



# Biochemie 2

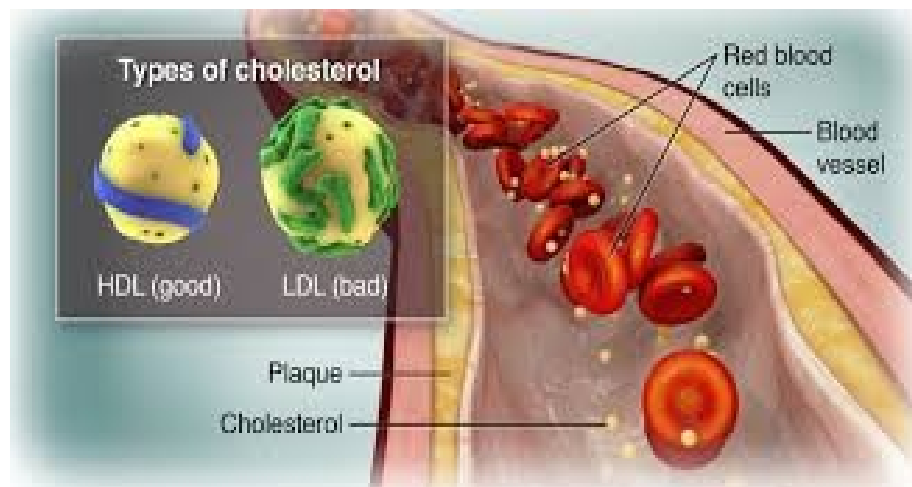
Vysoká škola zdravotnická, Praha

Obor:

Všeobecná sestra

Porodní asistentka

Zdravotnický záchranář



# Složení tělních tekutin

- může být ovlivněno např. zvýšenou teplotou, traumatem, th. nebo dg. zásahem



| Analyt                | Příčina zvýšené koncentrace/aktivity v séru                                                             | Příčina snížené koncentrace/aktivity v séru                              |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| ALT                   | intenzivní svalová aktivita, chronický alkoholismus                                                     |                                                                          |
| AST                   | chronický alkoholismus, dlouhodobá fyzická zátěž                                                        |                                                                          |
| GMT                   | chronický alkoholismus                                                                                  | hladovění                                                                |
| ALP                   | hladovění, dlouhodobá fyzická zátěž, prepubertální věk, strava bohatá na sacharidy, BPPO*               |                                                                          |
| CK                    | svalová aktivita, rasa, dlouhodobá fyzická zátěž                                                        |                                                                          |
| LD                    | strava bohatá na sacharidy                                                                              | BPPO *                                                                   |
| Laktát                | intenzivní cvičení, chronický alkoholismus                                                              |                                                                          |
| Kreatinin             | pohlaví (muži)                                                                                          | prepubertální věk                                                        |
| Kyselina močová       | strava bohatá na proteiny, intenzivní tělesná zátěž, hladovění, BPPO*, chronický alkoholismus           | strava bohatá na lipidy                                                  |
| Močovina              | strava bohatá na proteiny, dlouhodobá fyzická zátěž                                                     |                                                                          |
| Cholesterol           | strava bohatá na lipidy, kouření, chronický alkoholismus                                                | hladovění, strava bohatá na sacharidy, dětství, intenzivní tělesná zátěž |
| HDL-C                 |                                                                                                         | kouření                                                                  |
| TAG                   | strava bohatá na lipidy, kouření, chronický alkoholismus i jednorázové požití, BPPO *                   | hladovění, strava bohatá na sacharidy, intenzivní tělesná zátěž          |
| Glukosa               | strava bohatá na sacharidy, BPPO, kouření, krátkodobé intenzivní cvičení, mírné požití alkoholu, kofein | chronický alkoholismus, dlouhodobé intenzivní cvičení                    |
| Bílkoviny             | strava bohatá na proteiny                                                                               | strava bohatá na sacharidy                                               |
| Transportní proteiny  | Gravidita                                                                                               |                                                                          |
| Reaktanty akutní fáze | gravidita, horečka                                                                                      |                                                                          |
| Fe                    | BPPO*                                                                                                   | gravidita                                                                |
| Na                    | BPPO*, dlouhodobá fyzická zátěž                                                                         |                                                                          |
| Ca                    | dlouhodobá fyzická zátěž                                                                                |                                                                          |

## Seznam zkratk:

**ALP:** alkalická fosfatasa

**ALT:** alaninaminotransferasa

**AST:** aspartátaminotransferasa

**CK:** kreatinkinasa

**GMT:** g-glutamyltransferasa

**HDL:** lipoproteiny o vysoké hustotě

**HDL–C:** HDL–cholesterol

**LD:** laktátdehydrogenasa

**TAG:** triacylglyceroly

## 42. Doplňte zkratky

- Alkalická fosfatasa.....
- Alaninaminotransferasa.....
- Aspartátaminotransferasa.....
- Kreatinkinasa.....
- Glutamyltransferasa.....
- lipoproteiny o vysoké hustotě.....
- HDL–cholesterol.....
- Laktátdehydrogenasa.....
- Triacylglyceroly.....

# Fyziologické hodnoty

- <https://www.mz-biochem.cz/images/downloads/seznam-vysetreni.pdf>

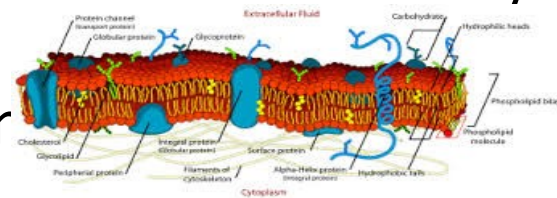
# Sacharidy



- složené pouze z **C, H** a **O**.
- nejrozšířenější skupina **organických** látek
- největší podíl **organické** hmoty na Zemi.
- složení lze vyjádřit vzorcem  $(CH_2O)_n$ , kde  $n \geq 3$
- důležitý zdroj a zásoba **energie** pro živočichy (glykogen) i pro rostliny (škrob).
- u rostlin a bakterií tvoří i základní součást **buněčných membrán** (celulóza).
- D- ribosa/D-deoxyribosa je základní složkou ribonukleových kyselin (RNA, DNA).

## 43. Doplňte

- složené pouze z ...,.....a.....
- nejrozšířenější skupina .....látek
- tvoří největší podíl ..... hmoty na Zemi.
- složení vyjádřit vzorcem  $(CH_2O)_n$ , kde  $n \geq 3$
- důležitý zdroj a zásoba .....jak pro živočichy (glykogen), tak pro rostliny (škrob).
- u rostlin a bakterií tvoří i základní součást ..... (celulóza).
- D- ribosa/D-deoxyribosa je základní složkou ribor ..... (RNA, DNA).



# Jak se dělí sacharidy

- Podle počtu sacharidových jednotek se sacharidy dělí do tří skupin
- a) **monosacharidy** 1 cukerná jednotka, 3-7 atomů C
- b) **oligosacharidy** 2-10 cukerných jednotek
- c) **polysacharidy** velký počet monosacharidových jednotek
- U oligosacharidů a polysacharidů jsou jednotlivé sacharidové jednotky spojeny jednoduchými kovalentními vazbami (vazba tvořená společnou dvojicí elektronů).

| Monosacharidy               | Disacharidy | Polysacharidy |
|-----------------------------|-------------|---------------|
| Glukóza<br>téměř všude      | Maltóza     | Škrob         |
| Fruktóza<br>zejména v ovoci | Sacharóza   | Vláknina      |
| Galaktóza<br>téměř nikde    | Laktóza     | Glykogen      |

# 44. Jak se dělí sacharidy ?

- Podle počtu sacharidových jednotek se sacharidy dělí do tří skupin
- a) .....(1 cukerná jednotka, 3-7 atomů C)
- b) ..... (2-10 cukerných jednotek)
- c) .....(velký počet monosacharidových jednotek).
- U b a c jsou jednotlivé sacharidové jednotky spojeny jednoduchými kovalentními vazbami (vazba je tvořená společnou dvojicí elektronů).



# Sacharidy v jídelníčku



Vhodné pro pravidelnou konzumaci



- Luštěniny – čočka červená či beluga, cizrna, fazole, hrách
- Pečivo – především z žitné a celozrnné mouky, celozrnné knäckebroty
- Brambory – klasické a sladké brambory neboli batáty
- Těstoviny – celozrnné, semolinové či luštěninové
- Rýže – přednostně druhy basmati, natural či červená rýže
- Pseudoobiloviny – amarant, pohanka, quinoa
- Vločky – ovesné, žitné, pohankové
- Bulgur, jáhly, kuskus
- Zelenina a ovoce

VS



Vhodné konzumovat co nejméně



- Potraviny obsahující velké množství cukru – sladkosti, cukrářské výrobky, cukroví, dezerty
- Smažené výrobky z brambor – různé bramboráky, hranolky či bramboráky
- Polotovary, konzervy, běžná hotová jídla (většina z nich nemá dobré složení)
- Sladké pečivo a pekárenské výrobky z bílé mouky
- Slané pochutiny – brambůrky, tyčinky či popcorn a obdobné výrobky
- Jídla z většiny fastfoodu
- Slazené mléčné produkty – ochucovaná mléka, slazené jogurty i kefíry
- Slazené nápoje, džusy
- Pufované chlebíčky – racio chlebíčky rýžové či kukuřičné

45. Napište svůj jídelníček za předešlý den a označte v něm jednoduché cukry a polysacharidy

# Sacharidy v jídelníčku



Vhodné pro pravidelnou konzumaci



- **Luštěniny** – čočka červená či beluga, cizrna, fazole, hrách
- **Pečivo** – především z žitné a celozrnné mouky, celozrnné knöckebroty
- **Brambory** – klasické a sladké brambory neboli batáty
- **Těstoviny** – celozrnné, semolinové či luštěninové
- **Rýže** – přednostně druhy basmati, natural či červená rýže
- **Pseudoobiloviny** – amarant, pohanka, quinoa
- **Vločky** – ovesné, žitné, pohankové
- **Bulgur, jáhly, kuskus**
- **Zelenina a ovoce**

VS



## Vhodné konzumovat co nejméně



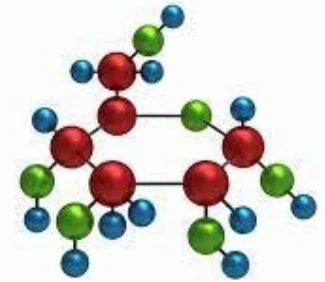
- Potraviny obsahující velké množství cukru – sladkosti, cukrářské výrobky, cukroví, dezerty
- Smažené výrobky z brambor – různé bramboráky, hranolky či bramboráky
- Polotovary, konzervy, běžná hotová jídla (většina z nich nemá dobré složení)
- Sladké pečivo a pekárenské výrobky z bílé mouky
- Slané pochutiny - brambůrky, tyčinky či popcorn a obdobné výrobky
- Jídla z většiny fastfoodu
- Slazené mléčné produkty – ochucovaná mléka, slazené jogurty i kefíry
- Slazené nápoje, džusy
- Pufované chlebičky - racio chlebičky rýžové či kukuřičné

- 

- 
- A vertical list of 12 blue dots, each followed by a horizontal dotted line for writing.

# Monosacharidy

- tvořeny 3 až 7 atomy C a podle jejich počtu se rozdělují na
  - **triosy**, složené ze tří atomů C (dihydroxyaceton = glyceron, glyceraldehyd),
  - **tetrosy** (4 atomy C),
  - **pentosy** (5 atomů uhlíku),
  - **hexosy** (6 atomů uhlíku) a
  - **heptosy** (7 atomů uhlíku).
- na základě funkční skupiny monosacharidu jsou rozlišovány
  - **aldosy** (polyhydroxyaldehydy) s aldehydovou funkční skupinou (-CHO) : D-glukóza, D-ribóza, D-glyceraldehyd či D-galaktóza a
  - **ketosy** (polyhydroxyketony) s ketonovou funkční skupinou (-CO-) na druhém atomu uhlíku: D-fruktóza, D-ribulóza (k fotosyntéze), D-dihydroaceton či D-xylulóza.



součástí biologických molekul jsou mnohem častěji

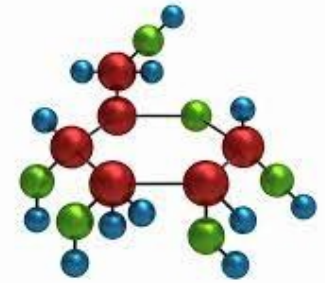
- **D-formy** než
- **L-formy**

Jsou to zrcadlové obrazy, mají opačnou optickou otáčivost neboli směr, ve kterém otáčejí rovinu polarizovaného světla.

