

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

Komplexní jednotné měření glukózy pacientů

Complex uniform glucose metering patient

Ostrava, 2009

Tomáš Starý

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7.května 2009

Tomáš Starý

Rád bych poděkoval paní Mgr. Aleně Krnáčové a panu Ing. Miloši Preiningerovi za poskytnutí cenných informací. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Mgr. Petru Tiefenbachovi a panu Ing. Markovi Gajovskému. Bez jejich námětů a odborných konzultací by tato práce nemohla vzniknout.

ABSTRAKT

Cílem této práce je návrh komplexního jednotného měření glukózy pacientů ve Fakultní nemocnici v Ostravě, které probíhá mimo laboratoř pomocí nemocničních glukometrů. Důvodem zadání tohoto tématu byl nevyhovující stav měření. Za toto měření by měl zodpovídat Ústav klinické biochemie, ale doposud si ho organizovala sama oddělení. Pro dosažení cíle této práce bylo nutné poznat problematiku měření glukózy, ale také technickou oblast související s nemocničními glukometry jako je automatická identifikace pacientů a připojení glukometrů do nemocničního informačního systému

Klíčová slova:

glukometr, Nemocniční informační systém, čárový kód, POCT

ABSTRACT

The aim of this paper is to propose a complex uniform point of care blood glucose metering patient in the Faculty Hospital of Ostrava. The metering should be performed by sophisticated blood glucose meters, which had been designed especially for hospital metering. Nowadays the metering provide the departments of the hospital by themselves although is the Institute of Clinical Biochemistry who should provide it. To reach the aim of this bachelor paper it has been necessary to get know the area of glucose metering and other areas of technology, which are connected to point of care blood glucose testing e.g. automatic identification and the connection to the hospital information system.

Key words:

blood glucose meter, hospital information system, bar code, POCT

SEZNAM ZKRATEK

AK	aminokyseliny
ATP	adenosintrifosfát
ČSKB	Česká společnost klinické biochemie
DNA	deoxyribonukleová kyselina
XML	eXtensible Markup Language (rozšiřitelný znakovací jazyk)
FNO	Fakultní nemocnice v Ostravě
GO	glukooxidáza
GDH	glukodehydrogenáza
LIS	laboratorní informační systém
NČLP	národní číselník laboratorních položek
NIS	nemocniční informační systém
POCT	point of care testing
ÚKB	Ústav klinické biochemie
ASCII	American Standard Code for Information Inter- change

OBSAH

1 Úvod.....	1
2 Problematika měření glukózy.....	2
2.1 Fyziologie a patologie glukózy.....	2
2.1.1 Metabolismus glukózy.....	2
2.1.1.1 Řízení metabolismu glukózy.....	3
2.1.2 Diabetes melitus.....	4
2.1.2.1 Syndrom hypoglykémie.....	4
2.1.2.2 Syndrom hyperglykémie.....	5
2.1.2.3 Monitorování diabetu.....	5
2.2 Princip měření glukózy.....	6
2.2.1 Princip detekce.....	6
2.2.1.1 Kolorimetrie.....	6
2.2.1.2 Reflexní spektrofotometrie.....	6
2.2.1.3 Ampérometrie.....	7
2.2.2 Senzor glukózy.....	9
2.2.3 Glukometr.....	10
2.2.3.1 Selfmonitoring glykémie.....	10
2.2.3.2 Nemocniční měření glykémie v režimu POCT.....	10
3 Kvalita měření glukózy.....	12
3.1 Reprodukovatelnost a přesnost měření.....	12
3.2 Kalibrace přístroje.....	12
3.3 Průběh měření.....	13
3.4 Interference.....	14
4 Současný stav měření glykémie.....	15
4.1 Stav ve Fakultní nemocnici Ostrava.....	15
4.2 Stav v Nemocnici Na Homolce.....	16
5 Metodika měření glukózy.....	18
5.1 Point of care testing.....	18
5.1.1 Výhody a nevýhody POCT.....	18
5.1.2 Zavádění a používání POCT.....	19
5.1.2.1 Úkoly týmu pro POCT:.....	19
5.1.2.2 Zajištění kvality glukometrů.....	20
5.2 Automatická identifikace.....	20
5.2.1 Čárový kód.....	21
5.2.1.1 Konstrukce čárového kódu.....	21
5.2.1.2 Tisk čárového kódu.....	22
5.2.1.3 Snímání čárového kódu.....	23
5.3 Nemocniční informační systémy.....	24
5.3.1 Laboratorní informační systém FNO.....	24
5.3.2 Datové standardy.....	26
5.4 Nemocniční glukometry.....	27
5.4.1 Popis glukometru StatStrip.....	27
5.4.2 Popis glukometru Accu-Chek Inform.....	28

5.4.3 Popis glukometru Precision PCx.....	29
6 Návrh technické realizace komplexního řešení měření.....	31
6.1 Průběh měření.....	31
6.2 Postup zavádění glukometrů.....	33
7 Zhodnocení navrženého systému.....	34
7.1 Testování systému.....	34
8 Závěr.....	36
Použitá literatura.....	37
Seznam tabulek a obrázků.....	39

1 Úvod

Určování koncentrace glukózy v krvi je měření prováděné především u pacientů s diabetem, pacientů hospitalizovaných po operaci nebo v kritických stavech, u kterých se kontinuálně aplikuje inzulin pro udržení normální hladiny glykémie. Měření glykémie se provádí také u novorozenců při určování vnitřního prostředí.

Na výsledku měření se zakládá další postup léčby, proto je důležité, aby naměřené hodnoty byly přesné a reprodukovatelné. Pokud by tento požadavek nebyl splněn, mohlo by dojít k vážnému ohrožení stavu pacienta.

Dalším důležitým požadavkem je pozitivní identifikace pacienta a jeho biologického materiálu. Záměna identity pacienta může mít za následek špatné určení anamnézy, což nejenže snižuje prestiž nemocnice, ale hlavně ohrožuje zdraví pacienta. Existuje mnoho technických řešení, kterými je možno tuto identifikaci provádět. Jako nejvhodnější se jeví automatická identifikace pomocí moderní techniky.

Point of care testing (POCT) je souhrnný název pro určitá laboratorní měření přímo u lůžka pacienta a také přístrojů, které tento typ měření umožňují. Mezi jejich výhody patří snadná ovladatelnost, rychlé získání výsledku a tím i zkrácení doby odezvy na stav pacienta. Práci s těmito přístroji může provádět zaškolený ošetřující personál bez laboratorního vzdělání.

Glukometr je analyzátor používaný pro určování hodnoty glykémie. V současné době je na trhu široké spektrum těchto přístrojů založených na různých principech měření. V nemocnicích by měly být přednostně využívány přístroje pro nemocniční měření, které umožňují identifikaci pomocí čárového kódu a odeslání výsledků do laboratorního informačního systému (LIS).

LIS je jedna z částí nemocničního informačního systému (NIS). Slouží především pro zpracování žádanek o laboratorní vyšetření. Výstupem z tohoto systému je zpráva o naměřeném výsledku. Měření v režimu POCT spadá pod kompetenci Ústavu klinické biochemie (ÚKB).

Měření glykémie ve Fakultní nemocnici v Ostravě v současné době neodpovídá evropským standardům. Cílem této práce je analýza aspektů, které s měřením glukózy souvisí a v závislosti na tom navržení nového systému, který bude odpovídat doporučením pro měření glukózy.

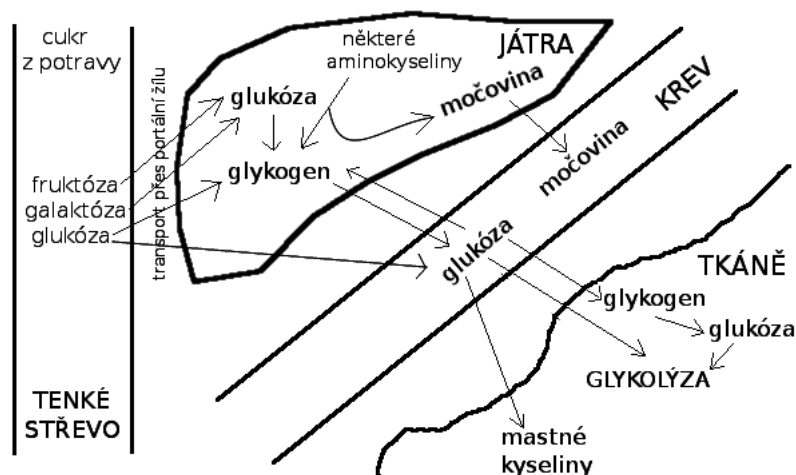
2 PROBLEMATIKA MĚŘENÍ GLUKÓZY

2.1 FYZIOLOGIE A PATOLOGIE GLUKÓZY

Glukóza je monosacharid známý také pod názvy hroznový nebo krevní cukr. V přírodě se nachází v ovocných šťávách, medu a krvi živočichů. Je jedním z produktů fotosyntézy a je hlavním zdrojem energie pro vznik adenosintrifosfátu (ATP).

2.1.1 Metabolismus glukózy

Pro lidský organismus je velmi důležité stálé udržování koncentrace glukózy v rozmezí 3-8,5 mmol/l, a to i při zvýšených požadavcích na přísun energie (hladovění, zvýšená fyzická aktivita). Za klidových podmínek je v játrech za hodinu vyprodukováno asi 10g glukózy. Spotřeba mozku je nezávisle na inzulínu asi 6g. Pokud je tedy spotřeba v periferních tkáních větší než 4g, musí nastat zvýšení produkce glukózy ze zásobních látek.



Obr. 1: Schéma metabolismu glukózy

Asi 50-70% celkové energie má svůj původ v sacharidech. V trávicím ústrojí se všechny složené cukry účinkem trávicích enzymů rozštěpí na monosacharidy, které se poté dostávají portální žílou do jater. V játrech dochází k mnoha chemickým procesům. Fruktóza a galaktóza se přestavují na glukózu, která je hlavním cukrem vnitřního prostředí organismu.

V případě vysoké koncentrace glukózy v krvi se tvoří zásobní polysacharid glykogen (glykogenogeneze). Glykogenogeneze může také probíhat ve tkáni kosterního svalstva. Vyrobený glykogen je skladován uvnitř buněk a jeho množ-

ství může pokrýt energetickou potřebu na 12-24 hodin. Hlavní výhodou glykogenu je jeho rychlý metabolismus - rychlý zdroj energie - a nízký osmotický tlak - neovlivňuje vnitřní prostředí buňky. Při překročení kapacity glykogenu dochází ke tvorbě mastných kyselin a uskladnění energie do tukové tkáně. Pokud je hodnota glykemie nízká, dochází k štěpení glykogenu a vzniku glukózy (glykogenolýza).

Abychom z glukózy vytěžili energii ve formě ATP, odehrává se v buňkách série dalších chemických reakcí. Glukóza je rozštěpena na pyruvát a z toho posléze vznikne acetylkoenzym A, který za předpokladu, že je k dispozici dostatečné množství kyslíku, vstupuje do cyklu kyseliny citrónové a oxidační fosforylace. V takovém případě získá organismus 38 molekul ATP a produkty H₂O a CO₂, který se z těla vyloučí dýcháním. V opačném případě je okamžitý výtěžek pouze 2 molekuly ATP a laktát, jehož energie se může využít teprve, když je kyslík opět k dispozici.

V některých tkáních probíhá také pentózový cyklus, při kterém se z glukózy vytváří pentózy pro syntézu nukleových kyselin.

2.1.1.1 Řízení metabolismu glukózy

Na metabolismu glukózy se podílí mnoho faktorů, jejichž cílem je udržení stálosti vnitřního prostředí (homeostázy). Jsou to především hormony inzulín a jeho antagonistu glukagon, které jsou produkovány pankreatem, ale také mnohé další.

