

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ**  
**Katedra biomedicínské techniky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2016**

**Tereza Antošová**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**Fakulta biomedicínského inženýrství**  
**Katedra biomedicínské techniky**

**Porovnání navození anestezie u celotělového  
simulátoru člověka a reálného pacienta**  
**Diplomová práce**

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Rožánek, Ph.D.

Student: Bc. Tereza Antošová

květen 2016

Katedra biomedicínské techniky

Akademický rok: 2015/2016

## Z a d á n í   d i p l o m o v é   p r á c e

Student: **Bc. Tereza Antošová**  
Studijní obor: Biomedicínský inženýr  
Téma: **Porovnání navození anestezie u celotělového simulátoru člověka a reálného pacienta**  
Téma anglicky: Comparison of induction of anesthesia in whole-body simulator of the human and real patient

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

Porovnejte hodnoty parametrů životních funkcí dostupných u patientského simulátoru HPS s údaji od reálných pacientů během navození a vedení celkové anestezie. Provedte sérii simulací na simulátoru HPS s různými modely pacienta k zajištění variability dat a získajte údaje z monitoru životních funkcí při krátkých operačních zákrocích reálných pacientů vedených pod anestezii. Analyzujte vztah mezi parametry ze simulátoru HPS a z reálných operačních zákroků a vyhodnoťte zda odpovídají realizované simulace reálnému stavu při operacích pacientů.

### Seznam odborné literatury:

- [1] Van Meurs WL, Nikkelen E, Good ML, Pharmacokinetic-pharmacodynamic model for educational simulations, IEEE Trans Biomed Eng, ročník 45, číslo 5, 1998, 582-590 s.
- [2] Richard H. Riley, A Manual of Simulation in Healthcare, ed. 1st edition, Oxford University Press, 2008, 352 s., ISBN 019920585X
- [3] Páchl J., Roubík K., Základy anesteziologie a resuscitační péče dospělých i dětí, ed. 1, Karolinum, Praha, 2003, ISBN 80-246-0479-5

Vedoucí: Ing. Martin Rožánek, Ph.D.  
Konzultant: prim. MUDr. Michal Moravec

Zadání platné do: 20.08.2017

.....  
vedoucí katedry / pracoviště

.....  
děkan

V Kladně dne 20.01.2015

# Abstrakt

Celotělový patientský simulátor reprezentuje model reálného pacienta, který může být použit pro vzdělávání lékařských i nelékařských zdravotnických pracovníků. Současné studie se spíše zaměřují na využití HPS pro trénink krizových situací v anestezii, než na hodnocení míry shodnosti fyziologických odezev celotělového simulátoru a reálného pacienta během celkové anestezie. Cílem této práce je porovnání hodnot vitálních parametrů (HR, MAP,  $S_pO_2$ ) u patientského simulátoru HPS s údaji od reálných pacientů během navození a vedení celkové anestezie a následné zhodnocení, zda odpovídají realizované simulace reálnému stavu při operacích pacientů.

Celkem bylo naměřeno 20 probandů v celkové anestezii při laparoskopických zákrocích a k nim vytvořeno 20 simulací celkové anestezie na celotělovém simulátoru HPS. Simulace byly realizovány na základě scénářů odpovídající postupu indukce, vedení a ukončení celkové anestezie v nemocnici. Scénáře obsahovaly shodné podání farmak, nastavení ventilace a simulaci dostupných faktorů reprezentující laparoskopických zákrok. Z naměřených dat vitálních parametrů probandů a virtuálních pacientů byly vytvořeny celkové průběhy vitálních parametrů v čase během celkové anestezie. Celkové průběhy a změny hodnot vitálních parametrů mezi probandem a simulátor HPS v konkrétních časových úsecích CA byly statisticky vyhodnoceny.

Studie prokázala, že trend fyziologické odezvy celotělového simulátoru HPS na podaná nitrožilní farmaka a inhalační anestetika odpovídají fyziologickým odezvám reálného probanda. Tato skutečnost je však patrná pouze pro indukci a počátek vedení anestezie. Dalším podstatným zjištěním je, že simulátor HPS má rychlejší odezvu na podaná nitrožilní a inhalační anestetika, než reálný pacient. Na základě statistické analýzy bylo zjištěno, že změny hodnot vitálních parametrů v konkrétních časových úsecích celkové anestezie mezi probandem a virtuálním pacientem se statisticky významně liší pouze u naměřených hodnot středního arteriálního tlaku na konci indukce a u hodnot saturace krve kyslíkem v době intubace.

## Klíčová slova

Celková anestezie, celotělový simulátor HPS, simulace, laparoskopický zákrok, scénář, vitální parametry.

# Abstract

A whole body human patient simulator (HPS) resembles a real live patient and serves as a tool for the training of medical professionals. Current studies aim more at utilizing HPS for the training of crisis situations during anesthesia rather than for the assessment of correspondence rates of the HPS's physiological responses as opposed to real live patient responses during general anesthesia. The main goals of this study are to compare the vital sign data (HR, MAP,  $S_pO_2$ ) of the HPS with that of the values from real patients during the induction and maintenance of general anesthesia and to subsequently evaluate whether HPS simulations correspond with real life situations during surgery.

A total of 20 human subjects under general anesthesia were measured during laparoscopic procedures and 20 whole body HPS simulations of comparable general anesthesia were created. The simulations were conducted according to scenarios typical of hospital anesthesia induction, maintenance and termination. These scenarios included the administration of identical pharmaceuticals, ventilation modes and the simulation of some laparoscopic procedure factors. The obtained vital sign values from the subjects and from the HPS simulations were used to create a comprehensive overview of vital sign parameters during general anesthesia. The overall courses and the changes of vital sign values between the subjects and HPS (at specific time slots of general anesthesia) were statistically evaluated.

This study showed that the physiological responses of the whole body human patient simulator (HPS) to the administered intravenous pharmaceuticals and inhalation anesthetics correspond to the physiological responses of real live subjects, however only during the induction of anesthesia. Another important finding is that the whole body HPS has faster responses to the administered intravenous and inhalation anesthetics than the real patient. On the basis of statistical analysis it was found that the difference in the vital sign values at specific time slots of general anesthesia is statistically significant only in the measured levels of mean arterial pressure at the end of induction and in the blood oxygen saturation levels at the time of intubation.

## Keywords

General anesthesia, whole body human patient simulator (HPS), simulation, laparoscopic procedure, scenario, vital signs.

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Doc. Ing. Martinovi Rožánkovi, Ph.D. Jsem mu vděčná za podporu, připomínky a cenné rady, které vedly k vytvoření této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala celému oddělení ARO Thomayerovy nemocnice za umožnění provedení klinického výzkumu, jejich ochotu a cenné rady. V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a spolužákům za jejich podporu, ochotu a cenné rady.

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem:

## **Porovnání navození anestezie u celotělového simulátoru člověka a reálného pacienta**

vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

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

V Kladně dne 20. května 2016

.....

Podpis

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
1.1 Celotělový simulátor HPS .....	1
1.1.1 Řídící jednotka.....	2
1.1.2 Robotická figurína .....	2
1.1.3 Software MŮSE.....	3
1.2 Přehled současného stavu .....	3
1.3 Cíl práce .....	4
1.4 Celková Anestezie .....	5
1.5 Laparoskopie.....	6
1.5.1 Laparoskopické zákroky v gynekologii.....	6
1.5.2 Anestezie pro laparoskopii .....	7
1.5.3 Vliv laparoskopie a anestezie na hemodynamiku.....	7
1.5.5 Vliv laparoskopie na ventilaci .....	9
<b>2 Metody .....</b>	<b>10</b>
2.1 Měření Thomayerova nemocnice .....	10
2.1.1 Měřené subjekty .....	11
2.1.2 Použité přístroje.....	12
2.1.3 Postup měření .....	14
2.2 Simulace celkové anestezie .....	17
2.2.1 Vytvoření pacienti .....	17
2.2.2 Použité přístroje.....	18
2.2.3 Postup zapojení celotělového simulátoru HPS.....	19
2.2.4 Simulace celkové anestezie .....	19
2.3 Zpracování dat .....	22
2.4 Statistické analýza dat.....	23
<b>3 Výsledky.....</b>	<b>24</b>



3.1 Grafické znázornění průběhů vitálních parametrů v čase.....	24
3.1.1. Srdeční frekvence .....	24
3.1.2 Střední arteriální tlak .....	26
3.1.3 Saturace krve kyslíkem.....	28
3.2 Grafické znázornění změn hodnot vitálních parametrů ve vybraných úsecích celkové anestezie.....	28
3.3 Průběhy vitálních parametrů pro tři skupiny probandů .....	31
3.4 Grafické znázornění průběhu vitálních parametrů v čase pro dvojici proband – virtuální pacient. ....	35
<b>4 Diskuze.....</b>	<b>37</b>
<b>5 Závěr .....</b>	<b>42</b>
<b>Použitá literatura .....</b>	<b>43</b>
<b>Příloha A – Obsah CD .....</b>	<b>47</b>
<b>Příloha B .....</b>	<b>48</b>

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotka	Význam zkratky
$E_t\text{CO}_2$	(kPa)	parciální tlak $\text{CO}_2$ na konci exspira
HR	(tep/min)	Srdeční frekvence
MAC	(%)	Minimální alveolární koncentrace inhalačního anestetika
MAP	(mmHg)	střední hodnota arteriálního tlaku
$M_v$	(ml/min)	minutový dechový objem
$\text{PaCO}_2$	(mmHg)	parciální tlak oxidu uhličitého v arteriální krvi
$\text{PaO}_2$	(mmHg)	parciální tlak kyslíku v arteriální krvi
$P_{aw}$	(cmH <sub>2</sub> O)	tlak v dýchacích cestách
PEEP	(cmH <sub>2</sub> O)	pozitivní tlak v dýchacích cestách na konci výdechu
$P_{mean}$	(cmH <sub>2</sub> O)	střední tlak v dýchacích cestách v průběhu dechového cyklu
$P_{peak}$	(cmH <sub>2</sub> O)	vrchový tlak v dýchacích cestách na konci nádechu
RR	(dech/min)	dechová frekvence
$S_p\text{O}_2$	(%)	saturace krve kyslíkem
$V_T$	(ml)	dechový objem
$\rho$	(-)	Spearmanův korelační koeficient pořadové korelace

## Seznam použitých zkratk

---

Zkratka	Význam zkratky
ARO	Anesteziologicko-resuscitační oddělení
afterload	Síla, která působí proti kontrakci komory
CA	Celková anestezie
CAE	Emergency Care Simulator
CNS	Centrální nervová soustava
EKG	Elektrokardiogram
HPS	Human patient simulátor
IAP	Intraabdominální tlak
IV	Intravenózní podání farmak
JIP	Jednotka intenzivní péče
p	Statistická úroveň významnosti
preload	Náplň srdeční komory na konci diastoly krví
UPV	Umělá plicní ventilace

