



Středoškolská odborná činnost

Obor: zdravotnictví

VLIV SPORTU NA DIABETES MELLITUS 1. TYPU U MLADISTVÝCH

Autor: Ivo Bouchal

Škola: Česko-anglické gymnázium České Budějovice, Třebízského 1010/9

Kraj: Jihočeský kraj

Vedoucí práce: Mgr. Monika Maradová

České Budějovice 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V město dne datum

Poděkování

Děkuji mé interní konzultantce Mgr. Monice Maradové za kvalitní vedení práce. Rád bych také vyzdvihl ty, kteří mi pomohli při experimentech a vyšli vstříc nárokům.

Anotace

Ve své práci jsem zkoumal vliv dvou odlišných pohybových aktivit různých délek a intenzit na hladinu glykémie u lidí s autoimunitním onemocněním Diabetes mellitus 1. typu. První aktivitu reprezentoval vytrvalostní sport, cyklistika na trenážeru, druhou pak silový trénink v posilovně. Cílem bylo zjistit, který typ pohybu má výraznější dopad na hladinu glykémie. Během aktivit byla měřena tepová frekvence, hladina glykémie v podkoží a výkon. Z výsledků vyplývá, že cyklistika měla v průměru výraznější dopad na změny hladiny glykémie, ovšem každá aktivita vykazuje mírně odlišný průběh glykemické křivky. Z tohoto zjištění vzešel nový projekt, který je možné realizovat na bázi velkého množství různých typů pokusů získaných od sportujících diabetiků 1. typu z řad veřejnosti. Na základě volně přístupných výsledků si pak mohou lidé trpící diabetem vytvořit odhad průběhu glykémie při konkrétním zvoleném typu sportu, dané délky a intenzity.

Annotation

In my work, I investigated the effect of two different physical activities of different lengths and intensities on the blood glucose level in people with the autoimmune disease Diabetes mellitus type 1. The first activity was represented by endurance sports, cycling on a trainer, and the second by strength training in the gym. The goal was to find out which type of activity has more pronounced impact on blood glucose levels. Heart rate, subcutaneous glucose level and performance were measured during the activities. The results show that, on average, cycling had a more significant impact on changes in glycemic levels, but each activity shows a slightly different course of the glycemic curve. From this finding came a new idea for a project that can be implemented on the basis of a large number of different types of experiments on a similar basis as in this work. The results would then be freely accessible to the public.

Klíčová slova

Diabetes mellitus 1. typu (DM1), inzulin, hypoglykémie, hyperglykémie

Keywords

Type 1 diabetes (T1D), insulin, hypoglycemia, hyperglycemia

OBSAH

Teoretická část	7
1. Diabetes mellitus 1. typu	7
1.1. Vliv sportu na DM1	7
1.2. Hypoglykémie	8
1.3. Hyperglykémie	8
2. Chronické komplikace při špatné kompenzaci DM1	9
3. Dávkování inzulínu	11
4. Sacharidy a jejich využití při pohybové aktivitě	13
Praktická část	14
1. Úvod	14
1.1. Hypotézy	14
1.2. Cíle	14
2. Metody	15
2.1 Testovaný subjekt a technické vybavení	15
2.2 Rozdělení aktivit do testovaných kategorií	16
2.3 Podmínky během prováděných pokusů	16
2.4 Suplementace látek	17
2.5 Práce s inzulínem	17
3 Výsledky	17
4 Diskuse	26
5 Závěr	27
Zdroje	6

Úvod

V této práci se zabývám kombinací dvou úzce souvisejících témat: Diabetes mellitus 1. typu a sport. Pohyb má totiž přímý vliv na průběh tohoto autoimunitního onemocnění a s jeho složkami se dá velice dobře pracovat a docílit tak pokud možno optimálních výsledků při léčbě DM1. Pomocí vlastních pokusů se pokusím přiblížit jaký má dopad aktivita v různých intenzitách a době trvání na glykémii člověka s DM1 a na závěr výsledek porovnáím s hodnotami uváděnými v literatuře. Jak už předešlý text napovídá, téma jsem si zvolil kvůli tomu, že touto nemocí sám trpím už třetím rokem a sport je k dobré kompenzaci DM1 důležitou složkou. V neposlední řadě rád rozšířím poznatky zahrnující toto téma, jelikož v českém jazyce není mnoho zdrojů, ze kterých mohou lidé trpící DM1, lékaři anebo případní zájemci čerpat. Možné riziko takto koncipovaného experimentu vidím v široké škále různých výsledků při práci s různými sporty v kombinaci s onemocněním DM1. Jeden z mých záměrů, který vznikl v době práce, byl vytvořit přehlednou databázi průběhů glykemických křivek při různých typech, intenzitách a délkách sportovních aktivit. Pokud by se projekt podařilo zrealizovat, jednalo by se o možná první takovou databázi na světě. Cílem je dostat potenciální produkt do dalších zemí světa a zpřístupnit data pro ostatní diabetiky (především 1. typu).

TEORETICKÁ ČÁST

1. Diabetes mellitus 1. typu

Diabetes mellitus 1. typu (DM1), lidově cukrovka 1. typu patří mezi závažná autoimunitní onemocnění. Při této nemoci chybně zaútočí vlastní imunitní systém na beta-buňky slinivky břišní, které stojí za tvorbou životně důležitého hormonu, zvaného inzulin. Do dnešní doby je známo, že za vznikem stojí faktory jako je genetická predispozice a vliv vnějšího prostředí (Saudek, 2018). Samotná genetická predispozice ale nestačí, je totiž potřeba, aby se k ní přidaly vlivy vnější. Jako příklad může sloužit banální virové onemocnění (Boettler, 2012) (Oldstone, 2004), které může iniciovat autoimunitní proces zničující beta-buňky nacházející se ve slinivce břišní.

Manifestace DM1 bývá nejčastěji kolem 15. roku života, někdy je proto označován jako mladistvý diabetes. Nemoc však může být diagnostikována u novorozenců, až po starší jedince (Parikka, 2012). Znamená to tedy, že manifestace je možná napříč celým obdobím života. Jelikož většina lidí nepozná příznaky DM1 včas, někteří vůbec, může se poprvé nemoc projevit až závažným stavem – diabetickým ketoacidickým kómatem.

Porovnání výskytu DM1 a cukrovky 2. typu (DM2) na území České republiky v roce 2016 ukazuje, že diabetiků 1. typu je pouze 7 % z celkového počtu diabetiků (Statistika, 2016).

Kvalitní léčba je při DM1 klíčová, jestliže chce jedinec minimalizovat pozdní závažné komplikace, ty jsou podobné jako při DM2. V dnešní době je možné léčit DM1 pomocí inzulinových per nebo inzulinovou pumpou. K přesnější a lepší kontrole hodnot napomáhají senzory ke kontinuální monitoraci hladiny cukru v krvi.

