

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií

Ošetrovatelská péče o pacienta po hrudní operaci – porovnání hodnot oxygenace  
získaných měření pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické  
rovnováhy (ASTRUP)

Bc. Pavlína Paseková

Diplomová práce

2019

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavlína Paseková**  
Osobní číslo: **Z16198**  
Studijní program: **N5341 Ošetrovatelství**  
Studijní obor: **Ošetrovatelství ve vybraných klinických oborech**  
Název tématu: **Ošetrovatelská péče o pacienta po hrudní operaci - porovnání hodnot oxygenace získaných měření pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP)**  
Zadávací katedra: **Katedra ošetrovatelství**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **50 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**


Seznam odborné literatury:

1. MOUREK, Jindřich. 2012. Fyziologie: Učebnice pro studenty zdravotnických oborů - 2., doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-3918-2.
2. STOLZ, Alan, Pavel PAFKO a kol. 2010. Komplikace v plicní chirurgii. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3586-3.
3. KULHÁNEK, Filip. 2016. Spolehlivost neinvazivního měření tkáňových efektů plicní ventilace.[online] Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce: Ing. Jakub Ráfl, Ph.D. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/67621>.
4. ALBERT, Filip. 2017. Aplikační podpora pro sběr dat při měření hemodynamických parametrů. [online] Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce: Ing. Jan Havlík, Ph.D. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66879/F3-DP-2017-Albert-Filip-diplomova\\_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66879/F3-DP-2017-Albert-Filip-diplomova_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
5. AOYAGI, Takuo. Discovery of Pulse Oximetry. 2007. [online] Anesthesia & Analgesia: December 2007, Volume 105, Issue 6, p S1-S4. Dostupné z: [https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Abstract/2007/12001/Takuo\\_Aoyagi\\_Discovery\\_of\\_Pulse\\_Oximetry.1.aspx](https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/Abstract/2007/12001/Takuo_Aoyagi_Discovery_of_Pulse_Oximetry.1.aspx).


Vedoucí diplomové práce: **doc. MUDr. Karel Havlíček, CSc.**  
Katedra klinických oborů

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **2. května 2019**

  
prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.  
děkan

L.S.

  
PhDr. Kateřina Horáčková, DiS.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. března 2018

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA**

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18. 04. 2019

Pavλίna Paseková

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala doc. MUDr. Karlu Havlíčkovi, Csc. za trpělivost v průběhu vedení mé práce, za jeho ochotu a vstřícnost.

Děkuji svým blízkým za velké pochopení.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku pooperačního sledování hodnot saturace hemoglobinu kyslíkem v arteriální krvi u pacientů po hrudních výkonech. V teoretické části popisuje fyziologii dýchání, nejčastější typy hrudních operací a následnou monitoraci pacientů na oddělení intenzivní péče. Popisuje neinvazivní a invazivní vyšetřovací metody hodnotící oxygenaci organismu. Sleduje význam úlohy sestry při měření a hodnocení získaných údajů. V empirické části se zaměřuje na sběr hodnot získaných invazivním a neinvazivním měřením a jejich následným porovnáním. Cílem práce bylo zjistit, zda je pulzní oxymetrie spolehlivým měřicím nástrojem, při hodnocení oxygenace organismu u pacientů po hrudních výkonech.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Saturace hemoglobinu kyslíkem, hrudní operace, monitorace, pulzní oxymetrie

## **TITLE**

The thesis focuses on the postoperative monitoring of hemoglobin oxygen saturation values in arterial blood in patients after thoracic procedures. The theoretical part describes the physiology of breathing, the most common types of thoracic surgery and the subsequent monitoring of the patient in the intensive care department. It describes non-invasive and invasive examination methods to evaluate the oxygenation of the body. It monitors the importance of the nurse's role in measuring and evaluating the data obtained. The empirical part focuses on the collection of values obtained by invasive and non-invasive measurements and their subsequent comparison and evaluation of reliability of individual examination methods. The aim of this work was to find out whether pulse oximetry is a reliable measuring tool, when evaluating the oxygenation of an organism in patients after chest surgery.

## **KEYWORDS**

Hemoglobin oxygen saturation, thoracic surgery, monitoring, pulse oximetry.

## **OBSAH**

ÚVOD .....	13
1 CÍLE PRÁCE .....	15
1.1 Cíle teoretické části .....	15
1.2 Cíl průzkumné části .....	15
1.3 Cíl k výstupu.....	15
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	16
2.1 Fyziologie dýchání .....	16
2.2 Hemoglobin .....	16
2.3 Řízení dýchání .....	17
2.4 Hypoxie .....	18
2.4.1 Hypoxická hypoxie .....	18
2.4.2 Transportní (anemická) hypoxie .....	18
2.4.3 Hypoxie cytotoxická (hystotoxická) .....	19
2.4.4 Hypoxie cirkulační .....	19
3 Operační výkony na hrudníku .....	20
3.1 Hrudní chirurgie .....	20
3.1.1 Endoskopické výkony .....	20
3.1.2 Klasické operační přístupy .....	20
3.2 Plicní výkony .....	21
3.2.1 Pneumonektomie .....	21
3.2.2 Plicní bilobektomie .....	21
3.2.3 Plicní lobektomie.....	21
3.2.4 Plicní segmentektomie .....	21
3.2.5 Atypická plicní resekce .....	22
3.3 Výkony v oblasti mediastina .....	22

3.3.1	Cysty a nádory mediastina .....	22
3.3.2	Chirurgie jícnu.....	22
3.4	Kardiochirurgie.....	22
3.4.1	Vrozené srdeční vady .....	22
3.4.2	ICHS.....	23
3.4.3	Chlopenní vady .....	23
3.4.4	Poranění srdce .....	24
4	Ošetrovatelská péče u pacientů po hrudním výkonu.....	25
4.1	Monitorování fyziologických funkcí .....	25
4.1.1	Monitorování srdečního rytmu.....	25
4.1.2	Monitorování krevního tlaku.....	26
4.1.3	Monitorování dýchání .....	26
4.1.4	Monitorování pomocí pulzní oxymetrie.....	27
4.1.5	Monitorování tělesné teploty.....	27
4.1.6	Monitorování dalších parametrů .....	27
4.1.7	Hrudní drenáž.....	28
5	Pulzní oxymetrie .....	29
5.1	Historie pulzní oxymetrie .....	29
5.2	Princip pulzní oxymetrie .....	29
5.3	Typy pulzních oxymetrů.....	30
5.4	Výhody a nevýhody různých typů sond pulzního oxymetru.....	31
5.5	Chyby měření SpO2 .....	31
6	Vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů - metodou ASTRUP.....	33
6.1	Vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů.....	33
6.2	Vyšetřované parametry.....	33
6.3	Odběr krve na vyšetření ABR .....	34
7	VÝZKUMNÁ ČÁST .....	35



7.1	Cíl výzkumné práce .....	35
7.2	Výzkumná otázka .....	35
8	Metodika výzkumu.....	36
8.1	Výzkumný nástroj.....	37
8.2	Vzorek respondentů.....	37
8.3	Pilotní šetření.....	37
8.4	Analýza dat .....	38
8.4.1	Stanovení hypotéz .....	38
9	Interpretace výsledků .....	40
9.1	Analýza dat získaných měřením pulzním oxymetrem a vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů (vyšetření dle ASTRUPa).....	40
9.2	Shrnutí výsledků.....	48
10	Diskuse .....	50
11	Závěr.....	53
12	Bibliografie.....	55
12.1	Tištěné dokumenty.....	55
12.1.1	Monografie .....	55
12.1.2	Závěrečná VŠ práce .....	56
12.2	Elektronické zdroje .....	57
13	PŘÍLOHY.....	60

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Graf znázorňující rozdělení dat .....	41
Obrázek 2 Graf znázorňující výsledky měření za 1 hodinu po operačním výkonu.....	43
Obrázek 3 Graf znázorňující výsledky měření za 6 hodin po operačním výkonu.....	44
Obrázek 4 Graf znázorňující výsledky měření za 12 hodin po operačním výkonu.....	46
Obrázek 5 Graf znázorňující výsledky měření za 18 hodin po operačním výkonu.....	47

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Popisná statistika zkoumaných dat .....	40
Tabulka 2 Testování normálního rozložení zkoumaných dat .....	41
Tabulka 3 Popisná statistika dat získaných měření za 1 hodinu po operačním výkonu	42
Tabulka 4 Popisná statistika dat získaných měření za 6 hodin po operačním výkonu	44
Tabulka 5 Popisná statistika dat získaných měření za 12 hodin po operačním výkonu	45
Tabulka 6 Popisná statistika dat získaných měření za 18 hodin po operačním výkonu	47
Tabulka 7 Průměrné odchylky měření vyjádřené v % .....	48

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

PO	Pulzní oxymetrie
A	Arteriální
UPV	Umělá plicní ventilace
Spont.	Spontánní ventilace
TK	Tlak krve
ICHS	Ischemická choroba srdeční
AKB	Aortokoronární bypass
WHO	World Health Organization
JIP	Jednotka intenzivní péče
ECMO	Extracorporeal membrane oxygenation, přístroj pro mimotělní oběh
ASTRUP	Vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů
i.v.	Intravenózní (nitrožilní)
SpO <sup>2</sup>	Saturace hemoglobinu kyslíkem z pulzní oxymetrie
SaO <sup>2</sup>	Saturace hemoglobinu kyslíkem z arteriální krve
CO <sup>2</sup>	Oxid uhličitý
CO	Oxid uhelnatý

## ÚVOD

Spektrum operačních výkonů na hrudníku je velmi rozsáhlé. Spadají sem kardiochirurgické, plicní a cévní výkony, přičemž škála diagnóz, indikujících takový zákrok, je široká. K základním úkolům sestry patří pooperační monitoring fyziologických funkcí pacienta, management bolesti, rehabilitace a prevence tromboembolických komplikací (Janíková, Zeleníková, 2013, s. 47).

Po rozsáhlých výkonech, u pacientů s nutností přístrojové ventilace nebo u komplikovaných operací, je pacient převážen na lůžko anesteziologicko – resuscitační. Pokud je zákrok nekomplikovaný a pacient dýchá spontánně, je uložen na monitorované lůžko JIP. Bezprostřední pooperační období je velmi rizikové a role sestry je nezastupitelná. Klade nároky na erudici a schopnost rychlého úsudku a rozhodování. Sestra zajišťuje běžné ošetrovatelské činnosti důležité k uspokojení základních biologických potřeb pacienta a zároveň i specializované úkony související s prací a obsluhou vysoce technicky náročných přístrojů (Bartůněk, 2016, s. 293; Stolz, 2010, s. 89).

Tato diplomová práce se zaměřuje na sledování stěžejní fyziologické funkce, a to saturace arteriální krve kyslíkem. Hodnota naměřená pomocí pulzního oxymetru je označována jako  $SpO_2$ , hodnota získaná vyšetřením arteriální krve nese označení  $SaO_2$ . Pulzní oxymetrie patří k nejběžněji využívaným technikám zjišťujícím okysličení periferní arteriální krve. Je neinvazivní metodou a jako taková pacienta zatěžuje zcela minimálně. Pulzní oxymetr se stal komerčně dostupným a díky tomu využívaným zejména v anesteziologické praxi teprve od osmdesátých let minulého století. Na začátku devadesátých let pak americký lékař Neff navrhl, aby byla saturace hemoglobinu kyslíkem změřená pulzní oxymetrií považována za páté vitální znamení. Přes zdánlivou jednoduchost tohoto přístroje je pro některé zdravotníky obtížné popsat princip, na jakém zařízení pracuje. Bez této znalosti může docházet ke špatné interpretaci výsledků, k opožděným reakcím na zjištěné hodnoty, k jejich podceňování nebo naopak ke zbytečným alarmovým situacím. Tato práce se věnuje problematice pulzní oxymetrie včetně možných úskalí a nepřesností, se kterými se zdravotníci ve své praxi mohou setkat (Chan, 2013, s. 789).

Přímé vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů z arteriální krve metodou dle ASTRUPa u pacientů vyžaduje zavedení arteriálního katétru pro opakované měření, případně jednorázový vstup do arteriálního řečiště vpichem. Jde tedy o metodu invazivní s možným

rizikem např. infekčních komplikací. Další rozbor získaného vzorku probíhá v přístrojovém analyzátoru k tomuto určenému. Toto vyšetření je sice komplikovanější, avšak umožňuje získání celé řady dalších parametrů posuzujících stav vnitřního prostředí pacienta. Sestra asistuje lékaři při zavádění arteriálního katétru, následně provádí ošetření za přísně aseptických podmínek. Samostatně může katétr zavést sestra se specializovanou způsobilostí pod přímým dohledem lékaře. Je nutné znát možné komplikace spojené se zavedením a používáním invazivního vstupu (Vytečková, 2013, s. 40-42; Kol. autorů, 2008, s. 224 – 225).

Cílem práce je zjistit, zda nejběžněji používaná metoda k posouzení oxygenace organismu po operačním výkonu – pulzní oxymetrie, je spolehlivým měřícím nástrojem.

# **CÍLE PRÁCE**

## **Cíle teoretické části**

Cílem této části diplomové práce je vytvořit teoretická východiska pro část empirickou. Vypracovat přehled aktuálních poznatků k tématice ošetrovatelské činnosti u pacientů po hrudních výkonech, k principům fungování a používání pulzní oxymetrie v ošetrovatelské praxi a seznámit s vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů z arteriální krve.

## **Cíl průzkumné části**

Hlavním cílem průzkumné části je zjistit, zda nejběžněji používaná metoda k posouzení oxygenace organismu po operačním výkonu – pulzní oxymetrie, je spolehlivým měřicím nástrojem.

## **Cíl k výstupu**

Výstupem práce bude zhodnocení spolehlivosti a použitelnosti pulzní oxymetrie jako takové a zároveň porovnání výhod a nevýhod s vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů.

# I. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

## 1 Fyziologie dýchání

Základní přehled o fyziologii dýchání, o procesech směřujících k přísunu kyslíku do organismu a jeho následnému využití ve tkáních, je nezbytný pro orientaci v další části práce.

Každá buňka lidského těla je existenčně závislá na přísunu kyslíku, díky kterému se tvoří biologicky použitelná energie. Jsou tak zajištěny všechny důležité životní pochody, jako je metabolismus, svalová práce a iontový gradient. Nedostává-li se kyslíku, dochází v řádu minut k buněčné smrti (Mourek, 2012, s. 51).

**Ventilace** je proces, při kterém se kyslík dostává do těla. Dochází k výměně vzduchu mezi plicemi a vnějším prostředím pomocí nádechu (inspirace), který je aktivním dějem. Následuje výdech (expirace) a ten probíhá pasivně. Během expíria dochází k vyloučení  $\text{CO}_2$ , který je produktem metabolismu buněk. Dechový cyklus má klidovou frekvenci asi 15 dechů za minutu (Trojan, 2003, s. 300).