---

## Seznam obrázků

Obrázek 1: <i>Komponenty HPS – manekýn, řídicí jednotka, ovládací počítač.</i> .....	1
Obrázek 2: <i>Gynekologický operační sál Thomayerovy nemocnice.</i> .....	10
Obrázek 3: <i>Vzhled Softwaru Datex-Ohmeda S/5 Collect, Version 4.0.</i> .....	12
Obrázek 4: <i>Anesteziologický přístroj Datex-Ohmeda Aespire 7900.</i> .....	13
Obrázek 5: <i>Napojení celotělového simulátoru na anesteziologický přístroj.</i> .....	21
Obrázek 6: <i>Graf průběhu srdeční frekvence.</i> .....	24
Obrázek 7: <i>Graf průběhu MAP</i> .....	26
Obrázek 8: <i>Graf průběhu MAP</i> .....	27
Obrázek 9: <i>Graf průběhu saturace krve kyslíkem</i> .....	28
Obrázek 10: <i>Znázornění průměrných změn středního arteriálního tlaku.</i> .....	29
Obrázek 11: <i>Znázornění průměrných změn srdeční frekvence.</i> .....	29
Obrázek 12: <i>Znázornění nejnižší hodnoty saturace krve kyslíkem</i> .....	30
Obrázek 13: <i>Graf průběhu MAP v čase pro skupinu 1.</i> .....	31
Obrázek 14: <i>Graf průběhu MAP v čase pro skupinu 2.</i> .....	32
Obrázek 15: <i>Graf průběhu MAP v čase pro skupinu 3.</i> .....	32
Obrázek 16: <i>Graf průběhu srdeční frekvence v čase pro skupinu 1.</i> .....	33
Obrázek 17: <i>Graf průběhu srdeční frekvence v čase pro skupinu 2.</i> .....	33
Obrázek 18: <i>Graf průběhu srdeční frekvence v čase pro skupinu 3.</i> .....	34
Obrázek 19: <i>Graf průběhu srdeční frekvence v čase.</i> .....	35
Obrázek 20: <i>Graf průběhu středního arteriálního tlaku v čase.</i> .....	35
Obrázek 21: <i>Graf průběhu saturace krve kyslíkem v čase.</i> .....	36

## Seznam tabulek

Tabulka 1: <i>Vliv Anestetik, Myorelaxans a farmak na srdeční frekvenci a krevní tlak.</i> .....	9
Tabulka 2: <i>Změny plicní mechaniky vlivem insuflace.</i> .....	9
Tabulka 3: <i>Charakteristika studované skupiny</i> .....	11
Tabulka 4: <i>Nastavení hodnot medicínálních plynů, <math>V_E</math>, RR, PEEP</i> .....	14
Tabulka 5: <i>Nastavení hodnot medicínálních plynů a koncentrace inhalačního anestetika.</i>	15
Tabulka 6: <i>Nastavení hodnot medicínálních plynů a koncentrace inhalačního anestetika.</i>	16
Tabulka 7: <i>Podané dávky atropinu a syntostigminu při farmakologické dekurarizaci.</i> .....	16
Tabulka 8: <i>Charakteristika simulované skupiny</i> .....	18
Tabulka 9: <i>Časový sled událostí pro simulaci celkové anestezie</i> .....	20
Tabulka 10: <i>Míra korelace mezi celkovým průběhem srdeční frekvence.</i> .....	25
Tabulka 11: <i>Míra korelace celkových průběhů MAP a MAP1</i> .....	27
Tabulka 12: <i>Hodnoty vitálních parametrů ve třech časových intervalech</i> .....	30
Tabulka 13: <i>Rozdělené skupiny</i> .....	31
Tabulka 14: <i>Míra korelace průběhů MAP</i> .....	34
Tabulka 15: <i>Míra korelace průběhů HR</i> .....	34
Tabulka 16: <i>Míra korelace dvojice proband – virtuální pacient</i> .....	36

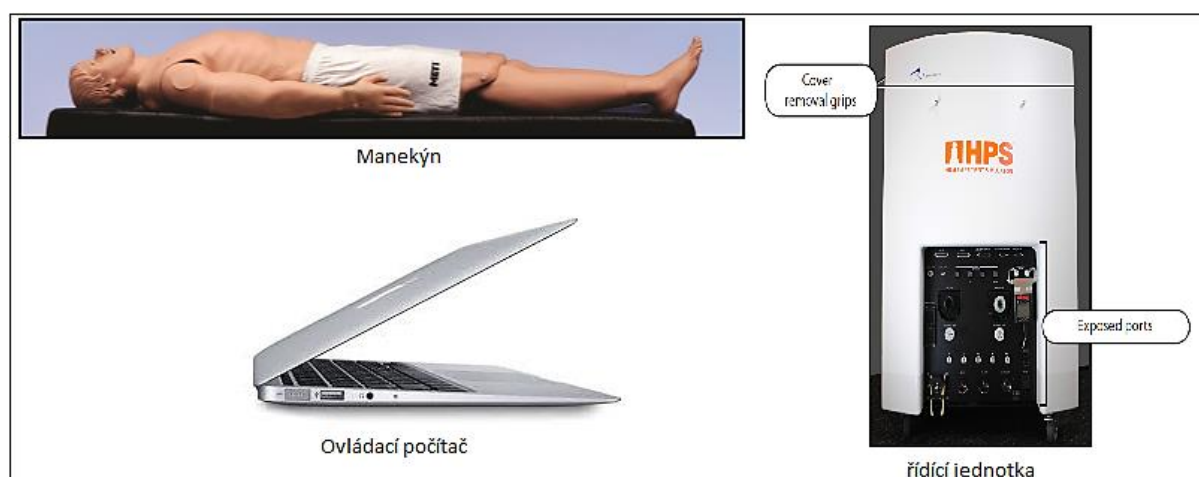
# 1 Úvod

Lékařské simulátory jsou v dnešní době velmi účinnou výukovou pomůckou v medicíně, [1]. Prostřednictvím simulátorů lze trénovat nácvik základních vyšetřovacích a terapeutických technik či výuku lékařského rozhodování. Výuku lékařského rozhodování lze uplatnit zejména při řešení krizových situací během celkové anestezie. K tomu, aby zdravotní pracovníci mohli pomocí lékařských simulátorů řešit krizové situace v anestezii, je zapotřebí zajistit věrohodnost simulátorů. Na základě požadavků věrohodnosti simulace byly vytvořeny simulační standarty anestezie, které simulátor musí splňovat. Jedná se zejména o správné fyziologické odezvy na podání farmak, možnosti monitorace vitálních parametrů či schopnosti aplikace reálných přístrojů na simulátoru, [2, 3].

Následující kapitoly se zabývají teoretickým úvodem, ve kterém jsou kapitoly 1.1 a 1.4 mimo jiné zpracovány na základě mé bakalářské práce (Navození anestezie u celotělového simulátoru, květen 2014).

## 1.1 Celotělový simulátor HPS

Celotělový patientský simulátor HPS (CAE Healthcare, Sarasota, USA), je určen pro trénink a zvládnutí akutních (krizových) situací pro zdravotnický personál, např. anesteziology. Simulátor HPS představuje reálnou podobu živého pacienta nejen svou věrohodnou anatomickou stavbou, ale zejména demonstrací akutních klinických příznaků, kterými mohou zejména být: zástava srdce, špatné dýchání, křeče apod. Patientský simulátor lze ovládat přímo operátorem v reálném čase, nebo pomocí předpřipravených scénářů. Simulátor HPS se skládá z počítače s obslužným softwarem, řídicí jednotky a robotické figuríny pacienta, (viz Obrázek 1), [1-3].



Obrázek 1: Komponenty HPS – manekýn, řídicí jednotka, ovládací počítač

### **1.1.1 Řídící jednotka**

Řídící jednotka je centrem komunikace, napájení a pneumatických systémů obsahující zvukový výstup, vstupy pro plicní přívody, centrální napájecí zdroj, síťový přepínač, vstup pro měření  $S_pO_2$  a vstupy pro jednotlivé plyny ( $O_2$ , stlačený vzduch,  $N_2O$ ,  $N_2$ ), [1, 4].

#### *Pneumatický systém*

Celotělový simulátor HPS reprezentuje reálný plicní systém pomocí fyzikálně matematických modelů k dosažení extrémně přesné simulace dýchání. Plicní systém je modelován s ohledem na rozsah dechových objemů a funkční reziduální kapacitu plic, [1]. Pneumatický systém obsahuje korektní horní cesty dýchací, počítačem řízený odpor dýchacích cest a měchy reprezentující alveolární objem s počítačově řízeným spontánním dýcháním a poddajností, [1]. Měchy se nacházejí v přední části řídicí jednotky. Pneumatický systém HPS umožňuje fyzicky spotřebovat kyslík, produkovat  $CO_2$  a vychytávat nebo vylučovat rajský plyn a inhalační anestetika kromě Desfluranu, [1]. Příjem respiračních a anestetických plynů je počítačově řízen. Dechové ozvy jsou řízeny počítačem a přehrávány prostřednictvím reproduktorů, které se nacházejí pod pokožkou manekýna, [1]. Simulátor podporuje spontánní, mechanickou a asistovanou ventilaci. Použitá ventilace u simulátoru vede k odpovídající produkci oxidu uhličitého, který je možné měřit v podobě záznamu kapnografu na externím monitorovacím přístroji. Měření hodnoty  $S_pO_2$  je realizováno pomocí sondy pulzního oxymetru, která k detekci saturace krve kyslíkem využívá dvou vlnových délek elektromagnetického spektra, [1, 4].

### **1.1.2 Robotická figurína**

Figurína celotělového simulátoru umožňuje prezentovat klinické příznaky reálného pacienta. Manekýn poskytuje reálné hrudní a srdeční ozvy, umožňuje nahmatat tep na krku, zápěstí, dolní a horní končetině, reaguje na změnu světelné intenzity zúžením či rozšířením zorniček, demonstruje pohyb hrudníku, průchodnost dýchacích cest a umožňuje orální i nosní intubaci endotracheální kanylou. Hmatné srdeční pulzace jsou synchronní s EKG. Manekýn umožňuje sledování všech vitálních funkcí např: srdeční frekvenci, krevní tlak, dechovou frekvenci nebo EKG. Simulátor umožňuje měření neinvazivního krevního tlaku pomocí okluzní manžety. Umělý pacient podporuje podání léčiv dvěma způsoby. Kontinuální intravenózní podání farmaka či ve formě bolusu dané injekční stříkačky. Rozpoznání podaného farmaka a jeho koncentrace probíhá na základě technologie čárových kódů a průtokoměru. Simulátor HPS lze propojit s mnoha zdravotnickými přístroji jako je

např: anesteziologický přístroj, umělá plicní ventilace, ambuvak, monitor vitálních funkcí nebo defibrilátor, [1-11].

