



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**

**Katedra biomedicínské techniky**

**Metody zpracování trendových dat regionální oxygenace  
novorozenců**

**Methods for processing trend data from regional oxygenation of  
newborns**

Diplomová práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika  
Studijní obor: Biomedicínský inženýr

Vedoucí práce: Ing. Petr Kudrna, Ph.D.

**Bc. Monika Stupková**

---

**Kladno 2020**



# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Stupková** Jméno: **Monika** Osobní číslo: **456633**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**  
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**  
Studijní obor: **Biomedicínský inženýr**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Metody zpracování trendových dat regionální oxygenace novorozenců**

Název diplomové práce anglicky:

**Methods for processing trend data from regional oxygenation of newborns**

Pokyny pro vypracování:

Analýzujte trendová data záznamů regionální oxygenace u extrémně nezralých novorozenců pořízených v průběhu 72. hodinové adaptace po porodu. Navrhněte vhodné příznaky pro klasifikaci záznamů. Vyhodnoťte, zda navržené příznaky umožňují klasifikovat či rozdělit jednotlivé patientské záznamy do klinicky specifických skupin. Zjištěné výsledky porovnejte s hodnocením lékařů.

Seznam doporučené literatury:

- [1] 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
- [2] SCHEEREN, T. W. L., P. SCHOBBER a L. A. SCHWARTE, Monitoring tissue oxygenation by near infrared spectroscopy (NIRS): background and current applications. Journal of Clinical Monitoring and Computing, Journal of Clinical Monitoring and Computing , ročník 26, číslo 4, 2012, 279- 287 s., DOI: 10.1007/s10877-012-9348-y
- [3] Metin Akay, Biomedical Signal Processing, ed. 1, Academic Press, 2012, 377 s., ISBN 0323140149

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

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

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **10.02.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **19.09.2021**

**Peter Kneppo** Digitálně podepsal Peter Kneppo  
Datum: 2020.05.13 15:30:59  
+02'00'

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

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc. Digitálně podepsal prof.  
MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
Datum: 2020.05.14  
09:49:19 +02'00'

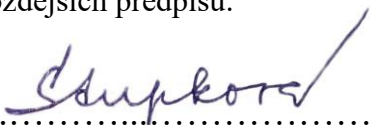
prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.  
podpis oškana(ky)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Metody zpracování trendových dat regionální oxygenace 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 21.5.2020



.....

Bc. Monika Stupková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Mé poděkování směřuje vedoucímu diplomové práce, Ing. Petru Kudrnovi, Ph.D., nejen za věcné rady a cenné připomínky, ale také za trpělivost, ochotu a podporu během psaní práce.

Dále bych ráda poděkovala zejména svým rodičům, kteří mi umožnili studium. Vždy mě plně podporovali a prožívali se mnou všechny radosti i zklamání života.

## **ABSTRAKT**

### **Metody zpracování trendových dat regionální oxygenace novorozenců**

Práce se zabývá metodami zpracování záznamů regionální oxygenace předčasně narozených pacientů. Z důvodu nedeklarovaného standardu měření regionální oxygenace byla data analyzována jak v časové tak frekvenční oblasti. Byly vypočítány charakteristické příznaky v průběhu 12 hodinové adaptace a následné 60 hodinové hospitalizace pacienta. Pomocí shlukové analýzy byly lokalizovány skupiny pacientů, při jejichž porovnání se záznamy lékařů nebyla zjištěna významná shoda. K dosažení lepší úspěšnosti je třeba nepřistupovat k signálům regionální oxygenace osamoceně ale komplexně v synchronizaci s dalšími signály vypovídajícími o hemodynamice pacienta jako je periferní saturace kyslíkem, mozková extrakční frakce kyslíkem, průtok horní dutou žilou či srdečním výdejem a krevním tlakem.

### **Klíčová slova**

Regionální oxygenace, rSO<sub>2</sub>, extrémně nezralý novorozenec

## **ABSTRACT**

### **Methods for processing trend data from regional oxygenation of newborns**

The thesis deals with methods of processing regional oxygenation signals of preterm infants. Due to the undeclared standard of regional oxygenation measuring, the data were analyzed in both time and frequency domains. Characteristic symptoms were calculated during the 12-hour adaptation and subsequent 60-hour hospitalization of the patient. Patient groups were located by cluster analysis but there is no significant congruence when compared to physicians' records. To achieve better success, it is necessary not to approach the regional oxygenation signals alone but comprehensively in synchronization with other signals indicating the patient's hemodynamics such as peripheral oxygen saturation, brain oxygen extraction, upper vena cava flow or cardiac output and blood pressure.

### **Keywords**

Regional oxygen saturation, rSO<sub>2</sub>, preterm infants

# Obsah

Seznam symbolů a zkratk.....	7
<b>2 Problematika nezralých novorozenců.....</b>	<b>12</b>
2.1 Bronchopulmonální dysplazie.....	13
2.2 Nekrotizující enterokolitida.....	13
2.3 Intraventrikulární krvácení.....	13
2.4 Retinopatie.....	13
2.5 APGAR skóre.....	14
2.6 Použití surfaktantu, steroidů, liometacenu.....	14
2.7 Hemodynamické nestability.....	15
2.8 Monitoring životních funkcí pacienta.....	16
2.8.1 Saturace krve kyslíkem.....	16
2.8.2 Regionální oxygenace.....	18
2.8.3 Perfuzní index.....	21
2.8.4 Parametr ORI.....	23
<b>3 Cíle práce.....</b>	<b>25</b>
<b>4 Vstupní data a metody jejich zpracování.....</b>	<b>26</b>
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>34</b>
5.1 Vstupní parametr dominantní frekvence a variabilita.....	35
5.2 Vstupní parametr dominantní frekvence a maximální derivace signálu podle času.....	37
5.3 Vstupní parametr dominantní frekvence a průměrného gradientu.....	39
5.4 Vstupní parametr průměrný gradient a variabilita.....	42
5.5 Vstupní parametr průměrný gradient a maximální derivace signálu podle času.....	44
5.6 Vstupní parametr variabilita a maximální derivace signálu podle času.....	46
<b>6 Diskuze.....</b>	<b>49</b>
6.1 Úseky adaptace.....	50
6.2 Úseky hospitalizace.....	51
6.3 Limitace metody.....	52
<b>7 Závěr.....</b>	<b>54</b>
<b>Zdroje.....</b>	<b>55</b>
<b>Příloha A.....</b>	<b>59</b>

# Seznam symbolů a zkratk

## Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
SpO <sub>2</sub>	%	Periferní saturace kyslíkem
rSO <sub>2</sub>	%	Regionální oxygenace
pH	-	Aktivita oxoniových kationtů vyjádřena zápornou logaritmickou škálou
CPP	Torr	Cerebrální perfuzní tlak (Cerebral perfusion pressure)
FiO <sub>2</sub>	%	Frakce kyslíku
CPAP	mmHg	Kontinuální přetlak v dýchacích cestách (Continuous positive airway pressure)
MAP	mmHg	Střední arteriální tlak (Mean arterial pressure)
PaO <sub>2</sub>	mmHg	Arteriální parciální tlak kyslíku
PI	%	Perfuzní index (Perfusion index)
ORI	-	Oxygen reserve index
PaO <sub>2</sub>	mmHg	Arteriální parciální tlak kyslíku
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	Arteriální parciální tlak oxidu uhličitého
SaO <sub>2</sub>	%	Arteriální saturace kyslíkem
SvO <sub>2</sub>	%	Žilní saturace kyslíkem
MABP	mmHg	Střední arteriální tlak (Mean arterial blood pressure)
SVCf	ml/kg/min	Průtok horní dutou žílou (Superior vena cava flow)
CO	l/min	Srdeční výdej (Cardiac output)



## Seznam zkratek

---

Zkratka	Význam
NIRS	Blízká infračervená spektroskopie (Near infra-red spectroscopy)
IVH	Intraventrikulární krvácení (Intraventricular hemorrhage)
APGAR	Skóre popisující vitalitu a poporodní adaptaci novorozence
ROP	Retinopatie
BPD	Bronchopulmonální dysplazie
NEC	Nekrotizující enterokolitida
SIP	Spontánní intestinální perforace
GT	Gestační týden
JIP	Jednotka intenzivní péče
ALLO	Allopurinol
HbO <sub>2</sub>	Oxygenovaný hemoglobin
RHb	Deoxygenovaný hemoglobin
O <sub>2</sub>	Kyslík
ASTRUP	Vyšetření krevních plynů a acidobazické rovnováhy
CFOE	Mozková extrakční frakce kyslíku (cerebral fractional oxygen extraction)
EKG	Elektrokardiogram
EEG	Elektroencefalogram
CRUS	Kraniální ultrazvuk

---

# 1 Úvod

Neonatologie je v současné době velmi dynamicky se rozvíjející obor medicíny. Inovací diagnostických, terapeutických přístupů a s pomocí zkušeného personálu se v České republice daří dosahovat vynikajících výsledků v péči o novorozence. Hranice viability novorozence se tak neustále snižuje. Ta je uměle stanovována vědeckou společností a participuje na ní socioekonomická úroveň a kultura civilizace, dostupnost a kvalita poskytované péče, právní a etické aspekty. Viabilita je v současné době chápána jako schopnost plodu narodit se živý, přežít, růst a vyvíjet se. Ve většině evropských zemí je momentálně hranice viability dána mezi 22. a 25. týdnem gestačního stáří plodu.

Aby novorozenec mohl přežít a následně se náležitě vyvíjet je třeba správně a včas diagnostikovat či predikovat stavy ohrožující zdraví dítěte. V této fázi je velmi důležitý právě pokročilý monitoring. Při něm se v současnosti dají sledovat hodnoty, které se dříve měřily pouze invazivně, a jejich určení představovalo pro novorozence velký zásah. Proto je při poskytování péče je snaha postupovat maximálně šetrně a neinvazivně.

Mezi zatím nestandardně využívané metody v neinvazivním monitoringu v klinické praxi patří například regionální oxygenace měřena pomocí metody blízké infračervené spektroskopie (NIRS, near infra-red spectroscopy). Tato metoda je zatím používána jako doplňkové měřidlo a zároveň je často používána jako výzkumný nástroj dokumentující celkový zdravotní stav. Hodnoty regionální oxygenace, v kombinaci s dalšími veličinami, jako je například periferní saturace krve či perfuzní index, by mohl v budoucnu představovat nadějný způsob sledování hemodynamických změn u neonatologických pacientů, díky čemuž dává i možnost predikovat nebo správně a časně vyhodnotit zdravotní stav novorozence a mohla by tak v budoucnosti přispět k adekvátní reakci při volbě léčby, případně dalších intervencí.

Přístroje k měření regionální oxygenace jsou k dostání hned od několika výrobců (např. Masimo, Medtronic, OxyPrem atd.). Metoda však nemá žádný standard, přístroje se liší například v použitých vlnových délkách nebo elektrodách. Největším problémem je tak neekvivalentnost naměřených výsledků z různých přístrojů a tedy i následná interpretace dat. Proto se v současné době k datům z NIRS přistupuje jako k trendovým se snahou najít souvislost s jinými standardně měřenými signály.

V současné době existuje několik studií, které právě na tuto problematiku poukazují, avšak pouze jedna [1] uvádí konkrétní doporučení a návod na sjednocení

získaných dat regionální oxygenace z oxymetrů vybraných značek či z rozdílných typů senzorů.

Ve studii [2] pak lze najít doporučení, aby se data regionální oxygenace hodnotily pouze trendově, jelikož data ze čtyř různých přístrojů vykazovala rozdílné hodnoty až o 12,66 %.

Další studie [3] rovněž upozorňuje na rozdílnost hodnot z různých přístrojů. Navíc ale hodnotí velký vliv pohybových artefaktů, jejichž individuální odstranění u každého přístroje může zapříčínovat rozdílné výsledky. Potvrzuje však lineární korelaci mezi hodnotami periferní saturace ( $SpO_2$ ) a trendovými daty cerebrální oxygenace ( $rSO_2$ ). Na druhou stranu ale zpochybňuje správnost získávání dat z důvodu artefaktů a nedeklarované přesnosti při měření regionální oxygenace.

Ostatní zdroje [4,5,6,7], (z období červen 2018 – leden 2020) věnující se problematice využití NIRS a interpretaci hodnot  $rSO_2$  u předčasně narozených, pracují s hodnotami pouze v průměru s 39 patientskými záznamy v časové relaci od 6 do 18 hodin po porodu. Pouze jedna [8] sledovala 32 pacientů po dobu 72 hodin. Žádná z těchto prací však neuvádí žádná konkrétní stanoviska. Všechny se pak na závěr shodují, že další studie na toto téma jsou žádoucí.

Hodnocení dat  $rSO_2$  by tedy bylo třeba provést na větší skupině pacientů. Dle výše uvedeného by bylo také třeba nepracovat s absolutními hodnotami, z důvodu nejednotnosti přístrojů a senzorů a rozdílu hodnot u mužského a ženského pohlaví. Jako další možný vhodný přístup v neonatologické péči se jeví hledat vhodné identifikátory v 72 hodinových záznamech po porodu například podobnost záznamů a charakteristické gradienty s možností zohledňovat anamnestická data (porodní hmotnost, APGAR, pH pupku atd.), díky čemuž by interpretace nebyla zkreslena variabilitou přístrojů, tedy data využívat jako trendové ukazatele. Tyto markery by mohly přispět k probádání záznamů  $rSO_2$  a v případě velmi specifické skupiny nezralých novorozenců poukázat na možné zdravotní komplikace způsobené změnou hemodynamiky, kterou lze pomocí NIRS sledovat (intraventrikulární krvácení - IVH, retinopatie - ROP).

**Tabulka 1 Shrnutí dosavadních studií**

Studie	Počet záznamů	Observace (h)	Použité signály	Výsledek
D. O'Sullivan a kol. [4]	38	6-18	rSO <sub>2</sub> , EKG, SVCf, EEG, CO, CRUS	Významný rozdíl mezi příznaky pacientů bez/s IVH
I.H.X. NG a kol. [5]	44	6-21	rSO <sub>2</sub>	Hranice hypoxie pacientů bez/s IVH
Y. Guo a kol. [6]	19	48	rSO <sub>2</sub>	Statistické metody charakterizující průběh rSO <sub>2</sub>
I. Onnenberg a kol. [8]	32	72	rSO <sub>2</sub> , CFOE	Souvislost nenalezena
R. M. Cerbo a kol. [33]	60	48	rSO <sub>2</sub> , CFOE, SVCf	Zvýšené riziko smrti při prahových hodnotách rSO <sub>2</sub> a průtoku, CFOE poskytuje informaci o poškození mozku
A. Caicedo a kol. [36]	53	6-70	rSO <sub>2</sub> , SpO <sub>2</sub> , MABP	Statisticky významná spojitost mezi signály, porodní váhou a gestačním věkem
S. Noori a kol. [37]	22	4-76	rSO <sub>2</sub> , CFOE, sledování pomocí ultrazvuku	IVH lze predikovat, dříve než nastane

## 2 Problematika nezralých novorozenců

Období porodu mezi 25. a 27. gestačním týdnem je označováno jako tzv. šedá zóna. Plod tohoto gestačního stáří nemá dokonale vyvinuty všechny orgány a je hodnocen jako extrémně nezralý. Zejména pak nedostatečně vyvinutá respirační soustava představuje velkou komplikaci a nejistou prognózu při narození takto nezralých dětí. Morbidita či šance na přežití jsou však velmi individuální. Stupeň vývoje nezávisí pouze na gestačním stáří, ale podílí se na něm mnoho faktorů, mezi něž patří například hmotnost a pohlaví plodu, četnosti těhotenství a místo porodu. Intervence na porodním sále jsou limitovány technickými a medicínskými možnostmi ale i etickou složitostí situace a národními zvyklostmi. Výsledky léčebné péče na porodním sále není možné u dětí narozených v šedé zóně predikovat, jelikož jsou tyto pacienti velmi citliví na nežádoucí účinky intervencí provedených ihned po porodu. V důsledku patologického stresu může docházet až k multiorgánovému selhání. [9]

Novorozenci často nejsou schopni efektivní respirace nejen z důvodu nedostatečně vyvinutých plic, ale také v důsledku nefunkčnosti výměny plynů na cévní úrovni a nemožnosti difuze plynů přes povrch dýchacích cest. [9] Proto je většinou nutné zahájit ihned po porodu úkony podporující výměnu plynů a provzdušnění plic například pomocí CPAP, pozitivní tlakové ventilace, SI manévru, intubace, regulace  $FiO_2$  či aplikací surfaktantu a monitorovat základní životní funkce. [10]

Ačkoliv je perinatální podpora dýchání nezbytná pro přežití nezralých novorozenců, zvyšuje riziko poranění mozku a plic. Neadekvátní zvýšení  $FiO_2$  pak může způsobit hyperoxický stav, který je z důvodu nadbytku volných kyslíkových radikálů škodlivý a u nedonošených novorozenců může zapříčinit mimo jiné bronchopulmonální dysplazii (BPD), otevřenou tepennou dučeň, nekrotizující enterokolitidu (NEC), intraventrikulární krvácení (IVH) a retinopatii (ROP). [11]

V této práci budou použity anonymizovaná data pacientů, o kterých je k dispozici anamnestická tabulka, v níž je zaznamenáno mimo jiné použití steroidů, surfaktantu a liometacenu, APGAR skóre, výskyt intraventrikulární krvácení, bronchopulmonální dysplazie, retinopatie, nekrotizující enterokolitidy, spontánní intestinální perforace (SIP), adnátní sepse a informace o hypotrofii, porodní váze, pH pupku. Z toho důvodu budou některé z těchto bodů níže vysvětleny podrobněji.