**Respirací** rozumíme výměnu plynů mezi alveoly a krví a následně mezi krví a tkáněmi. K přestupu plynů dochází difuzí, která je podmíněna koncentračním a tlakovým gradientem. Parciální tlak  $\text{O}_2$  ve tkáních je velmi nízký, oproti tomu parciální tlak  $\text{O}_2$  v alveolech je vysoký. Gradient je tedy směrem od alveolů do tkání. Gradient  $\text{CO}_2$  má opačný charakter (Kittnar, 2011, s. 266).

**Perfuze** představuje prokrvení plic a tkání. Průtok krve musí být adekvátní ventilaci a potřebám tkání. Alveoly musí být zároveň ventilovány a prokrvovány, aby byla výměna plynů dostatečná (Kittnar, 2011, s. 266).

**Transport dýchacích plynů krví** zajišťují erytrocyty, resp. hemoglobin v nich obsažený. Ten zvyšuje transportní kapacitu  $\text{O}_2$ . Enzym karboanhydráza pak urychluje přeměnu  $\text{CO}_2$  na bikarbonát, čímž se velmi zvyšuje kapacita pro jeho přenos a následné vyloučení (Mourek, 2012, s. 51; Kittnar, 2011, s. 267).

### 1.1 Hemoglobin

Hemoglobin je červené krevní barvivo skládající se z barevného hemu, který obsahuje železo a z proteinového řetězce – globinu. Koncentrace hemoglobinu v krvi je různá: u žen 120 - 162 g/l a u mužů 135 - 172 g/l. Hemoglobin je schopný vázat kyslík a vytvořit tak



oxyhemoglobin. V této kombinaci má jasně červenou barvu. Každý gram hemoglobinu naváže 1,34 ml kyslíku. Proto v krvi s normální koncentrací hemoglobinu kolem 15 g/dl, nese 100 ml krve přibližně 20 ml kyslíku v kombinaci s hemoglobinem. Kromě kyslíku navázaného na hemoglobin je ještě malé množství volně rozpuštěno v krvi. Srdce je schopno u dospělého přečerpávat přibližně 5000 ml krve za minutu. Tkáním je tak poskytnuto přibližně 1000 ml kyslíku. Buňky v tkáních extrahují kyslík z krve pro potřeby metabolismu, obvykle kolem 250 ml kyslíku za minutu. To znamená, že pokud není v plicích žádný kyslík, existuje dostatek kyslíku uloženého v krvi pouze po dobu přibližně 3 minut (75 % kyslíku neseného hemoglobinem je dostupné pro tkáně) (Mourek, 2012, s. 21; WHO, 2011, s.7-8).

Pokud je na hemoglobin navázán  $\text{CO}_2$ , nazýváme tento derivát karbaminohemoglobinem a ten má barvu temně rudou. Karbonylhemoglobin vzniká při navázání oxidu uhelnatého (CO). Tato vazba je velmi nebezpečná tím, že je až 200x pevnější, než s kyslíkem a hemoglobin není schopen kyslík navázat v plicích, ani uvolnit ve tkáních a dochází tak k rozvoji tkáňové hypoxie. Vzhledem ke karmínově červené barvě karbonylhemoglobinu je pleť jedince třešňově rudá. Kyslík se na hemoglobin v případě otrav CO váže až při vyšším atmosférickém tlaku, čehož je docíleno pobytem v hyperbarické komoře (Mourek, 2012, s. 21; WHO, 2011, s.7-8).

## 1.2 Řízení dýchání

Dýchání je řízeno nervově a chemicky. Na nervovém řízení této základní vitální funkce se podílí CNS, konkrétně skupiny neuronů v retikulární formaci mozkového kmene, jejichž výběžky končí na motoneuronech v předních rozích míšních. Na změny napětí v dýchacích cestách reagují mechanoreceptory a ty následně ovlivňují činnost neuronů dechového centra. Aktivitu spinálních motoneuronů lze ovlivnit přímo z mozkové kůry, řídit tak volní dýchání – měnit frekvenci i hloubku dechu, případně dech zadržet (Langmeier, 2009, s. 101).

Chemická regulace dýchání je ovlivněna metabolickou aktivitou buněk. Chemoreceptory jsou umístěné na periférii - jde o karotická a aortální tělíska, další jsou v centru - v mozkovém kmeni. Dohromady reagují na změny chemického složení krve (pH,  $\text{pCO}_2$ ,  $\text{pO}_2$ ) (Langmeier, 2009, s. 102).

## 1.3 Hypoxie

Hypoxie je stav, při kterém dochází k nedostatečnému zásobení tkání kyslíkem. Vzhledem k tomu, že kyslík je stěžejní pro metabolismus buněk a tedy celkovou funkci organismu, má jeho nedostatek ve tkáních mnoho závažných následků. (Mourek, 2012, s. 62)

Nedostatek kyslíku může být primárně již v atmosféře (vysokohorské prostředí, spotřeba  $O_2$  v prostředí v důsledku hoření) nebo je porušena dodávka z atmosféry do organismu vlivem onemocnění plicních, srdečních a cévních. Buňky těla potřebují  $O_2$  v určité koncentraci a ta je vyjádřena parciální tlakem kyslíku – hodnota  $pO_2$  v krvi. Kyslík je nepřetržitě spotřebováván, a proto musí být i nepřetržitě dodáván. V klidovém stavu tělo spotřebuje asi 250 ml  $O_2$ , při zátěži stoupá spotřeba až 10x. Pokud je dodávka kyslíku do těla přerušena (zástava oběhu, dušení), jsou nejprve spotřebovány zásoby v plicích a krvi (asi 1000ml) a následně dochází k stavu bezvědomí, tkáňová rezerva  $O_2$  je minimální. Mozkové buňky jsou na nedostatek  $O_2$  extrémně citlivé, oproti tomu buňky kosterního svalstva jsou schopny práce i za nepřítomnosti  $O_2$ , cestou anaerobní glykolýzy za vzniku laktátu (kyselina mléčná) (Mourek, 2012, s. 62; Vokurka, 2014, s. 83-85).

Hypoxie může být celková (systémová) nebo místní (lokální). Může vzniknout akutně nebo je přítomná chronicky. Úplný nedostatek kyslíku je označován jako anoxie. Pokud je nedostatek kyslíku spojen s hromaděním  $CO_2$  jde o asfyxii. Úroveň nasycení arteriální krve kyslíkem lze měřit neinvazivně, pomocí pulzní oxymetrie. Invazivní metoda spočívá v odběru arteriální krve z tepny a jeho analýze v laboratoři (Mourek, 2012, s. 62; Vokurka, 2014, s. 83-85).

### 1.3.1 Hypoxická hypoxie

Vzniká při porušené funkci plic, případně při nedostatku  $O_2$  v atmosféře. Dochází ke snížení  $O_2$  v krvi a vzniká hypoxémie. Hladinu  $pO_2$  lze stanovit odběrem arteriální krve a provedením analýzy krevních plynů. Takovýto typ hypoxie je systémový a postihuje všechny orgány (Mourek, 2012, s. 62).

### 1.3.2 Transportní (anemická) hypoxie

Je způsobena buď velkou ztrátou krve, častěji pak přítomností anémie, kdy se snižuje množství hemoglobinu, který  $O_2$  transportuje ke tkáním. Další příčinou je porušení vazební schopnosti hemoglobinu s kyslíkem, která vzniká při otravách CO. I tato hypoxie je systémová (Mourek, 2012, s. 62).

### **1.3.3 Hypoxie cytotoxická (hystotoxická)**

V tomto případě je kyslíku ve tkáních dostatek, ale ty nejsou schopny ho zpracovat. Nejčastější příčinou je otrava kyanidy. Venózní krev je jasně červená a její saturace vyšší, než obvyklých 75 % (Mourek, 2012, s. 62).

### **1.3.4 Hypoxie cirkulační**

K tomuto typu hypoxie dochází při snížení průtoku krve tkáněmi. Může mít charakter místní – při ucpaní cévy trombem, embolií či traumatickém stlačení. Celková hypoxie vzniká při cirkulačním šoku – selhání srdeční pumpy. Stagnační hypoxie se projeví cyanózou, ischemická hypoxie bledostí sliznic a jejich chladem (Mourek, 2012, s. 62; Vokurka, 2014, s. 83-85).

## **2 Operační výkony na hrudníku**

Operačními výkony na hrudníku se zabývá hrudní chirurgie (torakochirurgie), specializující se na onemocnění plic, mediastina a jícnu. Kardiovaskulární chirurgie zahrnuje kardiochirurgické výkony na srdci. Do oblasti hrudníku náleží i část cévních výkonů. Operační výkony kardiovaskulárního aparátu, plic a mezihrudí zasahují právě ty systémy, které bezprostředně s přísunem kyslíku do organismu a jeho distribucí ke tkáním souvisí (Janíková, 2013, s. 22).

### **2.1 Hrudní chirurgie**

Hrudní chirurgie se zabývá operacemi diagnostickými nebo terapeutickými. Využívá buď otevřený přístup, kdy jde o klasické operace nebo videoendoskopické přístupy (Janíková, 2013, s. 129).

#### **2.1.1 Endoskopické výkony**

V hrudní chirurgii jde především o mediastinoskopii a torakoskopii. Mediastinoskopie umožňuje vyšetření pretracheálního a paratracheálního prostoru pomocí mediastinoskopu. Jde o tubus umožňující operační výkon pod kontrolou zraku. Dokonalejší přehled pak lze získat díky videomediastinoskopu (Janíková, 2013, s. 129).

Torakoskopií rozumíme přímé vyšetření plic, pleury, mediastina a bránice torakoskopem. Při tomto výkonu lze odebírat vzorky tekutin a tkání na různé typy vyšetření - bakteriologické, cytologické nebo bioptické (Janíková, 2013, s. 129).

Videotorakoskopie a videomediastinoskopie umožňují práci pod kontrolou monitoru. Jde o metody šetrnější a přesnější, umožňující např. exstirpaci uzlin ve středním mediastinu, případně exstirpaci dostatečně velké části plicní tkáně z několika míst (Janíková, 2013, s. 129).

#### **2.1.2 Klasické operační přístupy**

Nejčastějším operačním přístupem pro výkony na plicích je torakotomie. Rozlišujeme přístup posterolaterální, anterolaterální a parasternální. Méně obvyklá je potom sternotomie, která se primárně využívá v kardiochirurgii, ale i v pneumochirurgii ji lze použít např. při odstranění thymomu. Pro operační výkon v mediastinu lze využít např. mediální podélnou sternotomii, manubriotomii, příčnou sternotomii, parasternální mediastinotomii, nebo posterolaterální torakotomii (Krška, 2014, s. 366).

## **2.2 Plicní výkony**

### **2.2.1 Pneumonektomie**

Pneumonektomií rozumíme odstranění celé plíce. Tento výkon se provádí při centrální formě patologického procesu, kdy by méně radikální zásah nebyl dostačující, aby bylo dosaženo odstranění celého chorobného ložiska. Při pneumonektomii je velmi důležité ošetření cévních kmenů a bronchu. Předchází se tak komplikacím, které mohou být svým rozsahem smrtící. Jde hlavně o masivní krvácení a bronchopleurální píštěl či pleurální píštěl. Součástí pneumonektomie může být i další výkon v mediastinu, např. resekce mediastinální pleury, nebo částí srdce, zásah na jícnu, trachee případně lymfadenektomie. Je možný i zásah do hrudní stěny. Sem patří resekce parietální pleury nebo měkkých tkání, které bývají součástí operací onkologických procesů (Adam a kol. 2004, str. 57).

Po pneumonektomii je zavedena pasivní hrudní drenáž, tedy bez použití sání. Drén odvádí zejména sekret z hrudní dutiny a zamezuje tak případným infekčním komplikacím z hromadění. Sání nelze použít, protože by mohlo dojít k dislokaci mediastina a jeho orgánů směrem do prázdné hrudní dutiny. Tím by byly způsobeny především srdeční komplikace (Adam a kol. 2004, str. 57).

### **2.2.2 Plicní bilobektomie**

Při bilobektomii chirurg odstraňuje dva plicní laloky. Jde tedy o pravostranný výkon. Rozdílem proti pneumonektomii je především následné zavedení aktivní hrudní drenáže, která pomáhá rozvinutí zbylé plicní tkáně a zvětšuje tak dýchací plochu (Adam a kol. 2004, str. 58).

### **2.2.3 Plicní lobektomie**

Lobektomií rozumíme odnětí pouze jednoho laloku postižené plíce. Jde o častý výkon onkologického charakteru, kdy je vždy nutné dbát na dostatečný rozsah resekce k odstranění nádorového rezidua. Výkon je obvykle doplněn lymfadenektomií a ukončen zavedením aktivní hrudní drenáže (Adam a kol. 2004, str. 58).

### **2.2.4 Plicní segmentektomie**

Segmentektomie je nejmenším výkonem anatomické plicní resekce a kopíruje hranici plicního segmentu. Používá se zejména u karcinomů v I. stadiu společně s lymfadenektomií. Dále pak tam, kde by resekce většího množství plicní tkáně výrazně limitovala funkční výkon plic (Adam a kol. 2004, str. 59).

### **2.2.5 Atypická plicní resekce**

Není užívána příliš často. Při této operaci chirurg nerespektuje hranice některé z plicních jednotek plíce, laloků nebo segmentů. Jde spíše o paliativní výkon, případně je použit u starších nemocných s menší malignitou (Adam a kol. 2004, str. 59).

## **2.3 Výkony v oblasti mediastina**

Prostor mediastina vymezují obě pleurální dutiny, dále lze popsat oblast předního mediastina vymezeného angulus sterni a zadní mediastinum dané tělem obratle Th4. Je možno definovat přední, střední a zadní mediastinum. Popis jednotlivých částí uvádí Krška a kol. (2014) takto: *"Přední část obsahuje thymus, lymfatické uzliny, ektopicky štítnou žlázu s příštítnými tělísky a mezenychymální pojivové tkáně. Ve střední části je uložen perikard, srdce, velké cévy, průdušnice s větvením hlavních bronchů, lymfatické uzliny a nervové plexy. Zadní část je ohraničena perikardem a páteří. Obsahuje jícen, nervi vagi, splachnické nervy, sympatické řetězce s ganglii ductus thoracicus".*

### **2.3.1 Cysty a nádory mediastina**

Nevyskytují se příliš často a postihují jedince jakéhokoliv věku. Může jít o mediastinální strumy a nádory štítné žlázy, thymom, neurogenní nádory nebo postižení lymfatické tkáně, cysty mediastina, či nádory jícnu, či pseudotumory v podobě cévních malformací a výdutí (Krška a kol., 2014, s. 365).

### **2.3.2 Chirurgie jícnu**

Jícen může být postižen vrozeně a to atrezií, která se operačně řeší v novorozeneckém věku. V dospělosti bývají diagnostikovány divertikly a nádory. Chirurgicky jsou řešena poranění jícnu. Další onemocnění jako je achalázie či jícnové varixy bývají řešeny konzervativně (Vodička, 2014, s. 132).