1.1. Vliv sportu na DM1

Pohyb se zasazuje o řadu benefitů při managementu Diabetu mellitu 1. typu. Ještě ale než přejdu k výčtu možných benefitů, je také důležité zmínit hlavní rizika zvýšeného pohybu s DM1. Jedná se hypoglykémii a hyperglykémii při provádění aktivitě a po jejím dokončení (Cockcroft, 2020). Aerobní aktivita má tendenci hladinu glykémie postupně snižovat, jelikož tělo spaluje zásoby sacharidů, uložené ve svalech. Po ukončení sportovní aktivity je obzvlášť

doporučeno častěji kontrolovat glykémii a předejít tak případné hypoglykémii. Anaerobní aktivita může na druhou stranu zapříčinit krátkodobý růst hladiny glykémie. Mezi benefity patří například zvýšená citlivost na inzulín, což znamená, že po sportu není potřeba podávat stejnou dávku jako obvykle, ale třeba o 1–2 jednotky inzulínu méně (Chimen, 2011).

1.2. Hypoglykémie

Hypoglykémie je definována jako pokles glykémie pod 3,3 mmol/l doprovázený projevy, jež jsou způsobeny vylučováním antiregulačních hormonů. Řadí se mezi akutní komplikace. Normální hladina glukózy v krvi je 3,5–5,6 mmol/l. Diabetik však může mít problémy i při těchto hodnotách. Mírná hypoglykémie se může projevit u zdravých lidí při nízkém příjmu potravy nebo vysoké tělesné zátěži. Příznaky jsou přitom mírnější, zřídka dojde k mdlobě. U diabetiků jsou příčiny většinou způsobeny relativním přebytkem uměle podaného inzulínu (vzácně jiných léků). Obvyklým důvodem je nedostatečný příjem potravy po podání inzulínu. Diabetici by se měli najíst ihned po injekční aplikaci. Pokud se jídlo zpozdí, dávka inzulínu je příliš vysoká nebo dojde ke změně denního režimu, ať už v oblasti tělesné aktivity, či diety, může dojít k hypoglykémii. Hypoglykémie může též vzniknout jako důsledek požití většího množství alkoholu, kdy po mírné hyperglykémii dojde k výraznému poklesu hladiny glukózy v krvi pod normální hodnoty (Bernard, 2012).

1.3. Hyperglykémie

V případě hyperglykémie dochází ke zvýšení glykémie nad normální hodnoty. U diabetiků se za optimální hladinu glykémie nalačno považuje rozmezí 4–6 mmol/l, rozmezí 6–7 mmol/l je hodnoceno jako uspokojivé a hladina glukózy nad 7 mmol/l jsou již označovány jako neuspokojivé (McCormick, 2008). Hodnoty glykémie po jídle se zvyšují jak u zdravých osob, tak i u diabetiků. Normální hladiny po jídle jsou tedy vyšší. U diabetiků je většinou často zvýšená glykémie jak nalačno, tak po jídle a po jídle trvá zvýšení glykémie déle než u lidí bez diabetu. Výrazná hyperglykémie může diabetika ohrozit porušením acidobazické rovnováhy organismu, která je označována jako - (tzv. Ketoacidóza). Mírnější, ale dlouhotrvající hyperglykémie zvyšuje riziko rozvoje pozdních komplikací diabetu. Akutními projevy hyperglykémie jsou žízeň, sucho v ústech a s tím spojené nadměrné močení. Někteří lidé také cítí velký hlad nebo nevidí příliš ostře. Močí tělo spolu s vodou ztrácí i minerální látky. Dlouhotrvající hyperglykémie přispívá k narušení funkce tělesných struktur. Ty pak mají za příčinu vznik chronických komplikací diabetu v budoucnosti.

2. Chronické komplikace při špatné kompenzaci DM1

a) Diabetická nefropatie:

U špatně kompenzovaného diabetika dochází k poškození stěny cév různých orgánů včetně ledvin. V ledvinách je více než jeden milion malých klubiček cév – glomerulů. Ty jsou součástí nefronu, základní funkční jednotky ledvin. Těmito strukturami protéká krev a z těla se filtrují odpadní produkty. Naopak látky pro tělo důležité se z kanálků nefronů pak zpětně vstřebávají. Látky nepotřebné se pak vylučují močí z těla ven. Všechny potřebné děje se zde odehrávají na tenkých membránách. Když se vlivem dlouhodobě vysoké hladiny krevního cukru tyto membrány poškodí, začnou do moči procházet malá množství bílkovin (tzv. mikroalbuminurie). Ztráty bílkovin se mohou postupně zvětšovat a glomeruly se mohou v důsledku zvýšené hladiny cukru dále poškozovat (Saudek, 2018). Filtrační schopnost ledvin se tak narušuje, přidává se vysoký krevní tlak, a nakonec ledviny selhávají.

b) Diabetická neuropatie:

Toto onemocnění bývá také nazýváno jako postižení nervů při diabetu a jedná se pravděpodobně o nejběžnější komplikací, která diabetiky provází. Zpravidla postihuje více nervů v různých oblastech, a proto se označuje také jako diabetická polyneuropatie. Jeho vznik a průběh jasně souvisí s délkou trvání diabetu a s tím, do jaké míry se léčbou podaří upravit glykémie. Udává se, že po dvaceti pětiletém trvání diabetu 1. či 2. typu si stěžuje na projevy neuropatie asi 50 % pacientů (Saudek, 2018). Při delším trvání lze určité projevy neuropatie prokázat u většiny osob s diabetem.

Je to onemocnění, které vzniká dlouhodobě, takže se na něm bohužel odrážejí i „hříchy minulosti“, které pak již ani dobře nastavená léčba v pozdějším období nedokáže napravit (Saudek, 2018). Na diabetickou polyneuropatii je proto nutné myslet již od samého zjištění zvýšených glykemií a neponechat nic náhodě.

Zvýšená glykémie poškozuje nervovou tkáň v celém organismu (Obrosova, 2008). Přesto se vyskytují určité typické formy podle toho, jaká oblast je nejvíce postižena.

Nejčastější je tzv. symetrická, která postihuje obě strany těla, distální neuropatie – postihující více dlouhé nervy, tedy zejména na končetinách (Saudek, 2018). Rozlišujeme nervová vlákna, která vodí informace směrem do míchy a mozku – tzv. senzitivní vlákna, a vlákna, která vodí informaci směrem od mozku do určité oblasti – tzv. motorická vlákna. Senzitivní vlákna vodí

signály o hmatu, bolesti, teplotě, poloze apod. Motorická vlákna vodí informace, které stimulují např. určitý sval, aby se hýbal. Tzv. symetrická distální senzo-motorická neuropatie, která je nejčastější, se tedy projevuje oboustranně, zpočátku zejména na dolních končetinách, jak vnímání, tak i pohyblivost. To se projevuje např. sníženou citlivostí, což je důležité zejména na dolních končetinách, které pak mohou být poškozovány, aniž si to daný člověk uvědomuje. Zároveň bývá postižena pohyblivost a vnímání přesné polohy, což si ale pacienti uvědomují mnohem méně.