### **1.1.3 Software MŮSE**

Software MŮSE je interaktivní program určený k řízení simulace a tvorbě scénářů pro simulátory. Scénář je soubor příkazů, kterými je možné simulovat změnu fyziologických stavů u vybraného virtuálního pacienta. Vzhled softwaru je rozdělen do tří bloků: kardiovaskulárního, respiračního a farmakologického. Tyto bloky se vzájemně prolínají a ovlivňují. Pomocí jednotlivých bloků lze simulovat fyziologické či patologické změny, např: vitálních, hemodynamických nebo respiračních parametrů člověka. Každý blok obsahuje nabídku základních a rozšířených fyziologických parametrů vztahující se ke konkrétnímu vybranému bloku (kardiovaskulární, respirační a neurologický).

Respirační systém podporuje simulaci otoku zadního segmentu ústní části hltanu, otok jazyka, křečovitě uzavření hrtanu, odpor dýchacích cest, poddajnost plic, poddajnost hrudní stěny atd. Respirační systém umožňuje odezvu na nitrožilně zavedená farmaka nebo inhalační anestetika. Přijímané koncentrace inhalačních anestetik se dají simulovat prostřednictvím nastavené koncentrace inhalované frakce anestetika či jako nastavené alveolární koncentrace, [1, 4].

Kardiovaskulární systém podporuje simulaci srdečních arytmií a změn kardiovaskulárních parametrů sloužících pro nácvik a řešení akutních srdečních příhod. Farmakologický blok obsahuje seznam farmak s přednastavenými farmakodynamickými a farmakokinetickými parametry, [1, 4].

Součástí softwaru MŮSE je databáze virtuálních pacientů, kteří se liší pohlavím, věkem, váhou a osobní anamnézou. Profily jednotlivým virtuálních pacientů mohou být uživatel modifikovány. U každého virtuálního pacienta lze v základním profilu změnit váhu a výšku. Následně po spuštění simulace je možné prostřednictvím fyziologických parametrů měnit respirační, kardiovaskulární a neurologické parametry k dosažení požadovaného profilu virtuálního pacienta, [1, 4].

## **1.2 Přehled současného stavu**

V dnešní době se patientský simulátor HPS uplatňuje k trénování krizových situací, k posouzení klinické způsobilosti anesteziologů či projektování a vyhodnocování nových anesteziologických přístrojů. Celková anestezie je v současnosti běžnou součástí složitějších a déle trvajících lékařských zákroků. S navozením anestezie je ovšem spjato mnoho úskalí,



kterých je třeba se vyvarovat, aby nedošlo k poškození zdraví pacienta, [3, 5]. Dnešní studie se tedy zejména zaměřují na trénování těchto kritických situací, kterými mohou například být: prasknutí endotracheální kanyly, ztráta centrálního zásobování kyslíkem (prázdné rezervní láhve O<sub>2</sub>), ucpání endotracheální trubice, špatně utěsněný ventil v patientském okruhu, vdechnutí vyšší dávky inhalačního anestetika, atd. [12, 13]. Kritické situace jsou simulovány na simulátoru HPS pomocí vytvořených scénářů v programu MŮSE či HPS6 a odpovídají reálným klinickým situacím. Pro experimenty je většinou vybrána skupina anesteziologů, studentů nebo zdravotníků, kteří se liší svou zkušeností s tréninkem krizových situací na umělém pacientu či dosaženého lékařského vzdělání. Parametrem pro vyhodnocení experimentů je rychlost a úspěšnost řešení konkrétních problémů. Cílem těchto experimentů je sžítí se lékaře s krizovými situacemi a vyřešení problému, což následně může vést k lepší péči o pacienty a snížení rizika při navození, vedení a ukončení celkové anestezie, [11-19].

Dnešní studie se sice hojně zabývají řešením krizových situací při navození anestezie, které mají napomoci lepší péči o pacienty, avšak k tomu aby tyto experimenty mohly mít odpovídající váhu, je potřeba nejdříve zjistit, do jaké míry simulátor reaguje při anesteziologických postupech stejně jako reálný pacient. Tématem míry shodnosti chování celotělového simulátoru a reálného pacienta se autoři vědeckých článků nezabývají a samotné články zabývající se tímto problémem zatím nebyly nalezeny.

### 1.3 Cíl práce

Cílem diplomové práce je porovnání navození anestezie u celotělového simulátoru člověka a reálného pacienta. Porovnání navození anestezie u reálného pacienta a celotělového simulátoru bude provedeno mezi naměřenými hodnotami parametrů životních funkcí dostupných u patientského simulátoru HPS a údaji od reálných pacientů během navození a vedení celkové anestezie. Údaje vitálních parametrů reálného pacienta budou získávány z patientského monitoru Datex-Ohmeda a zaznamenávány během laparoskopických zákroků provedených v celkové anestezii. Simulace celkové anestezie na celotělovém simulátoru budou odpovídat průběhu CA uskutečněné na reálných pacientech naměřených v nemocnici. Součástí porovnání navození CA u reálného pacienta a simulátoru HPS bude analýza vztahu mezi parametry ze simulátoru HPS a z reálných operačních zákroků a následné vyhodnocení, zda realizované simulace odpovídají reálnému stavu při operacích pacientů.

## 1.4 Celková Anestezie

Celková anestezie je definována jako cílená ztráta vnímání veškerého cití. Účelem celkové anestezie je zajistit vyřazení vědomí pacienta, zajistit nebolestnost během celého operačního zákroku a zabezpečit vhodné operační podmínky. Mezi vhodné operační podmínky zejména patří: dostatečná svalová relaxace a nehybnost operačního pole. Celková anestezie obsahuje hypnotickou složku, analgetickou složku a svalovou relaxaci, [24].

Hypnotická složka slouží ke ztrátě vědomí pacienta a dosahuje se jí pomocí intravenózních či inhalačních anestetik. Nitrožilní anestetika se nejčastěji používají k úvodu do celkové anestezie a fungují na principu rozpuštění anestetika přímo v krvi. Nitrožilní anestetika se vyznačují rychlým nástupem účinku, kterého je dosaženo pomocí minutového srdečního objemu. Z minutového srdečního objemu jde 20 % krve přímo do mozku a tím je během krátké doby dosaženo stavu bezvědomí. Odbourání nitrožilního anestetika z oběhového systému je zajištěno jaterním metabolismem. Mezi nejčastěji používané intravenózní anestetikum patří Propofol. Propofol se řadí mezi nebarbiturátové anestetikum s krátkou dobou účinku. Nástup účinku je okolo 15-45 s. S nástupem účinku dochází u pacienta k dočasnému útlumu dýchání, k poklesu krevního tlaku a mírnému zvýšení srdeční frekvence. V úvodu účinku propofolu se může objevit hyperventilace či bradykardie. Inhalační anestetika se užívají k úvodu a vedení celkové anestezie. Princip účinku funguje na základě prostupu anestetik do těla pacienta prostřednictvím dýchacích cest, odkud se následně dle rozdílu parciálních tlaků mezi alveolárním vzduchem a plicními kapilárami dostávají do krve a dále do CNS. Hloubka anestezie je řízena pomocí koncentrace vdechované směsi. Inhalační anestetika mají oproti nitrožilním anestetikům delší dobu nástupu a útlumu účinku. Delší doba nástupu a útlumu účinku inhalačního anestetika je dána množstvím výměny plynů v plicích a rozpustností inhalačních anestetik v krvi. Čím více je anestetikum rozpustné v krvi, tím je delší doba nástupu i útlumu účinku anestetika, [20-23].

Analgetická složka je nezbytná z důvodu zamezení vnímání bolesti u pacienta. Analgetické složky je dosaženo pomocí silných analgetik. Mezi nejčastěji používané analgetikum patří Sufentanyl, který patří do skupiny opiátů. Opioidy jsou látky působící na opioidních receptorech, které se vyskytují v CNS. Mezi nežádoucí účinky opioidů patří snížené dýchání či nauzea. Dále mohou opioidy způsobit snížení krevního tlaku a bradykardii. Bradykardie je způsobena stimulací bloudivého nervu. [20, 22, 23].

Myorelaxační složka je nezbytnou součástí celkové anestezie z důvodu zajištění dostatečného uvolnění svalů pro endotracheální intubaci a vykonání operačního zákroku. Svalová relaxace je zejména důležitá u operačních zákroků v tělních dutinách, [24]. Svalová relaxancia se rozděluje do dvou skupin depolarizujících a nedepolarizujících myorelaxancií. Rozdíl mezi skupinami je v jejich chování na nervosvalové ploténce. Do skupiny často užívaných depolarizujících myorelaxancií patří succinylcholinjodid, pro který je charakteristický rychlý úvod k zajištění dýchacích cest. Nedepolarizující myorelaxans se dále rozděluje do skupin dle jejich délky účinku na krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá. Mezi krátkodobá myorelaxans patří např: mivacurium, mezi střednědobá rocuronium, atracurium a vecuronium a mezi dlouhodobé myorelaxans patří pancuronium a pipecurium, [20-24].

Průběh celkové anestezie se rozděluje na tři části: indukce, vedení a ukončení celkové anestezie. Indukce celkové anestezie zahrnuje navození bezvědomí u pacienta, myorelaxaci a zajištění dýchacích cest. Navození bezvědomí je nejčastěji zajištěno nitrožilním anestetikem. Vedení anestezie zahrnuje kontrolu klinického stavu, životních funkcí a udržování dostatečné hloubky a kvality anestezie, [24].

Ukončení anestezie je dle mnoha lékařů nejdůležitější a nejtěžší částí celkové anestezie. Ukončení anestezie obsahuje zamezení přívodu anestetik a vyvedení pacienta z bezvědomí. Součástí ukončení anestezie často bývá farmakologická dekurarizace, Farmakologická dekurarizace slouží k obnovení svalové síly a aktivaci funkce respiračních svalů. Při farmakologické dekurarizaci se nejčastěji podává neostigmin, který způsobí dočasnou blokadu účinku acetylcholinesterázy, což vede k lokálnímu zvýšení koncentrace acetylcholinu. Zvýšená koncentrace acetylcholinu vede k muskarinovému efektu. K potlačení muskarinového efektu se pacientovi aplikuje atropin, [20, 23].