## **2.4 Kardiochirurgie**

Kardiochirurgie je odvětvím chirurgie, které se věnuje především diagnostice a následnému operačnímu řešení vrozených i získaných srdečních onemocnění a postižení velkých cév. Jde o týmovou práci, na které se podílí kardiolog, kardiochirurg, anesteziolog, perfuzionista a sestry specialistky (Slezáková, 2010, str. 166).

### **2.4.1 Vrozené srdeční vady**

Nejčastějšími vrozenými srdečními vadami jsou např. koarktace aorty nebo stenózy velkých cév. Takové vady nejsou komplikovány zkratem. Mezi vady s levo-pravým zkratem řadíme

otevřenou tepennou dučej, defekty síňového či komorového septa nebo anomální odstup koronárních arterií z plicnice. Fallotova tetralogie je vadou s pravo-levým zkratem, stejně jako transpozice velkých cév (Slezáková, 2010, str. 166).

## **2.4.2 ICHS**

Nejčastějším onemocněním, které lze kardiochirurgicky řešit je ischemická choroba srdeční (ICHS). Při aterosklerotickém poškození koronárních cév může dojít až k jejich uzavření a vzniku akutního infarktu myokardu. Dojde-li k nekróze myokardu, může vzniknout ruptura s následnou srdeční tamponádou. Dalšími komplikacemi jsou pseudaneuryzmata, ruptura mezikomorového septa nebo ruptura papilárního svalu (Schneiderová, 2014, s. 167).

### **2.4.2.1 Srdeční bypass**

Jde o nejčastější operační řešení následků uzavěru koronárních cév. K přemostění zúžených nebo uzavřených tepen je možno využít arteriální štěp, a to a. mammaria nebo a. radialis, případně žilní štěpy v podobě v. saphena magna. Nejčastější je mamaro-koronární bypass na ramus interventrikularis anterior s možnou kombinací aorto-koronárních bypassů pomocí žilních štěpů.

Výkon je prováděn ze sternotomie, za využití mimotělního oběhu. Je možno operovat na bijícím srdci za pomoci stabilizátorů. Dalším typem zákroku je miniinvazivní revaskularizace, která probíhá na bijícím srdci z minitorakotomického přístupu. Využívána je levostranná nebo pravostranná anterolaterální torakotomie. Na vzestupu jsou robotické operace (Schneiderová, 2014, s. 167-168).

## **2.4.3 Chlopenní vady**

Mezi chlopenní vady patří aortální stenóza, která může být přítomna vrozeně (bikuspidální aortální chlopeč) nebo následkem porevmatických změn. Insuficience aortální chlopeč vzniká na podkladě degenerativních změn např. při endokarditidě, nebo jako anuloaortální ektázie při aneurysmatu či disekci. Mitrální stenóza a insuficience, případně trikuspidální stenóza a regurgitace jsou dalším častým typem chirurgicky řešených vad (Schneiderová, 2014, s. 160-167).

### **2.4.3.1 Náhrady srdečních chlopní**

Chlopeč jsou děleny na mechanické a biologické. Z mechanických chlopní se nejčastěji používá dvoukřídélková (dvoudvířková) chlopeč. Dříve byly využívány i chlopeč diskové či kuličkové. Mechanické náhrady jsou specifické nutností trvalé doživotní antikoagulace

a implantují se nejčastěji pacientům s dlouhou předpokládanou dobou přežití (Schneiderová, 2014, s. 160-165).

Biologické chlopně jsou buď xenografty - prasečí, případně z hovězího perikardu. Dalším typem je alograft z kadaverózních dárců a autograft, kdy dojde k nahrazení aortální chlopně chlopní pulmonální a ta je nahrazena alograftem. Biologické náhrady nevyžadují trvalou antikoagulaci, ale podléhají degenerativním změnám (Schneiderová, 2014, s. 160-165).

#### **2.4.4 Poranění srdce**

Poranění srdce mohou být tupá, v podobě kontuze, či penetrující následkem střelných a bodných ran. Častá bývají též traumatická poranění srdce při autonehodách nebo pádech z výšky (Schneiderová, 2014, s. 157-167).



### **3 Ošetřovatelská péče u pacientů po hrudním výkonu**

Pooperační péče vždy záleží na rozsahu a délce operačního výkonu, bezprostředním stavu pacienta a na komorbiditách. Již v průběhu samotného zákroku bývá rozhodnuto o pooperačním průběhu buď na dospávacím pokoji, nebo na JIP či ARO (Janíková, 2013, s. 47-54).

Časná pooperační péče je prováděna ihned po výkonu, kdy se zjišťuje, zda klient spontánně dýchá, má obnoveny obranné reflexy a stabilizovaný oběh. Je také soustředěna na prevenci pooperačních komplikací. Následná pooperační péče je zaměřena na rehabilitaci a obnovení soběstačnosti pro návrat do běžného života. Sesterská role je zde nezastupitelná a vyžaduje zkušenost a erudici (Slezáková, 2010, s. 37).

#### **3.1 Monitorování fyziologických funkcí**

Po rozsahem menších a kratších výkonech je pacient sledován na dospávacím pokoji, kde jsou monitorovány základní životní funkce - TK, P, SpO<sub>2</sub>, TT, vědomí, dýchání, bolest a stav operační rány, případně odpady do drénů. Nutná je i kontrola zavedených i. v. katétrů a hodnocení jejich funkčnosti. Sestra hodnoty sleduje a v pravidelném intervalu zapisuje do dokumentace. První hodinu je záznam prováděn po 15 minutách, ve druhé hodině každých 30 minut. Pokud je stav klienta uspokojivý a nejsou přítomny známky komplikací, lze provést překlad na oddělení k další observaci (Slezáková, 2010, s. 37).

U dlouhých nebo obtížných výkonů s předpokladem potřeby připojení pacienta k umělé plicní ventilaci probíhá pooperační péče na JIP či ARO. Tyto jednotky jsou řádně vybaveny, jak přístrojovou technikou, tak personálně pro intenzivní sledování a péči o pacienta. Sestry poskytují na jednotkách tohoto typu vysoce specializovanou péči pacientům ohroženým selháváním jedné či vícero základních životních funkcí (Janíková, 2013, s. 47-54; Streitová, 2015, s. 26).

##### **3.1.1 Monitorování srdečního rytmu**

Patří k základním úkonům v rámci pooperačního sledování pacienta. Fyziologicky se srdeční frekvence pohybuje mezi 60 - 90 úderů za minutu. Tachykardií rozumíme zrychlenou srdeční akci, bradykardií pak zpomalenou. EKG křivka představuje grafický záznam činnosti srdce a díky jejímu sledování lze zachytit celou řadu poruch rytmu, které po hrudních výkonech nejsou ojedinělé. Mimo výše zmíněnou brady či tachykardii může jít o fibrilaci nebo flutter srdečních síní, různé typy extrasystol, blokády převodového systému případně

i komorové tachykardie či komorové fibrilace. Sestra se musí orientovat v základních křivkách, aby mohla rychle reagovat na závažný problém (Janíková, Zeleníková, 2013, s. 137).

### **3.1.2 Monitorování krevního tlaku**

Tlak krve (TK) lze sledovat neinvazivně, pomocí tlakové manžety a tonometru, případně manžety napojené na monitor. Nebo invazivně, a to díky arteriálnímu katetru zavedenému nejčastěji cestou a. radialis, a. brachialis či a. femoralis. Pooperační monitorace TK umožňuje sestře reagovat na náhlé změny v podobě hypotenze, kdy hodnoty systolického tlaku klesají pod 90 mm Hg. Ta může mít různé příčiny - od krvácení, přes hypovolémii až po anafylaxi. Hypertenze nastává při hodnotách nad 140 mm Hg. Příčinou bývá hypertenze v předchorobí nebo nedostatečná pooperační sedace u pacienta. Při invazivně měřeném TK sestra musí kontrolovat správné umístění měřicí komůrky, dostatečný proplach setů bez přítomnosti vzduchových bublin a provádět kalibraci dle potřeby (typicky při změně polohy pacienta, nebo lůžka) (Janíková, Zeleníková, 2013, s. 137; Hutýra 2011, s. 78-81).

### **3.1.3 Monitorování dýchání**

Podle druhu operačního výkonu, jeho průběhu, stavu pacienta a hloubce anestezie mohou někteří pacienti vyžadovat v pooperačním období UPV, ostatní pak přijíždějí z operačního sálu spontánně ventilující. V bezprostředním pooperačním období je nutné sledovat dechovou frekvenci a kontrolovat případné obtíže v podobě dechové tísně, bradypnoe až apnoe (Janíková, Zeleníková, 2013, s. 137).

**UPV** - sestra poskytuje komplexní ošetrovatelskou péči zaměřenou zejména na toaletu DC spočívající v odsávání DC v určených intervalech (při silném zahlenění dle potřeby), vše za sterilních podmínek. Zajišťuje výměnu uzavřeného odsávacího systému a ventilačního okruhu, dle zvyklostí oddělení. Pečuje o sliznici dutiny ústní a dutiny nosní, sleduje tlak v obturační manžetě endotracheální kanyly (měří min. 1x za 24 hod. a zapisuje hodnotu do dokumentace), polohuje endotracheální kanylu 1x za 12/24 hod., dle zvyklostí pracoviště (Janíková, Zeleníková, 2013, s. 137).

**Spontánní ventilace** - u většiny pacientů se zavádí podání kyslíku kyslíkovými brýlemi či kyslíkovou maskou. Nutností je dechová rehabilitace s opakovanými hlubokými nádechy k prevenci atelektázy plic. Důležitým bodem je nácvik odkašlávání, sestra instruuje pacienta a pomáhá případně přidržet operační ránu. Je možno provést poklepovou masáž hrudníku, v případě nutnosti se podává inhalace (Janíková, Zeleníková, 2013, s. 137).

### **3.1.4 Monitorování pomocí pulzní oxymetrie**

Patří k základním hodnotám sledovaným v pooperačním období. Používá se u všech pacientů ohrožených respirační insuficiencí, kdy je prováděno neinvazivního měření SpO<sup>2</sup>. Na akrálních částech (prst, ucho, nosní křídlo) je umístěno klipové čidlo, které vysílá a přijímá infračervené záření a umožňuje tak hodnotit míru nasycení dostupného hemoglobinu kyslíkem. Hodnoty se pohybují optimálně mezi 95 - 100 %. Podrobněji se této problematice práce věnuje v dalších kapitolách (Málek, 2016, s. 120; Bartůněk a kol. 2016, s. 82; Janíková, 2013, s. 47).

### **3.1.5 Monitorování tělesné teploty**

Tělesná teplota je standardně monitorována buď kontinuálně a nebo intermitentně. Fyziologické rozmezí je mezi 36 - 37°C. U necelé poloviny pacientů dochází v bezprostředním pooperačním období ke zvýšení tělesné teploty vlivem zvýšeného tonu sympatiku. Během prvních dnů by mělo dojít k úpravě. Pokud zvýšené hodnoty přetrvávají, může jít o komplikaci v podobě infekce v ráně, dýchacím či močovém systému (Bartůněk a kol. 2016, s. 106; Janíková, 2013, s. 49).

### **3.1.6 Monitorování dalších parametrů**

V případě zavedení centrálního katetru lze monitorovat centrální žilní tlak (CVT) pro kontrolu náplně oběhu. Pomocí Swan-Ganzova katetru sledujeme tlaky v plicním řečišti a srdeční výdej. Sestra sleduje stav vědomí a hodnotí ho v pravidelných intervalech pomocí Glasgow coma scale. Pooperačně je nutné sledovat a hodnotit bolest. U spolupracujících pacientů lze využít Vizuální analogovou škálu, tedy hodnocení bolesti pomocí stupnice bolesti. U pacientů nespolupracujících může sestra sledovat bolestivé projevy v podobě grimas, zaujímání úlevové polohy či zvukových projevů pacienta. V případě, že pacient uvádí bolest, informuje lékaře a dle jeho ordinací podává analgetika a sleduje jejich účinnost. Provádí záznam do dokumentace (Bartůněk a kol. 2016, s. 101-103; Janíková, 2013, s. 47-53).

Během 6 - 8 hodin po operaci by se měl nezacévkovaný pacient spontánně vymočit, u pacientů s permanentním katetrem sestra sleduje množství a barvu, případně příměsi v moči.

Sestra sleduje stav operační rány - krvácení v podobě prosáklého krytí. V dalších dnech pak vzhled a případnou sekreci z rány nebo zarudnutí, jako možné místní známky infekce (Bartůněk a kol. 2016, s. 107; Janíková, 2013, s. 47-53).

### **3.1.7 Hrudní drenáž**

Po operačních výkonech v hrudníku je zaváděn hrudní drén. Dle typu operace je drenáž buď spádová, nebo s použitím podtlakového sání (Klein, 2006, s. 193).

Po pneumonektomii je drén zaveden do paravertebrální rýhy nad bránici, kde se obvykle shromažďuje výpotek. Jde o prostou spádovou drenáž, kdy napojení na sání by mělo za následek přetažení nitrohrudních orgánů do volného prostoru po odstraněné plíci a došlo by k výrazným kardiálním příznakům. Hrudní drenáž s aktivním sáním se používá u ostatních hrudních výkonů a jejím cílem je rozvinutí reziduální části plic, případně odvod přítomného vzduch z dutiny hrudní (Klein, 2006, s. 193).

Úkolem sestry je sledovat charakter a množství odváděné tekutiny, funkčnost drénu. Důsledně dbá na zamezení dislokace nebo zalomení zavedeného drénu při manipulaci s pacientem. Drenážní systém nesmí být umístěn do úrovně či nad úroveň hrudníku, hrozilo by nasátí tekutiny ze systému do dutiny hrudní (Klein, 2006, s. 196; Adam a kol., 2004, s. 58).

## **4 Pulzní oxymetrie**

Pulzní oxymetrie je metoda umožňující měření nasycení hemoglobinu kyslíkem v periferním řečišti. Její přínos je především ve včasném odhalení hypoxémie a následné hypoxie organismu. Patří k základním diagnostickým metodám a je nezbytnou součástí monitorace fyziologických funkcí u pacientů v průběhu anestezie a na jednotkách intenzivní péče či ARO. Často bývá pro svoji nenáročnost a neinvazivitu využívána při ambulantních výkonech, nebo v domácím prostředí, kdy je nutno zjistit okysličení pacientovy krve. Normální hodnota saturace ( $SpO_2$ ) je 95 - 100 %. Při hodnotách mezi 95 - 90 % jde o nevýznamný pokles. Pokles pod 90 % je považován za významný (Vytejková, 2013, s. 51; Zadák, 2017, s. 52).

### **4.1 Historie pulzní oxymetrie**

Přestože dnes patří měření saturace krve pomocí pulzního oxymetru k běžnému standardu ve zdravotnických zařízeních a domácí péči, ještě během 80' let minulého století tomu tak nebylo. Pulzní oxymetrie byla prvotně zavedena do monitoringu v anesteziologické praxi. Do té doby bylo možné hypoxii rozpoznat pouze sledováním příznaků u pacienta. Neklid, srdeční arytmie či cyanóza jako pozdní příznak, byly jedinými vodítky v detekci tohoto stavu (Severinghaus, 2007, s. 1-4; Aoyagi, 2007, s. 1-4).

