

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Adéla Perntová

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Všeobecné ošetřovatelství

Adéla Perntová

**VÝVOJ TECHNOLOGIÍ V SELFMONITORINGU
GLUKÓZY U PACIENTŮ S ONEMOCNĚNÍM DIABETES
MELLITUS**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Pavlína Tůmová

PLZEŇ 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval/a samostatně a všechny použité zdroje jsem uvedl/a v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 30. 3. 2024.

.....

vlastnoruční podpis

Abstrakt

Příjmení a jméno: Perntová Adéla

Katedra: ošetrovatelství a porodní asistence

Název práce: Vývoj technologií v selfmonitoringu glukózy u pacientů s onemocněním diabetes mellitus

Vedoucí práce: Mgr. Tůmová Pavlína

Počet stran – číslované: 47

Počet stran – nečíslované: 53

Počet příloh: 2

Počet titulů použité literatury: 41

Klíčová slova: Diabetes mellitus, selfmonitoring, technologie měření glukózy, glukometry, glykémie, kontinuální měření glykémie

Souhrn:

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vývoj technologií v selfmonitoringu glukózy u pacientů s onemocněním diabetes mellitus. Cílem práce je analyzovat historický vývoj technologií pro selfmonitoring glukózy, identifikovat hlavní technologické inovace v oblasti a zhodnotit jejich vliv na management diabetu. Práce se také zaměří na současný stav technologií pro selfmonitoring glukózy a na trendové inovace, které ovlivňují tuto oblast. V neposlední řadě práce poskytne pohled do budoucnosti v této oblasti a diskutuje možné směry dalšího vývoje technologií pro selfmonitoring glukózy. Tato práce je určena pro odbornou veřejnost v oblasti diabetologie, vývoje zdravotnických technologií a pro všechny zájemce o problematiku diabetes mellitus a selfmonitoringu glukózy.

Abstract

Surname and name: Perntová Adéla

Department: Department of nursing care and midwifery

Title of thesis: Technology development in glucose selfmonitoring in the patients with diabetes mellitus

Consultant: Mgr. Tůmová Pavlína

Number of pages – numbered: 47

Number of pages – unnumbered: 53

Number of appendices:2

Number of literature items used:41

Keywords: Diabetes mellitus, self- monitoring, technology in glucose measurement, glucometers, blood sugar, continuous glucose monitoring

Summary:

This bachelor thesis focuses on the development of technologies in self-monitoring of glucose in patients with diabetes mellitus. The aim of the thesis is to analyze the historical development of technologies for glucose self-monitoring, to identify the main technological innovations in the field and to evaluate their impact on diabetes management. The thesis will also focus on the current status of technologies for glucose self-monitoring and the trending innovations affecting this field. Last but not least, the thesis will provide a glimpse into the future of this field and discuss possible directions for further development of technologies for glucose self-monitoring. This thesis is intended for professionals in the field of diabetes, medical technology development, and anyone interested in diabetes mellitus and glucose self-monitoring.

Poděkování

Děkuji Mgr. Pavlíně Tůmové za odborné vedení práce, poskytování rad a podkladů. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, příteli a Simbovi za jejich podporu a pochopení během mého studia.

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM ZKRATEK	11
ÚVOD.....	12
1 FORMULACE PROBLÉMU	14
2 CÍL PRÁCE.....	15
2.1 Dílčí cíle.....	15
2.2 Výzkumné otázky	15
METODIKA.....	16
Postup rešeršní strategie	16
Klíčová slova	17
Časové období	17
Informační zdroje a databáze.....	17
2.3 Hodnocení relevance vyhledaných vědeckých důkazů	17
2.3.1 Hodnocení kvality studií.....	17
2.3.2 Vylučovací a zahrnovací kritéria.....	17
REVIEW/PŘEHLEDOVÝ TEXT.....	19
3 DIABETES MELLITUS	19
3.1 Klasifikace diabetu	20
3.1.1 DM 1. Typu	20
3.1.2 DM 2. Typu	21
3.1.3 Gestační diabetes	21
3.1.4 Snížená glukózová tolerance	21
4 SELFMONITORING	23
4.1 Historie.....	23
4.2 Selfmonitoring glukózy	23
4.2.1 Cukr v moči	24
4.3 Selfmonitoring ketolátek.....	24
4.4 Frekvence selfmonitoringu	25
4.4.1 Glykemický profil	26
5 TECHNOLOGIE	27
5.1 První měření.....	27
5.2 Glukometry	27
5.3 Kontinuální monitorace glykémie	28
5.3.1 Princip fungování CGM	29

5.3.2	Indikace CGM	29
5.3.3	Faktory ovlivňující přesnost měření	29
6	EDUKACE PACIENTŮ	31
6.1	Selfmonitoring glykémie	31
6.2	Využití technologií	31
6.3	Motivace pacientů	31
6.4	Sestra a edukace	32
6.5	Pojišťovny a hrazení senzorů	33
7	VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT	34
7.1	Výsledky studií zabývajících se vývojem zařízení pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie	34
	DISKUZE	44
	ZÁVĚR	47
	SEZNAM LITERATURY	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ	52
	PŘÍLOHY	53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Senzor zavedený do podkoží	28
Obrázek 2: Guardian medtronic	53
Obrázek 3: FreeStyle Libre	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie	34
Tabulka 2: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie	36
Tabulka 3: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie	38
Tabulka 4: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie	40
Tabulka 5: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie	42

SEZNAM ZKRATEK

ADA	American Diabetes Association
CGM.....	Continuous Glucose Monitoring
DM.....	Diabetes Mellitus
HbA1C.....	Glykovaný hemoglobin
IDE	interdigitované elektrody
isCGM	Intermittently Scanned Continuous Glucose Monitoring
mmol/l.....	Milimol na litr
oGTT	Orálně glukózový test
PAD	Perorální antidiabetika
rtCGM.....	Real Time Continuous Glucose Monitoring
TAR	Time Above Range
TBR	Time Below Range
TIR.....	Time In Range
WHO.....	World Health Organization

ÚVOD

V této bakalářské práci se zaměříme na vývoj moderních technologií v selfmonitoringu glukózy, které mohou přinést nové možnosti a vylepšení v péči o pacienty s diabetem. Cílem je zkoumat aktuální trendy a inovace v oblasti technologií pro selfmonitoring glukózy u pacientů s diabetem mellitem. S rozvojem technologií se objevují nové senzory, monitory a aplikace, které umožňují pacientům snadnější a přesnější sledování jejich glykémie. Důležitým faktorem je také komfort pacientů, protože moderní technologie často nabízejí neinvazivní metody měření, které minimalizují bolest a nepohodlí spojené s tradičními metodami odběru krve.

Diabetes mellitus je chronické metabolické onemocnění, které postihuje miliony lidí po celém světě. Správná kontrola hladiny glukózy je pro pacienty s diabetem klíčová pro udržení jejich zdraví a kvality života. V současné době se stále více klade důraz na selfmonitoring glukózy, což znamená pravidelné měření hladiny glukózy pacienty samotnými doma.

V rámci této bakalářské práce se zaměříme na přehled dostupných technologií v selfmonitoringu glukózy a jejich porovnání z hlediska přesnosti, spolehlivosti a uživatelské přívětivosti. Analyzujeme také vliv těchto technologií na sledování glykémie, léčbu diabetu a celkový zdravotní stav pacientů. Dále se budeme věnovat trendům v oblasti vývoje nových technologií pro selfmonitoring glukózy a diskutovat o jejich potenciálním dopadu na diabetickou péči.

Výzkum v oblasti technologií pro selfmonitoring glukózy je stále v průběhu rozvoje a inovace neustále posouvají hranice možností v diagnostice a léčbě diabetu. Tato bakalářská práce si klade za cíl poskytnout přehled o aktuálním stavu v této oblasti a diskutovat o potenciálních budoucích směrech vývoje technologií pro selfmonitoring glukózy. Společným cílem těchto inovací je zlepšit kontrolu glykémie u pacientů s diabetem a přispět k celkovému zlepšení péče o tyto pacienty.

Vstupní studijní literatura:

RYBKA, Jaroslav. Pokroky v diabetologii 1. Praha: Avicenum, 1990. s. 201. ISBN 80-201-0040-7. RYBKA, Jaroslav. Život s cukrovkou. Praha: Avicenum, 1988. s. 101. ISBN 08-040-88.

JIRKOVSKÁ, Alexandra. Jak (si) kontrolovat a zvládat diabetes: manuál pro edukaci diabetiků. Praha: Mladá fronta, 2014. Lékař a pacient. ISBN 978-80-204-3246-9.

JIRKOVSKÁ, Alexandra. Léčba diabetu inzulinovou pumpou a monitorizace glykémie: praktická doporučení pro edukaci. 6. rozšířené vydání. Praha: Maxdorf, 2019. ISBN-978-80-7345-601-6.

OLCZUK, David a PRIEFER, Ronny. A History of Continuous Glucose Monitors (CGMs) in Self-Monitoring of Diabetes Mellitus. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. [online]. 2017, no. 12, s. 181-187 [vid. 2022-10-25]. ISSN 1871-4021. DOI 10.1016/j.dsx.2017.09.005.

1 FORMULACE PROBLÉMU

V posledních letech došlo k výraznému pokroku v oblasti technologií selfmonitoringu glukózy u pacientů s onemocněním diabetes mellitus. Tyto technologie umožňují pacientům pravidelně monitorovat hladiny glukózy v krvi a poskytují jim cenné informace pro správu jejich onemocnění. Díky pokroku v oblasti senzorů, monitorů a mobilních aplikací je sledování hladin glukózy stále pohodlnější, přesnější a dostupnější než kdykoliv předtím. Nové technologie selfmonitoringu glukózy nabízejí pacientům možnost kontinuálního monitorování hladin glukózy v reálném čase. To umožňuje pacientům a jejich lékařům získat detailní pohled na dynamiku hladin glukózy během dne a noci. Tato data mohou být využita k optimalizaci léčby a prevenci výskytu komplikací spojených s diabetem. Díky těmto informacím mohou pacienti lépe porozumět tomu, jak jejich tělo reaguje na potravu, fyzickou aktivitu, stres a další faktory, což může vést k lepšímu řízení jejich onemocnění. Díky vývoji moderních technologií selfmonitoringu glukózy mají pacienti s diabetem k dispozici širokou škálu zařízení a aplikací, které jim umožňují monitorovat své hladiny glukózy v různých situacích. Tato individualizovaná péče může vést k lepšímu porozumění vlastního onemocnění a k efektivnějšímu řízení hladin glukózy.

Vývoj technologií selfmonitoringu glukózy také otevírá nové možnosti pro personalizovanou léčbu a podporu pacientů s různými typy diabetu. V současné době je důležité sledovat další vývoj technologií selfmonitoringu glukózy a jejich dopad na klinickou praxi. S rostoucím množstvím dostupných technologií a dat je klíčové zkoumat, jak tato nová zařízení ovlivňují dlouhodobou kontrolu hladin glukózy u pacientů s diabetem mellitus a jakým způsobem mohou přispět k zlepšení jejich kvality života. Dále je důležité zkoumat, jaký vliv mají tyto technologie na snižování rizika akutních a dlouhodobých komplikací spojených s onemocněním a jak mohou být integrovány do každodenního života pacientů.

Na základě těchto skutečností jsme si stanovili výzkumný problém: Jak probíhá vývoj technologií v selfmonitoringu?

