

Úkoly na téma tukové tkáně a energetického metabolismu

Metodické pokyny a autorské řešení otázek

Pracovní list nabízí kolekci praktických i teoretických úkolů a námětů k diskuzi na téma tukové tkáně, metabolismu a obezity.

Praktikum je vhodné doplnit mikroskopováním trvalého preparátu (bílé) tukové tkáně a výkladem o morfologii adipocytu (velká tuková kapénka, jádro a další organely bezprostředně u membrány) a o rozdílech mezi bílou a hnědou tukovou buňkou (viz Živa 2020, 4: LXXXIX–XC)

1. Teoretická úloha – glukózový toleranční test

Z hygienických důvodů nelze nechat studenty provádět úlohu prakticky s vlastním tělem. Možností je, aby učitel (netrpí-li poruchou inzulínové citlivosti) demonstroval průběh glukózového tolerančního testu (GTT) sám na sobě, nebo pouze postup teoreticky vysvětlil a dal studentům např. možnost ochutnat koncentrovaný glukózový roztok.

Návod na praktickou demonstraci GTT:

Pomůcky: glukometr a balení jednorázových indikačních proužků pro stanovení glukózy v krvi (zpravidla možné zapůjčit od diabetiků), jehla, dezinfekce, roztok 75 g D-glukózy rozpuštěných ve 250–300 ml vody (jedna dávka)

Po celonočním hladovění se demonstrátor píchne sterilní jehlou do vydezinfikovaného bříška prstu a nabere kapku krve na indikační proužek glukometru. Hodnotu glykémie zaznamená. Poté vypije připravený roztok glukózy (během maximálně 10 minut). Následně monitoruje glykémii s časovým odstupem 15, 30, 60 a 120 min.

Řešení otázek:

- A) Modrá křivka patří zdravému člověku, oranžová diabetikovi. U diabetika je snížená citlivost k inzulínu, proto je už počáteční hladina glykémie zvýšená. Tkáně také méně reagují na výlev inzulínu v reakci na navýšení glykémie. Celá glykemická křivka je proto posunuta směrem

vzhůru. Poznámka: U diabetických pacientů je často navíc výrazně zpomalen konečný pokles glykémie – křivka tak mívá oploštělý vrchol (to však není případ tohoto konkrétního grafu).

- B) Počáteční nárůst glykémie je důsledkem vstřebávání přijaté glukózy ze střeva do krve.
- C) Nárůst glykémie vede k výlevu inzulínu. Inzulín působí mj. na játra, sval a tukovou tkáň, kde podporuje příjem glukózy z krve (sval, tuková tkáň) a ukládání glukózy v podobě glykogenu (játra, sval). Tyto procesy způsobují zpětný pokles glykémie k původním hodnotám.
- D) Konkrétní hodnoty obsahu cukru je vhodné vyčíst z etiket. V původní receptuře se však obsah cukru v Coca cole a Pepsi pohybuje nad 11 g / 100 ml, v Kofole je to 8 g / 100 ml. Množství cukru přijatého při GTT (75 g v tomto případě glukózy) odpovídá cca 0,68 l Coca coly (75/11) nebo 0,93 l Kofoly.
- E) Pevná potrava je nejprve nějakou dobu zpracovávána v žaludku a teprve postupně se dostává do střeva. Její vstřebávání do krve je tak rozloženo do delšího časového úseku. Je také dostatek času na navození pocitu sytosti a přerušení příjmu potravy. Nápoje se dostávají do střeva výrazně rychleji a nedochází k navození pocitu sytosti naplněním žaludku. Příjem energie v nápojích je tak snazší a rychlejší než v pevné potravě.

Poznámka: Experiment a úkoly je dále vhodné doplnit výkladem a diskuzí o využití energie v lidském těle (viz také **Živa 2020, 4: 168–169**: potrava, ukládání zásobních polysacharidů – glykogenu v játrech a svalu a zásobních lipidů v tukové tkáni, role inzulínu po jídle, mobilizace zásob v okamžicích lačnění – role glukagonu atp.).

2. Termogeneze a hnědá tuková tkáň

Hnědá tuková tkáň je specializovaný orgán uzpůsobený k efektivní výrobě tepla za udržení stálé tělesné teploty.