## 1.5 Laparoskopie

### 1.5.1 Laparoskopické zákroky v gynekologii

Laparoskopie je minimálně invazivní metoda, která umožňuje provedení operačního výkonu v oblasti břišní dutiny bez nutnosti jejího otevření klasickým chirurgickým řezem. Laparoskopické výkony se provádějí v celkové anestezii z důvodu řádného uvolnění veškerých svalů. V průběhu výkonu je do oblasti pupku zavedena tzv. Veressova jehla, pomocí které je břicho naplněno oxidem uhličitým. Kapnoperitoneum se provádí z důvodu

vytvoření přehledného operačního pole pro operátora. Naplnění dutiny břišní oxidem uhličitým vede ke zvýšení intraabdominálního tlaku (IAP). Zvýšení IAP se při laparoskopických zákrocích pohybuje v rozmezí 12 až 15 mmHg. Po zavedení Veressovy jehly do oblasti pupku je následně do břicha zavede kamera, která snímá operační pole, a tudíž umožňuje lepší orientaci v prostoru. Operátor následně provede další 1-3 drobné řezy, jimiž jsou do břišní dutiny zavedeny operační nástroje. U většiny laparoskopických zákroků se na výkonu podílí operátor ovládající operační nástroje, zdravotník (gynekolog) obsluhují kameru a sálová sestra. Laparoskopické výkony v gynekologii, dle závažnosti a možných vzniklých komplikací trvají od 20 minut po cca 2 hodiny, [25].

### **1.5.2 Anestezie pro laparoskopii**

Pro laparoskopické zákroky je doporučena celková anestezie s endotracheální intubací a umělou plicní ventilací. Laparoskopické výkony se vyznačují požadavkem hluboké anestezie s dostatečnou svalovou relaxací, až do skončení operace. Pro úvod do anestezie se užívají běžné indukční látky (propofol, etomidát, barbituráty). Vedení anestezie se doporučuje směsí  $N_2O/O_2$ . Přičemž hodnota koncentrace rajskeho plynu by se měla pohybovat do 50 %, aby se nezhoršovala distenze střeva. Jako inhalační anestetikum se běžně používá Isofluran. Svalová relaxace v průběhu laparoskopického výkonu by měla být velmi kvalitní, aby se předešlo ztížených podmínek pro operátora a zvýšení intraabdominálního tlaku. Analgetická složka se při laparoskopických zákrocích nejčastěji zajišťuje fentanylem či sufentanylem. V průběhu celého zákroku se u pacientů standardně monitoruje: EKG,  $S_pO_2$ , neinvazivní tlak krve, srdeční frekvence, kapnografie a ventilační parametry ( $V_T$ ,  $M_V$ , inspirační tlak, dechová frekvence), [25].

### **1.5.3 Vliv laparoskopie a anestezie na hemodynamiku**

I přesto, že laparoskopické zákroky v gynekologii přináší mnoho výhod související například se zmenšením traumatu břišní stěny, redukce pooperační bolesti či plicní dysfunkce, vyskytuje se několik komplikací. Jednou z komplikací laparoskopických zákroků v gynekologii s celkovou anestézií je patofyziologická změna hemodynamických a respiračních parametrů. Mezi nejvýznamnější vlivy způsobující změnu parametrů hemodynamiky a respirace patří: intraabdominální distenze, kapnoperitoneum, přímý vliv  $CO_2$ , UPV, polohování pacienta, použité látky (anestetika) a reflexní tonus nervus vagus.

#### *a) Kapnoperitoneum*

Kapnoperitoneum je umělé naplnění břišní dutiny oxidem uhličitým. Oxid uhličitý má sice mnoho vedlejších účinků na lidský organismus, avšak svými fyzikálně – chemickými vlastnostmi a při zachování fyziologických hodnot v krvi je pro lidské tělo zcela netoxický. Vlivem kapnoperitonea dochází k zvýšení intraabdominálního tlaku a insuflaci oxidu uhličitého. Tyto dva faktory mají vliv na hemodynamické změny. Celkově kapnoperitoneum způsobuje zvýšení srdeční frekvence, zvýšení arteriálního tlaku a systémové vaskulární rezistence, snížení preloadu a zvýšení aftreloadu. Zvýšení intraabdominálního tlaku způsobuje kompresi dolní duté žíly, snížení návratu krve z dolních končetin a kompresi arteriálního řečiště. Ovlivnění hemodynamických změn vlivem kapnoperitonea závisí na intravaskulárním objemu, stupni intraabdominálního tlaku a poloze pacienta, [25- 30].

#### *b) Reflexní tonus n. vagus*

V průběhu operačního výkonu může docházet k podráždění vegetativních a motorických vláken bloudivého nervu inervující hladké svaly všech cév. Podrážděním vegetativních motorických vláken dochází k poklesu arteriálního tlaku a bradykardii, [25].

#### *c) Polohování pacienta*

Při laparoskopických zákrocích je pacient po navození celkové anestezie polohován do tzv. Trendelenburgovy polohy. Vlivem Trendelenburgovy polohy dochází k hemodynamickým změnám. Trendelenburova poloha způsobuje zvýšení žilního návratu a centrálního venózního tlaku, zvyšuje minutový srdeční výdej, intrakraniální tlak a intraokulární venózní tlak, [25].

#### *d) Použitá anestetika*

Aplikovaná farmaka pro úvod do anestezie a inhalační anestetika použitá pro vedení anestezie mají vliv na hemodynamické změny a činnost srdce. Výběr nejčastěji užívaných farmak a anestetik pro laparoskopické zákroky a jejich účinek je uveden v tabulce 1, [25, 28-34]

Tabulka 1: *Vliv Anestetik, Myorelaxans a farmak na srdeční frekvenci a krevní tlak*

	Srdeční frekvence	Krevní tlak
<b>Anestetikum</b>		
Isofluran	↑	↓
Sevofluran	↑/↓	↓
Desfluran	↑	↓
Propofol	-10/+10	-10/-40
<b>Myorelaxans</b>		
Sukcinylcholin	↑/↓	↑/↓
Atracurium	-	-/↓
Mivacurium	-	-/↓
Vecuronium	-	-
Rocuronium	-	-/↑
<b>Ostatní farmaka</b>		
Atropin	↑	-
Ephedrine	↑	↑

↑ zvýšení, ↓ snížení, - bez účinku

### 1.5.5 Vliv laparoskopie na ventilaci

Ventilace pacienta je během laparoskopických zákroků ovlivněna vytlačením bránice směrem vzhůru, Trendelenburgovou polohou a zvýšeným nitrobřišním tlakem. Změna polohy pacienta během operačního zákroku zvyšuje riziko dislokace endotracheální kanyly a návrat nestráveného žaludečního obsahu, který může následně zatéct do dýchacích cest. Zvýšený intraabdominální tlak a vytlačení bránice směrem vzhůru způsobují zhoršení poměru ventilace – perfúze, což má za následek zhoršení výměny plynů. Dále dochází k ovlivnění respiračních faktorů, viz tabulka 2, [25, 28, 29].

Tabulka 2: *Změny plicní mechaniky vlivem insuflace*

Respirační faktor	Změna
Funkční reziduální kapacita plic	Snížení
Alveolární mrtvý prostor	Zvýšení
Špičkový inspirační tlak	Zvýšení
Poddajnost plic	Snížení
Vitální kapacita plic	Snížení

## 2 Metody

### 2.1 Měření Thomayerova nemocnice

Tato práce je prospektivní intervenční studií. Celá studie probíhala v Thomayerově nemocnici na gynekologicko – porodnickém oddělení. Měření subjektů probíhalo se souhlasem Thomayerovy nemocnice, oddělení ARO. Měřicí protokol je součástí obrazové přílohy.



Obrázek 2: Gynekologický operační sál Thomayerovy nemocnice

### 2.1.1 Měřené subjekty

Klinického výzkumu se zúčastnilo 20 probandů. Jednalo se o zdravé ženy, které se lišily věkem, váhou, výškou a osobní anamnézou. Všichni vybraní probandi podstoupili laparoskopický zákrok v CA. Jednotlivé laparoskopické výkony se u probandů lišily typem, délkou a závažností. Probandi byli před výkonem seznámeni s anesteziologem, který je informoval o zákroku a aplikovaných anestetikách. Zdravotní sestry probandy očistily a přeložily na operační lůžko. Následně byla probandům provedena kanylace periferní žíly, provedeno napojení na EKG a upevnění manžety pro měření neinvazivního krevního tlaku. V průběhu celého výkonu byla probandům zavedena infúze, která mimo jiné sloužila k transportu farmak. Výkony v CA probíhaly v dopoledních hodinách. U probandů byly zaznamenávány hodnoty HR, MAP,  $S_pO_2$ ,  $E_tCO_2$ .

Tabulka 3: *Charakteristika studované skupiny*

Proband	Věk	Váha (kg)	Výška (cm)	HR (tep/min)	MAP (mmHg)
1	60	74	165	76	92,25
2	50	65	169	65	88,94
3	33	62	160	61	89,53
4	55	67	163	61	100,57
5	60	84	180	60	103,3
6	53	67	165	67	89,75
7	55	70	151	88	108,52
8	59	82	152	73	90,3
9	45	69	175	65	88,3
10	43	72	167	78	97,04
11	38	68	169	78	91,65
12	32	56	169	101	92,0
13	32	70	167	97	99,58
14	29	85	174	72	102,31
15	32	63	151	90	96,04
16	49	59	155	90	98,49
17	42	72	176	75	94,48
18	47	65	170	112	105,06
19	45	70	162	75	101,52
20	40	124	170	92	109,89
<b>Průměr±SD</b>	<b>45±9,9</b>	<b>72±14,0</b>	<b>166±8,1</b>	<b>79±14,2</b>	<b>97±6,5</b>

HR = srdeční frekvence, MAP = střední hodnota arteriálního tlaku

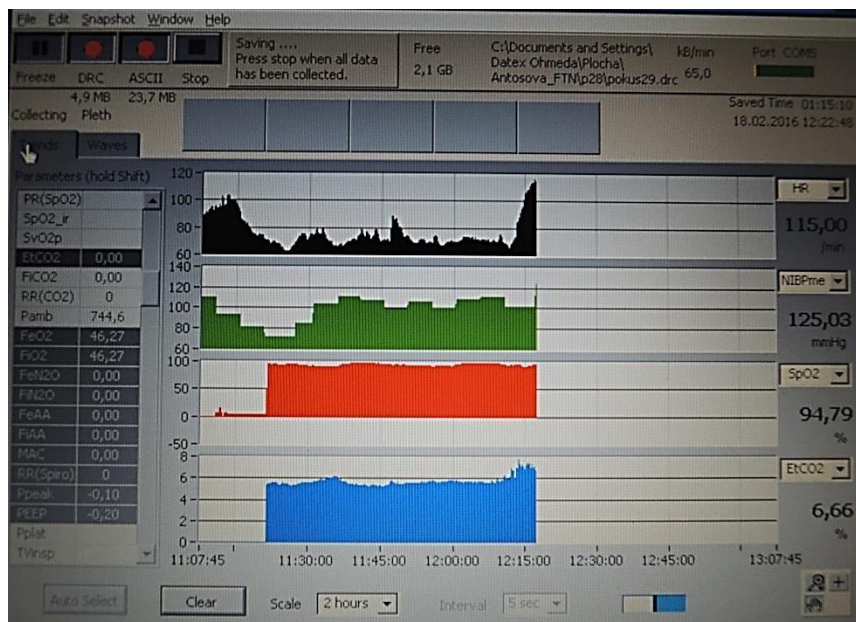


## 2.1.2 Použité přístroje

Pro celkovou anestezii byl použit anesteziologický přístroj Datex-Ohmeda Aespire 7900 a vitální parametry byly zaznamenávány prostřednictvím patientského monitoru Datex-Ohmeda S/5 Collect, Verison 4.0.