## **2.1 Bronchopulmonální dysplazie**

Bronchopulmonální dysplazie je chronické onemocnění plic vyskytující se u nezralých novorozenců. K rozvoji BDP přispívá nezralost plicní tkáně, vdechnutí plodové vody, infekce, ventilační podpora a podávání kyslíku. Podstatou onemocnění je restrikce plic v důsledku zmnožení plicního intersticia. [12] [13]

## **2.2 Nekrotizující enterokolitida**

Nekrotizující enterokolitida je definována jako hemoragicko-nekrotizující zánětlivé onemocnění střeva, především terminálního ilea a colon ascendens. Řadí se mezi nejčastější příčinu syndromu akutního břicha u novorozenců. Onemocnění se vyskytuje u 12 % všech nezralých novorozenců. [12] [13]

## **2.3 Intraventrikulární krvácení**

Krvácení do mozku je častou komplikací nedonošenců během prvních 72 hodin života, objevuje se u poloviny narozených před 25. GT. Příčinou intrakraniálního krvácení je ruptura cév v germinálním matrix při hypoxických stavech a hemodynamických nestabilitách. Jeho závažnost koreluje s nezralostí a stupněm asfyxie, pouze třetí stupeň představuje následky spojené s rozvojem závažných neurologických komplikací. [12] [13]

## **2.4 Retinopatie**

Onemocnění nezralé sítnice v důsledku toxicity kyslíku na retinální cévy, které může vést až ke slepotě. Postihuje 76 % narozených v 24. a 25. GT a 54 % narozených v 26. a 27. GT. Prevencí je opatrná oxygenoterapie, tedy snížení rizika hyperoxemie a pravidelná vyšetření očním lékařem. [12] [13]

## 2.5 APGAR skóre

Skóre podle Apgarové je hodnocení základních životních funkcí v 1., 5. a 10. minutě po narození. Pro prognózu je významná hodnota skóre v 5. minutě. Hodnotí se vzhled a barva kůže, tepová frekvence, grimasy při odsávání z nosu, spontánní aktivita a respirace. Pro každé kritérium je možné hodnotit v rozmezí 0 až 2 body podle toho, jak novorozenec prospívá v každém jednom bodě. Pomocí součtu bodů (APGAR skóre) lze pak vyhodnotit jeho zdravotní stav, potažmo určit riziko a doporučit intenzivní pediatrické vyšetření či přeložit novorozence na JIP. [12] [13]

**Tabulka 2** Zhodnocení vitality a adaptace novorozence [12] [13]

Kritérium	2 body	1 bod	0 bodů
Vzhled, barva kůže	růžová	akrocyanóza	bledá/ modrá
Tepová frekvence	> 100 tepů/min.	< 100 tepů/min.	< 60 tepů/min.
Dýchání	silný křik	nepravidelné/pomalé	žádné
Tonus, spontánní aktivita	aktivní pohyby	slabá flexe končetin	bez pohybu
Reakce na podráždění (grimasy při odsávání nosu)	kašel	protažení/stažení obličeje	žádné
<b>VYHODNOCENÍ</b>	<b>8-10 bodů</b> Normální novorozenec	<b>7-4 body</b> Lehká porodní asfyxie	<b>&lt; 3 body</b> Těžká porodní asfyxie

## 2.6 Použití surfaktantu, steroidů, liometacenu

Stále také probíhají preklinické testy na terapii látkami, které by dokázaly stabilizovat hemodynamické nestability a zmírnily riziko zánětu mozku. Testovány jsou mateřské glukokortikosteroidy a allopurinol (ALLO), erythropoetin (Epo), epiteliální buňky lidského amnionu (hAEC) a melatonin. Nejlepší výsledky zatím přineslo použití melatoninu a erythropoetinu. [14]

## 2.7 Hemodynamické nestability

Cerebrální hemodynamika je sledována pomocí Dopplerovských technik a blízké infračervené spektroskopie. [15]

Závažnost zdravotního stavu novorozence při hemodynamických nestabilitách je ovlivněna především několika faktory – průtok krve mozkem, cerebrální regionální okysličování, cerebrální extrakce kyslíkem, průtok horní duté žíly (v. cava superior), průměrný arteriální krevní tlak (MAP – mean arterial pressure) a perfuzní index (PI). [16]

Hemodynamické nestability mohou být u novorozenců způsobeny například apnoickými stavy, které se u extrémně nezralých pacientů nezdávka objevují. Při apnoické pauze spojené s bradykardií dochází k poklesu cerebrálního perfuzního tlaku (CPP - cerebral perfusion pressure), což vede i přes autoregulační mechanismy a maximální extrakci O<sub>2</sub> ke snížení metabolické dodávky kyslíku. U předčasně narozených se však často objevuje také porucha autoregulace v důsledku nezralosti mozku, tudíž hypoxie a ischemie nastává dříve.

Mozková perfuze pak přímo koreluje se závažností bradykardie. Rychlé změny v mozkové perfuzi, kolísání krevního tlaku či nedosažení alespoň 80% saturace krve kyslíkem během prvních pěti minut po porodu může způsobit intraventrikulární krvácení a léze mozku. [17] [18]

Pokud u novorozence dojde v důsledku hemodynamických nestabilit k ischemii či hypoxii mozku, může se rozvinout periventrikulární leukomalacie. Přibližně 50 – 75 % přeživších trpí neurologickými následky – parenchymální léze, mozková obrna, mentální retardace, hydrocefalus. [16] [19]



## 2.8 Monitoring životních funkcí pacienta

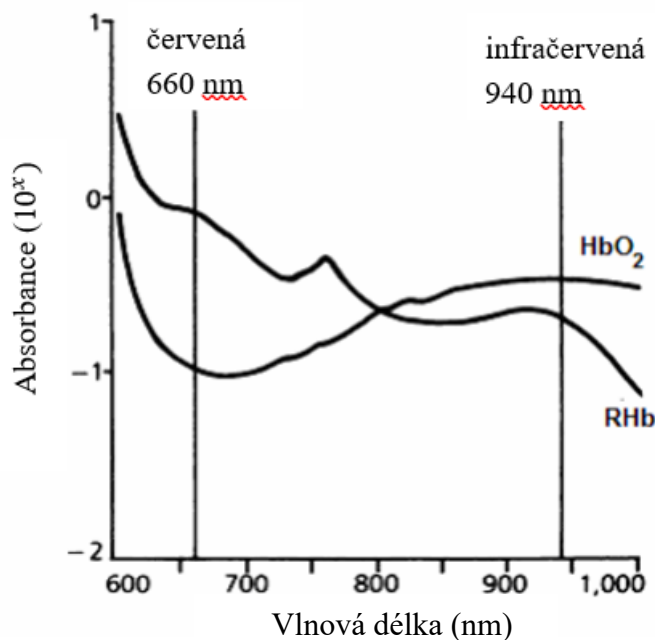
Pro neinvazivní monitoraci tkáňových efektů plicní ventilace je možné sledovat míru saturace krve kyslíkem ( $SpO_2$ ), regionální oxygenace ( $rSO_2$ ) či hodnoty perfuzního indexu (PI) a indexu ORI (oxygen reserve index). Jednotlivé metody monitoringu jsou popsány níže.

### 2.8.1 Saturace krve kyslíkem

Hodnota saturace kyslíkem se určuje pomocí pulsní oxymetrie. Tato metoda spadá do kategorie neinvazivních monitorovacích metod na principu spektrofotometrického stanovení, při níž se měří změny absorpce světla prošlého tkáněmi na základě Lambert-Beerova zákona (1), kde  $A$  (-) představuje absorbanci dané látky při vlnové délce  $\lambda$ ,  $\epsilon$  ( $\text{cm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) je molární absorpční koeficient dané látky při  $\lambda$ ,  $c$  ( $\text{mol/l}$ ) je látková koncentrace dané látky a  $l$  ( $\text{cm}$ ) je tloušťka absorpční vrstvy. Změny jsou zapříčiněny kolísáním množství oxygenované ( $HbO_2$ ) a deoxygenované (RHb) krve.

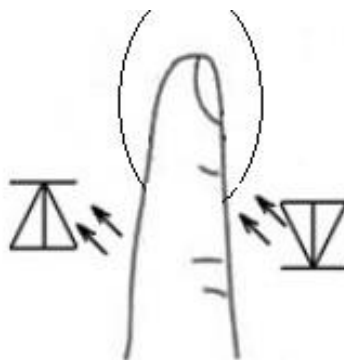
$$A = \epsilon \cdot c \cdot l \quad (1)$$

Nejčastěji se saturace určuje na periférii těla. Klipsu pulzního oxymetru lze umístit na prsty či ušní lalůčky. Na klipse je umístěna světelný emitor (LED dioda), vyzařující záření o dvou rozdílných vlnových délkách (660 a 940 nm), které jsou zvoleny na základě absorpčního spektra  $HbO_2$  a RHb (Obrázek 2.1).



**Obrázek 2.1** Absorpční spektrum RHb a HbO<sub>2</sub> v závislosti na vlnové délce světla

Na protilehlé straně se nachází světelný detektor (fotodioda), na kterou dopadá prošlé záření (Obrázek 2.2).



**Obrázek 2.2** Schématické znázornění klipsy

Následně se vypočítá normalizovaný koeficient R (2) pulsující (AC<sub>R</sub> – absorpce záření v arteriální krvi při λ 660 nm, AC<sub>IR</sub> absorpce záření v arteriální krvi při λ 940 nm) a konstantní složky (DC<sub>R</sub> – absorpce záření ve venózní krvi a tkáních při λ 660 nm, DC<sub>IR</sub> – absorpce záření ve venózní krvi a tkáních při λ 940 nm). Koeficientu R je pak přiřazena hodnota saturace z kalibrační křivky specifické pro daný přístroj.

$$R = \frac{\frac{AC_R}{DC_R}}{\frac{AC_{IR}}{DC_{IR}}} \quad (2)$$

Výsledky nejsou zobrazovány v reálném čase (například detekce poklesu SpO<sub>2</sub> na 90 % při apnoické pauze trvá 94 - 100 sekund). Doba odezvy se liší dle typu přístroje či umístění. Ušní sondy reagují na změnu rychleji než sondy na prstech.

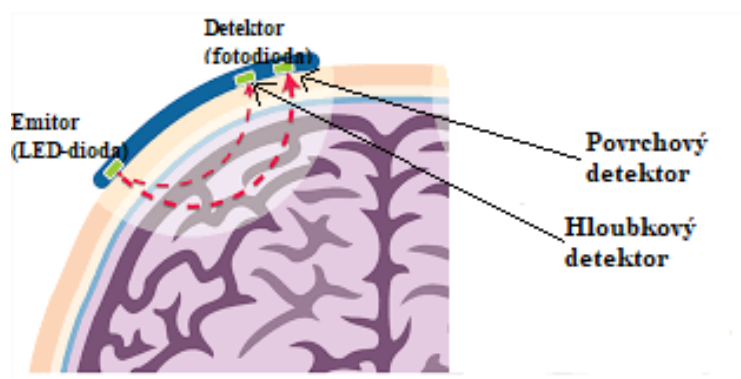
Dále mohou být výsledky ovlivněny zejména pohybovými artefakty, vazokonstrikcí, přítomností většího množství karboxy a methemoglobinu, nízkou perfuzí nebo také nalakovanými nehty či pigmentací kůže. Vzhledem k sigmoidnímu tvaru křivky disociace oxyhemoglobinu může být limitací metody také detekce hypoxémie u pacientů s vysokými hladinami PaO<sub>2</sub>.

Pulsní oxymetrie je velkým pomocníkem při monitoraci nejen neonatologických pacientů. I proto se metoda nadále vyvíjí a prochází mnoha inovacemi. Ty spočívají například v měření na více vlnových délkách či zahrnují filtraci artefaktů. [20][21]

## 2.8.2 Regionální oxygenace

Regionální oxygenace rSO<sub>2</sub> je monitorována pomocí metody blízké infračervené spektroskopie NIRS. Využívá několik vlnových délek z kraje infračerveného spektra elektromagnetického záření. Stejně jako při měření SpO<sub>2</sub> je technika NIRS založena na odlišném absorpčním spektru oksyloženého a deoxygenovaného hemoglobinu znázorněném na Obrázku 2.1. Zásadní rozdíl však spočívá v tom, že pulsni oxymetrie měří saturaci kyslíkem pouze v arteriální krvi, zatímco hodnoty z NIRS představují nasycení kyslíkem také ve smíšené arteriální, kapilární a žilní krvi v poměru přibližně 20:5:75. Další rozdíl je pak v konstrukci (Obrázek 2.3), v případě měření rSO<sub>2</sub> fotodiody měří intenzitu odražených fotonů a nikoli prošlé záření jako je tomu u SpO<sub>2</sub>. Hodnota rSO<sub>2</sub> je počítána pomocí vztahu (3). [22]

$$rSO_2 = \frac{HbO_2}{(HbO_2 + RHb)} \quad (3)$$



Obrázek 2.3 Schéma principu měření pomocí NIRS

V současné době je na trhu dostupných několik zařízení využívajících metodu NIRS. Jejich konstrukce se liší rozsahem vlnových délek, typem a počtem emitorů a také vzdáleností mezi detektorem a emitorem. V důsledku těchto rozdílů jsou naměřené hodnoty neekvivalentní. [2]

Popis nejčastěji používaných přístrojů od různých výrobců a shrnutí konstrukčních rozdílů je uvedeno níže.

### INVOS™ 5100C

Dalším velmi rozšířeným monitorem je INVOS™ 5100C (Medtronic, UK). Nezpochybnitelnou výhodou tohoto přístroje jsou čtyři typy senzorů pro dětské a dospělé pacienty. Senzor je vždy složen ze dvou detektorů a jednoho emitoru vysílajícího záření o vlnových délkách 730 a 810 nm. Na základě použitých vlnových délek je tak možný průnik záření do hloubky maximálně 2 cm. Data jsou následně zaznamenána do paměti přístroje vždy jednou za minutu. Zaznamenaná hodnota představuje medián ze čtyř až šesti hodnot.

Přístroj je vyráběn ve dvou variantách – dvoukanálový a čtyřkanálový. Disponuje pamětí pro 24 hodinový záznam, pokud nedojde k jejich uložení, data se přepíše novými. Nahraná data lze uložit pomocí USB Portu na datové médium a poté je zobrazit v uživatelském rozhraní INVOS™ Analytics Tool, které lze nainstalovat na kterékoli verzi operačního systému Windows (Microsoft, USA). [2] [28]



**Obrázek 2.4 Čtyřkanálový monitor INVOS 5100C se senzory pro neonatologické i dospělé pacienty**

## **FORE-SIGHT**

FORE-SIGHT (CASMED, USA) je také dostupný se čtyřmi senzory jak pro pediatrické tak pro dospělé pacienty. Každý senzor proniká do jiné hloubky z důvodu postavení emitoru vůči dvěma detektorům. Ke zjišťování saturace tkání kyslíkem je použito pět vlnových délek (690, 730, 770, 810, 870 nm). Na základě použitých frekvencí záření proniká do hloubky až 2,5 cm. Přístroj navíc disponuje technologií COOL-LIGHT, která minimalizuje zahřívání tkání. [2] [29]

## **NIRO 200-NX**

Dvoukanálový monitor NIRO-200NX (Hamamatsu Photonics K.K., Japonsko) je uplatňován nejen v neonatologii, ale také při kardiologických výkonech či u záchranné služby. Přístroj stejně jako ostatní pracuje v infračervené oblasti. Jeden emitor vysílá záření o třech vlnových délkách (735, 810, 850 nm), které je po průchodu tkáněmi zachyceno dvěma detektory.

