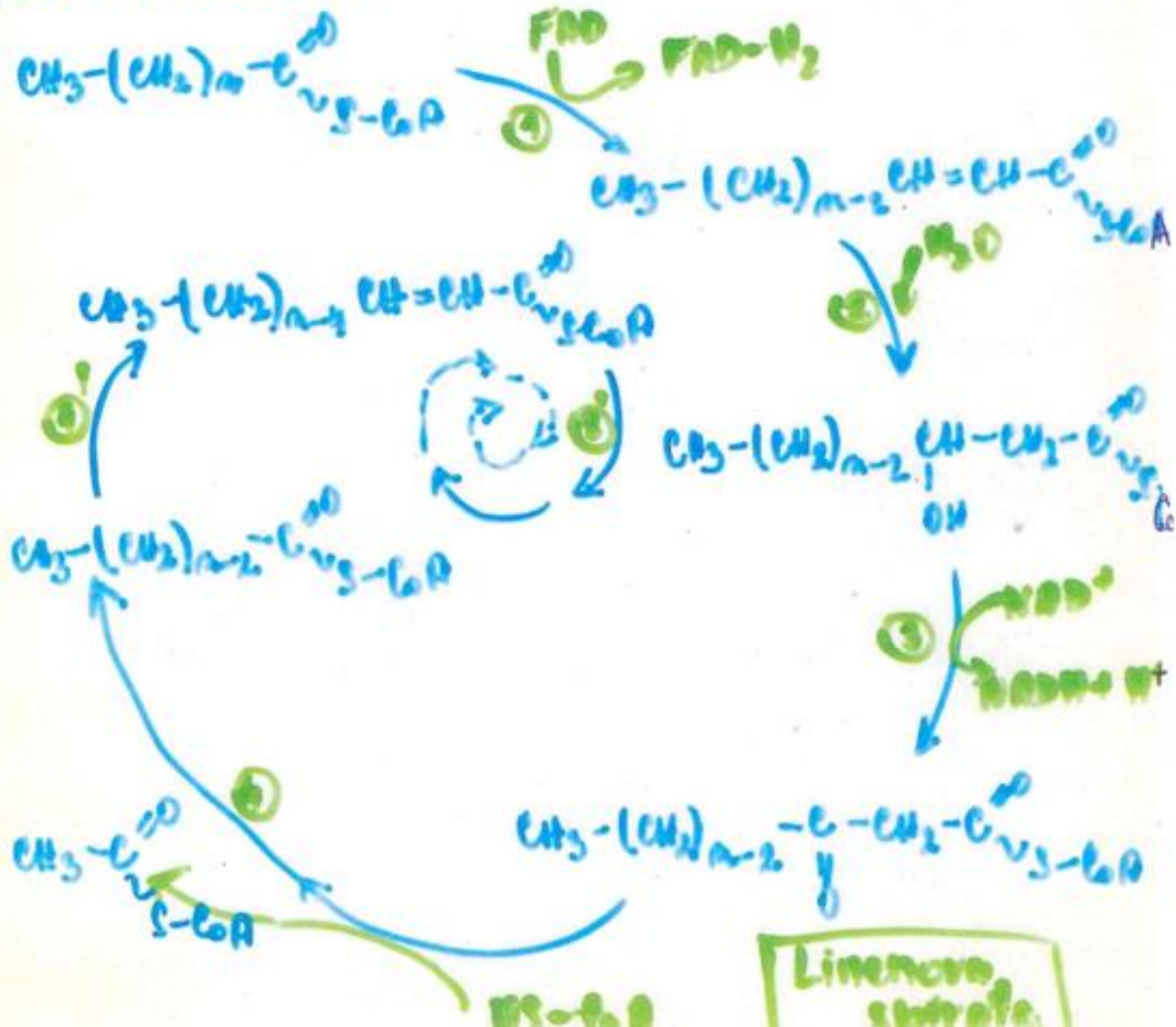


Následuje transport do mitochondrií. Mastná kyselina může přejít přes mitochondriální membránu jen ve vazbě na karnitin.