V roce 1860 byl Bunsenem a Kirchoffem vynalezen spektrometr a krátce na to pak Stokes a Hoppe-Seyler objasnili funkci hemoglobinu pro přenos kyslíku v krvi. Řada dalších vědců se touto problematikou zabývala a během druhé světové války Millikan zkonstruoval obdobu oxymetru pro potřebu vojenských pilotů, ohrožených hypoxií. V roce 1972 japonský bioinženýr Takuo Aoyagi sestrojil pulzní oxymetr náhodně při práci na jiném přístroji. Následně byl pochopen potenciál této metody zejména pro anesteziology a péči na odděleních ARO. V roce 1983 doporučila Americká společnost anesteziologů, aby byly tyto přístroje standardní součástí monitorace pacientů podstupujících anestezii (Severinghaus, 2007, s. 1-4; Aoyagi, 2007, s. 1-4).

### **4.2 Princip pulzní oxymetrie**

Sonda oxymetru se skládá ze dvou částí - světelných diod (červená a infračervená LED dioda) a světelné fotodiody, která slouží jako detektor (fotodetektor). Sonda vydává červené světlo, které má vlnovou délku 660 a 940nm. Paprsky světla procházejí tkáněmi z jedné strany sondy na druhou (viz. Příloha B). Krev a tkáň absorbují část světla emitovaného sondou. Množství absorbovaného světla je variabilní dle úrovně nasycení hemoglobinu kyslíkem. Využívá charakteristické absorpční spektra oxyhemoglobinu a karbaminohemoglobinu, která jsou dána

různým zbarvením těchto derivátů hemoglobinu. Fotodetektor zachycuje světlo, které prošlo tkáněmi a mikroprocesor vypočítává hodnotu pro nasycení kyslíkem ( $SpO_2$ ). Aby pulzní oxymetr fungoval, musí být sonda umístěna tam, kde může být detekován puls. LED diody musí směřovat k světelnému detektoru, aby zachytily světlo při průchodu tkáněmi. Zařízení detekuje  $SpO_2$  pouze z arteriální krve, to je podpořeno tím, že množství absorbovaného červeného a infračerveného světla kolísá se srdečním cyklem. Objem arteriální krve se zvyšuje při systole a klesá při diastole, naopak objem žilní krve zůstává relativně konstantní. Pulzní oxymetry byly kalibrovány na zdravých dobrovolnících během desaturačních studií, z tohoto důvodu hodnoty  $SpO_2$  pod 70 % nejsou spolehlivé. Metodika pro validizaci přesnosti pulzní oxymetrie je popsána v Mezinárodním standardu ISO 9919 (Albert, 2017, s 27-29; Vytečková, 2013, s. 52).

### **4.3 Typy pulzních oxymetrů**

Sondy jsou určeny pro použití na prst, nosní křídlo nebo ušní lalůček. (viz. Příloha D). Nejčastěji bývají používány oxymetry v podobě klipů, ale ty se snadno poškodí. Dalším typem jsou pryžové sondy, které jsou poměrně robustní. V některých případech může být nasazená pryžová manžeta velmi těsná a může omezit průtok krve prstem. Lze použít i jednorázové adhezivní snímače na čelo. Ušní sondy jsou lehké a užitečné u dětí, nebo pokud je u pacienta výrazná vazokonstrikce. Pro děti jsou určeny speciální malé sondy, které se fixují na dlaň, zápěstí nebo chodidlo. U klipových (prstových) saturačních čidel výrobce vyznačuje správnou orientaci nehtového lůžka přímo na sondě (WHO, 2011, s. 10; Nováková, 2017, s. 8-9).

Sonda oxymetru je nejcitlivější částí pulzního oxymetru a snadno se poškodí. Je třeba s ní pracovat opatrně a vyvarovat se např. pádů na podlahu. Saturační čidlo se připojuje k monitorovací jednotce pomocí konektoru s řadou velmi jemných kolíků, u nichž je nebezpečí snadného poškození. Před vložením do monitoru je nutno vždy konektor správně směřovat. Sonda nesmí být odpojována od monitoru tahem za kabel, konektor je třeba pevně uchopit mezi prstem a palcem (WHO, 2011, s. 10; Nováková, 2017, s. 8-9).

Pro ambulantní či domácí použití jsou vyráběny malé bezkabelové oxymetry, které zobrazují  $SpO_2$  a aktuální tepovou frekvenci na malém displayi, integrovaném v přístroji. Dalším typem jsou oxymetry s krátkým kabelem spojujícím sondu s malou monitorovací jednotkou, kterou lze přenášet (WHO, 2011, s. 10; Nováková, 2017, s. 8-9).

#### 4.4 Výhody a nevýhody různých typů sond pulzního oxymetru

Čidlo pulzního oxymetru se na prst, nos, ušní lalůček nebo čelo přikládá z důvodu bohatého cévního zásobení těchto míst. Výhodou opakovaně použitelných klipových sond je rychlost použití, snadné přiložení na různá místa v případě nekvalitního signálu, nízké náklady při možnosti měřit více pacientů postupně jedním čidlem (Chan, 2013, s. 789-799).

Výhodami jednorázových adhezivních sond jsou potenciálně menší přenos nozokomiálních nákaz, bezpečnější umístění při výrazném neklidu pacienta, schopnost monitorovat jiná, než akrální místa, která jsou citlivější na vazokonstrikci (Chan, 2013, s. 789-799).

#### 4.5 Chyby měření SpO<sub>2</sub>

Vzhledem k tomu, že s pulzní oxymetrií sestry pracují naprosto běžně, je třeba, aby si byly vědomy situací, kdy dochází k nepřesné detekci signálu, případně falešně nízkým či vysokým výsledkům. Tyto znalosti zabraňují zbytečným intervencím a alarmovým situacím, které stresují pacienta i zdravotníky (Chan, 2013, s. 789).

**Příčinami přerušovaných výpadků** nebo neschopnosti detekovat SpO<sub>2</sub> jsou špatná perfuze akrálních částí při hypovolémii, vazokonstrikci atd., nebo špatně umístěná sonda. **Falešně normální či zvýšené SpO<sub>2</sub>** se objevují při otravě oxidem uhelnatým nebo srpkovité anémii. **Falešně nízké SpO<sub>2</sub>** může být přítomno při neklidu a nadměrném pohybu pacienta. Tyto faktory (pohyb a neklid) zmiňuje Petterson (2007) jako nejčastější příčiny chybných alarmů zatěžujících pacienty i personál. Odstranění pohybových artefaktů limituje samotná technika. Další příčinou falešně nízkých výsledků SpO<sub>2</sub> může být podání intravenózních pigmentových barviv (součást testů - např. léčebné použití methylenové modři jako redukčního činidla při methemoglobinemii). Dále u dědičné formy abnormálního hemoglobinu. Zkreslovat může i lak na nehty. Ballesteros-Peña (2015) v systematickém review, které hodnotilo studie z let 1999 až 2014 uvádí, že černá, modrá a zelená barva mohou snížit SpO<sub>2</sub> až o 10 %, avšak u nových modelů pulzních oxymetrů je vliv laků na nehty zanedbatelný. Falešně nízké hodnoty mohou být naměřeny při anémii se současnou hypoxémií, sepsi, nebo u špatně umístěné sondy (Chan, 2013, s. 792-798; Vytečková, 2013, s. 53).

**Falešně nízké či vysoké SpO<sub>2</sub>** detekujeme u methemoglobinemie - methemoglobin vzniká tehdy, pokud železo v molekule hemoglobinu je v oxidačním čísle III. místo II. MetHb je méně schopný vázat kyslík a zhoršuje uvolňování O<sub>2</sub> na úrovni tkání. Tento stav způsobují oxidační chemikálie nebo léky (dusitany, dusičnany- ohrožení kojenců, sulfonamidy, lidokain). Při sulfhemoglobinemii je obdobně, jako u MetHb železo v oxidačním čísle III

a navíc atom síry zabudovaný do porfyrinového kruhu (anilinová byrvida, dusičnany, sulfonamidy, metoklopramid). Hlavní klinickou manifestací je v obou případech cyanóza (Chan, 2013, s. 798; Vytečková, s. 53).

Dobrym vodítkem při sledování je charakter amplitud pulzních vln. Pokud je vlna "oploštělá", může být měření nepřesné a hodnoty nespolehlivé (vazokonstrikce, hypotenze, hypotermie). V případě nejasností je vždy nutné provést analýzu arteriálních krevních plynů (Chan, 2013, s. 789-799; Kulhánek, 2016, s. 6-7).



## **5 Vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů - metodou ASTRUP**

### **5.1 Vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů**

Stabilita vnitřního prostředí organismu je stěžejní pro fungování veškerých metabolických pochodů, činnost orgánů a tím pro udržení základních životních funkcí.

V padesátých letech dánský profesor Poul Astrup zavedl do klinické praxe ekvilibrační metodu pro vyšetření pH a pCO<sub>2</sub>, čímž se zapsal do historie a právě jeho jméno je ekvivalentem pro vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů (ABR) (Langer, 2013, s. 9).

Toto vyšetření patří v biochemických laboratořích k nejprováděnějším a bývá indikováno u širokého spektra pacientů. Nejčastěji jde o pacienty v kritickém stavu, s ventilační poruchou, případně s postižením funkce ledvin či jater, intoxikované, pacienty podstupující náročné operační výkony apod. (Langer, 2013, s. 9).

Pro potřebu této práce je stěžejní možnost vyšetření SaO<sub>2</sub>, tedy saturace arteriální krve kyslíkem.

### **5.2 Vyšetřované parametry**

Vyšetřením ABR a krevních plynů je možno stanovit celou řadu parametrů:

- pH - koncentrace vodíkových iontů

Tato hodnota je ve zdravém organismu stabilní, fyziologicky se pohybuje mezi 7,36 – 7,44. Snížením dochází k acidóze, zvýšením k alkalóze.

- pCO<sub>2</sub> – parciální tlak CO<sub>2</sub> v arteriální krvi

Je dán vztahem tvorby CO<sub>2</sub> ve tkáních a jeho eliminací alveolární ventilací. Hodnota se pohybuje u mužů 4,80-6,40 kPa, u žen 4,40-5,73 kPa.

- pO<sub>2</sub> – parciální tlak kyslíku v arteriální krvi

Kyslík je transportován krví navázán na hemoglobin, jeho hodnota se pohybuje mezi 10,4 – 14,3 kPa.

- SaO<sub>2</sub> – saturace hemoglobinu kyslíkem v arteriální krvi

Hodnota je fyziologicky mezi 94 – 99 %.

Dalšími vyšetřovanými hodnotami jsou: cHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> koncentrace hydrogenuhličitanového aniontu ve vzorku, celkový hemoglobin a hematokrit, hladiny minerálů, výpočet BE (base

excess) výchyly nárazníkových bazí podílejících se na stabilitě vnitřního prostředí (Langer, 2013, s. 10-13, ÚKBD 2015).

### **5.3 Odběr krve na vyšetření ABR**

Sestry provádí odběr arteriální krve nebo krve kapilární, arterializované. Odběr arteriální krve lze provést jednorázovým vpichem, avšak u pacientů v kritickém stavu, při rozsáhlých operačních výkonech nebo u pacientů s předpokladem opakovaných odběrů arteriální krve k vyšetření krevních plynů s nutností invazivně monitorovat tlak krve, je zavedena kanyla do a. radialis, a. brachialis či a. femoralis. Krev se nasává přes systém setů připojených k arteriální kanyle do speciální heparinizované stříkačky (Navrátil, 2017, s. 362).

Arterializovaná krev je odebírána ze vpichu do ušního lalůčku nebo bříška prstu. Tato místa jsou obvykle dobře prokrvena. Použita je skleněná heparinizovaná kapilára, do které je po nabrání krve vloženo drátěné míchadlo. Oba konce se uzavřou gumovou zátkou a magnetem je krev v kapiláře promísena, aby nedošlo ke sražení vzorku (Navrátil, 2017, s. 363).

Vzorek krve nesmí obsahovat bublinky vzduchu. Transportuje se na ledu do laboratoře, kde je bezprostředně po přijetí zpracován. Stabilita vzorku je při použití ledu 2 hodiny, při pokojové teplotě pak pouhých 15 minut (Navrátil, 2017, s. 362-363; ÚKBD, 2015).

## **6 VÝZKUMNÁ ČÁST**

### **6.1 Cíl výzkumné práce**

Cílem výzkumné části je zjistit, zda je pulzní oxymetrie spolehlivým měřicím nástrojem a zda výsledky takto získané korespondují s výsledky vyhodnocenými měřeními acidobazické rovnováhy a krevních plynů dle ASTRUPa.

### **6.2 Výzkumná otázka**

Jsou u pacientů po hrudním výkonu hodnoty saturace hemoglobinu kyslíkem získané měřeními pulzním oxymetrem shodné, jako hodnoty saturace hemoglobinu kyslíkem z vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů?

## 7 Metodika výzkumu

Diplomová práce je teoreticko – výzkumného charakteru. Výzkumné šetření probíhalo na akreditovaném pracovišti fakultní nemocnice na oddělení pooperační JIP a odd. lůžkové intermediální péče od listopadu 2017 do ledna 2018. S žádostí o umožnění sběru dat byl osloven přednosta a vrchní sestra dané kliniky. Oba souhlas udělili. Data byla získána od 100 pacientů.

JIP je pooperačním pracovištěm pro pacienty po kardiochirurgických a plicních výkonech. Je zde 8 lůžek, z toho jsou 4 boxového typu. Zbývá 4 lůžka jsou volně v prostoru bez možnosti izolace. U každého lůžka je k dispozici: monitor životních funkcí (přenosný na základové stanici a pevný připevněný nad lůžkem), přístroj pro UPV, 3 lineární dávkovače k aplikaci i. v. léků a 2 infuzní pumpy. Ostatní přístrojové vybavení zahrnuje například dialyzační přístroje, přístroje pro mimotělní oběh ECMO, dále pak intraaortální balonový kontrapulzátor, defibrilátor nebo dávkovače enterální výživy. Oddělení intermediální péče je přechodové mezi JIP a standardním oddělením. Je zde 6 lůžek v prostoru a 2 lůžka boxového typu. K přístrojovému vybavení patří monitory životních funkcí, lineární dávkovače, infuzní pumpy, EKG a defibrilátor.

Měření pulzní oxymetrie je součástí základní ošetrovatelské péče o pacienta a spadá do procesu měření fyziologických funkcí. Na pracovišti, kde probíhalo výzkumné šetření, po příjezdu z operačního sálu sestra napojila pacienta na monitor životních funkcí. Jeho součástí bylo i čidlo pulzního oxymteru. Sestra zajistila nasazení snímače na prst ruky, případně mohla volit prsty nohy nebo připojit čidlo pro snímání z ušního lalůčku či nosního křídla. Sledovala pulzní křivku  $SpO_2$  na monitoru a hodnotila její kvalitu. Ta ovlivňuje zobrazený procentuální výsledek  $SpO_2$ . Následně zapsala zjištěná procentuální vyjádření  $SpO_2$  do dokumentace.