*Počítač se softwarem Datex-Ohmeda S/5 Collect, Verison 4.0.*

Datex-Ohmeda S/5 Collect je 32-bit labVIEW aplikace určená pro sběr naměřených dat z přístrojů Datex OHMEDA a následnou počítačovou analýzu například v programu Microsoft Excel. Pomocí softwaru lze nahrávat veškeré vitální a ventilační parametry, které jsou zaznamenávány patientským monitorem. Sběr dat z patientského monitoru do počítače je zajištěn přes sériový port nebo skrze centrální síť Datex-Ohmeda S/5. Vitální a ventilační parametry lze nahrávat ve formě číselných hodnot či jako křivky průběhu v čase. Pro záznam číselných hodnot lze v softwaru určit interval záznamu, po který se hodnoty ukládají. V případě záznamu křivek průběhu v čase software umožňuje nastavení frekvence vzorkování. Jednotlivé hodnoty parametrů se ukládají do námi vytvořené složky do souboru ve formátu .drc (Datex Record Interface format). V průběhu nahrávání je možné sledovat záznam 4 vybraných číselných hodnot vitálních či ventilačních parametrů a 4 vybraných křivek průběhů v čase (viz Obrázek 3), [35].



Obrázek 3: *Vzhled Softwaru Datex-Ohmeda S/5 Collect, Version 4.0*

### *Anesteziologický přístroj Datex-Ohmeda Aespire 7900*

Anesteziologický přístroj GE Datex-Ohmeda Aespire 7900 je kompaktní, intuitivní přístroj určený pro navození a vedení anestezie u novorozenců, dětí i dospělých. Narkotizační přístroj umožňuje poskytovat objemově či tlakově řízenou ventilaci popřípadě spontánní či ruční ventilaci. Ventilací část zajišťuje mechanickou ventilaci pacienta, včetně sledování a monitorace ventilačních parametrů během chirurgického zákroku. Systém ventilace funguje na principu měchu ve válci s pohonem vzduchu či kyslíku. Anesteziologický přístroj lze osadit 2 odpařovači. Přístroj podporuje všechny druhy inhalačních anestetik (Halothane 5 %, Isofluran 5 %, Desfluran 18 %, Sevofluran 8 %). V kombinaci s patientským monitorem Datex-Ohmeda je možné sledování vitálních parametrů, plynové analýzy, úrovně hloubky anestezie a hemodynamiky. Kromě sledování a monitorace jednotlivých vitálních či ventilačních parametrů, je možné nastavit alarmy přístroje, pro případ překročení stanovené hodnoty měřené veličiny. Přístroj obsahuje dávkovače medicínálních plynů, které jsou konstruovány jako rotometry (mechanické dvoutrubicové), rozsah průtoku je od 0 do 10 l/min, [36].



Obrázek 4: *Anesteziologický přístroj Datex-Ohmeda Aespire 7900*

### 2.1.3 Postup měření

Průběh celkové anestezie se v klinické praxi rozděluje do tří částí - indukce, vedení a ukončení anestezie.

#### *Indukce*

V průběhu indukce celkové anestezie bylo probandům nejprve aplikováno analgetikum Sufentanyl. Dávka analgetika se odvíjela dle váhy a věku pacienta. Po aplikaci Sufentanylu následovala preoxygenace pacienta kyslíkovou maskou 3 minuty, při průtoku kyslíku 7,5 l/min. Následně bylo probandovi aplikováno myorelaxancium a nitrožilní anestetikum propofol. Myorelaxační složka slouží k zajištění dýchacích cest endotracheální kanylou a relaxaci svalů k umožnění operačního výkonu. Po nástupu účinku nitrožilního anestetika a myorelaxancia bylo provedeno zajištění dýchacích cest endotracheální kanylou a napojení probanda na anesteziologický přístroj (Datex-Ohmeda Aespire 7900). Na anesteziologickém přístroji byly nastaveny hodnoty průtoku medicínálních plynů, koncentrace inhalačního anestetika Isofluran či Sevofluran a hodnoty pro ventilaci pacienta (viz Tabulka 4). Úvodní koncentrace Isofluranu jsou 2-3 %. Isofluran působí výrazný dechový útlum. Isofluranová anestezie je spojena s poklesem arteriálního krevního tlaku, který je zapříčiněn především periferní vazodilatací. Srdeční frekvence je stálá či je obecná tendence k jejímu vzestupu. V Isofluranové anestezii je zesílen účinek depolarizujících i nedepolarizujících svalových relaxancií.

Tabulka 4: Nastavení hodnot medicínálních plynů,  $V_E$ , RR, PEEP u anesteziologického přístroje

Navození anestezie		Nastavení ventilace	
vzduch	2-3 L/min	$V_E$	6-8 mL/kg
O <sub>2</sub>	2-3 L/min	RR	10-14 dech/min
Isofluran	2- 3 %	PEEP	5 cmH <sub>2</sub> O

#### *Vedení anestezie*

Vedení anestezie je část, ve které probíhá kontrola klinického stavu, životních funkcí, hloubky a kvality anestezie u pacienta, [22]. Vedení anestezie při laparoskopických zákrocích je doporučeno směsí N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>, přitom koncentrace N<sub>2</sub>O se doporučuje do 50 %, aby se předešlo možnému zhoršení distenze střeva. Jako inhalační anestetikum je preferován Isofluran, jehož udržovací koncentrace během vedení anestezie je 1-1,5 %. V průběhu

vedení anestezie byl u probandů snížen průtok medicínálních plynů a koncentrace inhalačního anestetika (viz Tabulka 5)

Tabulka 5: *Nastavení hodnot medicínálních plynů a koncentrace inhalačního anestetika*

N <sub>2</sub> O/Vzduch	O <sub>2</sub>	Isofluran
0,5 L/min	0,5 L/min	3-0,6 %

Během vedení anestezie se kontroluje zejména srdeční frekvence, krevní tlak a E<sub>t</sub>CO<sub>2</sub>. Hodnota E<sub>t</sub>CO<sub>2</sub> se standardně pohybuje mezi 4-5 kPa. Pokud v průběhu anestezie dojde k poklesu hodnoty EtCO<sub>2</sub> pod hodnotu 4 kPa, nastaví se na anesteziologickém přístroji nižší dechový objem. Naopak, pokud nastane situace, že hodnota EtCO<sub>2</sub> je vyšší než 5 kPa, nastaví se na anesteziologickém přístroji vyšší dechový objem. V případě, že k navrácení hodnoty EtCO<sub>2</sub> do standartního rozmezí nepomůže dechový objem, mění se hodnota dechové frekvence. Hodnota E<sub>t</sub>CO<sub>2</sub> se sleduje zejména při změně polohy pacienta, kdy může dojít k dislokaci endotracheální kanyly či rozpojení anesteziologického systému. Záznam průběhu EtCO<sub>2</sub> v čase se považuje za indikátor znovuoživení svalové činnosti dýchacích svalů u pacienta. Změny srdeční frekvence a krevního tlaku mohou signalizovat reakce pacienta na probíhající zákrok nebo hlubokou či mělkou anestezii. V případě, kdy dochází k snížení středního arteriálního krevního tlaku pod hodnotu 75-70 mmHg aplikuje se pacientovi dávka Efedrinu. Efedrin se dává v miligramech a standartní dávka je 10 mg. Poté se čeká, zda se pacientovi zvýší krevní tlak. Pokud u pacienta dochází během vedení anestezie ke zvýšení krevního tlaku, které není zapříčiněno probíhajícím zákrokem, nýbrž s velkou pravděpodobností zapříčiněno změlčením anestezie, zvýší se hodnota inhalovaného anestetika. Zvýšená hodnota srdeční frekvence může být způsobena zejména reakcí pacienta na probíhající zákrok. Pokud by však zvýšená hodnota trvala déle, předpokládá se, že u pacienta došlo ke změlčení anestezie a je proto zvýšena koncentrace inhalovaného anestetika. Naopak u velmi nízkých hodnot srdeční frekvence se pacientovi podává Atropin. Při vedení anestezie mohou být probandovi aplikována farmaka dle jeho osobní anamnézy (OA). Podle OA se u pacienta zjišťuje, zda se v minulosti vyskytly nežádoucí účinky na anestezii. Nejčastěji se jedná o vomitus po ukončení anestezie. V tomto případě se v průběhu vedení anestezie podává pacientovi Zofran, který potlačuje vomitus. Podle délky zákroku se pacientovi aplikují analgetika na zmírnění bolesti. Nejčastěji se podává Sufentanyl, Novalgin a paracetamol.

### *Ukončení anestezie*

Ukončení anestezie zahrnovalo přerušení přívodu inhalačních anestetik a zvýšení průtoku kyslíku (viz Tabulka 6).

*Tabulka 6: Nastavení hodnot medicinálních plynů a koncentrace inhalačního anestetika*

N <sub>2</sub> O/Vzduch	O <sub>2</sub>	Isofluran/Sevofluran
0 L/min	9 L/min	0 %

Následně se u probanda dle závažnosti stavu provedena farmakologická dekurarizace, (viz Tabulka 7).