- **Monosacharidy s 3 a 4 atomy C** jsou běžně přítomny v **lineární** podobě,
- zatímco u **monosacharidů s 5 a více** atomy C dochází reakcí karbonylové skupiny s alkoholovou skupinou k tvorbě vnitřních hemiacetalů/hemiketalů a tak se tyto monosacharidy vyskytují v **cyklické podobě**. Sacharidy uspořádané do 5-ti členných kruhů se nazývají **furanosy**, sacharidy tvořící šestičlenný kruh pak **pyranosy**
- Cyklické uspořádání umožňuje rozlišení pouze dvou prostorových uspořádání v tomto novém centru, tedy vznikají dva stereoizomery, nazývané anomery a podle umístění OH- skupiny se rozlišují a-anomer a b-anomer

# 46. Doplněte

- Monosacharidy jsou tvořeny 3 až 7 atomy C a podle jejich počtu se rozdělují na
  - ..... složené ze tří atomů C (dihydroxyaceton = glyceron, glyceraldehyd),
  - ..... (4 atomy C),
  - ..... (5 atomů uhlíku),
  - ..... (6 atomů uhlíku) a
  - ..... (7 atomů uhlíku).
- na základě funkční skupiny monosacharidu jsou rozlišovány
  - ..... (polyhydroxyaldehydy) s aldehydovou funkční skupinou (-CHO) : D-glukóza, D-ribóza, D-glyceraldehyd či D-galaktóza a
  - ..... (polyhydroxyketony) s ketonovou funkční skupinou (-CO-) na druhém atomu uhlíku: D-fruktóza, D-ribulóza (k fotosyntéze), D-dihydroaceton či D-xylulóza.



součástí biologických molekul jsou mnohem častěji

- ..... než
- .....

Jsou to zrcadlové obrazy, mají opačnou optickou otáčivost neboli směr, ve kterém otáčejí rovinu polarizovaného světla.

- .....s .....a.....atomy C jsou běžně přítomny v ..... podobě,
- zatímco u ..... a .....atomy C dochází reakcí karbonylové skupiny s alkoholovou skupinou k tvorbě vnitřních hemiacetalů/hemiketalů a tak se tyto monosacharidy vyskytují v ..... podobě. Sacharidy uspořádané do 5-ti členných kruhů se nazývají ....., sacharidy tvořící šestičlenný kruh pak .....
- Cyklické uspořádání umožňuje rozlišení pouze dvou prostorových uspořádání v tomto novém centru, tedy vznikají dva stereoizomery, nazývané anomery a podle umístění OH- skupiny se rozlišují a-anomer a b-anomer

## 47. Jaký je rozdíl mezi L a D formou sacharidů ?

- L- forma je.....
- D- forma je.....

# 48. Monosacharidy s

**3-4 atomy uhlíku mají formu**

**5-7 atomy uhlíku mají formu**

# 48. Monosacharidy s

**3-4 atomy uhlíku mají formu**

- Lineární

**5-7 atomy uhlíku mají formu**

- cyklickou

# Oligosacharidy



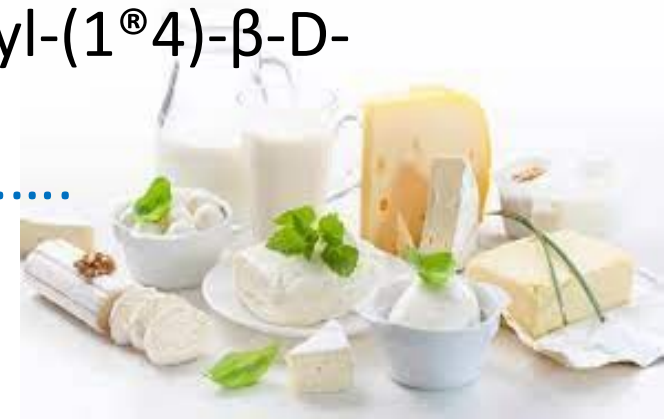
- Při vzájemném spojování monosacharidových jednotek vzniká glykosidická vazba
- do názvu daného oligosacharidu se uvádí, mezi kterými atomy C daných sacharidových jednotek tato vazba vznikla (např.:  $-(1^{\circ}2)$ ).
  - Jsou-li pro vytvoření glykosidické vazby využity pouze atomy C, které nesly karbonylovou skupinu, ztrácejí nově vzniklé oligosacharidy redukční schopnosti, proto jsou nazývány **neredukující sacharidy** a v názvu je zakončení **-id**.
  - Zůstane-li u jedné z jednotek tento atom C volný, redukční schopnosti zůstávají zachovány. Takovéto sacharidy se označují jako **redukující** a v názvu je koncovka **-osa**.
- K nejdůležitějším oligosacharidům patří disacharidy a to **sacharóza, laktóza a maltóza**.
- **Sacharóza** ( $\alpha$ -D-glukopyranosyl- $(1^{\circ}2)$ - $\beta$ -D-fruktofuranosid) je známá jako řepný cukr a je nejrozšířenějším disacharidem, který je k nalezení v celé rostlinné říši.
- Jako mléčný cukr je označována **laktóza** ( $\beta$ -D-galaktopyranosyl- $(1^{\circ}4)$ - $\beta$ -D-glukopyranosa) obsažená v mléce savců.
- Produktem enzymatické hydrolýzy škrobu a glykogenu je **maltóza** ( $\alpha$ -D-glukopyranosyl- $(1^{\circ}4)$ - $\alpha$ -D-glukopyranosa), cukr sladový.



## 49. Doplňte do textu

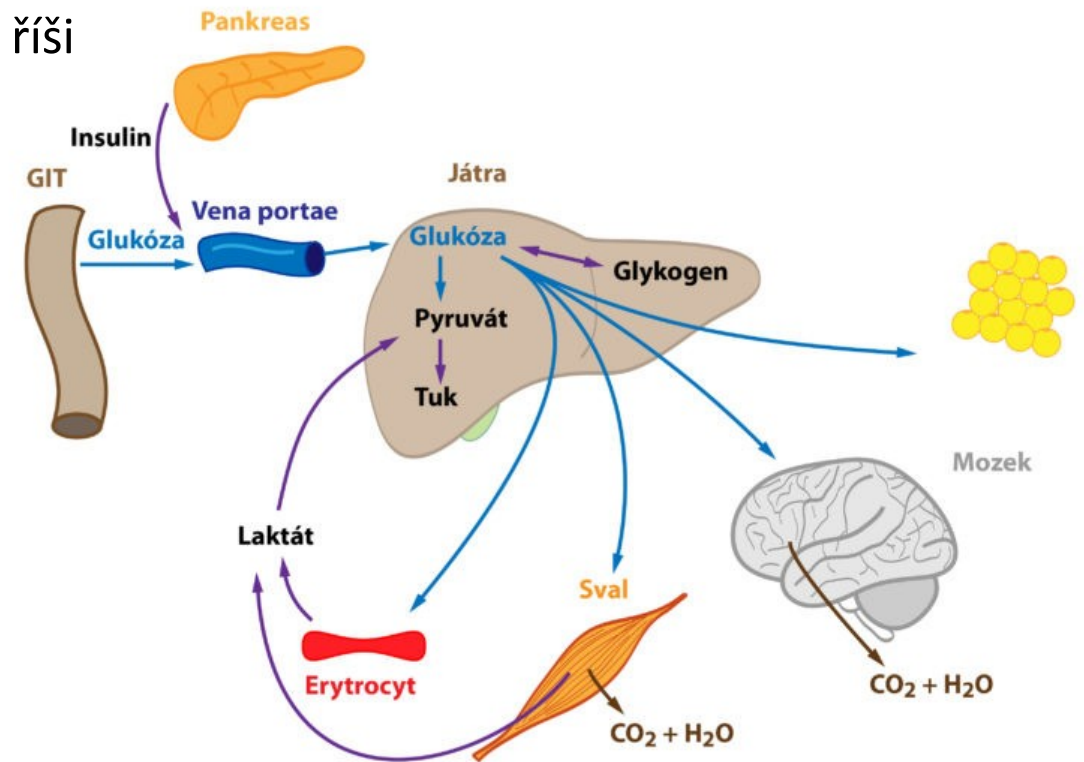


- Při vzájemném spojování monosacharidových jednotek vzniká glykosidická .....
- do názvu daného oligosacharidu se uvádí, mezi kterými atomy ..... daných sacharidových jednotek tato vazba vznikla (např.:  $-(1^{\circ}2)$ ).
  - Jsou-li pro vytvoření glykosidické vazby využity pouze atomy uhlíku, které nesly karbonylovou skupinu, ztrácejí nově vzniklé oligosacharidy redukční schopnosti, proto jsou nazývány **neredukující sacharidy** a v názvu je zakončení **-id**.
  - Zůstane-li u jedné z jednotek tento atom uhlíku volný, redukční schopnosti zůstávají zachovány. Takovéto sacharidy se označují jako **redukující** a v názvu je koncovka **-osa**.
- K nejdůležitějším oligosacharidům patří disacharidy a to **sacharóza, laktóza a maltóza**.
- ..... ( $\alpha$ -D-glukopyranosyl- $(1^{\circ}2)$ - $\beta$ -D-fruktofuranosid) je známá jako řepný cukr a je nejrozšířenějším disacharidem, který je k nalezení v celé rostlinné říši.
- Jako mléčný cukr je označována ..... ( $\beta$ -D-galaktopyranosyl- $(1^{\circ}4)$ - $\beta$ -D-glukopyranosa) obsažená v mléce savců.
- Produktem enzymatické hydrolýzy škrobu a glykogenu je ..... ( $\alpha$ -D-glukopyranosyl- $(1^{\circ}4)$ - $\alpha$ -D-glukopyranosa), cukr sladový.



# Polysacharidy

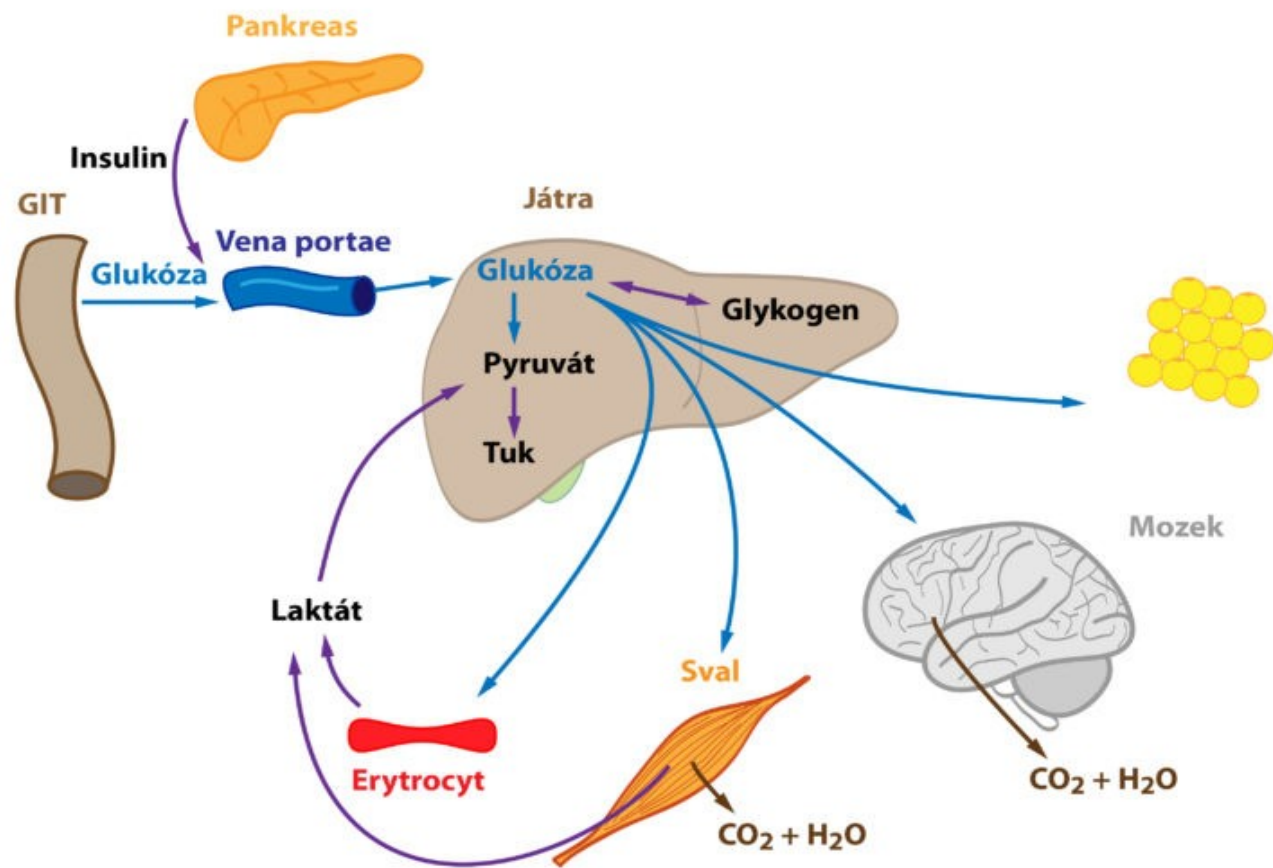
- z jednoho typu (homopolysacharidy) nebo
- z různých typů monosacharidových jednotek (heteropolysacharidy).
- V živých organismech mohou polysacharidy sloužit buďto jako
  - **stavební** polysacharidy
    - takovými polysacharidy jsou celulóza v rostlinné říši
    - chitin v říši hub, nebo jako
  - **zásobními** polysacharidy (energie)
    - jsou škrob u rostlin a
    - glykogen u živočichů.