Hodnoty  $SpO_2$  byly měřeny čidlem pulzního oxymteru kompatibilním s monitorem životních funkcí Dräger Infinity Delta (viz. Příloha C). Tyto monitory jsou součástí pracoviště JIP i intermediální péče. Standardně se používá klipová sonda nasazená na prst ruky.  $SaO_2$  bylo měřeno z odebrané arteriální krve na analyzátoru krevních plynů Radiometer ABL 800 Flex (viz. Příloha E). Tento analyzátor je standardním vybavením pro oddělení, kde výzkumné šetření probíhalo. Vyšetření krevního vzorku prováděl v pracovní době do 6 hodin do 15,30 hodin laborant přímo na oddělení. Ve zbývajícím čase probíhala analýza vzorku v laboratoři Ústavu klinické biochemie a diagnostiky, kde byly krevní vzorky vyšetřovány na totožném analyzátoru, jaký má k dispozici oddělení JIP. Krev byla odebírána do stříkaček PICO50 firmy Radiometer, které obsahují suchý, elektrolyticky vyvážený

heparin, bránící vzniku sraženin krevních vzorků. Zpracování vzorku probíhalo do 30 minut. V pracovní době si vzorky přebíral neprodleně laborant, nebyly uloženy na ledu. Pokud byla krev zasílána potrubní poštou mimo pracovní dobu, dělo se tak vždy s uložením na ledu. Při předpokládané prodlevě mezi odběrem a zpracováním se tak prodlužuje stabilita odebrané krve. Postup probíhal dle pokynů Laboratorní příručky daného zařízení.

## **7.1 Výzkumný nástroj**

Pro výzkumnou část byl vytvořen nestandardizovaný nástroj sběru dat v podobě tabulky pro zápis měřených hodnot  $SpO_2$  pulzním oxymetrem a  $SaO_2$  získaných měřeními ze vzorku arteriální krve (viz. Příloha A). Zkoumané hodnoty byly zapisovány za 1 hodinu po příjmu pacienta z operačního sálu a dále pak dle standardních odběrových schémat oddělení. Odběry jsou indikovány v časech 6, 12, 18 a 24 hod. Celkem tedy proběhla 4 měření  $SpO_2$  a současně 4 měření  $SaO_2$ , v součtu bylo u každého pacienta 8 výsledků. Hodnota  $SpO_2$  byla zapsána první a následně i hodnota  $SaO_2$ . Do tabulky bylo zaznamenáno datum měření, pohlaví respondenta, typ operačního výkonu a způsob ventilace ve chvíli odběru vzorku. Respondenti byli buď na řízené ventilaci (UPV) nebo spontánně ventilující (S). Součástí tabulky pro sběr dat bylo i poučení pro sestry, které zápis hodnot  $SpO_2$  a hodnoty  $SaO_2$  prováděly. Bylo důležité odečíst hodnotu  $SpO_2$  ve chvíli, kdy probíhal odběr arteriálního vzorku krve.

## **7.2 Vzorek respondentů**

Respondenty se stali všichni pacienti po hrudním výkonu, kteří byli hospitalizováni během listopadu 2017 až ledna 2018. Celkem se jednalo o 100 pacientů po kardiochirurgické či plicní operaci. Kritériem bylo zajištění invazivního vstupu do arteriálního řečiště, který umožňoval odběr krevního vzorku k vyšetření ABR, jehož součástí je měření  $SaO_2$ .

## **7.3 Pilotní šetření**

Před započítím výzkumu bylo provedeno pilotní šetření, předvýzkum v říjnu 2017. Každý den v průběhu jednoho týdne byly měřeny a zaznamenávány hodnoty  $SpO_2$  a  $SaO_2$  u pacientů po hrudních výkonech. Na základě nejasností byl upraven původní záznamový list, ve kterém došlo ke změně v označení času odběru. Kolonky 6, 12, 18 a 24 hod. (což jsou standardní časy, ve kterých probíhají odběry krevních plynů na odděleních) byly nahrazeny časem 1 hod. (tedy první odběr krevních plynů probíhá za 1 hodinu po přijetí z operačního sálu). Dále bylo v záznamu ponecháno místo na vepsání času dalších odběrů. Sestry byly

opakovaně instruováni o nutnosti zaznamenat aktuální hodnotu SpO<sup>2</sup> na monitoru ve chvíli odběru arteriální krve na vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů.

## **7.4 Analýza dat**

Celkem byla získána data od 100 pacientů po hrudních výkonech. 5 záznamových listů bylo vyřazeno z důvodu neúplných dat (chybějící zápis hodnot). Zpracováno bylo 95 záznamových listů. Od každého pacienta bylo získáno celkem 8 výsledků - 4 hodnoty SpO<sup>2</sup> měřené pulzním oxymetrem a 4 hodnoty SaO<sup>2</sup> získané vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů. Zpracováno bylo tedy celkem 380 výsledků SpO<sup>2</sup> a 380 výsledků SaO<sup>2</sup>. Po ukončení výzkumu byla data ze správně zapsaných záznamových listů zanesena do tabulky v programu Microsoft Office Excel 2007 a dále pak zpracována v programu SPSS Statistics. Byly vytvořeny přehledové tabulky a pro lepší přehlednost také krabicové grafy, které jsou doplněny komentářem.

### **7.4.1 Stanovení hypotéz**

Aby bylo možné najít vztah mezi zkoumanými proměnnými, v tomto případě porovnat měření dvěma různými metodami (hodnoty měřené pulzním oxymetrem a hodnoty měřené laboratorním vyšetřením arteriální krve) ve stejném čase, musíme stanovit hypotézy. Nulová a alternativní hypotéza je uvedena u každého času měření, tedy za 1 hodinu, za 6 hodin, 12 hodin a 18 hodin po operačním výkonu.

V rámci průzkumného šetření byly stanoveny hypotézy v tomto znění:

- 1. H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 1 hodinu jsou shodné.  
H<sub>1</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 1 hodinu jsou rozdílné.**
- 2. H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 6 hodin jsou shodné.  
H<sub>1</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 6 hodin jsou rozdílné.**
- 3. H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 12 hodin jsou shodné.  
H<sub>1</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 12 hodin jsou rozdílné.**

**4. H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 18 hodin jsou shodné.**

**H<sub>1</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) za 18 hodin jsou rozdílné.**

Vypočtené  $p$ -hodnoty vypovídají o tom, jak velké chyby bychom se dopustili, pokud bychom zamítli nulovou hypotézu. Hladinu významnosti (tedy akceptovatelnou chybu) volím  $\alpha = 0,05$  (5 %). Pokud by na této hladině významnosti byla zamítnuta nulová hypotéza, jednalo by se o statisticky významný rozdíl mezi testovanými proměnnými. (Borůvková, 2014, s. 28-30)

Pro všechna měření byla nejprve spočítána přehledová tabulka zachycující průměr, medián a směrodatnou odchylku jednotlivých měření pomocí softwaru SPSS Statistics. Dále bylo zjišťováno pomocí Shapiro-Wilkova testu, zda mají jednotlivá měření normální rozdělení. Testování normality dat v praxi vždy předchází použití jakýchkoliv parametrických metod (Borůvková, 2014, s. 89).

Bylo zjištěno, že ani jedno z měření nemá normální rozdělení ( $p$ -hodnoty byly menší než 0,05). Bylo tedy třeba využít neparametrické testy (místo párového  $t$ -testu Wilcoxonův znaménkový test). Pro znázornění byla data zpracována v krabicovém grafu.

## 8 Interpretace výsledků

### 8.1 Analýza dat získaných měřením pulzním oxymetrem a vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů (vyšetření dle ASTRUPa)

V souboru bylo 95 pacientů. Byly zpracovány hodnoty saturace hemoglobinu kyslíkem měřené pulzním oxymetrem (PO) a hodnoty saturace hemoglobinu kyslíkem získané vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů z arteriální krve (A). Pro všechna měření byla nejprve spočítána přehledová tabulka 1, zachycující průměr, medián a směrodatnou odchylku jednotlivých měření:

**Tabulka 1** Popisná statistika zkoumaných dat

	<b>P - 1h</b>	<b>A - 1h</b>	<b>P - 6h</b>	<b>A - 6h</b>	<b>P - 12h</b>	<b>A - 12h</b>	<b>P-18h</b>	<b>A - 18h</b>
<b>Průměr</b>	98,52	98,20	98,15	98,01	97,35	97,21	96,97	96,81
<b>Medián</b>	99,00	98,60	99,00	98,40	98,00	98,00	98,00	97,80
<b>Směrodatná odchylka</b>	1,66	1,20	1,90	1,43	2,25	2,95	2,58	3,12
<b>N</b>	95	95	95	95	95	95	95	95

Dále bylo zjišťováno pomocí Shapiro-Wilkova testu, zda mají jednotlivá měření normální rozdělení. Testování normality dat v praxi vždy předchází použití jakýchkoliv parametrických metod. (Borůvková, 2014, s. 89)

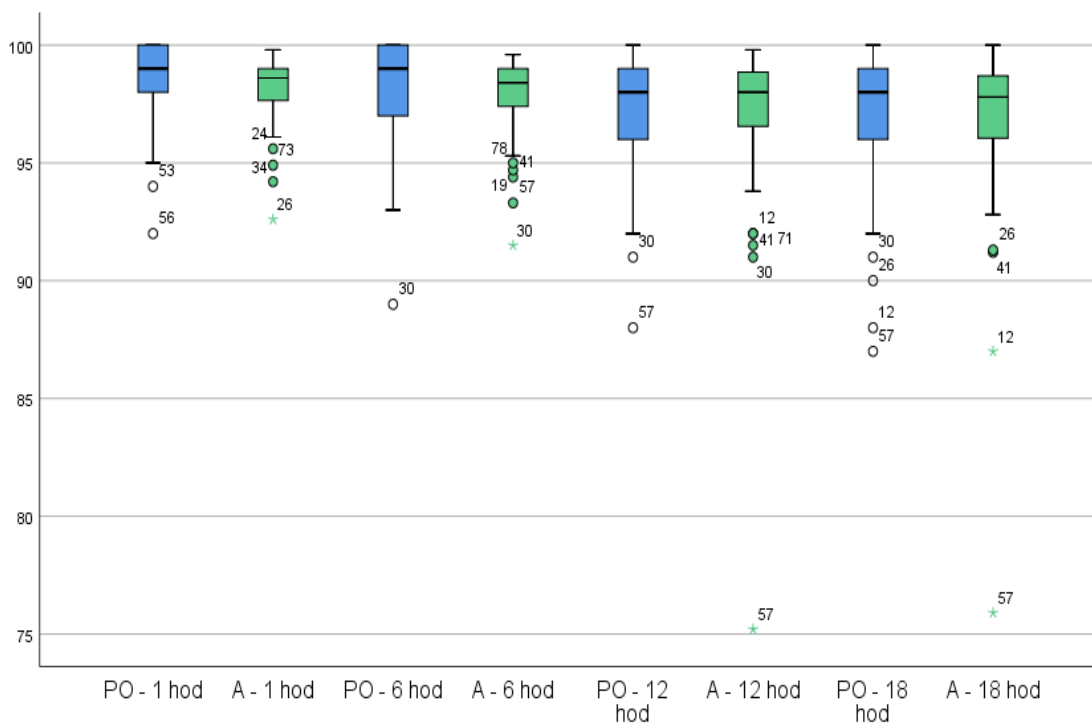


**Tabulka 2** Testování normálního rozložení zkoumaných dat

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
<b>PO 1 hod</b>	,198	95	,000	,819	95	,000
<b>A 1 hod</b>	,208	95	,000	,814	95	,000
<b>PO 6 hod</b>	,197	95	,000	,832	95	,000
<b>A 6 hod</b>	,189	95	,000	,814	95	,000
<b>PO 12 hod</b>	,180	95	,000	,873	95	,000
<b>A 12 hod</b>	,209	95	,000	,594	95	,000
<b>PO 18 hod</b>	,190	95	,000	,861	95	,000
<b>A 18 hod</b>	,179	95	,000	,679	95	,000

a. Lilliefors Significance Correction

Z tabulky 2 vyplynulo, že ani jedno z měření nemělo normální rozdělení (p-hodnoty byly menší než 0,05). Bylo tedy třeba využít neparametrické testy (místo párového t-testu Wilcoxonův znaménkový test). Pro znázornění byla data zpracována v krabicovém grafu:



**Obrázek 1** Graf znázorňující rozdělení dat

Obrázek 1 ukazuje, že existuje celá řada odlehlých pozorování (v grafu označena kroužkem a číslem řádku) a několik extrémních pozorování (v grafu označena hvězdičkou a číslem řádku). Hodně vybočující bylo pozorování v řádku 57, kde je po 18 hodinách jak PO, tak A zcela mimo běžné hodnoty. Tato odlehlá a extrémní pozorování byly vždy hodnoty nižší.

Bylo přistoupeno k porovnání měření dvěma různými metodami ve stejném čase:

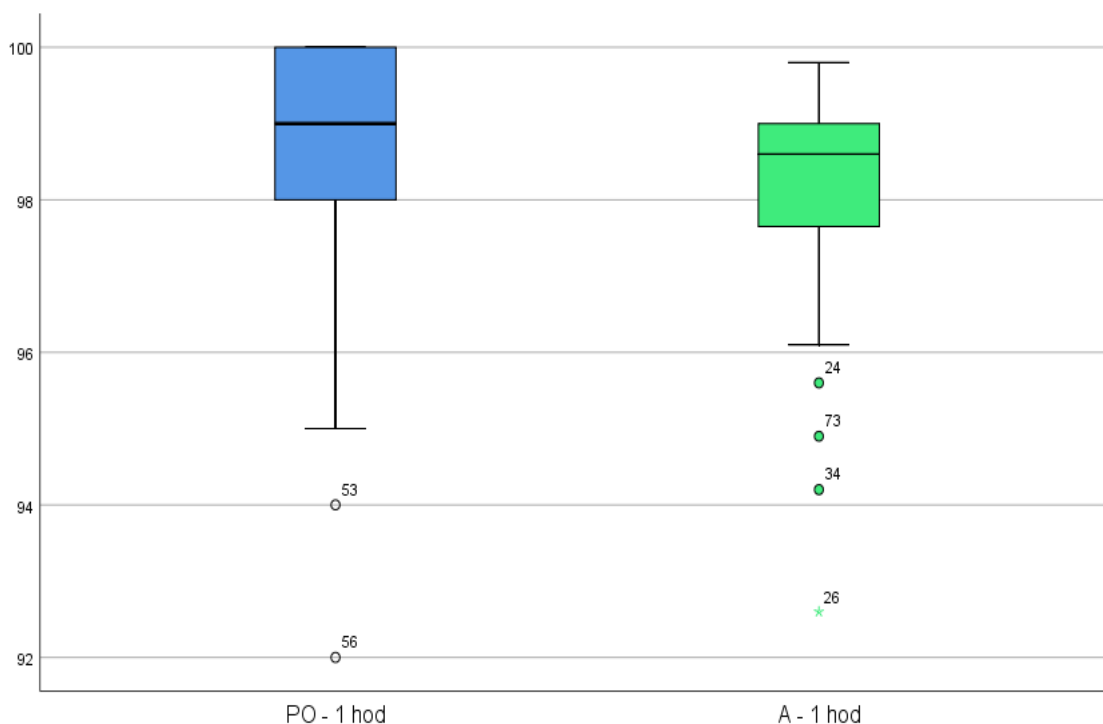
**a) Za 1 hodinu po operačním výkonu**

Po jedné hodině byl první metodou (PO) zjištěn medián 99,0, zatímco druhou metodou (A) 98,6. V tabulce 3 jsou uvedeny i průměry a směrodatné odchylky obou měření:

**Tabulka 3** Popisná statistika dat získaných měřením za 1 hodinu po operačním výkonu

	<b>PO - 1 hod</b>	<b>A - 1 hod</b>
<b>Průměr</b>	98,52	98,20
<b>Medián</b>	99,00	98,60
<b>Směrodatná odchylka</b>	1,66	1,20
<b>N</b>	95	95

Celé rozdělení obou metod znázorňuje následující obrázek 2 (jedná se o výřez předchozího grafu):



**Obrázek 2** Graf znázorňující výsledky měření za 1 hodinu po operačním výkonu

První metoda (PO) zachytila i dvě odlehlá pozorování, a to v řádku 53 a v řádku 56. U druhé metody (A) byla tři odlehlá (řádky 24, 73 a 34) a jedno extrémně odlehlé pozorování (řádek 26). Jednalo se o nezvykle nízké hodnoty.

