

Diesel nebo benzín (3)?

V poslední části kapitoly o výživě se budeme věnovat některým složitějším případům regulace glykémie. Přidáme některé rušivé faktory, jako je pohyb, nedostatek inzulínu nebo rozkolísání hladiny příliš rychlým přílivem glukózy.

Sacharidy za pochodu

Vytrvalostní režim

Řízení hladiny glukózy při práci v nízké vytrvalostní intenzitě z pohledu inzulínu a glukagonu kolísá mezi dvěma stavy – **normální** a **lehce sníženou** hladinou. Protože nedochází k zakyselení, přísun sacharidů do svalové buňky zajišťuje inzulinový vstup. Spotřeba cukrů je ovšem po nezbytné době na zapracování mizivá. Dokonce jsem se v jednom z cyklistických časopisů dočetl, že při prvních etapách velkých závodů dokáží závodníci při jízdě v balíku ve vytrvalostním režimu svoje zásoby glykogenu ještě navyšovat! Protože jsem na další zmínky o tomto jevu v odborném tisku nenarazil a nezkomoleností zprávy si nejsem zcela jistý, považuji to za fakt hodný prozkoumání, na jeho pravdivosti ale netrám.

Nepřehlédněte prosím, že i ostatní tkáně mají díky inzulínu přístup k cukrům otevřen! Znamená to hlavně, že období jarního najíždění není obdobím nezřízeného obžerství! Čím více mám najeto, tím vyšší je efektivita mého pohybu a tím menší je spotřeba. Kombinace vydatných traťovek a bohatě prostřených bufetů na pohostinném jihu již zaskočila kdekterého borce několika kily navíc po návratu domů.

Mezi prahy

Po **překročení aerobního prahu** nejvíce zatěžované svalové jednotky končí s využitím energie z mastných kyselin. Přechází na spalování glukózy, méně náročné na spotřebu kyslíku. Těm nejexponovanějším svalovým jednotkám dokonce dodávka kyslíku nestačí a začínají produkovat laktát. Navýšení spotřeby glukózy vede ke snížení její hladiny a tím k uzavěru inzulinových ventilů. Glukóza je tedy rezervována hlavně pro mozek a pracující svaly. Má to svůj praprapralogiku – při útěku před šavlozubým tygrem se tělo našeho prapraprapředka čertastarýho zabývalo tím, že například vlasy nemají v tu chvíli dostatek energie a tudíž nerostou. Taky by už totiž mohly růst tygroví v bříše ☺ . Přehodnocení žebříčku hodnot organismu při změně intenzity zátěže je docela běžná a nejvíce se s ní budeme setkávat v kapitole o hormonálních regulacích.

Své role dozoru nad dostatečně vysokou glykémií se teď ujímá glykogen. Zajišť'uje "rozebírání" zásobního glykogenu v játrech a nezatížených svalech a jeho přesun do krve, tak aby byl k dispozici jak pracující svalové hmotě, tak mozku.

Kde kyslík nestačí

V oblastech anaerobního výkonu se toho na předchozím schématu rozdělování už příliš nezmění. Navíc se ale objeví faktor, který jsme zatím v našem schématku nezohlednili. S narůstající intenzitou výkonu se část glukózy **mění na laktát**. Z hlediska energetické bilance se to až tak významně nejeví. Vždyť svaly dokáží, jak jsme si už řekli, laktát velmi efektivně využívat a tak se se vlastně energie neztratí. Chrt je ale zakopán jinde. Pro mozek je totiž energie, zbývající v laktátu, nedostupná. Význam tohoto faktu se zviditelní, když se podíváme na hladiny laktátu a glukózy. Za normální hladinu glukózy se považuje hodnota okolo 5 **mmol/l**. Hladina laktátu při intenzivní práci začíná na 3,5 – 4 mmol/l v oblasti anaerobního prahu, horní hranice setrvalého výkonu se udává mezi 6 – 8 mmol/l a špičkové může podle individuálních dispozic závodníka dosahovat až k 15 mmol/l. "Směnný kurz" mezi laktátem a glukózou je 1 : 1. Na začátku závodu, kdy máme ještě zásoby glykogenu ve svalech dostatečně naplněné se nic zvláštního neděje. Nárazové zvýšení spotřeby je uhrazeno z rezerv zatíženého svalu a glykémie se nemění. Problémy začínou ve chvíli, kdy nejvíce zatěžovaným svalům zásoby dojdou a začnou vyžadovat dotace ze společných fondů v játrech a přesuny ze svalů nepracujících.