2 CÍL PRÁCE

- Zmapovat vývoj technologií v selfmonitoringu glukózy u pacientů s onemocněním diabetes mellitus.

2.1 Dílčí cíle

- Analyzovat výsledky studií zabývajících se vývojem zařízení pro monitoraci glykémie.
- Zmapovat vývoj technologií z dostupných knižních zdrojů.

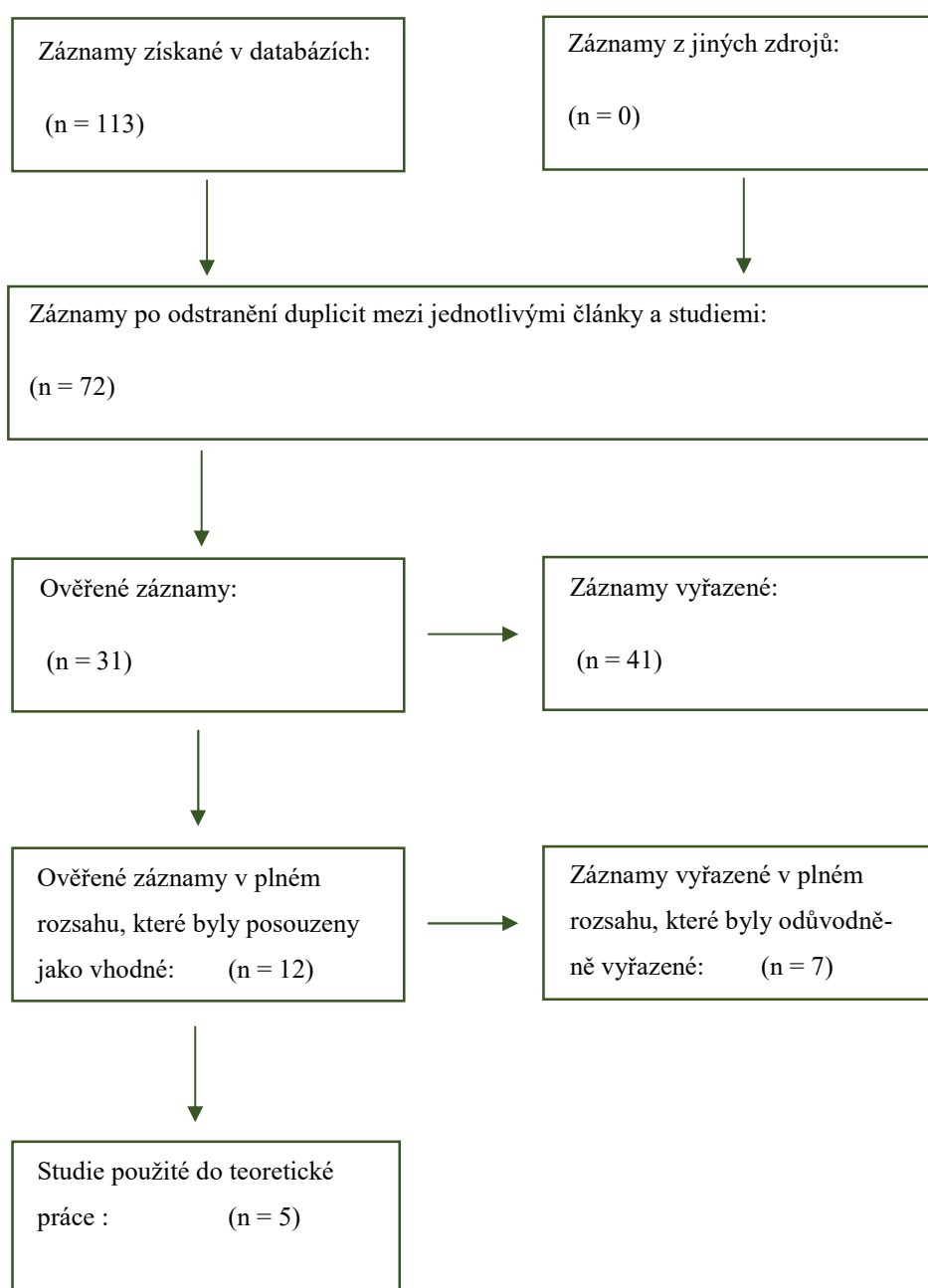
2.2 Výzkumné otázky

- Jaký je vývoj technologií v selfmonitoringu glukózy u pacientů s onemocněním diabetes mellitus?

METODIKA

Postup rešeršní strategie

V tomto výzkumu bylo nalezeno 113 záznamů především na platformách PubMed a Google Scholar. Po odstranění duplicitních studií nám zbylo 72 studií a článků, z kterých po ověření zůstalo 31 záznamů. Ty byly následně analyzovány a vzešlo z nich 12, které byly vybrány jako vhodné pro tento výzkum. Podle stanovených požadavků bylo z těchto 12 následně vybráno 5, které byly použity.



Vývojový diagram - PRISMA

Klíčová slova

Diabetes mellitus, selfmonitoring, technologie měření glukózy, glukometry, kontinuální měření glukózy

Keywords

Diabetes mellitus, selfmonitoring, glucose measurement technology, glucometers, continual glucose measurement

Časové období

Tato bakalářská práce se zabývá obdobím od 1980 do 2024, protože v tomto období docházelo k významným pokrokům v oblasti selfmonitoringu u pacientů s onemocněním diabetes mellitus.

Informační zdroje a databáze

Studie a články použité při psaní této práce pochází především z platformem PubMed a Google Scholar. Další doplňkové články pro teoretickou část pochází z internetových stránek Cukrovka.cz a Farmacie pro praxi. Následně bylo čerpáno z odborných knih zapůjčených v knihovně a časopisu DiaStyl.

2.3 Hodnocení relevance vyhledaných vědeckých důkazů

2.3.1 Hodnocení kvality studií

Studie byly hodnoceny na základě několika požadavků. Prvním požadavkem byla tematika práce, která musela odpovídat požadovanému zadání práce a musela nadále obsahovat klíčová slova uvedená v této práci. Výsledky, nebo alespoň text obsažený v záznamech, musely napomáhat k zodpovězení výzkumné otázky: „Jaký je vývoj technologií v selfmonitoringu glukózy u pacientů s onemocněním diabetes mellitus?“

Těmto kritériím odpovídalo 5 studií, z nichž 4 jsou experimentální studie (úroveň kvality důkazů VI) a jedna je studie prokazující koncepci (úroveň kvality důkazů VI). Úroveň kvality důkazů odpovídá hierarchie důkazů podle Melnyk, Fineout-Overholt, 2005 (in Jarošová a Zeleníková, 2014).

2.3.2 Vylučovací a zahrnovací kritéria

Mezi kritéria pro hodnocení studií patří především: jazyk studie (preferovány byli anglický a český jazyk), datum vydání studie 1980 – 2024, tematika a zaměření studie, která odpovídá tématu této práce. Vylučovací kritéria byla především nesplnění výše uve-

dených kritérií, práce nesplňující parametry studie, texty otisknuté v ne odborných časopisech a publikované na neprověřených webech.

REVIEW/PŘEHLEDOVÝ TEXT

3 DIABETES MELLITUS

„ *Diabetes mellitus je chronické heterogenní onemocnění provázené hyperglykémii v důsledku absolutního nebo relevantního nedostatku inzulínu.*” (Psottová,s.17, 2019)

Diabetes mellitus, který je známý též jako cukrovka či úplavice cukrová, představuje komplexní, chronické, autoimunitní onemocnění. Je to onemocnění celého těla, všech orgánů, nikoli jen slinivky břišní, jak by si mnozí mylně domnívají. Vzniká v důsledku omezení produkce inzulínu nebo jeho úplné absence ve slinivce břišní. Inzulín, hormon syntetizovaný beta-buňkami Langerhansových ostrůvků, hraje zásadní roli v regulaci metabolismu tuků, proteinů a hlavně sacharidů. Ztráta schopnosti těla efektivně vstřebávat glukózu má značný dopad na energetický metabolismus a může vyústit v různé komplikace s hladinou cukru v krvi. (Jirkovská, s. 17, 2014)

Důležité je zdůraznit, že diabetes mellitus není pouze otázkou nedostatku inzulínu, ale že vyžaduje individuální přístup jak v diagnostice, tak v léčbě. Porozumění této odborné perspektivě je klíčové pro efektivní zvládnání, kompenzaci a předcházení komplikacím spojeným s tímto onemocněním. To zahrnuje nejenom farmakoterapii a sledování glukózy v krvi, ale také podporu životního stylu, včetně vyvážené stravy a pravidelné fyzické aktivity. Edukace pacientů a poskytování podpory ze strany zdravotnického personálu jsou velmi důležité pro dosažení optimálních výsledků a zlepšení kvality života pro jednotlivce s DM. (ADA,2015)

V dnešní době se DM stal celosvětově rozšířeným zdravotním problémem. Světová zdravotnická organizace (WHO) odhaduje miliony lidí trpící diabetem a tento počet neustále roste. V roce 2021 trpělo tímto onemocněním, přibližně 537 miliónů dospělých do věku 79 let. Celosvětová globalizace a sní související změny životního stylu a stravovacích návyků vedou k nárůstu obezity, což je jedním z hlavních rizikových faktorů diabetu 2. typu. Lidé po celém světě stále častěji konzumují potraviny s vysokým obsahem kalorií, nasycených mastných kyselin a přidaných cukrů a s nízkým obsahem rozpustné vlákniny, vitamínů a minerálů. Nedostatek fyzické aktivity, která hraje klíčovou roli v prevenci a léčbě diabetu, je dalším významným prvkem současného životního stylu. Avšak stále více lidí se věnuje sedavému způsobu života, což zvyšuje riziko vzniku tohoto onemocnění. K dalším z rizikových faktorů se přidává stres, je spojený s moderním životním stylem,

který je charakterizovaný rychlým tempem, nedostatkem spánku a vysokým tlakem na výkon. Chronický stres, může značně zhoršit regulaci hladiny cukru v krvi a tím způsobuje inzulinovou rezistenci. (WHO, 2023, Psottová, s. 19, 2019)

3.1 Klasifikace diabetu

Existuje několik typů diabetu, které se odlišují příčinou a způsobem léčby. V této podkapitole se podíváme na nejběžnější typy diabetu.

