



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra biomedicínské techniky**

**Ekonomické porovnání invazivních a neinvazivních  
metod měření CO<sub>2</sub> u extrémně nezralých novorozenců**

**Economic comparison of invasive and noninvasive  
methods for CO<sub>2</sub> analysis in extremely premature  
infants**

Diplomová práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika  
Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví  
Autor diplomové práce: Bc. Petra Králová  
Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Kudrna, Ph.D.

---

**Kladno 2019**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Králová** Jméno: **Petra** Osobní číslo: **419319**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**  
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**  
Studijní obor: **Systémová integrace procesů ve zdravotnictví**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Ekonomické porovnání invazivních a neinvazivních metod měření CO<sub>2</sub> u extrémně nezralých novorozenců**

Název diplomové práce anglicky:

**Economic comparison of invasive and noninvasive methods for CO<sub>2</sub> analysis in extremely premature infants**

Pokyny pro vypracování:

Cílem diplomové práce je ekonomické porovnání různých metod měření parametrů se vztahem k CO<sub>2</sub> u extrémně nezralých novorozenců ve vybraném zdravotnickém zařízení. Analyzujte současné možnosti invazivního a neinvazivního monitoringu CO<sub>2</sub>, běžně používaného v klinickém provozu na oddělení neonatologické JIP a JIRP. Zaměřte se na možnosti přímé náhrady a dílčího zastoupení laboratorních metod dle Astrupa pro novorozence gestačního stáří 24. - 27., tzv. šedá zóna. Vypracujte porovnání v praxi používaných metod z hlediska klinického významu, provozních omezení a ekonomické náročnosti nákladů na provoz jednotlivých metod.

Seznam doporučené literatury:

- [1] FELDSTEIN, Paul J., Health care economics, ed. 5, Clifton Park, 2002, ISBN 0766806995
- [2] STRAŇÁK, Zbyněk a Jan JANOTA, Neonatologie, ed. 2. přepracované a rozšířené vydání, Praha: Mladá fronta, 2015, ISBN 978-80-204-3861-4
- [3] Tricia L. Gomella, Neonatology: management, procedures, on-call problems, diseases and drugs, ed. Sixth Edition, McGraw Hill Professional, 2009, ISBN 78-0-07-154431-3
- [4] Walter Boron, Emile L. Boulpaep, Textbook of Medical Physiology, ed. 2nd, Elsevier, 2009, ISBN 978-1-4160-3115-4

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

**Ing. Petr Kudrna, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **05.05.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**

prof. Ing. Peter Kneppo, DrSc.  
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
podpis děkana(oy)

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Ekonomické porovnání invazivních a neinvazivních metod měření CO<sub>2</sub> u extrémně nezralých novorozenců“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 16. 5. 2019

.....

Bc. Petra Králová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce panu Ing. Petru Kudrnovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, konstruktivní připomínky, trpělivost a vytvoření tvůrčí atmosféry při psaní diplomové práce. Také velmi děkuji své rodině za podporu po celou dobu studia.

Práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT v Praze, číslo SGS19/202/OHK4/3T/17 - Zpracování a interpretace biomedicínských dat pro potřeby neonatologie.

## **ABSTRAKT**

### **Ekonomické porovnání invazivních a neinvazivních metod měření CO<sub>2</sub> u extrémně nezralých novorozenců**

**Cíle práce:** Cílem diplomové práce je ekonomické porovnání invazivních a neinvazivních metod měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců ve vybraném zdravotnickém zařízení a zhodnocení možností úplného či dílčího zastoupení invazivní metody neinvazivní metodou.

**Metody:** Pro výpočet nákladů invazivní metody opakovaných odběrů krve na vyšetření dle Astrupa a neinvazivní metody transkutánního měření oxidu uhličitého byla použita procesní analýza k definování jednotlivých procesů a identifikaci vstupů, microcosting pro výpočet nákladů na jednotlivé nákladové položky účastnící se procesu obou metod měření a korelační analýza pro vyčíslení a znázornění vzájemného vztahu naměřených hodnot mezi oběma zkoumanými metodami.

**Výsledky:** Kalkulace nákladů na neinvazivní metodu transkutánního měření tcpCO<sub>2</sub> je v porovnání s invazivní metodou měření pCO<sub>2</sub> finančně méně nákladná v případě, že u novorozence je v průběhu 5 dní provedeno více jak 7 odběrů krve, což se u kriticky nemocných novorozenců stává běžně. Náklady na transkutánní měření jsou navíc téměř konstantní a dobře předvídatelné. Po dobu měření 5 dní byly náklady na tuto metodu stanoveny na částku 2 397 Kč. Oproti invazivní metodě pak mohou vznikat finanční úspory až o téměř 6 tisíc Kč. Byla prověřena i korelace hodnot CO<sub>2</sub> naměřených oběma metodami. Korelační koeficient naměřených hodnot u novorozenců se pohyboval v rozmezí 0,924 – 0,989, což vypovídá o kladné lineární závislosti mezi oběma měřenými veličinami. Při transkutánním měření navíc nebyly u sledovaných novorozenců pozorovány žádné závažné komplikace.

**Závěr:** Na základě výsledků lze transkutánní měření oxidu uhličitého v krvi považovat za spolehlivou, bezpečnou, dostatečně průkaznou a finančně méně nákladnou metodu pro měření hodnot CO<sub>2</sub> u extrémně nezralých novorozenců, než je invazivní metoda pomocí opakovaných odběrů krve na vyšetření dle Astrupa.

### **Klíčová slova**

Novorozenec, extrémně nezralý, metody měření, oxid uhličitý.

# **ABSTRACT**

## **Economic comparison of invasive and noninvasive methods for CO<sub>2</sub> analysis in extremely premature infants**

**Goals:** This thesis deals with economical comparison of invasive and non-invasive blood gases measurement methods with extremely premature infants in a chosen health care establishment and assesses the feasibility of using non-invasive method as partial or complete substitute for invasive one.

**Methods:** To calculate costs of the invasive Astrup method process analysis was used to define processes and identify inputs. Microcosting was used to calculate costs of items present in processes of both measurement methods. Correlation analysis was used to quantify and describe the relationship between values measured by both methods.

**Results:** The non-invasive method of Transcutaneous Carbon Dioxide Partial Pressure (tcpCO<sub>2</sub>) measurement is less expensive than invasive method if more than 7 blood samples are taken in 5 days – which is usual with infants in critical conditions. Furthermore, cost of Transcutaneous measurements is almost constant and easily predictable. For 5 days of measurement the calculated cost was 2 397 CZK. Compared to invasive method we can save up to 6 000 CZK. Correlation of measured values was also done. Correlation coefficient with infants was between 0,924 and 0,989 – which is evidence of positive linear dependency. No serious complications were observed during Transcutaneous measurements.

**Conclusion:** Based on the results Transcutaneous measurements can be considered a safe, reliable, conclusive and cheaper method of measuring CO<sub>2</sub> with extremely premature infants compared to repeated taking of blood samples using the Astrup method.

## **Keywords**

Infants, extremely premature, analysis methods, carbon dioxide.

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Současný stav</b> .....	<b>12</b>
2.1 Perinatologická a neonatologická péče .....	12
2.1.1 Extrémně nezralý novorozenec .....	13
2.2 Organizace perinatologické péče v České republice.....	14
2.2.1 Perinatologická centra v České republice.....	15
2.2.2 Požadavky na technické a věcné vybavení PCIP .....	16
2.3 Měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců .....	17
2.4 Metody měření oxidu uhličitého u extrémně nezralých novorozenců .....	18
2.4.1 Vyšetření dle Astrupa .....	18
2.4.2 Transkutánní měření oxidu uhličitého.....	19
2.5 Měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců v zahraničí .....	21
2.6 Přínosy a rizika pro pacienta při využití invazivních a neinvazivních metod..	23
2.7 Přístroje pro měření oxidu uhličitého.....	25
2.8 Ústav pro péči o matku a dítě.....	26
2.9 Přístroje pro měření oxidu uhličitého v ÚPMD .....	27
2.9.1 Analyzátor krevních plynů ABL90 FLEX .....	27
2.9.2 Monitor TCM5 FLEX .....	28
2.10 Vztah mezi naměřenými hodnotami $p\text{CO}_2$ a $\text{tcpCO}_2$ .....	30
<b>3 Cíle práce</b> .....	<b>31</b>
<b>4 Metody</b> .....	<b>32</b>
4.1 Procesní analýza .....	32
4.2 Microcosting.....	34
4.3 Korelační analýza .....	36
4.3.1 Měření hodnot $p\text{CO}_2$ a $\text{tcpCO}_2$ v ÚPMD .....	38
<b>5 Výsledky</b> .....	<b>39</b>

5.1	Procesní analýza .....	39
5.1.1	Proces metody invazivního měření .....	39
5.1.2	Proces metody neinvazivního měření.....	43
5.2	Nákladová analýza .....	45
5.2.1	Sběr dat a kalkulace nákladů pomocí microcostingu .....	45
5.2.2	Metoda opakovaných odběrů na vyšetření dle Astrupa .....	46
5.2.3	Metoda neinvazivního transkutánního monitorování.....	55
5.2.4	Komparace nákladů invazivní a neinvazivní metody.....	60
5.3	Korelační analýza .....	62
5.3.1	Průběh měření oběma metodami .....	62
5.3.2	Korelace naměřených hodnot .....	64
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>72</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>73</b>
	<b>Seznam použitých tabulek.....</b>	<b>81</b>
	<b>Seznam použitých grafů .....</b>	<b>82</b>
	<b>Seznam použitých obrázků .....</b>	<b>83</b>
	<b>Přílohy.....</b>	<b>84</b>



## Seznam použitých zkratek

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
°C	Stupeň Celsia
ABR	Acidobazická rovnováha
apod.	A podobně
ATB	Antibiotika
BTK	Bezpečnostně technická kontrola
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
ČR	Česká republika
DPH	Daň z přidané hodnoty
EKG	Elektrokardiografie
ELBW	Extremely Low Birth Weight
FR	Fyziologický roztok
G	Velikost v Gauge
ISPV	Informační systém o průměrných výdělcích
JIP	Jednotka intenzivní péče
JIRP	Jednotka intenzivní a resuscitační péče
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
kPa	Kilopascal
ks	Kus
MKN	Mezinárodní klasifikace nemocí
ml	Mililitr
mm	Milimetr
mmHg	Milimetr rtuťového sloupce
MZd	Ministerstvo zdravotnictví
nCPAP	Nasal continuous positive airway pressure
NIRS	Near-infrared spectroscopy
NIS	Nemocniční informační systém
μl	Mikrolitr
paCO <sub>2</sub>	Parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi
PAK	Periferní arteriální katetr
PCIP	Perinatologické centrum intenzivní péče
pO <sub>2</sub>	Parciální tlak kyslíku
pCO <sub>2</sub>	Parciální tlak oxidu uhličitého
PŽK	Periferní žilní katétr
RES	Resuscitační oddělení
SP	Sociální pojištění
SpO <sub>2</sub>	Saturace krve kyslíkem
TCM	Transkutánní monitorování
tcpCO <sub>2</sub>	Transkutánní parciální tlak oxidu uhličitého

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
UAK	Umbilikální arteriální katetr
ÚPMD	Ústav pro péči o matku a dítě
UPV	Umělá plicní ventilace
USB	Universal Serial Bus
WHO	World Health Organization
zdr.	Zdravotnický
ZP	Zdravotní pojištění

# 1 Úvod

Počet předčasně narozených dětí v České republice neustále roste. Zatímco před patnácti lety se jako nedonošený novorozenec narodilo zhruba každé dvacáté dítě, dnes je to každé dvanácté dítě. Medicína je v současné době na velmi vysoké úrovni, zajistit přežití je možné i extrémně nezralým novorozencům od 24. do 27. týdne gestace s velmi nízkou porodní hmotností pod 999 gramů.

U těchto novorozenců je jejich zdravotní stav vysoce nevyzpytatelný, doslova z minuty na minutu se může neočekávaně zhoršit. Kontinuální monitorování základních životních funkcí a mnoha dalších parametrů specifikujících stav novorozence je nedílnou součástí péče o extrémně nezralé novorozence na jednotce intenzivní a resuscitační péče. Při respiračních komplikacích je potřeba sledování hodnot krevních plynů. Patologické hodnoty mohou mít za následek závažné a nezvratné poškození malého pacienta a žádají si okamžitý zásah zdravotnického personálu. To se dnes děje především prostřednictvím invazivních metod, ale k dispozici jsou i neinvazivní metody, o jejichž využití, ale hlavně výhodách se zmiňuje stále více autorů dosavadních studií.

Cílem diplomové práce je ekonomické porovnání různých metod pro měření parametrů se vztahem k oxidu uhličitému ( $\text{CO}_2$ ) u extrémně nezralých novorozenců ve vybraném zdravotnickém zařízení se zaměřením na možnosti přímé náhrady nebo dílčího zastoupení laboratorních metod dle Astrupa pro novorozence gestačního stáří 24. – 27. týdne. V diplomové práci budou zhodnoceny současné metody invazivního a neinvazivního měření  $\text{CO}_2$ , běžně používaných v klinickém provozu na oddělení neonatologické jednotky intenzivní a resuscitační péče. Bude vypracováno porovnání v praxi používaných metod z hlediska klinického významu, provozních omezení a ekonomické náročnosti nákladů na provoz jednotlivých metod.

## 2 Současný stav

### 2.1 Perinatologická a neonatologická péče

Interdisciplinární vědní obor perinatální medicína se zabývá péčí o zdravý vývoj jedince a poruchami vývoje v perinatálním období, které je klasifikováno dle Mezinárodní klasifikace nemocí (MKN) organizací World Health Organization (WHO) jako pozdní fetální období, které začíná 23. týdnem těhotenství a končí porodem, a časně novorozenecké období, které začíná porodem novorozence a končí 7. dnem života. Principem kvalitní a efektivní perinatologické péče je mezioborová spolupráce gynekologie, porodnictví, neonatologie a dětského lékařství. [1]

Neonatologie je obor lékařství, který se zabývá péčí o novorozence v širokém spektru, od zdravých fyziologicky narozených zralých novorozenců, přes novorozence s komplikacemi při a po porodu, novorozence s vrozenými vývojovými vadami až po péči o extrémně nezralé novorozence. [2] Neonatologie se ve světě vyvíjela především v průběhu minulého století. Lékaři z oboru neonatologie se již od počátku snažili při životě udržovat i předčasně narozené novorozence. K největšímu zlomu a urychlení vývoje neonatologické péče došlo ve druhé polovině 20. století, když byly do péče o nezralé novorozence zavedeny metody intenzivní medicíny, zejména podpora základní vitální funkce – dýchání, pomocí umělé plicní ventilace.

Ke konci 20. století již neonatologie disponovala nejmodernějšími technologiemi, které umožňovaly diagnostikovat a následně terapeuticky léčit nezralé novorozence. Jednalo se především o přístroje pro konvenční a nekonvenční umělou plicní ventilaci, přístroje pro neinvazivní a invazivní monitorování základních vitálních funkcí (monitorace dýchání, hodnota saturace hemoglobinu kyslíkem, srdeční akce, hodnoty krevního tlaku, elektrokardiografie, tělesná teplota), dále ultrazvukové a rentgenové diagnostické přístroje pro použití přímo u lůžka pacienta a další. [3]

Dalším výrazným mezníkem byl i pokrok moderní farmakoterapie. Objevila se možnost aplikace exogenního surfaktantu, který je klíčový pro funkci nezralých plic. Výrazně se také rozšířily možnosti kvalitní enterální a parenterální výživy nezralých novorozenců. [4]

### **2.1.1 Extrémně nezralý novorozenec**

Hranice viability (jinými slovy reálné životaschopnosti) byla v roce 1994 po vzájemné domluvě České neonatologické společnosti a České gynekologicko-porodnické společnosti v souladu a shodě se světovými trendy ustanovena na dokončený 24. týden těhotenství, označovaný také jako 24 + 0. [5, 6]

Novorozence je možné ihned po porodu roztrždit do několika skupin podle různých parametrů, které mají pro následnou neonatologickou péči vysokou výpovědní hodnotu v oblasti posouzení prenatalního vývoje. Důležité jsou také pro stanovení prognózy následné možné morbidity nebo mortality. Uplatňuje se třídění dle délky těhotenství a dle porodní hmotnosti vztažené ke gestačnímu stáří novorozence, dále dle zralosti novorozence.

Tato práce se bude zabývat extrémně nezralými novorozenci. Z hlediska gestačního stáří se jedná o novorozence narozené od 24. do 27. týdne těhotenství, s extrémně nízkou porodní hmotností, zpravidla do 999 gramů, mezinárodně označovanou jako Extremely Low Birth Weight (ELBW). [4]

## 2.2 Organizace perinatologické péče v České republice

Perinatologická péče v rámci České republiky funguje v tzv. třístupňovém regionálním systému péče o těhotnou a novorozence. Základní péče o novorozence s fyziologickým průběhem porodu a dobrou poporodní adaptací bez komplikací je označována jako I. stupeň. Jako II. stupeň se označuje intermediární péče, která řeší méně závažné patologické stavy a nezralé novorozence od 32. gestačního týdne, kteří nevyžadují zásahy intenzivní péče. Pod III. stupněm jsou sdruženy úseky péče I. stupně, II. stupně a jednotky intenzivní a resuscitační péče (JIRP) do samostatného neonatologického pracoviště, které je součástí perinatologického centra. [1]

V rámci samotného zdravotnického zařízení poskytovatele zdravotních služeb propojuje perinatologické centrum poskytování zdravotních služeb a zdravotní péče v oboru gynekologie, porodnictví a neonatologie. Za cíl má zajistit kontinuitu zdravotní péče o těhotnou ženu, plod i novorozence. Základní prioritou těchto oborů perinatologické péče je poskytovat vysoce kvalifikovanou péči o těhotné ženy a novorozence v souladu s nejmodernějšími poznatky vědy, díky kterým jsou zajištěna medicínská a organizační opatření kladně se promítající do kvality života celé populace.

Pracoviště pro intenzivní a vysoce specializovanou péči pro závažné patologie spojené s těhotenstvím a narozením nového jedince se centralizují. Centralizace umožňuje vytvoření a udržování důležité erudice všech členů zdravotnického multidisciplinárního týmu, zajištění dostupnosti po celém území státu, zajištění dostatečné kvality a efektivnosti zdravotní péče při zachování či dokonce zvýšení kvality poskytované péče. Centralizace dále umožňuje stanovení jednotných pravidel pro sjednocení poskytované péče ve všech perinatologických centrech po stránce nároků na technické, materiální a personální zajištění. Dalším důležitým kladem centralizace je zásadní význam pro postgraduální vzdělávání zdravotnických pracovníků. [7]

## 2.2.1 Perinatologická centra v České republice

Kritéria, na jejichž základě je možné zařazení poskytovatelů zdravotních služeb do celorepublikové sítě center s vysoce specializovanou zdravotní péčí v oblasti perinatologické péče, byla připravena týmem, který se skládal ze zástupců Ministerstva zdravotnictví České republiky (MZd ČR), zástupců zdravotních pojišťoven, zástupců odborných společností souvisejících s poskytováním perinatologické péče a zástupců poskytovatelů zdravotních služeb.

MZd ČR rozhoduje jako věcně příslušný správní orgán o udělení statutu centra vysoce specializované intenzivní péče v perinatologii – perinatologické centrum intenzivní péče (PCIP) podle § 112 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb., o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (Zákon o zdravotních službách) na následujících 5 let. [8]

V České republice je celkem 12 perinatologických center, která jako poskytovatelé zdravotních služeb mají statut PCIP. Tři centra nalezneme v Praze, ostatní se nachází v dalších krajích republiky. Přesný název zdravotnického zařízení a obec, ve které se nachází, nalezneme v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled perinatologických center v ČR. Zdroj: Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR, 2013

<b>Pořadí</b>	<b>Název zdravotnického zařízení</b>	<b>Obec</b>
1.	<i>Fakultní nemocnice - Motol</i>	<i>Praha 5</i>
2.	<i>Všeobecná fakultní nemocnice</i>	<i>Praha 2</i>
3.	<i>Ústav pro péči o matku a dítě</i>	<i>Praha 4</i>
4.	<i>Nemocnice Most, p.o.</i>	<i>Most</i>
5.	<i>Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, p.o.</i>	<i>Ústí nad Labem</i>
6.	<i>Fakultní nemocnice</i>	<i>Hradec Králové</i>
7.	<i>Nemocnice</i>	<i>České Budějovice</i>
8.	<i>Fakultní nemocnice</i>	<i>Plzeň</i>
9.	<i>Fakultní nemocnice Brno</i>	<i>Brno</i>
10.	<i>Fakultní nemocnice s poliklinikou</i>	<i>Ostrava Poruba</i>
11.	<i>Fakultní nemocnice</i>	<i>Olomouc 5</i>
12.	<i>Baťova krajská nemocnice Zlín</i>	<i>Zlín</i>

## 2.2.2 Požadavky na technické a věcné vybavení PCIP

Minimální požadavky na technické a věcné vybavení PCIP jsou minimální kritéria, která PCIP musejí splňovat. Vycházejí z Vyhlášky č. 92/2012 Sb., která pojednává o povinných požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče. [9]

K tomu je třeba navíc specifické vybavení uvedené ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví z roku 2013. [7] Mezi nímž je uvedeno v povinném specifickém vybavení pro neonatologickou část:

- analyzátor krevních plynů s možností vyšetření acidobazické rovnováhy (ABR), krevních plynů, iontů, glykemie a laktátu.

V pouze doporučeném specifickém přístrojovém vybavení pro neonatologickou část je uvedeno:

- monitor NIRS (near infrared spectroscopy = blízká infračervená spektroskopie),
- monitor  $\text{ETCO}_2$  (kapnometr),
- $\text{tcpCO}_2$  (transkutánní měření koncentrace  $\text{CO}_2$ ). [8]

Z toho vyplývá, že analyzátor krevních plynů, a tedy i invazivní metoda (metoda opakovaných náběrů) se využívá ve všech PCIP v ČR. Naopak neinvazivní metody mohou být libovolně voleny podle zkušeností s danou metodou, studií, o které se vedení PCIP opírá nebo podle finanční situace PCIP.

Neinvazivní metoda kapnometrie  $\text{ETCO}_2$  (měření  $\text{CO}_2$  ve vydechované směsi) se v neonatologii u extrémně nezralých novorozenců spíše nepoužívá z důvodu vzniku velkého mrtvého prostoru ve ventilačním okruhu. [10] Proto v práci nebude dále řešena.