Představte si modelovou situaci: Cyklista pracuje na špiči v balíku jedoucím po rovině o oblasti anaerobního prahu na relativně komfortní hladině 4 mmol/l laktátu . Glykémii má v tu chvíli 4,5 mmol/l (při této hodnotě vnímáme v klidu pocit hladu, v závodě si toho díky všem hormonálním a psychickým podpůrným systémům vůbec nevšimneme). Profil trati se zvedne do nepříliš dlouhého stoupání, takže skupina nezvolní a čelo si začne navzájem "natahovat hubu". Puls zmíněného exempláře vyskočí o pouhých 5 tepů. To ale na jeho laktátové křivce znamená vzrůst ze 4 mmol na 7 mmol. Závod v tu chvíli trval už dvě hodiny a tak pracující svaly už zvládnou uhradit pouze 1/3 a 2 mmol glukózy si vzaly z "veřejných fondů" v krvi. Pokles glykémie na 2,5 mmol nastartuje v mozku sebezáchovnou panickou reakci, která dokáže na jeho centrálním ovládacím pultu doslova vyrazit pojistky všech pracujících svalů. Po zvolnění dojde sice k doplnění hladiny z jater a recyklací laktátu, ale balík je definitivně v pekle a závod v háji.

Příliš sladké překvapení

Podobné, na první pohled zcela nevysvětlitelné, selhání může způsobit i nevhodně zvolená traťovka.

Naše scénka může vypadat třeba následově: Závod charakteru jarních klasik. Celý balík jede svižně pohromadě, intenzita zátěže námi sledovaného borce je někde v aerobní oblasti poblíž anaerobního prahu.

Na prvním obrázku vidíte **stabilizovaný stav**. Anaerobní složka výkonu otevřela zátěžový ventil do buňky a následný pokles glykémie snižuje produkci inzulínu a tím uzavírá inzulinový ventil do buněk. Protože dva vstupy pro glukózu mají jen buňky svalu a mozek inzulinový ventil nemá vůbec, je tím glukóza rezervována hlavně pro tyto tkáně. Zároveň snížení hladiny glukózy zvýšil produkci glukagonu a ten otevřel přísun paliva ze zásob.

A teď do naší vyrovnané idylky vpálíme sacharidovou bombu. Malér se pak děje ve dvou krocích.

V prvním následkem prudkého zvýšení hladiny glukózy dojde v těle k pokusu o korekci. Zatím dramaticky zvýšený inzulín roztočí naplno kohoutky ve všech závislých tkáních a ty, lehce vyhladovělé, začnou ostěpore cukr baštit, přívod ze zásob se nekompromisně zabouchne. Navíc se otevře i inzulinový vstup do pracujících svalů. A protože pálení sacharidů je pro svaly jednodušší než práce na tuky, zvesela stáhnou plyn na dieselu a začnou pálit benzín.

Jak nabyl, tak pozbyl. Přítok glukózy ze zaživacího traktu skončí stejně rychle, jako začal, ale rozkurážené tkáně hostinu hned tak nepřeruší. Navíc má celý systém určitou setrvačnost, na **obrázku** znázorněnou plovákem, visícím vysoko nad hladinou. Hladina glukózy v mozku poklesne a my dostaneme hlad.

V lepším případě je v kapse další traťovka a celé kolečko se opakuje. V horším případě pak je kapsa prázdná a chytáme **žaket jako ze žurnálu**. Mozek, v hrůze, že zůstane úplně na suchu, přestane svaly postrkovat. Snížením intenzity práce se uzavou zátěžové vstupy do svalů. Pokles inzulínu, který se snaží dohnat pokles glukózy v zápětí zavírá i svůj kanál. A protože metabolismus tuků, jak bylo řečeno už v prvním díle, bez sacharidů neběží, jsme bez paliva. Glukagon se sice snaží malér vyžehlit, jeho efekt je ale řádově nižší než efekt inzulínu a tak náprava může trvat i desítky minut. Mezitím je ale balík v ... dále. Kdo nezažil, neuvěří, kdo zažil, už ví proč.

Dia koutek

"Velevážené publikum! Máme tady slonici, a ta má takovou cukrovku, až se jí u zadku včely rojí! Lojzo bubnuj!" Tolik citát z populární studentské písně o cirkuse (v jakém duchu se text povšechně nese, myslím dostatečně dobře dokresluje refrén "Suchej tam, mokrej ven, dej vám Pánbůh dobrý den" ☺) Ač je tedy celá píseň veskrze nemravná, v citovaném "reklamním sloganu" popisuje lidstvu nejděle známý příznak cukrovky, vylučování velkého množství zřetelně sladké moči. Již ve starověkém Řecku si lékaři, nemaje moderní laboratorní metody ani nám běžné civilizační zábrany, všimli, že u některých nemocných, trpících neztišitelnou žízni a častým močením, je moč zřetelně sladká. Podle toho také jejich onemocnění nazvali – diabetes mellitus, česky úplavice cukrová.