Hormon	Výroba	Účinek
Snížení glykemie:		
Inzulín	β-buňky Langerhansových ostrůvků pankreatu	syntéza glykogenu zvýšení utilizace glukózy transport glukózy do buněk
Zvýšení glykemie:		
Glukokortikoidy (kortizol, kortikosterol)	kůra nadledvin	snížení utilizace glukózy výroba glukózy z necukerných látek
Katecholaminy (adrenalin, noradrenalin)	dřeň nadledvin	glykogenolýza (ve svalech a játrech)
Glukogen	α- buňky Langerhansových ostrůvků pankreatu	glykogenolýza (pouze v játrech) glukoneogeneze z laktátu a AK
Tyroxin, trijodtyronin	štítná žláza	glykogenolýza vstřebávání glukózy ve střevě
somatotropní	hypofýza	snížení utilizace glukózy

Tab. 1: Hormony ovlivňující metabolismus glukózy

Účinkem inzulínu je snižování hladiny glykémie. Je produkován β-buňkami pankreatu. Jeho sekrece dodatečně tlumí produkci glukagonu. Stimuluje glukoneogenezi a tvorbu proteinu a lipidů, podporuje vstup glukózy do buněk a její

zvýšené využití. Inzulín ale nemá vliv na některé orgány (např. nervový systém, červené krvinky, cévy, pojivovou tkáň, ledviny). Tyto orgány přijímají glukózu v závislosti na její koncentraci v krvi.

Glukagon produkovaný α -buňkami pankreatu má opačný účinek – zvýšení glykémie, které je dosaženo tvorbou glukózy z laktátu a aminokyselin (AK) a stimulací glykogenolýzy (pouze v játrech). Na zvýšení glykémie se účastní i hormony nadledvin (glukokortikoidy, katecholaminy) tím, že vyvolávají glykogenolýzu (jaterní i svalovou) a snižují využívání glukózy. Hormony štítné žlázy (tyroxin, trijodtyronin) podporují vstřebávání glukózy ve střevech a uvolňování glykogenu.

Mimo hormonálních vlivů se na řízení glukózy podílí také nervová soustava. Drážděním parasymptiku (parasymptické části nervového systému) se glykémie snižuje. Při dráždění symptiku se zvyšuje.

2.1.2 Diabetes melitus

Diabetes melitus je závažnou civilizační chorobou, která se projevuje poruchou metabolismu glukózy. Jeho prevalence u obyvatel ve střední Evropě se pohybuje v rozmezí 3-5%. Základní rozdělení je na diabetes 1. typu a 2. typu.

Při diabetu 1. typu dochází k zániku β -buněk pankreatu produkujících inzulín a tím jeho absolutnímu nedostatku. U diabetu 2. typu je přinejmenším na začátku onemocnění produkce inzulínu v normálu, ale je snížena odezva na tento hormon. V pozdějším stádiu choroby dochází rovněž k poklesu sekrece inzulínu.

Pro klinickou praxi jsou důležité zejména dva syndromy – syndrom hyperglykémie a syndrom hypoglykémie. Tyto syndromy vznikají při vychýlení koncentrace glukózy z normálních hodnot a způsobují mnoho různých komplikací, jak akutního, tak dlouhodobého charakteru.

2.1.2.1 Syndrom hypoglykémie

Stav, kdy glykémie poklesne pod dolní hranici normální koncentrace glukózy, nazýváme hypoglykemií. Klinické příznaky se obvykle objevují až při hodnotách nižších. Při poklesu pod 1,5 mmol/l nemá mozek dostatečné množství energie, což vede k poruchám mozkové funkce, únavě, zmatenosti, halucinacím, křečím až ke ztrátě vědomí.

Syndrom hypoglykémie vzniká při zvýšené spotřebě glukózy ve tkáních, při omezeném příjmu sacharidů a poruše regulace glykémie nebo pokud není dávka exogenního inzulínu v rovnováze s dávkou jídla. První pomoc při hypoglykémii je perorální podání cukru.

2.1.2.2 Syndrom hyperglykémie

Hyperglykémie je stav, kdy hodnota glykémie stoupne nad horní hranici normální koncentrace glukózy. Dochází při něm ke zvýšení osmolarity krve a ke glykaci některých proteinů. Tento stav je projevem onemocnění diabetes melitus a pokud není léčen, vede ke vzniku mnoha akutních i dlouhodobých komplikací.

Subjektivní pocit vysoké glykémie se projevuje jako celková ochablost, únavnost, tlak v hlavě, žízeň (polydipsie) a zvýšené močení (polyurie). Tyto příznaky jsou nejvíce patrné při rozvoji onemocnění. Dalším příznakem je zhoršení zraku podmíněné glykací bílkovin oční čočky a poruchou akomodace. Zvyšuje se srážlivost a viskozita krve stimulací produkce proteinů obsahující sacharidy (fibrinogen) a ireverzibilní glykací hemoglobinu, která také snižuje transportní kapacitu této bílkoviny pro plyny. Trvale vysoká hladina glykémie napomáhá vzniku infekcí, plísni a svědivých dermatóz a ztěžuje jejich hojení.

2.1.2.3 Monitorování diabetu

Pro odvrácení komplikací diabetu je nutno udržet hladinu glykémie v normálu. Toho je dosahováno podáváním exogenního inzulínu a dietou.

Pro podání správné dávky inzulínu je nutné vědět, jaká je koncentrace glukózy v krvi. Toto měření je prováděno většinou pomocí glukometru a mělo by být prováděno alespoň třikrát denně - vždy před jídlem a před spaním. V závislosti na výsledku měření si pacienti mohou přesně dávkovat inzulín a stravu dle aktuálních potřeb. Dosáhnutím glykemické křivky zdravého člověka je u těchto pacientů výrazně sníženo riziko vzniku komplikací.

Pro zjištění dlouhodobé kompenzace glykémie můžeme využít měření glykovaného hemoglobinu. V současné době se toto měření provádí především v laboratořích. Podle míry glykovaného hemoglobinu můžeme určit, zda docházelo k výrazným hyperglykemiím v posledních 6-8 týdnech (polovina doby života červených krvinek). U zdravých jedinců je glykováno asi 5% hemoglobinu. U pacientů s trvalou hyperglykemií může glykace postihnout až 15-20% z celkového počtu červených krvinek.

Dalším testem, kterým se v minulosti zjišťoval stav diabetu, je stanovení glukózy v moči. V současné době se tento test využívá pouze výjimečně, protože glukóza se dostává do moči, až když je její koncentrace větší než 10 mmol/l a tomuto stavu se snažíme vyhnout. Navíc měření glykémie z krve má vyšší výpovědní hodnotu.

[1], [2], [3], [4]

2.2 PRINCIP MĚŘENÍ GLUKÓZY

Na měření glukózy v krvi se podílí mnoho fyzikálních a chemických jevů. První úspěšné měření glukózy se datuje do šedesátých let minulého století a je spojeno s objevem biosenzoru. Biosenzor je kombinace bioreceptoru a převodníku. Bioreceptor je látka rozeznávající analytický cíl a pomocí převodníku je vytvořen měřitelný signál.

2.2.1 Princip detekce

2.2.1.1 Kolorimetrie

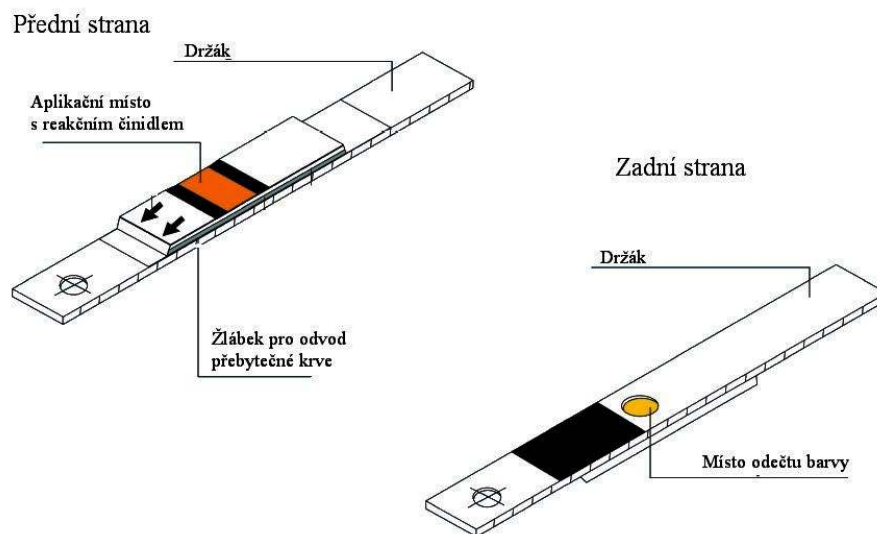
Kolorimetrie je nejstarší metodou pro stanovení glukózy. Využívá se při ní reakce kyseliny glukonové s proužkem měřícím pH. Změna barvy je odečtena z přiloženého štítku s natištěnými barvami. Každé barvě odpovídá určitá koncentrace glukózy. Naměřený výsledek je tak ovlivněn i kvalitou zraku měřící osoby. V současné době se této metody pro stanovení glykemie z krve nepoužívá, ale stále se s ní můžeme setkat při stanovování glukózy v moči.



Obr. 2: Proužky pro testování glukózy v moči využívající princip kolorimetrie

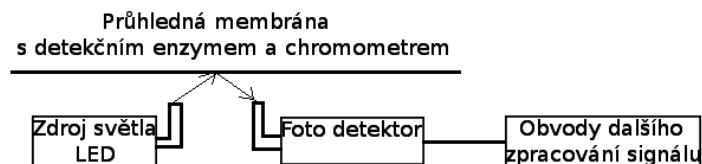
2.2.1.2 Reflexní spektrofotometrie

Stejně jako kolorimetrie je tato metoda založena na změně barvy chromometru. Proužek s krví, nanesenou na místo s reakčním činidlem, se vloží do glukometru. Měření probíhá automatizovaně za pomoci spektrofotometru, což umožňuje stanovit výsledek mnohem přesněji, než tomu bylo u kolorimetrie.



Obr. 3: Senzor přístroje Accu-Chek Aktiv využívající princip fotometrie

Pro odečtení výsledné barvy je proužek několikrát osvětlen svazkem záření např. ze světelné diody. Reakční vrstva umístěna na průhledné části proužku. Tím je umožněno odečtení signálu z opačné strany, než je nanesený vzorek, který by nám jinak bránil v průchodu světla. Odraz od proužku je pomocí světlocitlivé součástky převeden na signál, z něhož je vypočtena hladina glykémie. Proces odečtení hodnoty probíhá na fyzikálním principu odrazu světla, který neovlivní produkt reakce.

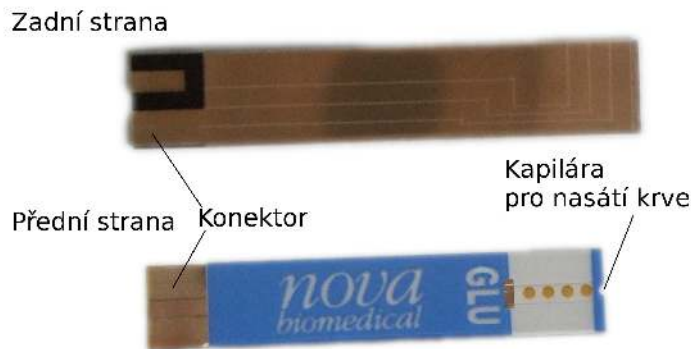


Obr. 4: Schéma měření pomocí principu fotometrie

Výhodou je, že při měření touto metodou získáváme signál, který se dále nemusí složitě zpracovávat. Nevýhodou je to, že vzorek s krví, u které musíme předpokládat případnou infekčnost, vkládáme přímo do přístroje, a proto není vhodné, aby byl jeden přístroj sdílen více pacienty.