Další formou je tzv. autonomní neuropatie. Autonomní se jí říká proto, protože postihuje nervová vlákna, jejichž činnost si za normálních okolností neuvědomujeme. Nepocítujeme např. běžně, jak se nám stahují či povolují cévy, pohybují střeva či žaludek, stahuje srdce, nebo jak jsou inervovány potní žlázy. Autonomní nervy jsou důležité pro inervaci krevních cév, zařívacího ústrojí, močového a pohlavního ústrojí apod. Jejich postižení se může projevovat špatnou regulací krevního tlaku, zvýšenou či sníženou pohyblivostí žaludku a střev, špatným vyprazdňováním močového měchýře a poruchou pohlavních funkcí, zejména u mužů.

Diabetická neuropatie může také méně často postihovat jen jednotlivé nervy v nejrůznějších oblastech, nebo skupinu nervů, např. v páteři. Diabetická polyneuropatie je onemocnění dlouhodobé, ale její projevy mohou různě kolísat od prudkých bolestí až po téměř vymizení (Saudek, 2018). Může to souviset s výskytem dalších probíhajících nemocí, se zhoršením vyrovnaní diabetu či výjimečně se zásadní změnou léčby.

c) Syndrom diabetické nohy:

Syndromem diabetické nohy označujeme destruktivní postižení tkání dolních končetin pacientů s cukrovkou dolů od kotníku, jehož následkem jsou rozsáhlé ulcerace – zvrhodatění tkáně, gangréna-sněť neboli nekróza. V krajních případech i nutnost amputace končetiny. Jedná se o problém medicínský i společenský. Léčba syndromu diabetické nohy vyžaduje dlouhodobou hospitalizaci a rehabilitaci, pacienti často potřebují domácí péči a sociální služby. Onemocnění nohou se vyskytuje 17 – 50krát častěji u diabetiků ve srovnání s lidmi bez diabetu (Pitřhová, 2017). Syndromem diabetické nohy je postiženo asi 15–25 % diabetiků, gangréna vznikne u 4–10 % diabetiků, amputace dolních končetin je nutná u 0,5 – 1 % diabetiků.

3. Dávkování inzulínu

V léčbě inzulínem existuje řada možností, např. inzulínové injekce. Schéma jeho aplikace se volí individuálně podle toho, co u pacienta funguje a vyhovuje mu. Zpravidla je vhodný přípravek, který účinkuje pomalu a zajišťuje tzv. bazální hladinu inzulínu. Jeho úkolem je zajišťovat, aby během noci a ráno hladina glukózy nestoupala a případně aby nestoupala ani v průběhu dne, pokud vynecháme některé jídlo (neaplikujeme-li rychle působící inzulín). Cílem by mělo být udržení ranních glykemií mezi hodnotami přibližně 5–9 mmol/l, a to, aniž by hrozila hypoglykémie v noci. Pokud to pacientu vyhovuje, je možné aplikovat bazální inzulín ve 2 menších dávkách ráno a večer.

Před jídly se podává rychle působící inzulín, který by měl napodobit přirozené uvolňování inzulínu po požití stravy se sacharidy. Účinek přirozeného lidského inzulínu při podkožním podání nastupuje přibližně za 20–30 minut, maxima dosahuje za 1–2 hodiny a doznívá po dobu 4–6 hodin po podání. Dnes jsou k dispozici také syntetické inzulíny, jejichž nástup účinku je mnohem rychlejší, už zhruba za 15 minut po aplikaci. Jejich působení však brzy odezní, zpravidla už za 2–4 hodiny.

Dávku inzulínu před jídlem volí pacient podle množství sacharidů, které hodlá konzumovat. Navíc je třeba ještě brát v potaz aktuální hodnotu glykémie. Je-li výchozí glykémie vysoká, je nutné počítat s větší potřebou inzulínu a jídlo je třeba po jeho aplikaci lehce odložit. Další možností je dávku sacharidů snížit. Cílem je, aby asi za 1 hodinu po jídle glykémie nepřesahovala, pokud možno hodnotu 10 mmol/l a aby posléze klesala, aniž by došlo k hypoglykémii. Před jídly se nyní pro většinu pacientů doporučují krátkodobě, či „ultra krátce“ účinkující inzulínová analoga (inzulíny s uměle upravenou molekulou), protože působí opravdu jen v průběhu konzumace jídla a krátce po něm a zároveň způsobují méně často hypoglykémie (Saudek, 2018).

Při volbě vhodné dávky inzulínu je třeba brát v úvahu individuální zkušenost a snažit se odhadnout, jaké množství sacharidů přibližně pokryje 1 jednotka inzulínu aplikovaného před jídlem.

Příklad určení dávkování inzulínu s ohledem na stravu:

„Pokud pacient potřebuje 50 jednotek inzulínu denně, vypočte si, že 1 jednotka stačí na 10 g sacharidů. Pokud chce sníst 50 g sacharidů, aplikuje si 5 jednotek inzulínu. Kdyby jeho denní dávka inzulínu byla jen 40 jednotek, 1 jednotka by stačila na 12,5 g sacharidů a na 50 g sacharidů by mu odhadem mohly stačit 4 jednotky (50: 12,5 = 4)“ (Saudek, 2018).

Pokud naměříme glykémii, která je významně vyšší, než bychom si přáli, je podle úvahy možné podat dávku rychle působícího inzulínu navíc – opravný bolus. Je nutné postupovat uvážlivě, abychom nezpůsobili hypoglykémii.

Příklad kompenzace inzulínem u pacienta:

„Je-li u pacienta hodnota glykémie např. 16 mmol/l, celková denní dávka inzulínu je přibližně 40 jednotek. Požadovaná hodnota glykémie je 6 mmol/l (rozdíl tedy činí 10 mmol/l), postupujeme při odhadu takto:“ (Saudek, 2018)

Korekční dávka=10: (100: 40) = 4 jednotky inzulínu

10...rozdíl mmol/l v glykemiích

40...denní dávka jednotek inzulínu

„Korekční dávka činí 4 jednotky rychle působícího inzulínu a případně méně, pokud se pacient hodně pohybuje nebo si již předtím nějaký inzulín aplikoval“ (Saudek, 2018).

Inzulín se dnes aplikuje téměř výhradně pomocí inzulínových per. Převahu dnes mají jednoduchá pera obsahující zpravidla náplň o objemu 300 jednotek inzulínu, která se po vypočtení vyhadují. K samotnému vpichu jsou k dispozici jednorázové jehly, které však většina pacientů používá opakovaně.