Následuje vlastní β -oxidace
 mastných kyselin známá jako
Liniová spirála (probíhá v
 mitochondriích).

IV. sled reakcí v mitochondriích



BIOSYNTÉZA MASTNÝCH KYSELIN

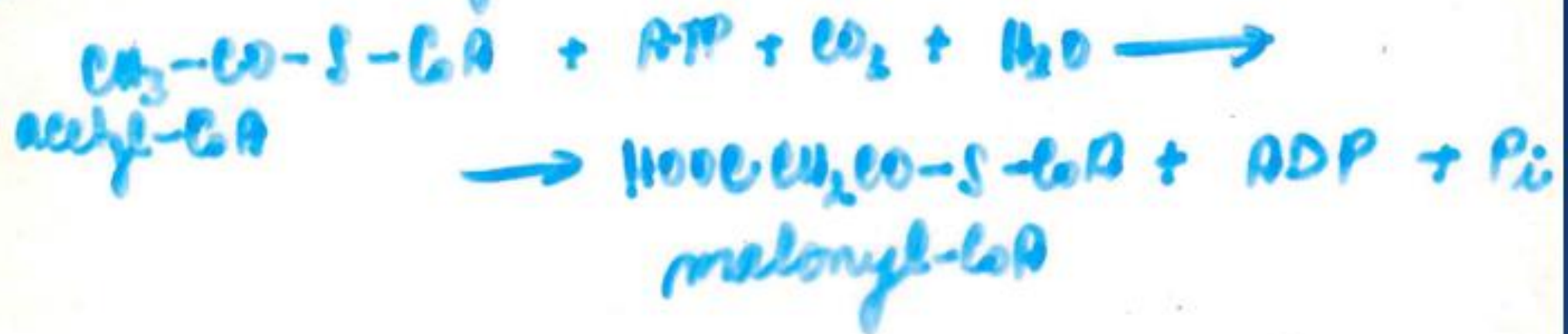
- ▶ Mastné kyseliny jsou většinou přijímána jako složky tuků potravou, mohou být však v organismu i syntetizovány
- ▶ Výchozí látkou pro syntézu vyšších mastných kyselin je acetyl-CoA
- ▶ Hlavním místem syntézy jsou tukové buňky a játra
- ▶ Syntéza mastných kyselin je iniciována, jestliže glykolýzou a dalšími pochody vzniká v buňkách velké množství acetyl-CoA a jejich energetická potřeba je malá
- ▶ Syntéza mastných kyselin tedy typicky probíhá po jídle
- ▶ Pochody syntézy vyšších mastných kyselin vypadají podobně jako obrácená β -oxidace. Probíhají však v cytoplasmě a jsou katalyzovány jinými enzymy.

Biosyntéza tuků:

1. Tvorba malonylCoA
2. Skládání dvouuhlíkatých štěpů – vzniknou řetězce mastných kyselin
3. Syntéza tuků navázáním mastných kyselin na glycerol