## **2.3 Měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců**

V intenzivní medicíně je důležité zajistit kompletní a nepřetržitý obraz stavu pacienta. Zvláště rizikovní novorozenci vyžadují podrobný a nepřetržitý dohled na JIRP. Nezaznamenané nebo nezjištěné změny v hodnotách krevních plynů mohou mít za následek závažné a nezvratné poškození malého pacienta a žádají si okamžitý zásah zdravotnického personálu. Odběry vzorků arteriální krve ke stanovení hodnot krevních plynů jsou nejčastějším prováděným testem. [11] Extrémně nezralí novorozenci však nemají dostatečně velký objem krve, aby neohrozilo poškození organismu v důsledku opakovaných náběrů. K odběru krve je tedy třeba mít závažný důvod. [12] Extrémně nezralí novorozenci jsou zvláště náchylní k jakýmkoli změnám arteriálního kyslíku, oxidu uhličitého a také hemodynamiky. Patologické hodnoty krevních plynů mohou poškodit nedostatečně vyvinuté a křehké orgány těchto novorozenců. Abnormální hodnoty koncentrace krevních plynů ovlivňují perfúzi mozku (průtok krve mozkiem), snížení parciálního tlaku kyslíku ( $pO_2$ ) může vést ke vzniku hypoxie (nedostatek kyslíku v tkáních) a k riziku vzniku následné retinopatie (poškození sítnice). Zvýšené hodnoty parciálního tlaku oxidu uhličitého ( $pCO_2$ ) zase mohou poukazovat na změny stavu kardiorespiračního charakteru, a s tím související komplikace. [13]

Neinvasivní metody zajišťují kontinuální monitorování novorozenců v reálném čase a pomáhají tak naplánovat a potenciálně snížit počet odběrů krve k analýze krevních plynů. [14]

## **2.4 Metody měření oxidu uhličitého u extrémně nezralých novorozenců**

Nepřetržité monitorování stavu u extrémně nezralých novorozenců má v rámci intenzivní péče klíčový význam. Pro měření množství oxidu uhličitého v krvi a dalších hodnot krevních plynů či iontů se využívají invazivní a neinvazivní metody. Invazivní metoda je charakterizována porušením kožního krytu pacienta, zatímco neinvazivní metoda kožní kryt neporušuje a měření se provádí prostřednictvím senzoru umístěného na pokožce. [4]

### **2.4.1 Vyšetření dle Astrupa**

Odběr krve na vyšetření dle Astrupa provádí střední zdravotnický personál (zdravotní sestra, porodní asistentka, zdravotnický záchranář) ze zavedeného arteriálního katetru. U nezralých novorozenců to bývá buď umbilikální arteriální katetr (UAC) nebo periferní arteriální katetr (PAK). Arteriální krev se odebírá z důvodu nejvyšší přesnosti měřených hodnot. [4, 15]

Odběr se provádí sterilně do heparinizované skleněné kapiláry nebo stříkačky. Záleží na druhu analyzátoru krevních plynů, který dané pracoviště využívá. Ve vzorku nesmí být přítomna vzduchová bublina, protože poté může dojít k difúzi vzduchu do vzorku, a tím dochází k tvorbě krevního koagula ve vzorku a ke zkreslení naměřených hodnot analyzátozem. Analyzátor krevních plynů totiž nejenže hodnoty měří přímo ze vzorku, ale některé vypočítává. Odběry se u kriticky nemocných pacientů provádějí v časovém rozmezí 3 hodin, v případě nutnosti i v úseku kratším, což přináší jistá rizika. [15, 16]

Analyzátor krevních plynů je přístroj, který z odebraného vzorku krve pacienta změří a stanoví hodnoty parciálního tlaku kyslíku ( $pO_2$ ), parciálního tlaku oxidu uhličitého ( $pCO_2$ ) a hodnotu pH krve. Přístroj je schopen změřit a stanovit koncentrace některých metabolitů v těle, jako např. hodnotu glukózy, laktátu, kreatininu nebo ionty sodíku, draslíku či vápníku.

Při jeho používání k monitorování krevních plynů na oddělení JIRP pro novorozence nabere zdravotní sestra vzorek krve pacienta z periferního arteriálního katetru, umbilikálního arteriálního katetru nebo z venózního či kapilárního řečiště

pacienta do heparinizované skleněné kapiláry nebo injekční stříkačky. Z odebraného vzorku mohou být přímo na oddělení změřeny aktuální parametry krevních plynů a dalších látek v krvi. Výsledek je tedy lékaři ihned k nahlédnutí, a to umožňuje další postup při intenzivní péči o kriticky nemocného pacienta. [16]

Podle Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR z roku 2014 je přítomnost analyzátoru krevních plynů na oddělení nezbytná pro udělení statutu PCIP.

## **2.4.2 Transkutánní měření oxidu uhličitého**

V 70. letech 20. století byla objevena transkutánní metoda, za jejíž pomoci se naskytla možnost kontinuálního transkutánního sledování vývoje parciálního tlaku kyslíku ( $tcpO_2$ ) a parciálního tlaku oxidu uhličitého ( $tcpCO_2$ ) v arteriální krvi. Tato metoda byla především hojně využívána v neonatologii, v péči o nezralé novorozence. Důvodem byl tlak na snížení výskytu slepoty a poškození zraku v důsledku nadměrného podávání kyslíku novorozencům při poskytování ventilační podpory. [17]

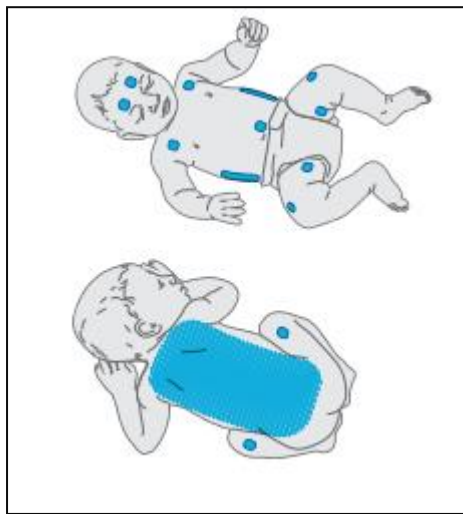
Transkutánní metoda využívá vyhřívaného senzoru, ten pomocí tepla dilatuje kožní kapiláry v místě, kde je přiložen a umožňuje tak oxidu uhličitému a kyslíku difundovat skrz pokožku k senzoru, a to až dvacetkrát rychleji. Přímou na senzoru je koncentrace kyslíku ( $tcpO_2$ ), měřena pomocí principu ampérometrie. Na elektrodě vzniká elektrický proud, který je přímo úměrný množství kyslíku ve tkáni, která se nachází pod samotnou elektrodou. Parametr oxidu uhličitého ( $tcpCO_2$ ), tedy jeho koncentrace, je potom měřena pomocí principu potenciometrie. Z toho vyplývá, že o množství oxidu uhličitého vypovídá hodnota napětí. [18, 19]

Metoda transkutánního měření krevních plynů se vyznačuje potenciálem především při monitoraci kriticky nemocných pacientů na umělé plicní ventilaci v oblasti neonatologie, pediatrie, ale i u dospělých pacientů. [18, 19] Při transkutánním monitorování máme možnost jednoduše sledovat míru okysličení organismu a stav ventilace u kriticky nemocných pacientů. V návaznosti na naměřené hodnoty můžeme následně okamžitě reagovat na jakékoliv změny stavu pacienta s minimální časovou prodlevou. [20]

Obecně je výrobcem doporučováno měřící elektrodu přístroje umísťovat na dobře prokrvené části těla, které nejsou nijak fyzicky poškozené (místa bez jizev a jiných kožních defektů).

Často jsou zmiňována tato místa na těle:

- ušní lalůček,
- lícní kosti nebo čelo,
- předloktí,
- oblast hrudníku,
- laterální strana břicha,
- hýždě,
- mediální strana stehen. [20]



Obrázek 1: Možnosti umístění senzoru na tělo novorozence, převzato z [21]

## **2.5 Měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců v zahraničí**

Z dostupných internetových zdrojů lze říci, že situace ve světě je obdobná jako v ČR. Standardně se využívá invazivní metoda měření krevních plynů (metoda opakovaných náběrů), avšak existuje mnoho studií, které porovnávají invazivní metodu s neinvazivní a poukazují na úskalí invazivních metod. Porovnání přínosů a rizik invazivních a neinvazivních metod je dále řešeno v samostatné kapitole.

Studie ze Slovenska od R. Gumulaka z roku 2017 se zabývala měřením pomocí NIRS v různých orgánech v těle. Současná klinická dostupnost několika zařízení založených na principu NIRS odráží důležitý vývoj v prevenci, detekci a korekci nesrovnalostí při přivádění kyslíku do mozku a životně důležitých orgánů. To zůstává významným problémem u jednotek neonatální intenzivní péče. Tato studie poskytuje souhrn koncepce funkce, aktuální variabilitu zařízení založených na NIRS používaných v neonatologii, klinické aplikace v kontinuálním monitorování, omezení, nevýhody a potenciál současných technologií. Závěrem bylo, že neinvazivní metoda NIRS je bezpečná a proveditelná. Její obrovskou výhodou je kontinuální monitorování pacienta. [22]

Studie z neonatologického centra v Singapuru od autora Y. R. Bhata z roku 2018 uvádí, že invazivní metoda odběru krve je drahá a při jejím využívání může docházet ke ztrátám krve a vzniku iatrogenické anémie (anémie ze zvýšených krevních ztrát). Jako velkou nevýhodu označuje studie pomíjivost analyzované hodnoty – ukazuje hodnotu jen v přesném časovém okamžiku. Průběžné sledování neinvazivní metodou v krátkém časovém úseku ukazuje výkyvy hodnot a díky tomu je možné pak reagovat na vzniklou situaci. Naopak jako nevýhody transkutánní metody jsou uvedeny možnost vzniku popálenin od senzoru přístroje, poškození kůže lepidlem z fixačních pomůcek k umístění senzoru, zkreslené hodnoty při acidóze, dlouhé časy pro kalibraci přístroje a nutnost přesouvat senzor alespoň každé 4 hodiny po těle novorozence. [23]

V Dánsku se studie z roku 2017 od L. Sorensena zaměřuje na transkutánní měření, ale s chladnějším senzorem. Běžně má totiž elektroda na senzoru až 44 stupňů, což může vést dle teorie k popáleninám u extrémně nezralých novorozenců nebo ke vzniku erythémy (kožní onemocnění). Při snížení teploty elektrody senzoru

ze 44 stupňů na 41 stupňů došlo ke zvětšení odchylky naměřených hodnot z 5 % na 12 – 15 %, což studie uvádí jako ještě přijatelné a zároveň se snížilo riziko vzniku popálenin. [24]

Ve studii od H. Lina prováděné v roce 2017 v Taiwanu jsou uvedena rizika spojená s analýzou krevního vzorku. Uvádí se bolest, riziko infekce, arteriální spasmus či ischemická nekróza. Pokroky v transkutánních metodách dávají možnost měřit neinvazivně, přesně a rychle. Poukazuje se na důležitost průběžného měření, které ukazuje krátkodobé výkyvy CO<sub>2</sub>, protože vysoké, ale naopak i nízké koncentrace CO<sub>2</sub> v krvi zvyšují riziko morbidity u extrémně nezralých novorozenců. [14]

Další studie od I. Taie z roku 2010, prováděná také v Taiwanu opět ukazuje, že pCO<sub>2</sub> může při vysokých, ale i při příliš nízkých hodnotách způsobovat poranění plic, mozku nebo retinopatii (poškození sítnice). K poškození může docházet, i když senzor pulzního oxymetru ukazuje dostatečnou saturaci hemoglobinu kyslíkem v krvi. Studie ukazuje na výhody používání neinvazivních metod. Výhodou je především průběžné a okamžité monitorování hodnot. Další výhodou je možnost snížení opakovaných odběrů krve, a tím snížení rizika iatrogenní anémie u extrémně nezralých novorozenců. Studie tak uvádí, že neinvazivní metody jsou nákladově efektivnější než metoda invazivní. [10]

Studie od M. Jannilaciho z roku 2018, prováděná v Kanadě se zabývala neinvazivním měřením pomocí NIRS. Ve studii bylo kontinuálně sledováno dvacet novorozenců narozených v období < 28. týden těhotenství. Průměrný gestační věk a porodní hmotnost činily 25 týdnů (24 – 26) a 750 g (655 – 920 g). Hodnotila se korelace invazivní a neinvazivní metody. Odběry arteriální krve se prováděli jednou za 6 – 8 hodin. Jedním z výstupů je, že blízká infračervená spektroskopie je neinvazivním dobrým nástrojem k hodnocení hemodynamiky a krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců. [11]

## 2.6 Přínosy a rizika pro pacienta při využití invazivních a neinvazivních metod

Největší nevýhodou invazivní metody monitorace krevních plynů je zásah do těla pacienta. Tento fakt zvláště u extrémně nezralých novorozenců může mít fatální následky spojené až s mortalitou pacienta. Mezi největší problémy patří riziko septického stavu spojené s invazivními vstupy, ze kterých se odběry vzorků krve k analýze provádějí. [25] U extrémně nezralých novorozenců to bývá často PAK nebo UAC, které jsou používány zároveň ke kontinuálnímu invazivnímu měření krevního tlaku. [4] Septické stavy se pak označují jako katérové infekce, a pro extrémně nezralé novorozence jsou to stavy velmi závažné. Bakterie proniknou do krevního řečiště právě v důsledku zavedeného katetru a je nutné vytažení infekčního katetru z těla pacienta a následná léčba antibiotiky (ATB). [26]

Dalším závažným rizikem je iatrogenní anémie, která je způsobena častými odběry krve (průměrné ztráty 0,8 – 3,1 ml/kg/den, tj. 30 – 300 % objemu krve za pobyt na neonatologické jednotce intenzivní péče). [23]

Mezi méně závažné nevýhody patří relativně krátká doba aktuálnosti naměřených hodnot. Naopak výhodou je zcela přesná naměřená hodnota a možnost zároveň ze vzorku zjistit další důležité hodnoty jako je například (např.) hodnota glykémie, laktátu nebo různých iontů přítomných v krvi. [12]

Neinvazivní metody měření mají také jistá úskalí a omezení. Jednou z takových omezení je např. samotná přesnost metody. V klinické praxi při měření transkutánních koncentrací  $\text{tcpCO}_2$  pomocí transkutánního senzoru může docházet ke špatně naměřeným hodnotám v důsledku špatného umístění senzoru. Problematikou zkreslených hodnot z tohoto důvodu se zabývala například studie [27], kde byla zkoumána spolehlivost a přesnost měření v závislosti na umístění senzoru. Při studii bylo použito umístění senzoru na hrud', paži a předloktí a byla zkoumána korelace výsledných hodnot s hodnotami získanými při analýze krevních plynů z arteriálního vzorku krve. Bylo zjištěno, že nejpřesnějších výsledků dosáhneme, pokud senzor umístíme na hrudník pacienta. Časovými charakteristikami této metody se zase zabývala studie S. Kestena [28], která se prováděla na 20 zdravých dobrovolnících. Studie testovala, jakou rychlost má odezva přístroje TOSCA TCM3 od firmy Radiometer, při skokových změnách ve vdechované směsi plynů. Doba reakce přístroje

na stav hyperkapnie byla vyčíslena na 16,8 s a rychlost, kterou se vracel k původním hodnotám, byla stanovena na 77,9 s. Naopak při hypoxii byl interval delší, a to 31 s a doba návratu 257 s, při hyperoxii zase 97 s a doba návratu 300 s. Při těchto skokových změnách dochází v organismu pacienta k narušení acidobazické rovnováhy, a tím k vychýlení fyziologických funkcí od normálu. K těmto změnám v praxi může běžně docházet při změnách parametrů umělé plicní ventilace, při akutním selhání organismu nebo při podávání určitých farmakologických přípravků.

Jako další rizika transkutánní metody jsou zmiňovány zejména popáleniny, protože teplota senzoru dosahuje až 44 °C. Tomu se snaží předcházet moderní přístroje, které mají funkci hlídající teplotu senzoru, a také je důležité pravidelné přemísťování senzoru alespoň každé 4 hodiny. Dalším rizikem je poškození kůže lepidlem z fixačních pomůcek k umístění senzoru. A nevýhodou je také možnost zkreslení hodnot při acidóze. [13]

Velkou výhodou, kterou mají neinvazivní metody před invazivní metodou, je kontinuální měření hodnot, v důsledku toho je pak možné téměř okamžitě reagovat na změnu zdravotního stavu pacienta. Neinvazivní metoda NIRS si ve světě získala širokou popularitu v mnoha klinických oborech a ve všech věkových skupinách včetně novorozenců. Nicméně je zapotřebí více studií, aby se zjistila schopnost monitorování NIRS zlepšit výsledky pacientů, zejména u těch z řad extrémně nezralých novorozenců, proto nebude v této práci dále řešena. [29]

Tabulka 2: Shrnutí výhod a nevýhod metod měření ve vztahu k CO<sub>2</sub>

	<b><i>Výhody</i></b>	<b><i>Nevýhody</i></b>
<i>Invazivní metoda</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Přesné aktuální hodnoty v krvi</i></li> <li>• <i>Možnost ze vzorku zjistit další hodnoty (ionty, laktát, pH...)</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Riziko infekce</i></li> <li>• <i>Riziko ischemické nekrózy</i></li> <li>• <i>Riziko iatrogenní anémie</i></li> <li>• <i>Relativně krátká doba aktuálnosti naměřených hodnot</i></li> <li>• <i>Finančně náročná metoda</i></li> </ul>
<i>Neinvazivní metoda</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kontinuální měření hodnot</i></li> <li>• <i>Větší komfort pro pacienta</i></li> <li>• <i>Finančně méně náročná</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Riziko popálenin od senzoru</i></li> <li>• <i>Zkreslení hodnot v důsledku špatného umístění senzoru</i></li> </ul>



## 2.7 Přístroje pro měření oxidu uhličitého

V současnosti je k dostání na českém trhu několik druhů analyzátorů krevních plynů i přístrojů pro transkutánní měření. Některé firmy jsou přímo výrobci, jiné pouze vlastníky distributorských práv pro Českou republiku a nabízejí zdravotnické přístroje výrobců z celého světa. Na českém trhu poskytují nejširší nabídku zejména dvě firmy. Těmi jsou firma Radiometer a Medista.

Firma Radiometer, pocházející z Dánska, vyvíjí, vyrábí a prodává zdravotnickou techniku pro odběry krve, analýzu krevních plynů, transkutánní monitoring, imunochemickou analýzu a s nimi spojené systémy informačních technologií. Nabízí několik typů analyzátorů krevních plynů vlastní výroby, které by vždy měly splňovat požadavky konkrétního zdravotnického pracoviště, kde bude analyzátor využíván (biochemická laboratoř, neonatologické oddělení atd.). Pro potřeby neonatologického oddělení jsou přímo vyvinuty analyzátory řady ABL90, kterým ke stanovení hodnot parametrů stačí velmi malé množství krve pacienta, což je při péči o extrémně nezralé novorozence klíčové, aby se zamezilo, co možná nejmenším krevním ztrátám. V oblasti transkutánního monitorování nabízí Radiometer přístroje opět vlastní výroby pro neonatologické oddělení a spánkové laboratoře. Tato firma zajišťuje také vlastní zákaznické a technické služby. [16, 20, 30]

Firma Medista je česká firma, která zajišťuje prodej, zákaznický a technický servis zdravotnické techniky v oblasti hematologie, biochemie, imuno hematologie, transfúziologie, osobních glukometrů a veterinární medicíny. Firma nevyrábí vlastní analyzátory krevních plynů, ale v ČR má distribuční práva na analyzátory krevních plynů GEM Family španělského výrobce Werfen Company. Analyzátor Werfen GEM Premier 3500 lze využívat na různých zdravotnických pracovištích díky možnosti různých kazet, které jsou vyvíjené přímo na míru danému druhu pracoviště. Firma Medista má dále v nabídce také několik typů přístrojů pro transkutánní měření od různých evropských výrobců. [31, 32, 33]

## 2.8 Ústav pro péči o matku a dítě

Data budou sbírána v perinatologickém centru Ústav pro péči o matku a dítě, Podolské nábřeží 157, Praha 4 – Podolí (ÚPMD). Jedná se o zdravotnické zařízení, které se specializuje na komplexní poskytování péče v oblasti neonatologie a porodnictví, zároveň je i výzkumným pracovištěm, na kterém se provádí základní a klinický výzkum. Řadí se mezi jedno z dvanácti perinatologických center v ČR. Dlouhodobě patří k vůbec nejoblíbenějším porodnicím v Praze. ÚPMD má téměř 750 zaměstnanců, s 86% ženskou převahou. Ročně se zde ošetří 5 300 – 5 400 novorozenců (5 % všech novorozenců v ČR) a cca 500 novorozenců kriticky ohrožených na životě (což je celkově 15 % všech kriticky nemocných novorozenců v ČR), z nichž za rok 2017 bylo 352 přijato na oddělení intenzivní a resuscitační péče a 74 z nich bylo klasifikováno jako novorozenci s extrémně nízkou porodní hmotností pod 999 g. Dlouhodobou charakteristikou ÚPMD, na které si ÚPMD zakládá v důležitých objektivních ukazatelích, je celkově velmi nízká novorozenecká mortalita a morbidita. [34]

ÚPMD disponuje kvalitním týmem lékařů z oblasti neonatologie, porodnictví, gynekologie a zkušeným nelékařským zdravotnickým personálem. Je zde kladen důraz na dobrou interdisciplinární spolupráci a na vysokou kvalitu zdravotních služeb poskytovaných pacientům. ÚPMD je vybaven nejmodernějšími zdravotnickými technologiemi. [35]

ÚPMD dlouhodobě spolupracuje s celou řadou českých, ale i zahraničních organizací. Na úrovni vzdělávání spolupracuje s Institutem postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví a s 3. lékařskou fakultou Univerzity Karlovy v Praze. Dále je třeba zmínit spolupráci se Světovou zdravotnickou organizací (WHO). ÚPMD je příspěvková organizace zřízená MZd ČR a je registrovaným plátcem daně z přidané hodnoty. [36]

## **2.9 Přístroje pro měření oxidu uhličitého v ÚPMD**

Ve vybraném zdravotnickém zařízení ÚPMD se využívá invazivní metoda pomocí opakovaných náběrů krve a zcela nově neinvazivní metoda transkutánního měření  $\text{tcpCO}_2$ . Proto následující kapitola uvádí konkrétní typy přístrojů, které se k měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců využívají právě v ÚPMD.