## 50. Polysacharidy mají funkci

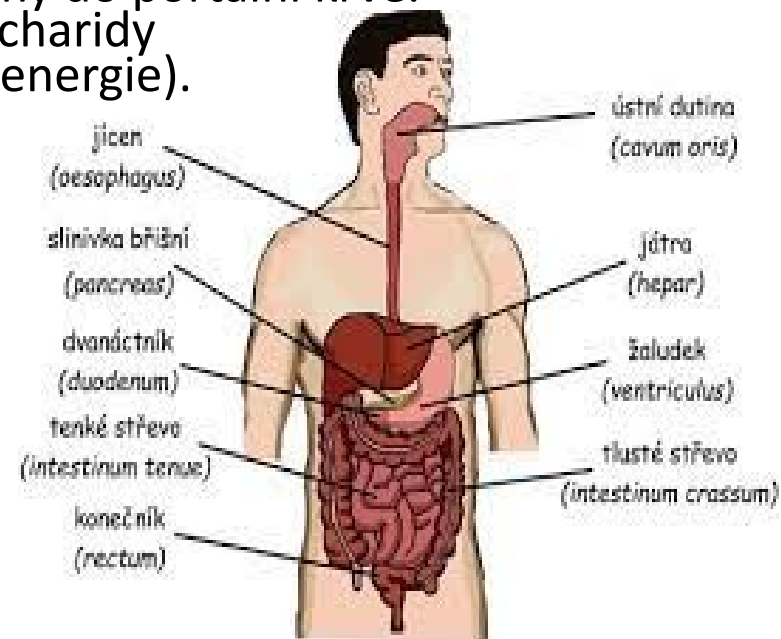
- 1. ....
- 2.....

# 51. Popište obrázek



# Jak se metabolizují sacharidy?

- Trávení stravou přijatých sacharidů začíná již v **ústech**, kde **a-amylasa** (triviálním názvem ptyalin) endohydrolyticky štěpí 1,4-a-glukosidové vazby potravou přijatých stravitelných **polysacharidů** (škrob, glykogen). V žaludku je aktivita **a-amylas** (pH optimum ~6,7) utlumena nízkou hodnotou pH.
- Trávení pokračuje v **duodenu**, kde jsou přítomny pankreatické **a-amylasy**. Výsledkem působení a-amylas je směs disacharidu maltózy, trisacharidu maltotriózy, glukosy a a-limitních dextrínů.
- Ze sliznice **tenkého střeva** se uvolňují enzymy oligosacharidasy (maltasa, dextrinasa), které dokonají štěpení polysacharidů na konečný produkt – **glukózu**. V tenkém střevě probíhá i štěpení disacharidů **laktózy** (laktasa; vzniká glukóza a galaktóza) či **sacharózy** (sacharasa; vzniká glukóza a fruktóza). Monosacharidy jsou vstřebávány enterocyty.
- Glukóza a galaktóza jsou aktivním kotransportem s  $\text{Na}^+$  po gradientu uvolňovány do portální krve. Fruktóza se z buněk dostává transportem pasivním. **Portální** krví jsou monosacharidy transportovány do **jater** (zásobárna - tvorba glykogenu) a poté do tkání (zdroj energie).
- Je-li nadbytečný příjem sacharidů, jsou ukládány v podobě **tuků**.



<https://youtu.be/zkden107w9o?si=sxUwmm2COL-j9Xvz>

## 52. Doplňte vynechaná slova

- Trávení stravou přijatých sacharidů začíná již v ....., kde ..... (triviálním názvem ptyalin) endohydrolyticky štěpí 1,4-a-glukosidové vazby potravou přijatých stravitelných ..... (škrob, glykogen). V žaludku je aktivita ..... (pH optimum ~6,7) utlumena nízkou hodnotou pH.
- Trávení pokračuje v ....., kde jsou přítomny pankreatické ..... Výsledkem působení a-amylas je směs disacharidu maltózy, trisacharidu maltotriózy, glukosy a a-limitních dextrínů.
- Ze sliznice ..... se uvolňují enzymy oligosacharidas (maltasa, dextrinasa), které dokonají štěpení polysacharidů na konečný produkt – ..... V tenkém střevě probíhá i štěpení disacharidů ..... (účinkem laktasy; vzniká glukóza a galaktóza) či **sacharózy** (účinkem sacharasy; vzniká glukóza a fruktóza). Monosacharidy jsou vstřebávány enterocyty.
- Glukóza a galaktóza jsou aktivním kotransportem s  $\text{Na}^+$  po gradientu uvolňovány do portální krve. Fruktóza se z buněk dostává transportem pasivním. .... krví jsou monosacharidy transportovány do ..... (zásobárna - tvorba glykogenu) a poté do tkání (zdroj energie).
- Je-li nadbytečný příjem sacharidů, jsou ukládány v podobě .....



<https://youtu.be/zkden107w9o?si=sxUwmm2COL-j9Xvz>

# Jaký je rozdíl mezi glykolýzou, glykogenolýzou a glukoneogenezí?

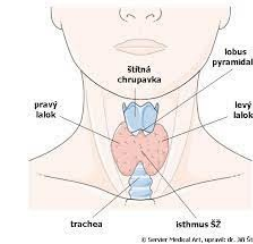
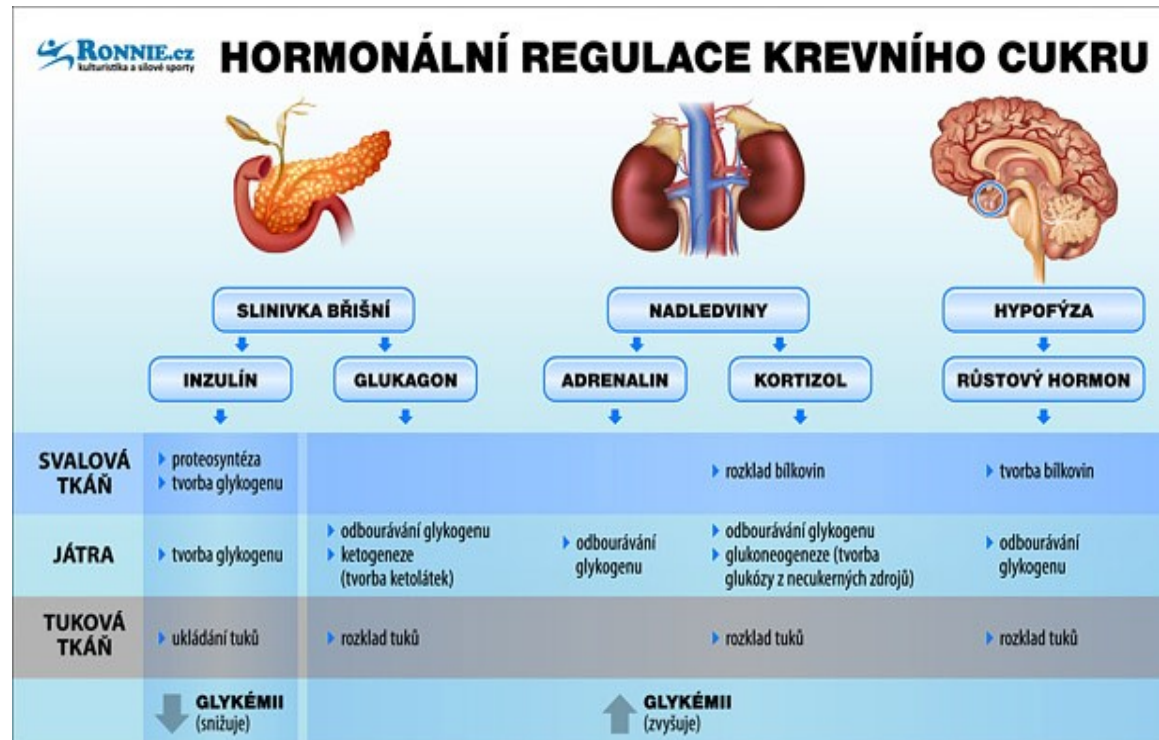
- Na katabolických a anabolických procesech u sacharidů se podílí několik důležitých metabolických drah.
- Hlavní dráhu katabolismu monosacharidů představuje glykolýza.
- Glykolýza je sled reakcí vedoucích k přeměně **glukózy** na 2 molekuly **pyruvátu** (anion kyseliny pyrohroznové).
- Za fyziologických podmínek (aerobní odbourávání) je pyruvát přeměněn na **acetyl-CoA**, který pak vstupuje do **citrátového** cyklu. Těmito katabolickými procesy je z **1 molekuly glukózy** vytvořeno **36 molekul ATP** a glukóza je odbourána na **CO<sub>2</sub>** a **vodu**. Ostatní monosacharidy jsou nejprve fosforylovány a poté převedeny na glukózu či jiný meziproduct glykolýzy.
- Alternativní katabolickou dráhou glukózy je **pentosofosfátový** cyklus důležitý pro produkci NADPH+H<sup>+</sup> (redukční ekvivalenty pro anabolické děje) a ribózu-5-fosfát (prekurzor nukleových kyselin).
- Nadbytečné množství glukózy je ukládáno v podobě **glykogenu**. Syntéza glykogenu (glykogeneze) probíhá z glukóza-1-fosfátu a glykogen je poté ukládán v játrech a svalech.
- Má-li pak organismus nedostatek glukózy, dojde k uvolnění **glukózy** z glykogenu (glykogenolýza).
- Další možnou cestou zisku glukózy je její **syntéza** z nesacharidových prekurzorů, jako jsou pyruvát, glycerol, laktát či aminokyseliny. Tento anabolický proces je nazýván **glukoneogeneze**.

## 53. Doplňte vynechaná slova

- Na katabolických a anabolických procesech u sacharidů se podílí několik důležitých metabolických drah.
- Hlavní dráhu katabolismu monosacharidů představuje glykolýza.
- Glykolýza je sled reakcí vedoucích k přeměně ..... na 2 molekuly **p-----u** (anion kyseliny pyrohroznové).
- Za fyziologických podmínek (aerobní odbourávání) je pyruvát přeměněn na **a-----A**, který pak vstupuje do **c-----o** cyklu. Těmito katabolickými procesy je z **1 m-----g-----y** vytvořeno **36.....a** glukóza je odbourána na .....a ..... Ostatní monosacharidy jsou nejprve fosforylovány a poté převedeny na glukózu či jiný meziprodukt glykolýzy.
- Alternativní katabolickou dráhou glukózy je **p-----ý** cyklus důležitý pro produkci NADPH+H<sup>+</sup> (redukční ekvivalenty pro anabolické děje) a ribózu-5-fosfát (prekurzor nukleových kyselin).
- Nadbytečné množství glukózy je ukládáno v podobě ..... Syntéza glykogenu (glykogeneze) probíhá z glukóza-1- fosfátu a glykogen je poté ukládán v játrech a svalech.
- Má-li pak organismus nedostatek glukózy, dojde k uvolnění ..... z glykogenu (glykogenolýza).
- Další možnou cestou zisku glukózy je její **s-----a** z nesacharidových prekurzorů, jako jsou pyruvát, glycerol, laktát či aminokyseliny. Tento anabolický proces je nazýván **g-----e**