Přístroj po zjištění koncentrace oxygenovaného a deoxygenovaného hemoglobinu a následného výpočtu zaznamenává hodnoty rSO<sub>2</sub>, které jsou však firmou označovány jako oxygenační index TOI. [2] [30]

## **SenSmart X-100**

Přístroj SenSmart (Nonin Medical, USA) kombinuje zaznamenávání průběhů jak regionální oxygenace a periferní saturace krve kyslíkem. Pro získání hodnot jsou využívány čtyři vlnové délky (700, 740, 790, 880 nm) a čtyři velikostně rozdílné senzory dle pacienta. Senzory jsou unikátní tím, že jsou konstruovány nejen ze dvou detektorů ale i ze dvou emitorů. Výrobce udává, že z důvodu dvou LED-diodami je naměřená hodnota regionální oxygenace minimálně ovlivněna tkáňovými nebo povrchovými efekty. [2] [31]

## ROOT O<sub>3</sub>

Monitor ROOT O<sub>3</sub> (Masimo Inc., USA) rovněž zaznamenává regionální oxygenaci i periferní saturaci krve kyslíkem. Nevýhodou se může jevit, že příslušenství nenabízí rozlišení použitých senzorů pro různé věkové skupiny pacientů. Naopak nepopíratelnou výhodou je, že přístroj umožňuje synchronizovat a přehledně zobrazovat data i z jiných přístrojů používaných v intenzivní péči (infuzní pumpa, plicní ventilátor, anesteziologický přístroj). Jako u většiny dostupných přístrojů je záření emitováno z jedné LED-diody se čtyřmi vlnovými délkami (690, 740, 810, 870 nm) a detekováno pomocí dvou fotodiod.

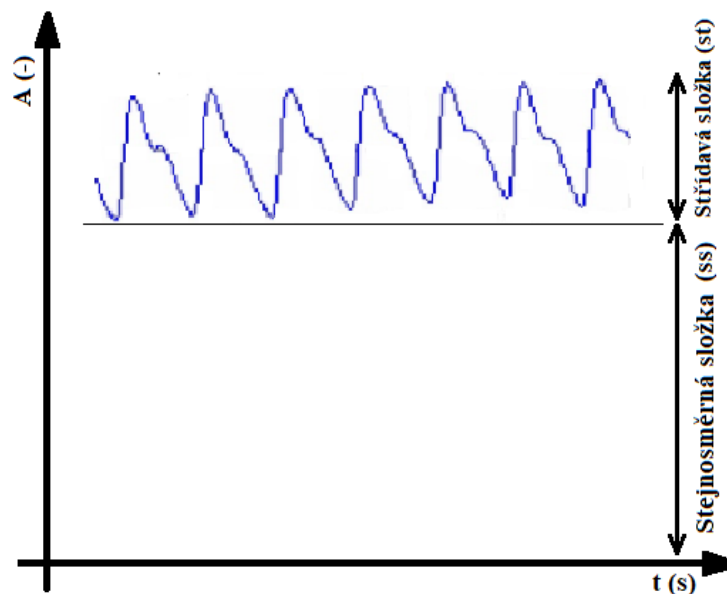
**Tabulka 3 Porovnání přístrojů měřících regionální oxygenaci**

	<b>NIRO 200-NX</b>	<b>INVOS 5100C</b>	<b>FORE- SIGHT</b>	<b>SenSmart X-100</b>	<b>ROOT O<sub>3</sub></b>
Počet emitorů	1	1	1	2	1
Vlnové délky emitovaného záření (nm)	735, 810, 850	730, 810	690, 730, 770, 870	700, 740, 790, 880	690, 740, 810, 870
Počet detektorů	2	2	2	2	2
Měřicí metoda (modifikovaný Lambert-Beerův zákon – MBL*)	MBL*	MBL*	MBL*	MBL*	MBL*

### 2.8.3 Perfuzní index

Perfuzní index (PI) je hodnota získávána pomocí metody pulzní oxymetrie a pletysmografie. Pro měření perfuze periferie jsou využívány prsty u rukou i nohou nebo ušní lalůčky. PI vyjadřuje poměr mezi stejnosměrnou (arteriální a žilní krev, tkáň) a střídavou (pulzující nově okysličená arteriální krev) složkou signálu, která je odvozena od množství absorbovaného infračerveného světla, které prošlo tkáněmi.

Tento vztah vlastně také odráží amplitudu pletysmografické křivky. Index se ale liší od hodnoty  $SpO_2$ , jelikož saturace není ovlivněna perfuzí nebo pohybem.



**Obrázek 2.5 Pletysmografická křivka rozdělena na střídavou a stejnosměrnou složku**

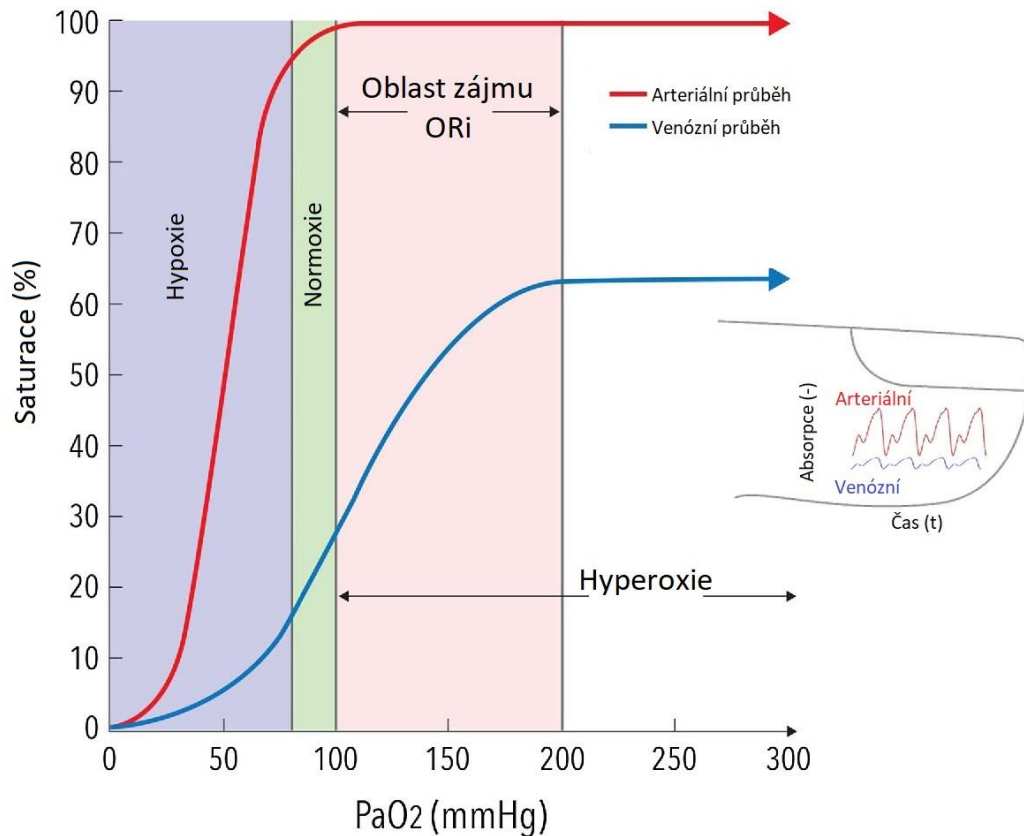
Perfuzní index lze vypočítat dle vztahu (4), kde  $A_{MAX}$  představuje amplitudu střídavé složky a  $A_{MIN}$  minimum pletysmografické křivky.

$$PI = \frac{A_{MAX} - A_{MIN}}{\frac{1}{2}(A_{MAX} + A_{MIN})} \quad (4)$$

Hodnota PI poskytuje informace o hemodynamické stabilitě, závažnosti onemocnění, průtoku v horní duté žíle (v. cava superior), subklinické chorioamnionitidě a v neposlední řadě vypovídá o respiračních funkcích novorozence. Tato hodnota by mohla být cenným nástrojem ke klinickému hodnocení celkového zdravotního stavu novorozence, index perfuze však doposud není součástí běžné monitorace jako například saturace periferie kyslíkem. [23]

## 2.8.4 Parametr ORI

Monitorace hodnoty ORI (oxygen reserve index) se provádí pomocí principu pulzní oxymetrie, která využívá k měření více vlnových délek (Rainbow SET, Masimo Inc., Irvine, Ca., USA). Díky tomu odráží v reálném čase míru oxygenace v úzkém hyperoxním rozmezí PaO<sub>2</sub> 100 – 200 mmHg. [24]



Obrázek 3.5 Oblast měření ORI indexu znázorněna pomocí závislosti SpO<sub>2</sub> na PaO<sub>2</sub>

System detekuje toto rozmezí prostřednictvím změn SvO<sub>2</sub> a SaO<sub>2</sub>. V celém rozmezí od PaO<sub>2</sub> 100 mmHg je SaO<sub>2</sub> maximální tedy konstantní, zatímco SvO<sub>2</sub> se při této hodnotě parciálního arteriálního tlaku kyslíku zvyšuje. Při PaO<sub>2</sub> 200 mmHg pak dosahuje i hodnota žilní saturace fáze plató. [24] [25]



Klasická pulzní oxymetrie využívající pouze dvě vlnové délky dosahuje kvůli sigmoidnímu tvaru disociační křivky oxyhemoglobinu téměř 100 % již při PaO<sub>2</sub> 90 - 100 mmHg a další zvýšení PaO<sub>2</sub> nad tuto úroveň již nemá vliv na naměřenou hodnotu SpO<sub>2</sub>. V důsledku toho, když je SpO<sub>2</sub> ≥ 97 %, hladina PaO<sub>2</sub> může být kdekoliv mezi 90 a 600 mmHg. [24] [25] [26]

Měření ORI indexu tedy přináší značnou výhodu oproti analýze krevních plynů ASTRUP, která je invazivní, přerušovaná a výsledky jsou často zpožděny.

Jedním z největších výhod sledování ORI je možná predikce hypoxie. Dle studie [27] lze předvídat pokles SpO<sub>2</sub> přibližně 30 sekund předem. Při včasném odhalení sníženého okysličení by mělo dojít k minimalizaci komplikací spojených s hypoxií. V současné době je k dispozici ale stále málo údajů o využití ORI a proto jsou další studie nezbytné.

Systém měření ORI není zamýšlen jako náhrada pulzní oxymetrie či ekvivalent měření PaO<sub>2</sub>. Měl by být používán pouze jako doplněk při monitorování pacientova okysličování, kterému je podáván kyslík. Limitací používání ORI může být nedostatečné stínění, vliv faktorů jako pH, teplota, PaCO<sub>2</sub> atd. nebo pokud má pacient z nějakého důvodu narušenou periferní perfuzi (šokový stav, terapie vasopresory, apod.). [25] [27]

### 3 Cíle práce

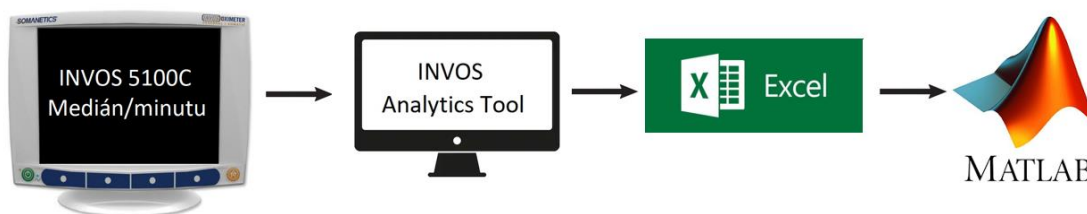
U předčasně narozených je velmi důležité nejen započít s léčebnou péčí ale také monitorovat základní životní funkce, jelikož extrémně nezralí pacienti jsou velmi rizikovou a specifickou skupinou. Standardní technické zázemí u dnes již sofistikovaných inkubátorů představují pouze obvyklé monitorovací systémy a přístroje na poskytování ventilační či oběhové podpory. Data získaná z přístrojů se běžně nesbírají, a pokud ano, nejsou vzájemně časově synchronizovaná.

Pro zkvalitnění péče o takto komplikované pacienty, by bylo vhodné provést observační studii, pro níž by bylo třeba využít stávající monitorovací systémy na oddělení a zároveň implementovat nový systém, měřící  $rSO_2$ . Zaznamenat hodnoty regionální oxygenace 72. hodin po porodu. Následně tyto data analyzovat jako celek či příhodně rozdělit - například na proces adaptace (prvních 12-24 hodin po porodu) a proces stabilizace, jelikož rizika patologií či změny v hodnotách se během prvních třech dní po porodu velmi mění.

Cílem analýzy dat je nalézt v praxi uplatnitelné příznaky, podle kterých by se daly jednotlivé patientské záznamy klasifikovat do klinicky specifických skupin a potvrdit, zda charakteristické projevy jsou signifikantní pro jednotlivé skupiny. K ověření vhodného rozdělení a správnosti informací ze zpracovaných dat je využito následného porovnání zjištěných výsledků s hodnocením lékařů z anamnestické tabulky.

## 4 Vstupní data a metody jejich zpracování

V této kapitole diplomové práce budou popsány použité přístroje, nástroje a metody získávání, zpracování a analýzy patientských dat.

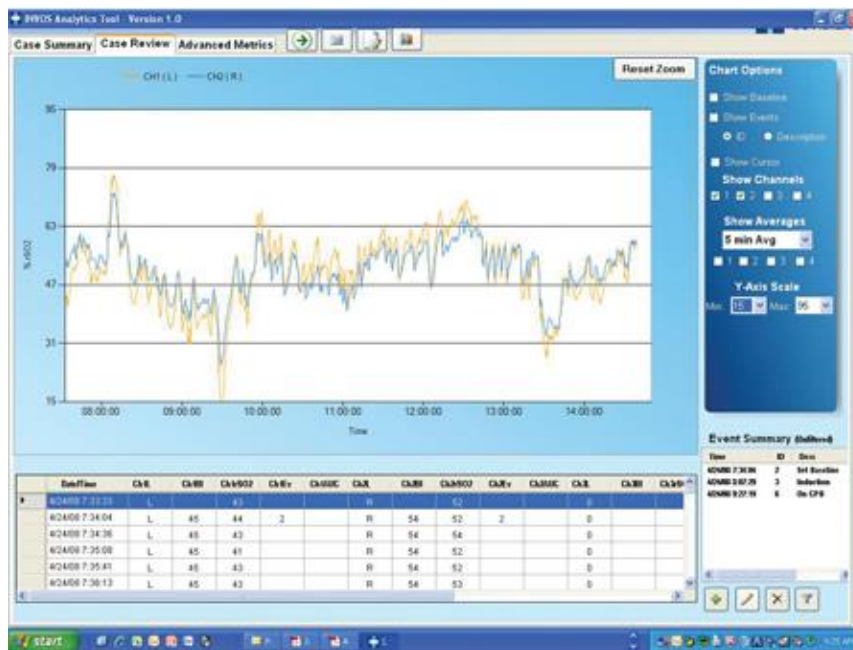


Obrázek 4.1 Diagram zpracování dat

Práce vznikla za podpory Gynekologicko-porodnické kliniky 1. LF UK a VFN v Praze, kde byla vstupní data naměřena. Sběr dat probíhal v období od 29.10.2013 do 19.5.2018 pomocí přístroje INVOS<sup>TM</sup> 5100C (Medtronic, UK). K anonymizovaným datům byla přiložena klíčová anamnestická tabulka, kde jsou o pacientech uvedeny informace o pohlaví, porodní hmotnosti, výskytu IVH, ROP, BPD, NEC/SIP, podání surfaktantu či steroidů, pH pupku a APGAR skóre.

Všechny zpracovávané signály rSO<sub>2</sub> byly naměřeny v průběhu prvních 72 hodin po porodu u celkem 158 extrémně nezralých novorozenců. Hodnoty signálu rSO<sub>2</sub> zaznamenával přístroj v intervalu 4-6 vzorků za minutu. Z těchto vzorků byl vypočten medián za minutu.