### **2.9.1 Analyzátor krevních plynů ABL90 FLEX**

Analyzátor krevních ABL90 FLEX je přístroj od firmy Radiometr. Velkou předností přístroje je rychlá analýza vzorku a malý objem krve, který je k analýze potřeba. Jedná se o automatický kazetový analyzátor nejnovější generace, to znamená, že obsluhující zdravotnický personál pouze umístí skleněnou kapiláru nebo injekční stříkačku se vzorkem krve pacienta do speciálního nástavce a zadá vstupní data o pacientovi, vše ostatní provádí analyzátor zcela sám. K analýze a stanovení hodnot daného vzorku stačí 65  $\mu\text{l}$  krve. Analyzátor sám krev nasaje, obsluhující zdravotní personál otočí nástavec do polohy analýzy vzorku a po uplynutí doby měření, která je u analyzátoru ABL90 FLEX pouhých 37 s, jsou výsledky uloženy do paměti přístroje a zároveň jsou vytištěny na vestavěné tiskárně, která je součástí analyzátoru. [16, 37]

Přístroj je vybavený barevnou dotykovou obrazovkou, díky které je obsluha jednoduchá. Při provádění analýzy vzorků i při údržbě přístroje, výměně spotřebního materiálu, obrazovka intuitivně krok za krokem obsluhující zdravotnický personál navádí. Spotřební materiál přístroje představují především dvě kazety. První je kazeta s měřicími senzory a druhá je kazeta s roztoky. Sensorová kazeta je dostupná v několika konfiguracích měření daných parametrů a pro různý počet analyzovaných vzorků provedených za měsíc. Každé pracoviště si tedy může vybrat, která sensorová kazeta se pro daný typ péče hodí. V současné době jsou k dispozici kazety pro 100, 300, 600, 900 a 1200 vzorků. Kazeta roztoků obsahuje množství roztoků na 600 úkonů (zahrnuje analýzy vzorků krve, ale i automatické kalibrace přístroje, automatické měření kontrol a testy). Poté je třeba kazetu vyměnit, zlikvidovat ji jako infekční materiál. Zbývající analýzy obou kazet jsou vždy numericky přehledně zobrazeny na obrazovce analyzátoru.

System analyzátoru ABL90 FLEX používá několik různých metod k měření parametrů krve. Při měření se uplatňují principy:

- potenciometrie – pro měření hodnot pH, pCO<sub>2</sub>, ionty vodíku, draslíku, vápníku a chlóru,
- ampérometrie – pro měření hodnot glukózy a laktátu,
- spektrofotometrie – pro měření koncentrace hemoglobinu, jednotlivých dyshemoglobinů a pro měření bilirubinu,
- schopnost kyslíku redukovat intenzitu fosforescenčního záření – princip pro měření O<sub>2</sub>. [38]

## 2.9.2 Monitor TCM5 FLEX

Transkutánní monitor TCM5 FLEX je přístroj poskytující kontinuální a přesné měření míry okysličení a stavu ventilace. Kromě tepCO<sub>2</sub>, je s jeho pomocí možné monitorovat také transkutánní pO<sub>2</sub>, dále saturaci krve kyslíkem (SpO<sub>2</sub>) a tepovou frekvenci pacienta. Primárně byl navržen pro citlivé pacienty – novorozence. Jedná se zatím o nejefektivnější transkutánní monitor od společnosti Radiometr se zaměřením na podporu efektivity práce v náročném prostředí specializované péče. Nejlepší korelace hodnot mezi arteriálním a transkutánním pCO<sub>2</sub> je dle výrobce dosahováno při nejvyšší možné teplotě senzoru, kdy je zaručováno přesnost +/- 5mmHg (0,67 kPa). Proto je třeba důkladně sledovat pokožku pod senzorem a senzor přemísťovat každých 4 – 8 hodin. Přístroj je vybaven speciální funkcí automaticky sledující teplotu senzoru, která má zabránit vzniku popálenin na pokožce novorozence. Sleduje také dobu, která uběhne od umístění senzoru na určité místo na kůži, což usnadňuje práci zdravotnickému personálu.

Tabulka 3: Teplota senzoru a doba aplikace, převzato z [39]

<i>Věk pacienta</i>	<i>Nastavitelná teplota senzoru</i>	<i>Odpovídající maximální teplota rozhraní senzor - pokožka</i>	<i>Doporučená maximální doba aplikace</i>
<i>Předčasně narozené děti</i>	<i>43°C</i>	<i>42°C</i>	<i>4 hodiny</i>
<i>Novorozenci (s výjimkou předčasně narozených)</i>	<i>44°C</i>	<i>43°C</i>	<i>4 hodiny</i>
	<i>43°C</i>	<i>42°C</i>	<i>8 hodin</i>

Ke zvýšení komfortu pacienta patří malý rozměr senzoru a možnost vybírat z několika druhů fixačních pomůcek k aplikaci senzoru na tělo pacienta. [20, 40]

Přístroj je opatřen barevnou dotykovou obrazovkou, kde je měření trendů v reálném čase zobrazováno. Obrazovka je snadno čitelná a pokyny, které se na ní zobrazují a navádějí zdravotnický personál při obsluze, zjednodušují každodenní provoz přístroje i řešení případných problémů.

Kalibrace senzoru probíhá automaticky po vložení senzoru do kalibrační komory. Pokud proběhla kalibrace před méně než 30 minutami, po umístění senzoru do kalibrační komory se kalibrace samovolně nespustí, tím je snižován čas pro přípravu měření a pro údržbu, to zlepšuje opět efektivitu celého procesu. Technologie pozlacení senzoru zaručuje vysokou spolehlivost naměřených výsledků i při dlouhodobém používání. V definovaných časových intervalech je nezbytné měnit membránu senzoru. U tohoto typu přístroje byl interval prodloužen až na 28 dní. Nasbíraná data z měření mohou být ukládána, spravována nebo sdílena díky rozšířené konektivitě s hlavním patientským monitorovacím systémem. Integrovaná datová paměť je schopna uchovávat data z měření po dobu až 1 roku. Výsledky mohou být také sdíleny do počítače nebo ukládány na USB disk. [40, 41]

Rozměry přístroje jsou: šířka 270 milimetrů (mm), hloubka 152 mm a výška 188 mm. Váha přístroje a senzoru činí celkem 2,5 kilogramu (kg) včetně baterie (bez baterie 2,3 kg), tudíž je monitor snadno přenosný a díky výdrži baterie, která je více než 4 hodiny, je snadno použitelný i při transportu pacienta. [40]

## 2.10 Vztah mezi naměřenými hodnotami $p\text{CO}_2$ a $\text{tcpCO}_2$

Parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi ( $p\text{aCO}_2$ ) se u extrémně nezralých novorozenců zjišťuje nejčastěji. Díky zajištění arteriálního řečiště UAC u těchto pacientů, které bývá standardem kvůli invazivnímu kontinuálnímu monitorování krevního tlaku a invazivního monitorování krevních plynů, právě pomocí opakovaných náběrů dle Astrupa. [42] Výsledná hodnota je analyzátorem krevních plynů interpretována v jednotkách kilopascal (kPa). Fyziologické rozpětí  $p\text{aCO}_2$  je u novorozenců 4,0 – 7,3 kPa. Transkutánní měření parciálního tlaku oxidu uhličitého ( $\text{tcpCO}_2$ ) je přístrojem pro TCM (transkutánní monitorování) uváděno v milimetrech rtuťového sloupce (mmHg). Fyziologická hodnota se pohybuje cca v rozmezí 35 – 40 mmHg. [43] Hodnoty se dají navzájem přepočítat pomocí vzorce z jednotek kPa na mmHg a naopak. Studie C. Weavera či D. Orlikowskiho prováděné celkem na 36 pacientech ukazují, že rozdíly v naměřených hodnotách jsou minimální a hodnoty se dají navzájem přepočítat. [44, 45] S tímto se shoduje i další studie J. Tobiase prováděná na 30 pacientech. [46] Ta navíc interpretuje transkutánní metodu jako velmi dobrou a k měření naprosto dostačující. Se stejnými výsledky přichází i studie od E. Sadota a K. Levecqueho, které uvádějí, že nejvíce se naměřené hodnoty  $\text{tcpCO}_2$  shodují s výsledky parciálních tlaků z arteriální krve ( $p\text{aCO}_2$ ). [47, 48]

Z toho vyplývá, že i když každá metoda měří parciální tlak  $\text{CO}_2$  jinak, existuje velmi vysoká korelace mezi naměřenými výsledky. Podle studie J. D. Tobiase se výsledky lišily maximálně v 5 % případů v důsledku špatného umístění senzoru přístroje na tělo pacienta. [46]

### 3 Cíle práce

Z nalezených dat, na jejichž základě byl vypracován současný stav lze usuzovat, že neinvazivní metoda transkutánního měření CO<sub>2</sub>, je v zahraničí poměrně hojně využívána s dobrými výsledky a dobrou vzájemnou korelací hodnot naměřených oběma metodami. Navíc je finančně méně nákladná než invazivní metoda měření parciálního tlaku CO<sub>2</sub> z odebraného krevního vzorku. V ČR je tato metoda používána prozatím jen v malém rozsahu a o nákladovosti této metody v podmínkách zdravotnictví ČR nebyla nalezena žádná studie.

**Hlavním cílem** práce je porovnat metody invazivního a neinvazivního měření parametrů se vztahem k CO<sub>2</sub> u extrémně nezralých novorozenců ve vybraném zdravotnickém zařízení z ekonomického hlediska.

**Dílčím cílem** je posoudit na základě získaných dat a informací z klinické praxe, zda je v podmínkách perinatologického centra v ČR možné invazivní metodu nahradit nebo částečně zastoupit neinvazivní metodou, jako je tomu například v sousedním Německu nebo v severských státech Evropy.

## 4 Metody

V této kapitole jsou uvedeny a popsány metody, které na základě systematické rešerše a analýzy současného stavu problematiky, byly vybrány a následně budou využity při vypracování výsledků diplomové práce.

### 4.1 Procesní analýza

Procesní analýza (anglicky „Process analysis“) někdy také nazývána jako analýza procesů, znamená metodu zkoumání toku jednotlivých prací v organizaci, jinak řečeno, zkoumá jednotlivé procesy. Jejím přínosem je zlepšení řízení procesů v organizaci. Zaměřuje se na postup práce od jednoho zaměstnance ke druhému zaměstnanci, kdy ve všech fázích procesu popisuje jednotlivé vstupy, výstupy, kroky a případně i spotřebu zdrojů. Procesní analýza se může týkat jednoho konkrétního procesu anebo analýzy komplexně zaměřené na všechny probíhající procesy v organizaci. [49]

Procesní analýza se provádí zejména ze tří důvodů:

- pro popis procesů za účelem popisů pracovních náplní, workflow, metodických postupů, směrnic, vnitřních předpisů, funkční specifikace pro vývoj aplikací apod.,
- pro řízení a automatizaci procesů,
- pro celkové zefektivnění procesů a jejich optimalizaci.

Je jednou z vůbec nejpoužívanějších analytických metod, které se využívají v praxi. Využitelná je kdykoliv, kdy potřebujeme zjistit a popsat tok práce, zefektivnit práci, účelnost, hospodárnost nebo výkonnost. Je tedy výchozím bodem pro další optimalizaci, reengineering a odstranění nedostatků. [50]

Procesní analýza umožňuje procesy rozpoznat, popsat, vizualizovat a dát do souvislostí. Díky tomu poskytuje detailní a přehledný náhled na procesy v organizaci a zvyrazňuje problémy nebo nedostatky. Výstupem procesní analýzy bývají nejčastěji procesní modely, procesní diagramy nebo mapa procesů. Výstupy mohou mít jak grafickou podobu, tak i formu slovní v podobě strukturovaného popisu.



Jako každá metoda má i procesní analýza určitá rizika, která se mohou pojit se špatně provedenou analýzou, nesprávně zvoleným postupem nebo nástroji analýzy. Z tohoto důvodu si organizace často najímají specializované odborníky zabývající se analýzami procesů.

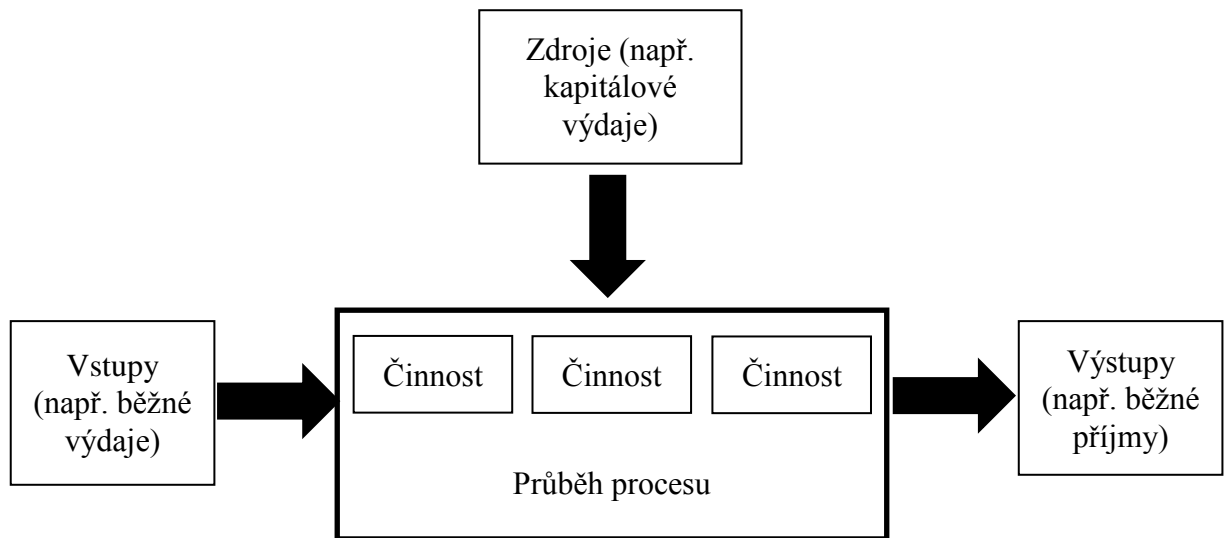
Jelikož má procesní analýza široké spektrum využití, není možné definovat univerzální postup, který by byl platný pro všechny oblasti, kde je možné ji použít. Konkrétní forma a postup procesní analýzy by se měl vždy odvíjet od potřeb a požadavků konkrétní organizace a konkrétní situace. Je možné postupovat od analyzování jednotlivých procesů (popis nebo modelace procesů) odspoda nahoru nebo využít procesní mapu. [51]

Nejčastěji jsou používány tyto metody a techniky:

- analýza silových polí – Force Field Analysis (FFA),
- mapování toku hodnot – Value Stream Mapping (VSM),
- metoda kritické cesty – Critical Path Method (CPM),
- analýza výskytu a vlivu vad – Failure Mode and Effect Analysis (FMEA),
- teorie omezení – Theory of Constraints (TOC),
- diferenční analýza,
- korelační diagram,
- histogram,
- pozorování,
- brainstorming,
- časové snímky,
- Ishikawův diagram,
- Paretovo pravidlo (Pravidlo 80/20),
- Demengův cyklus.

Pro modelování procesů se pak využívají zejména:

- vývojový (procesní) diagram – Flowchart diagram,
- diagram aktivit – UML (Unified Modeling Language),
- metodika PDT,
- BPMN (Business Process Modeling Notation). [49. 51. 52]



Obrázek 2: Schéma procesní analýzy, převzato z [49]

Pro analýzu jednotlivých procesů měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců v ÚPMD bude zvolena metoda pozorování, výstupem procesní analýzy bude slovní popis procesů a jejich grafické znázornění v podobě vývojového diagramu.

## 4.2 Microcosting

Microcosting (také nazýván „bottom-up“) je metoda výpočtu nákladů, která umožňuje přesné vyhodnocení ekonomických nákladů na zdravotnické intervence, na konkrétní službu, výrobek nebo výkon. V ekonomické praxi existuje celá řada metod pro stanovení nákladů. Způsob, jakým se budou náklady stanovovat, závisí především na dostupných zdrojích a požadovaných údajích. Jedním z hojně využívaných přístupů ke stanovení nákladů ve zdravotnictví je právě microcosting. Prokazatelně je obzvláště užitečný pro odhad nákladů na nové intervence, výkony s velkou variabilitou mezi poskytovateli a pro odhad skutečných nákladů na zdravotní systém a společnost. [53, 54] Proto bude využit i v této diplomové práci ke stanovení nákladů na odběr krevního vzorku u invazivního monitorování krevních plynů a ke stanovení nákladů na transkutánní měření krevních plynů u extrémně nezralých novorozenců do 27. týdne gestace, které slouží k diagnostice akutních stavů u extrémně nezralých novorozenců.

Microcosting je metoda, která pro stanovení nákladů využívá detailní identifikace a specifikace zdrojů na danou intervenci. Ke každému jedinému případu jsou přiřazeny veškeré vzniklé náklady. [55] Abychom pro danou činnost byly schopni správně

stanovit náklady, je nutné podrobně znát procesy a potřebné zdroje související s danou činností.

V ekonomické teorii a praxi představují náklady proces spotřebování ekonomických zdrojů, spojené se současným nebo budoucím výdejem peněz. Náklady dále můžeme rozdělovat dle několika různých hledisek, na přímé a nepřímé, zdravotnické a nezdravotnické, hmotné či nehmotné a další. [56]

Pro nákladovou analýzu použitou v diplomové budou zjišťovány náklady přímé a nepřímé. Přímé náklady jsou náklady, které je možné k jednotlivým výkonům přiřadit přímo bez dalšího potřebného rozpočítávání. Jako příklady lze ve zdravotnictví uvést ceny terapeutických nebo diagnostických přístrojů, ceny léčiv, platy zaměstnanců. Naopak nepřímé náklady nelze přímo k jednotlivým výkonům přiřadit, ale je nutné je dle určitého způsobu rozpočítávat nebo odhadovat. Příklady nepřímých nákladů ve zdravotnictví mohou být energie, servis přístroje, údržba a správa budov zdravotnického zařízení. [54]

Data o nákladovosti budou zjišťována především na základě rozhovorů s odbornými pracovníky ÚPMD. Mzdové náklady budou zjištěny podle statistických průměrů publikovaných Informačním systémem o průměrných výdělcích (ISPV), který spravuje Ministerstvo práce a sociálních věcí České republiky. [57] Další potřebná data k vypracování analýzy budou zjišťována z výročních zpráv, interních statistických dokumentů a z dokumentace pacientů v ÚPMD.

### 4.3 Korelační analýza

Korelační analýza je významná statistická metoda znázorňující závislost mezi dvěma a více spojitými veličinami. Spojitá veličina je taková veličina, která může nabývat nespočetně mnoha hodnot v určitém intervalu. Tato metoda může zjišťovat, zda mezi sledovanými veličinami existuje vztah. To znamená, zda vyšší či nižší hodnoty jedné veličiny souvisejí s vyššími či nižšími hodnotami veličiny druhé. Příkladem může být zkoumání vyšších hodnot glukózy v krvi související s výskytem vyšších hodnot jiné látky v krvi, nebo právě v našem případě zkoumání závislosti naměřených hodnot  $p\text{CO}_2$  a  $\text{tcpCO}_2$  u extrémně nezralých novorozenců pomocí invazivní a neinvazivní metody. Další možností využití korelační analýzy je predikce jedné veličiny na základě hodnot druhé sledované veličiny, např. predikce koncentrace těžko měřitelných látek v prostředí, na základě znalosti koncentrací látek příbuzných. Třetím způsobem využití korelační analýzy je kvantifikace vztahu mezi dvěma sledovanými veličinami, např. pro použití první ze sledovaných veličin na místo druhé při diagnostickém testu. [58, 59]

Nejjednodušší způsob pro zjištění souvislosti dvou veličin je vykreslení bodového grafu. Bodový graf znázorňuje, jak hodnoty jedné veličiny v souvislosti s druhou veličinou rostou nebo klesají. Data jsou znázorněna jako množina bodů, kde každá z dvojic pozorování ( $x_i$  – první veličina X,  $y_i$  – druhá veličina Y) je znázorněna jako bod pravoúhlé souřadnicové soustavy. Na ose vodorovné je umístěna stupnice veličiny X a na ose svislé zase stupnice veličiny Y. Z vynesené množiny bodů lze pak vystopovat charakteristické rysy závislosti dvou pozorovaných veličin. [58, 60]

Bodový graf má však jistou nevýhodu, neznázorňuje kvantifikaci funkčního vztahu obou veličin. Obecná kvantifikace funkčního vztahu je obtížná, ale pro kvantifikaci lineárního vztahu je zaveden Pearsonův korelační koeficient. V teoretické rovině ho lze vyjádřit následujícím vzorcem (1) pro veličiny X a Y s nenulovým rozptylem:

$$R(X,Y) = \frac{E((X-EX)(Y-EY))}{\sqrt{DX}\sqrt{DY}} \quad (1).$$

Pearsonův korelační koeficient je vhodný pro vyjádření lineární závislosti, pro vyjádření nelineární závislosti je naopak naprosto nevhodný. Nabývá hodnotu -1 až 1. Hodnota  $R(X,Y)$  je kladná v případě, že vyšší hodnoty veličiny X souvisejí s vyššími hodnotami veličiny Y, jedná se o přímou závislost. V případě, kdy vyšší

hodnoty veličiny X budou souviset s nižšími hodnotami veličiny Y, bude hodnota  $R(X, Y)$  záporná a jde o nepřímou závislost mezi oběma veličinami. V případě, že  $R(X, Y)$  bude dosahovat hodnoty 0 nebo blíží se nule, se jedná o veličiny nekorelované (nezávislé), tedy mezi těmito veličinami není žádná vzájemná lineární závislost. [60]

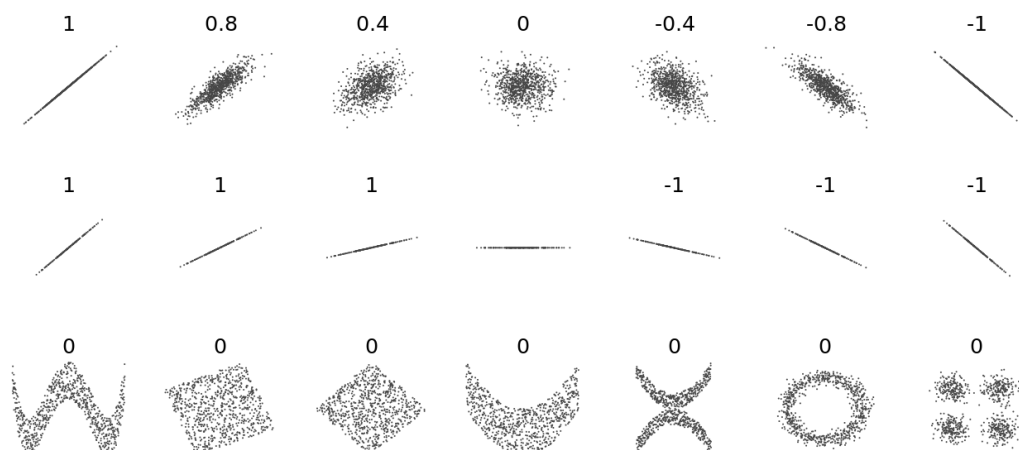
Teorie výpočtu  $R(X, Y)$  je podmíněna znalostí rozdělení pravděpodobnosti obou pozorovaných veličin, což se stává v praxi jen velmi ojediněle. V praxi tedy používáme pro kvantifikaci lineárního vztahu pozorovaných veličin často výběrový Pearsonův korelační koeficient a značíme ho  $r$ . Při výpočtu tohoto koeficientu vycházíme z realizací dvojrozměrných vektorů v rozsahu  $n$ , které vyjadřuje počet dvojic pozorování hodnot obou veličin pro první až  $n$ -tou dvojici (2):

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{pmatrix}, \dots, \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \end{pmatrix} \quad (2).$$

Pro výpočet samotného výběrového Pearsonova koeficientu je pak použit následující vzorec (3), kde  $\bar{x}$  a  $\bar{y}$  znázorňují výběrové průměry a  $s_x$  a  $s_y$  jsou směrodatné odchylky výběrů [59]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{(n-1) s_x s_y} \quad (3).$$

Možné výsledné hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu a vynesená množina bodů pro příslušný bodový graf znázorňuje obrázek číslo 2.