# Které hormony ovlivňují glykémii?

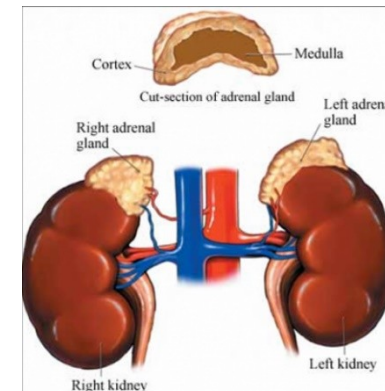
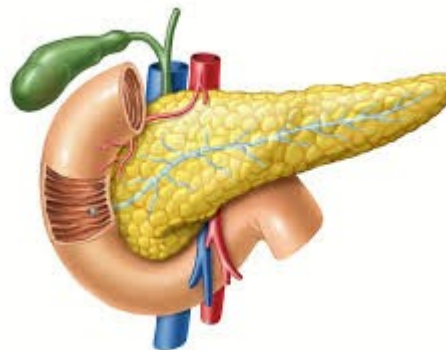
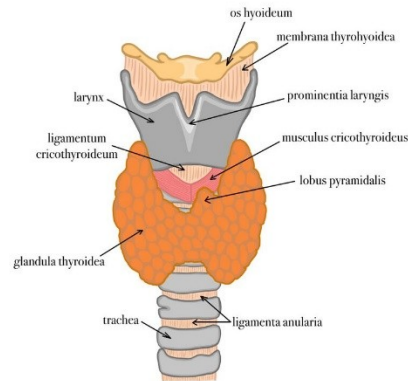
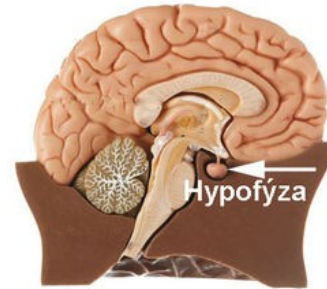
- Glykémie se pohybuje v úzkém rozmezí mezi 3,3 až 5,8 mmol/l a je ovlivňována
  - hormony pankreatu (insulin a glukagon),
  - hormony štítné žlázy,
  - hormony dřeně nadledvin (katecholaminy) či kůry nadledvin kortisol
  - hormony hypofýzy



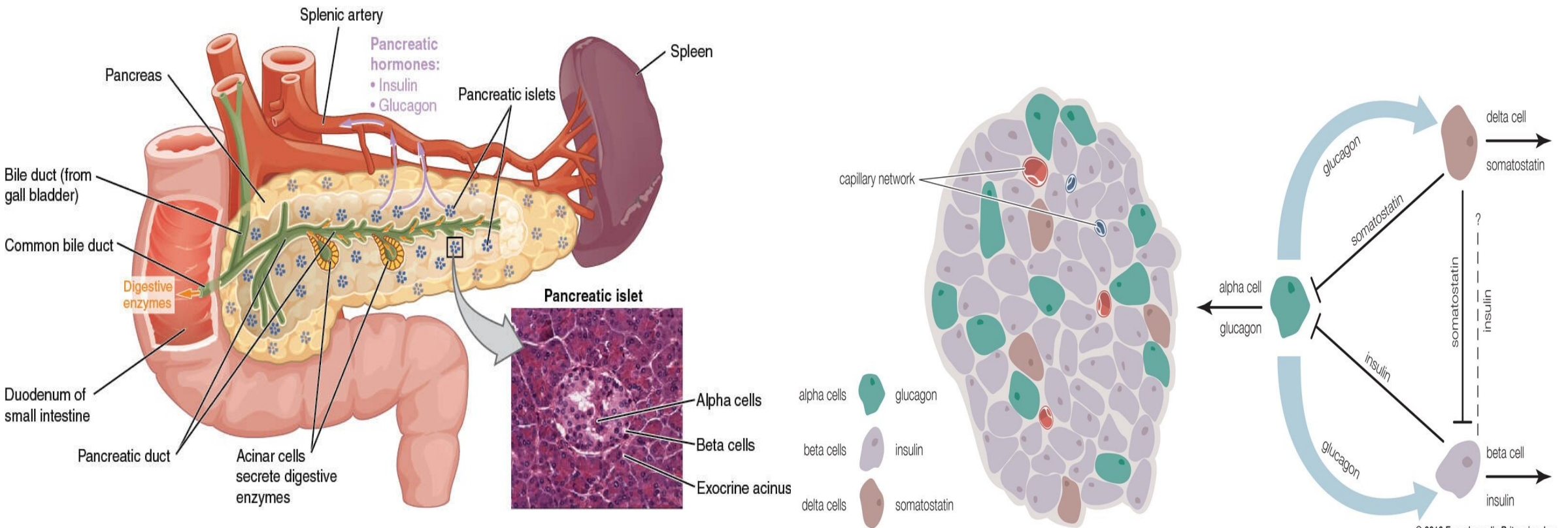
## Funkce štítné žlázy v endokrinním systému



# 54. Které hormony ovlivňují glykémii?



# Slinivka břišní, *lat. pancreas*



# Jak ovlivňuje insulin metabolismus glukózy?

<https://youtu.be/JAjZv41iUJU?si=PdvFwPv1EBXPh7Qj>

<https://youtu.be/HJGjNTJgf48?si=YWbD4k-od7VDXNJg>

- Snížení hladin  $C_6H_{12}O_6$  v krvi způsobuje **insulin** a to
  - podporou transportu glukózy do buněk, ve kterých stimuluje glykolýzu a dále
  - aktivací syntézy glykogenu.

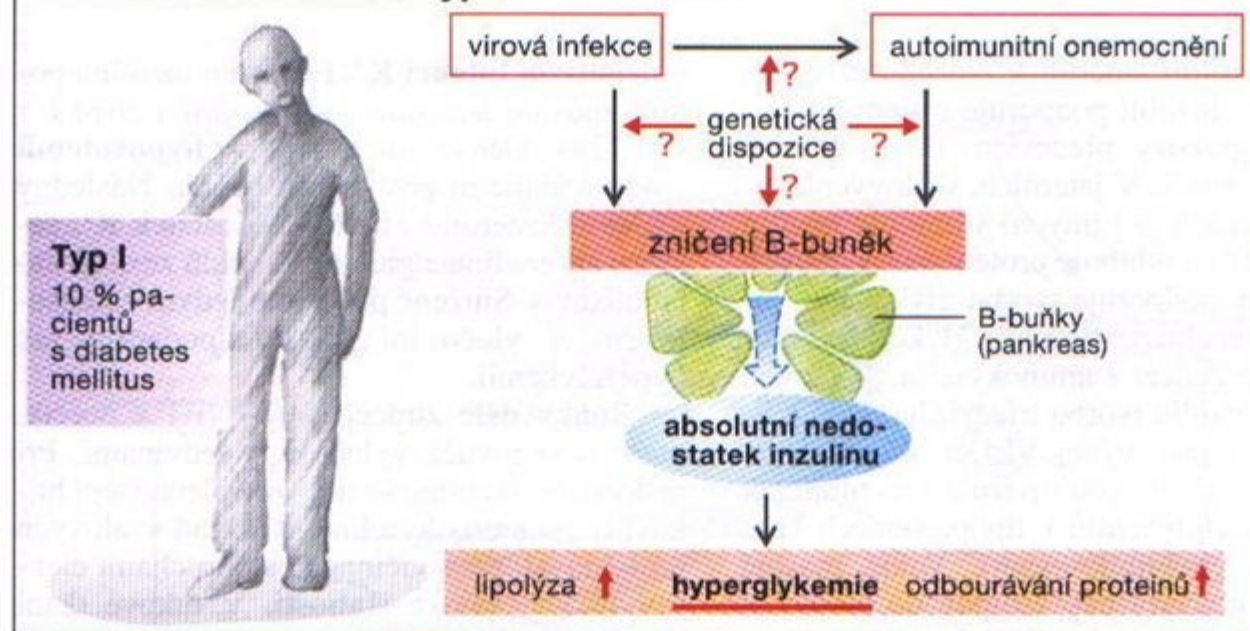
Insulin je hormon účinkující prostřednictvím membránových receptorů. Dojde-li k navázání insulinu na insulinové receptory, dochází nejprve k autofosforylaci receptoru, který pak slouží jako kinasa pro další nitrobuněčné bílkoviny. Spuštění fosforylační kaskády má za následek aktivaci (např.: transport  $C_6H_{12}O_6$  do buněk, glykolýza, tvorba glykogenu) či inhibici (např.: glukoneogeneze, glykogenolýza) daných procesů.

- Zvýšení hladiny  $C_6H_{12}O_6$  v krvi působí **glukagon**, **kortisol** či **adrenalin**.
- **Glukagon**
  - působí též prostřednictvím membránových receptorů, ale využívá G-proteinů a molekul cAMP jako druhých posílů.
  - stimuluje glykogenolýzu a glukoneogenesi v játrech a v menší míře inhibuje některé enzymy glykolýzy (např.: fosfofruktokinasa) v ostatních tkáních.
- Dalším hormonem stimulujícím glykogenolýzu a glukoneogenesi je **kortisol**,
  - ovlivňující především genovou expresi klíčových enzymů obou pochodů.

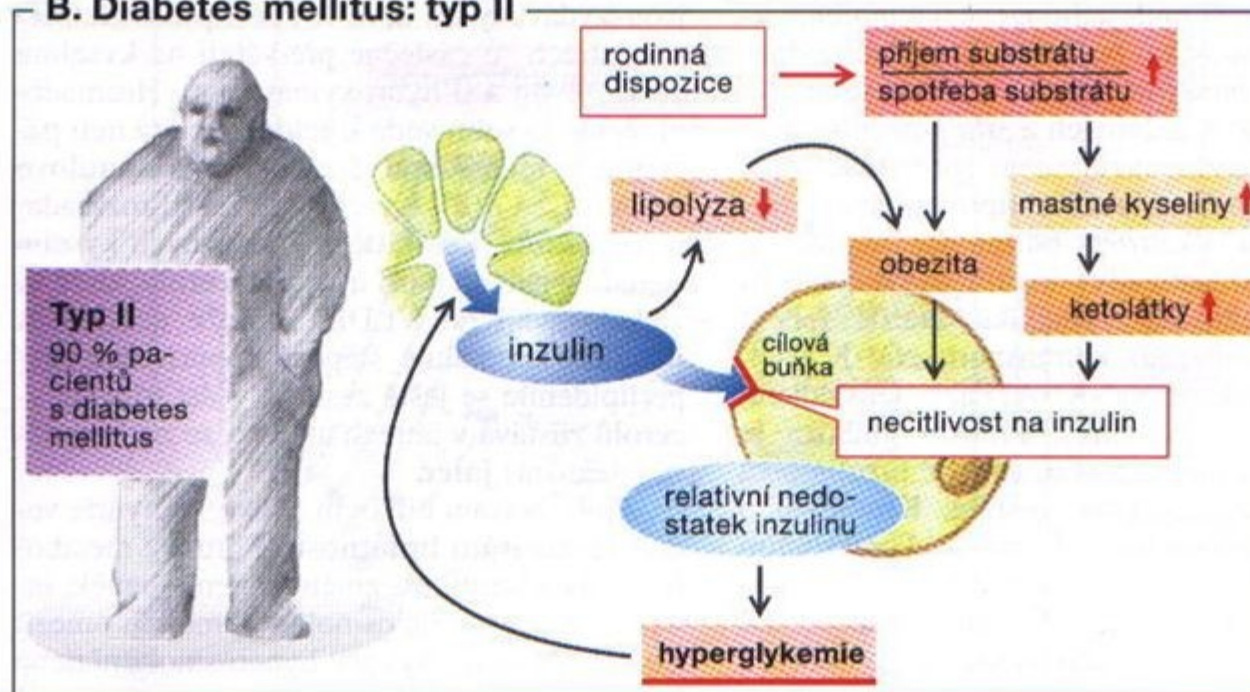
## 55. Spojte hormon s jeho účinkem

- Insulin
  - Glukagon
  - Kortisol
  - Adrenalin
- Glykogenolýza, glukoneogeneze
  - Transport glukózy do buněk, syntéza glykogenu
  - Glykogenolýza, glukoneogeneze
  - Glykogenolýza, glukoneogeneze

### A. Diabetes mellitus: typ I



### B. Diabetes mellitus: typ II



# 56. Diabetes mellitus – doplňte chybějící slova

.....