2.2.1.3 Ampérometrie

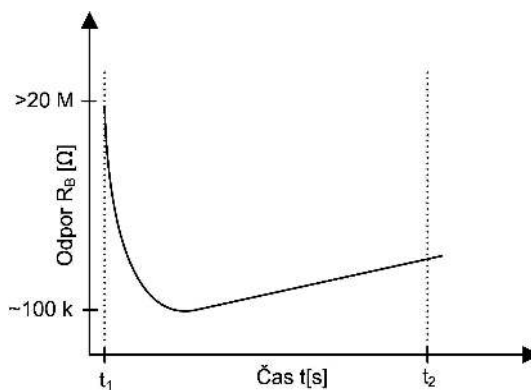
U této metody se využívá přenosu uvolněných elektronů v průběhu měření přímo na elektrodu. Krev se nanese do místa sloužícího pro aplikaci krve a je nasáta mezi elektrody, kde probíhá reakce. Elektrody jsou spojeny s glukometrem pomocí konektoru.



Obr. 5: Senzor glukometru StatStrip využívající princip ampérometrie

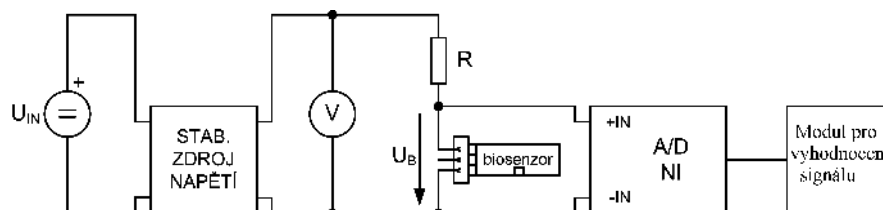
Elektrody se nejčastěji vyrábí ze stříbra, chloridu stříbrného, zlata, uhlíku, nebo palladia a jejich počet se u jednotlivých výrobců liší. Nejjednodušší proužky obsahují dvě elektrody. Třetí elektroda slouží pro kompenzaci elektrochemických reakcí nesouvisejících s koncentrací glukózy a další elektrody mohou sloužit pro ověření správného množství vzorku.

Uvolnění elektronů z elektrody způsobí i změnu odporu, kterou můžeme snadno měřit. Na rozdíl od předchozí metody je měřen průběh celé reakce a ne pouze její výsledek. Následující graf popisuje závislost odporu R mezi elektrodami v závislosti na čase.



Obr. 6: Závislost odporu mezi elektrodami biosenzoru

Hodnota glukózy se poté odvozuje z průběhu reakce v modulu pro vyhodnocení signálu pomocí propracovaného algoritmu, který je chráněn patentovým vzorem každého výrobce a není volně dostupný.

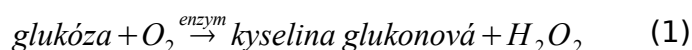


Obr. 7: Schéma měření pomocí principu ampérometrie

2.2.2 Senzor glukózy

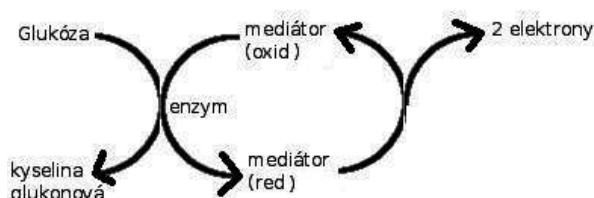
Pro účely měření glukózy se jako bioreceptor zpravidla používají enzymy oxidoreduktázy, které katalyzují metabolismus glukózy. Jsou uloženy spolu s dalšími látkami podílejícími se na reakci v suché chemické vrstvě. Enzymy jsou organické molekuly katalyzující reakce v buňkách. Jsou to řetězce aminokyselin syntetizované na základě informace uložené v DNA.

Na rozdíl od průmyslových katalyzátorů pracují enzymy pouze při fyziologické teplotě a při pH, které je blízké pH neutrálnímu. Po dokončení reakce mají enzymy stejnou stavbu jako měly na jejím začátku. Následující rovnice vystihuje průběh této reakce.



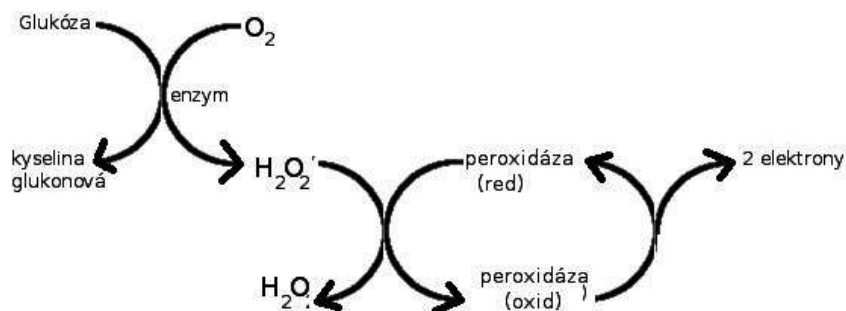
Protože kyslík i vznikající peroxid vodíku jsou elektricky aktivní, může být tohoto principu využito pro samotné měření. Hlavní nevýhodou tohoto systému je vysoké výstupní napětí (až 0,8V), které způsobuje interference s ostatními látkami obsaženými ve vzorku. Také pro další zápory, kterými jsou pomalá odezva a problémy při miniaturizaci, bylo nutné tuto metodu dále vylepšovat.

Pro minimalizaci negativního vlivu interferujících látek bývá mezi enzymem a detekčním systémem zařazena další tenká vrstva látky – mediátor. Zpravidla se jedná o rychle reagující chemikálii, která je schopna dodávat elektrony, které se dále zpracovávají podle zvolené metody detekce. Většinou se jako mediátoru používá chemikálií obsahujících kovový komplex.



Obr. 8: Reakce s použitím mediátoru

V některých případech se jako mediátoru užívá další enzym. V tomto případě se používá peroxidázové elektrody. Výhodou je nižší výstupní napětí, díky kterému se daří minimalizovat vliv interferujících látek.



Obr. 9: Reakce při použití dvojenzymové vrstvy

Měření glukózy je založeno nejčastěji na enzymu glukooxidázy (GO) nebo glukodehydrogenázy (GDH). Historicky nejstarší a dodnes velmi často používanou metodou je metoda glukooxidázová. Měření pomocí glukodehydrogenázové metody je však spolehlivější, protože výsledky nejsou ovlivněny koncentrací kyslíku ve vzorku.

Senzor glukózy je umístěn na testovacím proužku. Stavba testovacího proužku se liší podle typu detekce vzorku. Je důležité, aby byly dodrženy skladovací podmínky proužků, které stanoví výrobce. Atmosferické vlivy totiž mohou ovlivnit enzymovou vrstvu senzoru.

2.2.3 Glukometr

Glukometr je přenosný elektronický přístroj umožňující vyhodnocení signálu naměřeného senzorem a jeho převod na konkrétní hladinu glykémie. Zpracování glukometru a jeho funkce závisí na předpokládaném použití.

2.2.3.1 Selfmonitoring glykémie

Vzhledem k nutnosti stanovovat hladinu glykémie co nejčastěji vlastní každý diabetik osobní glukometr, kterým měří svou vlastní hodnotu glykémie tzv. selfmonitoring. Hlavní výhodou jsou malé rozměry a nízká cena. Pokud se v krvi nenachází významné množství interferujících látek a glykémie je v rozsahu 3-15mmol/l, je přesnost měření dostatečná.

Naměřená hodnota glykémie je zobrazena na displeji buď v jednotkách mmol/l nebo mg/dl. U některých moderních přístrojů je výsledek uložen do paměti spolu s časem měření a může být načten do počítače pro další vyhodnocení.

2.2.3.2 Nemocniční měření glykémie v režimu POCT

Při hospitalizaci diabetiků v zdravotnickém zařízení je měření glykémie prováděno přímo ošetřujícím personálem. Kromě diabetiků se měření glykémie

provádí u pacientů na neonatologických jednotkách intenzivní péče a metabolických jednotkách.

Glukometry vyráběné pro nemocniční měření v režimu POCT jsou většinou robustní přístroje s širokou možností uživatelského nastavení. Umožňují dálkovou správu, automatickou identifikaci operátora i pacienta pomocí čárových kódů, přenos dat do laboratorního a nemocničního informačního systému a zabezpečení přístroje proti neoprávněnému použití.

Rovněž je možné nastavit automatické zablokování přístroje při neprovedení plánované kontroly kvality nebo pokud kontrola proběhne s neuspokojivým výsledkem. Správa a přenos dat jsou uskutečňovány pomocí dokovacích stanic připojených k nemocniční síti, které zároveň slouží pro dobíjení přístrojů.

[1], [5], [6], [7], [8]

3 KVALITA MĚŘENÍ GLUKÓZY

3.1 REPRODUKOVATELNOST A PŘESNOST MĚŘENÍ

Reprodukovatelnost a přesnost měření jsou dva parametry, které vystihují kvalitu měření. Výsledky přístroje, jehož měření je reprodukovatelné, jsou při měření jednoho vzorku vždy stejné. Přesnost je vlastně správnost výsledku.

Kvalita měření je velice důležitá, aby bylo možno předcházet komplikacím diabetu. Při naměření falešně vysoké hladiny glykemie je podána příliš velká dávka inzulínu, a to může způsobit hypoglykémii a s ní spojené akutní komplikace, které mohou být velice nebezpečné. Naopak při naměření falešně nízké hladiny glykemie a podání nízké dávky inzulínu dochází ke zvýšení pravděpodobnosti vzniku dlouhodobých komplikací.

Aby se mohlo předcházet těmto stavům, doporučuje Česká společnost klinické biochemie (ČSKB) pravidelné kontroly glukometrů vzhledem k laboratoři 1x za 2 měsíce. Maximální povolená odchylka by se měla pohybovat v rozmezí $\pm 15\%$. Glukometry, které nesplňují tento požadavek nesmí být až do vyřešení problému používány k měření.

3.2 KALIBRACE PŘÍSTROJE

Technologie výroby testačních proužků je velice komplikovaná a je složité zajistit, aby všechny proužky měly stejné vlastnosti. Tyto odlišnosti jednotlivých šarží proužků mohou ovlivnit průběh reakce a tím i výsledek měření glykemie. Proto je nutné tyto odchylky korigovat. Každá firma vyrábějící glukometry má svůj způsob, kterým tato kalibrace probíhá. Některé glukometry vyžadují vložení kalibračního čipu, který je obsažen v balení měřících proužků. U glukometrů se zabudovanou čtečkou čárových kódů bývá kód načten přímo z obalu proužků a některé glukometry dokonce zadání kódu nevyžadují a kalibraci provádějí jiným způsobem.

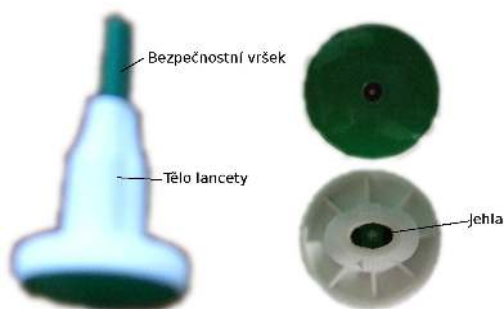
S pojmem kalibrace se u glukometrů můžeme setkat ještě v jiném významu. Jedná se o takzvanou kalibraci na plnou krev a kalibraci na plazmu. Při kalibraci na plnou krev se při výpočtu hodnoty glykemie započítávají i červené krvinky. Glukometry, které zobrazují hodnotu kalibrovanou na plazmu obsahují algoritmus pro vypočtení obsahu glukózy v plazmě po odebrání červených krvinek, nebo umožňují měření glukózy i hematokritu, čímž je výsledek mnohem přesnější. Obvykle výsledek měření kalibrovaného na plnou krev bývá o 12% nižší, než je tomu u měření kalibrovaného na plazmu.