Z celkových 158 signálů bylo pro tuto diplomovou práci 109 záznamů použitelných pro analýzu. Hodnotícím kritériem vhodnosti signálů pro následující zpracování byla stejná délka dat, zahájení měření nejpozději do dvou hodin po porodu, absence výpadků delších než 20 minut a časté naměření hodnot mimo škálu. Hodnocení přijatelných signálů pro analýzu probíhalo v INVOS™ Analytics Tool.



Obrázek 4.2 Ukázka uživatelského rozhraní INVOS™ Analytics Tool

109 vybraných záznamů bylo exportováno do souboru s příponou XLS o dvou listech (Obrázek 4.2). Na prvním listu ve sloupcích naměřené hodnoty odpovídající časovému údaji. Na druhém listu jsou pak přiloženy z anamnestické tabulky.

	A	B
121	2:00	76
122	2:01	76
123	2:02	77
124	2:03	76
125	2:04	75
126	2:05	74
127	2:06	74
128	2:07	73
129	2:08	72
130	2:09	72
131	2:10	73
132	2:11	73
133	2:12	71
134	2:13	73
135	2:14	70
136	2:15	67
137	2:16	65
138	2:17	63
139	2:18	64
140	2:19	64
141	2:20	66
142	2:21	68
143	2:22	67
144	2:23	69
145	2:24	69
146	2:25	70
147	2:26	71

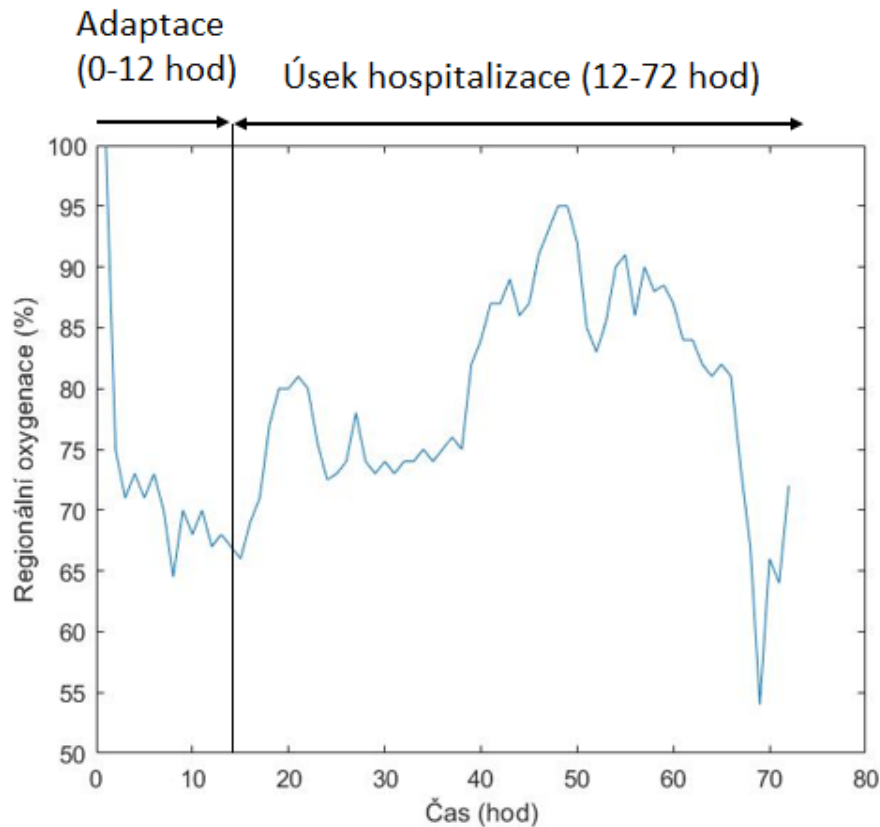
  

	A	B	C	D
1	Vlastnost	Hodnota		
2	Počet pacientů	1		
3	Apgar	[2, 6, 8]		
4	Gestační t.	median: 183 max/min: 183/183		
5	Porodní h.			
6	pH pupku	median: 7.4 max/min: 7.4/7.4		
7	IVH během 72. hod. (+ st.)	1x4.0,		
8	Liometacen	1xN,		
9	TRF během 72 hod.	1xA,		
10	chorioamnioitida	1xA,		
11	ex uterero A/N	1xN,		
12	pohlaví (M/F)	1xM,		
13	smrt	1xA,		
14	steroidy antepartum	1x1.0,		
15	surf na odd. A/N	1xN,		
16	surfactant na PS A/N	1xA,		
17	vag/s.c.	1xs.c.,		
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				

**Obrázek 4.3 Ukázka .XLS souboru (na levé straně List1, na pravé straně List2)**

Následně byl v Matlabu R2019a (MathWorks, USA) vytvořen skript (Příloha A), pomocí něhož byla data načtena z excelovského souboru a převedena do vektorů, přičemž byla zachována časová synchronizace. Krátké výpadky do 20 minut byly nahrazeny hodnotami pomocí extrapolace. Poté byl signál rozdělen do dvou úseků.

První úsek byl nazván *Adaptace* a zahrnuje signál v časovém rozmezí 0 – 12 hodin po porodu. Signál zaznamenaný od 12 do 72 hodin po porodu obsahuje úsek *Hospitalizace*. (Obrázek 4.3)



**Obrázek 4.4 Ilustrační průběh signálu regionální oxygenace po dobu 72 hodin a jeho rozdělení na úsek *Adaptace* a *Hospitalizace***

Toto rozdělení bylo provedeno z důvodu, že během prvních 12 hodin po porodu je signál ovlivněn mnoha vlivy, mezi něž patří zejména transport pacienta z porodního sálu, intervence na oddělení neonatologické JIP a veškerá manipulace s pacientem. Ihned po porodu je třeba novorozence zvážít, polohovat, případně intubovat, přičemž může docházet k odpojování senzorů a výpadkům signálu. Proto byly pro další zpracování z úseku *Adaptace* vyřazeny první dvě hodiny signálu, aby se minimalizovalo riziko zkreslení výše zmíněnými výpadky signálu či artefakty při manipulaci s pacientem. Tento úsek 2 – 12 hodin po porodu by dle předpokladu mohl pak více poukazovat na souvislosti se způsobem porodu, APGAR skóre, které je určeno během 10 minut po porodu či jednorázovým podáním surfaktantu oproti následujícímu úseku *Hospitalizace*.

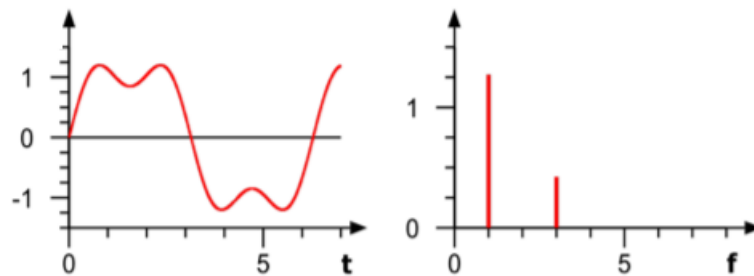
V časovém rozmezí 12 – 72 hodin (úsek *Hospitalizace*) se pak při dobrém zdravotním stavu novorozence dá předpokládat stabilizace novorozence a tedy i stabilizace signálu

regionální oxygenace. Tento předpoklad se zakládá na snaze docílit pro novorozence neměnného vnějšího prostředí (teplota, vlhkost, hluk apod.), jelikož je velmi citlivý na jakékoliv změny.

Zhoršení zdravotního stavu - rozvoj IVH, ROP či výskyt jiných zdravotních komplikací, které vyžadují další lékařské intervence, zapříčiní větší variabilitu signálu, což je parametr, který lze identifikovat.

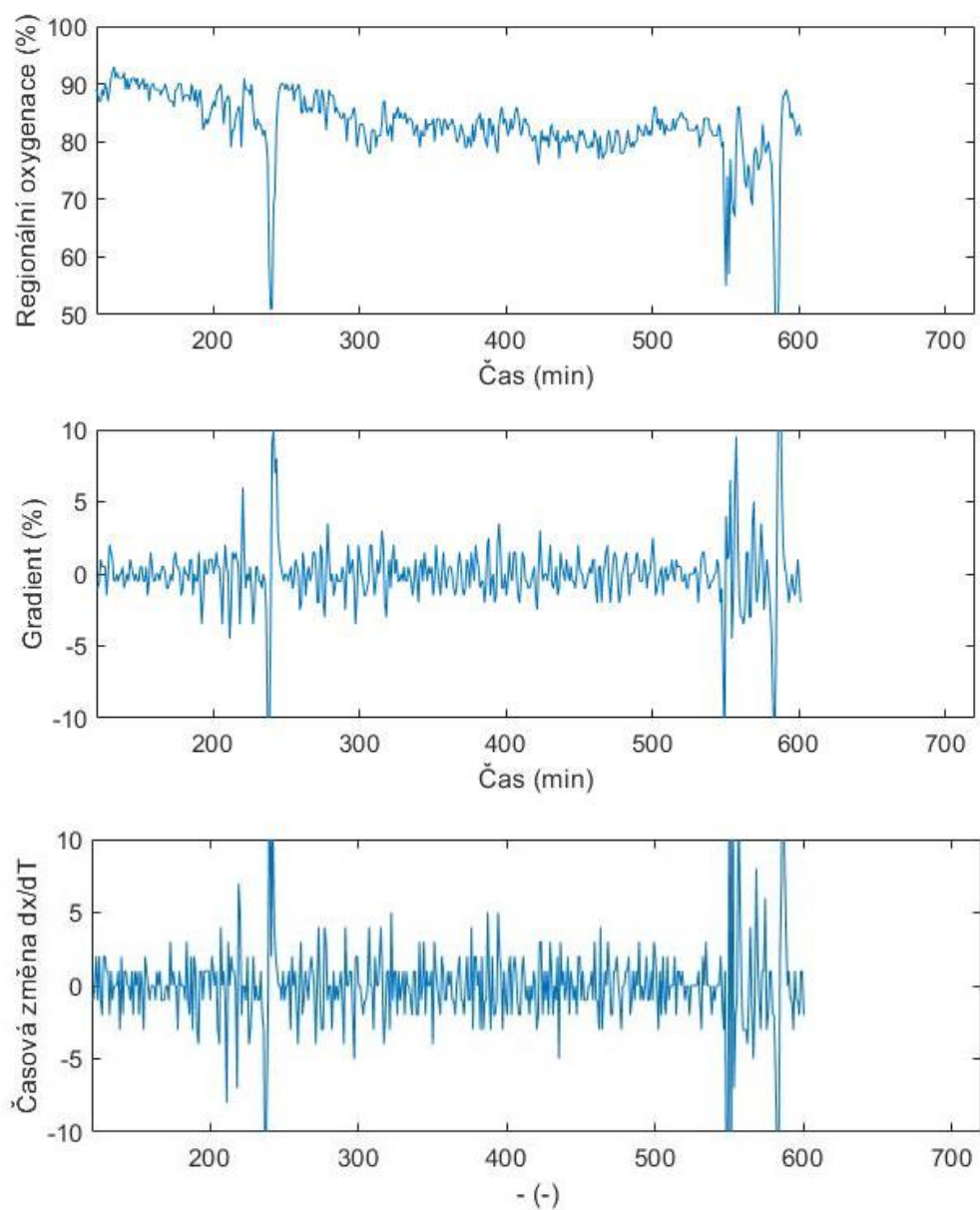
Následně byly pro každý úsek vypočítány parametry charakterizující průběhy signálu (Příloha A). Parametry byly pro každého pacienta uloženy do tabulky a následně normalizovány. Hodnoty parametrů - dominantní frekvence, průměrného gradientu, maximální derivace signálu podle času ( $dx/dT$ ) a variability posloužily jako vstupní data do shlukové analýzy. Tyto parametry byly zvoleny z důvodu zásadních informací, kterou poskytují o signálu (časové řadě).

Dominantní frekvence, která byla zjištěna pomocí 2D Fourierovy transformace, poskytuje informaci o nejčastější frekvenci harmonických složek signálu.



**Obrázek 4.5 Ilustrační schéma Fourierovy transformace (Vlevo analyzovaný signál, vpravo určené dominantní frekvence)**

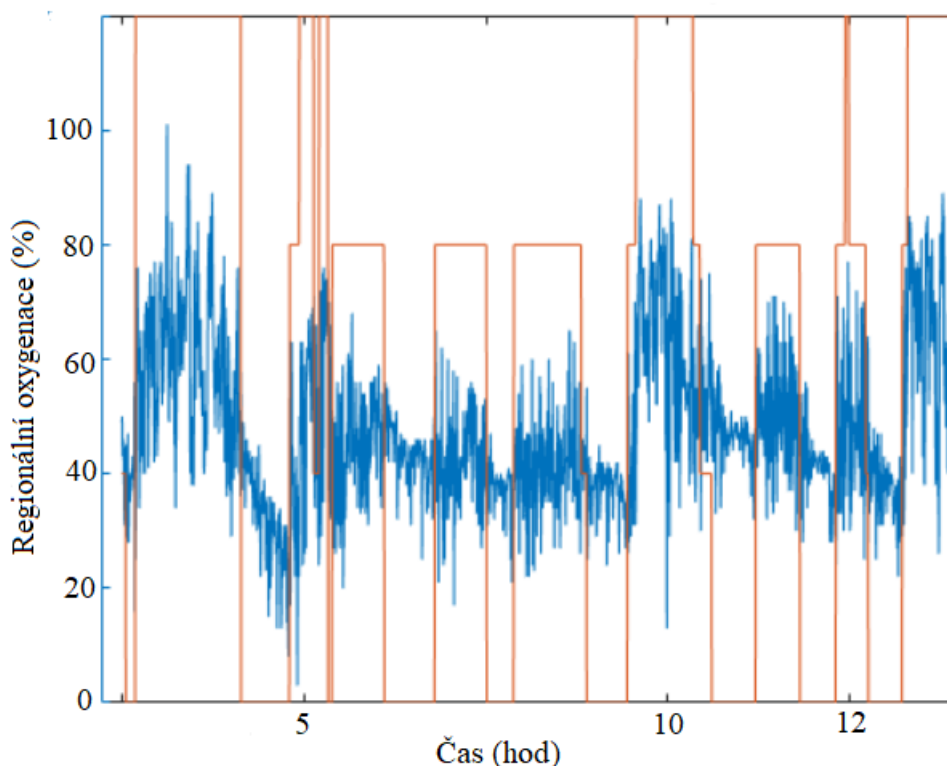
Průměrný gradient udává informaci o směru a velikosti změn, zatímco derivace signálu ( $dx/dT$ ) vyjadřuje rychlost této změny.



**Obrázek 4.6** Ukázka vypočtených gradientů a časových změn ze signálu  $rSO_2$



K analýze časově proměnné variability signálu bylo pak využito 2D vlnkové transformace (Haar), pomocí níž lze získat údaj o příspěvcích zastoupených frekvencí do variability analyzovaného signálu v čase.