- Diabetes ..... neboli cukrovka je metabolické onemocnění charakterizované porušeným metabolismem nejen sacharidů, ale i lipidů a proteinů, které je zapříčiněno poruchou při sekreci nebo účinku insulinu.
- Při nedostatku ..... v organismu dochází ke
  - snížení utilizace ....., neboť ..... je hormon stimulující klíčové enzymy glykolýzy.
  - ke změně poměru mezi glukagonem a insulinem a
  - k relativnímu nadbytku glukagonu, který stimuluje glukoneogenezi a glykogenolýzu, tedy procesy vedoucí k vyšším hladinám glukózy.
- Nedostatek ..... je způsoben
  - destrukcí či poruchou  $\beta$ -buněk pankreatu, která může být zapříčiněna působením některých léků či chemikálií, onemocněním exokrinního pankreatu (alkohol), DM II.
  - genetickou poruchou či autoimunitní nebo idiopatickou reakcí organismu- DM I.
- V některých případech je organismus schopen produkovat dostatečné množství insulinu, ale je snížena jeho účinnost a to díky narušené funkčnosti insulinových receptorů. DM II

# Diabetes mellitus

- Diabetes **mellitus** neboli cukrovka je metabolické onemocnění charakterizované porušeným metabolismem nejen sacharidů, ale i lipidů a proteinů, které je zapříčiněno poruchou při sekreci nebo účinku insulinu.
- Při nedostatku **insulinu** v organismu dochází ke
  - snížení utilizace **glukózy**, neboť **insulin** je hormon stimulující klíčové enzymy glykolýzy.
  - ke změně poměru mezi glukagonem a insulinem a
  - k relativnímu nadbytku glukagonu, který stimuluje glukoneogenezi a glykogenolýzu, tedy procesy vedoucí k vyšším hladinám glukózy.
- Nedostatek **insulinu** je způsoben
  - destrukcí či poruchou b-buněk pankreatu, která může být zapříčiněna působením některých léků či chemikálií, onemocněním exokrinního pankreatu,
  - genetickou poruchou či autoimunitní nebo idiopatickou reakcí organismu- DM I.
- V některých případech je organismus schopen produkovat dostatečné množství insulinu, ale je snížena jeho účinnost a to díky narušené funkčnosti insulinových receptorů. DM II

# Z hlediska glykémie jsou rozlišována 3 stádia ve vývoji poruch sacharidového metabolismu

- I. normoglykémie 3,9 – 5,5 mmol/l
- II. porucha glukózové regulace (tolerance) – porucha glykémie na lačno (syn. porucha glukózové tolerance, prediabetes), u těchto osob existuje vyšší riziko vývoje DM 5,5 – 6,9 mmol/l
- III. diabetes mellitus  $\geq 6,9$  mmol/l

## 57. Doplňte názvy k hodnotám

- I. .... 3,9 – 5,5 mmol/l
- II. .... 5,5 – 6,9 mmol/l
- III. ....  $\geq 6,9$  mmol/l

# Jak se liší jednotlivé typy DM?

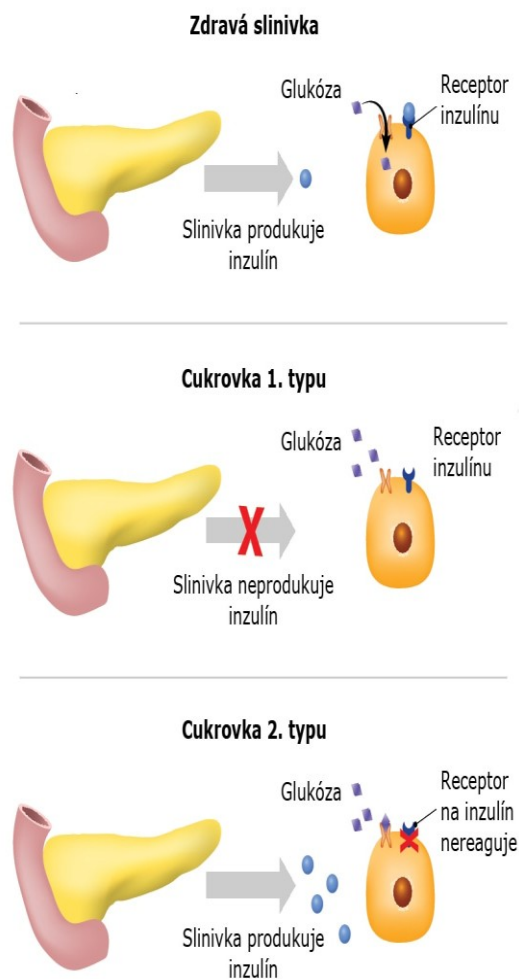
## DM 2. typu

80–90 % případů diabetu

- **porucha sekrece insulinu a insulinová rezistence**
- rizikovými faktory je genetická dispozice, **obezita**, nízká fyzická aktivita, stres, přejídání, kouření.
- častěji se vyvíjí **po 40. roce**, u pacientů s **hypertenzí** či **dyslipidemií**. Rozvoj **insulinové rezistence** může být zapříčiněn
  - snížením počtu insulinových receptorů,
  - poruchou insulinových receptorů nebo
  - poruchou v přenosu signálu v buňce.
- insulinová rezistence vede k **hyperinsulinémii**, která kompenzuje hladiny glykémie v krvi, na druhou stranu dlouhodobá hyperinsulinémie vyčerpává  **$\beta$ -buňky pankreatu** a dochází k jejich defektům a tím následně i k porušení sekrece insulinu a rozvoji DM.
- DM 2. typu může být dlouho nerozpoznán a odhalení nemoci je často náhodné, nebo až na základě projevů komplikací daných DM. Častými projevy jsou únava, špatné hojení ran, rekurentní infekce, **neuropatie** či **retinopatie**.

## DM 1. typu

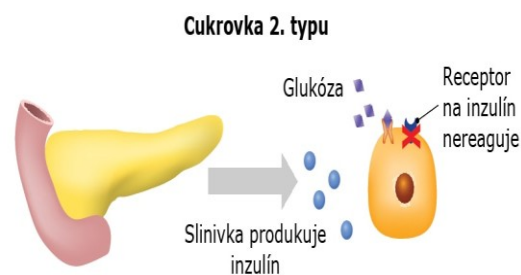
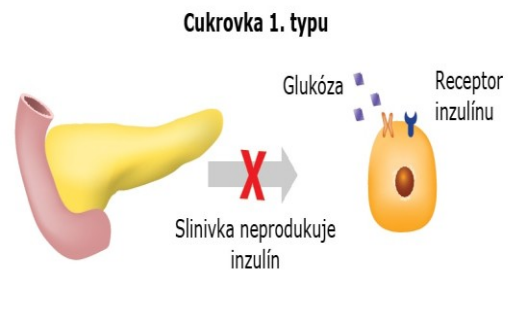
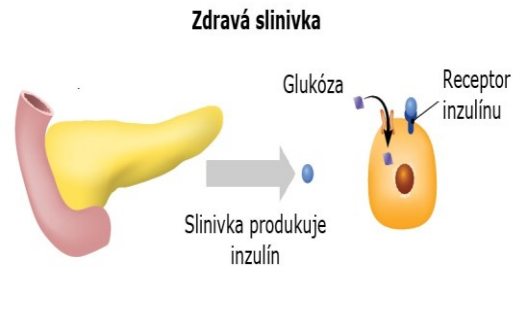
- destrukce  $\beta$ -buněk pankreatu bez známé etiologie a patofyziologie (**idiopatický DM 1. typu**) nebo
- autoimunitní destrukce  $\beta$ -buněk pankreatu (**autoimunitní DM 1. typu**).
- pacienti jsou náchylní ke **ketoacidóze**.
- předpokládá se, že rozvoj autoimunitního DM 1. typu je ovlivněn **genetickými faktory** (gen insulinu, geny HLA II. třídy) a faktory vnějšího prostředí (viry, toxiny, léky, chemické látky), k jeho manifestaci dochází až při zničení asi 80%  $\beta$ -buněk.
- nejčastěji se projevuje v období puberty, **kolem 12. roku života**, ale objevit se může v kterémkoli věku. Typickými příznaky jsou únava, hubnutí, **polyurie** (nadměrné močení), **polydipsie** (nadměrná žíznivost) a **polyfagie** („žravost“).



# 58. Jak se liší jednotlivé typy DM ?

## DM 1. typu

- destrukce  $\beta$ -buněk pankreatu bez znám etiologie a patofyziologie (**i.....1 t....**) nebo
- autoimunitní destrukce  $\beta$ -buněk pankreatu (**a.....1 t.....**).
- pacienti jsou náchylní ke **ketoacidóze**.
- předpokládá se, že rozvoj autoimunitní DM 1. typu je ovlivněn **g.....f.....** (gen insulinu, geny HLA II. třídy) a faktory vnějšího prostředí (viry, toxiny, léky, chemické látky), k jeho manifestaci dochází až při zničení asi 80%  $\beta$ -buněk.
- nejčastěji se projevuje v období puberty **.....**, ale objevit se může v kterémkoli věku. Typickými příznaky jsou únava, hubnutí, **.....** (nadměrné močení), **.....** (nadměrná žíznivost) a **.....** („žravost“).



## DM 2. typu

80–90 % případů diabetu

- **P..... s..... i..... a i..... r.....**
- rizikovými faktory je genetická dispozice, **o.....**, nízká fyzická aktivita, stres, přejídání, kouření.

častěji se vyvíjí **.....**, u pacientů s **h.....í** či **d.....**. Rozvoj **i..... r.....** může být zapříčiněn

- snížením počtu insulinových receptorů,
- poruchou insulinových receptorů nebo
- poruchou v přenosu signálu v buňce.

insulinová rezistence vede k **h.....**, která kompenzuje hladiny glykémie v krvi, na druhou stranu dlouhodobá hyperinsulinémie vyčerpává  **$\beta$ -b.....** **p.....** a dochází k jejich defektům a tím následně i k porušení sekrece insulinu a rozvoji DM.

DM 2. typu může být dlouho nerozpoznán a odhalení nemoci je často náhodné, nebo až na základě projevů komplikací daných DM. Častými projevy jsou únava, špatné hojení ran, rekurentní infekce, **n....patie** či **r.....patie**.

# Další typy diabetu

## Gestační diabetes mellitus

- kolem 20. týdne těhotenství
- příčinou může být
  - genetická predispozice,
  - nadměrné přibývání na váze či
  - zvýšené hladiny hormonů jako např. kortisolu.
- u většiny žen se po porodu glykemie upraví, ale asi
- u 30 % z nich se do 20 let od porodu vyvine DM 2. typu.

## Mezi specifické formy DM řadíme DM způsobené

- genetickými defekty  $\beta$ -buněk či insulinových receptorů,
- endokrinopatiemi,
- nemocemi exokrinního pankreatu nebo infekcemi či
- indukované drogami nebo léky. (alkohol)

# Akutní komplikace DM

- Akutní komplikace diabetu jsou komplikace s rychlým nástupem (od minut u hypoglykémie až po hodiny či dny u ketoacidózy), řadíme mezi ně hypoglykémii, ketoacidózu a ketoacidotické koma či hypersomální hyperglykemické neketoacidotické koma.
- **Hypoglykémii** nevyvolává onemocnění DM, ale jeho **léčba**, častěji se vyskytuje u pacientů léčených insulinem. K jeho vzniku může vést **nadměrná fyzická aktivita, nadměrná dávka insulinu** nebo **alkohol**. Příznaky hypoglykémie se různí mezi jednotlivci, ale dojde-li k opakování hypoglykémie u daného jednotlivce, bývají příznaky stejné.
  - Příznaky: **bledost, pocení, tachykardie**, palpitace, **hlad, neklid**, úzkost, **třes, únava**, podrážděnost, bolest hlavy, nesoustředěnost, zrakové obtíže, závrať, **zmatenost**, přechodné senzorické a motorické výpadky. Pokud nedojde ke kompenzaci, mohly by postupně nastat **křeče, kóma a následně smrt**.
- **Ketoacidóza a ketoacidotické kóma** se častěji vyskytují u DM 1. typu. K jejich rozvoji přispívá akutní stres: **emoční stres, infekce, infarkt myokardu, operace, vynechání insulinu či léky potlačující účinky insulinu**.
  - Příznaky: **nauzea, zvracení, acetonový zápach z úst, sucho v ústech, suchá zarudlá kůže, polyurie, polydipsie**, pokles tělesné váhy, malátnost, letargie, bolest hlavy, bolest břicha, **Kussmaulovo dýchání (z metabolické acidózy)**.
  - Při laboratorním vyšetření bývá zjištěna hyperglykémie (15-40 mmol/l), pH < 7,35, zvýšené hladiny ketolátek, zvýšený anion gap či hladiny  $\text{HCO}_3^-$ .

## 59. Doplňte u DM příčiny

### **Hypoglykémie**

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

### **Ketoacidózy a hyperglykémie**

## 59. Doplňte u DM příčiny

### **Hypoglykémie**

- léčba, častěji u pacientů léčených insulinem
- nadměrná fyzická aktivita
- nadměrná dávka insulinu
- alkohol

### **Ketoacidózy a hyperglykémie**

- emoční stres
- infekce
- infarkt myokardu
- operace
- vynechání insulinu
- léky potlačující účinky insulinu (glitazony)

## 60. Doplňte příznaky pro

### Hypoglykémii u DM

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.

### Hyperglykémii a ketoacidózu u DM

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.