Obrázek 3: Hodnota korelačního koeficientu a odpovídající znázornění výsledku bodového grafu, převzato z [61]

### **4.3.1 Měření hodnot $p\text{CO}_2$ a $\text{tcpCO}_2$ v ÚPMD**

Data pro korelační analýzu měření  $p\text{CO}_2$  invazivní metodou a  $\text{tcpCO}_2$  neinvazivní metodou budou sbírána v ÚPMD. Cílovou skupinou budou novorozenci ošetřovaní na neonatologickém oddělení RES.

Měření bude probíhat v rozmezí 3 – 5 dní dle indikací lékařů v závislosti na klinickém stavu pacienta. K měření neinvazivní metodou bude použit transkutánní monitor TCM5 FLEX. K porovnání správnosti kontinuálního měření transkutánní metodou budou referenčně jednou denně prováděny invazivní metodou odběry krve na vyšetření dle Astrupa pomocí analyzátoru krevních plynů ABL90 FLEX. Proces měření  $\text{CO}_2$  oběma zmíněnými metodami proběhne dle ošetrovatelských standardů oddělení.

Naměřené hodnoty  $\text{tcpCO}_2$  budou pro možnost porovnání obou naměřených veličin převáděny z mmHg na kPa přímo ošetroujícími lékaři na pracovišti ÚPMD. Naměřené hodnoty pak budou znázorněny pomocí bodového grafu a doplněny výpočtem korelačního koeficientu k vyjádření vzájemného vztahu mezi pozorovanými veličinami.

## 5 Výsledky

V souladu se stanovenými cíli diplomové práce a dle metodiky popsané v předchozí kapitole, byly získány v časovém úseku šesti měsíců (červen – prosinec 2018) v ÚPMD v Praze následující výsledky.

### 5.1 Procesní analýza

Nejprve byla provedena procesní analýza odběru krevního vzorku a následně i kontinuálního transkutánního měření CO<sub>2</sub>, za účelem správné identifikace jednotlivých položek pro následující výpočet nákladovosti. Postupy a jednotlivé kroky odběru krevního vzorku pro vyšetření dle Astrupa a kontinuálního transkutánního měření CO<sub>2</sub> jsou popsány níže a poté graficky znázorněny pomocí procesních diagramů.

#### 5.1.1 Proces metody invazivního měření

Monitorování krevních plynů a dalších hodnot zjistitelných z krevního vzorku je posuzováno ihned po narození a přijetí pacienta na oddělení.

Po přijetí pacienta na oddělení provádí lékař s asistencí zdravotní sestry celkové prvotní fyzikální vyšetření a odběr krevního vzorku. U extrémně nezralých novorozenců dochází k odběru nejčastěji arteriální krve po zavedení UAK, který se zavádí po prvotním stabilizování stavu pacienta (především zajištění dostatečného okysličování organismu pomocí nCPAP nebo UPV). V případech, kdy je stav pacienta stabilizovaný a nepředpokládají se zatím žádné těžší komplikace (novorozenec těsně pod hranicí extrémní nezralosti, vyšší porodní hmotnost než se předpokládalo apod.), se odběr krve může uskutečnit pouze z venózního řečiště pomocí kanyly velikosti 24 G nebo 26 G (zajištění pomocí periferního žilního katetru - PŽK) a opakované náběry poté následně z patičky novorozence prostřednictvím kapilárního řečiště.

Odběr probíhá sterilně a provádí ho zdravotní sestra nebo jiný střední zdravotnický nelékařský personál, jehož kompetence opravňují k práci na resuscitačním oddělení pro novorozence.

Nejprve je potřeba připravit si k odběru veškerý nutný spotřební materiál a žádanku na vyšetření ABR. K odběru z UAK je potřeba následovný spotřební materiál:

- 1 kus (ks) pár sterilních rukavic,
- 2 ks sterilní čtverce velké,
- 2 ks stříkačky o objemu 2 ml,
- 1 ks stříkačka o objemu 1 ml,
- 1 ks ampule fyziologického roztoku (10 ml),
- 1 ks preheparinizovaná kapilára,
- 1 ks želízko a 1 magnet (opakovaně používaný, proto se nezapočítává do výsledné kalkulace),
- 1 ks pár nesterilních rukavic,
- 2,5 ml dezinfekce Octenisept,
- 1 ks jednorázová emitní miska na biologický odpad.

K odběru pomocí PŽK je potřeba:

- 1 pár sterilních rukavic,
- 2 ks sterilní čtverce malé,
- 1 ks kanyla velikosti 24 nebo 26 G,
- 1 ks stříkačka o objemu 2 ml,
- 1 ks stříkačka o objemu 1 ml,
- 1 ks jehla velikosti 20 G,
- 1 ks Tegaderm náplast,
- 1 ks Safe Flow zátka,
- 1 ks ampule fyziologického roztoku (10 ml),
- 1 ks preheparinizovaná kapilára,
- 1 želízko a 1 magnet,
- 2 ml dezinfekce na kůži Cutasept,
- 1 pár vyšetřovacích rukavic,
- 1 ks jednorázová emitní miska na biologický odpad.

Ke kapilárnímu odběru je potřeba:

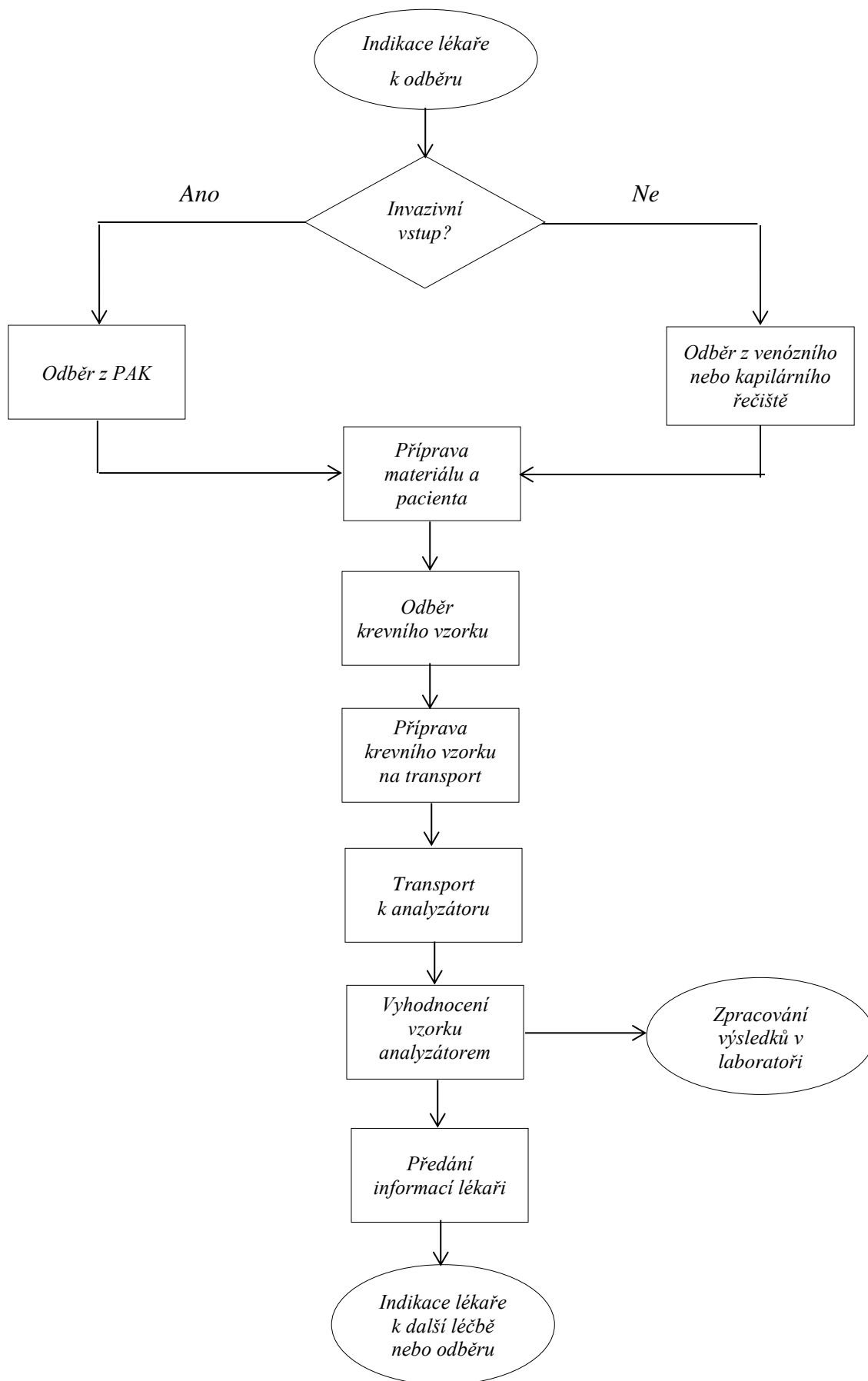
- 1 pár sterilních rukavic,
- 3 ks sterilní malé čtverce,
- 1 ks preheparinizovaná kapilára,
- 1 ks želízko a 1 magnet,



- 2 ml dezinfekce na kůži Cutasept,
- 1 pár nesterilních rukavic,
- 1 ks nesterilní čtverec velký,
- 1 ks jednorázová emitní miska na biologický odpad.

Po přípravě materiálu následuje příprava pacienta na odběr. Novorozenec se uloží do polohy na zádech s možností sledování prokrvení celého těla v průběhu odběru.

Odběr se provádí sterilně do stříkačky o objemu 1 ml, ze které je poté krev přetažena do preheparinizované skleněné kapiláry. V případě kapilárního odběru je vzorek nasáván přímo do kapiláry během odběru. Naprosto nutné je vzorek do kapiláry nasát bez vzduchových bublin, které zkreslují skutečné hodnoty a znehodnocují tak náběr. V případě, že v kapiláře je vzduchová bublina, může dojít ke tvorbě koagula uvnitř kapiláry nebo ke špatně naměřeným hodnotám analyzátozem, a náběr je nutné opakovat znovu. Po tomto kroku je třeba vzorek řádně zajistit k transportu k analyzátoru krevních plynů, který je přítomen na oddělení. Do skleněné kapiláry s krevním vzorkem je vloženo želízko a poté řádně magnetem několikrát posunováno po rozměru celé kapiláry, čímž se předchází tvorbě koagula ve vzorku. Následně probíhá samotný transport k analyzátoru krevních plynů, kde je vzorek nasán přístrojem, a po zadání vstupních hodnot o pacientovi, během jedné minuty dochází ke zpracování a vyhodnocení krevního vzorku. Celý proces trvá zhruba 5 - 15 minut (ve výjimečných případech až 20 minut) dle náročnosti odběru vzhledem k celkovému zdravotnímu stavu pacienta a jeho cévního řečiště. Ihned po vyhodnocení krevního vzorku dochází ke konfrontaci výsledků s lékařem, a během několika minut je poskytnuta adekvátní léčebná péče. V případě komplikací se celý proces opakuje v intervalech průměrně od 0,5 do 6 hodin.



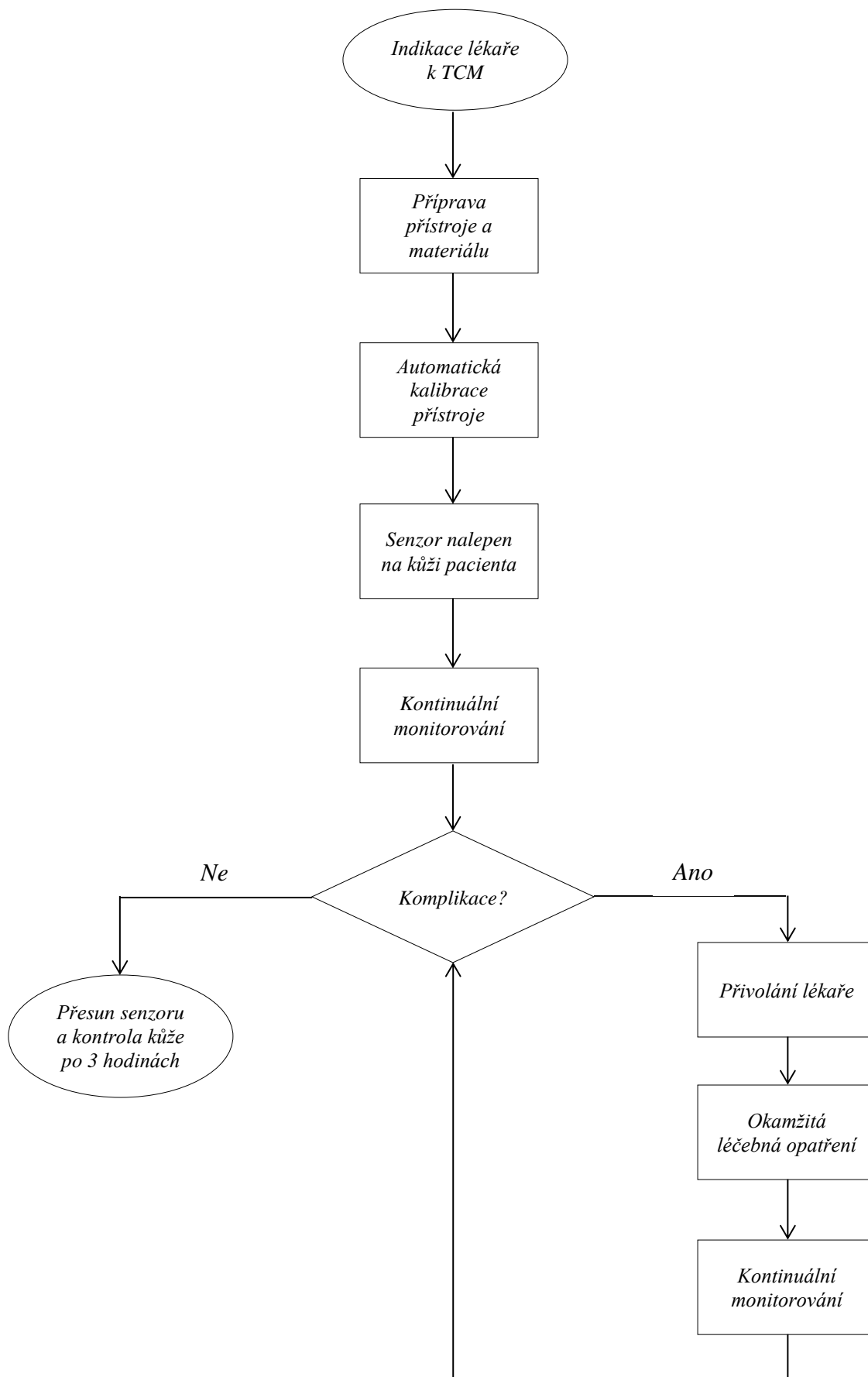
Obrázek 4: Procesní diagram krevního odběru na vyšetření dle Astrupa v ÚPMD

### 5.1.2 Proces metody neinvazivního měření

Kontinuální transkutánní měření pomocí přístroje TCM5 FLEX závisí opět na indikaci lékaře. Vzhledem k nízkému počtu zkušeností a přístrojů v ÚPMD (ÚPMD v době provádění procesní analýzy a sběru dat ke kalkulaci nákladů k dispozici pouze 1 přístroj pro transkutánní měření zapůjčený od firmy Radiometer), se měření neprovádí standardně u všech novorozenců přijatých k péči na resuscitační oddělení. Po indikaci lékaře připraví zdravotní sestra, která je proškolená od výrobce k používání transkutánního monitoru, monitor a všechny spotřební materiál nutný k měření:

- 1 ks membrána pokud již není v monitoru (na celou dobu monitorování),
- 2 ks fixačních kroužků (na 5 dní průměrně spotřeba 4 – 6 kroužků),
- kontaktní tekutina,
- 1 ks ampule fyziologického roztoku (na 5 dní asi 10 ampulí),
- 1 ks sterilní čtverec malý (na 5 dní asi 40 ks).

Zdravotní sestra zapne monitor a připraví senzor. Na monitoru je potřeba nastavit údaje o pacientovi, limity alarmů a teplotu senzoru, jenž je důležitá pro korelaci transkutánních hodnot  $\text{tcpCO}_2$  s hodnotami  $\text{paCO}_2$  v krvi. Po kalibraci, která je prováděna automaticky, může umístit senzor pomocí fixačního kroužku a kapky kontaktní kapaliny na kůži novorozence, která předtím byla očištěna fyziologickým roztokem a osušena čtvercem do sucha. Celý tento proces trvá zhruba 5 minut. Přibližně dalších 5 minut trvá, než se senzor zahřeje a začne snímat skutečné věrohodné hodnoty. Senzor je poté následně nutno v tříhodinových intervalech (nebo individuálně stanovených, podle stavu kůže novorozence) přesouvat na jiná místa na kůži z důvodů prevence vzniku popálenin v místě umístění senzoru. V takovém případě se na kůži novorozence umístí druhý fixační kroužek a umístění senzoru je následně střídáno mezi oběma fixačními kroužky. Kůži a senzor je vždy třeba očistit FR a osušit pro lepší setrvačnost fixačních kroužků na místě. Místa aplikace jsou v souladu s návodem k použití k přístroji TCM5 FLEX a shodují se s doporučenými místy aplikace zmiňovanými v kapitole – Transkutánní měření  $\text{CO}_2$ , v současném stavu diplomové práce. Přesun, případně kalibrace a zápis hodnot z monitoru do ručně psané dokumentace pacienta pak zdravotní sestře zabere průměrně 3 minuty. V případě komplikací a výskytu patologických hodnot  $\text{tcpCO}_2$  je ihned přivolán lékař a následují okamžité léčebné úkony za účelem zlepšení klinického stavu novorozence.



Obrázek 5: Procesní diagram kontinuálního transkutánního měření tcpCO<sub>2</sub> v ÚPMD

## 5.2 Nákladová analýza

Nákladová analýza si kladla za cíl stanovení nákladů na obě zkoumané metody měření krevních plynů se vztahem k CO<sub>2</sub>. Využita byla ke stanovení nákladů metoda microcostingu. Na základě procesní analýzy průběhu jednotlivých metod byly identifikovány jednotlivé položky vstupující do procesu měření. Dále byla zjištěna data o nákladovosti položek procesu měření pro potřebu výpočtu kalkulace nákladů na obě metody.

### 5.2.1 Sběr dat a kalkulace nákladů pomocí microcostingu

Nákladové analýzy transkutánního měření krevních plynů a invazivní metody odběru krve na vyšetření krevních plynů dle Astrupa byly v diplomové práci provedeny na základě zjištěných dat ve zdravotnickém zařízení ÚPMD, který je příspěvkovou organizací zřizovanou MZd ČR.

Na základě kroků v průběhu analýzy krevního vzorku, a tedy invazivního měření krevních plynů a kroků během neinvazivního transkutánního měření krevních plynů, byly zjištěny a stanoveny jednotlivé nákladové položky. Nákladová data byla zjišťována především na základě rozhovorů s odbornými pracovníky pediatrie části ÚPMD, převážně z oddělení neonatologického RES a JIP. Mzdové náklady byly zjištěny podle statistických průměrů publikovaných Informačním systémem o průměrných výdělcích (ISPV). Další potřebná data k vypracování analýzy byla zjišťována z výročních zpráv, interních statistických dokumentů a z dokumentace pacientů v ÚPMD.

Náklady byly rozděleny dle druhu na přímé a nepřímé. Za přímé náklady lze v souvislosti s měřením považovat přístrojové náklady, osobní náklady a náklady na spotřební materiál, nepřímé náklady odpovídají režijním nákladům. V případě invazivního monitorování krevních plynů byly stanoveny náklady přímé i nepřímé na jeden krevní odběr. U transkutánního měření byla cena stanovena na prvních 3 – 5 dní života novorozence, během kterých paralelně také sledován počet provedených vyšetření dle Astrupa. Cílovou skupinou jsou novorozenci s extrémně nízkou porodní váhou narození do 27. týdne těhotenství v ÚPMD.

Náklady byly počítány z perspektivy poskytovatele zdravotní péče. ÚPMD je registrovaným plátcem daně z přidané hodnoty, proto bylo nutné od zjištěných částek ještě před kalkulací odečíst výši DPH.

Přístrojové náklady jsou v analýze tvořeny odpisy z pořizovací ceny přístrojů a náklady na bezpečnostně technickou kontrolu přístrojů (BTK) za rok. Odpisy byly vypočítávány jako rovnoměrné ze zjištěné pořizovací ceny. Dle výše odpisů, doby životnosti přístroje, vytíženosti přístroje a spotřebního materiálu byly vypočítány náklady na 1 vyšetření u analyzátoru krevních plynů Radiometr ABL 900 FLEX a u přístroje pro transkutánní měření  $\text{tcpCO}_2$  TCM FLEX na 1 – 5 dní v provozu.

Osobní náklady byly vykalkulovány pomocí vyčíslení platového ohodnocení pracovníků, kteří se na procesu měření krevních plynů řešeného invazivní i neinvazivní metodou podílejí. Tato data byla zjištěna z údajů o průměrném měsíčním hrubém platu zdravotní sestry a zdravotního laboranta uvedených v ISPV. Dále byly při kalkulaci využity údaje o průměrném počtu odpracovaných hodin za měsíc zdravotnického pracovníka dle svého zařazení. K výsledné částce hrubé měsíční mzdy bylo potřeba ještě připočítat zaměstnavatelem odváděné zdravotní a sociální pojištění (ZP a SP). Celková procentuální sazba odvodů je dle zákona stanovena na 34 % (ZP 9 %, SP 25 %).

Zjištěné ceny spotřebního materiálu odpovídaly aktuálním tržním cenám, tudíž nebyly ovlivněny případnými množstevními slevami, které mohou výrobci nebo prodejci při dobrých obchodních vztazích zdravotnickým zařízením poskytovat.

Poslední nákladovou položkou, kterou je potřeba zahrnout do výsledné kalkulace jsou nepřímé náklady ve formě režijních nákladů. Do režijních nákladů zahrnujeme energie, náklady na řízení a správu zdravotnického zařízení, administrativu, odpisy z budov zdravotnického zařízení, údržbu budov, úklid a další. Tyto náklady nelze přímo jednotlivým výkonům přiřadit, jejich výše se odhaduje. Pro potřeby diplomové práce byla uvažována výše režijních nákladů v hodnotě 20 % z celkových nákladů.

### **5.2.2 Metoda opakovaných odběrů na vyšetření dle Astrupa**

Do výpočtu kalkulace metody opakovaných odběrů na vyšetření dle Astrupa a stanovení ceny jednoho odběru touto metodou, vstupovaly přístrojové náklady, osobní náklady, náklady na spotřební materiál potřebný k provedení samotného odběru a režijní náklady. Získaná data jsou zpracována v následujících kapitolách a tabulkách.