**Obrázek 4.7** Ukázka Haarovy transformace (červeně) na signálu  $rSO_2$

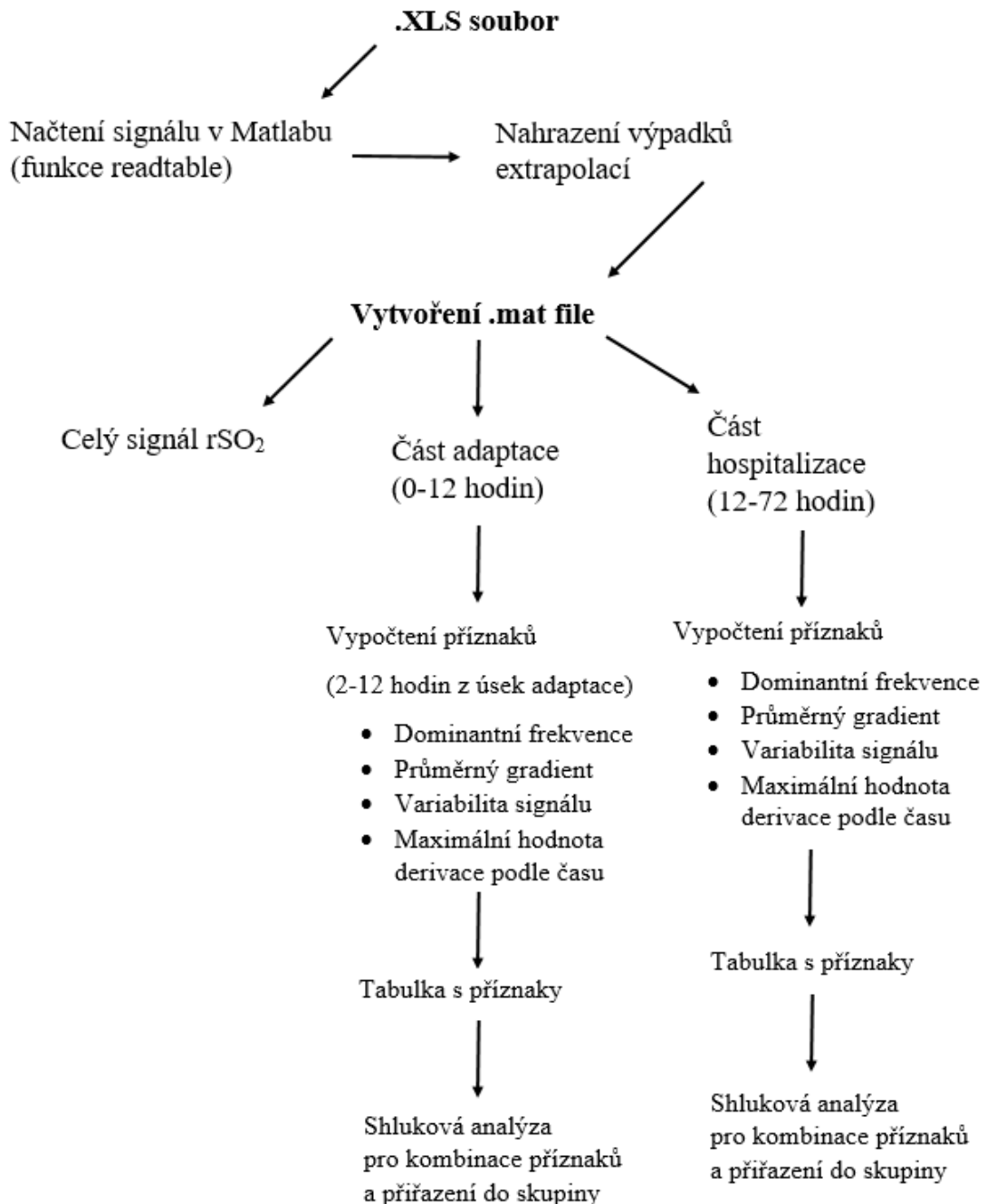
Shluková analýza byla provedena jak pro úsek adaptace, tak pro úsek hospitalizace pětkrát, přičemž byly měněny vstupní data. Jednotlivé kombinace vstupních parametrů jsou uvedeny v Tabulce 3.

**Tabulka 4** Přehled vstupních parametrů pro jednotlivé shlukové analýzy pro oba úseky

Shluková analýza	Vstupní parametry
Číslo 1	Dominantní frekvence, variabilita
Číslo 2	Dominantní frekvence, maximální $dx/dT$
Číslo 3	Dominantní frekvence, prům. gradient
Číslo 4	Průměrný gradient, variabilita
Číslo 5	Průměrný gradient, maximální $dx/dT$
Číslo 6	Maximální $dx/dT$ , variabilita

Posledním krokem je určení procentuální úspěšnosti rozřazení pacientů v závislosti na jednoznačně měřitelných parametrech z anamnestické tabulky. Pro porovnání byly vybrány pouze některé parametry definující zdravotní stav novorozence.

Tento krok byl zvolen z důvodu minimalizace zkreslení výsledků porovnáváním pacientů včetně nejednoznačně měřitelných parametrů. Zvoleny byly následující parametry: APGAR skóre v 5. minutě, rozvoj a potažmo stupeň IVH a ROP, podání surfaktantu a způsob porodu.



Obrázek 4.8 Schématické znázornění zpracování jednoho patientského záznamu

## 5 Výsledky

Každá kombinace příznaků (Tabulka 3) pro shlukovou analýzu byla použita jako pro úsek Adaptace, tak pro úsek Hospitalizace, při níž byly úseky rozděleny do dvou nebo tří skupin dle vhodnosti. Následně je určeno procentuální zastoupení skupiny pro každý vybraný příznak a úspěšnost identifikace jevu z celkového počtu.

**Tabulka 5 Výběr parametrů z anamnestické tabulky použitý pro porovnání vhodnosti rozřazení jednotlivých částí signálu**

Úsek adaptace	Úsek hospitalizace
APGAR 5. minuta	Výskyt a stupeň IVH
Podání surfaktantu	Výskyt a stupeň ROP
Způsob porodu	

### Shrnutí anamnestické tabulky

Přírozenou cestou přišlo na svět 41 novorozenců a 50 se narodilo pomocí císařského řezu. Informace o způsobu porodu byla tedy uvedena u 91 pacientů z celkových 109.

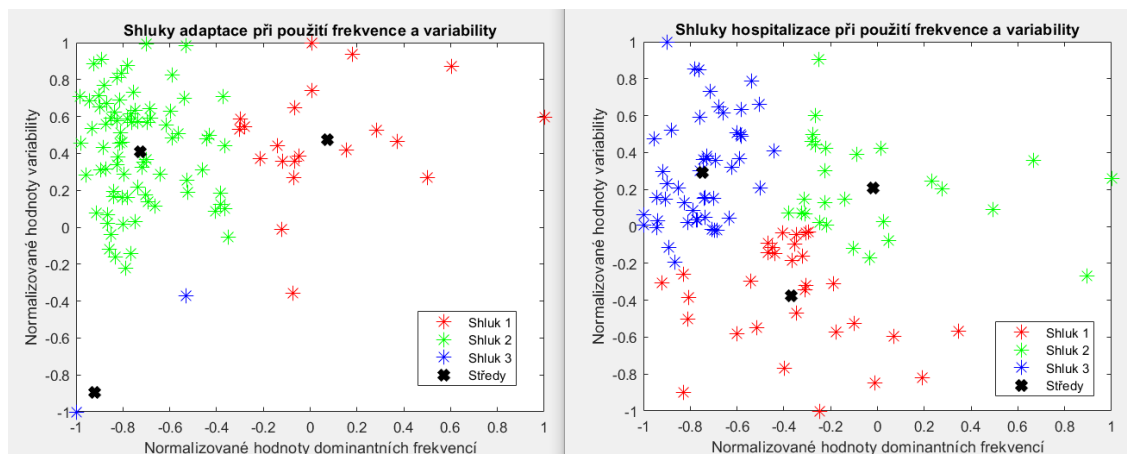
Taktéž byly u 91 záznamů dostupné informace o podání surfaktantu, které bylo zapotřebí v 65 případech oproti 26.

Dle skóre APGAR bylo hodnoceno 35 normálních novorozenců, 49 s lehkou a 6 s těžkou porodní asfyxií z celkových 90 zaznamenaných.

Údaj o výskytu a stupni IVH uveden u 91 pacientů. Z celkového počtu se u 50 novorozenců IVH nerozvinulo, ve 27 případech dosáhlo stupně 1 a 2. Nejzávažnější stupeň 3 a 4 byl diagnostikován u 14 pacientů.

ROP nebyla diagnostikována u 30 případů z celkem 72 zaznamenaných. Stupeň 1 a 2 ROP postihl 34 pacientů, zatímco stupeň 3 a 4 pouze 8.

## 5.1 Vstupní parametr dominantní frekvence a variabilita



Obrázek 5.1 Grafické znázornění vytvoření shluků pro oba úseky signálu

### Úsek adaptace

Tabulka 6 Četnosti pacientů v jednotlivých shlucích

<b>Shluk 1</b>	<b>22</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>81</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>6</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

Tabulka 7 Hodnoty procentuálního rozložení skóre APGAR v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu (kolik případů bylo správně odhaleno)

APGAR skóre	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
8 - 10	45,00	25,71	35,94	65,71	50,00	8,57
7 - 4	55,00	22,45	56,25	73,47	33,33	4,08
< 3	-	-	7,81	83,33	16,67	16,67

**Tabulka 8 Hodnoty procentuálního rozložení, zda byl nebo nebyl podán novorozenci surfaktant, v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

Podání surfaktantu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
ANO	75,00	23,08	72,31	72,31	50,00	4,62
NE	25,00	19,23	27,69	69,23	50,00	11,54

**Tabulka 9 Hodnoty procentuálního rozložení způsobu porodu v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu způsobu**

Způsob porodu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Přirozený	35,00	17,07	49,23	78,05	33,33	4,88
Císařský řez	65,00	26,00	50,77	66,00	66,67	8,00

### Úsek hospitalizace

**Tabulka 10 Relativní četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>32</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>27</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>50</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

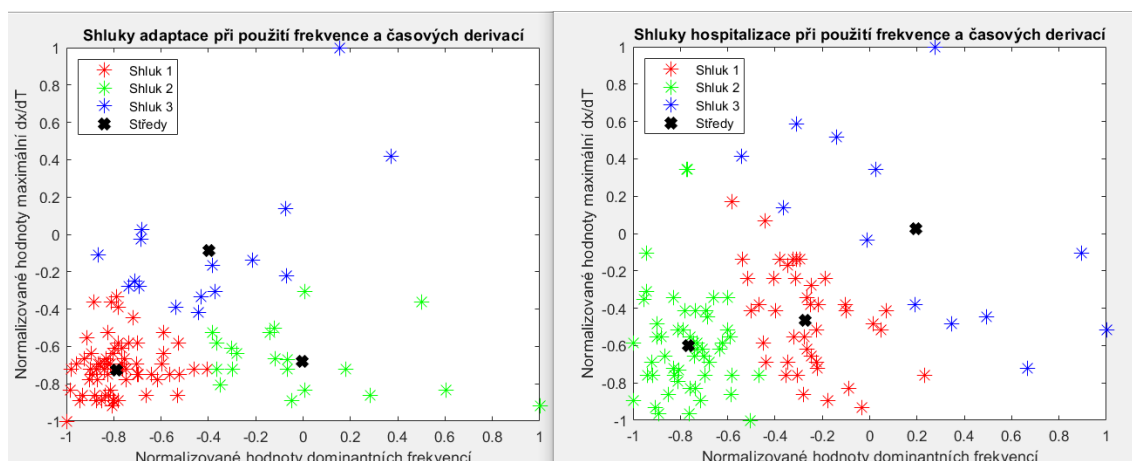
**Tabulka 11 Hodnoty procentuálního rozložení výskytu retinopatie v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

ROP	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	55,00	36,67	31,58	20,00	39,39	43,33
Stupeň 1,2	35,00	20,59	57,89	32,35	48,48	47,06
Stupeň 3,4	10,00	25,00	10,53	25,00	12,12	50,00

**Tabulka 12** Hodnoty procentuálního rozložení výskytu intraventriculárního krvácení v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu

IVH	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	48,15	26,00	69,57	32,00	51,22	42,00
Stupeň 1,2	33,33	33,33	21,74	18,52	31,71	48,15
Stupeň 3,4	18,52	35,71	8,70	14,29	17,07	50,00

## 5.2 Vstupní parametr dominantní frekvence a maximální derivace signálu podle času



**Obrázek 5.2** Grafické znázornění vytvoření shluků pro oba úseky signálu

### Úsek adaptace

**Tabulka 13** Četnosti pacientů v jednotlivých shlucích

Shluk 1	71
Shluk 2	21
Shluk 3	17
Celkem	109

**Tabulka 14 Hodnoty procentuálního rozložení skóre APGAR v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

APGAR skóre	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
8 - 10	42,60	65,71	31,58	17,14	35,29	17,14
7 - 4	53,70	59,18	68,42	26,53	41,18	14,29
< 3	3,70	33,33	-	-	23,53	66,67

**Tabulka 15 Hodnoty procentuálního rozložení, zda byl nebo nebyl podán novorozenci surfaktant, v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

Podání surfaktantu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
ANO	65,45	55,38	78,95	23,08	82,35	21,54
NE	34,55	73,08	21,05	15,38	17,65	11,54

**Tabulka 16 Hodnoty procentuálního rozložení způsobu porodu v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu způsobu**

Způsob porodu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Přirozený	47,27	63,41	26,32	12,20	58,82	24,39
Císařský řez	52,73	58,00	73,68	28,00	41,18	14,00

### Úsek hospitalizace

**Tabulka 17 Četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>43</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>53</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>13</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

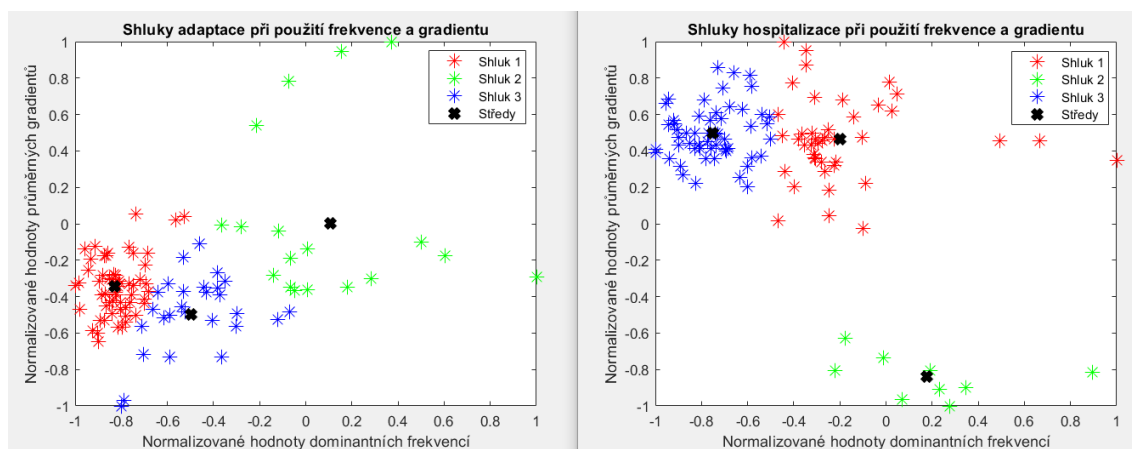
**Tabulka 18** Hodnoty procentuálního rozložení výskytu retinopatie v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu

ROP	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	41,38	40,00	45,71	53,33	25,00	6,67
Stupeň 1,2	44,83	38,24	42,86	44,12	75,00	17,65
Stupeň 3,4	13,79	50,00	11,43	50,00	-	-

**Tabulka 19** Hodnoty procentuálního rozložení výskytu intravetrikulárního krvácení v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu

IVH	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	64,86	48,00	48,84	42,00	45,45	10,00
Stupeň 1,2	24,32	33,33	32,56	51,85	36,36	14,81
Stupeň 3,4	10,81	28,57	18,60	57,14	18,18	14,29

### 5.3 Vstupní parametr dominantní frekvence a průměrného gradientu



**Obrázek 5.3** Grafické znázornění vytvoření shluků pro oba úseky signálu



## Úsek adaptace

**Tabulka 20 Relativní četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>61</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>19</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>29</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

**Tabulka 21 Hodnoty procentuálního rozložení skóre APGAR v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

APGAR skóre	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
8 - 10	44,68	60,00	35,29	17,14	30,77	22,86
7 - 4	51,06	48,98	64,71	22,45	53,85	28,57
< 3	4,26	33,33	-	-	15,38	66,67

**Tabulka 22 Hodnoty procentuálního rozložení, zda byl nebo nebyl podán novorozenci surfaktant, v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

Podání surfaktantu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
ANO	63,83	46,15	76,47	20,00	81,48	33,85
NE	36,17	65,38	23,53	15,38	18,52	19,23

**Tabulka 23 Hodnoty procentuálního rozložení způsobu porodu v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu způsobu**

Způsob porodu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Přirozený	46,81	53,66	29,41	12,20	51,85	34,15
Císařský řez	53,19	50,00	70,59	24,00	48,15	26,00

## Úsek hospitalizace

**Tabulka 24 Relativní četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>43</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>9</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>57</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