# Anion gap

- **Aniontová mezera** (anglicky "anion gap") je rozdíl mezi pozitivně nabitými kationty ( $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ ) a negativně nabitými anionty ( $\text{Cl}^-$  a  $\text{HCO}_3^-$ ) v krvi. Tento rozdíl se měří v milielektrovoltech (mEq) a vypočítá se pomocí vzorce:
- Aniontová mezera =  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ .
- **Aniontová mezera** se obvykle pohybuje v rozmezí **10-12** mmol/l, hraničně pak **16** mmol/l.
  - Zvýšená **aniontová mezera** může naznačovat **metabolickou acidózu**, selhání ledvin nebo přítomnost některých léků nebo látek v těle.
  - Snížená **aniontová mezera** může být způsobena **alkalózou**, hypochlorémií nebo hyperkalcémií.
- [https://www.wikiskripta.eu/w/Aniontov%C3%A1\\_mezera](https://www.wikiskripta.eu/w/Aniontov%C3%A1_mezera)

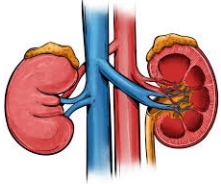
# 61. Anion gap

- **A..... m.....** (anglicky "anion gap") je rozdíl mezi pozitivně nabitými kationty ( $..^{+}$  a  $.^{+}$ ) a negativně nabitými anionty ( $..^{-}$  a  $....^{-}$ ) v krvi. Tento rozdíl se měří v milielektrovoltech (mEq) a vypočítá se pomocí vzorce:
- Aniontová mezera =  $(..^{+} + .^{+}) - (..^{-} + ....^{-})$ .
- **A..... m.....** se obvykle pohybuje v rozmezí  $..-..$  mmol/l, hraničně pak  $..$  mmol/l.
  - Zvýšená **a..... m.....** může naznačovat **m.....**, selhání ledvin nebo přítomnost některých léků nebo látek v těle.
  - Snížená **a..... m.....** může být způsobena **a.....**, hypochlorémií nebo hyperkalcémií.
- [https://www.wikiskripta.eu/w/Aniontov%C3%A1\\_mezera](https://www.wikiskripta.eu/w/Aniontov%C3%A1_mezera)

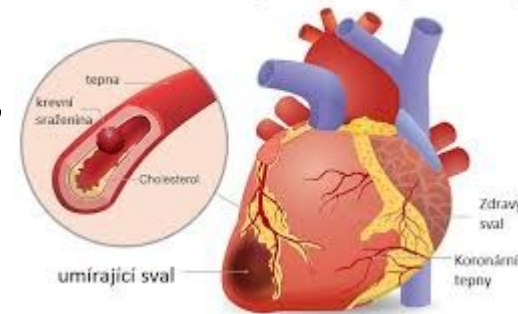
## 62. Anion gap je rozdíl mezi pozitivně a negativně nabitými ionty v krvi

- zvýšená je u.....
- snížena je u.....

# Hyperosmální hyperglykemické neketoacidotické kóma je častější u DM 2. typu

- u starších osob a
- osob s  insuficiencí
- k rozvoji přispívá akutní stres: emoční stres, infekce,
- vysoká konzumace 
- vynechání insulinu
- léky potlačující účinky insulinu a manitol
- Laboratorně:
  - ↑ osmolarita séra (310mOsm/l)
  - hyperglykémie (30-270 mmol/l),
  - ↑ urea
  - ↑ kreatinin

Srdeční infarkt (Infarkt myokardu)



, operace

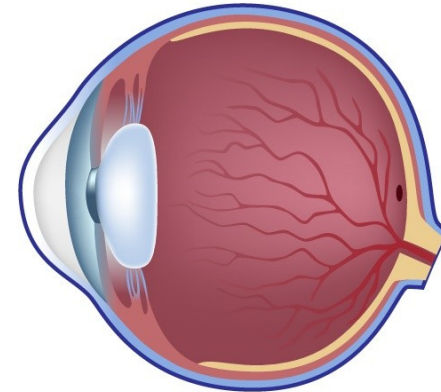
# Jaké jsou buněčné a orgánové projevy chronických komplikací DM ?

- K rozvoji chronických komplikací DM dochází vlivem dlouhodobé **hyperglykémie**.
- má za následek ireverzibilní glykosylaci proteinů, tj. navázání **glukózy** na aminoskupiny **proteinů** při které vznikají tzv. AGEs (konečné produkty pokročilé glykosylace).
- AGEs poškozují endotel, stimulují uvolňování zánětlivých mediátorů do krve a proliferaci fibroblastů. Na všech úrovních krevního řečiště dochází k rozvoji **angiopatie**. S rozvojem angiopatie jsou spojeny komplikace DM:
  - diabetická **retinopatie**, diabetická **nefropatie** či diabetická **neuropatie**.
- Při nedostatku insulinu a hyperglykémii je glukóza uvnitř buněk redukována na sorbitol a později reoxidována na fruktózu. Hromadění sorbitolu a fruktózy vede k poškození iontových pump, zvýšení intracelulární osmolarity, což může mít za následek poškození oční čočky a vznik **katarakty**, poškození Schwanových buněk a rozvoj diabetické **neuropatie** a poškození pericytů kapilár sítnice což vede k rozvoji mikroaneurysmat.

# Diabetická retinopatie

(diabetické postižení cév oka zásobujících sítnici)

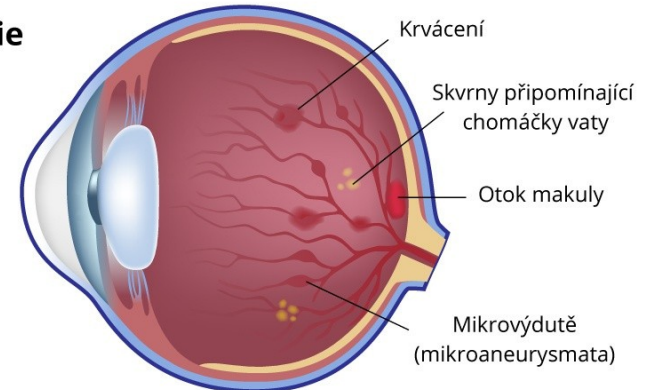
## Normální stav



## Diabetická retinopatie

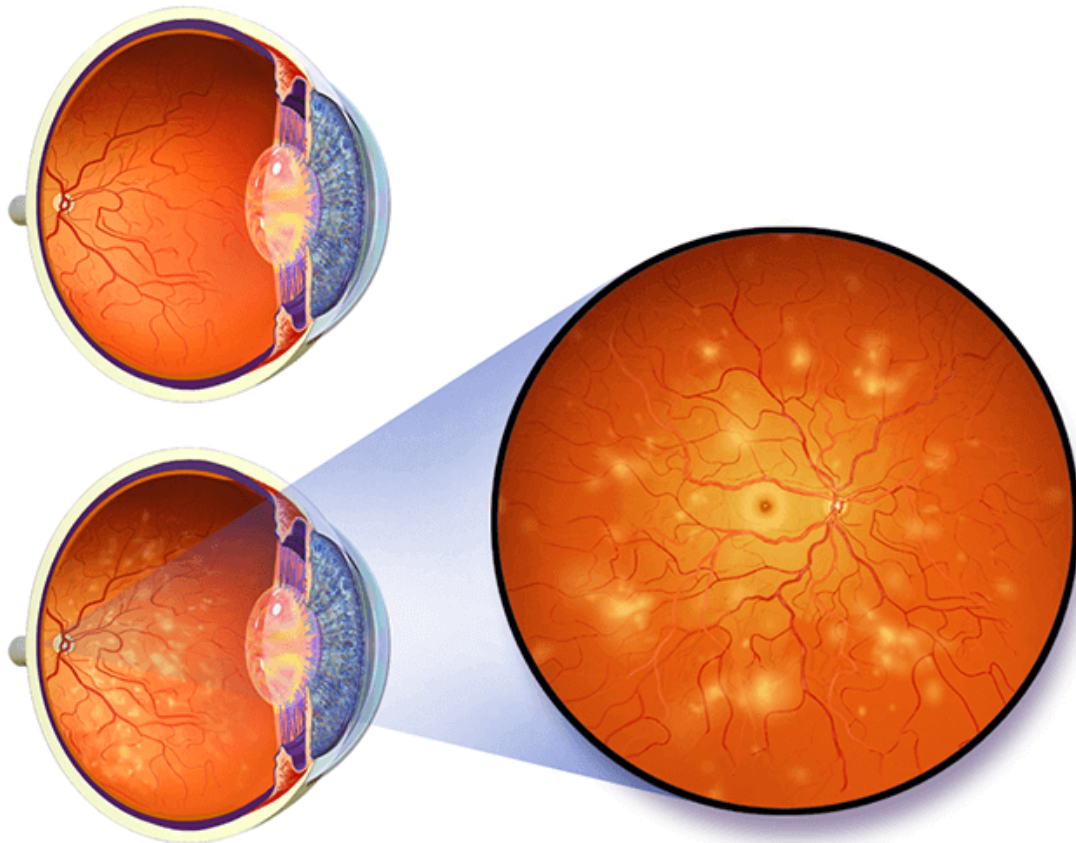
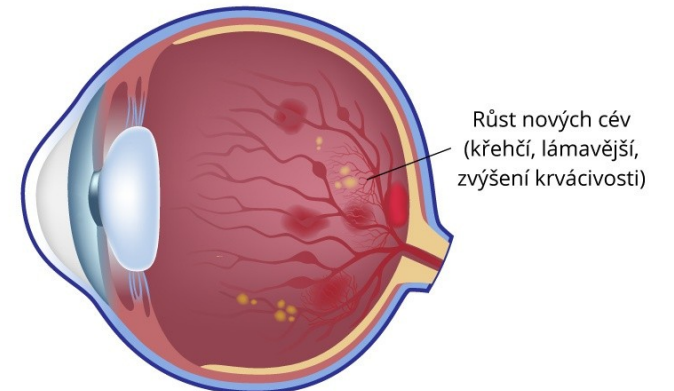
### Neproliferativní retinopatie