*Tabulka 7: Podané dávky atropinu a syntostigminu při farmakologické dekurarizaci*

Farmakum	Dávka (mg)	Způsob podání
atropin	0,5	IV
syntostigmin	1-1,5	IV

Po nástupu účinku farmakologické dekurarizace byl proband manuálně ventilován přes ambuvak. Ze začátku se úplně nahrazovalo dýchání a poté se pouze pomáhalo s vlastní dechovou aktivitou. V okamžiku kdy proband otevřel oči a dostatečně spontánně dýchal, byla odebrána endotracheální kanyla. Poté byl probandovi změřen krevní tlak. Po úplném probuzení probanda byly odebrány svody pro měření EKG, odepnuta manžeta pro měření neinvazivního krevního tlaku a proband byl přeložen na lůžko a přesunut na JIP.

## 2.2 Simulace celkové anestezie

Simulace celkové anestezie na celotělovém simulátoru HPS byla realizována mimo jiné i na základě podkladů z mé bakalářské práce (Navození anestezie u celotělového simulátoru, květen 2014).

### 2.2.1 Vytvoření pacienti

Pro simulaci bylo vytvořeno 20 probandů. Jednotliví probandi se lišili vstupními parametry (váha, výška, hodnota srdeční frekvence a hodnota středního arteriálního tlaku). Nastavení váhy a věku u jednotlivých probandů odpovídalo konkrétní váze a věku pacienta naměřeného v nemocnici. Hodnota srdeční frekvence byla nastavena v programu MÜSE prostřednictvím „Heart rate Factor“. Nastavená hodnota srdeční frekvence odpovídala přibližné hodnotě HR naměřené u konkrétního pacienta těsně před zahájením navození CA. Hodnota středního arteriálního tlaku byla nastavena v programu MÜSE pomocí „Heart rate factor“ a přednastavených patofyziologických stavů ve složce „Conditions“. Patofyziologické stavy krevního tlaku jsou rozděleny na hypertenzi a hypotenzi. Hypotenzi a hypertenzi je možné nastavit v 5 úrovních. Jednotlivé úrovně se liší svou závažností pro lidský organismus. U vytvořeného probanda byla nastavena hodnota „Heart rate Factor“ a úroveň patofyziologického stavu odpovídající, co nejbližší hodnotě středního arteriálního tlaku naměřené u pacienta, těsně před uvedením do celkové anestezie. U probandů byla simulována celková anestezie v požadovaném rozsahu. Současně se simulací celkové anestezie byly na probandovi simulovány dostupné faktory např: systémová vaskulární rezistence, bradykardie aj. charakterizující kapnoperitoneum, dráždění bloudivého nervu či laparoskopický zákrok.

Tabulka 8: *Charakteristika simulované skupiny*

HPS	Věk	Váha (kg)	Výška (cm)	HR (tep/min)	MAP (mmHg)
1	60	74	165	75	93
2	50	65	169	65	91,4
3	33	62	160	60	89,7
4	55	67	163	57	99,6
5	60	84	180	56	99
6	53	67	165	68	91,6
7	55	70	151	84	111,7
8	59	82	152	73	90,1
9	45	69	175	62	89,1
10	43	72	167	78	94
11	38	68	169	75	93,2
12	32	56	169	101	95,3
13	32	70	167	98	96,4
14	29	85	174	72	101
15	32	63	151	89	95,4
16	49	59	155	90	95,4
17	42	72	176	74	93,7
18	47	65	170	111	96,2
19	45	70	162	76	99,1
20	40	124	170	93	104,9
<b>Průměr±SD</b>	<b>45±9,9</b>	<b>72±14,0</b>	<b>166±8,1</b>	<b>78±14,8</b>	<b>96±5,4</b>

HR = srdeční frekvence, MA P= střední hodnota arteriálního tlaku

### 2.2.2 Použité přístroje

Pro realizaci simulací celkové anestezie byl použit anesteziologický přístroj Draeger Zeus.

#### *Anesteziologický přístroj Draeger Zeus*

Přístroj Draeger Zeus je sofistikovaný anesteziologický přístroj určený k použití v lékařských prostorech pro operační, předoperační a probouzení místností. Přístroj může být použit pro dospělé, děti i novorozence. Anesteziologický přístroj lze využít pro všechny podoby obecné anestezie (inhalační anestezii, vyváženou anestezii, totální intravenózní anestezii). Součástí přístroje jsou moduly pro dávkování léků, patientský monitoring a monitoring přístroje, stejně jako pro ventilaci. Přístrojový monitoring zahrnuje monitoraci tlaku v dýchacích cestách, expirační dechový objem, dechový objem, inspirační koncentraci anestetického plynu, inspirační koncentraci kyslíku a ražského plynu, inspirační a expirační koncentraci CO<sub>2</sub>. Anestezii je možné provádět s přístrojovou či manuální ventilací,

popřípadě spontánním dýcháním. Anestezie je realizována směsí čistého kyslíku, vzduchu a/nebo rajskeho plynu s dávkováním inhalačních anestetik či intravenózních farmak. Draeger Zeus lze osadit dvěma odpařovači a podporuje inhalační anestetika Isofluran, Desfluran a Sevofluran. Propojení anesteziologického přístroje s pacientem je možné pomocí laryngeální masky, samotné masky a endotracheální kanyly. Přístroj umožňuje použití dýchacího systému s částečnou či plnou zpětnou ventilací, [23].

### **2.2.3 Postup zapojení celotělového simulátoru HPS**

Po vstupu do laboratoře ARO a JIP bylo nejprve nutné nastavení redukčních ventilů na tlakových láhvích na 345 kPa. Následně bylo provedeno odpuštění zbylého plynu z přívodných hadic medicínálních plynů. Po vypuštění zbytkového plynu byly jednotlivé spojovací hadice medicínálních plynů postupně zapojeny do HPS lab Racku v následujícím pořadí: vzduch, kyslík, oxid uhličitý, dusík a rajskeý plyn. Po zapojení a kontrole medicínálních plynů bylo možné spuštění systému HPS lab Rack. Po načtení a přihlášení se do systému byla provedena aktivace dodávky medicínálních plynů. Aktivace medicínálních plynů byla provedena otevřením jednotlivých tlakových láhví v pořadí: vzduch, kyslík, oxid uhličitý, dusík a rajskeý plyn. Následně bylo provedeno spuštění softwaru MÜSE.

Pro nastavení celotělového simulátoru HPS bylo nejprve nutné v programu MÜSE vybrat virtuálního pacienta s požadovanou vahou a výškou. Následně byl software MÜSE propojen s figurínou celotělového simulátoru. Po ustálení vitálních a respiračních parametrů byly u probanda nastaveny počáteční hodnoty srdeční frekvence a středního arteriálního tlaku. Následovalo podání infúze a spuštění simulace celkové anestezie. Po spuštění programu MÜSE, vybrání konkrétního probanda a nastavení vstupních parametrů byl celotělový simulátor propojen se softwarem.

### **2.2.4 Simulace celkové anestezie**

Simulace celkové anestezie byly realizovány prostřednictvím scénářů, které odpovídaly navození celkové anestezie uskutečněné v Thomayerově nemocnici. Scénáře zahrnovaly časový sled událostí aplikovaných anestetik, analgetik, myorelaxans a farmak viz Tabulka 9.



Tabulka 9: Časový sled událostí pro simulaci celkové anestezie

čas	Farmaka, intubace	Anesteziologický přístroj		
		Frakce	Průtok	
<i>Navození anestezie</i>				
0:00:00	Sufentanil 5 µg Rocuronium 40 mg Propofol 200 mg	O <sub>2</sub>	98 %	6 l/min
0:01:00		O <sub>2</sub>	98 %	6 l/min
0:02:00	Intubace pacienta			
<i>Vedení anestezie</i>				
0:03:00		O <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O ISO	50 % 50 % 0,61 %	2,5 l/min 2,5 l/min
0:06:00		O <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O ISO	46 % 47 % 0,62 %	0,5 l/min 0,5 l/min
0:09:00	Ephedrine 10 mg			
0:12:00	Sufentanil 15 µg			
0:42:00	Rocuronium 10 mg Sufentanil 10 µg			
<i>Ukončení anestezie</i>				
0:45:00		O <sub>2</sub> N <sub>2</sub> O ISO	98 % 0 % 0 %	6 l/min 0 l/min

### *Navození anestezie*

Navození anestezie bylo realizováno softwarovou aplikací analgetika, myorelaxans a intravenózního anestetika. Dávky aplikovaných farmak pro úvod do anestezie odpovídaly dávám aplikovaným pacientovi v reálné situaci. Současně po aplikaci analgetika byla probandovi nastavena frakce inspirovaného kyslíku v rozmezí 95 – 98 %. Frakce vdechovaného kyslíku se odvíjela dle konkrétního simulovaného případu. Po uplynutí cca 2 minut byla provedena intubace endotracheální kanylou (7,5 mm). Následně byl celotělový simulátor napojen na anesteziologický přístroj. Na anesteziologickém přístroji byly nastaveny hodnoty pro ventilaci a v programu MŮSE nastavena frakce vdechovaného inhalačního anestetika a popřípadě frakce vdechovaného rajskeho plynu. V případě objemově řízené ventilace byl na anesteziologickém přístroji nastaven dechový objem a dechová frekvence. V případě tlakově řízené ventilace byl nastaven inspirovaný tlak a dechová frekvence.



Obrázek 5: Napojení celotělového simulátoru na anesteziologický přístroj

### *Vedení anestezie*

V průběhu vedení anestezie byly u virtuálního pacienta provedeny změny hodnot frakcí inspirovaného anestetika, rajského plynu, kyslíku či aplikována farmaka a provedeny změny hodnot ventilace. Jednotlivé změny hodnot byly provedeny ve stejný časový okamžik jako čas, ve kterém byly provedeny změny při měření reálných pacientů v nemocnici. Dále byly u HPS v průběhu celkové anestezie simulovány dostupné faktory reprezentující laparoskopický zákrok, např: zvýšení vaskulární rezistence, bradykardie, ztráta krve, snížená poddajnost plic, atd. Během vedení anestezie byla udržována hodnota  $E_t\text{CO}_2$  v rozmezí 4 – 5 kPa. V případě, kdy došlo k odchýlení hodnoty  $E_t\text{CO}_2$  od požadovaného rozmezí 4 – 5 kPa, byly změněny hodnoty dechového objemu, popřípadě dechové frekvence.

### *Ukončení anestezie*

Ukončení anestezie zahrnovalo nastavení frakce inhalovaného anestetika a rajského plynu na 0 %. Následně byla nastavena hodnota frakce inspirovaného kyslíku na 95 – 98 %. Po dostatečném prodýchání simulátoru kyslíkem byl celotělový simulátor extubován, odpojen od anesteziologického přístroje a softwarově nastaven do normálního stavu.