3.1.1 DM 1. Typu

Vznik DM1. typu je způsoben zánikem beta-buněk v pankreatu, které jsou zodpovědné za tvorbu inzulínu. To vede k nedostatku inzulínu v organismu. Jelikož se glukóza obsažená v potravě neuloží do jater, tak koluje krví a glykémie stále stoupá. V krvi koluje glukóza ale buňky i přesto hladoví, protože inzulín jako klíč nefunguje a neotevřít buňky, které by měly správně glukózu přeměnit na energii. Tím, že se glukóza nemá kam ukládat vylučuje se z těla ven močí, lze prokázat glykosurií a upozornit na vysokou hladinu cukru v krvi. (Perušičová, s. 18, 2017)

Přibližně 95 % pacientů s DM1. typu je diagnostikováno v dětství nebo v adolescenci. Může se ovšem vyskytnout i v pozdějším věku. (Šumník, s. 2010) Při tomto typu není příčinou nadváha ani způsob stravování, člověk už se narodí s jistou genetickou vlohou, že se mu diabetes v průběhu života může prokázat. Přesná příčina nám není doposud zcela objasněna. Předpokládá se, že vzniká tedy kombinací genetických a environmentálních faktorů. Mezi genetické faktory patří mutace některých genů, ovlivňujících imunitní systém. Environmentální faktory, které by mohli hrát roli, zahrnují například některé virové infekce. (Lebl, s. 20, 2018)

Pacienti se léčí inzulinovou terapií od samého začátku diagnostiky. V počáteční fázi nemusí být dávka inzulínu tak vysoká, důvodem je tzv. honey–moon period, kdy se zdá, stav nemocného lepší. Glykémie je stabilizovaná a pacient v tomto období může potřebovat méně inzulínu. Honey-moon period je dočasný jev. postupně se beta buňky pankreatu dále ničí a produkce inzulínu klesá. V důsledku toho se hladina cukru v krvi opět zvyšuje a pacient potřebuje vyšší dávky inzulínu. (Svačina, s. 22, 2014)

Diabetici 1. typu si aplikují inzulín injekčně pod kůži nebo mají inzulinovou pumpu, která jim dodává inzulín kontinuálně (bazálně) po 24 hodin a na jídla dodává inzulín bolusově. Inzulinovou terapii jim individuálně nastavuje lékař. Pacient musí spolupracovat

a naučit správně regulovat dávky inzulínu v potřebných situacích v závislosti na hodnotě glykémie. DM1. typu se nedá vyléčit, ale dá se léčit a pacienti mohou s dnešním pokrokem v technologiích a medicíně, žít kvalitní a plnohodnotný život. (Lebl, s. 18-20, 2018)

3.1.2 DM 2. Typu

Vzniká, pokud neumí organismus správně odpovědět na inzulín. To znamená, že i když tělo vytváří vlastní inzulín není schopno jej adekvátně využít. Mezi rizikové skupiny pro rozvoj DM 2. typu patří osoby starší 45 let, s nadváhou či obezitou, s nízkou fyzickou aktivitou a s výskytem diabetu v rodinné anamnéze. Mezi příznaky nejčastěji patří únava, žízeň, polyurie. V některých případech se na DM 2. typu přijde při dlouhodobě nehojících se zánětlivých, kožních projevech nebo poruše zraku. Nebývá úbytek hmotnosti a nechutenství, jak je známé u příznaků DM1. typu Jedním z hlavních přístupů k léčbě je diabetická dieta, která omezuje přísun sacharidů a cukrů a podporuje konzumaci vyvážených jídel s nízkým glykemickým indexem. Důležitá je také fyzická aktivita, ta pomáhá snižovat hladinu cukru v krvi a tím i zlepšuje citlivost těla na inzulín. Pokud tyto nefarmakologické metody nejsou dostatečně účinné, lékaři mohou zahájit léčbu perorálními antidiabetiky (PAD). Tato léčiva fungují různými způsoby, například zvyšují citlivost buněk na inzulín nebo snižující produkci glukózy v játrech. V případě stále neuspokojivých hodnot hladiny cukru v krvi se může nasadit inzulinoterapie, která zahrnuje podávání inzulínu injekcemi s.c.. Nicméně většina pacientů dokáže efektivně zvládat svou cukrovku pomocí držení diabetické diety a změn životního stylu, aniž by potřeboval inzulín. (Lebl, s. 21, 2018, Svačina, s. 23-24, 2014)

3.1.3 Gestační diabetes

Probíhá jako porucha glukózové tolerance v těhotenství a po porodu zaniká. Většinou vzniká v 2. trimestru a probíhá celé těhotenství, po porodu ve většině případů zaniká. Pro zjištění se provádí oGTT na začátku těhotenství a následně mezi 24. - 28. týdnem těhotenství, pokud nebyla cukrovka prokázána při prvním testu. Těhotná dodržuje diabetickou dietu, kontroluje si hodnoty glykémie, ale je možná i dočasná léčba inzulínem. (WHO, 2023, Adamíková, str185-186,2006)

3.1.4 Snižená glukózová tolerance

Hladina glukózy je vyšší, než normální ale není tak vysoká, aby byl diagnostikován diabetes. Je zde i vyšší pravděpodobnost pozdějšího rozvoje DM 2. typu. Hlavním cílem léčby se bere nerozvinutí DM2. typu a dalších komplikací, jako jsou poškození ledvin nebo

srdeční choroby. Prokazuje se vyššími hodnotami glykémie po oGTT. (Perušičková, s. 24, 2012)

4 SELFMONITORING

Neboli samokontrola je kontrola glykémie a ketolátek pacientem samotným. V životě diabetika je to každodenní činností, od které se odvíjí jakákoliv další reakce, ať už regulace dávky inzulínu, množství snědených sacharidů nebo následná fyzická aktivita. Diabetik si musí být vědom, že potřebuje dosáhnout, co nejlepších výsledků a těch nedosáhne pouze kontrolou krevního tlaku, váhy a glykovaného hemoglobinu od svého diabetologa jednou za čtvrtletí, ale že se musí aktivně zapojit. (Lebl, s. 39, 2018) Do selfmonitoringu se tedy zahrnuje kontrola glykémie a ketolátek z krve nebo moči, se kterými se teď seznámíme.

4.1 Historie

Teprve v roce 1674 si anglický lékař Willis všiml sladké chuti moči pacientů s diabetem. Začal využívat ochutnávání moči diabetiků jako diagnostický nástroj. Ačkoli byly známy symptomy diabetu jako je sladká moč, zvýšená chuť k jídlu, výskyt nehojících se ran nebo sexuální dysfunkce, dlouho nebyla známá příčina onemocnění a léčba tak nebyla účinná. V roce 1774 Matthew Dobson zavedl jednoduchý chemický test pro detekci cukru v moči. O přibližně sto let déle, lékař Oskar Minkowski provedl u psa excizi pankreatu a zjistil přítomnost cukru v jeho moči. Na základě tohoto případu Jean de Meyer v roce 1909 navrhl možnost existence hormonu s endokrinní funkcí, který by mohl snižovat hladinu cukru v krvi, a nazval ho inzulín. (Kudlová, s. 11-13, 2015)

4.2 Selfmonitoring glukózy

Pacienti musí podrobně znát své onemocnění a znát rizika a komplikace, která mohou nastat při dlouhodobé dekompenzaci a při nedodržování cílových hodnot glykémie. Optimální je udržovat glykémii v rozmezí, které je typické pro osoby bez diabetu. Těmto hodnotám se dá nejlépe dosáhnout správně nasazenou léčbou ale hlavně korigováním si svých potřeb k onemocnění, jako jsou dávky inzulínu a pohyb. Hodnoty glykémie u nediabetických osob se pohybují od 3,8 mmol/l- 5,6 mmol/l na lačno a po jídle by neměla přesáhnout hodnoty nad 7,8 mmol/l. U diabetických pacientů se toleruje širší rozsah, ale stále se snažíme přiblížit, co nejvíce fyziologickým hodnotám. (Janáčková, s.22, 2018)

Postup měření glykémie glukometrem:

- Umyjte si ruce vodou s mýdlem a pečlivě osušte.

- Připravte si glukometr a vložte do něj testovací proužek.
- Proveďte vpich do bříška prstu– nejlépe na stranách nedominantních prstů a prsty pravidelně střídat.
- Naneste kapku krve na testovací proužek.
- Glukometr během chvíle změří hladinu cukru v krvi.

Čím častěji kontrolujeme hladinu cukru během dne a noci, tím lépe můžeme přizpůsobit inzulínovou dávku potřebám pacientů. Studie prokázaly, že častější měření glykémie vede ke zlepšení měřených hodnot a snížení rizika komplikací diabetu, jako jsou hypoglykémie, ketoacidóza a chronické komplikace. I když měření poskytuje užitečné informace, nedokáže poskytnout úplný obraz o hladině cukru v krvi v průběhu dne. Například hodnoty po jídle, během fyzické aktivity atd., proto se v poslední době stále více upřednostňuje CGM, která umožňuje neustále sledování hladiny cukru a trendů, což umožňuje lépe reagovat ještě před zhoršením stavu. (Piřhová, s. 17, 2016)

4.2.1 Cukr v moči

Cukr v moči neboli glykosurie, je indikátorem vysoké glykémie. Pokud není glukóza správně vstřebávána do buněk kvůli nedostatku inzulínu, cirkuluje nadměrně v krvi, a nakonec se vylučuje do moči přes ledviny. Tento jev bývá často mezi prvními příznaky při diagnostice DM. (Lebl, s. 52, 2018)

Glykosurie může být detekována pomocí jednoduchých testovacích proužků, které jsou namočeny do vzorku s močí. Tyto proužky obsahují chemické látky, které reagují s glukózou v moči a výsledná změna barvy nám ukáže přítomnost a koncentraci cukru v moči. Při opakovaném prokázání je důležité konzultovat tuto skutečnost s lékařem a případně upravit léčebný režim. Hrozí zde několik komplikací jako je vyšší náchylnost k infekcím anebo ztráta hmotnosti. Ideální hodnoty by měly být nulové a těch pacientů nejlépe dosáhnou dobrou kompenzací diabetu. (Rybka, Adamíková, s. 96, 2006)

4.3 Selfmonitoring ketolátek

Ketolátky se dají měřit dvojitým způsobem, a to buď z moči nebo krve. Měření z krve je daleko přesnější, spolehlivější a v současnosti i diabetology doporučovaná metoda. V moči se zobrazují až po delším čase, zatímco v krvi, pokud se ketolátky vyskytují, jsou aktuální a hodnota přesná. Ketony v krvi zjišťujeme pomocí glukometru, který je

upravený tak, že se dá přepnout z měření glykémie na měření ketonů. Diagnostika probíhá na stejném principu jako zjišťování glykémie glukometrem. (Prázný, s. 157, 2014)

Postup měření ketolátek:

- Do přístroje se vloží diagnostický proužek na měření ketonů.
- Na proužek se nanese kapička krve z prstu.
- Přístroj změří hladinu ketonů v krvi a zobrazí výsledek na displeji.