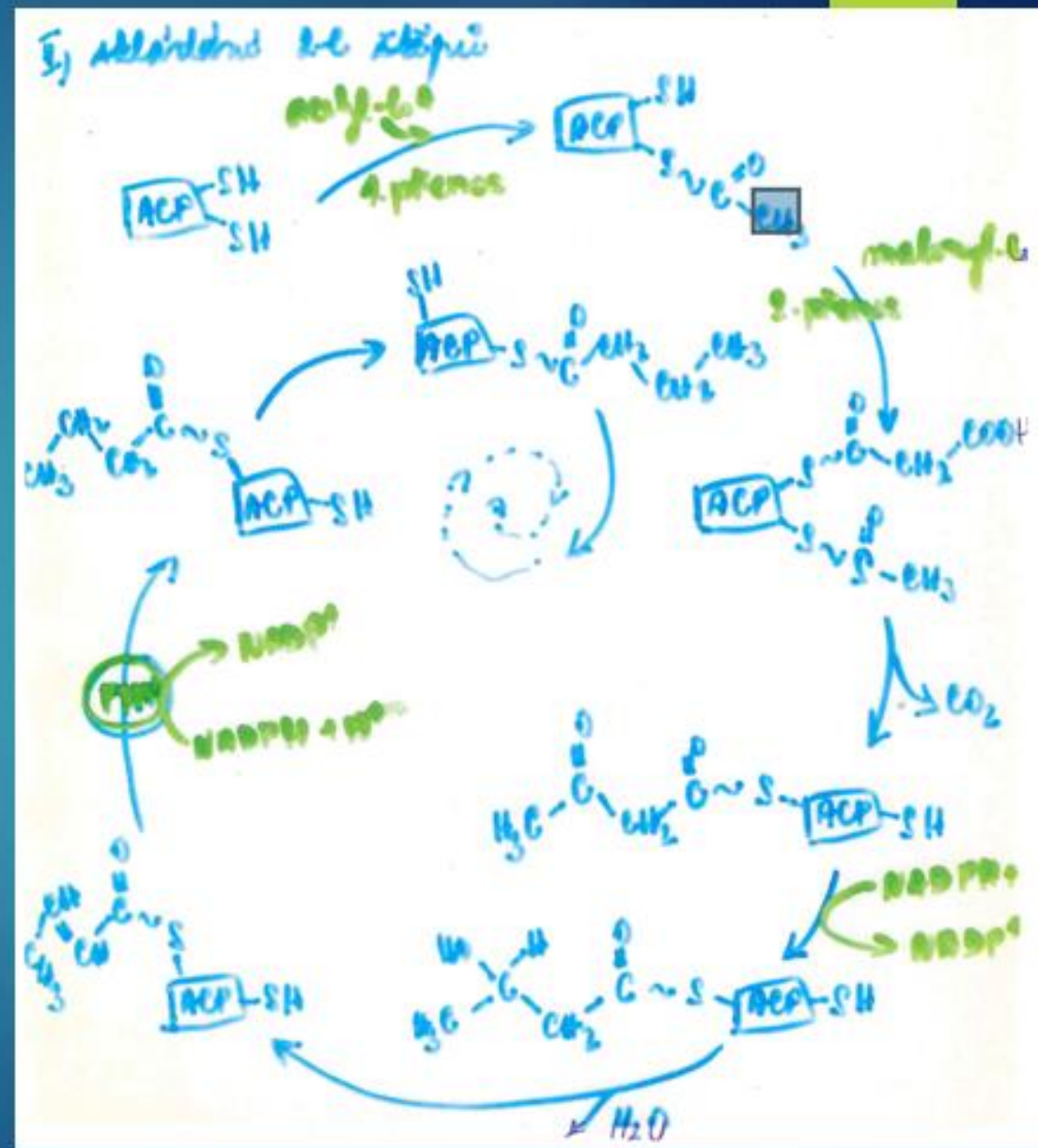
TVORBA malonyl-CoA

I, tvorba malonyl-CoA