4. Sacharidy a jejich využití při pohybové aktivitě

Jedním ze způsobů, jak předejít hypoglykémii a udržet si ideální hladinu glykémie při vykonávání zvýšené tělesné aktivity, je přizpůsobení příjmu sacharidů. Podstata tohoto způsobu spočívá v nahrazení sacharidů, které byly přeměněny na energii, tak aby příliš neklesly jejich zásoby spolu s glykemií. Optimální suplementace je v menších množstvích a to průběžně. Důležitou roli v dávkování samozřejmě hraje také intenzita a délka aktivity.

Jakou potravinu zvolit pro konkrétní situaci pomáhá určit glykemický index (Bell, 2015). Jedná se o číslo, které reprezentuje rychlost nárůstu glykémie po konzumaci dané potraviny. Čím vyšší má potravina glykemický index, tím rychleji nastoupí růst glykémie a zkrátí se vstřebávací doba sacharidů a naopak.

PRAKTICKÁ ČÁST

1. Úvod

Cílem praktické části je srovnat vývoj glykémie při různých typech cvičení a porovnat naměřená data s údaji uváděnými v literatuře. Srovnání bylo provedeno pro různé délky a intenzity každého typu cvičení. Pro účely své práce jsem zvolil 2 odlišné typy aktivit – cyklistiku na trenažeru a cvičení v posilovně.

1.1. Hypotézy

H₁: Jízdy na cyklistickém trenažeru ovlivní v průměru více hladinu glykémie než silové tréninky.

Jízda na cyklistickém trenažeru reprezentuje aerobní typ cvičení, při němž by mělo obecně docházet ke snížení hladiny glykémie po určitém časovém úseku u lidí s DM1, toto snížení by mělo být intenzivnější více u jízdy na trenažeru než při posilování.

H₂: Větší dlouhodobý vliv (13-16 hodin po ukončení aktivity) bude mít na hladinu glykémie subjektu posilování.

Člověk bez zkušeností s vlivem tohoto typu cvičení na glykémii by mohl automaticky předpokládat, že silový trénink bude mít výraznější dlouhodobý vliv na hladinu glykémie. Vzhledem k faktu, že se při posilování unaví svalstvo více než při jízdě na kole, bude potřeba, aby poté výrazně zregenerovalo, tudíž vyčerpá více glykogenových zásob. Tato hypotéza založená na obecných předpokladech zde byla zařazena, aby byla podrobena praktickému testu.

1.2. Cíle

Cílem praktické části je vytvořit a vykonat pokusy potřebné k určení rozdílů v trendech glykémie při jednotlivých cvičeních, které následovně porovnam s daty uváděnými v literatuře. Dalším cílem je pak zjistit rozdílů efektů aerobního a silového cvičení v různých délkách a intenzitách na vývoj hladiny glykémie při výkonu a po něm.

2. Metody

Data z experimentů jsou získávána ze senzorů jako jsou chytré hodinky, snímač tepové frekvence, cyklistického trenažeru a senzoru na měření glykémie.

2.1 Testovaný subjekt a technické vybavení

Testovaný subjekt byl mužského pohlaví ve věku 17 let, jeho hmotnost fluktovala mezi 79 a 81 kilogramy. Jedinec je naprostou většinu života nadměrně aktivní, tzn. 4 až 6 aktivit týdně. Výkonnost v porovnání s průměrným člověkem ve stejném věku je vysoce nadprůměrná. Kromě DM1 a slabými alergiemi na pyl a některými druhy ovoce ničím jiným testovaný subjekt netrpí.

Nyní podrobně uvedu technické vybavení, které bylo ke sběru dat použito, aby bylo možné experimenty replikovat, nebo se k nim alespoň přiblížit.

Technické vybavení použité při cyklistických aktivitách:

Pro cyklistické aktivity bylo použito silniční kolo značky Van Rysel, model EDR AF 105. Na kole byly v minulosti vyměněny 3 komponenty, sedlo a omotávka na řídítky, ani jedna z věcí by neměla mít znatelný dopad na výsledky práce. Třetí komponent už má větší váhu při pohledu na efektivitu jízdy, jedná se o cyklistické pedály Shimano, řady 105, do kterých se zacvakne tretra, sloužící k tomuto účelu. Patrně nejdůležitější položka k měření výkonu je cyklistický trenažér značky Elite, model Direto XR-T. Je důležité zmínit, že při koupi trenažeru nebyla součástí balení kazeta. Ta byla dokoupena, jedná se o kazetu značky Shimano, model ultegra. Snímač tepové frekvence byl hrudní pás Garmin (HRM DUAL s ANT+ a BLE) a hodinky Samsung Galaxy watch. K trenažeru byl připojen notebook, na kterém byla použita aplikace Zwift, jedná se o software simulující jízdu na kole ve virtuálním světě. Na výběr je nespočet různých tras s odlišnou náročností, zohledňující délku trasy a nastoupanou nadmořskou výšku. Hlavní data k porovnání byla měřena a sbírána na čtečce a senzoru od firmy Freestyle Libre.

Technické vybavení použité při cvičení prováděné v posilovně:

Zde bylo sbírání dat jednodušší, postačili již zmíněné hodinky Samsung Galaxy watch. Data o srdečním tepu se poté dala zobrazit v aplikaci Samsung health. K dalšímu určení intenzity jsem využil obyčejné sčítání závaží, které jsem za měřený čas zvedl. Výsledné číslo jsem následovně vydělil počtem odevíčených minut a s tímto údajem jsem pracoval.

2.2 Rozdělení aktivit do testovaných kategorií

Aktivity jsem dělil podle časové délky a intenzity. Byly stanoveny 2 časové kategorie a 2 kategorie s rozdílnou hladinou intenzity, které se navzájem kombinovaly (Tab.1). Celkem vzniklo 8 různých kategorií, které byly testovány, s cílem zjistit rozdílné vlivy na trend glykémie u subjektu s DM1. Specifikace kategorií jsou následující, krátký časový interval trval 20 minut (´), dlouhý pak 180 minut (ˆ). Intenzita pak byla rozdělena na nízkou a vyšší. Při nízké intenzitě nesměla hranice průměrné tepové frekvence přesáhnout 125 tepů za minutu. Vyšší intenzita se pohybovala v rozmezí průměrné tepové frekvence 140 tepů za minutu a více, avšak nebylo povoleno dosáhnout maximálního potenciálního výkonu sportovce. Každá z osmi kategorií byla provedena s jedním opakováním, aby se případně zachytily případné náhodné vlivy, které by mohly výsledky nechtěně zkreslit.