Kontrola není tak častá, jako u glykémie, dříve se doporučovalo měřit ketolátky v moči každé ráno, nyní to již není třeba. Sledování hodnot se využívá především při rizikových situacích, jako je nemoc, dlouhodobě vysoké glykémie a podezření na ketoacidózu. Normální hladina se pohybuje do 0,5 mmol/l a hladina nad 3 mmol/l u diabetiků indikuje riziko vzniku ketoacidózy. U pacientů léčených inzulínovou pumpou je riziko ucpání nebo zalomení kanyly a tím nedochází k doručení inzulínu do těla. V tomto případě se mohou rapidně zvednout glykémie a nastává tak riziko vzniku ketoacidózy. U pacientů na inzulínových perech je riziko méně časté, a to díky bazálnímu (dlouhodobému) inzulínu, který zajišťuje stabilní hladinu inzulínu v krvi po dobu 24, a v některých případech i 36 hodin. Sledování ketolátek je pro diabetiky přínosnou metodou pro kompenzaci diabetu a předcházení nechtěných rizik s ním spojených. (Lebl, s. 51, 2018)

4.4 Frekvence selfmonitoringu

Frekvence a rozložení měření glykémie v průběhu dne se u pacientů s diabetem liší. Záleží na typu diabetu, léčbě a individuálních potřebách pacienta. Pacienti s DM1. typu obvykle provádějí 4 až 8 měření denně, s ohledem na kompenzaci diabetu a metabolickou rovnováhu. Pro zpětné hodnocení lékařem je vhodné alespoň 1-2x za dva týdny provést soubor měření v průběhu jednoho dne a to takto – ráno na lačno, po snídani, před obědem, po obědě, před večeří, po večeří, před spaním a kolem 1. až 3. hodiny ranní. (Brož, Rahe-
lič76-78)

U pacientů s DM2. typu závisí frekvence selfmonitoringu na typu léčby a kompenzaci onemocnění. Pacienti léčení dietou a PAD obvykle provádějí pouze 1x týdně soubor měření, a to – nalačno, po snídani, po obědě a po večeří. Pacienti na inzulínovém režimu obvykle provádějí 1-2 denní měření- nalačno a před večeří/spaním) a 1x týdně soubor měření. (Štechová, s. 17, 2016)

Ve zvláštních situacích, jako je těhotenství, předoperační vyšetření, orgánové nebo jiné komplikace diabetu, opakované nepoznané hypoglykémie, řízení motorového vozidla nebo nemoc, je nutné zajistit přísnou metabolickou kompenzaci a častější měření glykémie. (Rybka, Adamíková, s. 91, 2006)

4.4.1 Glykemický profil

Glykemický profil nám poskytuje co nejpřesnější zobrazení glykemických hodnot během dne diabetika. Ten se měří vždy před podáním krátkodobého inzulínu, tedy před každým hlavním jídlem a někdy i svačin, 2 hodiny po jídle, před spaním a v průběhu noci (kolem 1.-3. hodiny ranní). Podle naměřené hodnoty zareaguje a podá si adekvátní dávku inzulínu a množství jídla. Následně také zaznamenává hodnoty glykémie, dávku inzulínu, počet snědených sacharidů a někdy i pohybovou aktivitu nebo naopak nemoc do deníku diabetika nebo do glukometru. Všechny tyto informace, pokud jsou zaznamenané v glukometru, jsme schopní si přenést do počítače. Záznamy o glykémii jsou důležité pro následnou kontrolu u diabetologa. Lékař s pacientem na základě těchto záznamů prodiskutuje glykemický profil a vyhodnotí, zda nastala situace, kdy pacient mohl udělat chybu a následná hodnota glykémie byla mimo normální rozsah. (Brož, Rahelić, s.77, 2015)

5 TECHNOLOGIE

5.1 První měření

Selfmonitoring spočíval v testování moči pomocí Benediktova a Lestradetova činidla, přičemž několik kapek moči bylo umístěno do zkumavky s Benediktovým činidlem a ohřáto k varu. Pokud se objevil barevný zákal, byla tím prokázána glykosurie, jejíž stupeň byl pouze odhadován podle intenzity zbarvení. Barva Benediktova činidla zůstala modrá, pokud se v moči nenacházela glukóza. Pokud však v moči glukóza byla obsažena a tím i aldehydická skupina, po zahřátí směsi došlo k vytvoření zeleného zbarvení. Při vysoké koncentraci se nakonec vylučoval červený oxid měďnatý, což způsobilo tmavé zbarvení směsi ve zkumavce. K určení ketonurie zase sloužilo nakapání několika kapek moči na malé množství Lestradetova činidla. Pouze z doplňkového vyšetření se postupně stalo vyšetření základní a nezbytné pro kvalitní léčbu diabetu. (Rybka, s. 201, 1990)

5.2 Glukometry

Historie vývoje glukometrů začíná v druhé polovině 20. století, kdy americká vědecká dvojice Leland C. Clark a Champ Lyons přišli s nápadem využít specifické enzymatické reakce pro měření glukózy v krvi. V 60. letech byl představen první koncept biosenzoru, avšak v té době byl ještě velký a nepřenositelný. Toto zařízení dokázalo měřit koncentraci glukózy v předloženém vzorku. Technologie postupovala a další revoluci představoval vynález testovacích proužků, které obsahovaly speciální enzymy, koenzymy, mediátory a indikátory a umožňovaly elektrochemické reakce po nanesení kapky krve. Výsledkem byl signál, který přístroj, tentokrát již menšího rozměru, mohl vyhodnotit jako množství glukózy v krvi. (Honka, s. 264, 2010)

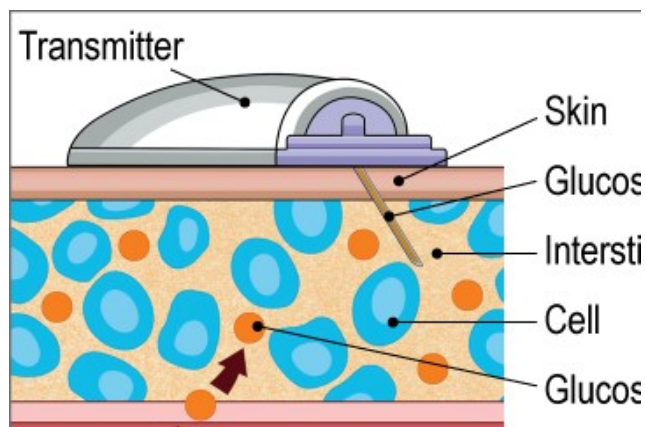
V 70. letech byl na trh uveden první osobní glukometr, a to firmou LifeScan (dnes-The One Touch). Tento glukometr používal testovací proužek na fotometrické bázi, který změnil zbarvení měřicí plochy po chemické reakci s kapkou krve. Podle intenzity změny pak přístroj vyhodnotil hodnotu. Měření glukózy fotometrickou metodou spočívá ve změně barvy, která se stane po chemické reakci s glukózou a ovlivní, jak světlo prochází skrze vzorek. Tento princip se dodnes využívá v testovacích proužcích pro stanovení glukózy v moči. (Pitřhová, s. 13, 2016)

Glukometry se do začátku 70. let stále objevovaly pouze v nemocničním prostředí a pacienti si tedy nemohli kontrolovat vlastní hodnoty glykémie kdykoliv a kdekoliv, jako je tomu dnes. První glukometr, který se dostal do domácího prostředí, patřil Richardu Bernsteinovi. Byl diabetikem 1. typu a velice drahý a jinak nedostupný glukometr mu pomohla opatřit jeho manželka, která byla lékařkou. Bernstein velice rychle pochopil důležitost selfmonitoringu a tak se snažil svůj názor protlačit i na odbornou veřejnost, ta ho však jako pacienta a bez řádného vzdělání nechtěla poslouchat. Vystudoval medicínu a dodnes je uznávaným diabetologem. Prosadil důležitost domácího selfmonitoringu a snažil se, aby pro diabetické pacienty byla přístupnější léčba i pochopení, že lidé s DM potřebují lépe znát své onemocnění a vědět jak při různých situacích reagovat. Již dlouho se zabývá nízkosacharidovou dietu a jejími blahodárnými účinky na hladinu cukru v krvi ve spojení s onemocněním diabetes mellitus. (Picková, s.78, 2019)

V 80. a 90. letech 20. století se glukometry staly menšími, dostupnějšími a snadněji použitelnými, Byly vyvinuty glukometry s testovacími proužky, které pacientům umožnily měřit hladinu cukru v krvi v pohodlí domova. To vedlo k výraznému zlepšení kontroly glykémie u pacientů s diabetem. (Křen, s.116, 2023)

5.3 Kontinuální monitorace glykémie

Od roku 1999 začala naprosto nová éra v léčbě diabetu, protože byl schválen vůbec první systém kontinuálního monitorování glykémie, který má pomáhat lidem s diagnostikovaným diabetem. Vývoj této nové technologie umožnil pacientům sledovat hladinu cukru v krvi pomocí přístroje zavedeného v podkoží. Dnešní senzory vydrží přibližně 7-14 dní, dle typu výrobce, Systém CGM měří hladinu glukózy v intersticiální tekutině pacienta v průběhu celého dne. Nejmodernější přístroje nyní vysílají pacientům i varovné signály, když se jejich glykémie vyskytne mimo přijatelné rozmezí. Existuje několik zdravotnických zprostředkovatelů od roku 1999, které uvádějí CGM senzory na trh. Mezi hlavní firmy patří Medtronic, Dexcom Inc. A Abbott Laboratories (Olczuk, 2017)



Obrázek 1: Senzor zavedený do podkoží

5.3.1 Princip fungování CGM

Pacienti nosí na kůži senzor se zavedeným tenkým vláknem do podkoží. Senzor tak měří hladinu glukózy v mezibuněčné tekutině a bezdrátově odesílá data do přijímače. Přijímačem může být inzulínová pumpa, mobilní telefon nebo speciální zařízení. Pacient tak má neustálý přehled o své glykémii bez nutnosti se píchat do prstu. Je důležité si uvědomit, že senzor měří glukózu z mezibuněčné tekutiny, nikoliv z krve. V případě, kdy mohou být prudké změny glykémie, se údaje ze senzoru a glukometru nemusí shodovat. CGM může mít v tomto případě zpoždění 10-20 minut, výjimečně 30 minut. (Krollová, 2024)

Senzory fungují na principu elektrochemické reakce. Na platinové elektrodě, která je zavedena v podkoží, se nachází enzym glukózo-oxidáza, který reaguje s glukózou v mezibuněčné tekutině. Tato reakce generuje elektrický signál, jehož síla je úměrná koncentraci glukózy. Signál je pak tedy bezdrátově vyslán do přijímače, kde se zobrazí jako hodnota glykémie. (Jirkovská, s 30, 2019)

5.3.2 Indikace CGM

Glukózové senzory jsou zvláště vhodné pro pacienty s DM1. typu, u kterých dochází k častým a náhlým výkyvům glykémie. Pomáhají předcházet hypoglykemiím a zlepšují celkovou kompenzaci diabetu. Senzory jsou ovšem také velice přínosné pro pacienty, kteří mají nestabilní glykémie, jsou motivováni k aktivnímu zvládnutí svého onemocnění, chtějí se lépe naučit reagovat na změny glykemií, diabetiky 2. typu a v některých případech jsou dočasně nasazené při gestačním diabetu. (Šoupal, 2020)

5.3.3 Faktory ovlivňující přesnost měření

Výrobci CGM systémů se snaží neustále zlepšovat přesnost svých zařízení. Nové senzory a algoritmy umožňují dosahovat stále vyšší přesnosti měření. Přesnost měření CGM se obvykle vyjadřuje pomocí metriky známé jako MARD (Mean Absolute Relative Difference), která udává průměrný absolutní rozdíl mezi hodnotami CGM a referenčními hodnotami měřenými laboratorními analyzátory. Přesnost měření CGM je klíčová zejména pro diabetiky, kteří řídí svou inzulínovou terapii na základě hodnot z CGM. Nepřesné měření může vést k nesprávným rozhodnutím ohledně dávkování inzulínu, což může mít vážné zdravotní důsledky. Zlepšení přesnosti měření CGM může také vést k lepšímu porozumění dynamiky hladiny cukru v krvi a umožnit lékařům a pacientům lépe reagovat na změny v hladině glukózy. (Abbot, 2022)

Významným faktorem ovlivňujícím přesnost měření CGM je také správná kalibrace senzoru. Kalibrace je proces, při kterém uživatel porovnává hodnoty z CGM s hodnotami z tradičního měření glukózy a zadává korekce, aby byla dosažena co nejvyšší přesnost. Správná kalibrace je klíčová pro zajištění přesných výsledků měření. Je také důležité si uvědomit, že žádný měřicí systém není stoprocentně přesný. Uživatelé CGM by měli být obezřetní a pravidelně provádět kontrolní měření glukometrem, zejména pokud se jim zdají výsledky měření CGM neobvyklé. (Jirkovská, s. 30, 2019)