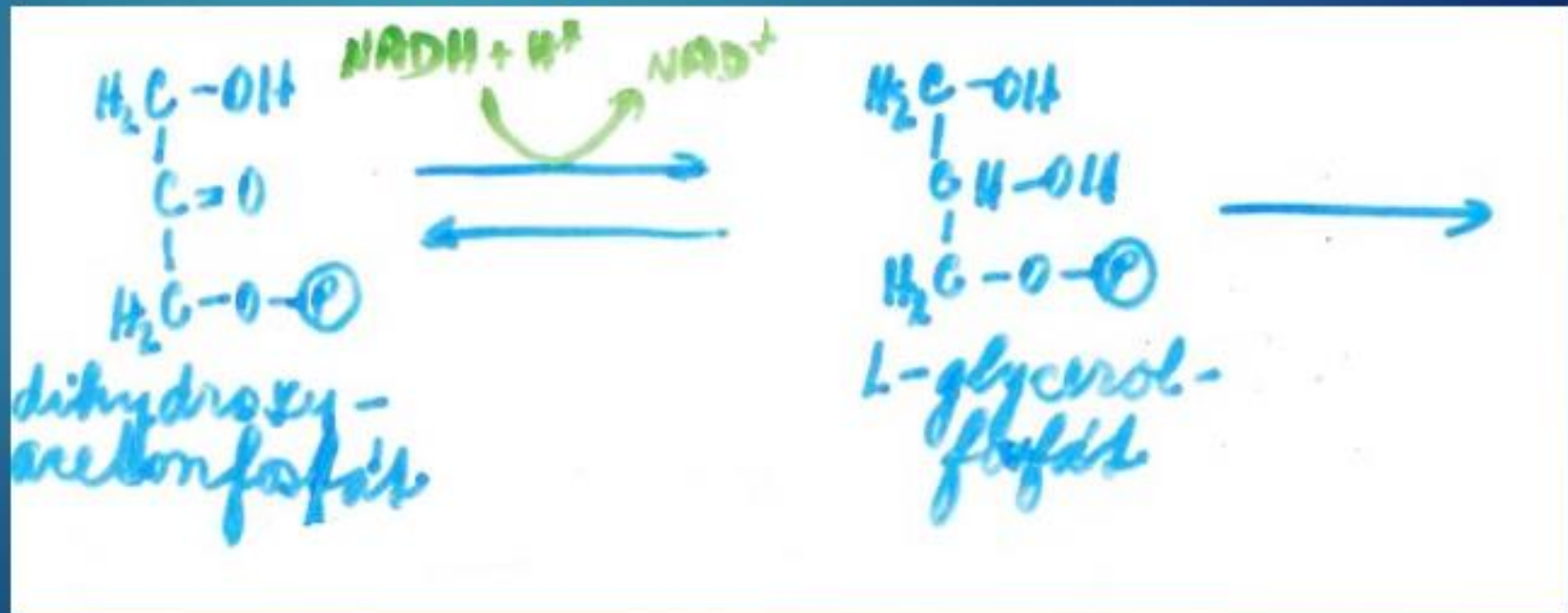
SKLÁDÁNÍ DVOUHLÍKATÝCH ŠTĚPŮ

Takto znovu vzniknou řetězce mastných kyselin.