Do kapitoly o živinách a jejich osudu v organismu jsem stručný popis tohoto onemocnění zařadil proto, že velmi dobře ilustruje význam inzulínu pro metabolismus glukózy v klidu a i fakt, že při zátěži se bez něj docela dobře obejdeme. Důkazem je i můj kamarád a kolega lékař, který ač diabetik závislý na injekčním podávání inzulínu, v mládí dokonce úspěšně objel Závod míru juniorů.

Medicína rozeznává dvě podoby cukrovky. Ta běžnější je vám asi známější, možná že ji měla vaše babička nebo už na ni začali trpět vaši rodiče - je to cukrovka stařecká. Její podstatou je snížení citlivosti buněk na inzulín, kterého se vylučuje z počátku normální množství. Představte si to třeba tak, že na otevření dvířek do buňky u nemocného nestačí inzulínek jeden, ale dva. Při velké náloži sněženého cukru tak slinivka nedokáže vyrobit tolik inzulínu, aby se otevřelo dostatečné množství dveří a glykémie se opět upravila. Protože je ale pokyny z řídicího centra žádostmi o produkci inzulínu dlouhodobě bombardována, dochází postupně k jejímu vyčerpání a produkce inzulínu se snižuje. Proto se někdy může stát, že i člověk trpící takzvanou stařeckou cukrovkou se dostane do fáze, kdy si musí inzulín dodávat injekčně, protože jeho vlastní výroba už nestačí. Normálně se však hladina cukru v krvi reguluje hlavně dietou.

Méně známý, ale podstatně závažnější typ diabetu začíná velmi často již v dětském věku. Příčinou je destrukce buněk slinivky, specializovaných právě na výrobu inzulínu. Proces je velmi rychlý, takže postižený je během krátké doby zcela zbaven schopnosti vlastní inzulín produkovat a jeho veškerou potřebu musí dodávat injekčně. U této cukrovky je glykémie zcela závislá na vědomé regulaci pomocí diety na straně vstupů a zátěže a zvenčí přivedeného inzulínu na straně výstupu. Chyby v regulaci a porušení režimu ve směru plus i minus jsou pak důkazem osudové závislosti našeho vědomí a celé existence na hladině cukru v krvi. Mimo to je celý problém již medicínsky velmi dobře zmapován. Jeho průhlednost a jasná vnitřní logika je proto ideálním nástrojem k "popravám" nedovtipných mediků u zkoušek a státnic z vnitřního lékařství ☺ .

Právě na tomto typu diabetu bych rád ukázal, jak hladina cukru s funkcí mozku a svalů těsně souvisí.

Hladovění uprostřed blahobytu

Začneme jevem, který se někdy - i když v době testovacích papírků na moč naštestí zřídka - objeví jako první příznak **cukrovky**.

Na začátku je absolutní nedostatek inzulínu. Díky tomu dojde k uzavření inzulinových vstupů do buněk na inzulínu závislých. Protože takových je většina, dochází k pozvolnému narůstání glykémie. Všimněte si, že mozek ve svých právech zatím nijak omezený není, jeho buňky inzulín nepotřebují a proto nijak nestrádají. Ostatní tkáně, včetně svalů, ale trpí hladem po energii, i když v tekutině okolo nich je jí přebytek. Kyslíku mají tentokrát dostatek, a proto se pokusí roztočit svůj "diesel". Ten, jak víme, bez sacharidů neběží, některé zplodiny z něj musí být zpracovány v souběhu se spalínami z metabolismu cukrů. A právě ty se začnou v těle hromadit. Subjektivně tento stav postižený vnímá jako únavu. Vědomí, jako funkce mozku, postiženo není.