3.3 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Přesnost měření ovlivňuje nejen kvalita glukometru, ale taky postup, kterým je měření prováděno. Před každým měřením je nutné provést přípravu na měření, a tím redukovat riziko vzniku preanalytických chyb. Také je nutné dbát na dodržení skladovacích podmínek měřících proužků.

Před vlastním měřením je vhodné umýt si ruce teplou vodou a mýdlem. Teplá voda zvýší prokrvení. Mýdlo odmastí kůži a odstraní další nečistoty, které by mohly ovlivnit měření nebo způsobit infekci. Při nemocničním měření se většinou umytí rukou neprovádí. V tomto případě je nutné místo odběru vzorku pečlivě vydesinfikovat.

Vzorek krve získáme z konečku prstu propíchnutím bříška prstu. K propíchnutí se používá lancety. Technologie výroby lancet se v poslední době velmi vylepšila. Na trhu jsou k dostání lancety, které umožňují regulovat nejen hloubku vpichu, ale je kontrolována i rychlost průniku a pohyb jehly. Také jsou prováděny výzkumy, které se zabývají tím, jaký by měl být optimální tvar jehly a úprava jejího povrchu. Všechny tyto aspekty pomáhají snížit bolestivost vpichu, což vede k častějšímu měření. Taky je doporučováno provádět odběry vždy na stejném místě, čímž se dané místo znečítliví.



Obr. 10: Lanceta využívaná pro odběry ve FNO

Ani v případě selfmonitoringu, kdy lancetu používá jedna osoba, se nedoporučuje její znovupoužití. Na lancetě po jejím použití zůstane malé množství krve, na kterém se začnou množit mikroorganismy. Pokud je lanceta znovu používána, dochází k jejich zavlečení do těla, což zhoršuje hojení místa vpichu, a tím i jeho bolestivost.

Pro snížení bolestivosti vpichu je možno použít k odběrům vzorku také některé z alternativních odběrových míst, jako např. loket nebo břicho. Výsledky těchto měření se někdy mohou lišit od hodnoty, která by byla naměřena při měření vzorku odebraného z prstu. K tomu dochází především v době, kdy se hodnota glykémie rychle mění. Je to způsobeno pomalejší cirkulací krve v těchto místech než je rychlost cirkulace v kapilárách prstu.

Získanou kapku krve o adekvátní velikosti umístíme na určené místo

testovacího proužku. Pokud reakce proběhne úspěšně, odečteme hodnotu na glukometru. Při testování ve zdravotnických zařízeních je třeba brát na vědomí, že pracujeme s biologickým materiálem, který může způsobit přenos nemocí mezi pacienty. Práce s takovým materiálem podléhá předpisům daného zdravotnického zařízení.

3.4 INTERFERENCE

Na přesnost měření má vliv mnoho faktorů. Míra přesnosti výsledků je závislá jak na použité metodě, tak na vlastnostech měřeného vzorku.

Hematokrit je poměr červených krvinek v krvi. Normální hodnota hematokritu se pohybuje okolo 44% u mužů a 39% u žen. Pacienti s vyšší hodnotou hematokritu (např. novorozenci) mají většinou naměřenou hodnotu glykémie nižší než je ve skutečnosti. Pacientům se sníženou hodnotou hematokritu (např. na jednotkách intenzivní péče) vychází hodnota glykémie naopak vyšší než je skutečná hodnota. Tato chyba vzniká tím, že červené krvinky obsahují redukcující látky a tím ovlivňují výsledky u těch metod měření, které jsou založené na redukcii. Červené krvinky také zaplňují místo na reakční ploše proužku a tím mohou bránit průběhu reakce.

Při měření metodami používajícími glukooxidázu může být výsledek výrazně ovlivněn kyslíkem. To se týká především pacientů, u kterých je prováděna oxygenoterapie a tím mají více kyslíku ve vzorku (falešné zvýšení výsledku), nebo těch, kteří mají ve vzorku kyslíku málo (falešné snížení výsledků).

Na přesnost měření má vliv ještě mnoho dalších látek. Jsou to např. další cukry (maltóza, galaktóza) kyselina močová, jejíž koncentrace může být u některých diabetiků zvýšena, kyselina askorbová (vitamín C), bilirubin, kreatin, triacylglyceroly, cholesterol, analgetika, antibiotika atd.

Nadmořská výška, teplota a vlhkost jsou faktory, které mohou vést k nepředvídatelným výsledkům měření. V tomto ohledu je důležité řídit se pokyny výrobce jak pro měření, tak pro uskladnění testovacích proužků. Také bychom se měli vyvarovat používání jiných proužků než těch, které jsou určeny výrobcem.

Vliv interferujících látek je nejméně výraznější u glukometrů určených pro self-monitoring. V zájmu zachování nízké ceny glukometru výrobce neřeší problém interferujících látek. U pacientů, kteří jsou zdraví (neužívají větší množství léků, mají normální hematokrit a normální hodnoty kyslíku v krvi), jsou výsledky získané tímto měřením dostatečně přesné. Při měření v nemocnicích je naopak třeba předpokládat výskyt většího množství interferujících látek, a proto i glukometry pro nemocniční měření měření musí být schopné tyto interference eliminovat.

[1], [9], [10], [11]

4 SOUČASNÝ STAV MĚŘENÍ GLYKÉMIE

4.1 STAV VE FAKULTNÍ NEMOCNICI OSTRAVA

Mimolaboratorní měření glykémie je prováděno na sedmi acidobazických analyzátoch 72 glukometrech určených pro selfmonitoring. Nákup glukometrů si organizovala oddělení sama, nebo je dostávala darem. To vysvětluje značnou nejednotnost měření, které se provádí mnoha typy glukometrů od různých výrobců. Jednotlivé typy glukometrů jsou uvedeny v následující tabulce.

Firma	Typ	Počet
Abbot	Precision Q.I.D	3
	Medisense cardd sensor	1
	Optimum	14
	Optimum Xceed	31
	Freestyle mini	1
Roche	Accu-Chek Go	6
	Accu-Chek Active	2
	Glucotrend 2	4
Boehringer Mannheim	Glucotrend	2
Mediko	B-Glucose Hemocue	2
Braun	Omnitest Senzor	3
Johnson & Johnson	One Touch Ultra	1
	One Touch Ultra Easy	2

Tab. 2: Přehled glukometrů užívaných ve Fakultní nemocnici v Ostravě

Stav mimolaboratorního měření glykémie byl podrobně rozepsán v práci Havránka, T. Kontrola kvality POCT analyzátorů, v jejímž rámci proběhlo ověření správnosti a přesnosti měření glukometrů. Byly použity vzorky plné krve s přídatkem antikoagulačního činidla na dvou koncentračních hladinách v intervalu 3-15 mmol/l. Na každé hladině bylo měření provedeno třikrát a z výsledku byla vypočítaná relativní chyba. Bylo zjištěno, že ve FNO bylo 26% dodaných glukometrů nevyhovujících doporučení ČSKB, podle kterého nesmí být relativní odchylka větší než 15%.

Zajištění kontroly kvality tak velkého počtu glukometrů, které jsou navíc od různých výrobců, je velice problematické. Situace navíc zhoršuje to, že glukometry pro selfmonitoring neumožňují dálkovou správu ani přenos dat do LIS, což

zvyšuje reakční dobu na případný problém. Výsledky měření jsou tedy ručně zapisovány do provozního deníku přístroje, což je časově náročné a může vést ke vzniku chyb, a tím i ke zbytečnému opakování měření. Na odděleních, kde probíhá měření na více typech glukometrů, hrozí také záměna jak kontrolních materiálů, tak měřících proužků.

Další nevýhodou tohoto systému měření je problém financování. Cena spotřebního materiálu pro jedno měření se pohybuje v rozmezí 10 až 20Kč. Financování měření glykémie na přístrojích pro selfmonitornig bohužel není hrazeno ze systému zdravotního pojištění a nemocnice je na něm ztrátová.

4.2 STAV V NEMOCNICI NA HOMOLCE

Pražská Nemocnice Na Homolce je svou kapacitou lůžek asi čtyřikrát menší než Fakultní nemocnice Ostrava a stejně jako ona se snaží o poskytování špičkové lékařské péče.

Od roku 2004 je zde každému pacientovi, který je přijat k hospitalizaci nebo ambulantnímu výkonu, přiděleno identifikační číslo, pod kterým je veden v nemocničním informačním systému. Toto číslo je generováno náhodně a pro určitého pacienta je neměnné.

Pacienti přijati k hospitalizaci navíc obdrží náramek se jménem a čárovým kódem, do kterého je zakódováno identifikační číslo pacienta. Tento kód je rovněž natištěn na žádanky. Každé pracoviště disponuje čtečkou čárového kódu. Po načtení kódu pacienta získá lékař přístup do pacientových záznamů a může s nimi dále pracovat.



Obr. 11: Náramek s čárovým kódem

Čárový kód je nesmývatelným způsobem vytištěn na etiketu, která je nalepena na náramek z materiálu, který nezpůsobuje alergickou reakci. Každý pacient musí mít po celou dobu hospitalizace tento náramek připevněn. Tím je usnadněna také identifikace pacienta, kdyby se náhodou ocitl v některé části nemocnice v bezvědomí. Kód z náramku se prakticky nedá zneužít, jelikož pro přístup do systému je nutné mít oprávnění.

Tohoto systému identifikace pacientů bylo využito při zavádění glukometrů pro POCT. Nemocnice používá dvacet glukometrů Precision PCx od firmy Abbott. Glukometry jsou majetkem firmy a nemocnice je má zapůjčené s tím, že každý měsíc musí odebrat určitý počet testovacích proužků. Denně proběhne v Nemocnici Na Homolce v průměru 120 měření glykémie.

Předtím než je provedeno samotné měření glykémie, musí být načten čárový kód ošetřující osoby, která provádí měření. Poté přístroj vyzve k načtení kódu pacienta a kódu šarže měřícího proužku. Samotné měření je provedeno obdobně jako u glukometru pro selfmonitoring. Pak je měření provedeno u všech pacientů na oddělení a glukometr je připojen k dokovací stanici a data jsou automaticky odeslána do LIS.



Obr. 12: Snímání čárového kódu glukometrem

Místo načítání čárového kódu je rovněž možné zadat kód pomocí tlačítek přístroje. Tímto způsobem by měly být kódy zadávány pouze ve výjimečných případech, protože tento způsob je časově náročný a navíc může vést i ke vzniku chyb.

[1], [12]

5 METODIKA MĚŘENÍ GLUKÓZY

5.1 POINT OF CARE TESTING

POCT představuje optimalizaci diagnostického procesu současnou integrací měření, monitorování a fyziologických pozorování v místě péče o nemocného, kdekoli je to potřebné (obecná definice). Zahrnuje používání techniky u lůžka (včetně přenosných analyzátorů), v ambulanci a nebo použití techniky vlastněné pacientem.

Název POCT tedy používáme pro měření přímo u lůžka pacienta, ale také pro lékařské přístroje, které umožňují takovéto měření. Doba odezvy při práci v režimu POCT musí být kratší, než by byla doba odezvy laboratoře, jinak ztrácí takovéto měření smysl.

Škála měřených parametrů se neustále zvyšuje. Měřením v režimu POCT se nejčastěji měří tyto analyty:

- parametry acidobazické rovnováhy (pH, pCO₂, pO₂, laktát, glukóza, bilirubin, sodík, draslík, vápník, chloridy, hořčík, fosfor);
- parametry krevního obrazu a koagulace (hematokrit, hemoglobin, protrombinový čas, trombinový test, aktivovaný parciální tromboplastinový test);
- kardiomarkery (myoglobin, troponin, kretinkináza);
- další analyty (C-reaktivní protein, cholesterol, choriogonadotropin, drogy, léky, etanol a další)

5.1.1 Výhody a nevýhody POCT

Oproti měření v laboratoři má měření jak řadu výhod, které zvyšují kvalitu péče o pacienta, tak několik nevýhod.