## Přístrojové náklady

Náklady se týkají konkrétního přístroje využívaného přímo na oddělení neonatologické RES a JIP v ÚPMD. Jedná se o analyzátor krevních plynů ABL90 FLEX od Dánské firmy Radiometer. Přístroj obsluhuje přímo zdravotní sestra na oddělení a o jeho technický stav, včetně výměny spotřebního materiálu a provádění kalibračních zkoušek, které jsou potřebné ke správnému změření hodnot, se během dne stará zdravotní laborant z biochemické laboratoře ÚPMD. Vytíženost analyzátoru je nárazová. V průměru se jedná o 4 odběry denně, plus spotřeba materiálu při kalibrační zkoušce, která se provádí minimálně jednou denně. Předpokládaná doba životnosti analyzátoru krevních plynů ABL90 FLEX je 8 let. BTK se u přístroje provádí jednou za 12 měsíců, provádí ji technik přímo od výrobce přístroje a roční náklady představují částku v hodnotě 6 500 Kč. Potřebná data k vyčíslení nákladů jsou uvedena v tabulce číslo 4.

Tabulka 4: Přístrojové náklady analyzátoru krevních plynů ABL90 FLEX

<i><b>Nákladová položka</b></i>	<i><b>Hodnota</b></i>
<i><b>Přístrojové údaje</b></i>	
<i>Pořizovací cena (bez DPH)</i>	<i>823 000,00 Kč</i>
<i>Náklady na BTK (za rok)</i>	<i>6 500 Kč</i>
<i>Životnost přístroje</i>	<i>8 let</i>
<i><b>Spotřební materiál</b></i>	
<i>Kazety (900 použití)</i>	<i>15 000,00 Kč</i>
<i>Sítka (250ks/bal.)</i>	<i>4 297,92 Kč</i>
<i>Čistící roztok (na 30 dní)</i>	<i>2 900,00 Kč</i>
<i>Komponenty pro tisk</i>	<i>472,30 Kč</i>

## Osobní náklady

Osobní náklady byly kalkulovány ve všech fázích procesu spjatých s odběrem krevního vzorku. Personální náklady bylo nutné kalkulovat podle doby trvání jednotlivých výkonů, které byly stanoveny na základě předchozí procesní analýzy. Bylo třeba zohlednit i rozdílné ohodnocení zdravotnických pracovníků. Na základě ISPV, kde lze nalézt výše průměrných platů zdravotnických pracovníků, byly stanoveny osobní náklady na hrubý plat zdravotní sestry, která provádí samotný odběr vzorku krve a stará se i o jeho transport a vyhodnocení analyzátozem, na částku 39 958 Kč a průměrný počet odpracovaných hodin v měsíci na hodnotu 172,0 hodin.

Při perspektivě poskytovatele zdravotních služeb je třeba k nákladům na hrubý plat zdravotní sestry započítat ještě odvod sociálního a zdravotního pojištění, které zaměstnavatel odvádí za své zaměstnance státu. Navýšením hrubého platu o položku SP a ZP vzniká tzv. superhrubá mzda, která představuje pro poskytovatele zdravotní péče skutečné osobní náklady. Pro zdravotní sestru činí superhrubá mzda částku průměrně 53 543,72 Kč. Doba trvání odběru včetně přípravy spotřebního materiálu a pacienta k provedení celého procesu byla průměrně změřena na 5 – 15 minut dle náročnosti odběru. V průměru tedy trval celý proces 10 minut. Obdobným způsobem byly stanoveny osobní náklady na plat zdravotního laboranta, který nejen provádí každodenní údržbu a kalibrační zkoušky analyzátoru, ale po každém provedení vyhodnocení vzorku krve analyzátozem, provádí zpracování výsledků a příslušné žádanky k odběru pro účely nemocničního informačního systému (NIS) v rámci elektronického zpracování dokumentace pacienta, kde se promítají právě i jednotlivé výsledky všech biochemických vyšetření při hospitalizaci pacienta na oddělení. Celý proces přijetí žádanky a zpracování výsledků v podobě zadání do počítače a tedy do NIS trvá laborantovi přibližně 5 minut. Hrubý plat zdravotního laboranta podle ISPV činí částka 35 926 Kč a průměrná odpracovaná doba v měsíci je 180,6 hodin. Superhrubá mzda pak představuje částku 48 140,84 Kč. Osobní náklady jsou přehledně uvedeny v tabulce číslo 5.

Tabulka 5: Osobní náklady pro odběr na vyšetření dle Astrupa

<i><b>Nákladová položka</b></i>	<i><b>Hodnota</b></i>
<i><b>Superhrubá mzda</b></i>	
<i>Zdravotní sestra</i>	<i>53 543,72 Kč</i>
<i>Zdravotní laborant</i>	<i>48 140,84 Kč</i>
<i><b>Doba výkonů</b></i>	
<i>Provedení odběru vč. přípravy (průměr)</i>	<i>10 minut</i>
<i>Transport vzorku a obsluha analyzátoru</i>	<i>do 2 minut</i>
<i>Zpracování vzorku analyzátozem</i>	<i>do 1 minuty</i>
<i>Zpracování výsledků zdr. laborantem</i>	<i>5 minut</i>



## Spotřební materiál

K samotnému procesu metody odběru krve na vyšetření dle Astrupa je potřeba spotřební materiál, který se liší dle druhu odběru. Odběr je možné provést prostřednictvím zavedeného UAK nebo PAK. Pokud nemá pacient zavedený tento invazivní vstup, je potřeba odběr provést z venózního nebo kapilárního řečiště. Každé z těchto možných provedení odběru vyžaduje z části specifický spotřební materiál. Ceny spotřebního materiálu jsou uvedeny v tržních cenách a nevztahuje se na ně množstevní sleva, která je často poskytovatelům zdravotních služeb od výrobců nebo distributorů zdravotnického materiálu či zdravotnických prostředků poskytována. Konkrétní spotřební materiál k provedení odběru z UAC je uveden společně s cenami a počtem kusů v jednotlivých baleních daného materiálu v tabulce číslo 6.

Tabulka 6: Spotřební materiál pro odběr z UAC/PAK

<i>Materiál</i>	<i>Počet ks/ odběr</i>	<i>Cena/ balení</i>	<i>Počet ks/ balení</i>	<i>Cena/ ks</i>
<i>Sterilní rukavice</i>	<i>1 pár</i>	<i>308,50 Kč</i>	<i>50</i>	<i>6,17 Kč</i>
<i>Stříkačka 2 ml</i>	<i>2 ks</i>	<i>48,00 Kč</i>	<i>100</i>	<i>0,48 Kč</i>
<i>Stříkačka 1ml</i>	<i>1 ks</i>	<i>182,00 Kč</i>	<i>100</i>	<i>1,82 Kč</i>
<i>Sterilní FR</i>	<i>1 ampule</i>	<i>63,67 Kč</i>	<i>20</i>	<i>3,18 Kč</i>
<i>Preheparinizovaná kapilára +želízko</i>	<i>1 ks</i>	<i>3 321,46 Kč</i>	<i>100</i>	<i>33,21 Kč</i>
<i>Vyšetřovací rukavice nesterilní</i>	<i>1 pár</i>	<i>82,33 Kč</i>	<i>150</i>	<i>0,55 Kč</i>
<i>Sterilní čtverec velký</i>	<i>1 ks</i>	<i>67,28 Kč</i>	<i>50</i>	<i>1,35 Kč</i>
<i>Dezinfekce Octenisept</i>	<i>cca 2,5 ml</i>	<i>306,45 Kč</i>	<i>250</i>	<i>30,65 Kč</i>
<i>Emitní miska</i>	<i>1 ks</i>	<i>519,00 Kč</i>	<i>300</i>	<i>1,73 Kč</i>
<i>Žádanka</i>	<i>1 ks</i>	<i>278,19 Kč</i>	<i>500</i>	<i>0,30 Kč</i>

K odběru z venózního řečiště je potřeba o několik kusů spotřebního materiálu méně, specifická je však potřeba kanyly a speciální náplasti k následné fixaci kanyly (Tegaderm), která po odběru zůstává zavedená pro případ potřeby léčby pacienta při patologických hodnotách krevních parametrů včetně krevních plynů. Konkrétní spotřební materiál a jeho ceny jsou uvedeny v tabulce číslo 7.

Tabulka 7: Spotřební materiál k odběru pomocí PŽK

<i>Materiál</i>	<i>Počet ks/ odběru</i>	<i>Cena/balení</i>	<i>Počet ks/ balení</i>	<i>Cena/ ks</i>
<i>Sterilní rukavice</i>	<i>1 pár</i>	<i>308,50 Kč</i>	<i>50</i>	<i>6,17 Kč</i>
<i>Kanyla 24 G žlutá</i>	<i>1 ks</i>	<i>817,00 Kč</i>	<i>50</i>	<i>16,34 Kč</i>
<i>Sterilní čtverec malý</i>	<i>1 ks</i>	<i>32,78 Kč</i>	<i>50</i>	<i>0,66 Kč</i>
<i>Tegaderm</i>	<i>1 ks</i>	<i>1 987,20 Kč</i>	<i>100</i>	<i>19,87 Kč</i>
<i>Dezinfekce Cutasept</i>	<i>cca 2 ml</i>	<i>137,30 Kč</i>	<i>250 ml</i>	<i>1,10 Kč</i>
<i>Stříkačka 2 ml</i>	<i>1 ks</i>	<i>48,00 Kč</i>	<i>100</i>	<i>0,48 Kč</i>
<i>Stříkačka 1 ml</i>	<i>1 ks</i>	<i>182,00 Kč</i>	<i>100</i>	<i>1,82 Kč</i>
<i>Sterilní FR</i>	<i>1 ampule</i>	<i>63,67 Kč</i>	<i>20</i>	<i>3,18 Kč</i>
<i>Jehla žlutá 20 G</i>	<i>1 ks</i>	<i>27,00 Kč</i>	<i>100</i>	<i>0,27 Kč</i>
<i>Safe Flow (zátká)</i>	<i>1 ks</i>	<i>665,50 Kč</i>	<i>50</i>	<i>13,31 Kč</i>
<i>Preheparinizovaná kapilára + želízko</i>	<i>1 ks</i>	<i>3 321,46 Kč</i>	<i>100</i>	<i>33,21 Kč</i>
<i>Vyšetřovací rukavice nesterilní</i>	<i>1 pár</i>	<i>82,33 Kč</i>	<i>150</i>	<i>0,55 Kč</i>
<i>Emitní miska</i>	<i>1 ks</i>	<i>519,00 Kč</i>	<i>300</i>	<i>1,73 Kč</i>
<i>Žádanka</i>	<i>1 ks</i>	<i>278,19 Kč</i>	<i>500</i>	<i>0,30 Kč</i>

Vůbec nejméně spotřebního materiálu je potřeba k odběru z kapilárního řečiště, který se provádí vpichem do paty novorozence. Tento druh odběru je u extrémně nezralých novorozenců v porovnání s předchozími dvěma druhy odběru méně prováděný. Konkrétní spotřební materiál a jeho ceny jsou uvedeny v tabulce číslo 8.

Tabulka 8: Spotřební materiál k odběru z kapilárního řečiště

<i>Materiál</i>	<i>Počet ks/odběru</i>	<i>Cena/balení</i>	<i>Počet ks/balení</i>	<i>Cena/kus</i>
<i>Sterilní rukavice</i>	<i>1 pár</i>	<i>308,50 Kč</i>	<i>50</i>	<i>6,17 Kč</i>
<i>Kopíčko</i>	<i>2 ks</i>	<i>298,85 Kč</i>	<i>100</i>	<i>2,99 Kč</i>
<i>Sterilní čtverec malý</i>	<i>3ks</i>	<i>32,78 Kč</i>	<i>50</i>	<i>0,66 Kč</i>
<i>Nesterilní čtverec velký</i>	<i>1 ks</i>	<i>38,64 Kč</i>	<i>100</i>	<i>0,38 Kč</i>
<i>Dezinfekce Cutasept</i>	<i>cca 2 ml</i>	<i>137,30 Kč</i>	<i>250 ml</i>	<i>1,10 Kč</i>
<i>Preheparinizovaná kapilára + želízko</i>	<i>1 ks</i>	<i>3 321,46 Kč</i>	<i>100</i>	<i>33,21 Kč</i>
<i>Vyšetřovací rukavice nesterilní</i>	<i>1 pár</i>	<i>82,33 Kč</i>	<i>150</i>	<i>0,55 Kč</i>
<i>Emitní miska</i>	<i>1 ks</i>	<i>519,00 Kč</i>	<i>300</i>	<i>1,73 Kč</i>
<i>Žádanka</i>	<i>1 ks</i>	<i>278,19 Kč</i>	<i>500</i>	<i>0,30 Kč</i>

## **Kalkulace celkových nákladů na metodu opakovaných odběrů**

Přístrojové a osobní náklady a náklady na spotřební materiál byly rozpočteny na jeden odběr krevního vzorku určený k vyšetření dle Astrupa. Náklady jsou uvedeny dle jednotlivých kalkulačních položek podrobněji vysvětlených v předchozích kapitolách. Vůbec největší část nákladů tvoří přístrojové náklady, protože analyzátor krevních plynů slouží pouze pro oddělení neonatologické RES a JIP a jeho vytížení na rozdíl od analyzátoru krevních plynů v biochemické laboratoři pro celý ÚPMD nelze srovnávat. Ročně se na analyzátoru provede v průměru kolem 1 600 vyšetření ABR. Náklady na spotřební materiál, které se odvíjejí od počtu provedených vyšetření, by byly srovnatelné, avšak náklady na odpisy či BTK jsou přímou úměrou vyšší, než kdyby byl analyzátor více využíván. Spotřební materiál zaujímá pomyslné druhé místo v nákladovosti, celkově byl na jeden odběr z UAC nebo PAK na vyšetření vyčíslen na částku 79,92 Kč. Osobní náklady zahrnující poměrovou část platu zdravotní sestry a zdravotního laboranta vztažené k času výkonů byly stanoveny na celkovou částku 72,09 Kč. Poslední složku nákladů tvoří nepřímé náklady v podobě režie, která byla spočtena jako 20% část z ceny přímých nákladů. Celkové náklady na jeden odběr krevního vzorku z UAC nebo PAK na vyšetření dle Astrupa byly vykalkulovány na částku 323,12 Kč. Konkrétní položky nákladů a jejich poměrová vypočtená cena jsou uvedeny v tabulce číslo 9.

Tabulka 9: Kalkulace celkových nákladů odběru z UAC/PAK

<i><b>Druh nákladů</b></i>	<i><b>Náklady/odběr v Kč</b></i>
<i><b>Přímé náklady</b></i>	
<i>Přístrojové náklady</i>	
<i>Odpisy</i>	<i>57,15 Kč</i>
<i>BTK/rok</i>	<i>3,61 Kč</i>
<i>Spotřební materiál</i>	<i>54,50 Kč</i>
<i>Osobní náklady</i>	
<i>Zdravotní sestra</i>	<i>51,88 Kč</i>
<i>Zdravotní laborant</i>	<i>22,21 Kč</i>
<i>Spotřební materiál</i>	<i>79,92 Kč</i>
<i><b>Nepřímé náklady</b></i>	
<i>Režijní náklady</i>	<i>53,85 Kč</i>
<i><b>Celkem</b></i>	<i><b>323,12 Kč</b></i>

Při odběru z venózního řečiště pomocí PŽK zůstávají přístrojové a osobní náklady stejné jako u předchozího odběru z UAC/PAK. Rozdíl je v ceně spotřebního materiálu, který je potřebný k provedení samotného výkonu odběru. Ten byl vyčíslen na částku 100,57 Kč. Režijní náklady byly vyčísleny na částku 57,98 Kč. Konkrétní vypočtené hodnoty nákladů jsou uvedeny v tabulce číslo 10.

Tabulka 10: Kalkulace celkových nákladů odběru pomocí PŽK

<i><b>Druh nákladů</b></i>	<i><b>Náklady/odběr v Kč</b></i>
<i><b>Přímé náklady</b></i>	
<i>Přístrojové náklady</i>	
<i>Odpisy</i>	<i>57,15 Kč</i>
<i>BTK/rok</i>	<i>3,61 Kč</i>
<i>Spotřební materiál</i>	<i>54,50 Kč</i>
<i>Osobní náklady</i>	
<i>Zdravotní sestra</i>	<i>51,88 Kč</i>
<i>Zdravotní laborant</i>	<i>22,21 Kč</i>
<i>Spotřební materiál</i>	<i>100,57 Kč</i>
<i><b>Nepřímé náklady</b></i>	
<i>Režijní náklady</i>	<i>57,98 Kč</i>
<i><b>Celkem</b></i>	<i><b>347,90 Kč</b></i>

Přístrojové a osobní náklady mají opět stejnou hodnotu jako v předchozích kalkulacích i u metody kapilárního odběru. Položkami s jinou hodnotou jsou spotřební materiál k odběru v celkové hodnotě 52,53 Kč a režijní náklady v hodnotě 48,38 Kč. Sumárně byl kapilární odběr na vyšetření dle Astrupa vyčíslen na částku 290,25 Kč. Konkrétní náklady na kapilární odběr jsou uvedeny v tabulce číslo 11.

Tabulka 11: Kalkulace celkových nákladů odběru z kapilárního řečiště

<i><b>Druh nákladů</b></i>	<i><b>Náklady/odběr v Kč</b></i>
<i><b>Přímé náklady</b></i>	
<i>Přístrojové náklady</i>	
<i>Odpisy</i>	<i>57,15 Kč</i>
<i>BTK/rok</i>	<i>3,61 Kč</i>
<i>Spotřební materiál</i>	<i>54,50 Kč</i>
<i>Osobní náklady</i>	
<i>Zdravotní sestra</i>	<i>51,88 Kč</i>
<i>Zdravotní laborant</i>	<i>22,21 Kč</i>
<i>Spotřební materiál</i>	<i>52,53 Kč</i>
<i><b>Nepřímé náklady</b></i>	
<i>Režijní náklady</i>	<i>48,38 Kč</i>
<i><b>Celkem</b></i>	<i><b>290,25 Kč</b></i>

V průběhu šesti měsíců bylo sledováno provádění opakovaných odběrů dle Astrupa u 23 extrémně nezralých novorozenců do 27. týdne gestace s porodní váhou od 590 g do 1090 g. Počty provedení vyšetření se pohybovaly během prvních pěti dní života novorozenců, které byly předmětem sledování, od počtu 4 – 25 opakovaných odběrů. Odběry probíhaly prostřednictvím všech tří možných metod odběru. Nejčastěji však prostřednictvím UAC nebo PAK. Druhy odběrů jsou v kalkulaci zohledněny. Celková cena byla podle kalkulace nákladů za prvních 5 dní života novorozence nejvýše 8 077,93 Kč, což představuje 25 odběrů k vyšetření. Nejméně byly provedeny 4 odběry v celkové hodnotě nákladů 1 566,56 Kč. Celkově u všech sledovaných novorozenců bylo provedeno 238 odběrů v celkové částce 89 900,66 Kč. Získaná data o počtu provádění opakovaných odběrů u pozorovaných novorozenců jsou uvedena v tabulce číslo 12 společně s vypočtenou celkovou cenou za všechny provedené odběry v prvních pěti dnech života novorozenců, které byly předmětem sledování pro nákladovou analýzu.

Tabulka 12: Sledování novorozenci v ÚPMD a cena všech provedených odběrů

<i>Pořadí novorozence</i>	<i>Počet odběrů k vyšetření</i>	<i>Cena</i>
1.	25	8 077,93 Kč
2.	12	3 877,41 Kč
3.	8	2 437,31 Kč
4.	6	1 914,46 Kč
5.	12	3 877,41 Kč
6.	4	1 566,56 Kč
7.	6	1 914,46 Kč
8.	7	2 204,71 Kč
9.	16	5 169,88 Kč
10.	9	2 842,86 Kč
11.	6	1 914,46 Kč
12.	5	1 681,86 Kč
13.	15	4 846,76 Kč
14.	6	1 938,70 Kč
15.	13	4 200,52 Kč
16.	11	3 554,29 Kč
17.	11	3 554,29 Kč
18.	19	6 139,23 Kč
19.	7	2 262,36 Kč
20.	8	2 552,61 Kč
21.	12	3 877,41 Kč
22.	14	4 523,64 Kč
23.	5	1 615,59 Kč
<b><i>Celkem</i></b>		<b>89 900,66 Kč</b>

### 5.2.3 Metoda neinvazivního transkutánního monitorování

Data pro kalkulaci nákladů na neinvazivní metodu kontinuálního transkutánního měření byla opět získána stejným způsobem jako data pro kalkulaci nákladů invazivní metody. Navíc byla získána data o cenách spotřebního materiálu k transkutánnímu monitoru za pomoci odborných pracovníků firmy Radiometer. Do výpočtu kalkulace transkutánního měření v rozmezí 1 – 5 dní vstupovaly přístrojové náklady, osobní náklady, náklady na spotřební materiál potřebný k měření a režijní náklady.

#### Přístrojové náklady

Ke kontinuálnímu měření CO<sub>2</sub>, přesněji tpcCO<sub>2</sub>, mělo ÚPMD zapůjčený přístroj TCM5 PLEX od dánské firmy Radiometer, o jehož koupi ÚPMD uvažovalo. Získaná data se tedy vztahují právě na tento přístroj. Pořizovací cena přístroje se může lišit dle cen konkurence a zahrnuje cenu za samotný monitor včetně senzoru S84. Pro ÚPMD byla cena přístroje stanovena na částku 274 000 Kč. Částka představující odpisy byla vypočtena na základě předpokládané doby životnosti, a to na dobu 10 let. Náklady na bezpečnostně technickou kontrolu za rok činí 6 000 Kč a provádí jí technik přímo od výrobce. Potřebná data k vyčíslení nákladů jsou uvedena v tabulce číslo 13.

Tabulka 13: Přístrojové náklady pro transkutánní monitor TCM5 FLEX

<i><b>Nákladová položka</b></i>	<i><b>Hodnota</b></i>
<i><b>Přístrojové údaje</b></i>	
<i>Pořizovací cena (bez DPH)</i>	<i>274 000 Kč</i>
<i>Životnost přístroje</i>	<i>10 let</i>
<i>Náklady na BTK/rok</i>	<i>6 000,00 Kč</i>
<i><b>Spotřební materiál</b></i>	
<i>Plyn kalibrační GAS 1</i>	<i>1 705,00 Kč</i>
<i>Sada fixačních kroužků včetně kontaktní tekutiny (60ks)</i>	<i>7 307,35 Kč</i>
<i>Sada membrán pro senzor včetně elektrolytu (12 ks)</i>	<i>20 926,50 Kč</i>

## Osobní náklady

Do osobních nákladů byl zahrnut hrubý plat zdravotní sestry, která s přístrojem manipuluje. Průměrný hrubý plat zdravotní sestry byl zjištěn z údajů ISPV, kde byla uvedena částka 39 958 Kč. Superhrubá mzda zdravotní sestry byla vypočtena jako hrubý plat i se zákonnými odvody sociálního a zdravotního pojištění zaměstnavatele za jednoho zaměstnance na částku 53 543,72 Kč. Průměrný počet odpracovaných hodin zdravotní sestry v ÚPMD činí za jeden měsíc 172,0 hodin.