Glykémie dále stoupá do chvíle, kdy dosáhne přepadu – glukóza začne být vylučována ledvinami. Tím se situace začíná komplikovat. Protože nikdo z nás nedokáže čurat cukr krystal (a kromě nezarytějších masochistů po tom myslím nikdo ani netouží), je jasné, že glukóza musí být rozpuštěna v dostatečném množství moči. Začíná se tak ztrácet další strategická látka našeho těla – voda. Ztráty vody ovšem znamenají, že roztok glukózy v našich cévách se začíná zahušťovat – glykémie stoupá o to víc. Tělo nemá rádo, když je některý z jeho roztoků hustší než jiné a začne hustotu vyrovnávat. Podrobně se tomu budeme věnovat v kapitole o iontových nápojích, teď jen vězte, že tak činí přecezením vody ze tkání do cév (rozpuštěné látky, jako je například glukóza nebo soli přítom zůstanou v původním "pytlíku!"). Ze tak činí vysoušením svalů nebo podkoží, by až tak nevdáilo. Horší je, že "vysychá" i mozek. K tomu se navíc přidá i vliv nahromaděných zplodin z tukového metabolismu, ty by ale sami o sobě takovou paseku nedokázaly. Teprve v této chvíli dochází k poruše vědomí (tedy stavu, který postižený nejprve ostře vnímá a potom už vůbec nevnímá). To už ale glykémie dosahuje hodnot okolo 20 – 25 mmol na litr, tedy čtyř až pětinašobku normální hladiny!

Co si z toho může vzít cyklista? Určitě pádný důkaz, že svaly opravdu pouze na tuk pracovat nedokážou. A pokud nedokážou nějakou glukózu získat z některých z rezervních zdrojů, zastaví se. Důležitější však je daleko nenápadnější věc. Že nemáme žádný smysl, který by nám signalizoval zvýšení hladiny glukózy. Nic nás tedy nevaruje ani před přejídáním a nabíráním nadbytečných kilogramů, ani před příliš rychlým cukrem, působícím rozhoupaní glykémie při závodě nebo treninku. (Po uzávěrce: Jeden můj dětský pacient s cukrovkou mi prozradil, že hyperglykémií pozná - při hladině asi 15 mmol ho začnou pálit oči. Tak vysoko se ale zdravý člověk nedostane)

Obávaná hypoglykémie

Předchozí řádky můžete jistě považovat za záležitost čistě medicískou. Vznik hypoglykémie u diabetika je doslova školní model. Příčinou jejího vzniku je nerovnováha příjmové a výdajové části rozpočtu hospodaření s glukózou. Diabetik musí dělat vědomě každý den to, co za nás zdravě částečně dělá naše tělo samo. Podle předpokládané zátěže musí upravit svůj jídelníček, zvažovat glykemické indexy jednotlivých potravin a množství sacharidů v nich obsažené a podle toho upravit své dávky inzulínu. Pokud se ve svém výpočtu splete, čeká ho podobně jako zdravého sportovce hypoglykémie. Scénáře, které k tomu vedou jsou v zásadě dva, typická je ovšem jejich kombinace.

Prvním scénářem je špatný odhad glykemického indexu nebo celkového množství sacharidů v jídle nebo ještě častěji vynechání jednoho jídla (diabetici musí jíst nejlépe v pěti denních dávkách). Aplikované množství inzulínu příliš otevře stavidla a hypoglykémie je tu. Typicky se tento problém objevuje v noci – ve spánku většina z nás příjem potravy přeruší a hladina cukru nemusí celou noc vydržet.

Druhý scénář souvisí s pohybem. U diabetika, stejně jako u zdravého člověka, funguje druhý svalový kanál nezávisle na inzulínu, jen podle stupně zakyselení. Účinnost pohybu je dokonce taková, že před pohybem může nemocný pravidelnou dávku dokonce úplně vynechat! Malér nastane ve cvlii, kdy dojde k vydatnějšímu pohybu po aplikaci běžné dávky inzulínu. Před hypoglykémií pak může diabetika zachránit jen rychlá záchranná dávka potravy (v tomto případě s co nejvyšším glykemickým indexem, protože diabetik se nemusí obávat překorigování vlastním inzulinem). Tu jsou všichni zkušení nemocní zvyklí nosit u sebe.

Kde máte hledat poučení v tomto podobenství? První a nejdůležitější – buďme rádi, že jsme zdraví, kdybychom byli nemocní, museli bychom být daleko chytřejší a ukázněnější ☺ ! Ale vážně – je dobré vědět co jíte a kdy to sníte. Mnoho jídla na noc vede k přibírání na váze, to ví každý. (Bylo nebylo – za dob hluboké totality psal jeden můj kolega v dnes již neznámé nemocnici ve službě okolo čtvrté hodiny ranní jakési hlášení či propouštěcí zprávu. Protože již dávno věděl o pramalém nasazení, se kterým jsou podobná díla obvykle studována, vepsal do jednoho z posledních odstavců přibližně tuto větu: "Kdo to dočetl až sem, ať se mi ozve!" a připsal adresu. Jsem si vědom náročnosti této kapitoly a proto pořádam malý test a prosím vás o totěž. Emailová adresa je na konci u podpisu. Mému kolegovi se ozval jeho kamarád na kongrese asi po pěti letech. Jediný... ☺) Nedostatečně večere po těžkém treninku může vést, stejně jako u diabetika, k noční hypoglykémii. V lepším případě budete jen mlaskat ze sraní a regenerace glykogenových zásob nebude tak dokonalá, jak byste si přáli. V horším případě vede čistě zeleninová večere k návštěvě lednice před kuropěním. Po jejím vydrancování pak odejdete spokojeně do pelíšku zakládat na sádko.