Rozdělení obou měření byla porovnána pomocí Wilcoxonova znaménkového testu. Je uvedena nulová a alternativní hypotéza:

**1H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 1 hodinu po operaci stejné.**

**1H<sub>1</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 1 hodinu po operaci rozdílné.**

Výsledek ukázal, že mezi měřeními je statisticky významný rozdíl ( $p$ -hodnota 0,004). První metodou byly změřeny vyšší hodnoty než druhou metodou. V tomto případě je  $p$ -hodnota= 0,004,  $\alpha = 0,05$  (5 %);  $0,004 < 0,05$ , proto jsem na hladině významnosti 5 % nulovou hypotézu zamítla a přijala alternativní hypotézu.

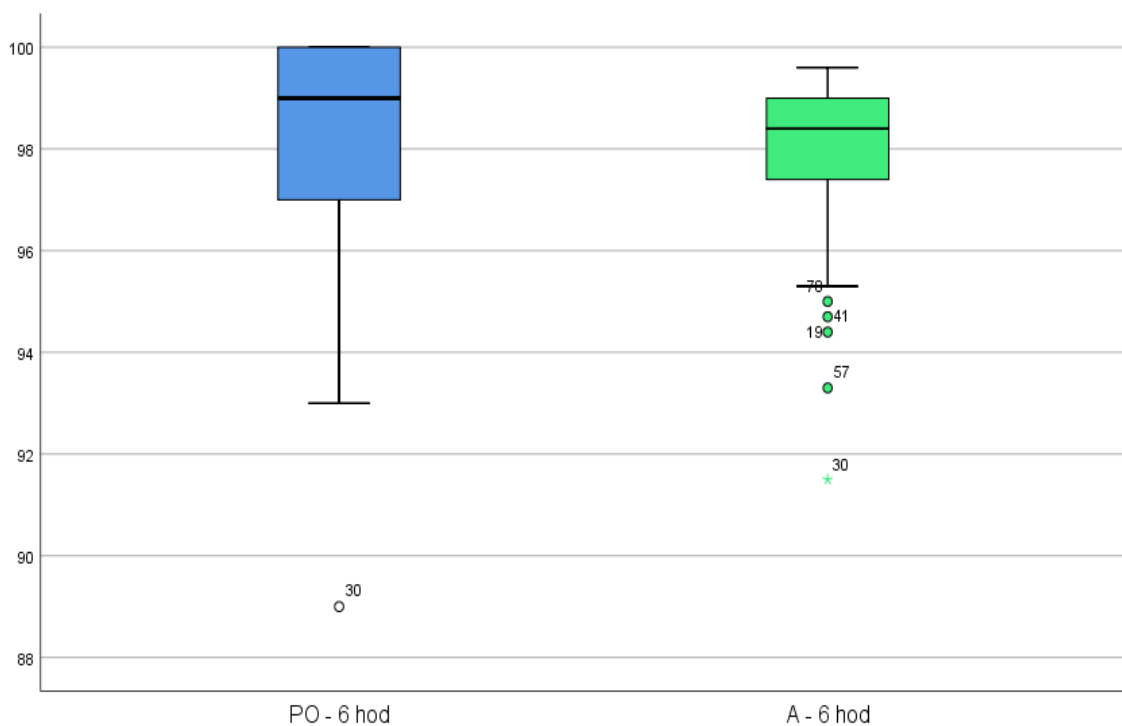
## b) Za 6 hodin po operačním výkonu

Po 6 hodinách byl první metodou (PO) zjištěn medián 99,0, zatímco druhou metodou (A) 98,4. V tabulce 4 jsou uvedeny i průměry a směrodatné odchylky obou měření:

**Tabulka 4** Popisná statistika dat získaných měření za 6 hodin po operačním výkonu

	PO - 6 hod	A - 6 hod
<b>Průměr</b>	98,15	98,01
<b>Medián</b>	99,00	98,40
<b>Směrodatná odchylka</b>	1,90	1,43
<b>N</b>	95	95

Celé rozdělení obou metod znázorňuje následující obrázek 3:



**Obrázek 3** Graf znázorňující výsledky měření za 6 hodin po operačním výkonu

U první metody (PO) bylo zaznamenáno jedno odlehlé pozorování v řádku 30. U druhé metody (A) byla čtyři odlehlá (řádky 70, 41, 19, 57) a jedno extrémně odlehlé pozorování (řádek 30). Jednalo se o nezvykle nízké hodnoty.

Rozdělení obou měření byla porovnána pomocí Wilcoxonova znaménkového testu. Je uvedena nulová a alternativní hypotéza:

**2H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 6 hodin po operaci stejné.**

**2H<sub>1</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 6 hodin po operaci rozdílné.**

Z výsledku vyplynulo, že mezi měřeními není statisticky významný rozdíl (p-hodnota 0,396). Lze tedy říci, že oběma metodami byly zjištěny stejné výsledky. Výsledek neukázal velkou neshodu mezi zjištěnou skutečností a testovanou hypotézou.

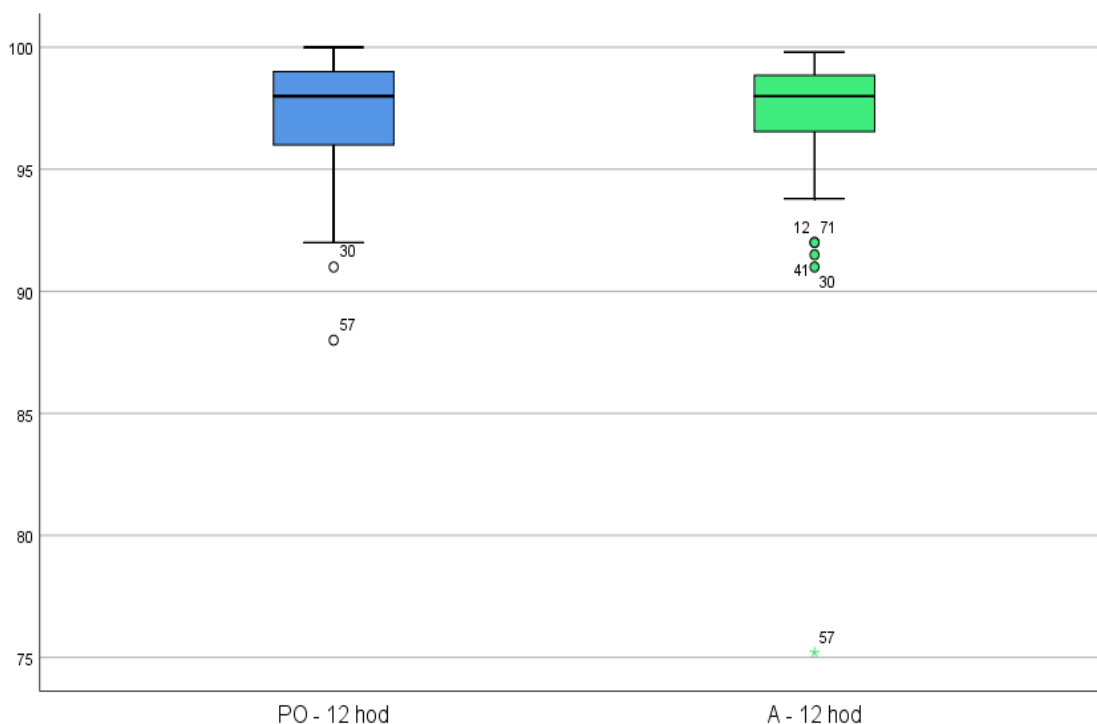
**c) Za 12 hodin po operačním výkonu**

Po 12 hodinách byl první metodou (PO) zjištěn medián 98,0 stejně tak jako druhou metodou (A). V tabulce 5 jsou uvedeny i průměry a směrodatné odchylky obou měření:

**Tabulka 5** Popisná statistika dat získaných měřeními za 12 hodin po operačním výkonu

	<b>PO - 12 hod</b>	<b>A - 12 hod</b>
<b>Průměr</b>	97,35	97,21
<b>Medián</b>	98,00	98,00
<b>Směrodatná odchylna</b>	2,25	2,95
<b>N</b>	95	95

Celé rozdělní obou metod znázorňuje následující obrázek 4:



**Obrázek 4** Graf znázorňující výsledky měření za 12 hodin po operačním výkonu

U první metody (PO) byla pozorována dvě odlehlá měření v řádcích 30 a 57. U druhé metody (A) byla čtyři odlehlá (řádky 12, 71, 41 a 30). Jedná se o nezvykle nízké hodnoty.

Rozdělení obou měření byla porovnána pomocí Wilcoxonova znaménkového testu. Je uvedena nulová a alternativní hypotéza:

**3H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 12 hodin po operaci stejné.**

**3H<sub>1</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 12 hodin po operaci rozdílné.**

Výsledek ukázal, že mezi měřeními není statisticky významný rozdíl (p-hodnota 0,681). Lze tedy říci, že oběma metodami byly zjištěny stejné výsledky.

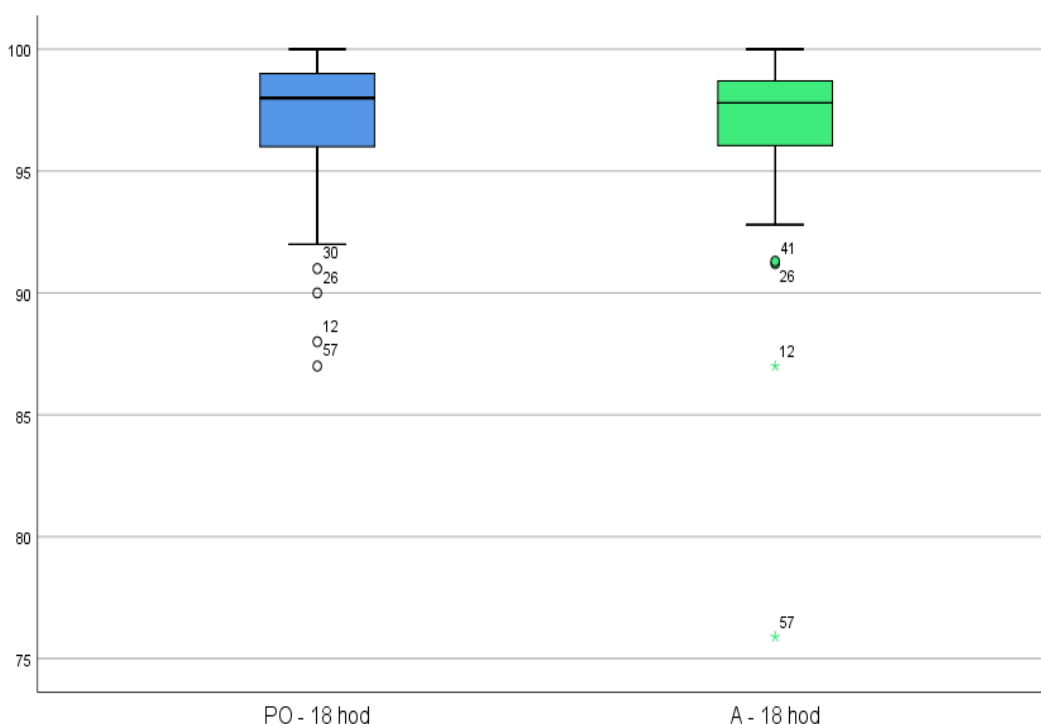
#### **d) Za 18 hodin po operačním výkonu**

Po 18 hodinách byl první metodou zjištěn medián 98,0, druhou metodou 97,80. V tabulce 6 níže jsou uvedeny i průměry a směrodatné odchylky obou měření:

**Tabulka 6** Popisná statistika dat získaných měření za 18 hodin po operačním výkonu

	PO - 18 hod	A - 18 hod
<b>Průměr</b>	96,97	96,81
<b>Medián</b>	98,00	97,80
<b>Směrodatná odchylka</b>	2,58	3,12
<b>N</b>	95	95

Celé rozdělení obou metod znázorňuje následující obrázek 5:



**Obrázek 5** Graf znázorňující výsledky měření za 18 hodin po operačním výkonu

U první metody (PO) je patrné, že zde byla čtyři odlehlá pozorování v řádcích 30, 26, 12 a 57. U druhé metody (A) byla dvě odlehlá (řádky 41 a 26) a jedno extrémně odlehlé pozorování (řádek 12). Jednalo se o nezvykle nízké hodnoty.

Rozdělení obou měření byla porovnána pomocí Wilcoxonova znaménkového testu. Uvádím nulovou a alternativní hypotézu:

**4H<sub>0</sub>: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 18 hodin po operaci stejné.**

**4H1: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 18 hodin po operaci rozdílné.**

Z výsledku bylo zřejmé, že mezi měřeními není statisticky významný rozdíl (p-hodnota 0,467). Lze tedy říci, že oběma metodami byly zjištěny stejné výsledky.

V tabulce 7 jsou vyjádřeny procentuální rozdíly mezi soubory měření PO a A za 1 hod., 6 hod., 12 hod. a 18 hod. Metoda vyšetření z arteriální krve (A) byla hodnocena jako spolehlivější, proto vzorec pro vypočítání procentuálních rozdílů byl stanoven jako:

$$A / PO * 100$$

Hodnota "Maximum v %" ukazuje nejvyšší odchylku za dané časové období mezi pulzní oxymetrií a přímým vyšetřením arteriální krve. "Minimum v %" zobrazuje nejnižší procentuální odchylku. "Průměr v %" ukazuje spočtené průměrné odchylky za jednotlivá časová období.