Dalším faktorem ovlivňujícím přesnost měření CGM je umístění senzoru na těle. Správné umístění senzoru může ovlivnit rychlost a přesnost měření. Výrobci CGM systémů poskytují doporučení pro umístění senzoru, která mohou pomoci uživatelům dosáhnout co nejpřesnějších výsledků, nejčastěji jsou to ovšem zadní strana paží. (Jirkovská, s.31, 2019)

V neposlední řadě je důležité, aby uživatelé CGM systémů byli dobře edukováni v jejich používání. Správné nasazení, kalibrace a interpretace výsledků jsou klíčové pro zajištění co nejvyšší přesnosti měření. Vzhledem k neustálému vývoji technologií je možné očekávat, že přesnost měření CGM bude i nadále stoupat. To by mohlo mít významný dopad na kvalitu života diabetiků a jejich schopnost spravovat svou nemoc efektivněji (Štechová, s. 34, 2016)

6 EDUKACE PACIENTŮ

6.1 Selfmonitoring glykémie

Edukovat pacienty s diabetem o důležitosti selfmonitoringu je klíčové z několika důvodů. Pravidelné monitorování glykémie a interpretace výsledků umožňuje pacientům převzít kontrolu nad svým zdravím a možnost předcházet akutním i dlouhodobým komplikacím. Mohou tím lépe pochopit, jak jejich tělo reaguje na léčbu, a lékaři mohou léčbu lépe přizpůsobit, potřebám pacienta. Pacientům se doporučuje, aby dodržovali stanovený plán pravidelného sledování hladiny glukózy v krvi, a to i když se cítí dobře. Zvýšení frekvence monitorování ve dnech předcházejících lékařským kontrolám poskytuje cenné poznatky jak pro pacienty, tak pro poskytovatele zdravotní péče. Zvláštní situace, jako je onemocnění nebo změna životosprávy, mohou vyžadovat častější monitorování. Jsou zde možné výkyvy glykemií kvůli rozdílnému režimu, než na které je pacient zvyklý. (Jirkovská, 2017, s. 75)

Správná péče o diabetes a pravidelné monitorování glykémie může vést ke zlepšení celkové kvality života pacientů tím, že stabilizuje hladiny cukru v krvi a snižuje riziko komplikací, což jim umožní vést aktivní a plnohodnotný život. (Jirkovská, s. 35, 2014)

6.2 Využití technologií

Moderní technologie, jako jsou systémy kontinuálního monitorování glukózy a inzulinové pumpy, zjednodušily pacientům léčbu diabetu. Bolusové kalkulačky a mobilní aplikace mohou pacientům pomoci při informovaném rozhodování o dávkách inzulínu a příjmu sacharidů, a podpořit tak lepší kontrolu glykémie. (Jirkovská, 2017, s. 79)

6.3 Motivace pacientů

Motivace diabetika k pravidelnému selfmonitoringu je klíčovým prvkem úspěšného zvládnání jejich onemocnění. Je důležité porozumět tomu, co motivuje jedince s diabetem k pravidelnému monitorování jejich hladiny cukru v krvi, příjmu potravy a dalších faktorů ovlivňujících jejich zdravotní stav. Tento proces selfmonitoringu může být pro mnohé diabetiky náročný a časově i emocionálně náročný, avšak jeho důležitost pro stabilitu jejich zdravotního stavu je nezpochybnitelná. Pochopení rizik spojených s neadekvátní kontrolou diabetu může diabetiky motivovat k větší disciplíně a péči o své zdraví prostřednictvím pravidelného selfmonitoringu. (Lin, 2023)

Dalším zásadním faktorem motivace diabetiků k selfmonitoringu je podpora ze strany zdravotnických pracovníků a rodiny. Je velmi potřebné budovat důvěru a porozumění mezi zdravotnickým personálem a pacienty s diabetem. V dnešní době existuje mnoho zařízení a aplikací, které umožňují diabetikům snadněji a pohodlněji monitorovat jejich hladinu cukru v krvi, stravovací návyky, fyzickou aktivitu a další důležité faktory ovlivňující jejich zdravotní stav. Tyto technologické nástroje mohou být pro diabetiky velkým motivačním faktorem, protože jim umožňují sledovat svůj pokrok, získávat okamžitou zpětnou vazbu a snadněji si udržovat disciplínu v péči o své zdraví. (Jirkovská, s. 78, 2017)

V neposlední řadě je důležité nezapomínat na psychologický a emocionální aspekt motivace diabetiků k selfmonitoringu. Život s diabetem může být náročný a stresující, a mnozí diabetici se mohou potýkat s pocitem bezmoci či únavy z neustálé péče o své zdraví. (Rybka, s. 109, 2006)

6.4 Sestra a edukace

Role sester v edukaci je unikátní, mají příležitost pracovat přímo s pacienty a jejich rodinami, poskytovat jim nezbytné informace a dovednosti k tomu, aby mohli správně sledovat svůj zdravotní stav a řídit svou nemoc. V rámci vzdělávání by měly sestry nejenom vysvětlit technické aspekty používání glukometrů a CGM, ale také pomoci pacientům porozumět významu sledování hladiny glukózy v krvi a jakým způsobem tyto informace ovlivňují jejich denní život. Také by měly být schopny vysvětlit pacientům, jak interpretovat výsledky měření, jak reagovat na neobvyklé hodnoty a jak tyto informace sdílet s lékařem pro optimalizaci léčby. Kromě toho by měly sestry podporovat pacienty v nalezení motivace k pravidelnému selfmonitoringu a pomáhat jim překonávat případné překážky, které by mohly bránit v efektivním sledování jejich zdravotního stavu. Sestry mohou hrát klíčovou roli v budování důvěry mezi pacienty a zdravotnickým týmem a mohou být zdrojem kontinuální podpory a povzbuzení pro pacienty s chronickými onemocněními. (Jirkovská, 2017)

V neposlední řadě by měly sestry také dbát na to, aby vzdělávání bylo přizpůsobeno individuálním potřebám každého pacienta, s důrazem na jejich schopnosti a preferované způsoby učení. Tímto způsobem mohou sestry zajistit, že pacienti budou schopni efektivně využívat selfmonitoring jako nástroj pro lepší řízení svého zdraví a dosahování lepších výsledků v léčbě svého onemocnění. (IKEM, 2023)

6.5 Pojišťovny a hrazení senzorů

V České republice je hrazení senzorů pro diabetiky prostřednictvím pojišťoven regulováno zdravotními pojišťovnami a stanovenými zákony a pravidly týkajícími se hrazení zdravotní péče. Sensory pro kontinuální monitorování hladiny glukózy jsou důležitým prvkem pro správu diabetu, a proto je důležité porozumět, jakým způsobem je jejich hrazení upraveno v rámci českého zdravotního systému. Limity a podmínky hrazení senzorů mohou být stanoveny na základě klinických kritérií a doporučení odborných společností zabývajících se diabetologií. Přesné podmínky hrazení senzorů pro diabetiky se mohou lišit v závislosti na konkrétní zdravotní pojišťovně a konkrétním pojištění pacienta. Důležitým faktorem ovlivňujícím hrazení senzorů pro diabetiky v České republice může být také ekonomická situace zdravotních pojišťoven a celková dostupnost finančních prostředků pro hrazení zdravotní péče. Zdravotní pojišťovny musí brát v úvahu ekonomické aspekty při stanovování pravidel a limitů týkajících se hrazení senzorů pro diabetiky. (Kvapil, 2023)

7 VYHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH DAT

7.1 Výsledky studií zabývajících se vývojem zařízení pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie

Tabulka 1: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie

Výsledky studie zabývajícím se vývojem technologií pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie	
Autoři studie	HATADA Mika, LOEW Noya, OKUDA-SHIMAZAKI Junko, KHANWALKER Mukund, TSUGAWA Wakako, MULCHANDANI Ashok, SODE koji
Název	Development of an Interdigitated Electrode-Based Disposable Enzyme Sensor Strip for Glycated Albumin Measurement
Klíčová slova	diabetes mellitus; disposable enzyme sensor; fructosyl amino acid oxidase; glycated albumin; interdigitated electrode;
Datum vydání studie	31.1.2021
Typ studie	Experimentální studie
Cíl studie	Cílem této studie je vyvinout vysoce citlivý senzor enzymu pro měření glykovaného albuminu pomocí interdigitální elektrody a demonstrovat jeho potenciál pro měření hladiny GA s vysokou citlivostí a reprodukovatelností.
Zjištěné výsledky	V této studii bylo zjištěno, že použití interdigitální elektrody jako platformy pro senzor enzymu pro měření glykovaného albuminu vedlo k vyšší citlivosti a reprodukovatelnosti měření fruktosyl-lysinu, naznačující potenciál tohoto senzoru pro měření hladiny GA. Použití interdigitální elektrody také ukázalo možnost vývoje senzorů s vysokou citlivostí a reprodukovatelností.

Tato studie se zaměřuje na vývoj citlivého senzoru pro měření hladiny glykovaného albuminu (GA) pomocí interdigitovaných elektrod (IDE). IDE senzor prokázal vyšší citlivost ve srovnání s tradičními senzory na uhlíkové elektrodě. IDE umožňuje dosáhnout stabilního proudu bez omezení difuze a zlepšení reprodukovatelnosti měření. Výsledky naznačují, že IDE lze úspěšně využít pro vývoj citlivých senzorů pro měření GA. Rozdíl mezi senzory založenými na interdigitovaných elektrodách a tradičními senzory s uhlíkovou elektrodou spočívá v zvýšené citlivosti a reprodukovatelnosti, kterou nabízejí senzory IDE. IDE senzory poskytují stabilní proud bez omezení difuze, což vede k zlepšené přesnosti při měření analytů jako je GA. Tato inovace v technologii senzorů otevírá možnosti pro přesnější a spolehlivější měření v různých aplikacích, včetně lékařské péče a monitorování životního prostředí. (Hatada, 2021)

Princip měření hladiny glykovaného albuminu (GA) pomocí enzymatických senzorů spočívá ve využití specifických enzymů a elektronových mediátorů k přesné detekci koncentrací GA. Díky použití interdigitovaných elektrod ve designu senzoru mohou enzymatické reakce probíhat efektivně, což vede k okamžitému a stabilnímu proudu. Tento přístup zvyšuje citlivost a spolehlivost měření GA, čímž se stává cenným nástrojem pro monitorování glykemické kontroly u pacientů s diabetem a potenciálně zlepšuje diagnostické schopnosti v budoucnosti. Inovativní využití IDE senzorů ukazuje pokroky v technologii senzorů pro přesné a reprodukovatelné enzymatické senzory typu endpoint assay-testovacích koncových bodů. (Hatada, 2021)

V praktických aplikacích IDE senzory pro měření GA ukázaly slibné výsledky, nabízející stabilní proud s vyšší citlivostí než tradiční senzory. Díky využití IDE jako platformy pro elektrody dosáhl senzor zlepšených výkonů, což ho činí vhodným pro detekci koncentrací GA v proteázou trávených vzorcích. Navzdory výzvam jako jsou variace mezi jednotlivými dávkami a změny aktivity enzymů v komplexních vzorcích si IDE senzor udržel citlivost a limit detekce v přijatelných mezích. Celkově studie zdůrazňuje potenciál technologie IDE při vývoji vysoce citlivých a spolehlivých enzymatických senzorů pro různé aplikace, zdůrazňujíc důležitost přesného monitorování glykemické kontroly v zdravotnictví. (Hatada,2021)

Tabulka 2: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie

Výsledky studie zabývající se vývojem technologií pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie	
Autoři studie	VALERO Maria, POLA Priyanka, FALAIYE Oluwaseyi, INGRAM H. Katherine, ZHAO Liang, Shahriar Hossain, AHAMED Sheikh Iqbal
Název	Development of a Noninvasive Blood Glucose Monitoring System Prototype: Pilot Study
Klíčová slova	deep learning; diabetes; glucose concentration; glucose monitoring; machine learning; noninvasive monitoring; optical sensors.
Datum vydání studie	26. 8. 2022
Typ studie	Experimentální studie
Cíl studie	Cílem této studie je popsat pilotní test k posouzení přesnosti prototypu neinvazivního monitorování glukózy pomocí laserové technologie založené na spektroskopii v blízké infračervené oblasti s cílem poskytnout novou platformu pro kontinuální monitorování hladiny cukru v krvi.
Zjištěné výsledky	Studie prokázala, že prototyp neinvazivního monitorování glukózy využívající laserovou technologii a spektroskopii v blízké infračervené oblasti dosahuje přesnosti 79 % při měření z prstu a 62 % z ucha. Navzdory omezením jsou tyto výsledky možným základem pro budoucí vývoj v oblasti kontinuálního monitorování hladiny cukru v krvi.