O nutnosti pravidelného příjmu potravy kázat nemohu. Kdo má častěji možnost jezdit delší tréninky, už dávno zjistil, že cyklistika vede k 2,5 fázovému stravování. Bohatá snídaně a obědovečeře po treninku, okolo 16 hodiny, je častým standardem. Lehká druhá večere pak může zabránit genocidě lednice v noci.

Při vlastním treninku je dobré se naučit vnímat signály, které k vám tělo vysílá. Spotřeba traťovek se určitě bude lišit podle ročního období. Méně efektivně pracující tělo na jaře bude určitě "víc žrát" než zaběhaný stroječek v srpnu. Pravidlo o "preventivním" jedení každou půl hodinu platí pro závod, kdy nevíte, kdy komu "rupne v kouli". Pro toho, kdo neví, jak pojede za půl hodiny při jarním sólo najíždění vytrvalosti, není tento článek určen. Nepředpokládám totiž, že by uměl číst.

Opakování

Opět jsme se dotkli různých zátěžových režimů. Při vytrvalostní **intenzitě pod aerobním prahem** má inzulín ještě dost významný vliv na regulaci hladiny glukózy, se **stoupající hladinou i laktátu** jeho význam klesá a **nad anaerobním prahem** už se svaly vstávají i bez inzulínu.

Vymodeloval jsem pro vás dva případy překvapivé hypoglykémie, vzniklé i při ne zcela vyčerpáných zásobách glykogenu – při **prudkém zakyselení** a při **rozkolísání glykémie** traťovkou s příliš rychlým cukrem.

Nakonec jsme dorazili až do oboru vnitřního lékařství, neboli interny. Dozvěděli jste se, že existují dva druhy cukrovky, **stařecká** způsobená snížením citlivosti na inzulín a dětská, poražící inzulín úplně chybí. Dětský diabetés (hele, tady se najde krásná slovní hříčka - dětská a dědská...) jsme pak použili jako model pro některá extrémní narušení regulace hladiny cukru, jak ve smyslu **hyperglykémie**, tak **hypoglykémie**. K zamýšlení doporučuji zejména fakt, že zatím co na snížení hladiny cukru reaguje naše tělo nejprve pocitem hladu a později poruchou vědomí, na vysokou glykémií nás nic neupozorní.

A pro ty z vás, kteří neprolézají hned každý odkaz ještě upozornění na podčárniček vysvětlující **jednotku koncentrace milimol na litr** - jednotku, se kterou se budeme setkávat opakovaně až do konce seriálu.

Doufám, že jsem nikoho nevystrašil přehřší odborných termínů a definic. V této třetí kapitole o palivech a jejich regulaci jsem vás zátáhl do nejtemnějších hlubin medicíny z celého seriálu, dále se již budeme pohybovat ve vodách daleko bezpečnějších a přehlednějších. Hned příště nás čeká možná nejdůležitější etapa.

Na shledanou nad laktátovou křivkou se těší

Ondra Vojtěchovský

vojtechovsky@kpo.cz

P.S. Už jsem měl článek dopsaný, když mě nový Peloton připomněl ještě jednu důležitou souvislost – alkohol a zásoby glykogenu v játrech. Alkohol se totiž chová velmi podobně národním kyselinám. Obsahuje velké množství energie, je její uvolnění je ale potřeba inzulínem a jeho potřeba roztáčet spalování automobily. Děje se tak v játrech. Na odstranění následků připsané noci můžeme použít i prakticky zásoba jaterního glykogenu. Protože játra roztáčej spalování od glukózy. Děje se také v játrech. Na palubce, může deficit přetrvat i několik dní. Díky tomu již mnohý mladý cyklista rupnul uprostřed slibně rozjetého a nijak dlouhého závodu. Na vině byla bohatýrská pitka před několika dny, na kterou už by jinak dávno zapomněl...