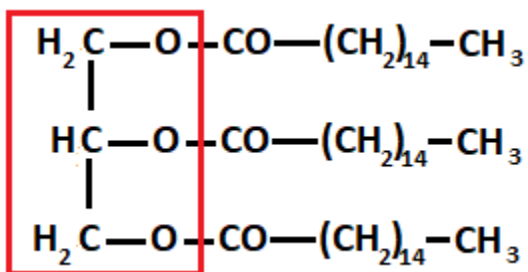
- A) Zlepšení tepelné izolace: potřeba se přiblížit, ale i stažení cév v kůži za účelem přesměrování toku krve do hlubších oblastí těla (tím se omezí odnos tepla krví z centra těla na periférii), naježení srsti (u člověka rudimentárně „husí kůže“); Zvýšení produkce tepla: zvýšená fyzická aktivita (poskakování apod.), svalový třes, stimulace aktivity hnědé tukové tkáně.

- B) Život je vždy spojen s určitou bazální úrovní metabolismu, při které se uvolňuje „odpadové“ teplo. K udržení normální tělesné teploty stačí lehce oblečenému člověku umístěnému do 20 °C právě jen tento bazální metabolismus.
- C) A: $V = 1 \times 1 \times 1 \text{ dm} = 1 \text{ dm}^3$, $P = 6 \times 1 \times 1 \text{ dm} = 6 \text{ dm}^2$, $V/P = 1/6 = 0,1666$
 B: $V = 10 \times 10 \times 10 \text{ dm} = 1000 \text{ dm}^3$, $P = 6 \times 10 \times 10 \text{ dm} = 600 \text{ dm}^2$, $V/P = 1000/600 = 10/6 = 1,666$
 Se vzrůstajícími rozměry těla roste objem tělesné hmoty (produkující teplo) přibližně s třetí mocninou, zatímco povrch těla (kterým se teplo ztrácí) pouze s druhou mocninou délky. Proto zvířata malých rozměrů ztrácejí větší podíl vyrobeného tepla. Musejí proto tepla vyrábět více (na jednotku objemu nebo hmotnosti) a mají vyšší termoneutralní teplotu než větší zvířata.
- D) Bohaté prokrvení (podobně jako u jater) – tedy velké množství červených krvinek obsahujících hemoglobin s navázaným železem, velké množství mitochondrií obsahujících proteiny s navázaným železem (zejména cytochromy).

Poznámka: Výklad o hnědé tukové tkáni pro maturanty se znalostí biochemie a mechanismu dýchacího řetězce je možné doplnit o výklad o UCP1.

3. Lipidy jako bohatý zdroj energie

- A) Sumární vzorec tripalmitinu je $C_{51}H_{98}O_6$. Níže je molekula tripalmitinu částečně rozepsána (červeně je označen glycerol, na který se vážou tři zbytky kyseliny palmitové).



- B) $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$; $RQ = CO_2 / O_2 = 6/6 = \underline{1}$
 $2 C_{51}H_{98}O_6$ (tripalmitin) + **145** $O_2 \rightarrow$ **102** CO_2 + **98** H_2O
 $RQ = 102/145 \approx \underline{0.703}$

Poznámka: Kyselina palmitová je jednou z nejkratších mastných kyselin hromaděných v tukové tkáni. Studenti mohou zkusit podobné rovnice sestavit např. pro tristarin se třemi kyselinami stearovými (18 uhlíků). RQ pak bude ještě nižší.

- C) V průběhu dne zvíře není aktivní, nepřijímá potravu a spaluje ve větší míře zásobní lipidy z tukové tkáně. Během noci jsou naopak přednostně zpracovávány sacharidy z právě přijímané potravy a RQ se proto pohybuje kolem hodnoty 1. Při odstavení od potravy se zejména u malých laboratorních hlodavců rychle vyčerpají zásoby sacharidů v organismu (u člověka by tento proces byl pomalejší, než je ukázáno v grafu) a ten plně přechází na oxidaci lipidů. RQ se proto propadá pod 0,8 a blíží se k předpovězené hodnotě 0,7.