Tabulka 1: Rozdělení sledovaných aktivit podle délky a intenzity

	CYKLISTIKA	POSILOVNA
DÉLKA	20'/180'	20'/180'
INTENZITA	NÍZKÁ/VYSOKÁ	NÍZKÁ/VYSOKÁ

(´) =minut

2.3 Podmínky během prováděných pokusů

U fyzických pokusů probíhal občasný kontakt s ostatními lidmi. Každá z aktivit byla doprovázena hudbou nebo filmem. Dále byla zaznamenávána nálada, která při cvičení převládala. Výkyv teplot při zkoumání nenastal. Místnosti, kde probíhalo testování, byly optimálně větrané, prostory nebyly příliš velké, jednalo se o velikost průměrně 4*4 metry a 3 metry do výšky.

2.4 Suplementace látek

V období testování byl subjektem po dlouhou dobu suplementován hořčík, spolu s vitamínem B6 a zinek, vše v tabletové formě. Od každé látky byla brána 1 tableta denně, při extrémním výkonu maximálně 2 tablety za den. Tato situace nastala pouze ojedinele.

2.5 Práce s inzulinem

Diabetici používají inzulin na denní bázi, pokud ale jedinec s diabetem 1. typu pravidelně sportuje, může dojít k úpravě režimu a množství, které spotřebuje. Inzulin pro lidi s DM1 se dělí do více kategorií podle doby vstřebatelnosti a účinnosti. Pro jednoduché pochopení uvedu pouze typy inzulinu, které byly použity v období vykonávání. Všechny používané inzuliny jsou od značky Novo Nordisk. První typ, používaný ke každému hlavnímu jídlu, tedy snídani, oběd a večeře, se nazývá insulinum humanum. Druhý typ, který se používá jednou denně a nese název insulinum degludecum, takzvaný bazální inzulin. Dávkování bylo subkutánní a vypadalo následovně, insulinum humanum bylo podáváno v hodnotách 12 jednotek inzulinu, zhruba 20-30 minut před hlavními jídly. Insulinum degludecum pak ve 24hodinovém intervalu, který nebyl vždy přesně dodržen a jednalo se o odchylku přibližně 1-2 hodiny. To však výsledky neovlivnilo, jelikož tento typ inzulinu pokrývá úsek dlouhý 36 hodin. Subkutánní dávka obsahovala 22 jednotek inzulinu.

3 Výsledky

Jednotlivé pokusy a jejich rozbor provedu postupně. Celkem se jedná o 8 testů, které byly pro srovnání prováděny vždy s jedním opakováním. Jako první popíšu kategorie jízdy na cyklistickém trenažeru a v druhé části silový trénink – posilovnu. Vzhledem k faktu, že průběhy grafů glykemických křivek se v jednotlivých opakováních lišily pouze minimálně, bude vybrán náhodně vždy pouze jeden.

Při krátkých aktivitách byl přidán čas 5 minut na rozcvičení a přípravu testovaného subjektu. U dlouhých aktivit byl čas 5 minut započítán jako součást celkového času.

Cyklistický trenažér

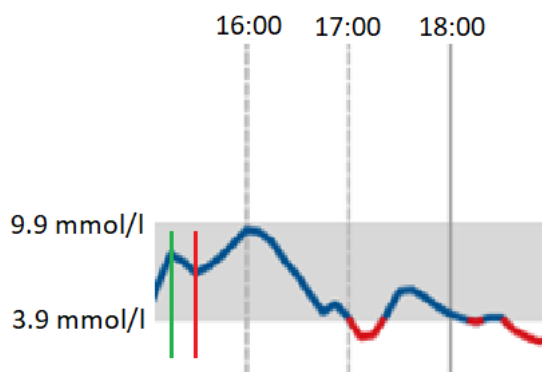
a) Kolo-25 minut, nízká intenzita:

V den experimentu neproběhly žádné extrémní výkyvy glykémie. Specifikace trasy: Volcano circuit, ujeto 13,4 km, dosažená elevace činila 67 m. Při aktivitě hrála hudba, konkrétní žánr nebyl zvolen, hrál tedy mix několika hudebních žánrů. Emoce byly neutrální, to znamená, že se subjekt nacházel v klidném psychickém rozpoložení a nenastaly výkyvy.

Před začátkem výkonu zkonsumoval subjekt 10 g sacharidů s vyšším glykemickým indexem a hladina glykémie se nacházela na hodnotě 7.1 mmol/l (Graf č. 1). Krátce po skončení klesla hladina na hodnotu 6.5 mmol/l. Postupně se ale glykémie dostala až na hodnotu 9.5 mmol/l s následným samovolným sestupem. Na tomto příkladu je tedy dobře poznat základní filozofie vlivu pohybu na hladinu glykémie.

Průměrný výkon byl 164 W a průměrný srdeční tep byl 122 t/min.

Graf č. 1: Průběh glykemické křivky během jízdy na kole po dobu 25 min s nižší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

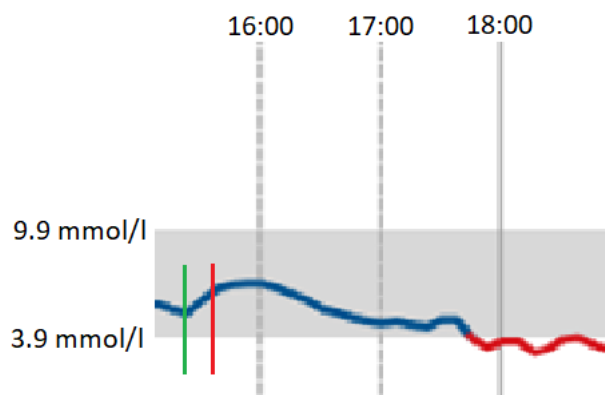
b) Kolo-25 minut, vyšší intenzita:

V den experimentu neproběhly žádné extrémní výkyvy glykémie. Specifikace trasy: Volcano circuit, ujeto 15,9km, dosažená elevace činila 81 m. Při aktivitě hrála hudba, konkrétní žánr nebyl zvolen, hrál tedy mix několika hudebních žánrů. Emoce byly neutrální.

Před začátkem výkonu zkonsumoval subjekt 35 g sacharidů s vyšším glykemickým indexem, hladina glykémie byla 4.7 mmol/l (Graf č. 2). Z grafu je patrné, že následně během cvičení hladina mírně rostla, ale nenabyla plného účinku, jelikož probíhal intenzivní pohyb. Hodinu po cvičení se pohybovala glykémie u spodní přijatelné hranice, nakonec však došlo ke klasické hypoglykémii po takto náročném cvičení.

Průměrný výkon byl 258 W a průměrný srdeční tep byl 150 t/min.