Tato studie zkoumala přesnost neinvazivního prototypu, který pomocí laserové infračervené spektroskopie měří hladinu glukózy v krvi. Prototyp využívá Raspberry Pi, kameru a laser na viditelné světlo a hladinu glukózy odhaduje pomocí umělé neuronové sítě. Jeho přesnost byla testována na osmi dobrovolnících, přičemž přesnost měření z prstu do-

sáhla 79 % a z ucha 62 %. Studie zdůrazňuje potřebu dalšího vývoje za účelem zlepšení robustnosti modelu a zdokonalení technologie. (Valero, 2022)

Laserové neinvazivní monitorování hladiny cukru v krvi nabízí výhodu nepřetržitého sledování bez bolestivých vpichů. Toto pohodlí je výhodné pro diabetiky. Současný prototyp však má omezení, včetně měření ucha, které vyžaduje zlepšení přesnosti a potřebu většího množství dat pro zdokonalení AI modelu. Následující vývoj by měl řešit tato omezení a zvýšit účinnost a praktičnost prototypu. (Valero, 2022)

Závěrem lze říci, že prototyp neinvazivního monitorování glukózy využívající laserovou technologii vykazuje slibné výsledky při odhadu hladiny glukózy v krvi bez použití tradičních metod odběru vzorků krve. Využitím počítače Raspberry Pi, kamery a laseru s viditelným světlem prototyp prokazuje potenciál pro budoucí pokrok v léčbě diabetu. K překonání současných omezení je nutný další výzkum, včetně zvětšení velikosti databáze, řešení vnějších faktorů ovlivňujících přesnost a zlepšení designu prototypu pro snadnější umístění na prsty a uši. Tento inovativní přístup je příslibem revoluce v praxi monitorování hladiny glukózy v krvi u diabetické populace. (Valero, 2022)

Tabulka 3: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie

Výsledky studie zabývající se vývojem technologií pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie	
Autoři studie	ADAMS Angela, Malkoc Aldin, LA BELLE Jefferey T.
Název	The Development of a Glucose Dehydrogenase 3D-Printed Glucose Sensor: A Proof-of-Concept Study
Klíčová slova	3D-printed biosensors; amperometric; diabetes mellitus; glycemic management; low-cost; point-of-care.
Datum vydání studie	Leden 2018
Typ studie	Studie prokazující koncepci
Cíl studie	Hlavním cílem této studie je vyvinout a ověřit 3D tištěný biosenzor pro osoby s cukrovkou, který dokáže přesně detekovat hladinu glukózy ve fyziologickém rozmezí. Cílem tohoto biosenzoru je poskytnout alternativu ke standardním zařízením pro samokontrolu glukózy v krvi, a to s využitím technologie 3D tisku a materiálů na bázi grafenu. Výzkum prokázal, že senzor vytištěný na 3D tiskárně dokáže účinně detekovat koncentrace glukózy v rozmezí od 0 mg/dl do 400 mg/dl, což se ukazuje jako slibný spolehlivý monitorovací nástroj pro osoby s diabetem.
Zjištěné výsledky	Výsledky této studie ukazují, že 3D tištěný biosenzor vyvinutý pro osoby s cukrovkou dokáže přesně detekovat hladinu glukózy ve fyziologickém rozmezí od 0 mg/dl do 400 mg/dl. Biosenzor prokázal specifčnost vůči glukóze a citlivost vůči různým koncentracím glukózy. Díky využití materiálů na bázi grafenu a technologie 3D tisku představuje tento inovativní senzor významný pokrok v monitorování glukózy u osob s diabetem.

Studie, o níž se v dokumentu hovoří, se zaměřuje na vývoj a validaci 3D tištěného biosenzoru pro osoby s cukrovkou. Podle Světové zdravotnické organizace postihuje cukrovka významnou část světové populace a každoročně na ni umírají miliony lidí. Očekává se, že prevalence diabetu se bude zvyšovat, což zdůrazňuje význam účinného monitorování a řízení hladiny glukózy v krvi, aby se předešlo komplikacím. (Adams, 2018)

Výzkum představuje 3D tištěný biosenzor využívající materiály na bázi grafenu, který nabízí potenciální alternativu k tradičním zařízením pro samokontrolu glukózy v krvi. Využitím technologie 3D tisku je cílem biosenzoru přesně detekovat hladinu glukózy ve fyziologickém rozmezí. Konstrukce senzoru zahrnuje vodivé grafenové vlákno vytištěné na mylarovém substrátu, které umožňuje detekci glukózy prostřednictvím enzymatických reakcí, jež generují výstupní proud. (Výzkum představuje 3D tištěný biosenzor využívající materiály na bázi grafenu, který nabízí potenciální alternativu k tradičním zařízením pro samokontrolu glukózy v krvi. Využitím technologie 3D tisku je cílem biosenzoru přesně detekovat hladinu glukózy ve fyziologickém rozmezí. Konstrukce senzoru zahrnuje vodivé grafenové vlákno vytištěné na mylarovém substrátu, které umožňuje detekci glukózy prostřednictvím enzymatických reakcí, jež generují výstupní proud. (Adams, 2018)

Studie prostřednictvím experimentů a kalibrace prokázala, že 3D tištěný biosenzor dokáže spolehlivě detekovat koncentrace glukózy v rozmezí od 0 mg/dl do 400 mg/dl. Specifičnost senzoru vůči glukóze a citlivost na různé koncentrace zdůrazňují jeho potenciál jako inovativního nástroje pro monitorování glukózy u osob s diabetem. Srovnání se standardními sítotiskovými senzory ukazuje slibné výsledky, přičemž 3D tištěný biosenzor nabízí srovnatelný výkon. (Adams, 2018)

Výzkum rovněž zkoumá vliv typů enzymů na detekci glukózy a zdůrazňuje výhody GDH-FAD oproti glukózooxidáze z hlediska enzymové účinnosti a přesnosti. Závěry studie naznačují, že biosenzor vytištěný na 3D tiskárně může díky svým lepším enzymatickým schopnostem poskytovat rychlé a přesné údaje o glukóze, které jsou pro účinnou léčbu diabetu klíčové. (Adams, 2018)

Závěrem lze říci, že vývoj 3D tištěného biosenzoru představuje významný pokrok v technologii monitorování glukózy u osob s diabetem. Schopnost senzoru přesně detekovat hladinu glukózy ve fyziologickém rozmezí a jeho potenciál pro široké využití podtrhují jeho význam pro zlepšení péče o diabetiky a jejich výsledků. (Adams, 2018)

Tabulka 4: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie

Výsledky studie zabývající se vývojem technologií pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie	
Autoři studie	DEHBALI Masoomeh Monfared, FARAHMANDPOUR Milad, HAMEDI Sameneh, KORDOSTAMI Zoheir
Název	Development of a portable smart Glucometer with two electrode bio-electronic test strip patch based on Cu/Au/rGO/PEDOT:PSS
Klíčová slova	Blood sugar, glucometer, biosensor, sensor, monitoring
Datum vydání studie	12.7.2023
Typ studie	Experimentální studie
Cíl studie	Hlavním cílem této studie bylo vyvinout přenosný chytrý glukometr s vysokou citlivostí pro sledování hladiny glukózy v krvi.
Zjištěné výsledky	Výsledky této studie prokázaly, že vyrobený bioelektronický glukometr vykazuje vysokou klinickou přesnost, nízký detekční limit 1 μM a rychlou odezvu, což z něj činí slibnou alternativu k tradičním elektrochemickým sensorům pro detekci glukózy.

Tato studie se zaměřuje na vývoj přenosného chytrého glukometru s vysokou citlivostí pro sledování hladiny glukózy v krvi. Inovativní struktura založená na dvou elektrodách vykazuje významné výhody oproti běžným tříelektrodovým elektrochemickým testovacím proužkům běžně dostupným na trhu. Tento bioelektronický glukometr vykazuje výjimečné elektro-katalytické vlastnosti, které vedou k lepšímu výkonu z hlediska doby odezvy, rozsahu detekce a meze detekce ve srovnání se stávajícími komerčními možnostmi. Integrace základních elektronických modulů na desku s plošnými spoji umožnila vytvořit uživatelsky přívětivý bioelektronický glukometr, který usnadňuje pohodlnou manipulaci pro účely monitorování glukózy v krvi. (Dehballi, 2023)

Vyrobený glukometr navíc prokázal vysokou klinickou přesnost s působivými výsledky vykazujícími nízkou relativní směrodatnou odchylku (RSD) 0,012. Studie rovněž zdůraznila potenciální využití bioelektronické technologie v různých lékařských oborech, přičemž zdůraznila její úlohu při přesném odhalování biologických poruch, jako je diabetes mellitus. Díky využití inovativních výrobních postupů a pokročilých materiálů, jako je redukovaný oxid grafenu (rGO) a Nafion, se glukometru podařilo dosáhnout vynikajících elektrokatalytických vlastností pro oxidaci glukózy, což zajišťuje přesné a spolehlivé schopnosti snímání glukózy. (Dehballi, 2023)

Výsledky studie ukázaly, že navržený bioelektronický glukometr si zachovává stabilitu a opakovatelnost v čase, což dokazuje jeho spolehlivost pro kontinuální monitorování glukózy. Díky důkladnému testování na vzorcích krevního séra a skutečných vzorcích lidské krve vykazoval glukometr vysokou klinickou přesnost a shodu s hodnotami získanými z komerčního zařízení. Vývoj mobilní aplikace a webové stránky pro příjem a zobrazení hodnot glukózy v krvi dále zvýšil použitelnost a dostupnost glukometru a nabídl komplexní řešení pro monitorování glukózy ve zdravotnických zařízeních. (Dehballi, 2023)

Závěrem lze říci, že zjištění studie podtrhují slibný potenciál bioelektronických glukometrů v revoluci v technologii monitorování glukózy, což má dopad na zlepšení přesnosti, účinnosti a uživatelského komfortu při řízení hladiny glukózy v krvi u osob s diabetem a dalšími souvisejícími onemocněními. (Dehballi, 2023)

Tabulka 5: Výsledky vývoje technologií pro monitoraci glykémie

Výsledky studie zabývající se vývojem technologií pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie	
Autoři studie	LEE Inyoung, LOEW Noya, TSUGAWA Wakako, IKEBUKURO Kazunori, SODE Koji
Název	Development of a third-generation glucose sensor based on the open circuit potential for continuous glucose monitoring
Klíčová slova	Continuous glucose monitoring (CGM); Direct electron transfer; FAD dependent glucose dehydrogenase (FAD-GDH); Open circuit potential; Third generation glucose sensor.
Datum vydání studie	15. 1. 2019
Typ studie	Experimental study
Cíl studie	Cílem studie je vyvinout stabilní a přesný glukózový senzor třetí generace založený na potenciálu otevřeného obvodu a přímém přenosu elektronů FADGDH pro kontinuální monitorování glukózy, který není ovlivněn rušivými látkami a vykazuje dlouhodobou stabilitu po dobu 9 dnů pro potenciální použití CGM.
Zjištěné výsledky	V rámci studie byl úspěšně vyvinut senzor glukózy třetí generace využívající potenciál otevřeného obvodu a přímý přenos elektronů FADGDH, který vykazuje vysokou stabilitu a přesnost pro kontinuální monitorování glukózy. Senzor nebyl ovlivněn rušivými látkami, zachoval si integritu signálu po dobu 9 dnů a prokázal potenciál pro dlouhodobé použití v systémech CGM.