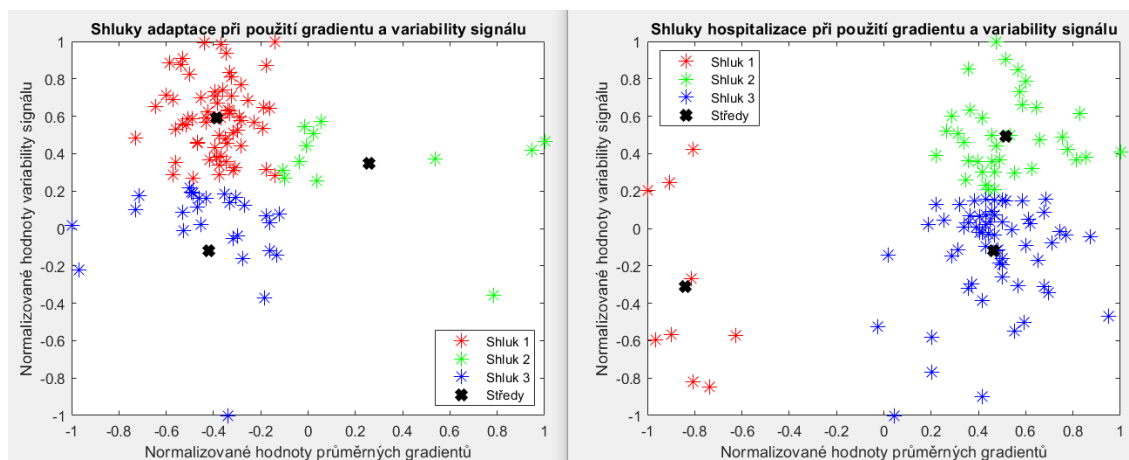
**Tabulka 25 Hodnoty procentuálního rozložení výskytu retinopatie v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

ROP	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	48,39	50,00	-	-	41,67	50,00
Stupeň 1,2	38,71	35,29	100	14,71	47,22	50,00
Stupeň 3,4	12,90	50,00	-	-	11,11	50,00

**Tabulka 26 Hodnoty procentuálního rozložení výskytu intravetrikulárního krvácení v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

IVH	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	56,41	44,00	83,33	10,00	50,00	46,00
Stupeň 1,2	33,33	48,15	-	-	30,43	51,85
Stupeň 3,4	10,26	28,57	16,67	7,14	19,57	64,29

## 5.4 Vstupní parametr průměrný gradient a variabilita



Obrázek 5.4 Grafické znázornění vytvoření shluků pro oba úseky signálu

### Úsek adaptace

Tabulka 27 Četnosti pacientů v jednotlivých shlucích

<b>Shluk 1</b>	<b>64</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>12</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>33</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

Tabulka 28 Hodnoty procentuálního rozložení skóre APGAR v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu

APGAR skóre	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
8 - 10	44,00	62,86	33,33	11,43	32,14	25,71
7 - 4	50,00	51,02	66,67	16,33	57,14	32,65
< 3	6,00	50,00	-	-	10,71	50,00

**Tabulka 29 Hodnoty procentuálního rozložení, zda byl nebo nebyl podán novorozenci surfaktant, v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

Podání surfaktantu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
ANO	72,00	55,38	75,00	13,85	68,97	30,47
NE	28,00	53,85	25,00	11,54	31,03	34,62

**Tabulka 30 Hodnoty procentuálního rozložení způsobu porodu v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu způsobu**

Způsob porodu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Přirozený	37,50	36,59	25,00	7,32	44,83	31,71
Císařský řez	62,50	50,00	75,00	18,00	55,17	32,00

### Úsek hospitalizace

**Tabulka 31 Relativní četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>9</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>37</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>63</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

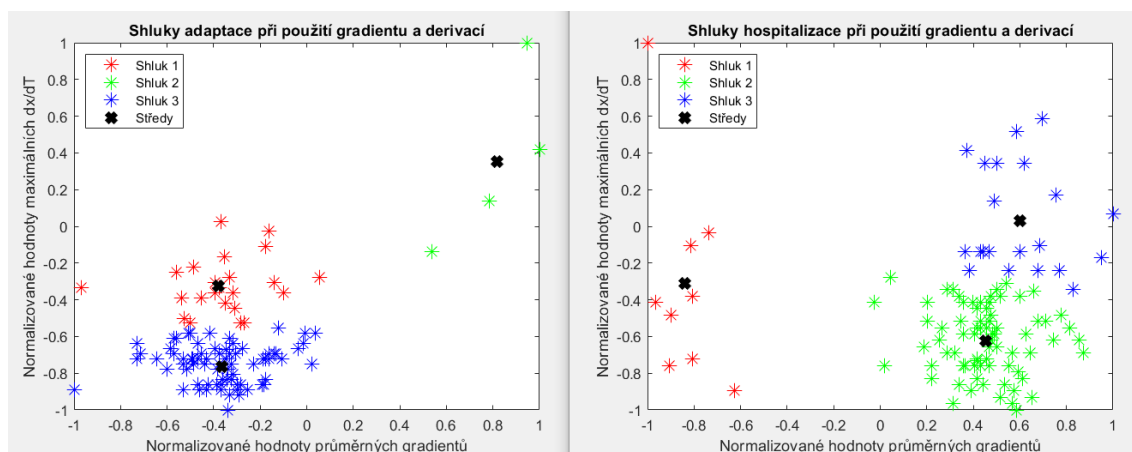
**Tabulka 32 Hodnoty procentuálního rozložení výskytu retinopatie v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

ROP	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	-	-	28,57	20,00	52,17	80,00
Stupeň 1,2	100,00	14,71	57,14	35,29	36,96	50,00
Stupeň 3,4	-	-	14,29	37,50	10,87	62,50

**Tabulka 33** Hodnoty procentuálního rozložení výskytu intraventriculárního krvácení v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu

IVH	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	83,33	10,00	60,71	34,00	49,12	56,00
Stupeň 1,2	-	-	25,00	25,93	35,09	74,07
Stupeň 3,4	16,67	7,14	14,29	28,57	15,79	64,29

## 5.5 Vstupní parametr průměrný gradient a maximální derivace signálu podle času



**Obrázek 5.5** Grafické znázornění vytvoření shluků pro oba úseky signálu

### Úsek adaptace

**Tabulka 34** Četnosti pacientů v jednotlivých shlucích

<b>Shluk 1</b>	<b>26</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>4</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>79</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

**Tabulka 35 Hodnoty procentuálního rozložení skóre APGAR v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

APGAR skóre	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
8 - 10	36,00	25,71	50,00	5,71	39,34	68,57
7 - 4	48,00	24,49	50,00	4,08	57,38	71,43
< 3	16,00	66,67	-	-	3,28	33,33

**Tabulka 36 Hodnoty procentuálního rozložení, zda byl nebo nebyl podán novorozenci surfaktant, v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

Podání surfaktantu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
ANO	80,00	30,77	100,00	6,15	66,13	63,08
NE	20,00	19,23	-	-	33,87	80,77

**Tabulka 37 Hodnoty procentuálního rozložení způsobu porodu v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu způsobu**

Způsob porodu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Přirozený	48,00	29,27	50,00	4,88	43,55	65,85
Císařský řez	52,00	26,00	50,00	4,00	56,45	70,00

### Úsek hospitalizace

**Tabulka 38 Relativní četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>9</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>79</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>21</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

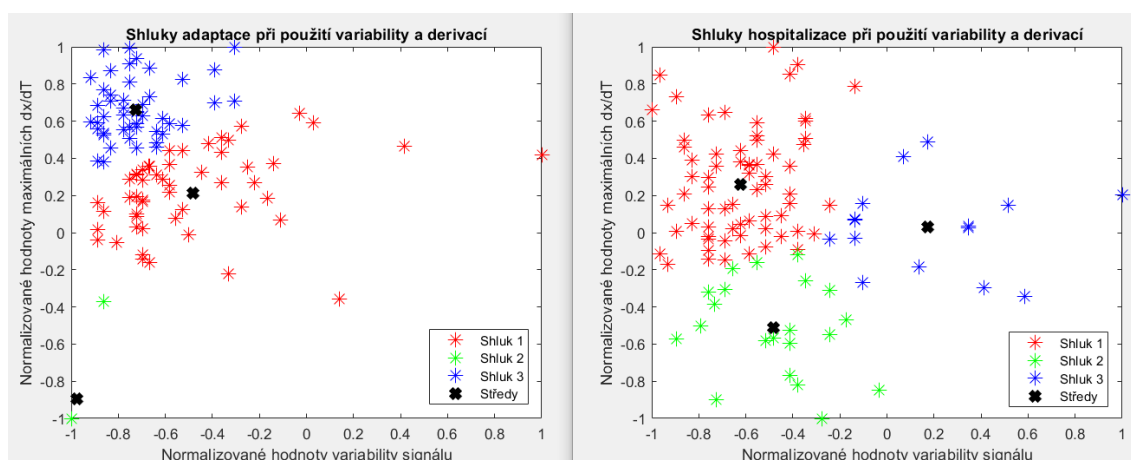
**Tabulka 39** Hodnoty procentuálního rozložení výskytu retinopatie v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu

ROP	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	-	-	47,17	83,33	35,71	16,67
Stupeň 1,2	100,00	14,71	39,62	61,76	57,14	23,53
Stupeň 3,4	-	-	13,21	87,50	7,14	12,50

**Tabulka 40** Hodnoty procentuálního rozložení výskytu intravetrikulárního krvácení v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu

IVH	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	83,33	10,00	54,69	70,00	47,62	20,00
Stupeň 1,2	-	-	29,69	70,37	38,10	29,63
Stupeň 3,4	16,67	7,14	15,62	71,43	14,28	21,43

## 5.6 Vstupní parametr variabilita a maximální derivace signálu podle času



**Obrázek 5.6** Grafické znázornění vytvoření shluků pro oba úseky signálu

## Úsek adaptace

**Tabulka 41 Relativní četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>19</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>28</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>62</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

**Tabulka 42 Hodnoty procentuálního rozložení skóre APGAR v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

APGAR skóre	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
8 - 10	33,33	17,14	34,78	22,86	42,86	60,00
7 - 4	55,55	20,41	60,87	28,57	51,02	51,02
< 3	11,11	33,33	4,35	16,00	6,12	50,00

**Tabulka 43 Hodnoty procentuálního rozložení, zda byl nebo nebyl podán novorozenci surfaktant, v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

Podání surfaktantu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
ANO	77,78	21,54	66,67	24,62	71,43	53,85
NE	22,22	15,38	33,33	30,77	28,57	53,85

**Tabulka 44 Hodnoty procentuálního rozložení způsobu porodu v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu způsobu**

Způsob porodu	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Přirozený	44,44	19,51	41,67	24,39	46,94	56,01
Císařský řez	55,56	20,00	58,33	28,00	53,06	52,00



## Úsek hospitalizace

**Tabulka 45 Relativní četnosti pacientů v jednotlivých shlucích**

<b>Shluk 1</b>	<b>63</b>
<b>Shluk 2</b>	<b>29</b>
<b>Shluk 3</b>	<b>17</b>
<b>Celkem</b>	<b>109</b>

**Tabulka 46 Hodnoty procentuálního rozložení výskytu retinopatie v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

ROP	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	40,00	53,33	47,37	30,00	38,46	16,67
Stupeň 1,2	47,50	55,88	42,11	23,53	53,85	20,59
Stupeň 3,4	12,50	62,5	10,53	25,00	7,69	12,50

**Tabulka 47 Hodnoty procentuálního rozložení výskytu intravetrikulárního krvácení v rámci jednotlivých shluků a vůči celkovému výskytu**

IVH	SHLUK 1		SHLUK 2		SHLUK 3	
	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)	V shluku (%)	Z celku (%)
Žádné	56,86	58,00	60,87	28,00	41,18	14,00
Stupeň 1,2	29,41	55,56	26,09	22,20	35,29	22,22
Stupeň 3,4	13,73	50,00	13,04	21,40	23,53	28,57

## 6 Diskuze

Tato diplomová práce pojednává o přístupu k datům regionální oxygenace a jejich zpracování se zaměřením na úzkou skupinu předčasně narozených novorozenců. Potřeba zabývat se tímto tématem pramení především z klinického požadavku zdokonalování interpretace dat a monitorace, při níž je kladen důraz zejména na neinvazivní metody a zachování přístupu k pacientovi. První přístroj na měření regionální oxygenace byl představen v 70. letech 20. století, avšak do praxe se začíná dostávat teprve v současnosti.

Prvním problémem u měření  $rSO_2$  je interpretace dat, jelikož pro tuto metodu neexistuje standard či stanovení doporučující mezní hodnoty odpovídající zdravotnímu stavu pacientu. Přístroje, které jsou v současnosti dostupné na trhu, si nejsou ekvivalentní, což představuje druhý problém. Tyto rozdílnosti jsou způsobeny volbou různých vlnových délek záření, které prosvicují tkáň, různým počtem detektorů a emitorů, a jejich vzájemná vzdálenost (Kapitola 2.8.2). Porovnání jednotlivých přístrojů se věnují studie [2] [3], jejichž výsledkem je, že rozdíl mezi naměřenými hodnotami může dosahovat až 12 %.

Z výše uvedených důvodů se přistoupilo k datům jako k trendovým a ne absolutním hodnotám. V této práci bylo pracováno se 109 patientskými záznamy cerebrální regionální oxygenace, které byly naměřeny na přístroji INVOS™ 5100C (Kapitola 2.8.2).

Výstupem této diplomové práce je software, který umožňuje analýzu těchto signálů s cílem probádat skupiny pacientů s různými diagnózami a potvrdit či vyvrátit, zda se dají nalézt charakteristické projevy, které jsou signifikantní pro jednotlivé skupiny. To by v budoucnosti mohlo znamenat velký přínos a usnadnění používání přístrojů pro měření regionální oxygenace. Předpokladem této práce je, že odlišné zdravotní stavy či diagnózy mají odlišný průběh naměřených hodnot  $rSO_2$ .

Výsledky byly zpracovány pro kombinaci několika parametrů charakterizujících průběhy úseků signálu (úsek Adaptace, Hospitalizace), podle nichž byli pacienti rozděleni do tří skupin a následně porovnávány s údaji o jejich zdravotním stavu z anamnestické tabulky (Kapitola 5).

## 6.1 Úseky adaptace

Největší vliv na rozdělení do skupin mělo dle výsledků APGAR skóre. Nejméně přesné rozřazení vykazovala shluková analýza se vstupními parametry variability signálu a průměrného gradientu (Tabulka 27) a časové derivace (Tabulka 41). U všech ostatních kombinací vstupních parametrů byla nejlépe identifikována těžká porodní asfyxie, tedy APGAR skóre 3 a níže. Tento zdravotní stav nejlépe odhalila shluková analýza, jež měla na vstupu hodnoty dominantních frekvencí a variability signálu a to z 83,3 %. Všechny ostatní kombinace vstupních hodnot určili těžkou porodní asfyxií s 66,67% úspěšností (Tabulka 6, 13, 20, 34). Novorozenci, kteří byli pomocí APGAR skóre hodnoceni jako normální či s lehkou porodní asfyxií nebyli rozlišeni.

Druhým faktorem značně ovlivňujícím průběh cerebrální regionální oxygenace je, zda je novorozenci podán surfaktant. Rozlišení pacientů, kterým byl surfaktant podán vůči skupině, kterým surfaktant podán nebyl, nebylo vhodné se vstupními parametry variability signálu a průměrnými gradienty (Tabulka 27) a časovými derivacemi (Tabulka 41). Nejvhodnější se v tomto případě jeví vstupní hodnoty časových derivací společně s dominantními frekvencemi (Tabulka 13) a průměrnými gradienty (Tabulka 34). Při podání surfaktantu se totiž zlepší poddajnost plic a tím dochází k lepší oxygenaci. Aby se dal tento vliv na oběhovou soustavu lépe vysvětlit, bylo by potřeba sledovat i další parametry životních funkcí (např. tepová frekvence, srdeční výdej). V tomto případě tedy  $rSO_2$  pro diagnostické potřeby nelze používat izolovaně ale v souvislosti s ostatními parametry hodnotící životní funkce pacienta.

Způsob porodu zřejmě pro průběh regionální oxygenace není významným. Ve skupinách byly dle jejich velikosti rozděleny jak pacienti, kteří se narodili pomocí císařského řezu, tak ti, kteří přišli na svět v průběhu fyziologického porodu. Největší procentuální rozdíl v rámci skupin byl 15,8 % při rozřazení pomocí dominantní frekvence a maximální časové derivace. Naopak nejmenší rozdíly byly nalezeny u skupin vytvořených pomocí časových derivací s průměrnými gradienty (4,15 %) a variabilitou signálu (4,1 %).