**Tabulka 7** Průměrné odchylky měření vyjádřené v %

Hodnoty				
<b>Celkem pacientů</b>	<b>Maximum v % 1h</b>	<b>Maximum v % 6h</b>	<b>Maximum v % 12h</b>	<b>Maximum v % 18h</b>
95	5,5	4,3	14,5	12,8
<b>Hodnoty</b>				
<b>Celkem pacientů</b>	<b>Minimum v % 1h</b>	<b>Minimum v % 6h</b>	<b>Minimum v % 12h</b>	<b>Minimum v % 18h</b>
95	-7,6	-3,4	-3,9	-5,6
<b>Hodnoty</b>				
<b>Celkem pacientů</b>	<b>Průměr v % 1h</b>	<b>Průměr v % 6h</b>	<b>Průměr v % 12h</b>	<b>Průměr v % 18h</b>
95	0,3	0,1	0,2	0,2

## 8.2 Shrnutí výsledků

Z údajů získaných měřeními za 1 hodinu po operačním výkonu bylo zjištěno, že mezi měřeními je statisticky významný rozdíl (p-hodnota 0,004). Pulzní oxymetrií byly změřeny vyšší hodnoty než vyšetřením krevních plynů z arteriální krve. Byla přijata alternativní hypotéza: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 1 hodinu po operaci rozdílné.

U všech dalších měření, tedy za 6 hodin, 12 hodin a 18 hodin po operačním výkonu nebyl mezi měřeními prokázán statisticky významný rozdíl. Byla přijata nulová hypotéza ve znění:



Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou po 6, 12 a 18 hodinách po operaci stejné.

Spočtené průměrné procentuální odchylky ukazují, že odlišnost mezi jednotlivými měřicími metodami je malá. Všechna čísla se pohybují pod 0,5 %. Přestože se objevují výkyvy, kdy nejvyšší maximální rozdíl byl 14,5 %, jde pouze o ojedinělé hodnoty.

## 9 Diskuse

Hlavním cílem této práce bylo posoudit, zda je měření hodnot oxygenace pulzním oxymetrem spolehlivým nástrojem v praxi.

V roce 2012 provedl britský lékař Milner (2012) studii k posouzení přesnosti měření pulzních oxymetrů, testoval 847 přístrojů ve 29 nemocnicích ve Velké Británii. Standardní výrobní nárok na přesnost pulzních oxymetrů je  $\pm 2 - 3 \%$  v rozsahu  $70 \%$  -  $100 \%$   $\text{SpO}_2$ . Zjistil, že 89 senzorů (10,5 %) mělo funkční poruchu elektrických obvodů, což mohlo být příčinou nepřesných měření. Ze zbývajících 758 senzorů mělo 169 (22,3 %) odlišná emisní spektra, než byla specifikace výrobce, což by vedlo k nepřesnosti v odhadu saturace 4 % v rozsahu  $70 \%$  -  $100 \%$  saturace. Tyto výsledky vnímám jako odpověď na otázku, proč vůbec testovat zařízení v praxi a provádět výzkum, který se může jevit při prvním pohledu nepřínosným. Pulzní oxymetrie se využívá zcela rutinně a o její spolehlivosti málokdo pochybuje. Práci zařízení, které pomáhá zdravotníkům včas odhalit poruchy oxygenace a reagovat na ně, je vhodné podrobit náhodnému výzkumu.

V této diplomové práci byly porovnány hodnoty měřené pulzním oxymetrem s výsledky okysličení arteriální krve vyhodnocenými vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů dle ASTRUPa. Výzkumné šetření probíhalo u 95 pacientů po hrudním výkonu a od každého z nich bylo zapsáno vždy 8 výsledků - 4 hodnoty  $\text{SpO}_2$  měřené pulzním oxymetrem a 4 hodnoty  $\text{SaO}_2$  vyšetřené z arteriální krve. Ve chvíli odběru arteriální krve byla zároveň zapsána hodnota  $\text{SpO}_2$ .

Z údajů získaných měřeními za 1 hodinu po operačním výkonu bylo zjištěno, že mezi měřeními je statisticky významný rozdíl (p-hodnota 0,004). Pulzní oxymetrií byly změřeny vyšší hodnoty než vyšetřením krevních plynů z arteriální krve. Byla přijata alternativní hypotéza: Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou za 1 hodinu po operaci rozdílné. Pulzní oxymetrie neměří desetinná čísla, tudíž výsledek zaokrouhluje. Z vyšetření arteriální krve získáváme výsledek  $\text{SaO}_2$  zapsaný na desetinná místa. Zde by mohlo být jedno z vysvětlení vyšších hodnot PO. Nestabilitu krevního vzorku nepředpokládám, vyšetřován je neprodleně po odběru přivolaným laborantem.

U všech dalších měření, tedy za 6 hodin, 12 hodin a 18 hodin po operačním výkonu nebyl mezi měřeními prokázán statisticky významný rozdíl. Byla přijata nulová hypotéza ve znění:

Hodnoty oxygenace získané měřením pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP) jsou po 6, 12 a 18 hodinách po operaci stejné.

Muñoz (2008) ve své studii "Accuracy and reliability of pulse oximetry at different arterial carbon dioxide pressure levels" pracuje s daty o spolehlivosti pulzních oxymetrů udávaných výrobcem na podkladě jejich testování. Uvádí se průměrná odchylka měření v rozmezí  $\pm 2-3 \%$  na úrovni saturace 70 - 100 %. Díky rozvoji techniky se zpřesňuje i detekční schopnost nových přístrojů. V české literatuře jsem žádné studie na toto téma nenalezla. Pouze dvě diplomové práce Kulhánka (2016) a Alberta (2017) pracují s obdobným tématem, avšak zaměřují se především na technickou stránku pulzní oximetrie.

Z dat v mé diplomové práci je patrné, že průměrná procentuální odchylka mezi PO a A v daných časech byla 0,30 % (1 hod. po operaci); 0,12 % (za 6 hod.); 0,15 % (za 12 hod.) a 0,17 % (za 18 hod.). Spočtené průměrné procentuální odchylky ukazují, že odlišnost mezi jednotlivými měřícími metodami je malá. Všechna čísla se pohybují pod 0,5 %. Přestože se objevují výkyvy, kdy nejvyšší maximální rozdíl byl 14,5 %, jde pouze o ojedinělé hodnoty. Dle práce Kulhánka (2016) bylo prokázáno, že v případě hypoxie pacienta ( $\text{SaO}_2 = 75 \%$ ) může docházet k odchylkám hodnot  $\text{SpO}_2$  až o  $\pm 13 \%$ . V našem případě byla  $\text{SaO}_2$  naměřena na úrovni 75,2 a 75,9 %.

Výzkumná otázka zněla, zda jsou hodnoty saturace hemoglobinu kyslíkem získané měřením pulzním oxymetrem (PO) u pacientů po hrudním výkonu shodné, jako hodnoty saturace hemoglobinu kyslíkem získané vyšetřením krevních plynů ze vzorku arteriální krve (A)? Výsledky ze skupiny pacientů testovaných za 1 hodinu po operačním výkonu byly zhodnoceny se statisticky významným rozdílem, avšak průměrná procentuální odchylka byla 0,30 % mezi dvěma měřícími hodnotami. U ostatních skupin měření jsou rozdíly hodnot u obou typů měření minimální. Výzkum ukázal, že většina výsledků získaná měřením pulzní oximetrie je ve shodě s výsledky z vyšetření arteriální krve dle ASTRUPa. Z toho vyplývá, že metodu lze považovat za spolehlivou.

Limitace výzkumu patří do skupiny technické, tedy týkající se samotného pulzního oxymetru. Testován byl pouze jeden typ přístroje. Větší variabilita přístrojů by mohla ukázat, zda lze přesnost měření saturace hemoglobinu kyslíkem více zobecnit, tedy že lze obecně tvrdit, že měření pulzním oxymetrem je spolehlivá metoda. Dle výše zmíněné studie Milnera (2012) jsou odchylky měření různých typů přístrojů časté. Dále jde o nepodchycení typu použitého čidla u respondentů. Na příslušné JIP a odd. intermediální péče se nejčastěji používá prstové

čidlo. Při centralizaci oběhu jsou akrální části těla chladné a snižuje se tak detekční schopnost sond používaných na prstech. V těchto případech se využívá čidlo na ušní lalůček, případně na nosní křídlo. Typ čidla v záznamovém listu pro výzkum uveden nebyl. Seifi (2018) ve své studii uvádí, že ušní senzory jsou citlivější v případě hypotermie, nízkého tlaku krve a senzitivita je větší i v případě periferní hypoxie u pacientů s apnoe.

Další limit výzkumu detekci v nestanovení podmínek, za jakých měření probíhá. Tedy, že pacient je v klidu, kvůli eliminaci pohybových artefaktů. Nebyla řešena ani problematika nalakovaných nehtů. Ballesteros-Peña (2015) v systematickém review, které hodnotilo studie z let 1999 až 2014 uvádí, že černá, modrá a zelená barva mohou snížit SpO<sub>2</sub> až o 10%, avšak u nových modelů pulzních oxymetrů je vliv laků na nehty zanedbatelný.

Od základního výzkumu spolehlivosti pulzní oxymetrie, lze pokročit dále a zde se velmi zajímavou jeví australská multicentrická studie Seeley (2015), která se zaměřila na znalosti absolventek ošetrovatelství (Bc., Mgr., jiné instituce) o funkci a omezeních pulzní oxymetrie. Testuje znalosti jak základní, tak i pokročilé, které umožňují kriticky hodnotit výsledky měřené PO v souvislosti s klinickým stavem pacienta. Identifikuje nedostatek teoretických znalostí, které mají potenciál přispět ke špatnému managementu péče o pacienta. Bylo by jistě zajímavé provést takový výzkum v našich podmínkách a ověřit znalosti českých sester, které běžně s metodou pulzní oxymetrie přichází v praxi do styku.

## 10 Závěr

Pulzní oxymetrie je v současnosti zcela běžnou součástí sledování pacientů během anestézie a v pooperačním období. Patří k základním ošetrovatelským úkonům sestry v rámci monitoringu fyziologických funkcí. Samostatnou kapitolou je potom využití pulzních oxymetrů v ambulancích nebo domácím prostředí. Sestra musí ovládat práci s technikou, kterou pulzní oxymetr představuje. Důležitá je znalost limitací pulzní oxymetrie, zejména stavy, které ovlivňují spolehlivost metody, stejně jako běžné situace, jakou je například neklid a pohyb pacienta s čidlem pulzního oxymetru, vyvolávající ruchové artefakty, které zkreslují měřený výsledek. (Vytejková, 2013, s. 51)

Pulzní oxymetrii lze považovat za spolehlivou a jednoduchou metodu umožňující časnou detekci hypoxie. Avšak je třeba mít na mysli, že jde o metodu orientační a v případě pochybností je nutné ověřit saturaci hemoglobinu kyslíkem odběrem a vyšetřením arteriální krve, případně smíšené kapilární krve. Nezapomínejme sledovat pacienta, vnímat jeho subjektivní potíže a spojit všechny údaje, včetně anamnestických, v jeden celek.

Srovnání obou vyšetřovacích metod, tedy pulzní oxymetrie a vyšetření acidobazické rovnováhy a krevních plynů z arteriální krve, je následovné:

Pulzní oxymetrie je metoda jednoduchá, neinvazivní, nezatěžující pacienta ani personál. Jde o metodu teoreticky levnou. Ačkoliv se ceny oxymetrů pohybují od řádů stokorun po desítky tisíc korun, jejich výhodou je možnost opakovaného použití monitorovacího čidla. Pulzní oxymetry mohou být součástí monitorů. Lze je použít i v podobě přenosného zařízení, případně mají charakter malého klipového snímače pro ambulanci či domácí použití. Spolehlivost PO je poměrně vysoká, avšak má své limitace ve specifických případech. Při výrazném neklidu pacienta dochází ke vzniku pohybových artefaktů narušujících pulzní křivku a tím i schopnost odečíst hodnotu  $SpO_2$ . Pacienti s centralizací oběhu, chladnými akry nebo výraznými otoky periferních částí jsou také ohroženi zkreslenými údaji nebo neschopností  $SpO_2$  detekovat. U pacientů s abnormální strukturou hemoglobinu, abnormální hladinou hemoglobinu nebo s hemoglobinem abnormálně navázaným s jinými molekulami, jako je CO, pulzní oxymetrie není přesnou detekční metodou okysličení krve (Chan, 2013, s. 789-799).

Vyšetření nasycení hemoglobinu kyslíkem z arteriální krve je metodou invazivní, vyžadující přístup do tepenného řečiště a to buď jednorázovým vpichem, nebo zavedením arteriálního katetru. Stejně jako u všech invazivních metod je i zde pacient ohrožen infekčními

komplikacemi. Může dojít k vzniku aneuryzmatu stěny cévy, případně ke krvácení nebo ischemii končetiny. Metoda je výrazně nákladnější. Cena analyzátoru se pohybuje v řádu desítek až stovek tisíc korun. Dalším nákladem je cena odběrové stříkačky a cena samotného vyšetření. V případě zachování postupů zejména v preanalytické části (odběr dostatečného množství krve, odstranění bublin, časný transport na ledu), se však stává velmi přesnou metodou k detekci celé řady hodnot acidobazické rovnováhy a krevních plynů (Navrátil, 2017, s. 362-363).

Shrneme-li tyto poznatky, lze říci, že pulzní oxymetrie je u nekomplikovaných pacientů velmi cenným a jednoduchým měřicím nástrojem, který nás však informuje pouze o saturaci hemoglobinu kyslíkem a o srdeční činnosti. U komplikovaných stavů (šokové stavy, otravy CO, CHOPN, anémie) je vždy vhodné kombinovat měření SpO<sub>2</sub> s vyšetřením acidobazické rovnováhy a krevních plynů z arteriální krve.