Netvoří se nové cévy,  
pouze dochází k poškození  
stávajících cév



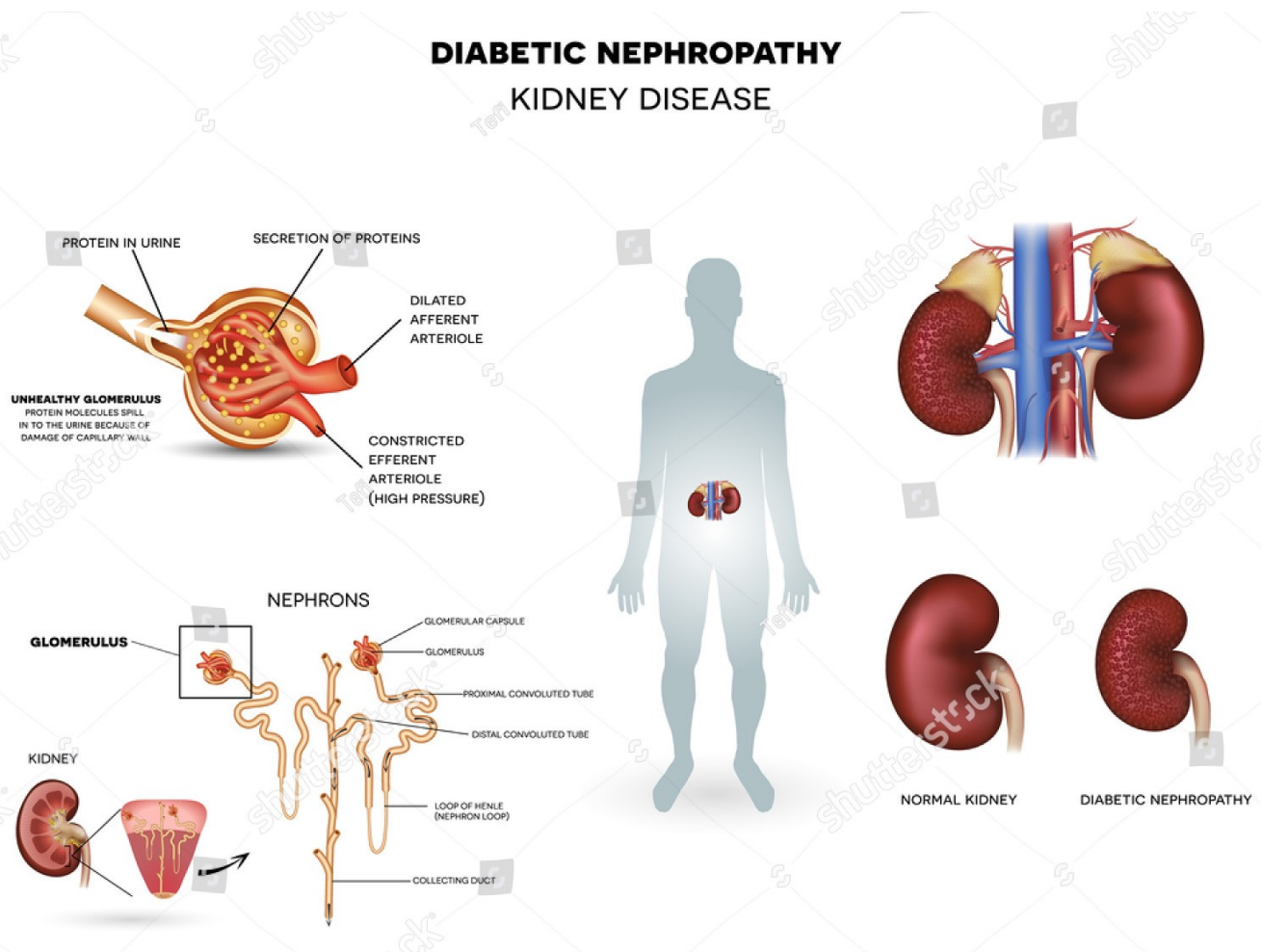
### Proliferativní retinopatie

Nové tvoření cév

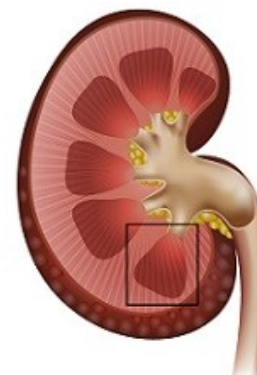


# Diabetická nefropatie

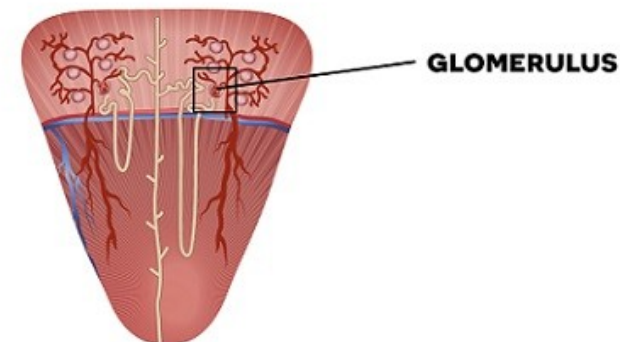
Diabetická nefropatie  
(diabetické onemocnění ledvin)



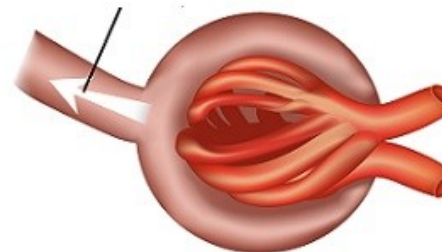
ledvina



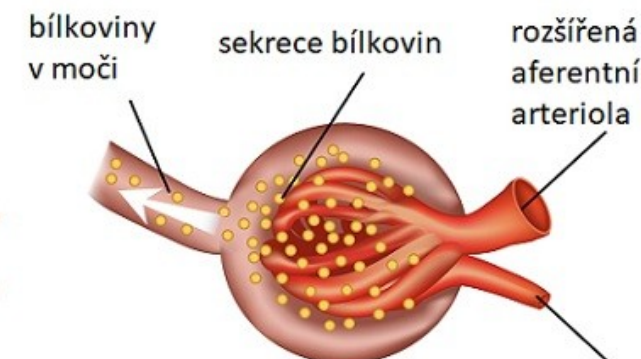
nefrony



moč

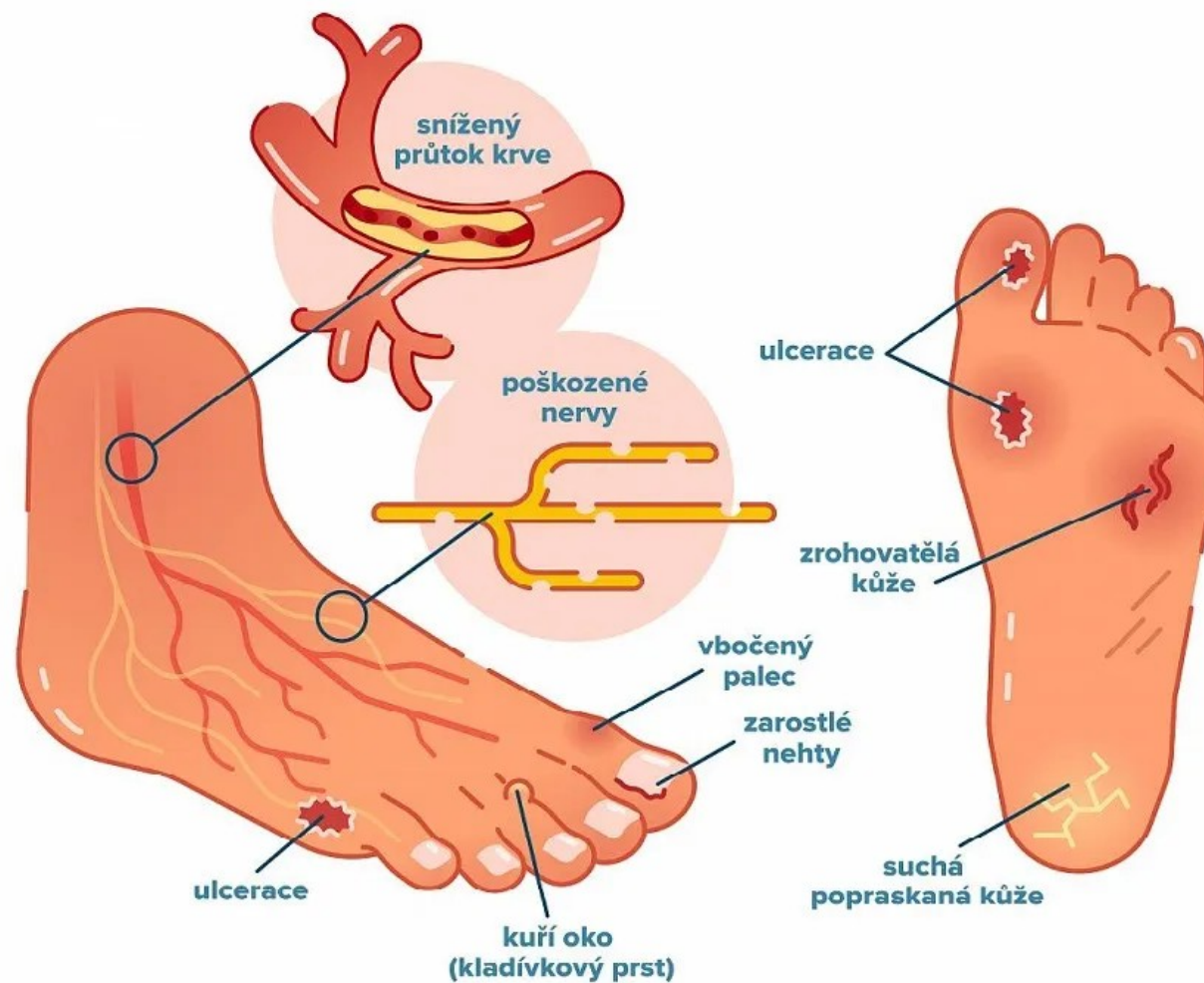


**Normální glomerulus**  
kapilára udržuje molekuly bílkovin v krvi



**Problémový glomerulus**  
Molekuly proteinu se rozlévají do moči v důsledku poškození kapilární stěny

# Diabetická neuropatie



## 63. Jaké jsou buněčné a orgánové projevy chronických komplikací DM ?

- K rozvoji chronických komplikací DM dochází vlivem dlouhodobé .....
- má za následek ireverzibilní glykosylaci proteinů, tj. navázání ..... na aminoskupiny ..... při které vznikají tzv. AGEs (konečné produkty pokročilé glykosylace).
- AGEs poškozují endotel, stimulují uvolňování zánětlivých mediátorů do krve a proliferaci fibroblastů. Na všech úrovních krevního řečiště dochází k rozvoji ..... S rozvojem angiopatie jsou spojeny komplikace DM:
- diabetická ....., diabetická ..... či diabetická .....
- Při nedostatku insulinu a hyperglykémii je glukóza uvnitř buněk redukována na sorbitol a později reoxidována na fruktózu. Hromadění sorbitolu a fruktózy vede k poškození iontových pump, zvýšení intracelulární osmolarity, což může mít za následek poškození oční čočky a vznik ..... poškození Schwanových buněk a rozvoj diabetické ..... a poškození pericytů kapilár sítnice což vede k rozvoji mikroaneurysmat.

# 64. Jaké jsou příčiny buněčných a orgánových projevů chronických komplikací DM ?

- K rozvoji chronických komplikací DM dochází vlivem dlouhodobé .....
- má za následek ireverzibilní glykosylaci proteinů, tj. navázání .....proteinů při které vznikají tzv. AGEs (konečné produkty pokročilé glykosylace).
- AGEs
  - .....
  - .....
  - .....
- Na všech úrovních krevního řečiště dochází k rozvoji ..... S rozvojem angiopatie jsou spojeny komplikace DM:
- **diabetická retinopatie, diabetická nefropatie či diabetická neuropatie.**
- Při nedostatku insulinu a hyperglykémii je glukóza uvnitř buněk redukována na sorbitol a později reoxidována na fruktózu. Hromadění sorbitolu a fruktózy vede k poškození iontových pump, zvýšení intracelulární osmolarity, což může mít za následek poškození oční čočky a vznik **katarakty**, poškození Schwanových buněk a rozvoj diabetické neuropatie a poškození pericytů kapilár sítnice což vede k rozvoji **mikroaneurysmat**.

# Vrozené poruchy metabolismu sacharidů

| sacharid  | onemocnění                                       | Projevy                                                                                                                                                                                                                                        | Příčina/y                                                                               |
|-----------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Fruktosa  | esenciální fruktosurie                           | odbourávání ATP, vzestup hladiny laktátu, hyperurikémie, hyperfruktosemie a hyperfruktosurie                                                                                                                                                   | deficit fruktokinasy                                                                    |
|           | hereditární intolerance fruktosy                 | po požití fruktosy - vzniká těžká hypoglykémie, zvracení, hepatomegalie, hepatopatie, žloutenka, krvácení, až jaterní selhání a smrt                                                                                                           | deficit fruktoaldolasy B v játrech, l edvinách<br><br>-autozomálně recesivní onemocnění |
|           | hereditární deficit fruktosa-1, 6 - bisfosfatasy | akumulace prekurzorů glukoneogeneze, při hladovění hyperventilace, apnoe, hypoglykémie, laktátové acidémie                                                                                                                                     | deficit fruktoso-1, 6-bisfosfatasy                                                      |
| Galaktosa | klasická galaktosémie                            | v prvních týdnech života: úbytek na váze, zvracení, průjem, letargie a hypotonie, těžká hepatopatie, hepatomegalie, ikterus, sklon ke krvácivosti, sepse, renální tubulární porucha; katarakty;<br>- galaktosa, galaktitol, galaktosa-1-fosfát | deficit galaktosa-1-fosfát uridylytransferázy<br><br>-autozomálně recesivní onemocnění  |
|           | deficit galaktokinasy                            | obvykle bilaterální katarakty detekovatelné v prvních týdnech života                                                                                                                                                                           | -autosomálně recesivní onemocnění                                                       |
|           | deficit uridindifosfát 4-epimerázy               | těžká forma: novorozenci: zvracení, neprospívají, hepatopatie připomínající klasickou galaktosemii; mentální retardace<br>lehká forma: benigní stav                                                                                            | -autosomálně recesivní onemocnění                                                       |
|           | jaterní glykogenosy                              | hypoglykemie nalačno, hepatomegalie, porucha růstu                                                                                                                                                                                             | -autozomálně recesivní onemocnění<br>deficit glukosa-6-fosfatasy                        |
|           | Typ I - von Gierkova nemoc                       | panence podobná tvář, hubené končetiny, malý vzrůst, velké břicho (hepatomegalie), zánětlivé střevní onemocnění; postižena játra i kosterní svaly: cirhosa, myopatie; abnormální glykogen: limitní dextrin                                     | deficit amylo 1→6 glukosidasa                                                           |
|           | Typ III – Coriho/Forbesova                       |                                                                                                                                                                                                                                                | deficit „větvičího“ enzymu                                                              |