Z výše uvedeného vyplývá, že pro úsek adaptace zřejmě není vhodná analýza pomocí kombinace hodnot průměrných gradientů a variabilit signálu.

## 6.2 Úseky hospitalizace

Analýza úseků hospitalizace měla poukázat na změny v signálu cerebrální regionální oxygenace při vzniku a různě závažnému rozvoji IVH či ROP. Pacienty bez patologie a s patologií 1. až 2. stupně se nezdařilo rozeznat, taktéž minimální rozdíly byly u postižených 1. - 2. a 3. – 4. stupněm. Identifikace mezi nejzávažnějším 3. a 4. stupněm IVH či ROP a zdravým jedincem byla nejúspěšnější, avšak ne významná (Tabulka 47, 48).

U IVH bylo dosaženo rozdělení odpovídající informacím z anamnestické tabulky v průměru 15,86 % (Tabulka 47), přičemž metoda rozdělení, při níž byly vstupními hodnotami průměrné gradienty a časové derivace, byla vyřazena z důvodu správného rozdělení pouze u 1,91 % pacientů.

**Tabulka 47 Dosažená úspěšnost rozpoznání zdravého jedince a jedince s IVH stupně 3-4 s různými vstupními parametry**

Vstupní parametry	Úspěšnost rozdělení (%)
Časová derivace, variabilita	14,57
Průměrný gradient, variabilita	8,29
Dominantní frekvence, průměrný gradient	18,29
Dominantní frekvence, variabilita	18,71
Dominantní frekvence, časová derivace	19,43
Průměrný gradient, časová derivace	1,91

U ROP bylo dosaženo správného rozdělení v průměru 13,54 % (Tabulka 48). Metoda rozdělení, při níž byly vstupními hodnotami průměrné gradienty a časové derivace, byla taktéž vyřazena z důvodu správného rozdělení pouze u 4,17 % pacientů. Nulovou úspěšnost pak vykazovala metoda se vstupními hodnotami dominantní frekvence a průměrných gradientů.

**Tabulka 48 Dosažená úspěšnost rozpoznání zdravého jedince a jedince s ROP stupně 3-4 s různými vstupními parametry**

Vstupní parametry	Úspěšnost rozdělení (%)
Časová derivace, variabilita	15,00
Průměrný gradient, variabilita	17,50
Dominantní frekvence, průměrný gradient	0,00
Dominantní frekvence, variabilita	11,67
Dominantní frekvence, časová derivace	10,00
Průměrný gradient, časová derivace	4,17

### 6.3 Limitace metody

Z výsledků vyplývá, že pomocí různých přístupů k analýze příznaků signálu regionální oxygenace nebyly nalezeny významnější shody s diagnózou pacientů uvedené v anamnestické tabulce. Naměřená data mohla být zkreslena pohybovými artefakty, intraindividuelní a interindividuelní variabilitou, kombinací patologických stavů či podáním různé medikace ovlivňující perfuzi. Tyto negativní výsledky mohly být způsobeny také omezením metody pouze pro osamocený signál  $rSO_2$ . Dle většiny dostupných studií zabývajících se interpretací dat naměřenými pomocí NIRS, je třeba  $rSO_2$  uvažovat v kombinaci s více kontinuálně měřenými signály (Tabulka 1). Mimo jiné je zde uvedeno i uvažování krevního tlaku, který se ale pro kontinuální záznam musí měřit invazivně, což není vždy možné a především to znamená pro novorozence zásah, který není žádoucí.

Dále pak studie [4], [33] a [37] uvádí souvislost mezi  $rSO_2$  a IVH. K  $rSO_2$  ale také nebylo přistoupeno jako k osamoceným datům. U předčasně narozených pacientů zahrnutých v těchto studiích bylo použito záznamů cerebrální oxygenace synchronizovaných s hodnotami průtoku v horní duté žíle [4], [33] a s mozkovou extrakční frakcí kyslíku (cerebral fractional oxygen extraction - CFOE) [33], [37], která je vypočtena z  $rSO_2$  a  $SpO_2$ . Tyto hodnoty vzájemně obsahují více informací o stavu hemodynamiky než samotný signál  $rSO_2$ . Pro další výzkum interpretace dat cerebrální oxygenace by byl tedy třeba komplexnější přístup.

Studie [8] však uvádí, že i přes přístup k synchronizovaným 72 hodinovým záznamům rSO<sub>2</sub> a CFOE nebyl nalezen vztah mezi těmito daty a IVH.

Další variantu zpracování dat cerebrální oxygenace uvádí studie [5], v níž byly v signálu rSO<sub>2</sub> nejprve definovány hypoxické stavy, které potom byly dány do souvislosti s IVH.

Závěrem se však autoři studií shodují, že jsou nutná další zkoumání a že přístup k datům cerebrální oxygenace není jednoznačný. Nejslibnějším přístupem se v současné době jeví tvorba modelů a využití strojového učení pro predikci zdravotních komplikací, které jsou spjaty s hemodynamikou pacienta. Toto tvrzení potvrzují výsledky studií z roku 2019 [34] a [38]. V diplomové práci [38] bylo dosaženo predikce u nejlepšího modelu s 80% přesností. Ve studii [34] pak dokázali předpovědět krvácení až u 97 % pacientů.

## 7 Závěr

V rámci této diplomové práce byly navrženy příznaky charakterizující průběh signálu. Výstupem práce je zjištění, že pomocí těchto příznaků lze různé průběhy signálu cerebrální regionální oxygenace klasifikovat dle zdravotního stavu předčasně narozených pacientů.

Obecně nejpřesnějšího rozdělení bylo dosaženo, pokud byl do procesu klasifikace zahrnut příznak dominantní frekvence, který koreluje se stavem oběhové soustavy pacienta. Při dalším porovnání rozdělení s informacemi z anamnestické tabulky byla zjištěna největší shoda u APGAR skóre a to až 83,3 % dle zvolených vstupních příznaků. Ostatní porovnávané údaje z anamnestické tabulky (IVH, ROP, podání surfaktantu a způsob porodu) byly identifikovány z  $14 \pm 2$  %.

Pro dosažení vyšší vypovídající hodnoty je třeba uvažovat záznamy regionální oxygenace v souvislosti s dalšími kontinuálně měřenými signály hodnotících hemodynamickou stabilitu novorozence.

# Zdroje

[1] KLEISER, S., OSTOJIC, D., ANDRESEN, B., et al. Comparison of tissue oximeters on a liquid phantom with adjustable optical properties: an extension. *Biomedical Optics Express*. 2018, 9(1). DOI: 10.1364/BOE.9.000086. ISSN 2156-7085.

[2] SCHNEIDER, A., MINNICH, B., HOFSTÄTTER, E., WEISSER, CH., HATTINGER-JÜRGENSSEN, E., WALD, M. Comparison of four near-infrared spectroscopy devices shows that they are only suitable for monitoring cerebral oxygenation trends in preterm infants. *Acta Paediatrica*. 2014, 103(9), 934-938. DOI: 10.1111/apa.12698. ISSN 08035253.

[3] SCHNEIDER, A., HOFSTÄTTER, E., BRANDNER, J., MODER, A., HÄUSLER, S., WALD, M. Benchmarking of Four Near Infrared Spectroscopy Devices for Long Time Use in Neonates. *Klinische Pädiatrie*. 2018, 230(05), 240-244. DOI: 10.1055/s-0044-102256. ISSN 0300-8630.

[4] O'SULLIVAN, D., O'TOOLE, J., FINN, D., et al. OC59 Multimodal monitoring as predictor of brain injury in the preterm infant. *BMJ Publishing Group Ltd and Royal College of Paediatrics and Child Health*, 2019, 2019-06-12, , A24.3-A25. DOI: 10.1136/archdischild-2019-epa.56.

[5] NG, I. H. X., DA COSTA, C. S., A ZEILER, F., Y WONG, F., SMIELEWSKI, P., CZOSNYKA, M., AUSTIN, T., DEMPSEY, E.. Burden of hypoxia and intraventricular haemorrhage in extremely preterm infants. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*. *BMJ Publishing Group Ltd and Royal College of Paediatrics and Child Health*, 2020, 2019-06-12, 105(3), 242-247. DOI: 10.1136/archdischild-2019-316883. ISSN 1359-2998.

[6] GUO, Y., WANG, Y., MARIN, T., EASLEY, K., M PATEL, R., D JOSEPHSON, C., AUSTIN, T., DEMPSEY, E.. Statistical methods for characterizing transfusion-related changes in regional oxygenation using near-infrared spectroscopy (NIRS) in preterm infants. *Statistical Methods in Medical Research*. *BMJ Publishing Group Ltd and Royal College of Paediatrics and Child Health*, 2018, 2019-06-12, 28(9), 2710-2723. DOI: 10.1177/0962280218786302. ISSN 0962-2802.

[7] BRUCKNER, M., PICHLER, G., URLESBERGER, B., EASLEY, K., M PATEL, R., D JOSEPHSON, C., AUSTIN, T., DEMPSEY, E.. NIRS in the fetal to neonatal transition and immediate postnatal period. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*. *BMJ Publishing Group Ltd and Royal College of Paediatrics and Child Health*, 2020, 2019-06-12, 25(2), 2710-2723. DOI: 10.1016/j.siny.2020.101079. ISSN 1744165X.

[8] ONNENBERG, I. A., van DIJK, J., van den DUNGEN, F. A. M., VERMEULEN, R. J., van WEISSENBRUCH, M. M., BAUD, O., AUSTIN, T., DEMPSEY, E.. The prognostic value of NIRS in preterm infants with (suspected) late-onset sepsis in relation to long term outcome: A pilot study. *PLOS ONE*. *BMJ Publishing Group Ltd and Royal*



College of Paediatrics and Child Health, 2019, 2019-06-12, 14(7), 2710-2723. DOI: 10.1371/journal.pone.0220044. ISSN 1932-6203.

[9] ZLATOHLÁVKOVÁ, B. Viabilita plodu a novorozence. *Actual Gyn.* 2011, (3), 47-51. ISSN 1803-9588.

[10] PLAVKA, R. Resuscitace novorozenců porozených v 23. – 25. týdnu podle doporučení ILCOR 2010, Je lépe více či méně?. XXVIII. Neonatologické dny [online]. 2012. S. 24

[cit. 14. 3. 2019]. Dostupné z: [http://www.neonatology.cz/upload/www.neonatology.cz/xxviiiineodny/pdf/neo\\_sbornik\\_12\\_a.pdf](http://www.neonatology.cz/upload/www.neonatology.cz/xxviiiineodny/pdf/neo_sbornik_12_a.pdf)

[11] SAUGSTAD, Ola Didrik. Update on oxygen radical disease in neonatology. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology.* 2001, 13(2), 147-153. DOI: 10.1097/00001703-200104000-00009. ISSN 1040-872X.

[12] MUNTAU, Ania. *Pediatric. 2. české vyd.* Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4588-6

[13] STRAŇÁK, Zbyněk a Jan JANOTA. *Neonatologie. 2., přepracované a rozšířené vydání.* Praha: Mladá fronta, 2015. Aeskulap. ISBN 978-80-204-3861-4.

[14] BARTON, Samantha K., TOLCOS, M., MILLER Suzanne L., et al. Ventilation-Induced Brain Injury in Preterm Neonates: A Review of Potential Therapies. *Neonatology.* 2016, 110(2), 155-162. DOI: 10.1159/000444918. ISSN 1661-7800.

[15] PICHLER, G., SCHMÖLZER, G., MÜLLER, W., URLESBERGER, B. Body position-dependent changes in cerebral hemodynamics during apnea in preterm infants. *Brain and Development.* 2001, 23(6), 395–400. DOI:10.1016/s0387-7604(01)00245-5

[16] MIAN, Q., CHEUNG, P., O'REILLY, M., BARTON, S. K., POLGLASE, G. R., SCHMÖLZER, G. M. Impact of delivered tidal volume on the occurrence of intraventricular haemorrhage in preterm infants during positive pressure ventilation in the delivery room. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition.* 2018, 104(1), F57-F62. DOI: 10.1136/archdischild-2017-313864. ISSN 1359-2998.

[17] JENNI, O. G., WOLF, M., HENGARTNER, M., VON SIEBENTHAL, K., KEEL, M., BUCHER, H.-U. Impact of Central, Obstructive and Mixed Apnea on Cerebral Hemodynamics in Preterm Infants. *Neonatology.* 1996, 70(2), 91–100. DOI:10.1159/000244353

[18] OEI, J. L., FINER N. N., SAUGSTAD, O. D., et al. Outcomes of oxygen saturation targeting during delivery room stabilisation of preterm infants. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition.* 2018, 103(5), F446-F454. DOI: 10.1136/archdischild-2016-312366. ISSN 1359-2998.

[19] DAMMANN, O., ALLRED, E. N., KUBAN, K. C., et al. Hypocarbica during the first 24 postnatal hours and white matter echolucencies in newborns  $\leq 28$  Weeks

Gestation. *Pediatric Research*. 2001, 49(3), 388-393. DOI: 10.1203/00006450-200103000-00013. ISSN 0031-3998.

[20] JUBRAN, A. Pulse oximetry. *Critical Care*. 2015, 19(1). DOI: 10.1186/s13054-015-0984-8. ISSN 1364-8535.

[21] CLARKE, G. W. J., CHAN, A. D. C., ADLER, A.. Effects of motion artifact on the blood oxygen saturation estimate in pulse oximetry. 2014 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA). IEEE, 2014, 2014, , 1-4. DOI: 10.1109/MeMeA.2014.6860071. ISBN 978-1-4799-2921-4.

[22] ALDERLIESTEN, T., DIX, L., BAERTS, W. et al. Reference values of regional cerebral oxygen saturation during the first 3 days of life in preterm neonates. *Pediatric Research*. IEEE, 2016, 2014, 79(1), 55-64. DOI: 10.1038/pr.2015.186. ISBN 978-1-4799-2921-4. ISSN 0031-3998.

[23] PIASEK, C. Z., VAN BEL, F., SOLA, A. Perfusion index in newborn infants: a noninvasive tool for neonatal monitoring. *Acta Paediatrica*. 2014, 103(5), 468-473. DOI: 10.1111/apa.12574. ISSN 08035253.

[24] Oxygen Reserve Index (ORITM).  
Dostupné z: z:  
[http://www.masimo.co.uk/pdf/ori/LAB8543A\\_Whitepaper\\_ORI\\_British.pdf](http://www.masimo.co.uk/pdf/ori/LAB8543A_Whitepaper_ORI_British.pdf).

[25] SCHEEREN, T. W. L., BELDA, F. J., PEREL, A. The oxygen reserve index (ORI): a new tool to monitor oxygen therapy. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2018, 32(3), 379-389. DOI: 10.1007/s10877-017-0049-4. ISSN 1387-1307.

[26] TUSMAN, G., BOHM, S. H., SUAREZ-SIPMANN, F. Advanced uses of pulse oximetry for monitoring mechanically ventilated patients. *Anesth Analg*. 2017, 124(1), 62–71. DOI: 10.1213/ANE.0000000000001283.

[27] YOSHIDA, K., ISOSU, T., NOJI, Y. et al. Usefulness of oxygen reserve index (ORi™), a new parameter of oxygenation reserve potential, for rapid sequence induction of general anesthesia. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2018, 32(4), 687-691. DOI: 10.1007/s10877-017-0068-1. ISSN 1387-1307.

[28] Dostupné z: <https://www.medtronic.com/covidien/en-gb/products/cerebral-somatic-oximetry/invos-5100c-cerebral-somatic-oximeter.html>

[29] Dostupné z:  
<https://www.edwards.com/devices/hemodynamic-monitoring/ForeSight>

[30] Dostupné z:  
<https://www.hamamatsu.com/jp/en/product/type/C10448/index.html>

[31] Dostupné z: <https://www.nonin.com/products/x100/>

[32] Dostupné z: [https://www.masimo.com/siteassets/us/documents/pdf/plm-10127g\\_product\\_information\\_o3\\_regional\\_oximetry\\_us.pdf](https://www.masimo.com/siteassets/us/documents/pdf/plm-10127g_product_information_o3_regional_oximetry_us.pdf)

[33] CERBO, R. M., SCUDELLER, L., MARAGLIANO, R., CABANO, R., POZZI, M., TINELLI, C., BOLLANI, L., STRONATI, M.. Cerebral Oxygenation, Superior Vena Cava Flow, Severe Intraventricular Hemorrhage and Mortality in 60 Very Low Birth Weight Infants. *Neonatology*. 2015, 108(4), 246-252. DOI: 10.1159/000438452. ISSN 1661-7800.