Mezi výhody patří:

- Zkrácení doby odezvy - odpadá nutnost transportu vzorku do laboratoře, a tak může lékař rychleji zareagovat na pacientův stav
- Redukce preanalytických chyb (k analýze dochází bezprostředně po odběru, vzorek nikde dlouho nestojí a významně se snižuje počet lidí manipulujících se vzorkem)
- Snižování množství vzorku

- Malé rozměry analyzátorů

Nevýhody POCT:

- Kvalita výsledků (hlavním důvodem je zanedbávání důležitých aspektů měření, doporučení výrobce, údržba analyzátorů)
- Cena jednotlivých stanovení (je třeba zvážit, zdali se nedá dosáhnout stejného terapeutického efektu při měření v laboratoři, které bývá obecně levnější)
- Spektrum stanovovaných analytů (není možno provádět všechna měření, která jsou běžně prováděna v laboratoři)

5.1.2 Zavádění a používání POCT

Zavádění POCT je proces, jehož cílem je efektivní využívání POCT při péči o pacienta. Na počátku je vedením zdravotnického zařízení určen tým, který se bude zavedením POCT zabývat. Měli by jej tvořit vedoucí projektu (obvykle jeden z vedoucích pracovníků laboratorních oborů) a další členové, kteří jsou vybíráni z různých oddělení zdravotnického zařízení. Tento tým je zodpovědný za správné zavedení a fungování POCT.

5.1.2.1 Úkoly týmu pro POCT:

- **navrhnout obecnou strategii POCT**
- **definovat všeobecné medicínské požadavky** - určení použití (diagnostika, monitoring, screening apod.), určení rozsahu prováděných testů, určení potřebné terapeutické doby odezvy, určení cílové vyšetřované populace pacientů, definici kritických mezí (meze, jejichž překročení znamená ohrožení života nebo zdraví pacienta), určení základních terapeutických reakcí na kritické výsledky
- **definovat všeobecné analytické požadavky** - účast subjektu v externím hodnocení kvality a trvale doložitelný a relevantní způsob provádění interní kontroly kvality, správné vedení a archivace technické a zdravotnické dokumentace
- **určit požadavky na pracovníky** - školení - teorie přístroje pro POCT, odběr vzorku, zacházení se vzorkem, aplikace vzorku, údržba, řízení kvality, měření a dokumentace, zdroje preanalytických a postanalytických chyb, skladování reagentů, hodnocení výsledků, klinický význam měření
- **zajistit kvalitu všech procesů POCT** - vnitřní a vnější řízení kvality,

kontrola techniky v definovaných intervalech, přezkoumávání doby odezvy, přezkoumávání všech fází procesu, přezkušování znalostí personálu, kontrola dokumentace, verifikace metod a porovnání s centrální laboratoří, kontrola stavu reagentů a přístroje před měřením, dodržování doporučení výrobců, pravidelné školení

- **další úkoly** - zajistit dostupnost zdrojů a informací na podporu POCT, monitorování všech procesů POCT a zavádění nápravných opatření, zajistit odpovídající dokumentaci, rozhodnout o konečném modelu POCT včetně záložních metod měření, určit postupy pro úvodní a průběžné hodnocení přístrojů a metod, pro hodnocení klinické a ekonomické efektivity POCT

5.1.2.2 Zajištění kvality glukometrů

Po uvedení nového glukometru do provozu a poté vždy v jednoročních intervalech je ověřena správná funkce glukometru za přítomnosti pracovníka dodavatele (servisu). Každý pracovník obsluhující přístroj musí absolvovat školení ukončené autorizací osoby způsobilé k obsluze (pracovník dodavatele, pracovník vykonávající supervizi) a nabyté znalosti jsou jednou ročně prověřovány. Minimálně jednou za dva měsíce by měla proběhnout provozní analytická kontrola kvality měření (provádí obsluhující personál ve spolupráci s laboratoří) a v případě neuspokojivého výsledku je glukometr zkontrolován pracovníkem servisu nebo supervizorem.

Pacientům s hodnotou glykémie vyšší než 15 mmol/l nebo nižší než 3 mmol/l a také pacientům na inzulínové pumpě nebo s rychlými změnami hodnot glykémie musí být glykémie měřena také v laboratoři. Pacientům s poruchami periferního oběhu, na kyslíkové terapii, dialýze nebo s vysokými dávkami redukujících látek či významnou hyperlipidémií by neměla být měřena hladina glykémie pomocí glukometrů vzhledem k interferencím v měření.

[1], [11]

5.2 AUTOMATICKÁ IDENTIFIKACE

Systémy automatické identifikace jsou v dnešní době využívány v mnoha odvětvích, kde se klade důraz na bezchybný a rychlý průběh identifikace a automatizaci a zároveň je zpracováváno velké množství dat.

Při zdravotnických vyšetřeních je nutné, aby výsledky vyšetření byly přiřazeny ke správnému pacientovi. Při nedodržení tohoto předpokladu může dojít k vážným pochybením při rozhodování o další léčbě. Toto riziko se s pomocí automatické identifikace daří snížit na minimum. Další výhodou automatické identifikace je usnadnění administrace a přesná evidence průběhu léčby a snížení

nákladů na léčbu.

Pro použití ve zdravotnictví se jako nejvhodnější technologie jeví čárový kód nebo radiofrekvenční identifikace. Pro účely měření glukózy bohužel v současné době není možné radiofrekvenční identifikaci použít, protože na trhu neexistuje žádný glukometr, který by tuto technologii podporoval. Naproti tomu jsou v prodeji glukometry určené pro POCT, které jsou vybaveny čtečkou čárových kódů.

5.2.1 Čárový kód

Čárový kód je nejstarší technologie pro bezdrátovou identifikaci. Tento kód se neustále vyvíjí. Existuje mnoho druhů tohoto kódu. Podle zakódovaných znaků můžeme kódy dělit na numerické, numerické se speciálními symboly, alfanumerické a úplné alfanumerické (Full-ASCII).

Každý čárový kód je tvořen sekvencí tmavých čar a světlých čar (mezer). Tato technologie vychází z principu odrazu světla od světlých čar a jeho pohlcování čarami tmavými. Nositelem informace jsou jak čáry světlé, tak tmavé. Tyto čáry mohou být buď úzké nebo široké. Optoelektronická zařízení dokážou tyto posloupnosti analyzovat a převádět načtený kód do podoby využitelné k dalšímu zpracování.

Čárovým kódem je možno označit prakticky cokoli. Pro tisk etiket se používají materiály jako papír, plast, kov, keramika i textil. Náklady na jeho pořízení jsou malé. Chyby ve čtení kódu se obvykle nevyskytují. Pokud je kód poškozen, nedojde vůbec k jeho načtení. Výjimečným případům, kdy by mohlo dojít k chybnému přečtení kódu je možno snadno předcházet zavedením kontrolního znaku.

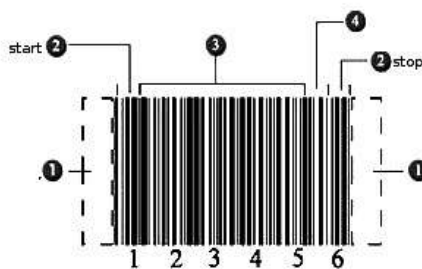
Nejmodernějším typem čárových kódů jsou kódy dvourozměrné, u kterých jsou data uložena v několika řadách. Na rozdíl od běžných jednorozměrných čárových kódů již tyto kódy nejsou reprezentovány čarami. Místo toho jsou kódovány jako matice čtverečků, teček a dalších geometrických vzorů. Vzhledově již tyto kódy původní čárové kódy ani zdaleka nepřipomínají, ale vzhledem k tomu, že vychází ze stejného principu, vžilo se pro ně rovněž označení čárové kódy. Tento způsob kódování umožňuje uložit mnohem větší kapacitu dat, ale na druhou stranu je čtení takového kódu technologicky náročnější.

5.2.1.1 Konstrukce čárového kódu

Jak už bylo zmíněno, je informace zakódovaná podle šířky čar. Nejužší čára kódu se nazývá modul kódu. Šířka široké čáry je obvykle trojnásobek modulu.

Základní charakteristiky, které musí být dodrženy při konstrukci čárového

kódu, jsou uvedeny na následujícím obrázku.



Obr. 13: Čárový kód

Na začátku a na konci čárového kódu se nachází tzv. světlé pásmo (1). Aby bylo zajištěno bezchybné načtení kódu, musí toto světlé pásmo zůstat nepotlustěné. Šířka světlého pásma by měla být desetkrát větší, než šířka modulu, minimálně však 2,5mm. Kód začíná startovacím znakem a končí ukončovacím znakem (2). Podle pravidel kódování daného druhu čárového kódu je zakódován řetězec (3), který může být ukončen volitelným znakem pro kontrolní součet (4), který slouží pro ověření správnosti načteného kódu. Doporučená výška čárového kódu pro ruční čtení je alespoň 10% délky kódu, pro čtecí pistole 20%, nejméně ale 20mm.

Podle šířky modulu rozlišujeme čárové kódy s vysokou hustotou záznamu (High Density), střední hustotou (Medium Density) a nízkou hustotou (Low Density). Čím je větší hustota záznamu, tím vyšší nároky jsou kladeny na kvalitu tisku čárového kódu a také na citlivost snímacích zařízení.

5.2.1.2 Tisk čárového kódu

Aby bylo možné čárový kód úspěšně přečíst, musí být kvalitně zaznamenan a jeho kontrast, který definujeme jako podíl mezi rozdílem odrazu pozadí a odrazu čárky ku odrazu pozadí, by měl být větší než 0,7.

$$C = \frac{\text{odraz pozadí} - \text{odraz čárky}}{\text{odraz pozadí}} \geq 0,7 \quad (2)$$

Tisk čárových kódů se obvykle provádí pomocí tiskárny čárových kódů připojené k počítači nebo síti. Na počítači se navolí požadovaný typ kódu a řetězec, který chceme zakódovat. Tisk je možný i na samolepicí štítky.

Pro tisk čárových kódů pro účely měření glukózy se počítá s využitím tiskárny TLP 2824 od firmy Zebra. Tato tiskárna patří do skupiny termotransfér tiskáren. Umožňuje velmi kvalitní tisk jak na teplocitlivý, tak i na normální papír, popř. jiný typ povrchu. Při tisku se před nahřátou tiskovou hlavou pohybuje barvicí páska a teplem dochází k nalepení vrstvy barvy na povrch etikety. Výhodou této tiskárny je její rychlý tisk a dlouhá životnost natištěného materiálu.

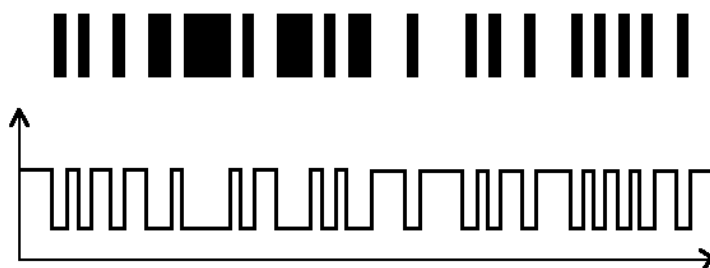


Obr. 14: Tiskárna TLP 2824

Tisk kódu je prováděn v programu dodávaném výrobcem tiskárny, nebo pomocí programovacího jazyka ASCII EPL2. Šířka potisku je 56mm a tiskárna umožňuje tisk až 102 mm/s.