## 2.3 Zpracování dat

Záznamy naměřených signálů vitálních parametrů (MAP, HR,  $S_pO_2$ ) probandů a virtuálních pacientů byly uloženy do formátu (xls.). Z jednotlivých záznamů vitálních parametrů byly vyselektovány pouze data odpovídající době těsně před zahájením indukce anestezie, až po ukončení celkové anestezie. Pro další zpracování těchto záznamů byl použit software *MatLab R2013a (Mathworks)*.

### *Zpracování naměřených hodnot srdeční frekvence*

Naměřená data srdeční frekvence byla filtrována filtrem klouzavého průměru s šířkou okna 10, z důvodu odfiltrování výkyvů přítomných v naměřených v signálech, způsobených reakcí probandů na laparoskopický zákrok. Dle zaznamenaných postupů anestezie v nemocnici byly do grafů zaznamenány doby podání farmaka Atropin.

### *Zpracování naměřených hodnot středního arteriálního tlaku*

Hodnoty středního arteriálního tlaku byly u probandů naměřených v nemocnici zaznamenávány na patientském monitoru Datex-Ohmeda v přibližně 5 minutových intervalech. Hodnoty středního arteriálního tlaku byly u simulovaných virtuálních pacientů zaznamenávány v 5 vteřinových intervalech. Z důvodu odlišnosti záznamu hodnot MAP u simulací a probandů bylo nutné provést synchronizaci frekvence záznamu hodnot MAP. Z hodnot naměřených softwarem MUSE byla vzata hodnota MAP odpovídající době těsně před začátkem indukce anestezie a následně byly zaznamenávány pouze hodnoty MAP odpovídající době, ve které došlo ke změně hodnot MAP naměřené u probanda. Na základě této selekce došlo k synchronizaci měřených hodnot MAP u probandů a simulací. Následně byla data vynesena do grafu a filtrovány filtrem váhového průměru s šířkou okna 5. Dle zaznamenaných postupů celkové anestezie byly do grafů zaznamenány doby podání farmaka Ephedrinu.

Na základě těchto záznamů byly vytvořeny grafy pro každou dvojici proband – simulovaný virtuální pacient jednotlivých průběhů vitálních parametrů v čase, odpovídající době těsně před zahájením indukce, až do skončení celkové anestezie.

Dále byly z průměru 20 probandů a průměru 20 simulací vytvořeny celkové průběhy jednotlivých vitálních parametrů v čase. Celkové průměrné průběhy byly filtrovány filtrem klouzavého průběhu s délkou okna odpovídající vzorkovací frekvenci.

Všech 20 probandů a 20 virtuálních pacientů bylo následně rozděleno do tří skupin dle jejich počátečních hodnot srdeční frekvence a středního arteriálního tlaku. Pro jednotlivé skupiny byly vytvořeny grafy průběhů vitálních parametrů (MAP, HR) v čase.

## 2.4 Statistické analýza dat

Na základě Kolmogorovův-Smirnovův testu normality rozdělení dat bylo zjištěno, že soubor naměřených dat nemá normální rozdělení.

K zjištění síly závislosti vztahu mezi naměřenými vitálními parametry probandů a vitálními parametry simulovaných virtuálních pacientů byla použita korelace. K posouzení korelace byl na základě výsledku Kolmogorova-Smirnovova testu zvolen Spearmanův korelační koeficient pořadové korelace.

Spearmanův korelační koeficient je definován:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum_i (p_i - q_i)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}, \quad (1)$$

kde  $p_i$  a  $q_i$  jsou příslušná pořadová čísla přiřazená hodnotám vitálních parametrů v průběhu celkové anestezie,  $i$  je index korelační dvojice a  $n$  je počet korelačních dvojic. Spearmanův korelační koeficient může nabývat hodnot v rozmezí  $\langle -1, 1 \rangle$ , kde krajní hodnoty intervalu značí funkční závislost mezi sledovanými náhodnými veličinami a hodnota 0 značí, že náhodné veličiny jsou nekorelované.

Míra korelace mezi jednotlivými vitálními parametry probandů a virtuálních pacientů byla posuzována pro každou z 20 dvojic proband – simulace, ve vybraných časových úsecích průběhu celkové anestezie. Následně byla míra korelace posuzována pro celkové průběhy vitálních parametrů všech naměřených probandů a všech nasimulovaných virtuálních pacientů.

Stanovení významnosti míry korelace bylo provedeno na základě porovnání s tabelovými kritickými hodnotami Spearmanova korelačního koeficientu pro úroveň významnosti  $p < 0,05$ . Pro zjištění statistické významnosti reakce simulátoru na podaná farmaka v iniciační fázi celkové anestezie a reakci na podaná inhalační anestetika v průběhu vedení anestezie byl použit Mann – Whitneyův test, který na zvolené hladině významnosti  $p < 0,05$  a  $p < 0,01$  určí, zda se hodnoty naměřené po nástupu účinku farmak aplikovaných v iniciační fázi a nástupu účinku inhalačních anestetik aplikovaných na konci indukce mezi probandem a simulátorem statisticky významně liší.

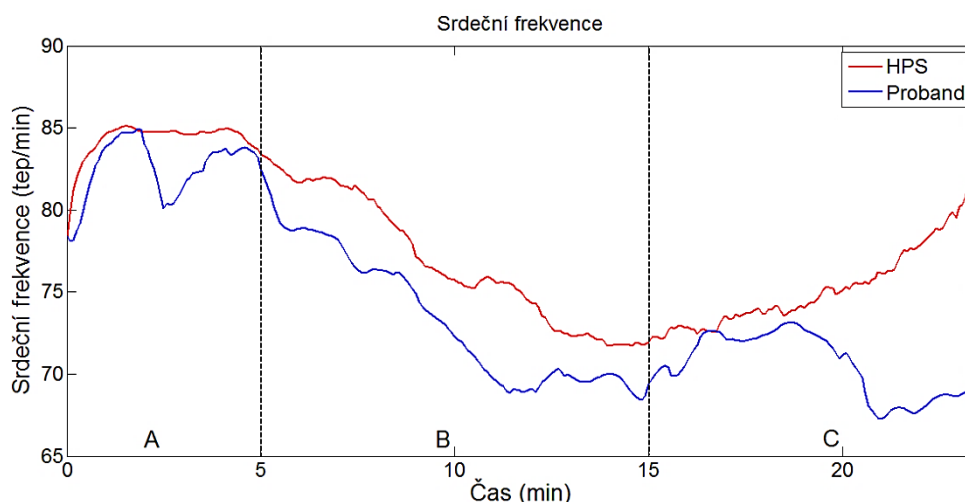
# 3 Výsledky

Výsledky jsou rozděleny do čtyř částí. První část znázorňuje souhrnné průběhy jednotlivých vitálních parametrů (HR, MAP,  $S_pO_2$ ) vytvořených z průměru všech probandů a průměru virtuálních pacientů. Druhá část zahrnuje grafické znázornění změn hodnot vitálních parametrů u probanda a virtuálního pacienta v konkrétních časech průběhu celkové anestezie. Třetí část znázorňuje průběhy vitálních parametrů pro jednotlivé skupiny probandů, rozdělené na základě počátečních hodnot srdeční frekvence a krevního tlaku. V poslední části je znázorněn průběh vitálních parametrů v čase pro konkrétní dvojici proband – virtuální pacient. Ostatní jednotlivé průběhy všech dvojic proband – virtuální pacient jsou součástí Přílohy B.

## 3.1 Grafické znázornění průběhů vitálních parametrů v čase

Pro každého naměřeného probanda a k němu realizovanou simulaci byly vytvořeny grafy průběhů vitálních parametrů (MAP, HR,  $S_pO_2$ ) v čase. Na základě těchto grafů byly vytvořeny výsledné grafy vitálních parametrů znázorňující průměrné hodnoty vitálních parametrů ze všech 20 naměřených probandů a všech 20 simulovaných virtuálních pacientů.

### 3.1.1. Srdeční frekvence



Obrázek 6: Graf průběhu srdeční frekvence ze všech naměřených probandů a všech vytvořených simulací v čase. Červená křivka znázorňuje průměr naměřených hodnot srdeční frekvence ze všech simulací, modrá křivka znázorňuje průměr naměřených hodnot srdeční frekvence všech změřených probandů

Graf srdeční frekvence je rozdělen 2 svislými čarami na tři oblasti: A, B a C. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a písmeno C značí časový úsek od 15. minuty do konce měření celkové anestezie. V jednotlivých časových oblastech celkové anestezie byla posuzována míra korelace mezi křivkami probanda a virtuálního pacienta. Výsledné hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu pořadové korelace jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 10).

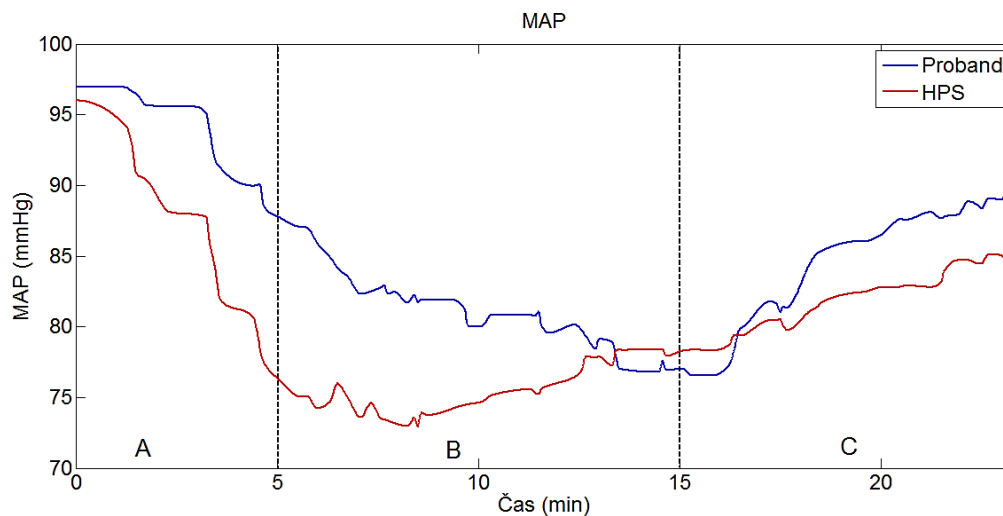
V grafu z obrázku 6 lze pozorovat změny hodnot srdeční frekvence v průběhu indukce a vedení celkové anestezie. V úseku A je patrný mírný nárůst srdeční frekvence z hodnoty 80 tepů za minutu na 86 tepů za minutu u obou vynesných křivek. V časovém úseku B je naopak patrný postupný pokles srdeční frekvence z hodnoty 83 tepů za minutu na 68 tepů za minutu u křivky probanda a postupný pokles srdeční frekvence z 85 tepů za minutu na 72 tepů za minutu u křivky simulátoru HPS.