[34] TUROVA, V., SIDORENKO, I., ECKARDT, L., RIEGER-FACKELDEY, E., FELDERHOFF-MÜSER, U., ALVES-PINTO, A., LAMPE R., DUERDEN, E.. Machine learning models for identifying preterm infants at risk of cerebral hemorrhage. *PLOS ONE*. 2020, 15(1), 242-247. DOI: 10.1371/journal.pone.0227419. ISSN 1932-6203

[35] KUMAR, N., AKANGIRE, G., SULLIVAN, B., FAIRCHILD, K., SAMPATH, V.. Continuous vital sign analysis for predicting and preventing neonatal diseases in the twenty-first century: big data to the forefront. *Pediatric Research*. 2020, 87(2), 210-220. DOI: 10.1038/s41390-019-0527-0. ISSN 0031-3998.

[36] CAICEDO, A., DE SMET, D., VANDERHAEGEN, J.. Impaired Cerebral Autoregulation Using Near-Infrared Spectroscopy and Its Relation to Clinical Outcomes in Premature Infants. *Oxygen Transport to Tissue XXXII*. Boston, MA: Springer US, 2011, 2011-2-28, , 233-239. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. DOI: 10.1007/978-1-4419-7756-4\_31. ISBN 978-1-4419-7755-7.

[37] NOORI, S., MCCOY, M., P. ANDERSON, M.. Changes in Cardiac Function and Cerebral Blood Flow in Relation to Peri/Intraventricular Hemorrhage in Extremely Preterm Infants. *The Journal of Pediatrics*. Boston, MA: Springer US, 2014, 2011-2-28, 164(2), 264-270.e3. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. DOI: 10.1016/j.jpeds.2013.09.045. ISBN 978-1-4419-7755-7. ISSN 00223476.

[38] Sauerová, K., Analýza záznamů rSO<sub>2</sub> neonatologických pacientů. Kladno 2019. Diplomová práce. Fakulta biomedicínského inženýrství, ČVUT. Vedoucí práce Ing. Petr Kudrna, Ph.D.

# Příloha A

## Řídící skript

```
clear all
source_dir = 'C:\Users\Uživatel\Desktop\dnes'
source_files = dir(fullfile(source_dir, '*.xls'));
[~, reindex] = sort( str2double( regexp( {source_files.name}, '\d+',
'match', 'once' )));
source_files = source_files(reindex);

for i = 1:length(source_files)
    data = readtable(fullfile(source_dir, source_files(i).name));
    A=data(:,2);
    d=4320;
    B=table2array(A);
    B(end+1:d)=0;
    x = 1:length(B);
    m = isnan(B);
    s = interp1(x(~m),B(~m),x(m), 'pchip', 'extrap');
    s(s>100)=100;
    s(s<0)=0;
    B(m) = s;
    adaptace=B(1:720);
    hospitalizace=B(721:4320);
    save(['Pacient_' num2str(i)
'.mat'], 'B', 'hospitalizace', 'adaptace')

    if m(120:180)==1
        fh = Frekvence_hospitalizace( i );

        [ Gradient_h, Grad_prumer_h ] = Grad_hospitalizace( i );
        gh(i,:) = Gradient_h( : );

        [ dXdT_h, maxdx_h, mindx_h] = Derivace_hospitalizace( i );

        vh = Variabilita_hospitalizace( i );

        Ah = [i fh Grad_prumer_h maxdx_h vh];
        Th(i,:) = array2table(Ah);
        T_h.Properties.VariableNames =
{'Pacient', 'Frekvence', 'Gradient', 'Max_dxdT', 'Variabilita'};
    else
        fa = Frekvence_adaptace( i );
        fh = Frekvence_hospitalizace( i );

        [ Gradient_a, Grad_prumer_a ] = Grad_adaptace( i );
        [ Gradient_h, Grad_prumer_h ] = Grad_hospitalizace( i );
        ga(i,:) = Gradient_a( : );
        gh(i,:) = Gradient_h( : );

        [ dXdT_a, maxdx_a, mindx_a] = Derivace_adaptace( i );
        [ dXdT_h, maxdx_h, mindx_h] = Derivace_hospitalizace( i );

        va = Variabilita_adaptace( i );
        vh = Variabilita_hospitalizace( i );

    Aa = [i fa Grad_prumer_a maxdx_a va];
end
```

```

Ah = [i fh Grad_prumer_h maxdx_h vh];
Th(i,:) = array2table(Ah);
Th.Properties.VariableNames =
{'Pacient', 'Frekvence', 'Gradient', 'Max_dxdT', 'Variabilita'};
Ta(i,:) = array2table(Aa);
Ta.Properties.VariableNames =
{'Pacient', 'Frekvence', 'Gradient', 'Max_dxdT', 'Variabilita'};

    end

end

for i = 2:5
    Th(:,i)=normalize(Th(:,i), 'range', [-1,1]);
    Ta(:,i)=normalize(Ta(:,i), 'range', [-1,1]);
end

Xaf=Ta(:,2);
Xag=Ta(:,3);
Xad=Ta(:,4);
Xav=Ta(:,5);

Xhf=Th(:,2);
Xhg=Th(:,3);
Xhd=Th(:,4);
Xhv=Th(:,5);

a25(:,1)=Xaf;
a25(:,2)=Xav;

a24(:,1)=Xaf;
a24(:,2)=Xad;

a23(:,1)=Xaf;
a23(:,2)=Xag;

a35(:,1)=Xag;
a35(:,2)=Xav;

a34(:,1)=Xag;
a34(:,2)=Xad;

a45(:,1)=Xad;
a45(:,2)=Xav;

h25(:,1)=Xhf;
h25(:,2)=Xhv;

h24(:,1)=Xhf;
h24(:,2)=Xhd;

h23(:,1)=Xhf;
h23(:,2)=Xhg;

h35(:,1)=Xhg;
h35(:,2)=Xhv;

h34(:,1)=Xhg;
h34(:,2)=Xhd;

h45(:,1)=Xhd;
h45(:,2)=Xhv;

```

```

Xa=Ta(:,2:5);
[IDXa3,Ca] = kmeans(Xa,3);
figure
plot(Xa(IDXa3==1,1),Xa(IDXa3==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(Xa(IDXa3==2,1),Xa(IDXa3==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(Xa(IDXa3==3,1),Xa(IDXa3==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ca(:,1),Ca(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití všech příznaků'
hold off

[IDXa2,Ca] = kmeans(Xa,2);
figure
plot(Xa(IDXa2==1,1),Xa(IDXa2==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(Xa(IDXa2==2,1),Xa(IDXa2==2,2),'g*','MarkerSize',10)
plot(Ca(:,1),Ca(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití všech příznaků'
hold off

Xh=Th(:,2:5);
[IDXh3,Ch] = kmeans(Xh,3);
figure
plot(Xh(IDXh3==1,1),Xh(IDXh3==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(Xh(IDXh3==2,1),Xh(IDXh3==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(Xh(IDXh3==3,1),Xh(IDXh3==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ch(:,1),Ch(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití všech příznaků'
hold off

[IDXh2,Ch] = kmeans(Xh,2);
figure
plot(Xh(IDXh2==1,1),Xh(IDXh2==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(Xh(IDXh2==2,1),Xh(IDXh2==2,2),'g*','MarkerSize',10)
plot(Ch(:,1),Ch(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití všech příznaků'
hold off

[IDXa25,C25] = kmeans(a25,3);
figure
plot(a25(IDXa25==1,1),a25(IDXa25==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a25(IDXa25==2,1),a25(IDXa25==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a25(IDXa25==3,1),a25(IDXa25==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(C25(:,1),C25(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití frekvence a variability'
xlabel('Normalizované hodnoty dominantních frekvencí')
ylabel('Normalizované hodnoty variability')
hold off

[IDXh25,Ch25] = kmeans(h25,3);
figure

```

```

plot(h25(IDXh25==1,1),h25(IDXh25==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h25(IDXh25==2,1),h25(IDXh25==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h25(IDXh25==3,1),h25(IDXh25==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ch25(:,1),Ch25(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití frekvence a variability'
xlabel('Normalizované hodnoty dominantních frekvencí')
ylabel('Normalizované hodnoty variability')
hold off

[IDXa24,C24] = kmeans(a24,3);
figure
plot(a24(IDXa24==1,1),a24(IDXa24==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a24(IDXa24==2,1),a24(IDXa24==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a24(IDXa24==3,1),a24(IDXa24==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(C24(:,1),C24(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití frekvence a časových derivací'
xlabel('Normalizované hodnoty dominantních frekvencí')
ylabel('Normalizované hodnoty maximální dx/dT')
hold off

[IDXh24,Ch24] = kmeans(h24,3);
figure
plot(h24(IDXh24==1,1),h24(IDXh24==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h24(IDXh24==2,1),h24(IDXh24==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h24(IDXh24==3,1),h24(IDXh24==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ch24(:,1),Ch24(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití frekvence a časových derivací'
xlabel('Normalizované hodnoty dominantních frekvencí')
ylabel('Normalizované hodnoty maximální dx/dT')
hold off

[IDXa23,C23] = kmeans(a23,3);
figure
plot(a23(IDXa23==1,1),a23(IDXa23==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a23(IDXa23==2,1),a23(IDXa23==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a23(IDXa23==3,1),a23(IDXa23==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(C23(:,1),C23(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití frekvence a gradientu'
xlabel('Normalizované hodnoty dominantních frekvencí')
ylabel('Normalizované hodnoty průměrných gradientů')
hold off

[IDXh23,Ch23] = kmeans(h23,3);
figure
plot(h23(IDXh23==1,1),h23(IDXh23==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h23(IDXh23==2,1),h23(IDXh23==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h23(IDXh23==3,1),h23(IDXh23==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ch23(:,1),Ch23(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)

```

```

legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití frekvence a gradientu'
xlabel('Normalizované hodnoty dominantních frekvencí')
ylabel('Normalizované hodnoty průměrných gradientů')
hold off

[IDXa35,C35] = kmeans(a35,3);
figure
plot(a35(IDXa35==1,1),a35(IDXa35==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a35(IDXa35==2,1),a35(IDXa35==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a35(IDXa35==3,1),a35(IDXa35==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(C35(:,1),C35(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití gradientu a variability signálu'
xlabel('Normalizované hodnoty průměrných gradientů')
ylabel('Normalizované hodnoty variability signálu')
hold off

[IDXh35,Ch35] = kmeans(h35,3);
figure
plot(h35(IDXh35==1,1),h35(IDXh35==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h35(IDXh35==2,1),h35(IDXh35==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h35(IDXh35==3,1),h35(IDXh35==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ch35(:,1),Ch35(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití gradientu a variability signálu'
xlabel('Normalizované hodnoty průměrných gradientů')
ylabel('Normalizované hodnoty variability signálu')
hold off

[IDXa34,C34] = kmeans(a34,3);
figure
plot(a34(IDXa34==1,1),a34(IDXa34==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a34(IDXa34==2,1),a34(IDXa34==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a34(IDXa34==3,1),a34(IDXa34==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(C34(:,1),C34(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití gradientu a derivací'
xlabel('Normalizované hodnoty průměrných gradientů')
ylabel('Normalizované hodnoty maximálních dx/dT')
hold off

[IDXh34,Ch34] = kmeans(h34,3);
figure
plot(h34(IDXh34==1,1),h34(IDXh34==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h34(IDXh34==2,1),h34(IDXh34==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h34(IDXh34==3,1),h34(IDXh34==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ch34(:,1),Ch34(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití gradientu a derivací'
xlabel('Normalizované hodnoty průměrných gradientů')
ylabel('Normalizované hodnoty maximálních dx/dT')
hold off

```



```

[IDXa45,C45] = kmeans(a45,3);
figure
plot(a45(IDXa45==1,1),a45(IDXa45==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a45(IDXa45==2,1),a45(IDXa45==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(a45(IDXa45==3,1),a45(IDXa45==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(C45(:,1),C45(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky adaptace při použití variability a derivací'
xlabel('Normalizované hodnoty variability signálu')
ylabel('Normalizované hodnoty maximálních dx/dT')
hold off

[IDXh45,Ch45] = kmeans(h45,3);
figure
plot(h45(IDXh45==1,1),h45(IDXh45==1,2),'r*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h45(IDXh45==2,1),h45(IDXh45==2,2),'g*','MarkerSize',10)
hold on
plot(h45(IDXh45==3,1),h45(IDXh45==3,2),'b*','MarkerSize',10)
plot(Ch45(:,1),Ch45(:,2),'kx','MarkerSize',9,'LineWidth',4)
legend('Shluk 1','Shluk 2','Shluk 3','Středy','Location','NW')
title 'Shluky hospitalizace při použití variability a derivací'
xlabel('Normalizované hodnoty variability signálu')
ylabel('Normalizované hodnoty maximálních dx/dT')
hold off

IDXvse(:,1) = (IDXa2);
IDXvse(:,2) = (IDXa3);
IDXvse(:,3) = (IDXh2);
IDXvse(:,4) = (IDXh3);
IDXvse(:,5) = (IDXa23);
IDXvse(:,6) = (IDXh23);
IDXvse(:,7) = (IDXa24);
IDXvse(:,8) = (IDXh24);
IDXvse(:,9) = (IDXa25);
IDXvse(:,10) = (IDXh25);
IDXvse(:,11) = (IDXa35);
IDXvse(:,12) = (IDXh35);
IDXvse(:,13) = (IDXa34);
IDXvse(:,14) = (IDXh34);
IDXvse(:,15) = (IDXa45);
IDXvse(:,16) = (IDXh45);
for i=1:16
Tab_IDX(:,i)=array2table(IDXvse(:,i));
end
Tab_IDX.Properties.VariableNames =
{'IDXa2','IDXa3','IDXh2','IDXh3','IDXa23','IDXh23','IDXa24','IDXh24','
IDXa25','IDXh25','IDXa35','IDXh35','IDXa34','IDXh34','IDXa45','IDXh45'};
writetable(Tab_IDX,'C:\Users\Monička\Desktop\dnes\tab_FINAL.xlsx')

```

## Výpočet příznaků (pouze demonstrativně pro jeden úsek, kompletní skripty viz CD)

### Průměrný gradient

```
function [ Gradient_a, Grad_prumer_a ] = Grad_adaptace( Cislo_pacienta )
a=load(['Pacient_' num2str(Cislo_pacienta) '.mat']);
adaptace=a.adaptace((120:720),1)';
Gradient_a=gradient(adaptace);
Grad_prumer_a=mean(Gradient_a);
end
```

### Dominantní frekvence

```
function [ dominantni_frekvence ] = Frekvence_adaptace( Cislo_pacienta )
a=load(['Pacient_' num2str(Cislo_pacienta) '.mat']);
adaptace=a.adaptace(:,1)';
Fs = 1/60;
T = 1/Fs;
L = 600;
t = (0:L-1)*T;
Y = fft(adaptace);
P2 = abs(Y/L);
P1 = P2(1:L/2+1);
P1(2:end-1) = 2*P1(2:end-1);
f = Fs*(0:(L/2))/L;
dominantni_frekvence=mode(P1);
end
```

### Maximální dx/dT

```
function [ dXdT_a, maxdx_a ] = Derivace_adaptace( Cislo_pacienta )
a=load(['Pacient_' num2str(Cislo_pacienta) '.mat']);
adaptace=a.adaptace((120:720),1)';
dX_a = diff(adaptace);
cas_a=120:1:720;
dT_a = diff(cas_a);
dXdT_a = dX_a./dT_a;
dXdT_a = table2array(standardizeMissing(array2table(dXdT_a),Inf));
maxdx_a = max(dXdT_a);
end
```

### Variabilita

```
function [ Var_a ] = Variabilita_adaptace( Cislo_pacienta )
a=load(['Pacient_' num2str(Cislo_pacienta) '.mat']);
adaptace=a.adaptace((119:720),1)';
[s,w] = haart(adaptace,6);
signal_energie = norm(adaptace,2)^2;
e_meritko = cellfun(@(x)norm(x,2)^2,w);
Var_a = norm(s,2)^2+sum(e_meritko);
end
```