5.2.1.3 Snímání čárového kódu

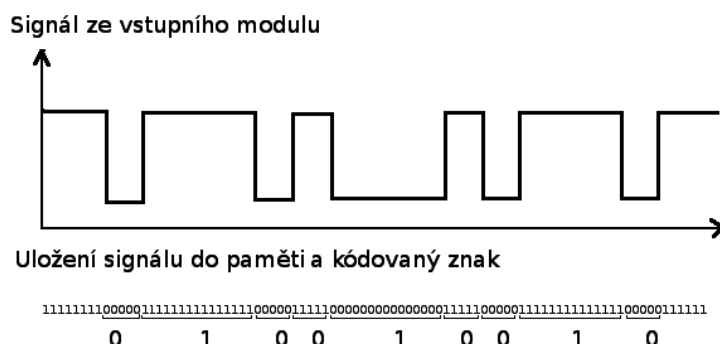
Čtecí zařízení čárových kódů se skládá ze vstupního modulu, modulu pro elektronické zpracování signálu a dekodéru. U glukometru je vstupní modul čtečky čárových kódů vyroben na principu laseru. Laserový paprsek projíždí kód a pomocí fotodetektoru je snímána intenzita odraženého světla, která se liší podle barvy čáry.



Obr. 15: Výstupní signál vstupního modulu

Získaný signál je převáděn A/D převodníkem a v určitých časových intervalech je ukládán do paměti. Tím v paměti získáme obraz kódu v podobě nul a jedniček. Data z paměti jsou dále zpracována modulem pro logické vyhodno-

cení. Podle počtu po sobě jdoucích stejných znaků je vyhodnocena šířka čar kódu. Výstupem tohoto modulu je posloupnost, ve které jednotlivé bity znamenají úzkou, či širokou čáru.



Obr. 16: Výstupní signál modulu pro elektronické zpracování signálu

V další části je signál dekodován. K tomu dochází pomocí dekodéru, ve kterém jsou uložena pravidla pro kódování jednotlivých kódovacích tabulek. Pokud je kód poškozen nebo není zapsán pomocí standardu, který je dekodér schopen rozkódovat, je vyhodnocen jako neplatný.

[13], [20]

5.3 NEMOCNIČNÍ INFORMAČNÍ SYSTÉMY

Nemocniční informační systémy prodělaly v posledních letech rychlý rozvoj. Díky zavedení moderní informační techniky do zdravotnictví se daří snížit náklady na administrativu i množství chyb, které dříve vznikaly.

Nemocniční informační systém (NIS) slouží ke zpracování zdravotnické dokumentace. Laboratorní informační systém (LIS) je nedílnou součástí systému nemocničního, ale v případě potřeby může pracovat i samostatně, pak ale ztrácí výhody přímého propojení s ambulantní složkou nemocnice. Účelem laboratorního informačního systému je zpracování dokumentace spojené s vyšetřením pacientů.

5.3.1 Laboratorní informační systém FNO

LIS ve Fakultní nemocnici Ostrava je dodán firmou SMS spol. s.r.o Brno. Tento systém byl vyvinut pod databázovým systémem OpenM, který zajišťoval nezávislost na použitém hardware, stejně jako rychlý přístup k datům. V současné době je tento systém instalován na postrelační databázi Caché firmy InterSystems.

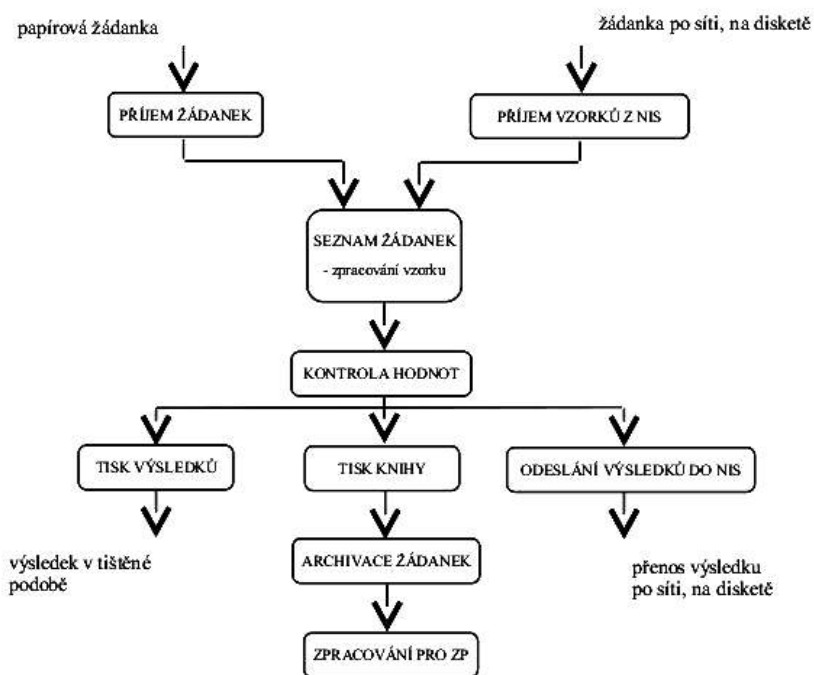
Nástroje tohoto systému jsou orientovány uživatelsky a není nutná zvlášt-

ní znalost informačních technologií. Navíc obsahuje systém nápovědu, která se zobrazí po stisknutí klávesy F1.

Databáze metod a ostatních údajů je z důvodu jednoznačnosti uložena pouze na jednom počítači (serveru), ke kterému se připojují počítače obsahující odpovídající programové vybavení (klienti). Tento způsob má výhodu v tom, že v jeden okamžik je možno s databází pracovat z libovolného množství počítačů.

Aby bylo zajištěno maximální možné obecnosti systému, nejsou laboratorní metody dodávány jako jeho součást, ale musí být vloženy až při inicializaci systému podle požadavků uživatele. Pro definici metod obsahuje systém příslušné nástroje. Zavádění nové metody je podrobně rozepsáno v dokumentaci k LIS.

Na vstupu LIS je žádanka o vyšetření a na výstupu zpráva obsahující výsledky. Ostatní zdravotnická dokumentace není pro laboratoř potřebná a není ani žádoucí, aby měl personál přístup k těmto údajům. Příjem žádanek probíhá buď ručně nebo přes počítačovou síť. Záznam výsledků může probíhat ručně nebo automaticky ze zařízení připojeného k tomuto systému. Systém umožňuje rovněž automatickou kontrolu výsledků na základě zadaných mezí. Samozřejmě je možná tisk, odesílání výsledků na příslušná oddělení a archivace. Také je možné sestavování účtu pro zdravotní pojišťovny.



Obr. 17: Práce se žádankami v LIS

5.3.2 Datové standardy

Pro tvorbu komunikačních rozhraní a tím i pro automatizovaný přenos dat je důležitá definice datového standardu. V nemocničních systémech se nejčastěji používá datových struktur definovaných pomocí XML (eXtensible Markup Language). Na tomto standardu je založen také standard POCT1-A, který je využíván mnoha přístroji sloužícími pro POCT.

Dalším datovým standardem je Národní číselník laboratorních položek (NČLP). Je to standard pro komunikaci mezi laboratorními obory a medicínskými uživateli výsledků jimi poskytovaných vyšetření. V současnosti je tento číselník velmi rozsáhlý a obsahuje asi 15 tisíc záznamů.

[14], [15], [16]

5.4 NEMOCNIČNÍ GLUKOMETRY

V současné době jsou na trhu tři přístroje, které jsou určeny pro nemocniční měření POCT. Jedná se o glukometr StatStrip firmy NOVA Biomedical, Precision PCx firmy ABBOTT a Accu-Chek Inform firmy ROCHE. Z práce Kontrola kvality POCT analyzátorů [1] a práce Testování glukometrů a jejich porovnání [8] vyplynulo, že nejvhodnějším přístrojem by byl glukometr StatStrip. Přístroj Precision PCx se naopak ukázal jako nejméně vhodný.

5.4.1 Popis glukometru StatStrip

Glukometr StatStrip od firmy NOVA Biomedical je určen především pro měření v zdravotnických zařízeních v režimu POCT. Přístroj je vybaven zabudovanou čtečkou čárových kódů pro automatickou identifikaci pacientů a umožňuje přenos dat do LIS. Samotné měření trvá 6 sekund. Poté je zobrazena na dotykovém displeji hodnota glykémie, která je automaticky uložena také do paměti glukometru. Tato paměť umožňuje uchovávat až 1000 výsledků měření 200 záznamů o kontrole kvality a 4000 uživatelů. K výsledku měření je rovněž možno připsat poznámku.



Obr. 18: Glukometr StatStrip

Po připojení k dokovací stanici jsou výsledky poslány do LIS. Dokovací stanice je připojena konektorem RJ-45 k síti ethernet 10Mbit a vybavena třemi LED diodami, které indikují odesílání a příjem dat a dobíjení. Data jsou přenášena ve shodě s datovým standardem POCT1-A pomocí protokolu TCP/IP (každý

glukometr má vlastní IP adresu). Standard POCT1-A je založen na standardu XML. Pro správu glukometru je dodáván program NovaNet™ Web-Based Instrument Manager Software, který je předinstalován na dodávaném serverovém počítači. Nastavení se provádí pomocí internetového prohlížeče.

Glukometr je napájen z 3,7V Li polymerové nabíjecí baterie. Podle údajů výrobce je výdrž baterie při plném nabití 6-8 hodin v plném provozu (asi 40 měření včetně načtení čárových kódů). V klidovém režimu vydrží baterie 12-24 hodin. Pokud není s přístrojem pracováno, je ho možné zabezpečit heslem proti zneužití.

Měření je založeno na ampérometrické detekci. Složení enzymů výrobce neuvádí. Samotný proužek je tvořen několika vrstvami vyrobenými patentovanou technologií Multi-Well. Stabilita proužku je 18 měsíců od data výroby a 3 měsíce od otevření balení.

Spodní pozlacená vrstva zajišťuje přenos signálu do glukometru. V první vrstvě jsou uloženy čtyři komůrky s elektrodami. Pomocí nich je měřena hladina glykémie a hematokritu. Stanovení glykémie pak není závislé na hodnotě hematokritu v rozmezí 20 - 65%. Další elektrody plní funkci korekce interferujících látek (kyselina močová, kyselina askorbová, acetaminofen, bilirubin, maltóza, galaktóza, xylóza a kyslík), které se často vyskytují v krvi hospitalizovaných pacientů.

Druhá vrstva testovacího proužku je vrstvou s kapilárou, jejíž pomocí dochází k aspiraci krve do komůrek. Objem vzorku by měl být asi 1,2 µl plné krve (arteriální, venózní nebo kapilární). Výsledek je kalibrován na plasmu. Měřící rozsah přístroje je 0,5 - 33,3 mmol/l. Měření by mělo probíhat jenom při teplotě od 15°C do 40°C a relativní vlhkosti mezi 10% a 90%.

5.4.2 Popis glukometru Accu-Chek Inform

Dalším glukometrem určeným pro POCT měření v nemocnicích je přístroj Accu-Chek Inform vyráběný firmou Roche. Tento přístroj pracuje při teplotě 14-40°C a relativní vlhkosti do 85%. Pro jedno měření je potřeba kapka krve o objemu 4 µl a měření probíhá 20 sekund.

Stejně jako výše uvedený přístroj umožňuje načítání čárového kódu pomocí čtečky a uchovávání až 4000 výsledků měření, spolu s údaji o pacientovi a uživateli přístroje ve své paměti. Odesílání výsledků do LIS, stejně jako dobíjení baterií je prováděno pomocí dokovací stanice. Pro dálkovou správu je dodáván software Data Care a Cobas IT 1000, který je nainstalován na počítači v laboratoři a pomocí něj je možné provádět nastavení přístroje.

Pro měření glukózy je možné použít krve venózní, kapilární i arteriální. Přístroj rovněž umožňuje měření glykémie z krve obsahující protisrážlivá činidla

jako heparin a EDTA. Pokud měříme glykémii novorozenců, můžeme pro měření použít i krve pupečnickové.