Celý proces přípravy přístroje k měření trvá zhruba 5 minut. Dále je započítána doba potřebná na přemístění senzoru po třech hodinách na těle pacienta a doba potřebná k zapsání hodnot do dokumentace každé tři hodiny. Osobní náklady jsou vyčísleny i s přibližnou dobou výkonů za jeden celý den kontinuálního měření v tabulce číslo 14.

Tabulka 14: Osobní náklady na transkutánní měření tcpCO<sub>2</sub> za 1 den

<i>Nákladová položka</i>	<i>Hodnota</i>
<b><i>Superhrubá mzda</i></b>	
<i>Zdravotní sestra</i>	53 543,72 Kč
<b><i>Doba výkonů</i></b>	
<i>Příprava přístroje</i>	5 minut
<i>Přemístění senzoru a případná kalibrace</i>	16 minut
<i>Zápis do dokumentace</i>	6 minut



## Spotřební materiál

K samotnému procesu metody neinvazivního kontinuálního měření je kromě přístrojového spotřebního materiálu dále potřeba jen dalších dvou materiálových položek, které jsou určeny k přemístění senzoru na kůži každé tři hodiny. Konkrétní druh spotřebního materiálu a počty kusů materiálu potřebného k přemístování senzoru po celý den, tedy celkem na 8 přemístění (použití), jsou uvedeny i s cenami v tabulce číslo 15.

Tabulka 15: Spotřební materiál k transkutánnímu měření na 1 den

<i>Materiál</i>	<i>Počet ks/odběru</i>	<i>Cena/balení</i>	<i>Počet ks/balení</i>	<i>Cena/kus</i>
<i>Sterilní FR</i>	<i>2 ampule</i>	<i>63,67 Kč</i>	<i>20</i>	<i>6,36 Kč</i>
<i>Sterilní čtverec malý</i>	<i>8 ks</i>	<i>32,78 Kč</i>	<i>50</i>	<i>1,76 Kč</i>

## Kalkulace celkových nákladů na metodu transkutánního měření

Přístrojové a osobní náklady a náklady na spotřební materiál byly rozpočteny na 1 den a následně na 3 a 5 dní, aby byly náklady srovnatelné se sledovaným obdobím krevních odběrů. Náklady jsou uvedeny dle jednotlivých kalkulačních položek podrobněji zkoumaných v předchozích kapitolách.

Celkově byly vyčísleny náklady na 1. den měření, které tvoří největší část vzhledem k tomu, že zahrnují položky, které do kontinuálního měření vstupují na počátku, a pak se již používají po celou dobu měření jednoho pacienta. V tabulce číslo 16 jsou dále náklady na 3 dny a 5 dní kontinuálního měření.

Největší část nákladů tvoří náklady na spotřební materiál a personální náklady na rozdíl od analyzátoru, kde nejvíce finančně náročnou část tvoří přístrojové náklady. Přístrojové náklady jsou uvažovány, pokud by se přístroj využíval ze 75 % vzhledem k ročním nákladům. Režijní náklady opět jako u metody opakovaných odběrů byly považovány v celkové výši 20 % z celkových nákladů.

Tabulka 16: Kalkulace celkových průměrných nákladů na transkutánní měření

<b>Druh nákladů</b>	<b>Náklady/1. den měření</b>	<b>Náklady/ 3 dny měření</b>	<b>Náklady/ 5 dní měření</b>
<b>Přímé náklady</b>			
Přístrojové náklady			
Odpisy	75,07 Kč	225,21 Kč	375,34 Kč
BTK/rok	16,44 Kč	49,32 Kč	82,19 Kč
Spotřební materiál	665,04 Kč	794,95 Kč	1068,45
<b>Osobní náklady</b>			
Zdravotní sestra	98,58 Kč	264,61 Kč	430,63 Kč
<b>Spotřební materiál</b>	8,12 Kč	24,36 Kč	40,60 Kč
<b>Nepřímé náklady</b>			
Režijní náklady	176,40 Kč	282,95 Kč	418,21 Kč
<b>Celkem</b>	<b>923,29 Kč</b>	<b>1517,52 Kč</b>	<b>2396,66 Kč</b>

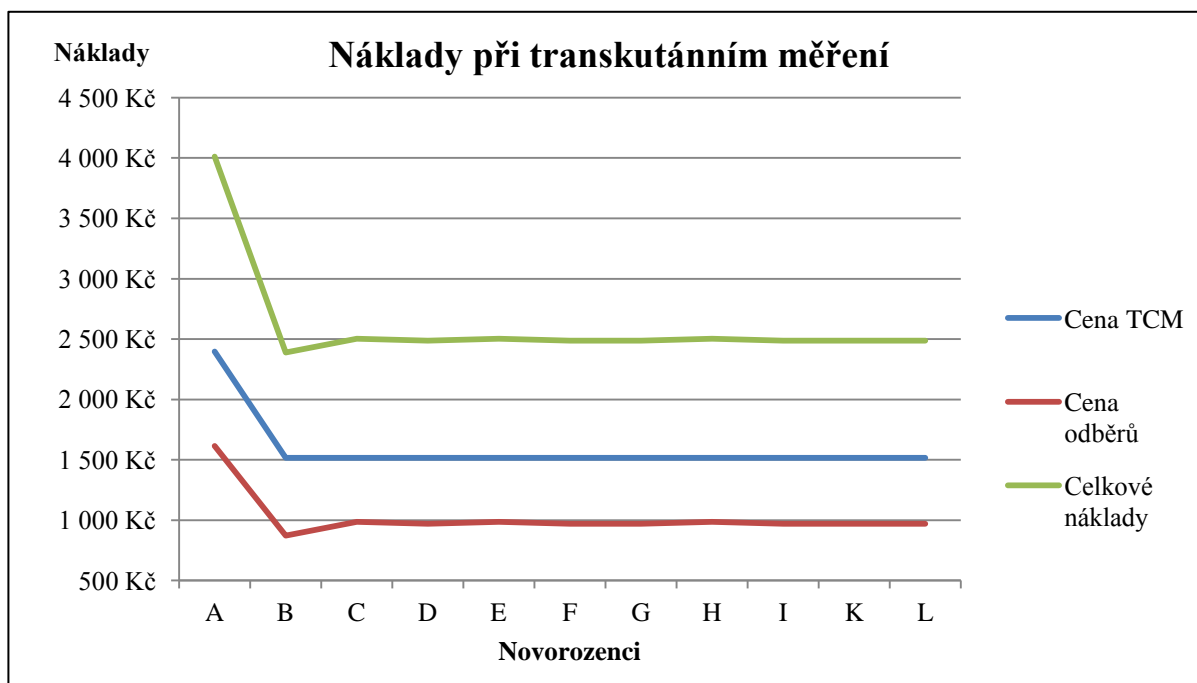
Ve stejném období byli v ÚPMD sledováni i novorozenci, u nichž probíhalo transkutánní měření. Měření probíhalo většinou po 3 dny, v jednom případě 5 dní. Celkem bylo sledováno 11 novorozenců, u nichž byl sledovaný nejen počet dní měření, ale i množství spotřebovaného materiálu a naměřené hodnoty transkutánním monitorem i naměřené invazivní metodou. Jednou denně probíhal odběr na vyšetření dle Astrupa k posouzení korelace naměřených hodnot mezi oběma metodami, tudíž k posouzení přesnosti transkutánní metody. Naměřené hodnoty byly dále využity v práci k výpočtu korelační analýzy.

Náklady na transkutánní měření byly buď 1 517,52 Kč, nebo 2 396,66 Kč, dle počtu dní měření. Navíc nebyl spotřebován žádný materiál, se kterým by se nepočítalo v kalkulaci na vyčíslení nákladů na 1 – 5 dní měření (tabulka č. 16). Do kalkulace byly pro porovnání zahrnuty i referenční odběry, odběry z UAC/PAK nebo kapilární odběry. Celkově navyšovaly odběry náklady na měření o 38 % u 3 dní měření a o 40 % u 5 dní měření. Celkové náklady za všechna měření byly 28 638,84 Kč, z nichž opět 38 % bylo tvořeno náklady na odběry, konkrétně částka 11 111,98 Kč. Částka samotné transkutánní metody byla celkem vypočítána na částku 17 571,86 Kč. Všechny vypočítané částky na konkrétního novorozence a počet dní jsou uvedeny v tabulce číslo 17.

Tabulka 17: Kalkulace nákladů na transkutánní měření

<i>Novorozenec</i>	<i>Počet dní měření</i>	<i>Cena TCM</i>	<i>Počet odběrů</i>	<i>Cena odběrů</i>	<i>Celkové náklady</i>
A	5	2 396,66 Kč	5	1 615,60 Kč	4 012,26 Kč
B	3	1 517,52 Kč	3	870,75 Kč	2 388,27 Kč
C	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
D	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
E	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
F	3	1 517,52 Kč	3	870,75 Kč	2 388,27 Kč
G	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
H	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
I	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
K	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
L	3	1 517,52 Kč	3	969,36 Kč	2 486,88 Kč
<b>Celkem</b>	<b>35</b>	<b>17 571,86 Kč</b>	<b>35</b>	<b>11 111,98 Kč</b>	<b>28 683,84 Kč</b>

Data z tabulky č. 17 byla zanesena do spojnicového grafu (graf č. 1), kde je dobře demonstrována konstantnost nákladů na transkutánní měření. Náklady na odběry se mírně liší, ale jinak jsou v tomto případě, kdy byl prováděn pouze jeden odběr denně, také předvídatelné v závislosti na metodě odběru.



Graf 1: Náklady při transkutánním měření tcpCO<sub>2</sub>

## 5.2.4 Komparace nákladů invazivní a neinvazivní metody

Na základě předchozích provedených kalkulací nákladů byly vyčísleny přibližné průměrné náklady na metodu invazivního (pCO<sub>2</sub>) i neinvazivního měření (tcpCO<sub>2</sub>). Náklady na odběry jsou konkrétně napočteny na provedený počet odběrů, aby byly zřetelné případné finanční rozdíly při použití transkutánní metody místo invazivní metody. Náklady na neinvazivní metodu byly vypočteny na 5 dní měření na částku 2 396,66 Kč, která je konstantní. Lišit se může jen v počtu spotřeby fixačních kroužků, což může tvořit rozdíl z částky plus mínus 100 Kč. Vypočtená data jsou uvedena v tabulce číslo 18.

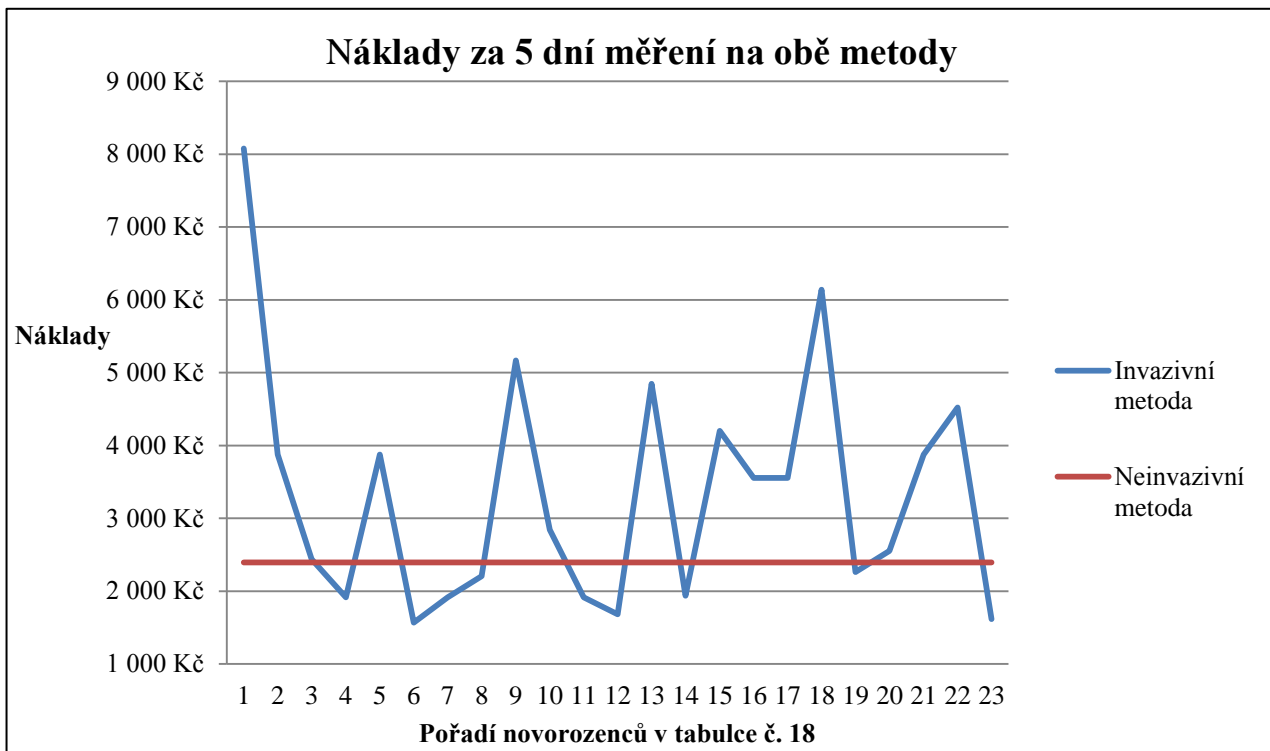
Tabulka 18: Komparace nákladů na obě metody

<i>Pořadí</i>	<i>Počet odběrů</i>	<i>Náklady na invazivní metodu v Kč</i>	<i>Náklady na neinvazivní metodu v Kč</i>	<i>Rozdíl</i>
1	25	8 078 Kč	2 397 Kč	5 681 Kč
2	12	3 877 Kč	2 397 Kč	1 481 Kč
3	8	2 437 Kč	2 397 Kč	41 Kč
4	6	1 914 Kč	2 397 Kč	-482 Kč
5	12	3 877 Kč	2 397 Kč	1 481 Kč
6	5	1 567 Kč	2 397 Kč	-830 Kč
7	6	1 914 Kč	2 397 Kč	-482 Kč
8	7	2 205 Kč	2 397 Kč	-192 Kč
9	16	5 170 Kč	2 397 Kč	2 773 Kč
10	9	2 843 Kč	2 397 Kč	446 Kč
11	6	1 914 Kč	2 397 Kč	-482 Kč
12	5	1 682 Kč	2 397 Kč	-715 Kč
13	15	4 847 Kč	2 397 Kč	2 450 Kč
14	6	1 939 Kč	2 397 Kč	-458 Kč
15	13	4 201 Kč	2 397 Kč	1 804 Kč
16	11	3 554 Kč	2 397 Kč	1 158 Kč
17	11	3 554 Kč	2 397 Kč	1 158 Kč
18	19	6 139 Kč	2 397 Kč	3 743 Kč
19	7	2 262 Kč	2 397 Kč	-134 Kč
20	8	2 553 Kč	2 397 Kč	156 Kč
21	12	3 877 Kč	2 397 Kč	1 481 Kč
22	14	4 524 Kč	2 397 Kč	2 127 Kč
23	5	1 616 Kč	2 397 Kč	-781 Kč
<b>Celkem</b>	<b>238</b>	<b>89 901 Kč</b>	<b>55 123 Kč</b>	<b>34 777 Kč</b>

Ve sloupci s názvem rozdíl jsou uvedeny částky, které by mohli představovat možné úspory anebo naopak ztrátovost oproti invazivní metodě při úvaze, že by probíhalo pouze neinvazivní měření. Z částek vyplývá, že úspornější se metoda stává,

pokud je u novorozence provedeno více jak 7 odběrů, což u kritiky nemocných bývá standardem.

Kolísavost nákladů na odběry a téměř konstantní náklady na transkutánní měření jsou zachyceny v grafu číslo 2.



Graf 2: Náklady za 5 dní měření na obě metody

## 5.3 Korelační analýza

Vzhledem k tomu, že v ÚPMD byl využíván pouze jeden monitor pro transkutánní měření pro pacienty na oddělení RES s rozličným gestačním stářím a diagnózou, mohly být měřeny a zachyceny hodnoty transkutánního měření v porovnání s naměřenými hodnotami z odběrů na vyšetření dle Astrupa jen u 11 novorozenců. Novorozenci jsou označeni písmeny A – L a odpovídají totožným novorozencům, jejichž zjištěná data byla použita již při kalkulaci transkutánního měření na konkrétní případy v předchozí kapitole.

### 5.3.1 Průběh měření oběma metodami

Transkutánní měření bylo prováděno po dobu 3 – 5 dní dle indikace lékařů. Jednalo se převážně o novorozence, u nichž se vzhledem k jejich kritickému klinickému stavu předpokládal vysoký počet krevních odběrů, který by zároveň mohl mít negativní vliv a přispět ke zhoršení stavu. V jiných případech se zase předpokládal možný rychlý spád a zhoršení celkového klinického stavu pacienta. V jednom případě šlo o novorozence, u něhož byly odběry z UAC/PAK vzhledem ke stavu cévního řečiště, znemožněny. Provádění kapilárních odběrů více než dvakrát denně potom z ošetřovatelského hlediska nepřichází v úvahu. Z klinického hlediska šlo o pacienty s respiračním selháním, srdečním selháním a s vrozenou vývojovou vadou v podobě diafragmatické hernie (brániční kýla), na kterou se ÚPMD specializuje.

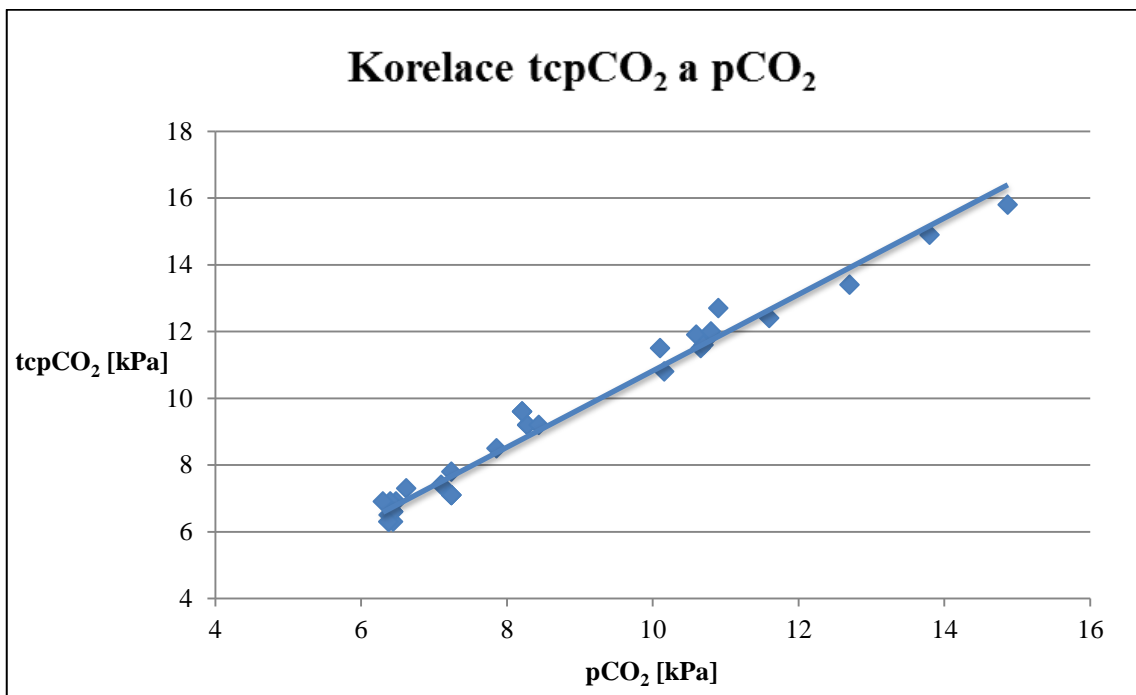
Senzor přístroje byl každé 3 hodiny přesouván na jiné místo na těle a dle přání lékařů udržován na teplotě 40,5°C nebo 41°C, což je dle doporučení výrobce spodní hranice teploty pro dobrou korelaci s výsledky hodnot  $p\text{CO}_2$  arteriální krve ( $\text{paCO}_2$ ). Z důvodu prozatímní nezkušenosti s transkutánním měřením a jeho výpovědní hodnotou byl prováděn každý den kontrolní odběr na vyšetření dle Astrupa. Obě hodnoty byly vždy naměřeny při 37°C tělesné teploty novorozence. Kontrolní odběry arteriální krve na vyšetření dle Astrupa, které měly sloužit jako referenční hodnoty, byly odebírány z UAC/PAK nebo z kapilárního řečiště každý den v 9 hodin ráno při ranní vizitě. Naměřené hodnoty i s přepočtem  $\text{tcpCO}_2$  na kPa jsou uvedeny v tabulce číslo 19.

Tabulka 19: Naměřené hodnoty oběma metodami v kPa, zaokrouhлено na 1 desetinné místo

<i>Novorozenec</i>	<i>Den</i>	<i>paCO2</i>	<i>tcpCO2</i>
<i>A</i>	<i>Den 1.</i>	13,8	14,9
	<i>Den 2.</i>	10,9	12,7
	<i>Den 3.</i>	10,8	11,9
	<i>Den 4.</i>	8,3	9,2
	<i>Den 5.</i>	8,2	9,6
<i>B</i>	<i>Den 1.</i>	9,3	10,0
	<i>Den 2.</i>	8,2	8,9
	<i>Den 3.</i>	6,8	7,5
<i>C</i>	<i>Den 1.</i>	14,8	15,7
	<i>Den 2.</i>	10,7	11,5
	<i>Den 3.</i>	10,2	10,8
<i>D</i>	<i>Den 1.</i>	6,4	6,5
	<i>Den 2.</i>	7,2	7,0
	<i>Den 3.</i>	6,2	6,9
<i>E</i>	<i>Den 1.</i>	8,3	9,2
	<i>Den 2.</i>	8,3	9,6
	<i>Den 3.</i>	6,5	6,3
<i>F</i>	<i>Den 1.</i>	6,5	6,6
	<i>Den 2.</i>	6,4	6,3
	<i>Den 3.</i>	7,2	7,1
<i>G</i>	<i>Den 1.</i>	12,7	13,4
	<i>Den 2.</i>	10,6	11,9
	<i>Den 3.</i>	7,9	8,5
<i>H</i>	<i>Den 1.</i>	10,8	12,0
	<i>Den 2.</i>	8,5	9,2
	<i>Den 3.</i>	6,5	6,9
<i>I</i>	<i>Den 1.</i>	7,1	7,4
	<i>Den 2.</i>	6,4	6,9
	<i>Den 3.</i>	6,3	6,9
<i>J</i>	<i>Den 1.</i>	11,6	12,2
	<i>Den 2.</i>	10,7	12,6
	<i>Den 3.</i>	10,1	11,5
<i>K</i>	<i>Den 1.</i>	9,3	10,0
	<i>Den 2.</i>	8,2	8,9
	<i>Den 3.</i>	7,8	7,5

### 5.3.2 Korelace naměřených hodnot

Naměřené hodnoty oběma metodami z tabulky č. 19 byly zaneseny do bodového grafu (graf č. 3). Z výsledného grafu je zřejmé, že mezi oběma sledovanými hodnotami existuje kladná lineární závislost. Bodový graf byl pro vyšší přesnost doplněn Pearsonovým korelačním koeficientem vypočítaným z naměřených hodnot dle příslušného vzorce. Korelační koeficient naměřených hodnot byl vypočten v rozmezí 0,924 – 0,989. Korelační koeficient byl nižší v případech, které byly porovnávány s hodnotami kapilární krve, přesně šlo o hodnoty 0,924 a 0,942. V ostatních případech byly hodnoty transkutánního měření porovnávány s hodnotami naměřených invazivní metodou z arteriální krve.