Studie se zaměřuje na vývoj a hodnocení třetí generace glukózového senzoru využívajícího principu otevřeného potenciálu a přímého přenosu elektronů FADGDH. Hlavním cílem je vytvořit vysoce stabilní a přesný senzor pro kontinuální monitorování glukózy, který může kontinuálně měřit hladinu glukózy v krvi, aniž by byl ovlivňován rušivými látkami. Cílem tohoto senzoru je řešit kritickou potřebu přesného a spolehlivého monitorování glukózy při léčbě diabetu, zejména u pacientů s diabetem I. typu, kteří vyžadují nepřetržité monitorování, aby mohli účinně regulovat hladinu glukózy v krvi. (Lee, 2019)

Výzkum zdůrazňuje význam senzorů CGM v kontextu systému umělé slinivky břišní, kde je přesné měření hladiny glukózy v krvi klíčové pro správné dodávání inzulínu k udržení kontroly glykémie. Využitím FADGDH pro přímý přenos elektronů nabízí třetí generace senzoru CGM slibné řešení omezení předchozích generací senzorů, jako je náchylnost k rušivým látkám a potřeba dalších akceptorů elektronů. (Lee, 2019)

Studie podrobně popisuje přípravu a hodnocení elektrod glukózového senzoru s přímým přenosem elektronů FADGDH a zdůrazňuje stabilitu a přesnost senzoru při měření hladiny glukózy. Kromě toho byla provedena šetření k posouzení odezvy senzoru v přítomnosti rušivých látek, jako je kyselina askorbová a paracetamol. Výsledky ukázaly, že signál senzoru zůstal těmito látkami neovlivněn, což zajišťuje spolehlivé měření glukózy pro klinické aplikace. (Lee, 2019)

Studie dále provedla nepřetržitá měření po dobu 9 dnů s cílem vyhodnotit dlouhodobou stabilitu a reprodukovatelnost senzoru CGM třetí generace. Senzor vykazoval konzistentní výkon bez významných změn signálu, citlivosti nebo dynamického rozsahu, což naznačuje jeho potenciál pro dlouhodobé použití v systémech CGM. Zjištění naznačují, že nový algoritmus měření OCP použitý v této studii zvyšuje přesnost a spolehlivost senzoru pro kontinuální monitorování glukózy. (Lee, 2019)

Na závěr lze říci, že tato studie úspěšně vyvinula vysoce stabilní a přesný senzor glukózy třetí generace založený na principu potenciálu otevřeného obvodu a přímého přenosu elektronů FADGDH. Schopnost senzoru poskytovat kontinuální a spolehlivé měření glukózy, a to i v přítomnosti rušivých látek, jej staví do pozice slibného kandidáta pro budoucí aplikace CGM. Výsledky výzkumu otevírají cestu k pokroku v technologii monitorování glukózy a nabízejí lepší řešení pro efektivní léčbu diabetu. (Lee, 2019)

DISKUZE

Po důkladné analýze a shrnutí výsledků studií zaměřených na vývoj technologií pro monitoraci hodnot potřebných pro vyhodnocení glykémie lze konstatovat, že inovace v oblasti senzorů pro měření hladiny glukózy přináší významné přínosy a zlepšení v diagnostice a léčbě diabetu. První studie se zaměřila na vývoj interdigitované elektrody pro senzor enzymu pro měření glykovaného albuminu, což vedlo k zvýšení citlivosti a reprodukovatelnosti měření. Tato inovace otevírá cestu k vývoji citlivějších senzorů pro monitorování glykémie s potenciálem zlepšit diagnostiku a léčbu diabetu.

Druhá studie prezentovala inovativní neinvazivní glukometr založený na laserové technologii, který představuje revoluční pokrok v oblasti monitorování glykémie u pacientů s diabetem. Tento pokročilý glukometr nabízí pacientům pohodlnější alternativu k tradičním metodám odběru krve, čímž zvyšuje jejich komfort a zlepšuje jejich kvalitu života. S možností nepřetržitého monitorování hladiny glukózy v krvi poskytuje tento glukometr důležitá data lékařům pro efektivnější řízení diabetu a léčebných postupů. Navíc jeho schopnost sledovat glykémii kontinuálně umožňuje okamžitou reakci na změny a optimalizaci léčby pro dosažení co nejlepších zdravotních výsledků u diabetiků. Tímto způsobem se neinvazivní laserový glukometr stává klíčovým nástrojem pro efektivní a personalizovanou péči o pacienty s diabetem.

Třetí studie se zaměřila na vývoj 3D tištěného biosenzoru pro detekci glukózy, který vykazuje vysokou přesnost a citlivost. Tento inovativní senzor představuje zásadní krok vpřed v oblasti technologií monitorování hladiny glukózy v organismu. Díky využití moderních materiálů a technologií umožňuje tento biosenzor spolehlivé a přesné sledování hladiny glukózy v krvi u pacientů trpících diabetem. Jednou z klíčových vlastností tohoto 3D tištěného biosenzoru je jeho schopnost detekovat i velmi malé změny hladiny glukózy v krvi s vysokou přesností. Tato schopnost je klíčová pro správné monitorování glykémie u pacientů s diabetem, kde i drobné odchylky mohou mít významný dopad na jejich zdravotní stav a kvalitu života. Díky vysoké citlivosti tohoto biosenzoru je možné detekovat i malé změny v hladině glukózy, což umožňuje lékařům a pacientům rychle reagovat a upravit léčebný režim podle aktuálních potřeb a hodnot.

Poslední studie se soustředila na vývoj přenosného chytrého glukometru s vysokou citlivostí pro sledování hladiny glukózy v krvi. Využití inovativní struktury s dvěma elek-

trodami přináší výhody ve srovnání s tradičními elektrochemickými testovacími proužky, a to díky výjimečným elektrokatalytickým vlastnostem, které zajišťují lepší výkon a spolehlivost měření glukózy.

Výše zmíněné studie představují významné milníky v oblasti technologií pro monitoraci glykémie a otevírají nové obzory pro efektivní diagnostiku, léčbu a sledování hladiny glukózy u pacientů s diabetem. Inovace v oblasti senzorů a monitorů přinášejí naději na zlepšení celkové péče o diabetiky a poskytují nové perspektivy pro kontinuální monitorování glykémie s cílem dosáhnout optimálních zdravotních výsledků a vyšší kvality života pro pacienty trpící touto metabolickou poruchou.

Tato nová technologická řešení nejen zvyšují komfort pacientů při monitorování hladiny glukózy, ale také umožňují lékařům a ošetrovatelskému personálu rychlejší a přesnější informace pro individuální nastavení léčebného režimu. Díky kontinuálnímu sledování glykémie mají lékaři možnost okamžitě reagovat na změny a optimalizovat léčbu pro každého pacienta individuálně.

Vývoj nových technologií pro monitoraci hladiny glukózy přináší bezesporu mnoho výhod a přínosů, avšak je důležité také zvážit možné nevýhody a omezení spojená s těmito inovacemi. Jednou z nevýhod nových technologií může být obtížnost přizpůsobení se pro starší pacienty, kteří nemusí být tak zdatní v ovládání moderních zařízení. Zavádění nových technologií může vyžadovat adekvátní školení a podporu pro starší uživatele, aby mohli plně využít potenciál těchto inovací. Nové technologie nemusí být vždy stoprocentně přesné. I přes veškerý pokrok mohou nové senzory a monitory mít určité mezery nebo chyby, které mohou ovlivnit přesnost měření. To může způsobit potenciální nesprávná rozhodnutí ohledně léčby, pokud se pacienti spoléhají výhradně na výsledky nových technologií.

Důležité je také brát v úvahu možné omezení dostupnosti a finanční náročnost nových technologií. Některé inovativní senzory a monitory mohou být finančně náročné a nemusí být dostupné pro každého pacienta, což může vést k nerovnému přístupu k pokročilým technologiím v oblasti monitorování glykémie.

Navzdory těmto nevýhodám je důležité si uvědomit, že inovace v oblasti monitorování glykémie přinášejí mnoho přínosů a mají potenciál významně zlepšit péči o pacienty

s ,diabetem. Klíčem k úspěšnému využití nových technologií je důkladné porozumění jejich omezení a správné začlenění do komplexního léčebného plánu každého pacienta.

LIMITY VÝZKUMU/PRÁCE

Limity této práce byly některé placené stránky, nedostupnost k některým webovým stránkám a studiím.

DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝZKUM

Výsledky této práce by mohly být inspirací pro další výzkum v oblasti diabetologie a vývoje zdravotnických technologií, který by mohl přispět k dalšímu zdokonalení technologií pro selfmonitoring glukózy a k posílení péče o pacienty s diabetem. Důležité je nejen sledovat aktuální trendy v oblasti, ale i aktivně přispívat k inovacím a vývoji nových technologií, které by mohly zlepšit kvalitu života pacientů s tímto chronickým onemocněním.

DOPORUČENÍ PRO PRAXI/VÝSTUP Z PRÁCE

Tato práce může sloužit jako zdroj informací pacientům s DM a jejich blízkým, studentům a výzkumníkům v oblasti zdravotnictví, zabývající se diabetem nebo široké veřejnosti se zájmem o technické poznatky v selfmonitoringu glukózy.

ZÁVĚR

Závěrem této bakalářské práce je možné konstatovat, že v oblasti selfmonitoringu glukózy u pacientů s diabetem dochází k neustálému technologickému pokroku a inovacím. Analýza historického vývoje technologií pro selfmonitoring glukózy ukázala, že od prvních měření cukru v moči po současné kontinuální monitorování glykémie pomocí moderních zařízení došlo k významnému posunu v diagnostice a managementu diabetu. Hlavní technologické inovace, jako jsou glukometry a kontinuální monitorace glykémie, přinesly pacientům možnost pravidelné a přesné sledování hladiny glukózy v krvi, což je klíčové pro správnou léčbu a prevenci komplikací spojených s tímto onemocněním. Trendové inovace v oblasti selfmonitoringu glukózy naznačují směr budoucího vývoje, který bude pravděpodobně směřovat k ještě větší automatizaci, spolehlivosti a uživatelské přívětivosti technologií pro selfmonitoring glukózy.