Graf č. 2: Průběh glykemické křivky během jízdy na kole po dobu 25 min s vyšší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

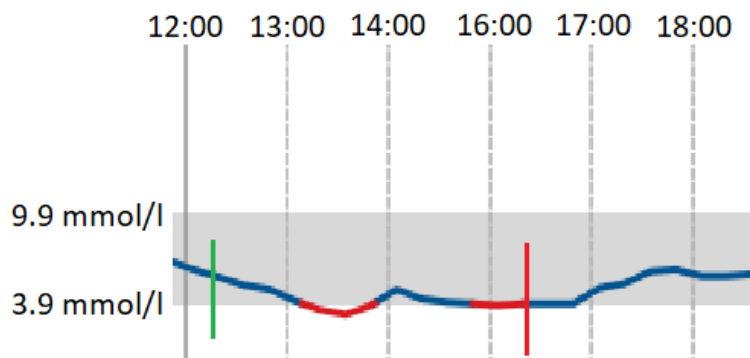
c) Kolo-180 minut, nízká intenzita:

V den experimentu neproběhly žádné extrémní výkyvy glykémie. Specifikace trasy: Eastern eight, ujeto 93 km, dosažená elevace činila 749 m. Při aktivitě hrála hudba, převažující žánr byl hardstyle, doprovázen další „rychlou“ hudbou. Emoce byly neutrální.

Před začátkem výkonu zkonsumoval subjekt 25 g sacharidů s vyšším glykemickým indexem, hladina glykémie byla 5.2 mmol/l (Graf č. 3). Dále hladina pomalu klesala (typický jev), v průběhu celého cvičení byly podávána jídla v rozmezí přibližně 20-30 minut s obsahem sacharidů v rozmezí 15 g až 37 g. Po skončení neměla glykémie tendenci přehnaně kolísat a držela stabilní hladinu. Z grafu můžeme vyvodit, že při aktivitě této charakteristiky v jejím průběhu glykémie mírně klesá, ale s dostatečnou suplementací sacharidů není příliš vysoké riziko hypoglykémie po skončení.

Průměrný výkon byl 166 W a průměrný srdeční tep byl 121 t/min.

Graf č. 3: Průběh glykemické křivky během jízdy na kole po dobu 180 min s nižší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

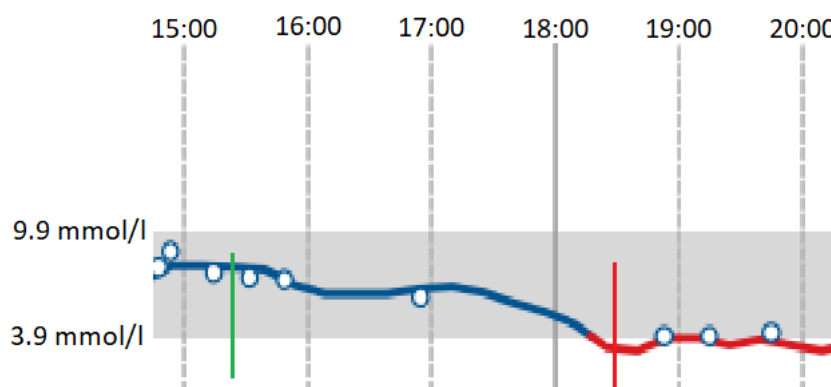
d) Kolo-180 minut, vyšší intenzita:

V den experimentu neproběhly žádné extrémní výkyvy glykémie. Specifikace trasy: Eastern eight, ujeto 97,1km, dosažená elevace činila 786 m. Při aktivitě hrála hudba, převažující žánr byl hardstyle, doprovázen další „rychlou“ hudbou. Emoce byly neutrální.

Před startem zkonzumoval subjekt 30 g sacharidů a dalších 20 g při začátku z důvodu vysoké intenzity. V přibližně 15minutovém intervalu probíhala konzumace jídel s obsahem sacharidů v rozmezí 20 g až 37 g. I přes vysoký příjem sacharidů se večer a v noci vyskytla hypoglykémie (Graf č. 4).

Průměrný výkon byl 179 W a průměrný srdeční tep byl 143 t/min.

Graf č. 4: Průběh glykemické křivky během jízdy na kole po dobu 180 min s vyšší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

(kolečka značí kdy byl subjekt měřen FreeStyle libre čtečkou)

Silový trénink – posilovna

a) Posilovna-25 minut, nízká intenzita:

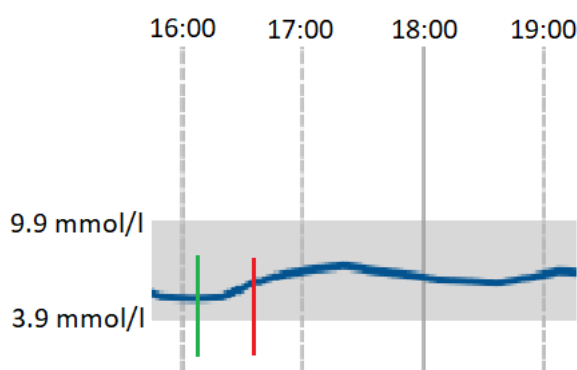
V den experimentu neproběhly žádné extrémní výkyvy glykémie. Při aktivitě hrála hudba, převažující žánr byl opět hardstyle, doprovázen další „rychlou“ hudbou. Emoce byly stále neutrální.

Před začátkem aktivity zkonzumoval subjekt 22 g sacharidů při hodnotě glykémie 5.0 mmol/l. Další měření uprostřed aktivity přineslo hodnotu 5.7 mmol/l. Po dokončení cvičení čtečka ukázala 6.7 mmol/l, došlo tedy k mírnému vzrůstu i přes nižší pohybovou aktivitu (Graf č. 5). Zde je třeba brát v úvahu, že suplementace sacharidů před cvičením byla lehce nadprůměrná a

bylo zkonsumováno více, než kolik by stačilo k ještě přesnějšímu udržení hladiny glykémie. Z grafu je nadále poznat i intenzita prováděného cvičení, jelikož glykémie neprokazovala extrémní výchyly.

Celková hodnota zvednutého závaží činila 2080 kg, tedy v přepočtu 83,2 kg/min.

Graf č. 5: Průběh glykemické křivky během posilování po dobu 25 min s nižší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

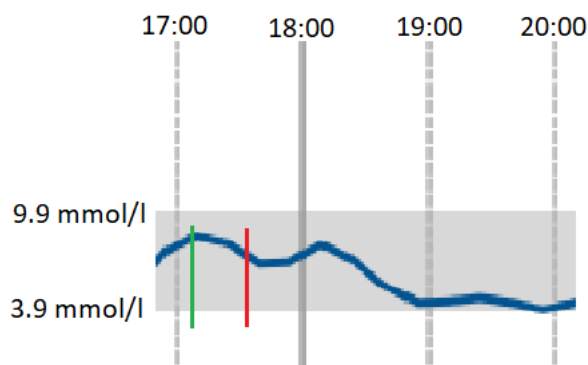
b) Posilovna-25 minut, vyšší intenzita:

Před experimentem proběhla lehká hypoglykémie (přibližně 45 minut, na grafu není viditelná, lze zde vyzpozorovat pouze část křivky po její kompenzaci), ta však z pohledu výkonnosti nepředstavovala závažný problém, jelikož byla glykémie rychle zvýšená na „optimální glykémii před cvičením“. Pro zpestření byla tentokrát hrána vážná, klasická hudba. Emoce i přes tuto změnu zůstaly neutrální.