# Biochemická vyšetření u DM

- **glykémie**
- **glykovaný Hb** pro monitoring dlouhodobé hladiny glukózy v plazmě
- U pacientů se zvýšeným rizikem autoimunitního DM 1. typu, nebo ve sporných případech k rozlišení 1. a 2. typu DM se využívá
  - stanovení **specifických autoprotilátek** v séru (ICA: islet cell autoantibodies, anti- IA-2, anti-GAD, IAA insulinové autoprotilátky).
- U pacientů s již potvrzeným DM
  - **Glykémie a glykovaný Hb** (vzniká neenzymovou reakcí mezi [hemoglobinem](#) a [glukózou](#) v krvi. Jeho tvorba je ireverzibilní. odráží koncentraci glukózy v krvi po celou dobu existence [erytrocytu](#), tj. asi **120** dní, a využívá se k posouzení úspěšnosti léčby/kompenzace [diabetu](#) v období **4–8** týdnů před vyšetřením.
  - **Lipidové spektrum**
    - diabetická dyslipidémie - -TAG, HDL
  - Metabolismus proteinů
    - **Albuminurie** (mikroalbuminurie a proteinurie)
    - glykované proteiny
  - Jako ukazatele endogenní sekrece insulinu
    - hladiny **C-peptidu**. (C-peptid je spojovací můstek A a B řetězce inzulinu a je po enzymatickém rozštěpení vylučován v podobě 31 aminokyselinového řetězce do oběhu v ekvimolárním množství s inzulinem.)
    - **insulinémie**

## 65. Jak se nazývá .....

- spojovací můstek A a B řetězce inzulinu a je po enzymatickém rozštěpení vylučován v podobě 31 aminokyselinového řetězce do oběhu v ekvimolárním (stejném) množství s inzulinem.
- je důkazem přítomnosti inzulinu

65. Jak se nazývá .....

C - peptid

# 66. Biochemická vyšetření u DM

- .....
- ..... pro monitoring dlouhodobé hladiny glukózy v plazmě
- U pacientů se zvýšeným rizikem autoimunitního DM 1. typu, nebo ve sporných případech k rozlišení 1. a 2. typu DM se využívá
  - stanovení ..... v séru (ICA: islet cell autoantibodies, anti- IA-2, anti-GAD, IAA insulinové autoprotilátky).
- U pacientů s již potvrzeným DM
  - ..... a ..... (vzniká neenzymovou reakcí mezi hemoglobinem a glukózou v krvi. Jeho tvorba je ireverzibilní. odráží koncentraci glukózy v krvi po celou dobu existence erytrocytu, tj. asi .....dní, a využívá se k posouzení úspěšnosti léčby/kompenzace diabetu v období .....týdnů před vyšetřením.
  - .....
    - diabetická dyslipidémie - -TAG, HDL
  - Metabolismus proteinů
    - ..... (mikroalbuminurie a proteinurie)
    - glykované proteiny
  - Jako ukazatele endogenní sekrece insulinu
    - hladiny ..... (C-peptid je spojovací můstek A a B řetězce inzulinu a je po enzymatickém rozštěpení vylučován v podobě 31 aminokyselinového řetězce do oběhu v ekvimolárním množství s inzulinem.)
    - .....

# Stanovení glukózy

- **nalačno** a **postprandiálně** (2 hodiny)
- podle WHO by se glykémie měla stanovovat pouze v **plazmě** a nikoliv v plné krvi.
- v plazmě je glykémie přibližně o **15 %** vyšší než v plné krvi.
- důležitým faktorem ovlivňujícím správnost je okamžitá separace plazmy od ery. Pomoci může odebírání vzorků do zkumavek obsahujících inhibitory glykolýzy (NaF) a okamžité umístění zkumavek se vzorkem do ledové tříště. Doporučuje se provést separaci plazmy do **30** minut od náběru.
- Vlastní stanovení probíhá dvoukrokovou enzymatickou metodou, kdy
  - nejprve za katalýzy glukózaoxidasy je glukóza oxidována kyslíkem na glukonát a  $H_2O_2$ , který pak
  - následně reaguje s chromogenem a vzniklý produkt je stanovován spektrofotometricky při 492 nm.
- Opakovaně naměřené hodnoty glykémie v plazmě nalačno vyšší než **7,0** mmol/l a postprandiálně vyšší než **11,1** mmol/l jsou považovány za průkaz **DM**

# 67. Stanovení glukózy

- ..... a ..... (2 hodiny)
- podle WHO by se glykémie měla stanovovat pouze v ..... a nikoliv v plné krvi.
- v plazmě je glykémie přibližně o .. % vyšší než v plné krvi.
- důležitým faktorem ovlivňujícím správnost je okamžitá separace plazmy od ery. Pomoci může odebírání vzorků do zkumavek obsahujících inhibitory glykolýzy (NaF) a okamžité umístění zkumavek se vzorkem do ledové tříště. Doporučuje se provést separaci plazmy do .. minut od náběru.
- Vlastní stanovení probíhá dvoukrokovou enzymatickou metodou, kdy
  - nejprve za katalýzy glukózaoxidasy je glukóza oxidována kyslíkem na glukonát a  $H_2O_2$ , který pak
  - následně reaguje s chromogenem a vzniklý produkt je stanovován spektrofotometricky při 492 nm.
- Opakovaně naměřené hodnoty glykémie v plazmě nalačno vyšší než ... mmol/l a postprandiálně vyšší než .... mmol/l jsou považovány za průkaz ..

## 68. Doplňte hodnoty

- Opakovaně naměřené hodnoty glykémie v plazmě
- nalačno vyšší než ..... a
- postprandiálně vyšší než ..... jsou považovány za průkaz DM

# Orální glukózový toleranční test (OGTT)

- Pohybují-li se hodnoty glykémie plazmě nalačno v rozmezí 6,1 až 6,9 mmol/l

1. **Glykémie** se změří nalačno

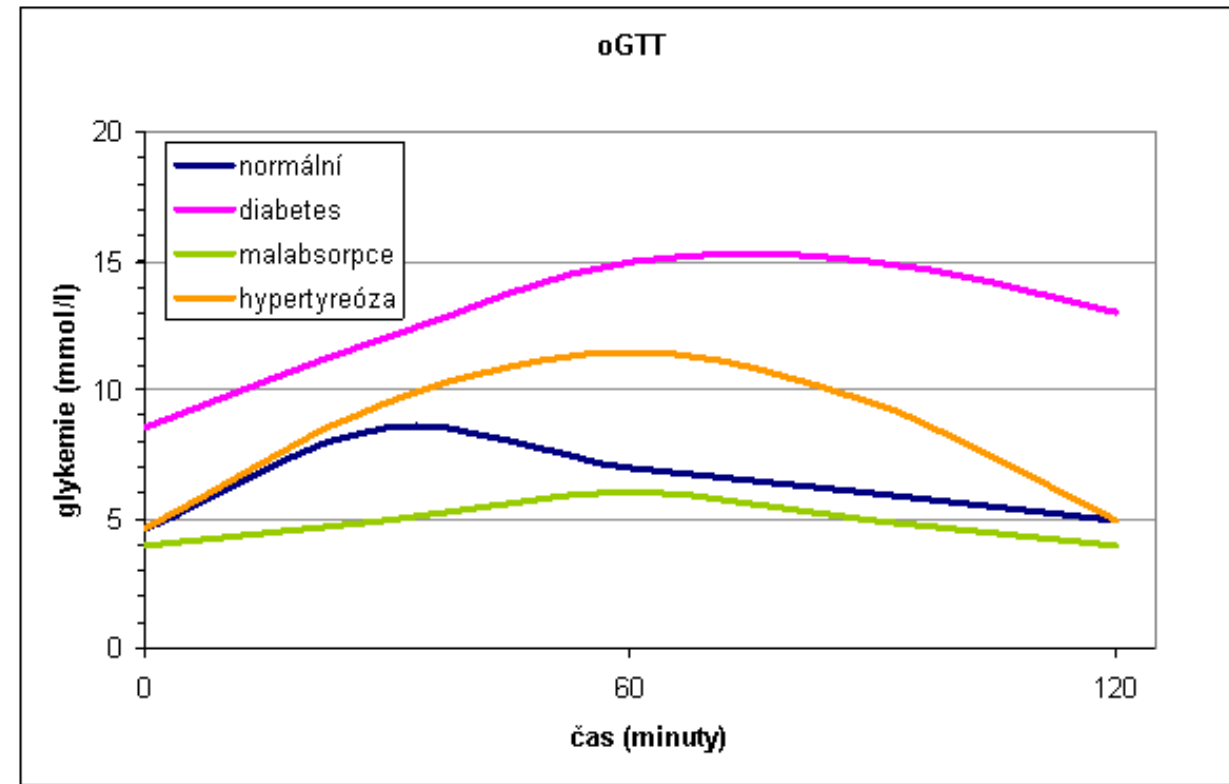
2. poté pacient vypije roztok **75 g** glukózy ve **250-300 ml** vody

3. **glykémie** je opět změřena za **2 hodiny** od požití glukózového roztoku.

- U dětí se podává 1,75 g glukózy na 1 kg váhy.

- umožňuje diagnostikovat poruchu glukózové tolerance

- glukóza po 2 hodinách je mezi 7,8 a 11 mmol/l, při lačné glykémii pod 7,0 mmol/l či porušené glykémii nalačno (lačná glykémii 6,1 až 6,9 a glukóza po 2 hodinách pod 7,8 mmol/l).



## 69. Postup při oGTT

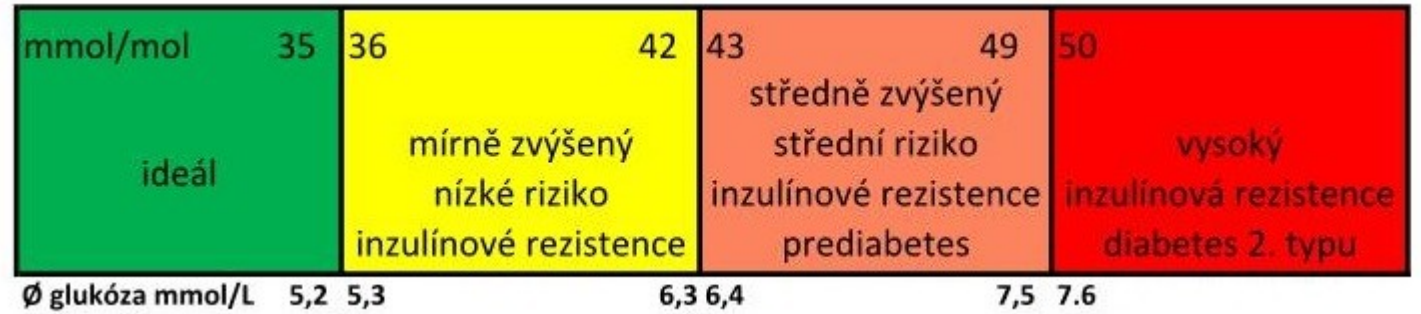
- Nalačno.....
- vypít.....g.....v .....ml.....
- Za.....hod. změřit.....

# Glykovaný Hb

|                  |       |                                                        |                                                                           |                                                     |     |     |
|------------------|-------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----|-----|
| mmol/mol         | 35    | 36                                                     | 42                                                                        | 43                                                  | 49  | 50  |
|                  | ideál | mírně zvýšený<br>nízké riziko<br>inzulínové rezistence | středně zvýšený<br>střední riziko<br>inzulínové rezistence<br>prediabetes | vysoký<br>inzulínová rezistence<br>diabetes 2. typu |     |     |
| Ø glukóza mmol/L | 5,2   | 5,3                                                    | 6,3                                                                       | 6,4                                                 | 7,5 | 7,6 |

- Hladina glykovaného Hb (HbA1c)
- odráží průměrnou hladinu glukózy v plazmě za poslední **2-3** měsíce.
- Proto je považován za „zlatý standard“ pro kontrolu glykémie.
- Stanovení není ovlivněno lačněním, je možno provádět **kdykoliv**.
- Výsledky mohou být ovlivněny
  - anémií, abnormalitami ve struktuře hemoglobinu, těhotenstvím či urémií, krvácením.
- Ke stanovení se nabírá zkumavka s **plnou krví** a glykovaný hemoglobin je stanovován pomocí HPLC (High Performance Liquid Chromatography).
- Referenční hodnoty se pohybují v rozpětí **2,8–4,0** %, někdy se též uvádějí jako **28–40** mmol<sub>HbA1c</sub>/mol<sub>Hb</sub>.

# 70. Glykovaný Hb



- Hladina glykovaného Hb (HbA1c)
- odráží průměrnou hladinu glukózy v plazmě za poslední .....měsíce
- Proto je považován za „zlatý standard“ pro kontrolu glykémie.
- Stanovení není ovlivněno lačněním, je možno provádět .....
- Výsledky mohou být ovlivněny
  - anémií, abnormalitami ve struktuře hemoglobinu, těhotenstvím či urémií, krvácením.
- Ke stanovení se nabírá zkumavka s .....a glykovaný hemoglobin je stanovován pomocí HPLC (High Performance Liquid Chromatography).
- Referenční hodnoty se pohybují v rozpětí .....%, někdy se též uvádějí jako .....mmol<sub>HbA1c</sub>/mol<sub>Hb</sub>.