Graf 3: Korelace tcpCO<sub>2</sub> a pCO<sub>2</sub> všech měření v kPa



## 6 Diskuse

Z výsledků práce vyplývá, že při použití u novorozenců v kritickém stavu s předpokladem vysokého počtu odběrů, je metoda transkutánního měření finančně méně náročná, než metoda invazivního měření pomocí opakovaných odběrů na vyšetření dle Astrupa. Se stejnými výsledky o menší finanční náročnosti u kriticky nemocných novorozenců přichází studie I. Taie [10], která tvrdí, že kromě transkutánního měření je oproti invazivní metodě opakovaných odběrů, finančně výhodná i další neinvazivní metoda, a to kapnometrie. Ze zjištěných dat byly na metodu transkutánního měření náklady vyčísleny na částku 923 Kč na 1 den měření, 1 518 Kč na 3 dny měření a 2 397 Kč na 5 dní kontinuálního měření. Do kalkulace nákladů byly započítány přístrojové náklady, náklady na spotřební materiál, osobní náklady a režijní náklady. Největší část tvořily náklady na spotřební materiál v podobě fixačních kroužků, kontaktní tekutiny a membrány pro senzor. Výhodou je konstantnost nákladů na měření, která se mění v závislosti pouze na počtu dní měření. V nákladech se objevují vždy stejné položky bez ohledu na stav pacienta a průběh jeho léčby.

Oproti tomu náklady na jeden krevní odběr na vyšetření dle Astrupa byly vyčísleny na 290 – 348 Kč v závislosti na metodě odběru krve. Nejméně finančně výhodný způsob odběru krve je pomocí PŽK, naopak nejlepší finanční možností je kapilární odběr. Příčinou rozdílu jsou především vyšší osobní náklady a vyšší náklady na spotřební materiál, který je potřebný ke každému odběru zcela nový. Rozdíl je způsoben zejména složitostí a časovou náročností odběru a analýzy krevního vzorku. Osobní náklady mohou být poněkud odlišné od skutečných osobních nákladů, protože jsou převzaty z IPVS [57], a tudíž nepředstavují skutečné náklady ÚPMD. V potaz je také třeba brát skutečnost, že osobní náklady jsou odlišné dle platů jednotlivých zdravotních sester dle tabulkového zařazení a délky praxe. Počítat s každým platem zdravotní sestry, která prováděla daný odběr, však představuje komplikovaný proces, z hlediska průměrných nákladů, nám postačila průměrná hodnota výše osobních nákladů.

Výkony spjaté s oběma metodami v rámci resuscitačního oddělení spadají do tzv. agregovaných výkonů. To znamená, že jsou hrazeny v rámci ošetřovacího dne, který se stanovuje dle pravidel v závislosti na typu poskytované péče a klinického stavu

pacienta, podle jedné z kapitol Seznamu zdravotních výkonů s bodovými hodnotami. [62] Z toho vyplývá, že výkony a spotřebovaný materiál spjatý s oběma metodami, jsou hrazeny zdravotní pojišťovnou v rámci ošetrovacího dne bez ohledu na množství těchto výkonů a množství spotřebovaného materiálu. Ať provedeme 3 nebo 5 odběrů, získáme od zdravotní pojišťovny v závislosti na druhu ošetrovacího dne vždy stejnou výši úhrady za poskytnuté zdravotní služby danému pojištěnci. V zájmu řádného hospodaření zdravotnického zařízení je poskytovat služby, s co nejnižšími náklady. I z tohoto hlediska se transkutánní měření jeví jako ekonomicky výhodnější metoda. Náklady na transkutánní měření v průběhu 5 dní jsou nižší v případě, že během pěti dní bylo provedeno alespoň 7 odběrů. S počtem odběrů případně finanční úspora transkutánní metody roste. Výsledkem tedy je, že metoda je finančně výhodná u kriticky nemocných novorozenců, kdy je počet 7 odběrů za 5 dní přesáhnout prakticky vždy. Odběry u takových pacientů probíhají pak i v řádu hodinových intervalů. Ve vzorku pozorovaných novorozenců by v případě použití transkutánní metody místo invazivních odběrů krve vznikla finanční úspora v rozmezí 41 Kč (8 odběrů během 5 dnů) až 5 681 Kč (25 odběrů během 5 dnů). Na pozorovaném vzorku 23 novorozenců by v případě pouze transkutánního měření vznikla finanční úspora celkem 34 777 Kč.

V diplomové práci byly kalkulace prováděny s aktuálními tržními cenami spotřebního materiálu od dodavatelů. Vzhledem k objemu poskytování péče ÚPMD v oblasti neonatologie lze jistě uvažovat o množstevních slevách nebo dalších finančních zvýhodnění v rámci dobrých obchodních vztahů. Ve výsledku se ale jedná o korunové položky, které by mohli být poskytnuty, jak na spotřební materiál k odběru krve, tak na spotřební materiál k transkutánnímu měření. Proto se domníváme, že ani tato možnost by nebyla podstatná pro závěry nákladové analýzy a z invazivní metody by neučinila finančně výhodnější metodu měření.

Přístrojové náklady, které byly opět vyčísleny na obě metody, se odvíjí nejen od pořizovací ceny přístroje, ale i od nákladů na BTK. V obou případech hraje také roli vytiženost přístroje. Na analyzátoru krevních plynů se průměrně ročně provede analýza 1 600 krevních vzorků, což je ve srovnání s biochemickou laboratoří ÚPMD jen zlomek vyšetření. Podle Věstníku Ministerstva zdravotnictví z roku 2013 [7], kde je uvedeno povinné specifické vybavení pro neonatologickou PCIP, je nezbytná přítomnost analyzátoru krevních plynů přímo na neonatologickém oddělení pro udělení statutu PCIP, zatímco monitor pro transkutánní měření  $\text{tcpCO}_2$  je pouze v doporučeném

vybavení. Náklady spojené s analyzátozem krevních plynů řešila studie C. Whita [63], která zkoumala, zda se z ekonomického hlediska vyplatí provoz analyzátoru krevních plynů přímo na neonatologických odděleních v Austrálii namísto transportu vzorů do biochemických laboratoří. Výsledkem studie bylo, že přítomnost analyzátoru by usnadnila procesy pracovníků a snížila dobu diagnostiky, ale z finančního hlediska by šlo o neefektivní krok. Naproti tomu v ČR analyzátor v žádném případě nelze z procesů na oddělení úplně vyřadit už jen z legislativního hlediska. Řešením jak více využívat analyzátor krevních plynů, by byla možnost analýzy nejen zatím dostupných parametrů na oddělení (pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, laktát, ionty, pH a další), ale i bilirubinu, jehož analýza je na oddělení častá, ale vzorek na vyšetření je transportován přímo do biochemické laboratoře ÚPMD. Tímto by se nejen snížily náklady na jednotlivé odběry krve, protože analyzátor by měl daleko vyšší počet využití, ale snížilo by se i riziko znehodnocení vzorku během transportu a nutnost opakování odběru v takovém případě. Druhou možností je pořízení analyzátoru krevních plynů, který odpovídá požadavkům neonatologického oddělení nejen měřenými parametry, ale i zkušebními objemy. Např. analyzátor krevních plynů GEM Premier 5000 iGM2 [64] umožňuje zakoupení kazet mimo jiné i na 150 použití, které by pro oddělení neonatologické RES ÚPMD bylo na měsíční využití optimální, vzhledem k zjištěnému průměrnému počtu prováděných odběrů (120 odběrů/měsíc). U stávajícího analyzátoru krevních plynů na oddělení Radiometer ABL90, lze zakoupit kazetu na 100 nebo 300 použití, kdy dojde k častější výměně kazety nebo naopak jejímu neúplnému využití. Kazeta na 150 použití by umožnila lepší optimalizaci nákladů nejen na provoz analyzátoru, ale následně i nákladů na 1 provedený odběr, protože právě přístrojové náklady tvoří v kalkulaci 1 odběru po osobních nákladech druhu finančně nejnáročnější položku.

Transkutánní monitor má oproti analyzátoru třikrát menší pořizovací cenu a i cena BTK za rok je nižší. Navíc je předpokládána životnost monitoru TCM5 FLEX oproti analyzátoru krevních plynů ABL90 (oba přístroje od stejného výrobce – firma Radiometer) dle výrobce o 2 roky delší. V kalkulaci bylo počítáno se 75% využití transkutánního monitoru, ovšem při zařazení přístroje do běžného chodu oddělení by bylo možné i jeho 100% využití, neboť na oddělení je 16 akutních lůžek pro novorozence s počtem více jak 350 ošetřených pacientů v přímém ohrožení života za rok. [33] V takovém případě by se náklady na transkutánní měření ještě v řádech desítek korun snížily.

Nepřímé náklady u obou metod byly pro potřeby práce omezeny na 20 % z celkových vypočítaných nákladů na danou metodu. Odhadem nepřímých nákladů při používání k výpočtu nákladů na poskytnutou péči, intervenci apod. pomocí metody microcosting, se zabývala studie J. Oostenbrinka. [65], jejímž výsledkem byl závěr, že v USA a Nizozemsku na JIP představují režijní náklady asi 20% z celkového rozpočtu nemocnice. Naproti tomu C. St-Hillaire [66] se v obdobné studii zabývala nepřímými náklady v Kanadě, kde výsledkem bylo, že nepřímé náklady představují asi 40 % šech nákladů nemocnic. Přesné vyjádření nákladů na daný výkon je časově a finančně náročný proces, obzvlášť v nemocnicích, kde mají méně kvalitní nemocniční informační systém. Nepřímé náklady často představují velký podíl celkových nákladů nemocnic na zdravotní služby. Nicméně standardizovaná metodika jejich výpočtu a reálné hodnoty nejsou k dispozici. O reálné vyčíslení i nepřímých nákladů se snaží mimo jiné projekt DRG Restart [67], který se bude vztahovat na ocenění hospitalizačních případů. Jedním z cílů je spravedlivé oceňování skutečně poskytnuté péče. Nicméně zatím probíhá sběr dat z referenčních nemocnic a tvorba metodiky. Konkrétnější výsledky prozatím nejsou k dispozici.

V práci byla prověřena i diagnostická účinnost transkutánního měření  $\text{tcpCO}_2$  pomocí korelační analýzy. Byly porovnávány hodnoty naměřené transkutánním monitorem s kontrolními referenčními hodnotami naměřené z odebraného krevního vzorku na vyšetření dle Astrupa pomocí analyzátoru krevních plynů. Měření hodnot oběma metodami bylo ve sledovaném období šesti měsíců zachyceno u 11 novorozenců.

Naměřené hodnoty byly zaneseny do bodového grafu, jehož výsledek odpovídal kladné lineární závislosti obou měřených veličin. Pro přesnější doplnění bodového grafu byl použit ještě Pearsonův korelační koeficient, který se pohyboval u naměřených hodnot v rozmezí 0,924 – 0,989, což potvrzuje výsledek bodového grafu a ukazuje opět na kladnou lineární závislost obou veličin. Studie D. Orlikowskiho [44] prováděná na 36 pacientech ukazuje, že rozdíly v naměřených hodnotách obou veličin jsou minimální. S tímto se shoduje i další studie J. Tobiase [45] prováděná na 30 pacientech. Ta navíc interpretuje transkutánní metodu jako velmi dobrou a k měření naprosto dostačující. O přesnosti transkutánní metody pochybovala např. studie L. Alwalasové [68] prováděná na 27 novorozencích gestačního stáří do 28. týdne. Byly porovnávány hodnoty  $\text{paCO}_2$  a  $\text{tcpCO}_2$  během prvních 24 hodin života. Hodnoty

korelačních koeficientů se pohybovaly v rozmezí 0,45 -0,75. Nicméně studie byla prováděna v roce 2005. Od té doby se objevily na trhu sofistikovanější monitory, než byl Tosca TCM3 a navíc ve studii nebyly různé hodnoty koeficientů nijak zvlášť komentovány. Nevíme tedy, zda nebyla rozličnost korelačních koeficientů obou pozorovaných veličin způsobená např. špatným umístěním senzoru apod.

Při měření pozorovaných veličin pro posouzení korelace v této práci nejvyšší hodnoty korelačního koeficientu dosahovaly hodnoty  $t_{cp}CO_2$  porovnávané s  $pCO_2$  z arteriální krve ( $paCO_2$ ). Se stejnými výsledky přichází i studie od E. Sadota a K. Levecque [46, 47], které uvádějí, že se nejvíce naměřené hodnoty  $t_{cp}CO_2$  shodují právě s výsledky parciálních tlaků z arteriální krve ( $paCO_2$ ). Z toho vyplývá, že i když každá metoda měří parciální tlak  $CO_2$  jinak, je mezi veličinami velmi vysoká lineární závislost.

V diplomové práci byla v rámci sledovaného vzorku novorozenců, u nichž probíhalo transkutánní měření, byla kromě diagnostické účinnosti v komparaci s hodnotami naměřenými invazivní metodou prověřena i bezpečnost transkutánní metody. U jedenácti novorozenců byly sledovány komplikace a případné známky mechanického poškození pokožky v místě umístění fixačního kroužku a také senzoru transkutánního monitoru.

Rizika transkutánní metody jsou zmiňovány například ve studii L. C. Sorensena [24], a to zejména popáleniny, protože teplota senzoru může dosahovat až 44 °C. Popáleninám se snaží předcházet moderní monitory, které mají funkci pro upozornění na vyšší teplotu senzoru, než je přednastaveno. Dalším důležitým pravidlem při používání transkutánního monitoru je pravidelné přemísťování senzoru alespoň každé 4 hodiny nebo dle doporučení výrobce vztažené přímo k věkovým kategoriím monitorovaných pacientů. Dalším rizikem je poškození kůže látkou z fixačních kroužků potřebných k umístění senzoru na tělo pacienta. U našeho pozorovaného vzorku novorozenců komplikace v podobě popáleniny nenastaly v žádném případě.

Studie M. Rüdiger [69] provedená formou dotazníkového šetření ve 39 centrech neonatologické péče napříč Německem, Rakouskem a Švýcarskem, z nichž se 29 zabývá i péčí o předčasně narozené novorozence, uvádí nejen dobrou korelaci hodnot naměřených oběma metodami, ale zabývala se především procesem měření

a případnými komplikacemi. Většina oslovených zdravotnických zařízení měřila jedním senzorem nejen hodnoty CO<sub>2</sub>, ale i hodnoty O<sub>2</sub> převážně u pacientů na UPV. Používali přístroje pro transkutánní měření nejen od firmy Radiometer, který byl použit i v ÚPMD, ale i od jiných výrobců, převážně Hewlett Packard a Hellige. Dále studie uvádí, že se v rámci komplikací občasně vyskytuje zarudnutí nebo podráždění kůže při teplotě senzoru 43°C. Zařízení uváděla zhruba ve 2/3, že vzniklá zarudlá místa ošetřují mastí pro regeneraci kůže. U pozorovaných novorozenců v rámci naší práce v jednom případě byla kůže po přesunutí senzoru velmi jemně zarudlá, ale zarudnutí nevyžadovalo žádné ošetření, samovolně zmizelo. V jednom případě byla pokožka po odstranění fixačního kroužku po zhruba 48 hodinách jemně podrážděná, ale během následujícího dne zregenerovala po expozici masti na zvláčnění pokožky.

Ve studii M. Rüdiger se dále uvádělo, že ve zdravotnických zařízeních dochází k přemístění senzoru každé 3 hodiny nebo i dříve, což se shoduje i s metodikou využívanou v ÚPMD. V rámci studie M. Rüdiger 60 % dotazovaných zdravotních sester a porodních asistentek odpovědělo, že přesouvání senzoru považuje za nepříjemné a porušující zásady minimálního manipulování s pacientem. Podle ošetrovatelských standardů ÚPMD však každé 3 hodiny probíhá krmení a kontrola invazivních vstupů novorozence, a tak je kontakt s novorozencem nevyhnutelný. V případě správného polohování vzhledem k umístění fixačních kroužků na hrudníku, stačí senzor mezi kroužky přesouvat a celková změna polohy pacienta tedy není vyžadována.

Komplikace transkutánní metody v komparaci s možným vznikem komplikací u invazivní metody jako jsou infekce, iatrogenní anémie, hematomy a další nejsou nijak zvlášť závažné. Tyto komplikace jsou právě největší nevýhodou invazivní metody, jak uvádí i Strožický ve své publikaci. [39] S komplikacemi invazivní metody jsou spojeny další náklady zejména na léčivé přípravky v podobě ATB a transfúzních přípravků, dále náklady na zajištění cévního vstupu pro podávání léčivých přípravků, náklady na prodloužení monitorace např. invazivního měření krevního tlaku, EKG a náklady spojené celkově s možným prodloužením hospitalizace pacienta na resuscitačním oddělení. Vyčíslení těchto nákladů však nebylo předmětem studia této práce. Zde se nabízí otázka, zda by nebylo dobré provést studii, která by se detailněji zaměřovala na bezpečnostní aspekty invazivní metody a následné náklady spojené s jejími vzniklými komplikacemi z pohledu poskytovatele zdravotních služeb.

Nejen z pohledu bezpečnosti, ale i z pohledu nákladovosti by měla být ze strany zdravotnického personálu snaha předcházet zbytečným nebo často se opakujícím odběrům krve. Transkutánní metoda má dobré diagnostické výsledky a nižší riziko vzniku vážnějších komplikací, jelikož se jedná o neinvazivní metodu, odpadá i bolest a stres pacienta při odběrech krve. Vzhledem k nižší pořizovací ceně transkutánního monitoru a celkově nižším nákladů na měření a šetrnější péči o novorozence je vhodné tento monitor na oddělení neonatologické RES zakoupit.

Během sběru dat v ÚPMD panovaly ještě jisté obavy z nezkušeností s transkutánní metodou. Nyní je však po osvědčení této metody transkutánní monitorování pomalu integrováno více do chodu oddělení. Lze předpokládat, že v následujícím období se stane neodmyslitelnou součástí neonatologické péče na oddělení neonatologické RES. Myšlenka plynoucí ze zjištěných výsledků je, že zvláště u novorozenců, jejichž závažný klinický stav je předpokladem pro opakované a mnohačetné odběry krve invazivní metodou, lze zcela tuto metodu substituovat neinvazivní metodou transkutánního měření  $\text{tcpCO}_2$  u extrémně nezralých novorozenců i u novorozenců jiného gestačního stáří. Využitelná by byla metoda i v případě znemožnění odběrů krve. V takovém případě by došlo nejen k finančním úsporám, ale novorozenec by byl uchráněn případným komplikacím, bolesti a také stresu, které jsou s krevními odběry spojeny.

## 7 Závěr

Na základě doporučených a prováděných postupů v ČR i ve světě bylo zjištěno, že v běžné praxi je využíváno především invazivní měření  $p\text{CO}_2$  pomocí metody opakovaných odběrů na vyšetření dle Astrupa, a z neinvazivních způsobů metoda transkutánního měření  $tcp\text{CO}_2$ .

Kalkulace nákladů na neinvazivní metodu transkutánního měření  $tcp\text{CO}_2$  je v porovnání s invazivní metodou měření  $p\text{CO}_2$  finančně méně nákladná v případě, že u novorozence v průběhu 5 dní bylo provedeno více jak 7 odběrů krve. Na dobu měření 5 dní byly náklady na tuto metodu stanoveny na částku 2 397 Kč. V porovnání s invazivní metodou se průměrně jedná o úspory jedné třetiny nákladů na měření  $\text{CO}_2$ . Rozmezí korelačního koeficientu 0,924 – 0,989 poukazuje na silnou kladnou lineární korelaci naměřených hodnot. Na zkoumaném vzorku novorozenců bylo prokázáno, že hodnoty transkutánního měření  $tcp\text{CO}_2$  dobře korelují s hodnotami  $p\text{CO}_2$  z analýzy krevního vzorku. Při transkutánním měření navíc nebyly u sledovaných novorozenců pozorovány žádné závažné komplikace.

Na základě výsledků lze transkutánní měření  $tcp\text{CO}_2$  považovat za finančně lépe dostupnou metodu měření  $\text{CO}_2$ , a je možné tuto metodu použít k substituci invazivní metody u novorozenců se selhávajícími základními životními funkcemi.