Obr. 19: Glukometr Accu-Chek Inform

Přístroj na rozdíl od předchozího typu vyžaduje ověření šarže testačních proužků. Je to možné několika způsoby: odečtením čárového kódu z lahvičky s proužky, zadáním současného čísla šarže nebo potvrzením současné šarže stisknutím tlačítka YES. Při stisknutí tlačítka NO je uživatel vyzván k výměně kódového klíče, který je přiložen ke každému balení a zasunuje se do speciálního slotu v těle přístroje.

Před uvedením přístroje do funkce je nutné provést jeho nastavení. Toto nastavení provádí pracovník centrální laboratoře, zodpovědný za provoz glukometrů. Samozřejmostí je zabezpečení proti zneužití glukometru neoprávněnými osobami pomocí hesla a omezení uživatelských práv. Rovněž je možné nastavit, aby se přístroj zablokoval při neprovedení nebo nevyhovujícím výsledku kontroly kvality měření.

Pro měření je využíváno proužků Senzor Comfort Pro. Jejich trvanlivost je 24 měsíců. Měření probíhá glukózodehydrogenázovou metodou. Jako metody detekce je použita ampérometrie. Výsledek je zobrazován na dotykovém displeji jako koncentrace glukózy v plazmě.

5.4.3 Popis glukometru Precision PCx

Posledním z glukometrů určených pro nemocniční měření v režimu POCT je přístroj firmy ABBOTT Laboratories. Přenos dat z dokovací stanice je prováděn

pomocí programu MediSense© QC Manager™ , s jehož pomocí je rovněž možné přístroj dálkově spravovat.

Kapacita paměti je až 4000 výsledků měření patientských vzorků, 1000 výsledků kontrolních materiálů, 60 výsledků měření přesnosti a 20 výsledků měření linearity. Přístroj rovněž obsahuje čtečku čárových kódů. Glukometr je ovládán pomocí klávesnice. K zobrazení údajů slouží LCD displej. Použití přístroje je možné při teplotě mezi 15°C a 40°C a relativní vlhkosti vzduchu 10% - 90%.



Obr. 20: Glukometr Precision PCx

Glykemie je stanovována v rozmezí 1,1-27,8 mmol/l ze vzorku plné krve (kapilární, arteriální nebo venózní) o objemu 2,5 µl. Měření trvá 20 sekund a je možné i stanovování hladiny glykémie z novorozeneckých vzorků a vzorků s obsahem antikoagulačních roztoků heparinu sodného a litného a EDTA. Výsledek je kalibrován na plasmu. Pro ověření kvality jsou výrobcem dodávány kontrolní roztoky na dvou nebo třech koncentračních hladinách.

Měření probíhá za přispění enzymu GDH, detekční metodou je ampérometrie. Testační proužky jsou zabalené ve fólii s číselným a čárovým kódem, který je nutno načíst před měřením. Díky tomu je zajištěna správná kalibrace přístroje. Díky technologii použité při výrobě proužku měření začne teprve tehdy, když je aplikováno dostatečné množství vzorku. Tím není výsledek ovlivněn případným poddávkováním vzorku.

[1], [9], [17], [18], [19]

6 NÁVRH TECHNICKÉ REALIZACE KOMPLEXNÍHO ŘEŠENÍ MĚŘENÍ

Stav současného měření glukózy ve Fakultní nemocnici v Ostravě neodpovídá požadavkům na kvalitu a přesnost měření podle ČSKB. Navíc je provádění měření tímto způsobem neefektivní, drahé a velice náchylné ke vzniku chyb a archivace výsledků je složitá.

Optimální řešení je zavedení jednotného systému měření, zajištěného pomocí jednoho typu glukometrů určených pro nemocniční měření v režimu POCT. Samozřejmostí je využití všech výhod, které tyto glukometry nabízí – identifikace pomocí čárových kódů, přenos dat po síti do LIS a jejich archivace. Dohled nad glukometry by měl zajišťovat pověřený pracovník centrální laboratoře, který také může provádět školení operátorů provádějících měření.

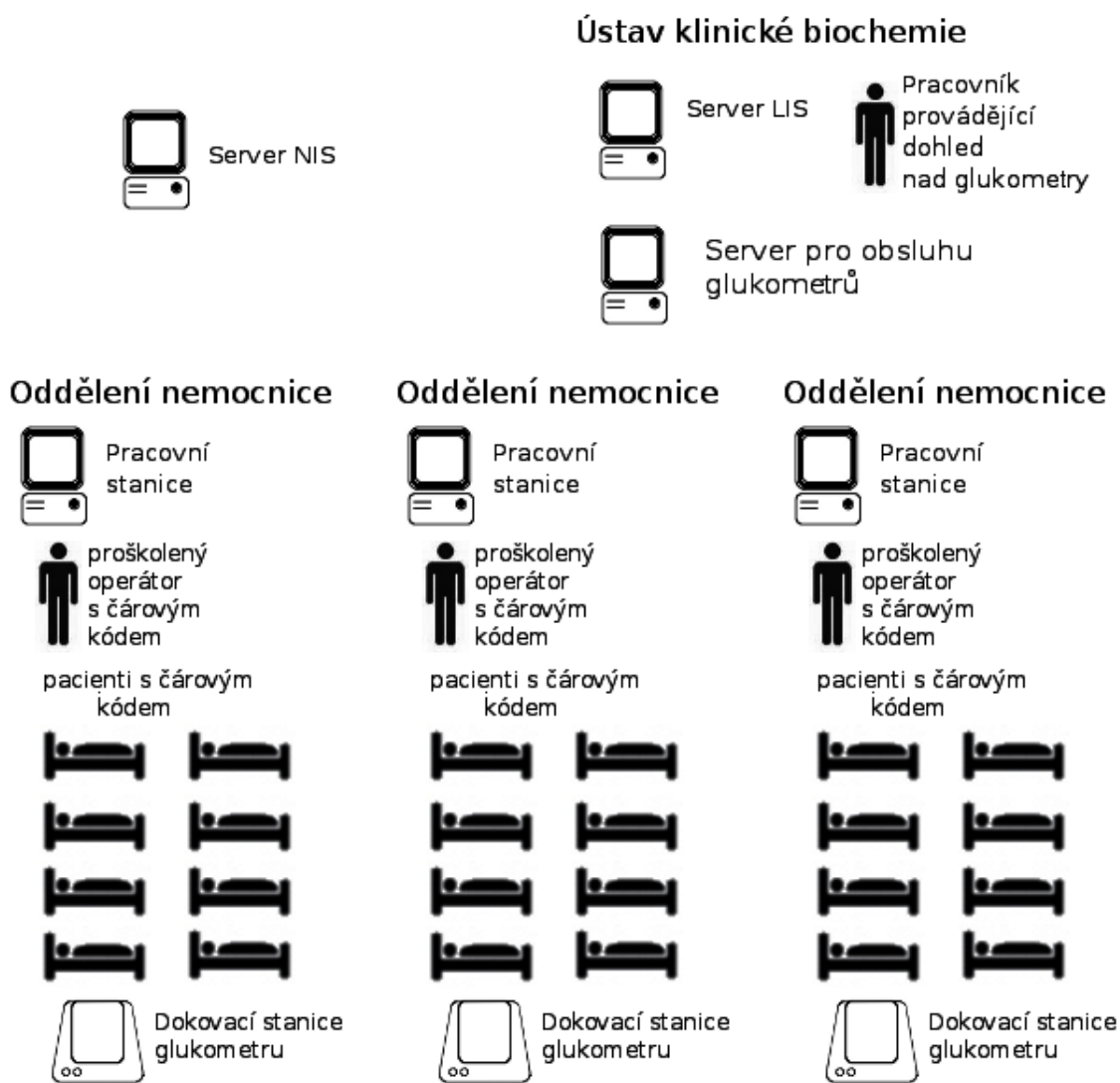
6.1 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Pacienti, u kterých bude měření glukózy vyžadováno, obdrží náramek z odolného materiálu, na který bude přilepena etiketa s čárovým kódem. Ten si pacient připevní na ruku, případně na lůžko takovým způsobem, aby nemohlo docházet k záměně s ostatními pacienty. Natištěný čárový kód by měl být nesmazatelný. Do čárového kódu může být zakódováno libovolné náhodné číslo, nebo některý údaj pacienta jako např. rodné číslo. Výhoda použití náhodného čísla spočívá v nemožnosti jeho zneužití. Pokud dojde k poškození nebo ztrátě náramku, bude pacientovi vytisknut stejný čárový kód.

Čárový kód musí mít rovněž operátor provádějící měření. Tento pracovník musí být seznámen s obsluhou glukometru i se správným postupem při odběru a aplikaci vzorku na měřící proužek. Toto školení by se mělo podle potřeby opakovat.

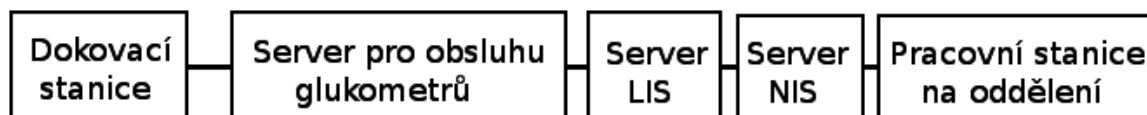
Před samotným měřením načte operátor svůj čárový kód a také kód pacienta a v případě potřeby i šarže měřících štítků a poté je provedeno samotné měření. Když bude provedeno měření u všech pacientů na oddělení, u kterých je vyšetření glykémie vyžadováno, připojí se glukometr k dokovací stanici. Tím dojde k načtení dat do serveru, na kterém poběží software pro obsluhu glukometrů.

Na vstupu do LIS je žádanka a výsledky měření jsou na výstupu, proto je nutné, aby byly žádanky vytvořeny před vložením výsledků. Toto zaslání žádanek by mělo probíhat automatizovaně z počítače sloužícího pro obsluhu glukometrů. Bezprostředně poté dojde k odeslání výsledků do NIS jejich přiřazení k odpovídajícím pacientům. Výsledky měření budou archivovány na serveru NIS a bude možné je zpětně načíst do počítačů na jednotlivých odděleních.



Obr. 21: Schéma navrženého systému

Schéma na obrázku 21 znázorňuje navrhovaný systém. Všechny počítače a dokovací stanice glukometrů jsou připojeny do ethernetové sítě nemocnice. Pokud máme oprávnění a k příslušný program, můžeme si prohlížet výsledky z libovolného místa nemocnice. Běžně je ale přenos dat prováděn tak, jak to zobrazuje následující obrázek.



Obr. 22: Návaznost glukometrů na ostatní počítače v síti

6.2 POSTUP ZAVÁDĚNÍ GLUKOMETRŮ

Zavedení glukometrů pro POCT vyžaduje mnoho přípravy. Nejlepším řešením je toto zavádění nejdříve otestovat na zkušebním pracovišti. Pro POCT měření glukózy musí být definovány v LIS nové metody, které popíší jednotlivé požadavky na měření.

Poté, co bude tento systém otestován a vyřešeny počáteční problémy, může začít fáze postupného zavádění glukometrů na jednotlivá oddělení. Zavádění přístrojů pro POCT měření by se mělo řídit doporučením ČSKB.

7 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU

Navržený systém měření glykémie bude prospěšný pro nemocnici a její pracovníky, protože usnadní měření glykémie, ale především pro pacienty. Hlavním důvodem, proč je tento systém výhodný, je podstatné snížení času čekání na výsledky měření, a tím je umožněna rychlejší reakce na aktuální pacientův stav. Také se usnadní archivace výsledků a jejich vyhodnocování. Je možné sestavit grafy změn glykémie pacienta po celou dobu pobytu v nemocnici.