Těsně před cvičením subjekt nic nekonsumoval, měl totiž hladinu glykémie dostatečnou už z předešlé kompenzace mírné hypoglykémie. Hodnota byla 9.2 mmol/l. Po ukončení aktivity klesla glykémie na 6.7 mmol/l (Graf č. 6).

Celková hodnota zvednutého závaží činila 4110 kg, tedy v přepočtu 164,4 kg/min.

Graf č. 6: Průběh glykemické křivky během posilování po dobu 25 min s vyšší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

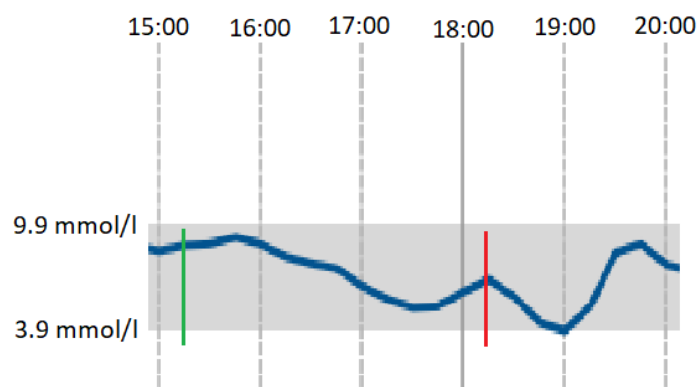
c) Posilovna-180 minut, nízká intenzita:

V den experimentu neproběhly žádné extrémní výkyvy glykémie. Při aktivitě hrála hudba, převažující žánr byl opět hardstyle, doprovázen další „rychlou“ hudbou. Emoce byly neutrální.

Před začátkem aktivity subjekt zkonsumoval 20 g sacharidů s glykemií 8.6 mmol/l. V průběhu byla po malých částech konzumována potravina, kde převládaly makroživiny jako tuky a sacharidy, potravina se tedy řadila mezi ty, které mají nižší glykemický index a vstřebávala se pomaleji. Po jedné hodině byla glykémie 7.2 mmol/l (Graf č.7). Dlouhotrvající silový trénink nám ukazuje postupné snížení hladiny glykémie i přes nižší intenzitu cvičení. Po ukončení aktivity je důležité dobře odhadnout další průběh křivky a přizpůsobit tomu množství aplikovaného inzulínu i konzumaci sacharidů.

Celková hodnota zvednutého závaží činila 16000 kg, tedy v přepočtu 88,9 kg/min.

Graf č. 7: Průběh glykemické křivky během posilování po dobu 180 min s nižší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

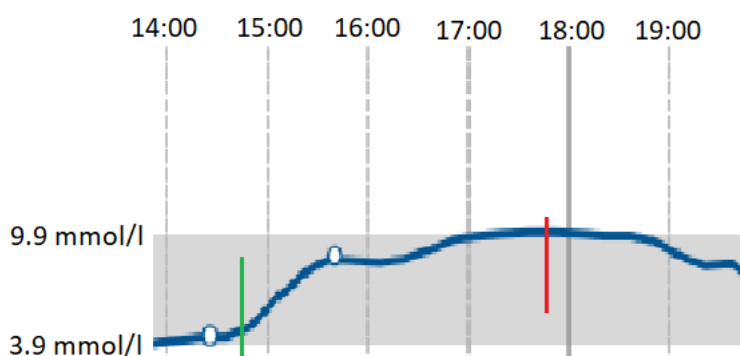
d) Posilovna-180 minut, vyšší intenzita:

V den experimentu neproběhly žádné extrémní výkyvy glykémie. Při aktivitě hrála hudba, převažující žánr byl hardstyle, doprovázen další „rychlou“ hudbou. Emoce při tomto cvičení byly zaznamenány jako postupný nárůst dobré nálady v době cvičení, v určitých chvílích až nadprůměrná radost a motivace.

Před cvičením proběhla konzumace sacharidů kvůli navýšení glykémie před výkonem. Po půl hodině bylo zkonsumováno 24 g sacharidů a naměřena hodnota 7.1 mmol/l. V polovině cvičení bylo dodáno 11 g sacharidů doprovázeno glykemií 9.1 mmol/l. Po 2 hodinách byla hodnota 9.5 mmol/l a přidáno dalších 10 g sacharidů. Předposlední měření po 2 hodinách a 20 minutách přineslo hodnotu 9.7 mmol/l, takže nebylo potřeba jíst. K finálnímu času 3 hodiny pak můžu přiřadit glykémii 9.9 mmol/l (Graf č. 8). Po výkonu se glykémie začala dostávat ke středním hodnotám šedé zóny. V následující noci se hodnoty po správném doplnění sacharidů pohybovaly v optimální, šedé, zóně.

Celková hodnota zvednutého závaží činila 22000 kg, tedy v přepočtu 122,2 kg/min.

Graf č. 8: Průběh glykemické křivky během posilování po dobu 180 min s vyšší intenzitou cvičení.



(začátek a konec aktivity je ohraničen zelenou a červenou svislou čarou)

(kolečka značí kdy byl subjekt měřen FreeStyle libre čtečkou)

V úvodu práce byly formulovány následující hypotézy

H₁: Jízdy na cyklistickém trenažéru ovlivní v průměru více hladinu glykémie než silové tréninky.

H₂: Větší dlouhodobý vliv (13-16 hodin po ukončení aktivity) bude mít na hladinu glykémie subjektu posilování.

Ze získaných výsledků plyne, že hypotéza H₁ je podpořena. Porovnáme-li průběhy grafů č. 1-4 a č. 5-8, vidíme, že silový trénink nemá stejný potenciál k tak razantnímu snížení hladiny glykémie jako cyklistika na trenažéru. Klíčovou roli zde podle všeho hraje průměrný srdeční tep, který nejvíce ze všeho ovlivňuje vývoj glykemické křivky.

Naproti tomu hypotéza H₂ nebyla podpořena naměřenými daty. Oproti předpokladu došlo k tomu, že subjekt vyčerpal zásoby glykogenu více při jízdě na cyklistickém trenažéru než při posilování (zde je možné opět porovnat grafy č. 1-4 a grafy č. 5-8 se zaměřením na glykémii po ukončení daných aktivit).