Inovativní přístupy v oblasti monitorování glykémie představují klíčový krok vpřed ve zlepšení péče o pacienty s diabetem a mohou vést k významné redukci komplikací spojených s touto metabolickou poruchou. S rostoucím vývojem technologií a senzorů můžeme očekávat další pokrok v diagnostice, léčbě a sledování diabetu, což přinese pro pacienty nové naděje a možnosti pro lepší kontrolu svého zdravotního stavu.

V této práci bylo zjištěno, že v posledních letech došlo v oblasti vývoje technologií pro selfmonitoring glukózy, k velkým pokrokům a již v této době probíhají další výzkumy ve vývoji neinvazivních technologií pro monitoraci glukózy.

SEZNAM LITERATURY

ABBOTT. *Welcome to the MARD, MARD World of Diabetes Care*. In: Abbott. Online. 8.6.2022. Dostupné z: <https://www.abbott.com/corpnewsroom/diabetes-care/welcome-to-the-MARD-world-of-diabetes-care.html>. [cit. 27.2.2024].

ADAMS, A., MALKOC, A., & LA BELLE, J. T. *The Development of a Glucose Dehydrogenase 3D-Printed Glucose Sensor: A Proof-of-Concept Study*. Online. Journal of diabetes science and technology. 2018. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28633541/>. [cit. 10.2.2024].

American Diabetes Association. *Standards of medical care in diabetes-2015 abridged for primary care providers*. *Clin Diabetes*. Online. American Diabetes Association. 2015. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14633348/>. [cit. 15.1.2024].

BENHALIMA, Katrien, JEGERS, Katleen, DEVLIGER, Ronald, VERHAEGHE, Johan, MATHIEU, Chantal. *Glucose Intolerance after a Recent History of Gestational Diabetes Based on the 2013 WHO Criteria*. Online. PLoS One. 10. 6. 2016. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157272>. [cit. 26. 1. 2024.]

BROŽ, Jan a kol. *Léčba insulinem*. Praha: Maxdorf, 2015. 203 stran. ISBN 978-80-7345-440-1.

CENTRUM DIABETOLOGIE – IKEM. *Edukace + testy*. Cukrovka.cz. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/edukace-testy>. [cit. 20.2.2024].

DIABETICKÁ ASOCIACE ČR. *Data o diabetu*. In: Diabetická asociace ČR. Online. 2016. Dostupné z: <https://diabetickaasociace.cz/co-je-diabetes/data-o-diabetu-v-cr/>. [cit. 18.2.2024].

DIASTYL. *Glukometr*. In: DIAstyl. Online 15. 1. 2017. Dostupné z: <https://www.diastyl.cz/glukometr/>. [cit. 15.2.2024]

HANNAFORD, E. Karen, TUULI, G. Methodius, ODIBO, Linda, MACONES, A. George, ODIBO, O. Antony. *Gestational Weight Gain: Association with Adverse Pregnancy Outcomes*. Online. American journal of perinatology. Leden 2017. Dostupné z: <https://doi.org/10.1055/s-0036-1584583>. [cit. 20. únor 2024.]

HATADA, M., LOEW, N., OKUDA-SHIMAZAKI, J., KHANWALKER, M., TSUGAWA, W., MULCHANDANI, A., a SODE, K. *Development of an Interdigitated Electrode-Based Disposable Enzyme Sensor Strip for Glycated Albumin Measurement*. Online. Molecules(Basel, Switzerland). 2021. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33572552/>. [cit. 20.2.2024]

JANÁČKOVÁ, Laura, KVAPIL, Milan. *Diabetes – necukrujte se s cukrovkou*. Praha: Mladá fronta, 2018. ISBN 978-80-2045-050-0

JAROŠOVÁ, Darja a ZELENÍKOVÁ, Renáta. *Ošetrovatelství založené na důkazech: evidence based nursing*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. 136 s. Sestra. ISBN 978-80-247-5345-4.

JIRKOVSKÁ, Alexandra. *Jak (si) kontrolovat a zvládat diabetes: manuál pro edukaci diabetiků*. Praha: Mladá fronta, 2014. Lékař a pacient. ISBN 978-80-204-3246-9.

JIRKOVSKÁ, Alexandra. *Léčba diabetu inzulínovou pumpou a monitorizace glykémie: praktická doporučení pro edukaci*. 6. rozšířené vydání. Praha: Maxdorf, 2019. ISBN 978-80-7345-601-6

JIRKOVSKÁ, Alexandra a kol. *Skupinová edukace diabetiků: jak na to...* Vydání 1. Semily: Geum, 2017. 158 stran. ISBN 978-80-87969-33-5.

JIRKOVSKÁ, Alexandra, JIRKOVSKÁ, Jarmila, ČECHOVÁ, Kateřina, HAVLOVÁ, Vladimíra a kol. *Skupinová edukace diabetiků*. Semily: Geum, 2017. ISBN 978-80-87969-33-5

KAREN, Igor; SVAČINA, Štěpán a kolektiv. *Diabetes mellitus v primární péči*. 2. rozšířené vydání. Praha: Axonite CZ, 2014. ISBN 978-80-904899-8-1.

KROLOVÁ, Pavlína. *Kontinuální monitorace koncentrace glukózy (CGMS)*. In: Cukrovka.cz. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/kontinualni-monitorace-koncentrace-glukozy-cgms>. [cit. 2.3.2024].

KROLOVÁ, Pavlína, ŠTECHOVÁ, Kateřina. *Selfmonitoring*. In: Cukrovka.cz. Online. 2017. Dostupné z: <https://www.cukrovka.cz/selfmonitoring>. [cit. 2.3.2024]

KVAPIL, Milan, (ed). *Diabetologie 2019*. Praha: Triton. 2019. ISBN 978-80-7553-676-1

KVAPIL, Milan, (ed). *Diabetologie 2023*. Praha: Triton. 2023. ISBN 978-80-7684-196-3

KUDLOVÁ, Pavla. *Ošetrovatelská péče v diabetologii*. Sestra (Grada). Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5367-6.

LEBL, Jan. *Abeceda diabetu: příručka pro děti, mladé dospělé a jejich rodiče*. Praha: Maxdorf, 1998. ISBN 80-85800-86-1.

LEBL, Jan, PRŮHOVÁ Štěpánka, ŠUMNÍK, Zdeněk. *ABECEDA DIABETU*. 5. rozšířené a přepracované vydání. Praha: Maxdorf, 2018. ISBN 978-80-7345-582-8.

LEE, I., LOEW, N., TSUGAWA, W., IKEBUKURO, K., & SODE, K. *Development of a third-generation glucose sensor based on the open circuit potential for continuous glucose monitoring*. Online. Biosensors & bioelectronics. 2019. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30388564/>. [cit. 16.2.2024].

LIN, Manxin, CHEN Tingting, FAN Guanhua. *Current status and influential factors associated with adherence to self-monitoring of blood glucose with type 2 diabetes mellitus patients in grassroots communities: a cross-sectional survey based on information-motivation-behavior skills model in China*. Online. Front Endocrinol (Lausanne). 2023. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10335788/>. [cit. 23.2.2024].

MONFARED Dehbali, M., FARAHMANDPOUR, M., HAMED, S., & KORDROSTAMI, Z. *Development of a portable smart Glucometer with two electrode bio-electronic test strip patch based on Cu/Au/rGO/PEDOT:PSS*. Online. Scientific reports. 2023. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37308612/>. [cit. 15.2.2024].

OLCZUK, David, PRIEFER, Ronny. *A History of Continuous Glucose Monitors (CGMs) in Self-Monitoring of Diabetes Mellitus*. Online. Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews. 2017. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2017.09.005>. [cit. 2022-10-25].

PERUŠIČKOVÁ, Jindřiška. *DIABETES MELLITUS V KOSTCE II*. 2. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, 2012. ISBN 978-80-7345-478-4.

PERUŠIČOVÁ, Jindra. *Diabetes mellitus: onemocnění celého organismu*. Praha: Maxdorf, 2017, 200 s. Jessenius. ISBN 978-80-7345-512-5.

PRÁZNÝ Martin. *Moderní technologie pro léčbu a monitoraci diabetu*. In: Medical tribune. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.tribune.cz/archiv/moderni-technologie-pro-lecibu-a-monitoraci-diabetu/>. [cit. 20.2.2024].

RYBKA, Jaroslav. *Pokroky v diabetologii 1*. Praha: Avicenum, 1990. s. 201. ISBN 80-201-0040-7.

RYBKA, Jaroslav. *Život s cukrovkou*. Praha: Avicenum, 1988. s. 101. ISBN 08-040-88.

RYBKA, Jaroslav a kol. *Diabetologie pro sestry*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2006. 283 s. Sestra. ISBN 80-247-1612-7.

ŠOUPAL, Jan. *Glukózové senzory v léčbě diabetu*. In: Praktické lékařství. PDF. Online. 2018. Dostupné z: <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2018/91/02.pdf>. [cit. 20.1.2024].

ŠTEFÁNKOVÁ, Tereza, LACIGOVÁ Silvie a kolektiv. *Motivace pacienta v diabetologické ambulanci*. Praha: Mladá fronta, 2017. ISBN 978-80-204-4590-2

ŠTECHOVÁ, Kateřina. *Selfmonitoring a jeho význam v moderní léčbě*. In: Farmacie pro praxi. PDF. Online. 2017. Dostupné z: <https://farmaciepropraxi.cz/pdfs/lek/2017/03/03.pdf>. [cit. 3.3.2024].

ŠTECHOVÁ, Kateřina a kolektiv. *TECHNOLOGIE V DIABETOLOGII*. Praha: Maxdorf, 2016. ISBN 978-80-7345-479-1.

VALERO, M., POLA, P., FALAIYE, O., INGRAM, K. H., ZHAO, L., SHAHRIAR, H., & AHAMED, S. I. *Development of a Noninvasive Blood Glucose Monitoring System Prototype: Pilot Study*. Online. JMIR formative research. 2022. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36018623/>. [cit. 8.2.2024]

VINKLÁRKOVÁ, Denisa. *První glukometr vážil 1,2 kg!*. In: DIAstyl. Online 8. 2. 2018. <https://www.diastyl.cz/prvni-glukometr-vazil-12-kg/>. [Citace: 28. 7. 2023.]

World Health Organization. *Diabetes*. In: who.int. Online. 5. 4. 2023. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>. [cit. 12. března 2024].

SEZNAM OBRÁZKŮ

- (1) MEDTRONIC. *Sensor glucose versus blood glucose*. Online. 2022. In: medtronic-diabetes.com. Dostupné z: <https://www.medtronicdiabetes.com/customer-support/sensors-and-transmitters-support/why-sensor-glucose-does-not-equal-blood-glucose>. [cit. 26.2.2024]
- (2) HANSON, Jen. *The Medtronic Guardian™ 4 Sensor: A New Development in Diabetes Management*. Online. 2023. In: conectedinmotion.ca. Dostupné z: <https://www.connectedinmotion.ca/blog/the-medtronic-guardian-4-sensor-a-new-development-in-diabetes-management/>. [cit. 2.3.2024]
- (3) DIASTYL. *Nové podmínky pro získání FreeStyle Libre*. Online. 2020. In: diastyl.cz. Dostupné z: <https://www.diastyl.cz/nove-podminky-pro-ziskani-freestyle-libre/>. [cit. 4.3.2024]

PŘÍLOHY



Obrázek 2: Guardian medtronic

Senzor set- zleva: mobilní telefon pro zobrazení hodnot, zavaděč, vysílač s nabíječkou, senzor, náplasti



Obrázek 3: FreeStyle Libre

Čtečka (může sloužit i jako glukometr), senzory