Na každém měření se podílí pouze jedna proškolená osoba. Žádné výsledky se nemusí manuálně přepisovat. Tím se významně snižuje riziko pochybení. Navíc je možno kdykoli zjistit, kdo dané měření prováděl a v případě pochybení tohoto pracovníka znovu proškolit.

Další předností je usnadnění správy glukometrů a zajištění správného provádění kontroly kvality měření, která bude prováděna v intervalech nastavených podle doporučení ČSKB. Tím nebude docházet k tomu, že by se nevhodující glukometry používaly pro měření. Zavedením jednoho typu glukometrů pro celou nemocnici odpadne riziko záměny měřících proužků, která by vedla k nepřesnému měření.

Časem by systém čárových kódů, který se bude využívat pro měření glykémie, mohl být využíván také dalšími přístroji pro POCT, které nemocnice eventuálně zakoupí v budoucnu. Zavedení jednotného a dobře monitorovatelného měření rovněž zvýší šance nemocnice na prosazení proplácení měření ze strany zdravotních pojišťoven. Ty totiž v současné době na měření u lůžka pacienta nepřispívají.

7.1 TESTOVÁNÍ SYSTÉMU

V současné době proběhla zápůjčka glukometru StatStrip firmy NOVA Biomedical. Tento glukometr byl propojen s počítačem na zkušebním pracovišti nacházejícím se na ÚKB.

Pro ověření funkce systému bylo provedeno zkušební měření glukózy. Nejprve byla vytištěna etiketa s čárovým kódem a přilepena na náramek. Tento kód byl považován za kód pacienta.



Obr. 23: Etiketa s čárovým kódem

Po zapnutí glukometru vyzve přístroj přihlášení operátora. Tento krok je možno provést buď zadáním na dotykové obrazovce pomocí alfanumerických znaků, nebo naskenováním kódu operátora. Po přihlášení je možno provádět měření. Nejprve je třeba ověřit šarži testačních proužků. Výrobce testovacích proužků vydává celý rok stejnou šarži, takže stačí potvrdit předchozí hodnotu. Poté se opět objeví požadavek na identifikaci operátora. Dále je možno volitelně nastavit kód diagnózy. Nakonec je načten kód pacienta.

Když jsou provedeny všechny kroky související s identifikací, vyzve přístroj k vložení testovacího proužku. Poté co je proužek správně vložen, může být aplikován vzorek. Po aplikaci dostatečného množství vzorku se ozve zvukový signál a začne měření trvající 6 sekund. Pokud je výsledek koncentrace glukózy v normálním rozmezí, je zobrazen modře. Pokud se jedná o hyperglykémii, nebo hypoglykémii je výsledek zobrazen červeně. K výsledku měření je v glukometru možno přidat komentář.



Obr. 24: Výsledek testovacího měření glykémie

Po provedení zkušebního měření byl glukometr připojen k dokovací stanici. Během několika sekund došlo k načtení výsledku do počítače s nainstalovaným programem pro správu glukometru. Spolu s výsledkem se rovněž zobrazí kód operátora a pacienta, čas měření a případný komentář. Pomocí tohoto programu je rovněž možné zobrazovat grafy a statistiky jednotlivých pacientů.

[1], [17]

8 ZÁVĚR

V úvodní části své práce jsem se zabýval problematikou měření glukózy. Toto měření je velice důležité především pro pacienty trpící diabetem. Jejich snahou je umělé navození glykémie zdravého člověka podáváním exogenního inzulínu. Tím je významně sníženo riziko komplikací. Aby mohla být těmto pacientům podána přesná dávka inzulínu, je bezpodmínečně nutné znát aktuální koncentraci glykémie.

Určení glykémie je možno provádět v laboratoři nebo na glukometrech určených pro POCT. V současné době je na trhu široké spektrum těchto glukometrů, bohužel pro nemocniční měření jsou vhodné pouze tři z nich. Tyto glukometry jsou velmi přesné a ve většině případů mohou nahradit laboratorní měření. Jejich hlavní předností je identifikace pomocí čárových kódů, přenos dat po síti do LIS, dálková správa a zabezpečení proti neoprávněnému použití.

Cílem mé práce bylo analyzovat současný stav měření glukózy pacientů. Měl jsem možnost se seznámit se systémem měření v pražské Nemocnici Na Homolce a ve FNO. Bylo zjištěno, že způsob měření v Nemocnici Na Homolce je mnohem více propracovanější. Je při něm využíváno předností nemocničních glukometrů. Naproti tomu stav ve FNO je v mnohém nevyhovující. Hlavními nedostatky jsou špatná archivace naměřených dat, složité provádění kontroly kvality měření glukometrů, vysoká pravděpodobnost pochybení záměnou měřících proužků nebo nesprávným přepisováním dat. Tento systém by měl být v co nejbližší době nahrazen systémem lepším.

Dalším úkolem bylo navrhnout komplexní jednotné měření glukózy pacientů. Nejvhodnějším řešením je použití sofistikovaného glukometru pro nemocniční měření. Jako nejlepší se z dostupného sortimentu glukometrů jeví přístroj StatStrip firmy NOVA Biomedical, a to pro vysokou přesnost měření a malé množství interferujících látek. Samozřejmostí je využití všech předností tohoto glukometru.

Po zapůjčení glukometru FNO mi bylo umožněno prakticky vyzkoušet měření a přenos dat do LIS na zkušebním pracovišti ÚKB. Z výsledků prvních měření můžeme usuzovat na správnou činnost tohoto systému měření, a tudíž ho je možné doporučit.

Tato práce shrnuje všechny aspekty, které je nutno zvážit při zavádění jednotného měření glukózy. Jejím přínosem je usnadnění zavádění glukometrů ve FNO, ale je možné ji využít i při zavádění glukometrů v dalších zdravotnických zařízeních.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Havránek, T. *Kontrola kvality POCT analyzátorů*. Ostrava, 2008. Diplomová práce na Zdravotně sociální fakultě Ostravské univerzity v Ostravě na Katedře vyšetřovacích metod a lékařské biochemie. Vedoucí diplomové práce Krnáčová, A.
- [2] Kislínger, F. - Laníková, J. - Šlégr, J.- Žurková, I. *Metabolismus a výživa*. In *Biologie III. (Základy biologie člověka)*. 1. vyd. Klatovy: Gymnázium v Klatovech, 1994, Kapitola 2.5, s. 35 – 51.
- [3] Berger, M. - Jörgens, V. - Chlup R., *Patofyziologie nedostatku inzulínu In Léčba inzulínem v každodenním životě*, 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1995, kapitola 3, s. 12 – 21, ISBN 80-85865-45-9, přeloženo z německého originálu Praxis der Insulintherapie
- [4] Šimek, J. Úloha sacharidů ve výživě In *Číslo o lidském těle a jak jim rozumět*, 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1995, s. 140 – 147, ISBN 80-85865-84-X
- [5] Hönes, J - Müller, P. - Surridge, N. *The Technology Behind Glucose Meters: Test Strips*. *Diabetes Technology & Therapeutics*. June 2008, 10(s1): S-10-S-26. doi:10.1089/dia.2008.0005. <<http://www.liebertonline.com/doi/pdf/10.1089/dia.2008.0005>>
- [6] Uhrová, H. *Biosenzory* [online]. Biofyzika. 13.12.2007. <<http://www.vscht.cz/ufmt/cs/pomucky/uhrovah/docs/Biofyzika/Biosenzory.pdf>>
- [7] *Page of electrochemical sensors group* [online]. 3.4.1998. <http://www-biol.paisley.ac.uk/marco/enzyme_electrode/Chapter1/Start.htm>
- [8] Černý, M. - Imramovský, M. - Martinák, L. - Penhaker, M. - Žurek, P. Měření na biosenzoru glykémie In *Snímače a senzory v biomedicíně (laboratorní úlohy)*. 1. vyd. Ostrava:VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, kapitola 3, s.18 - 21
- [9] Havelková, E - Dušková, D. - Jabor, A - Franeková, J. - Komínková, M. *Testování glukometrů a jejich porovnání*. FONS 18, 2008, No. 1, s 36-45.
- [10] Heinemann, L. - Koschinsky, T. *Clinical Application and Challenges of Blood Glucose Measurement Technology for Self-Monitoring* . *Diabetes Technology & Therapeutics*. June 2008, 10(s1): S-27-S-34. doi:10.1089/dia.2008.0004. <<http://www.liebertonline.com/doi/pdf/10.1089/dia.2008.0004>>
- [11] Beránek, M. - Friedecký, B - Jabor, A. - Kazda, A. - Nováková, L - Palička, V - Racek, J - Šafarčík, K - Šebesta, I. *ČSKB: POCT - správné zavádění a pou-*

- živání [online]. 17.10.2006. Aktualizace Šprongl, L. - Štern, P. - Zima, T. <<http://www.cskb.cz/cskb.php?pg=doporuceni--poct-spravne-zavadeni-a-pouzivani>>
- [12] Kodys, spol. s.r.o. Čárový kód – vhodný nástroj pro zajištění bezpečnosti pacientů i personálu nemocnice [online]. 27.11.2007. <<http://www.kodys.cz/download/casestudy/homolka-case-study.pdf>>
- [13] Benadiková, A. - Mada, Š. - Weinlich, S. Čárové kódy: automatická identifikace. Šéfredaktor Jiří Škácha. 1. vyd. Praha: Grada, 1994. 272 s. ISBN 80-85623-66-8.
- [14] Hajn, M. *Laboratorní informační systém verze 4.5*, Brno: Informační technologie pro české a slovenské zdravotnictví SMS spol. s.r.o., dokumentace LIS
- [15] Gerhäuser, H. *POCT1-A* [online], 11/2002 Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS, <www.iis.fraunhofer.de/Images/poct1-a_tcm278-75053.pdf>
- [16] Šarmanová, J. Nemocniční informační systémy In *Informační systémy ve zdravotnictví*, 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007, kapitola 9, s.139-148
- [17] Dokumentace přístroje StatStrip
- [18] Dokumentace přístroje Accu Chek Inform
- [19] Dokumentace přístroje Precision PCx
- [20] Dokumentace tiskárny TLP 2824 firmy Zebra

SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Obr. 1: Schéma metabolismu glukózy.....	2
Tab. 1: Hormony ovlivňující metabolismus glukózy.....	3
Obr. 2: Proužky pro testování glukózy v moči využívající princip kolorimetrie.....	6
Obr. 3: Senzor přístroje Accu-Chek Aktiv využívající princip fotometrie.....	7
Obr. 4: Schéma měření pomocí principu fotometrie.....	7
Obr. 5: Senzor glukometru StatStrip využívající princip ampérometrie.....	8
Obr. 6: Závislost odporu mezi elektrodami biosenzoru.....	8
Obr. 7: Schéma měření pomocí principu ampérometrie.....	8
Obr. 8: Reakce s použitím mediátoru.....	9
Obr. 9: Reakce při použití dvojenzymové vrstvy.....	10
Obr. 10: Lanceta využívaná pro odběry ve FNO.....	13
Tab. 2: Přehled glukometrů užívaných ve Fakultní nemocnici v Ostravě...	15
Obr. 11: Náramek s čárovým kódem.....	16
Obr. 12: Snímání čárového kódu glukometrem.....	17
Obr. 13: Čárový kód.....	22
Obr. 14: Tiskárna TLP 2824.....	23
Obr. 15: Výstupní signál vstupního modulu.....	23
Obr. 16: Výstupní signál modulu pro elektronické zpracování signálu.....	24
Obr. 17: Práce se žádankami v LIS.....	25
Obr. 18: Glukometr StatStrip.....	27
Obr. 19: Glukometr Accu-Chek Inform.....	29
Obr. 20: Glukometr Precision PCx.....	30
Obr. 21: Schéma navrženého systému.....	32
Obr. 22: Návaznost glukometrů na ostatní počítače v síti.....	32
Obr. 23: Etiketa s čárovým kódem.....	34
Obr. 24: Výsledek testovacího měření glykémie.....	35