# 11 Bibliografie

## 11.1 Tištěné dokumenty

### 11.1.1 Monografie

1. ADAM, Zdeněk, Jiří VORLÍČEK, Jiří VANÍČEK a kol. 2004. *Diagnostické a léčebné postupy u maligních chorob, druhé aktualizované a doplněné vydání*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2004. ISBN 80-247-0896-5.
2. BARTUNĚK, Petr, Dana JURÁSKOVÁ, Jana HECZKOVÁ, Daniel NALOS a kol. 2016. *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2016. ISBN 978-80-247-4343-1.
3. BORUVKOVÁ, Jana, Petra HORÁČKOVÁ, Miroslav HANÁČEK. 2014. *Statistika v SPSS*. Jihlava : Vysoká škola polytechnická Jihlava, 2014. ISBN 978-80-87035-86-3.
4. JANÍKOVÁ, Eva, Renáta ZELENÍKOVÁ. 2013. *Ošetrovatelská péče v chirurgii: pro bakalářské a magisterské studium*. Praha : Grada Publishing a.s., 2013. ISBN 978-80-247-4412-4.
5. KITTNAR, Otomar a kol. 2011. *Lékařská fyziologie*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
6. KLEIN, Jiří. 2006. *Chirurgie karcinomu plic*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2006. EAN 24763491.
7. Kolektiv, autorů. 2008. *Sestra a urgentní stavy*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2008. ISBN 978-80-247-2548-2.
8. KRŠKA, Zdeněk, David HOSKOVEC, Luboš PETRUŽELKA, a kol. 2014. *Chirurgická onkologie*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2014. ISBN 978-80-247-4284-7, s. 904.
9. LANGMEIER, Miloš a kol. 2009. *Základy lékařské fyziologie*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2526-0.
10. MÁLEK, Jiří, a kol. 2016. *Praktická anesteziologie: 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2016. ISBN 978-80-247-5632-5.
11. MOUREK, Jindřich. 2012. *Fyziologie: Učebnice pro studenty zdravotnických oborů - 2., doplněné vydání*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-3918-2.

12. NAVRÁTIL, Leoš a kol. 2017. *Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory: 2., zcela přepracované a doplněné vydání*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2017. ISBN 978-80-271-9182-6.
13. SCHNEIDEROVÁ, Michaela. 2014. *Perioperační péče*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2014. ISBN 978-80-247-4414-8.
14. SLEZÁKOVÁ, Lenka a kol. 2010. *Ošetrovatelství v chirurgii I*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3129-2.
15. STOLZ, Alan, Pavel PAFKO a kol. 2010. *Komplikace v plicní chirurgii*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3586-3.
16. STREITOVÁ, Dana, Renáta ZOUBKOVÁ a kol. 2015. *Septické stavy v intenzivní péči: ošetrovatelská péče*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2015. ISBN 978-80-247-9933-9.
17. TROJAN, Stanislav a kol. 2003. *Lékařská fyziologie*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2003. ISBN 80-247-0512-5.
18. VODIČKA, Josef a kol. 2014. *Speciální chirurgie*. Praha : Karolinum Press, 2014. ISBN 978-80-246-2512-6.
19. VOKURKA, Martin a kol. 2012. *Patofyziologie pro nelékařské směry*. Praha : Karlova Univerzita, 2012. ISBN 978-20-246-2032-9.
20. VYTEJČKOVÁ, Renata, Petra, SEDLÁŘOVÁ, Vlasta WIRTHOVÁ, OTRADOVCOVÁ, Iva, PAVLÍKOVÁ, Pavla. 2013. *Ošetrovatelské postupy v péči o nemocné II: Speciální část*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-3420-0.
21. ZADÁK, Zdeněk, Eduard, HAVEL a kol. 2017. *Intenzivní medicína na principech vnitřního lékařství: 2., doplněné a přepracované vydání*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2017. ISBN 978-80-271-0282-2.

### **11.1.2 Závěrečná VŠ práce**

22. LANGER, Jan. *Srovnání stanovení pH, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub> a Ca<sup>2+</sup> v krvi na analyzátorech GEM Premier 3000 a ABL 800*. Bakalářská práce, vedoucí práce: RNDr. Hana Dobrovolná. Masarykova Univerzita, Lékařská fakulta, Brno. [online]. 2013 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/323546/lf\\_b/](https://is.muni.cz/th/323546/lf_b/)



23. NOWAKOVÁ, Beata. 2017. *Bezpečnostně technické prohlídky pletysmografických strojů*. Bakalářská práce. Vedoucí práce: ing. Martin Augustynek, Ph.D. Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství. [Online] 2017. [Citace: 2. 4 2019.] Dostupné z: [https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/118981/NOW0018\\_FEI\\_B2649\\_3901R0392\\_017.pdf?sequence=1&isAllowed=n](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/118981/NOW0018_FEI_B2649_3901R0392_017.pdf?sequence=1&isAllowed=n).
24. KULHÁNEK, Filip. 2016. *Spolehlivost neinvazivního měření tkáňových efektů plicní ventilace*. Diplomová práce. ČVUT Praha, Fakulta biomedicínského inženýrství. Vedoucí práce: ing. Jakub Ráfl. [online]. 2016 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/67621/FBMI-DP-2016-Kulhanek-Filip-prace.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
25. ALBERT, Filip. 2017. *Aplikační podpora pro sběr dat při měření hemodynamických parametrů*. Diplomová práce. ČVUT Praha, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce: ing. Jan Havlík. [online]. 2017 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66879/F3-DP-2017-Albert-Filip-diplomova\\_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66879/F3-DP-2017-Albert-Filip-diplomova_prace.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## 11.2 Elektronické zdroje

26. BALLESTEROS-PEÑA, S., FERNÁNDEZ-AEDO I., PICÓN A., LORRIO-PALOMINO S. *Influence of nail polish on pulse oximeter readings of oxygen saturation: a systematic review*. Emergencias. 2015 Oct;27(5):325-331. [online]. 2015 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29087059>
27. FONTANA, Josef, Petra, LAVRÍKOVÁ. *Funkce buněk a lidského těla*. Multimediální skripta. FRVŠ 637/2013, 236078/IPUK/2015, 236087/IPUK/2016-2018. [online]. 2013 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://fblt.cz/skripta/vii-vylucovaci-soustava-a-acidobazicka-rovnovaha/7-acidobazicka-rovnovaha/>
28. HUTYRA, Martin, Eva KOCIÁNOVÁ. 2011. *Arteriální hypertenze v intenzivní péči*. [www.internimedicina.cz](http://www.internimedicina.cz). [Online] 2011. [Citace: 1.. duben 2019.] <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2011/02/05.pdf>. Interní Med. 2011; 13(2): 78–81.
29. DE MEULENAERE, Susan. *Pulse oximetry: Uses and Limitations*. The Journal for Nurse Practitioners. May 2007, Volume 3, Issue 5, Pages 312–317. [online]. 2007 [cit. 2019-04-

- 15]. Dostupné z: <https://www.npjjournal.org/article/S1555-4155%2807%2900210-3/fulltext>
30. CHAN, Edward D., Michael M. CHAN, Mallory M. CHAN. *Pulse oximetry: Understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations*. *Respiratory Medicine*, Volume 107, Issue 6, June 2013, Pages 789-799, [online]. 2013 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095461111300053X>
31. MILNER, QJ., GR. MATHEWS. *An assessment of the accuracy of pulse oximeters*. *Anaesthesia*. 2012 Apr.; 67(4):396-401. [online]. 2012 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22324874>
32. MUÑOZ, X., F. TORRES, G. SAMPOL, J. RIOS, S. MARTÍ, E. ESCRICH. *Accuracy and reliability of pulse oximetry at different arterial carbon dioxide pressure levels*. *European Respiratory Journal* 2008 32: 1053-1059. [online]. 2008 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://erj.ersjournals.com/content/erj/32/4/1053.full.pdf>
33. PETERSON, Michael T.; BEGNOCHE, Valerie L.; GRAYBEAL, John M. *The Effect of Motion on Pulse Oximetry and its Clinical Significance*. *Anesthesia & Analgesia*: December 2007 - Volume 105 - Issue 6 - p S78-S84. [online]. 2007 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: [https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2007/12001/The\\_Effect\\_of\\_Motion\\_on\\_Pulse\\_Oximetry\\_and\\_Its.13.aspx](https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2007/12001/The_Effect_of_Motion_on_Pulse_Oximetry_and_Its.13.aspx)
34. SEELEY, Marie-Claire, Lisa McKENNA, Kerry HOOD. *Graduate nurses' knowledge of the functions and limitations of pulse oximetry*. *Journal of Clinical Nursing*. Volume 24, Issue 23-24, December 2015, Pages 3538-3549. [online]. 2015 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jocn.13008>
35. SEIFI, Sohila, Alireza KHATONY, Gholamreza MORADI, Alireza ABDI and Farid NAJAFI. *Accuracy of pulse oximetry in detection of oxygen saturation in patients admitted to the intensive care unit of heart surgery: comparison of finger, toe, forehead and earlobe probes*. *BMC Nursing* (2018) 17:15. [online]. 2018 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://bmcnurs.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12912-018-0283-1>
36. SEVERINGHAUS, John W. & Astrup, PB J. *History of blood gas analysis. VI. Oximetry*. *Clin Monitor Comput* (1986) 2: 270. [online]. 1986 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02851177>

37. SEVERINGHAUS, John W. *Takuo Aoyagi: Discovery of Pulse Oximetry* (Anesthesia and Analgesia, 2007;105:S1–4) Vol. 105, No. 6, [online]. 2007 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18048890>
38. SCHUMANN. *Pulse oximetry: The fifth vital sign*, 2014. Contemporary paediatric. [online]. 2014 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.contemporarypediatrics.com/pediatric-practice-improvement/pulse-oximetry-fifth-vital-sign>
39. Ústav klinické biochemie a diagnostiky (ÚKBD), FN Hradec Králové. *Laboratorní příručka, verze č. 5*. [online]. 2015 [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://ukbd.fnhk.eu/metoda-acidobazicka-rovnovaha.html>

## 12 PŘÍLOHY

Příloha A Tabulka pro zápis měřených hodnot.....	61
Příloha B Princip fungování pulzního oxymetru.....	62
Příloha C Monitor životních funkcí Drager Delta Infinity.....	63
Příloha D Typy pulzních oxymetrů.....	64
Příloha E Analyzátor krevních plynů Radiometer ABL800 Flex .....	65

**Příloha A** Tabulka pro zápis měřených hodnot

Datum.....2017

Iniciály pacienta.....M/Ž

Typ operačního výkonu

.....

	<b>Za 1 hod.</b>	<b>hod.</b>	<b>hod.</b>	<b>hod.</b>
<b>Pulzní oxymetr</b>	%	%	%	%
<b>Typ ventilace UPV/Spont.</b>				
<b>ASTRUP SaO<sub>2</sub></b>	%	%	%	%

Vážené kolegyně, jmenuji se Pavlína Paseková a jsem studentkou navazujícího magisterského studia na FZS Univerzity Pardubice, obor Ošetrovatelství v klinických oborech.

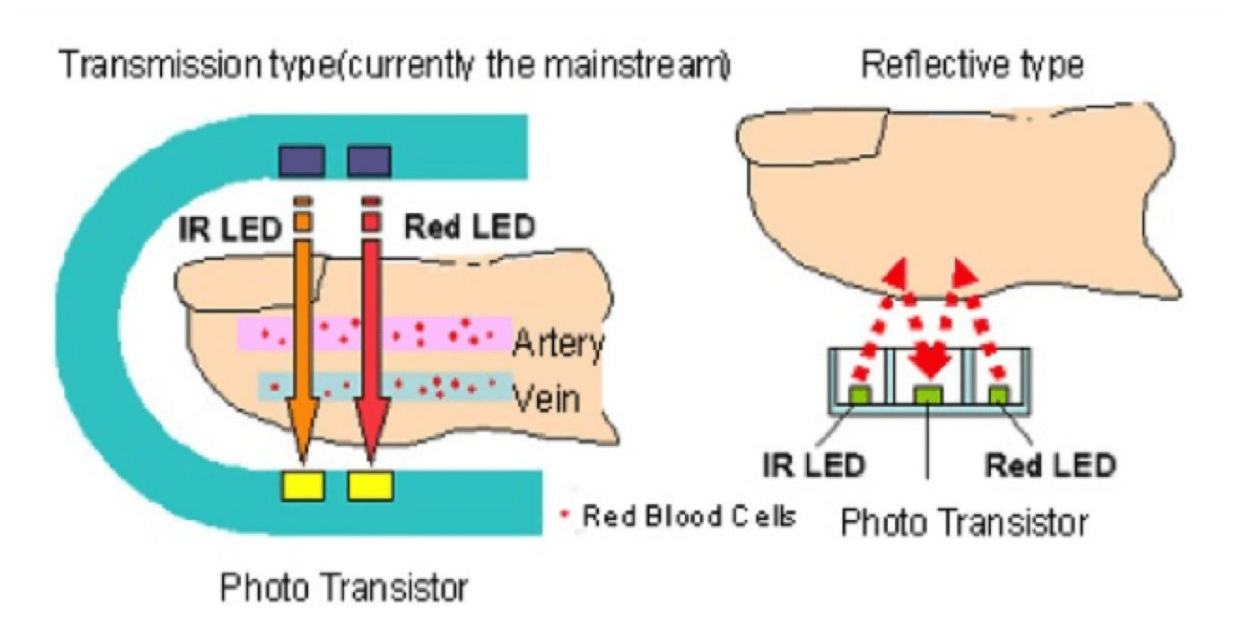
Ráda bych vás požádala o spolupráci na výzkumu souvisejícím s mojí diplomovou prací na téma Ošetrovatelská péče o pacienta po hrudní operaci – porovnání hodnot oxygenace získaných měření pulzním oxymetrem a krevním vyšetřením acidobazické rovnováhy (ASTRUP).

Do výzkumu jsou zahrnuti pacienti po všech hrudních výkonech, kteří mají zaveden arteriální katetr.

Prosím o vyplnění výše uvedených údajů – data, kdy byly sbírané hodnoty zaznamenány, pacientových iniciál, zaškrtnutí pohlaví a typu operace (dostačují zkratky užívané na pracovišti). **Do tabulky zaznamenejte hodnotu saturace kyslíku z monitoru ve chvíli odběru arteriální krve na vyšetření ASTRUP a následně pak hodnotu SaO<sub>2</sub> z výsledkového listu. Zapište, prosím, informaci o tom, zda pacient dýchá spontánně nebo je na umělé plicní ventilaci. Možno použít zkratku UPV (umělá plicní ventilace) /S (spontánní ventilace).**

Za vaši pomoc při shromažďování údajů potřebných k výzkumu velmi děkuji.

**Příloha B** Princip fungování pulzního oxymetru



Zdroj obrázku: <https://www.reviews.in/pulse-oximeters.html>

**Příloha C** Monitor životních funkcí Dräger Delta Infinity



Zdroj obrázku: <https://www.somatechnology.com/Patient-Monitors/Drager-Infinity-Delta.aspx>

## Příloha D Typy pulzních oxymetrů



Zdroj obrázku: [https://www.alibaba.com/product-detail/Criticare-Y-type-finger-neonatal-pulse\\_60523798286.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Criticare-Y-type-finger-neonatal-pulse_60523798286.html)

## Přenosný pulzní oxymetr, prstový pulzní oxymetr



Zdroj obrázku: [http://www.dynarex.com/product.php?family=Pulse\\_Oximeter&itmno=1715](http://www.dynarex.com/product.php?family=Pulse_Oximeter&itmno=1715)



**Příloha E** Analyzátor krevních plynů Radiometer ABL800 Flex



Zdroj obrázku: <https://www.radiometer.cz/cs-cz/produkty/testovani-krevnich-plynu/analyz%C3%A1tor-krevn%C3%ADch-plyn%C5%AF-abl800-flex>