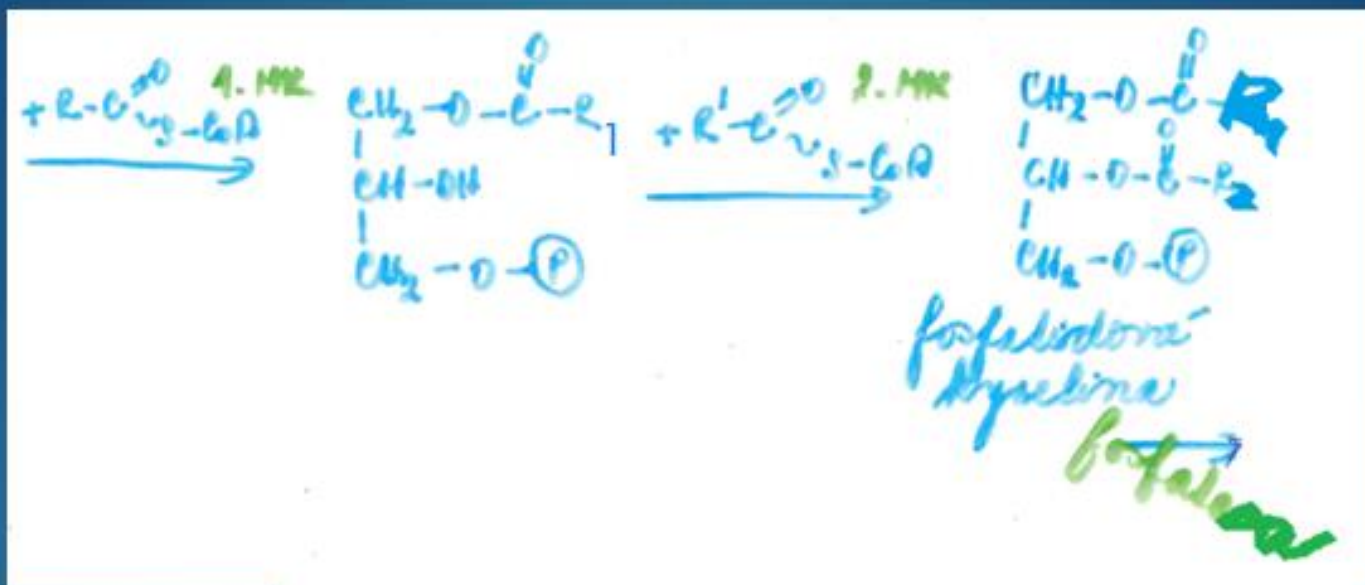


Syntéza tuků z glycerolu a vyšších mastných kyselin

Triacylglyceroly jsou syntetizovány postupnou esterifikací glycerol-3-fosfátu mastnými kyselinami.



Mastné kyseliny vstupují do esterifikačních reakcí a aktivované formě vázané na koenzym A.



- ▶ Syntéza triacylglycerolů probíhá hlavně v buňkách tukové tkáně, v játrech a v buňkách střevní sliznice
- ▶ Mastné kyseliny mohou pocházet:
 - ▶ Z tuků přijatých potravou a do buněk se dostanou z krve
 - ▶ Nebo mohou být v buňkách syntetizovány
- ▶ Glycerol-3-fosfát je získáván hlavně redukcí dihydroxyacetonfosfátu, který je meziproduktem glykolýzy
- ▶ Triacylglyceroly se tedy mohou tvořit kompletně z produktů odbourávání sacharidů
- ▶ Triacylglyceroly vzniklé v játrech jsou zabudovány do VLDL (lipoproteiny krevní plazmy), transportovány do krve a odtud do tukových buněk
- ▶ Triacylglyceroly vzniklé v tukové tkáni se zde ukládají jako zásobní tuk – zde se z nich mohou při poklesu hladiny glukosy v krvi odštěpovat vyšší mastné kyseliny a uvolňovat se do krve. Mastné kyseliny poté vstupují do buněk, podléhají zde β -oxidaci a produkují tím energii.

Nepravé neboli tkáňové hormony zodpovědné za chuť k jídlu

- Leptin
 - Peptidový hormon produkováný buňkami tukové tkáně (adipocyty)
 - Navozuje pocit sytosti
- Ghrelin
 - Peptidový hormon složený z 28 aminokyselin produkováný buňkami žaludeční sliznice
 - Je zodpovědný za chuť k jídlu

CO VÍME O LEPTINU?



Hormon tvořený
tukovými buňkami



Pomáhá
regulovat energii



Hormon sytosti



Podílí se na udržení
tělesné hmotnosti



Snižuje chuť k jídlu



Podílí se na regulaci
reprodukčního systému
a činnosti štítné žlázy

- Po jídle se hladina leptinu zvýší, což je pokyn pro mozek, že jsme se dostatečně najedli.
- Ale: hladinu leptinu může ovlivnit řada dalších faktorů:
 - Nejen příjem energie (v kaloriích),
 - Ale i:
 - Načasování příjmu potravy
 - Cirkadiánní rytmus
 - Vystavení se světlu
 - Cvičení a pohybové aktivity
 - Stres
- Obézní lidé mají více tukové tkáně, takže i více leptinu, ale již jsou na leptin rezistentní.

CO VÍME O GHRELINU?



Tvoří se
v gastrointestinálním traktu



Hormon zvyšující
chuť k jídlu



Při výrazném
omezení kalorií se jeho
hladina zvyšuje



Podílí se na metabolismu
glukózy a lipidů



Vysílá informaci do mozku,
že je čas k jídlu



Uvolňuje se
v reakci na stres

- Hladina ghrelinu je před jídlem vyšší a po jídle klesá.
- Jakmile se v žaludku vytvoří stoupající hladina ghrelinu, vysílá do mozku signál, který vyvolá pocit hladu.
- Ghrelín je jediný hormon stimulující chuť k jídlu u lidí a je také jedním z hlavních faktorů zodpovědných za záchvatovité přejídání, tzv. vlčí hlad.
- Leptin i ghrelín spolupracují, aby nastala rovnováha mezi pocity hladu a sytosti.