4 Diskuse

V této kapitole porovnám jednotlivé výsledky jednotlivých pokusů a pokusím se je zobecnit a uvést v kontextu obecně známých mechanismů vlivu pohybu na změny glykémie.

Z grafů je patrné, že při aerobních sportech, jako je v tomto případě jízda na cyklistickém trenažéru, se průměrně spotřebuje více energie z důvodu vyšší tepové frekvence. Je také logické, že čím déle aktivita trvá, tím dochází k větší spotřebě energie a tím pádem výraznějšímu ovlivnění vývoj hladiny glykémie.

Následná hladina glykémie po sportu se při cyklistice na trenažéru ubírala ve třech případech ze čtyř do hypoglykémie. To by mohlo klasifikovat tento typ pohybu jako zdraví nebezpečný, pro lidi s DM1. Naštěstí je tento problém snadno řešitelný, a to konzumací jídla s dostatečným obsahem sacharidů. Při cvičení v posilovně bylo na druhou stranu dosaženo optimálního snížení hladiny glykémie a nenastalo riziko hypoglykémie.

Vzhledem k tomu, že existuje velké množství různých sportů, které mohou být navíc provozovány v různých délkách a intenzitách, rozhodl jsem se vytvořit na základě dat získaných mými pokusy a pokusy dalších lidí s DM1 volně přístupnou databázi průběhů glykemických křivek pro rozmanité druhy sportu. Přestože jsou průběhy křivek individuální, existují zde určité zákonitosti, podle kterých se může diabetik, který se rozhodne pro danou aktivitu připravit na změny průběhu glykémie právě při jím vybrané aktivitě a případně lépe pochopit jisté souvislosti mezi již změřenými aktivitami z minulosti. Tento projekt začíná na sociálních sítích, kde je možné bezplatné šíření informací (glykemických křivek a věcí s nimi spojenými) mezi ostatní a dosáhnout nejprve povědomí o této činnosti v komunitě zabývající se cukrovkou 1. typu. Pokud se časem podaří vybudovat alespoň malou platformu, rád bych se spojil s konkrétními organizacemi, které se tímto tématem zabývají, a pomohl tak dalším lidem s DM1.

5 Závěr

Na začátku práce byl stanoven cíl porovnat odlišné typy pohybových aktivit a jejich vlivu na hladinu glykémie u dobře kompenzovaného člověka s DM1. Cíle se dosáhnout podařilo a očekávání byla naplněna. Výsledky těchto pokusů obecně staví na stejné bázi fyziologie lidského těla. Dalším cílem bylo pak také detailněji specifikovat vliv různých typů cvičení, jejich intenzit a délek na vývoj glykémie a ukázat na určité odlišnosti, v účincích různých pohybových aktivit. Z výsledků vyplývá, že aerobní typ pohybu má na změny glykémie výraznější vliv než silový trénink. Naproti tomu předpoklad, že silový trénink bude mít výraznější vliv na průběh glykémie v dlouhodobém horizontu po cvičení, nebyl potvrzen.

Potenciál odvětví „DM1-sport“ je veliký a není ještě zcela prozkoumaný, jakožto ale člověk trpící DM1 a sportovec vím, že ačkoliv se dají určité zákonitosti odvodit na základě fyziologických mechanismů, existují zde nezanedbatelné rozdíly nejen mezi individuálními jedinci, ale také specifiky jednotlivých typů sportu. Z tohoto důvodu by bylo vhodné v budoucnu cílit spíše na kompletaci specifických výukových materiálů, které by instruovaly člověka s DM1 nebo ošetřujícího lékaře o postupu v rozvoji vztahu mezi sportovními aktivitami a onemocněním Diabetes mellitus 1. typu tak, aby si každý sportovec s diabetem byl schopen ve spolupráci se svým ošetřujícím lékařem vyladit svůj režim s ohledem na intenzitu onemocnění a své pohybové potřeby.

ZDROJE

BARNARD, K., et al. Alcohol-associated risks for young adults with type 1 diabetes: a narrative review. *Diabetic Medicine*, 2012, 29.4: 434-440.

BELL, Kirstine J., et al. Impact of fat, protein, and glycemic index on postprandial glucose control in type 1 diabetes: implications for intensive diabetes management in the continuous glucose monitoring era. *Diabetes care*, 2015, 38.6: 1008-1015.

BOETTLER, Tobias. *Virus Infections in Type 1 Diabetes* [online]. 2012 [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <http://perspectivesinmedicine.cshlp.org/search?author1=Tobias+Boettler&sortspec=date&submit=Submit>

CHIMEN, M., A. KENNEDY, K. NIRANTHARAKUMAR, T. T. PANG, R. ANDREWS a P. NARENDRAN. *What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus?* [online]. 2011 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00125-011-2403-2>

COCKCROFT, E. J.; NARENDRAN, P.; ANDREWS, R. C. Exercise-induced hypoglycaemia in type 1 diabetes. *Experimental physiology*, 2020, 105.4: 590-599.

MCCORMICK, Michael T., Keith W. MUIR, Christopher S. GRAY a Matthew R. WALTERS. *Management of Hyperglycemia in Acute Stroke* [online]. 2008 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/STROKEAHA.107.496646>

OBROSOVA, Irina G. *Diabetes and the peripheral nerve* [online]. 2008 [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925443908002263>

OLDSTONE, Michael B.A., Michael NERENBERG a Peter SOUTHERN. *Virus infection triggers insulin-dependent diabetes mellitus in a transgenic model: Role of anti-self (virus) immune response* [online]. 2004 [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092544390400165U>

PARIKKA, V., et al. Early seroconversion and rapidly increasing autoantibody concentrations predict prepubertal manifestation of type 1 diabetes in children at genetic risk. *Diabetologia*, 2012, 55: 1926-1936.

PIŤHOVÁ, Pavlína. *Diabetická noha* [online]. 2017, 1 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/diabeticka-noha-2>

SAUDEK, František. *Cukrovka 1. typu* [online]. 2018 [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/cukrovka-typu-1-2>

SAUDEK, František. *Diabetická nefropatie* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/diabeticka-nefropatie-poskozeni-ledvin>

SAUDEK, František. *Diabetická neuropatie* [online]. IKEM Praha, 2020 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/diabeticka-neuropatie-poskozeni-nervu>

SAUDEK, František. *Inzulinové režimy* [online]. 2018 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/inzulinove-rezimy>

Statistika. *Cukrovka.cz* [online]. 2016, 1 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/statistika-2>

VLČEK, Ondřej. *Specifika vlivu sportovních pohybových aktivit u jedince s diabetes mellitus 1. typu*. Plzeň, 2014. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Mgr. Věra Knappová, Ph. D