## Seznam použité literatury

- [1] ŠTEMBERA, Zdeněk. *Historie české perinatologie*. Praha: Maxdorf, 2004. ISBN 9788073450212.
- [2] FENDRYCHOVÁ, Jaroslava. *Základní ošetrovatelské postupy v péči o novorozence: vybrané kapitoly*. Praha: Grada, 2012. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3940-3.
- [3] DORT, Jiří, Eva DORTOVÁ a Petr JEHLIČKA. *Neonatologie. 2.*, upr. vyd. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 9788024622538.
- [4] STRAŇÁK, Zbyněk a Jan JANOTA. *Neonatologie. 2.*, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Mladá fronta, 2015. Aeskulap. ISBN 978-80-204-3861-4.
- [5] JEŽOVÁ, Marta, HOTÁRKOVÁ, Sylva, MŮČKOVÁ, Katarína, et al. 2010. *Hypertextový atlas novorozenecké patologie: Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů* [online]. Portál Lékařské fakulty Masarykovy univerzity [cit. 15. 4. 2018]. ISSN 1801-6103. Dostupné z: <http://portal.med.muni.cz/clanek-527-hypertextovy-atlas-novorozeneckepatologie.html>
- [6] ZLATOHLÁVKOVÁ, Blanka. 2011. *Viabilita plodu a novorozence*. Actual Gyn, 2011, roč. neuveden, č. 3. ISSN 1803-9588.
- [7] *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*. Vydává: Ministerstvo zdravotnictví ČR – Redakce: Palackého nám. 4, Praha 2, ročník 2013, částka 7. [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné také z: [http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik\\_c7/2013\\_8479\\_2793\\_11.html](http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik_c7/2013_8479_2793_11.html)
- [8] *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*. Vydává: Ministerstvo zdravotnictví ČR – Redakce: Palackého nám. 4, Praha 2, ročník 2014, částka 2. [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné také z: <http://www.neonatology.cz/upload/www.neonatology.cz/soubory/zdravotnictvi-02-14.pdf>
- [9] *Vyhláška Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 92/2012 Sb., o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče*. [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-92>

- [10] TAI, Chih-Che, Frank LEIGH LU a Pau-Chung CHEN. *Noninvasive Capnometry for End-tidal Carbon Dioxide Monitoring via Nasal Cannula in Nonintubated Neonates*. ELSEVIER: *Pediatr Neonatol* 2010 [online]. Jan. 9, 2010, 6 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: [https://www.pediatr-neonatol.com/article/S1875-9572\(10\)60064-2/pdf](https://www.pediatr-neonatol.com/article/S1875-9572(10)60064-2/pdf)
- [11] JANAILLAC, Marie, Thierry P. BEAUSOLEIL a Keith J. BARRINGTON. *Correlations between near-infrared spectroscopy, perfusion index, and cardiac outputs in extremely preterm infants in the first 72 h of life*. *European Journal of Pediatrics* [online]. April, 2018 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00431-018-3096-z>
- [12] DI IULIO R. The right stuff. *Rtmagazine.com*; April 2010: s 20, 22, 24.
- [13] SØRENSEN, Line C, Lene BRAGE-ANDERSEN a Gorm GREISEN. *Effects of the transcutaneous electrode temperature on the accuracy of transcutaneous carbon dioxide tension* [online]. November 2011 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3212912/>
- [14] LIN, Hsin-Ju, Ching-Tzu HUANG a Hsiu-Feng HSIAO. *End-tidal carbon dioxide measurement in preterm infants with low birth weight* [online]. Oct. 17, 2017 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5645127/>
- [15] KOL. AUTORŮ. *Sestra a urgentní stavy*. Praha: Grada, 2008. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-2548-2.
- [16] *Testování krevních plynů: Správné řešení bez ohledu na to, zda provádíte jeden nebo sto testů denně - v laboratoři nebo u lůžka pacienta*. Radiometer, 2018 [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.radiometer.cz/cs-cz/produkty/testovani-krevnich-plynu>
- [17] SEVERINGHAUS, J. W. *The Current Status of Transcutaneous Blood Gas Analysis and Monitoring* [online]. 1998, 7(2) [cit. 2018-05-01]. Dostupné také z: <http://www.pavmed.co.kr/product/data/S-1.pdf>
- [18] SEVERINGHAUS, JOHN W., POUL ASTRUP a JOHN F. MURRAY. *Blood Gas Analysis and Critical Care Medicine*. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* [online]. 1998, 157(4): S114-S122 [cit. 2018-05-01]. DOI: 10.1164/ajrccm.157.4.nhlb1-9
- [19] TOBIAS, Joseph D., William R. WILSON a D. Joseph MEYER. *Transcutaneous Monitoring of Carbon Dioxide Tension After Cardiothoracic Surgery in Infants*

- and Children. Anesthesia & Analgesia* [online]. 1999, 88(3), 531-534 [cit. 2018-05-01]. DOI: 10.1213/00000539-199903000-00012. ISSN 0003-2999. Dostupné z:  
<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00000539-199903000-00012>
- [20] *Transkutánní monitoring: Sledujte změnu v reálném čase*. Radiometer, 2018 [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.radiometer.cz/cs-cz/produkty/transkutanni-monitoring>
- [21] *Digital Transcutaneous Blood Gas Monitoring, SenTec Digital Monitoring System: Illuminate Ventilation and Oxygenation in Neonatology*. Sentec [online]. Switzerland: SenTec, 2019 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z: [https://www.sentec.com/fileadmin/documents/Neonatology\\_Brochure\\_\\_\\_EN\\_\\_\\_RF-007710-c\\_.pdf](https://www.sentec.com/fileadmin/documents/Neonatology_Brochure___EN___RF-007710-c_.pdf)
- [22] GUMULAK, Rene, Lucia CASNOCHA LUCANOVA a Mirko ZIBOLEN. *Use of near-infrared spectroscopy (nirs) in cerebral tissue oxygenation monitoring in neonates*. *Biomedical papers: Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* [online]. 2017, March 30, 2017, (VOL. 161) [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: [http://biomed.papers.upol.cz/artkey/bio-201702-0002\\_use\\_of\\_nearinfrared\\_spectroscopy\\_nirs\\_in\\_cerebral\\_tissue\\_oxygenation\\_monitoring\\_in\\_neonates.php](http://biomed.papers.upol.cz/artkey/bio-201702-0002_use_of_nearinfrared_spectroscopy_nirs_in_cerebral_tissue_oxygenation_monitoring_in_neonates.php)
- [23] BHAT Y R, ABHISHEK N. *Mainstream end-tidal carbon dioxide monitoring in ventilated neonates*. *Singapore Med J* [online]. 2008, 5 stran [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.456.8385&rep=rep1&type=pdf>
- [24] SØRENSEN, Line C, Lene BRAGE-ANDERSEN a Gorm GREISEN. *Effects of the transcutaneous electrode temperature on the accuracy of transcutaneous carbon dioxide tension* [online]. November 2011 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3212912/>
- [25] STOŽICKÝ, František a Josef SÝKORA. *Základy dětského lékařství*. Vydání druhé. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 9788024629971.
- [26] ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2844-5.

- [27] NISHIYAMA, T., S. NAKAMURA a K. YAMASHITA. *Comparison of the transcutaneous oxygen and carbon dioxide tension in different electrode locations during general anaesthesia. European Journal of Anaesthesiology* [online]. 2006, 23(12), 1049-1054 [cit. 2018-04-29]. DOI: 10.1017/S0265021506001116. ISSN 0265-0215. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00003643-200612000-00011>
- [28] KESTEN, Steven, Kenneth R. CHAPMAN a Anthony S. REBUCK. *Response Characteristics of a Dual Transcutaneous Oxygen/Carbon Dioxide Monitoring System. Chest*. 1991, 99(5), 1211-1215. DOI: 10.1378/chest.99.5.1211. ISSN 00123692. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369216311643>
- [29] HINTZ, Susan R. *Near-infrared Spectroscopy: Neonatal and Perinatal Applications. American Academy of Pediatrics* [online]. Januaryv2001 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://neoreviews.aappublications.org/content/2/1/e22>
- [30] *Klíčová data. Radiometer, 2018* [online]. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <https://www.radiometer.cz/cs-cz/o-nas/klicova-fakta>
- [31] *MEDISTA: O společnosti. MEDISTA, 2018* [online]. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <https://www.upmd.cz/o-nas/profil-ustavu/>
- [32] *MEDISTA: Werfen GEM Premier - Analyzátořy krevních plynů POCT. MEDISTA, 2018* [online]. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://www.medista.cz/acidobazicke-analyzatory-werfen/>
- [33] *MEDISTA: Sentec – SDMS Transkutální měření krevních plynů (ne-invazivně & kontinuálně). MEDISTA, 2018* [online]. [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://www.medista.cz/sentec-sdms-transkutalni-mereni-krevnich-plynu-ne-invazivne-kontinualne/>
- [34] *UPMD: Profil ústavu. UPMD, 2018* [online]. Podolské nábřeží 157/36 147 00 Praha 4 - Podolí: UPMD, 2018 [cit. 2018-11-06]. Dostupné z: <https://www.upmd.cz/o-nas/profil-ustavu/>
- [35] *UPMD: Výroční zpráva 2017. UPMD, 2018* [online]. Podolské nábřeží 157/36 147 00 Praha 4 - Podolí: UPMD, 2013 [cit. 2018-11-06]. Dostupné z: <https://www.upmd.cz/wp-content/uploads/2018/08/vyrocní-zprava2017.pdf>
- [36] *Historie. UPMD* [online]. Podolské nábřeží 157/36 147 00 Praha 4 - Podolí: UPMD, 2013 [cit. 2018-11-06]. Dostupné z: <https://www.upmd.cz/o-nas/historie/>

- [37] *Analyzátor krevních plynů ABL90 FLEX: Sledujte změnu v reálném čase.* Radiometr, 2018 [online]. Dostupné z: <https://www.radiometer.cz/cs-cz/produkty/testovani-krevnich-plynu/abl90-flex-blood-gas-analyzer>
- [38] HUPÁKOVÁ, I., M. HRACHOVÁ, L. RUBÁŠKOVÁ a M KONOPÁSKOVÁ. *Testování analyzátoru ABL 90 Flex.* FONS Bulletin [online]. Pardubice: STAPRO, 2011, 2011, 21(4/2011) [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.bulletinfons.cz/42011/lab02.pdf>
- [39] *TCM5: Návod k použití pro profesionály.* 201801E. Švýcarsko: Radiometer Medical ApS, 2018. ISSN 966-577.
- [40] *Monitor TCM5 FLEX: Monitoruje základní životní funkce u citlivých pacientů díky spolehlivé, chytré a intuitivní technologii.* Radiometr, 2018 [online]. [cit. 2019-01-19] Dostupné z: <https://www.radiometer.cz/cs-cz/produkty/transkutanni-monitoring/tcm5-flex-monitor>.
- [41] *Principy transkutálního monitoringu - Radiometer.* Radiometer, 2019 [online]. [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: [https://www.radiometer.cz/cs-cz/produkty/transkutanni-monitoring/princip-transkutanniho-monitoringu?fbclid=IwAR2I8\\_JmW8UDL9cyqL9TY7RR5X4seAsrc68OJ7\\_wWrwjWCZgu4stHdUKTw](https://www.radiometer.cz/cs-cz/produkty/transkutanni-monitoring/princip-transkutanniho-monitoringu?fbclid=IwAR2I8_JmW8UDL9cyqL9TY7RR5X4seAsrc68OJ7_wWrwjWCZgu4stHdUKTw)
- [42] *Tlak.* Převodyonline.eu [online]. [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: <https://prevodyonline.eu/cz/tlak.html>
- [43] BYDŽOVSKÝ, Jan. *Tabulky pro medicínu prvního kontaktu: záchranná služba, praktický lékař, lékařská služba první pomoci, urgentní příjem.* Praha: Triton, 2010. Lékařské repetitorium. ISBN 978-80-7387-351-6.
- [44] WEAVER, C., J. MECKLENBURGH a G. FINDLAY. *Transcutaneous (tcCO<sub>2</sub>) measurement versus arterial blood gas CO<sub>2</sub> measurement in critically ill adult patients.* PMC [online]. 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA: Critical Care, 2004, 15. 3. 2004 [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4099642/?fbclid=IwAR3d7V68JTgkGy35wv18mDFlmaNTAZCk93GckEY6QLS0WhYp46105wi9Qg0>
- [45] ORLIKOWSKI, David, Helene PRIGENT, Xavier AMBROSI a Isabelle VAUGIER. *Comparison of ventilator-integrated end-tidal CO<sub>2</sub> and transcutaneous CO<sub>2</sub> monitoring in home-ventilated neuromuscular patients.* *Science Direct*[online]. Elsevier, 2016, 1. 8. 2016 [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954611116301093>

- [46] NOSOVITCH, Mace A., Joel O. JOHNSON a Joseph D. TOBIAS. *Noninvasive intraoperative monitoring of carbon dioxide in children: endtidal versus transcutaneous techniques*. Wiley Online Library [online]. Wiley, 2002, 21.1.2002 [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1460-9592.2002.00766.x>
- [47] SADOT, Efraim, Guy GUT a Yakov SIVAN. Alveolar ventilation in children during flexible bronchoscopy. Wiley Online Library [online]. Wiley, 2016, 8. 4. 2016 [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ppul.23427>
- [48] TOBIAS, Joseph D. *Noninvasive carbon dioxide monitoring during One-Lung ventilation: End-Tidal versus transcutaneous techniques*. Science Direct[online]. Elsevier, 2003, 1.6.2003 [cit. 2018-11-04]. Dostupné <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053077003000545>
- [49] MÁČE, Miroslav. *Účetnictví pro územní samosprávné celky, příspěvkové organizace a organizační složky státu: aplikace v příkladech*. Praha: Grada, 2012. Účetnictví a daně (Grada). ISBN 978-80-247-3637-2.7.
- [50] VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 2013. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.
- [51] SOUČEK, Z., Burian, J.: *Strategické řízení zdravotnických zařízení*. Professional Publishing, 2006. ISBN 8086946185.
- [52] FOTR, J., VACÍK, E., ŠPAČEK, M., HÁJEK, S.: *Tvorba strategie a strategické plánování*. Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-3985-4.
- [53] FIALOVÁ, Helena, Jan FIALA: *Ekonomický slovník*, A Plus, Praha, 2009, ISBN 978-80-903804-4-8.
- [54] *Concept: Costing Methods: An Overview of Costing Health Services in Manitoba*. Manitoba Centre for Health Policy [online]. [cit. 2018-09-16]. Dostupné z: [http://mchpappserv.cpe.umanitoba.ca/viewConcept.php?conceptID=1354#a\\_references](http://mchpappserv.cpe.umanitoba.ca/viewConcept.php?conceptID=1354#a_references)
- [55] FOTR, Jiří, Jiří DĚDINA a Helena HRŮZOVÁ. *Manažerské rozhodování*. Vyd. 3. upr. a rozš. Praha: Ekopress, 2003, 250 s. ISBN 80-86119-69-6.
- [56] FIALOVÁ, Helena: *Úvod do ekonomiky: základy mikroekonomiky*. Praha: ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03523-9.
- [57] *Informační systém o průměrných výdělcích (ISPV)*. MINISTERSTVO PRÁCE A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ ČESKÉ REPUBLIKY. [online]. [cit. 2018-09-27].

- Dostupné z: <https://www.mpsv.cz/ISPV.php?sfera=2&sz=3&txt=&ok=Najdi&szp=1>
- [58] BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ. *Průvodce základními statistickými metodami*. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3243-5.
- [59] PAVLÍK, Tomáš a Ladislav DUŠEK. *Biostatistika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-782-6.
- [60] ZVÁROVÁ, Jana, Jan SVATOŠ a Ivan MAZURA. *Biomedicínská statistika*. Praha: Karolinum, 2001. ISBN 80-246-0264-4.
- [61] DENISBOIGELOT. *Wikipedia.org* [online]. [cit. 2019-04-19]. Dostupný z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Korelace?fbclid=IwAR3JYNW6lmnPxZAlXqeUgp38tvOWz\\_bfKRUsB4lBxUcGdSqBp80KNFdzxyA#/media/File:Correlation\\_examples2.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Korelace?fbclid=IwAR3JYNW6lmnPxZAlXqeUgp38tvOWz_bfKRUsB4lBxUcGdSqBp80KNFdzxyA#/media/File:Correlation_examples2.svg)
- [62] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 354/2017 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 134/1998 Sb., kterou se vydává seznam zdravotních výkonů s bodovými hodnotami, ve znění pozdějších předpisů. [online]. [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-354>
- [63] WHITE, C., DOHERTY, D., Cannon, J., et al. (2016). Cost effectiveness of universal umbilical cord blood gas and lactate analysis in a tertiary level maternity unit. *Journal of Perinatal Medicine*, 44(5), pp. 573-584. Retrieved 8 May. 2019, from doi:10.1515/jpm-2015-0398
- [64] GEM Premier 5000. Instrumentation Laboratory [online]. Bedford, USA: Instrumentation Laboratory, 2019 [cit. 2019-05-12]. Dostupné z: <https://www.instrumentationlaboratory.com>
- [65] OOSTENBRINK, Jan B., Tineke BUIJS-VAN DER WOUDE, Michel VAN AGTHOVEN, Marc A. KOOPMANSCHAP a Frans F.H. RUTTEN. *Unit Costs of Inpatient Hospital Days*. *PharmacoEconomics* [online]. 2003, roč. 21, č. 4, s. 263–271 [cit. 2019-05-10]. ISSN 1170-7690. Dostupné z: doi:10.2165/00019053-200321040-00004
- [66] TAN, Siok Swan, Bastianus Martinus VAN INEVELD, William Ken REDEKOP a Leona HAKKAART-VAN ROIJEN. *Comparing methodologies for the allocation of overhead and capital costs to hospital services*. *Value in health : the journal of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research*

- [online]. 2009, roč. 12, č. 4, s. 530–5 [cit. 2019-05-10]. ISSN 1524-4733.  
Dostupné z: doi:10.1111/j.1524-4733.2008.00475.x
- [67] *DRG Restart: O projektu* [online]. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2018, 2018 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z:  
<https://drg.uzis.cz/index.php?pg=o-projektu>
- [68] LIZ D Aliwalas, Lucia & Noble, Laura & Nesbitt, Karin & Fallah, Shafagh & Shah, Vibhuti & S Shah, Prakesh. (2005). *Agreement of Carbon Dioxide Levels Measured by Arterial, Transcutaneous and End Tidal Methods in Preterm Infants ≤28 Weeks Gestation*. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association*. 25. 26-9. 10.1038/sj.jp.7211202.
- [69] RÜDIGER, Mario, Kerstin TÖPFER, Hannes HAMMER, Gerd SCHMALISCH a Roland R WAUER. A survey of transcutaneous blood gas monitoring among European neonatal intensive care units. *BMC Pediatrics* [online]. BioMed Central, 2019, 2015 [cit. 2019-05-05]. Dostupné z:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1192805/>



## Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Přehled perinatologických center v ČR. Zdroj: Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR, 2013 .....	15
Tabulka 2: Shrnutí výhod a nevýhod metod měření ve vztahu k CO <sub>2</sub> .....	24
Tabulka 3: Teplota senzoru a doba aplikace, převzato z [39] .....	28
Tabulka 4: Přístrojové náklady analyzátoru krevních plynů ABL90 FLEX .....	47
Tabulka 5: Osobní náklady pro odběr na vyšetření dle Astrupa .....	48
Tabulka 6: Spotřební materiál pro odběr z UAC/PAK.....	49
Tabulka 7: Spotřební materiál k odběru pomocí PŽK.....	50
Tabulka 8: Spotřební materiál k odběru z kapilárního řečiště .....	50
Tabulka 9: Kalkulace celkových nákladů odběru z UAC/PAK .....	51
Tabulka 10: Kalkulace celkových nákladů odběru pomocí PŽK .....	52
Tabulka 11: Kalkulace celkových nákladů odběru z kapilárního řečiště .....	53
Tabulka 12: Sledování novorozenci v ÚPMD a cena všech provedených odběrů..	54
Tabulka 13: Přístrojové náklady pro transkutánní monitor TCM5 FLEX.....	55
Tabulka 14: Osobní náklady na transkutánní měření tcpCO <sub>2</sub> za 1 den .....	56
Tabulka 15: Spotřební materiál k transkutánnímu měření na 1 den .....	57
Tabulka 16: Kalkulace celkových průměrných nákladů na transkutánní měření ....	58
Tabulka 17: Kalkulace nákladů na transkutánní měření.....	59
Tabulka 18: Komparace nákladů na obě metody.....	60
Tabulka 19: Naměřené hodnoty oběma metodami v kPa, zaokrouhleno na 1 desetinné místo .....	63

## Seznam použitých grafů

Graf 1: Náklady při transkutánním měření tcpCO <sub>2</sub> .....	59
Graf 2: Náklady za 5 dní měření na obě metody .....	61
Graf 3: Korelace tcpCO <sub>2</sub> a pCO <sub>2</sub> všech měření v kPa.....	64

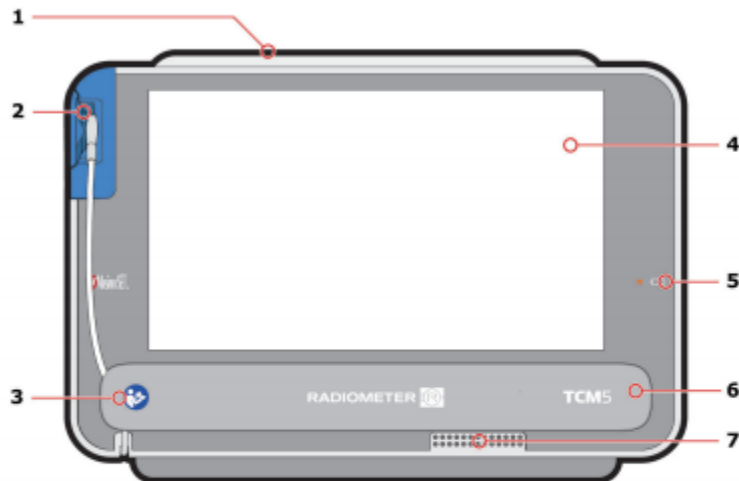
## Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: Možnosti umístění senzoru na tělo novorozence, převzato z [21] .....	20
Obrázek 2: Schéma procesní analýzy, převzato z [49] .....	34
Obrázek 3: Hodnota korelačního koeficientu a odpovídající znázornění výsledku bodového grafu, převzato z [61] .....	37
Obrázek 4: Procesní diagram krevního odběru na vyšetření dle Astrupa v ÚPMD	42
Obrázek 5: Procesní diagram kontinuálního transkutánního měření $\text{tcpCO}_2$ v ÚPMD .....	44

# Přílohy

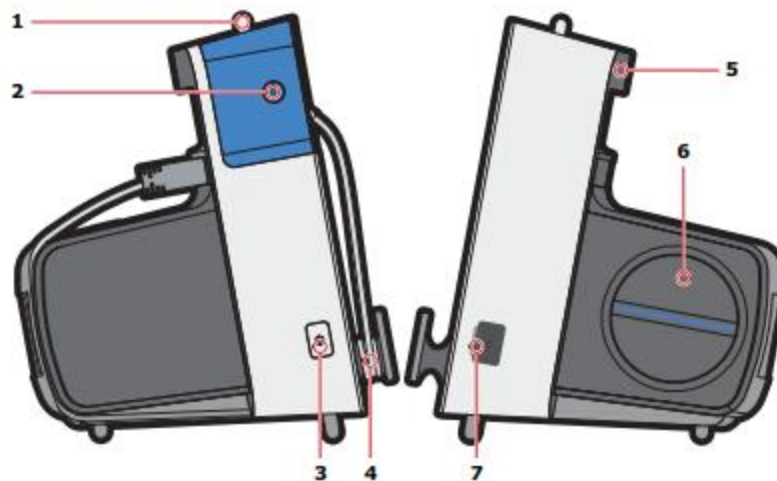
Příloha 1: Transkutánní monitor TCM5 FLEX pohled zepředu a ze strany

## Pohled zepředu



- |   |  |   |                          |
|---|--|---|--------------------------|
| 1 | Lišta alarmů                                       | 5 | Indikátor baterie        |
| 2 | Kalibrační komora                                  | 6 | Lišta na navinutí kabelu |
| 3 | Dodržujte pokyny uvedené v <i>Návodu k použití</i> | 7 | Reproduktor              |
| 4 | Dotyková obrazovka                                 |   |                          |

## Pohled ze strany



- |   |                                |   |                |
|---|--------------------------------|---|----------------|
| 1 | Lišta alarmů                   | 5 | Rukojeť        |
| 2 | Kalibrační komora              | 6 | Láhev s plynem |
| 3 | Tlačítko pohotovostního režimu | 7 | Port USB       |
| 4 | Lišta na navinutí kabelu       |   |                |

Příloha 2 : Transkutánní monitor TCM5 FLEX



Příloha 3 : Senzor transkutánního monitoru TCM5 FLEX