Tabulka 10: *Míra korelace mezi celkovým průběhem srdeční frekvence všech 20 probandů a všech 20 simulací v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], A-B [0. až 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA] celkové anestezie*

	A	B	A-B	C	D
HR (tep/min)	0.4841*	0.8151*	0.9038*	-0.4302	0.6728*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

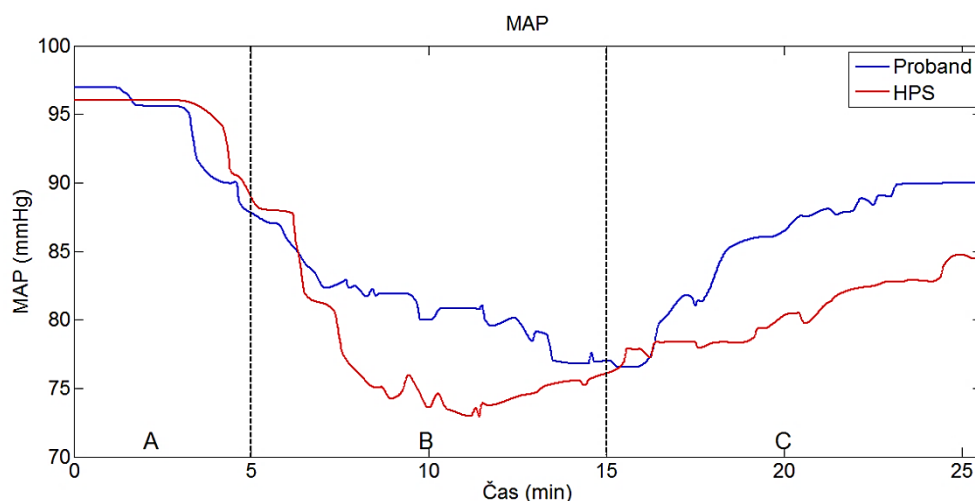
### 3.1.2 Střední arteriální tlak



Obrázek 7: Graf průběhu MAP ze všech naměřených probandů a všech vytvořených simulací v čase. Červená křivka znázorňuje průměr naměřených MAP ze všech simulací, modrá křivka poté znázorňuje průměr naměřených hodnot MAP všech změřených probandů

Graf průběhu středního arteriálního tlaku je rozdělen dvěma svislými čarami na 3 části A, B a C. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a poslední úsek znázorňuje časový úsek C od 15. minuty do konce měření.

V grafu na obrázku 7 lze pozorovat změny hodnot středního arteriálního tlaku během navození a vedení celkové anestezie. V prvním časovém úseku, tedy doby od podání intravenózních farmak po dobu 5 minut, je patrný pokles MAP z hodnoty 97 mmHg na 89 mmHg u křivky probanda a pokles MAP z hodnoty 96 mmHg na 78 mmHg u křivky simulátoru HPS. Ve třetím časovém úseku naopak dochází k nárůstu středního arteriálního tlaku z hodnoty 77 mmHg na 93 mmHg u křivky probanda a nárůst MAP z hodnoty 78 mmHg na 85 mmHg u křivky simulátoru HPS. Dále si lze povšimnout, že simulátor reaguje rychleji poklesem i nárůstem středního arteriálního tlaku, než-li proband. Na základě tohoto zjištění byl průběh středního arteriálního tlaku simulátoru posunut o 3 minuty dopředu a graf průběhu středního arteriálního tlaku probanda prodloužen o 3 minuty poslední hodnotou. Výsledek posunutí grafů středního arteriálního tlaku je znázorněn na níže uvedeném obrázku.



Obrázek 8: Graf průběhu MAP ze všech naměřených probandů a všech vytvořených simulací v čase. Červená křivka znázorňuje průměr naměřených MAP ze simulací posunutý o 3 minuty dopředu v čase, modrá křivka poté znázorňuje průměr naměřených hodnot MAP všech změřených probandů prodloužený o 3 minuty poslední hodnotou

V jednotlivých časových oblastech celkové anestezie pro průběh středního arteriálního tlaku a posunutého středního arteriálního tlaku byla posuzována míra korelace mezi křivkami probanda a virtuálního pacienta. Výsledné hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu pořadové korelace jsou uvedeny v tabulce níže (viz Tabulka 11).

Tabulka 11: Míra korelace celkových průběhů MAP a MAP1 (MAP posunutý o 3 minuty) pro všech 20 probandů a 20 simulací v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], A-B [0. až 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA] celkové anestezie

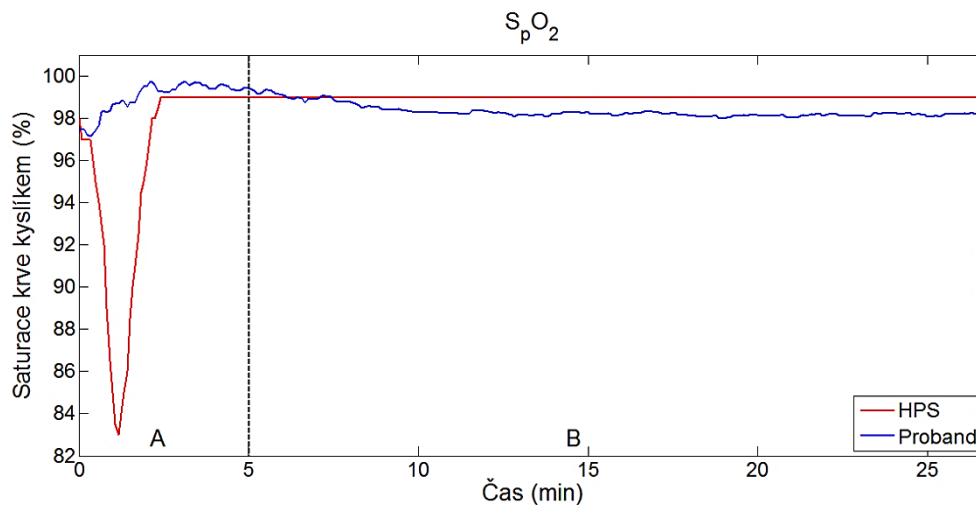
	A	B	A-B	C	D
MAP (mmHg)	0.9974*	-0.6104	0.4948*	0.9808*	0.6483*
MAP1 (mmHg)	0.8916*	0.5954*	0.8750*	0.9736*	0.8913*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

Z tabulky 11 si lze povšimnout vyšších hodnot Spearmanova korelačního koeficientu u posunutého grafu středního arteriálního tlaku v časových úsecích A-B a D.



### 3.1.3 Saturace krve kyslíkem



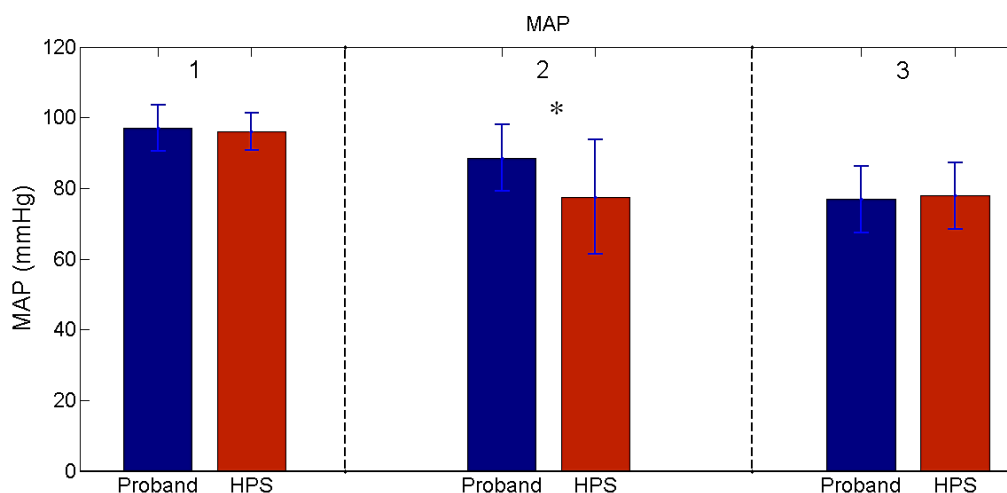
Obrázek 9: Graf průběhu saturace krve kyslíkem ze všech naměřených probandů a všech vytvořených simulací v čase. Červená křivka znázorňuje hodnoty  $S_pO_2$  ze všech simulací, modrá křivka poté znázorňuje hodnoty  $S_pO_2$  všech změřených probandů

Graf saturace krve kyslíkem je rozdělen svislou čarou na dvě části A a B. Oblast A označuje indukci celkové anestezie a oblast B vedení a ukončení celkové anestezie.

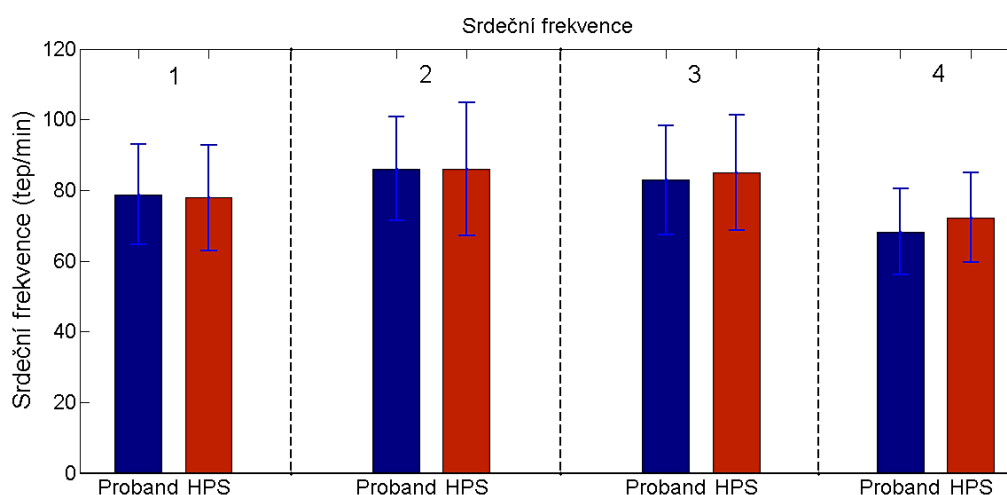
Z grafu na Obrázku 9 je v oblasti A viditelný pokles saturace krve kyslíkem u křivky simulátoru z hodnoty 98 % na 83 % způsobený intubací.

## 3.2 Grafické znázornění změn hodnot vitálních parametrů ve vybraných úsecích celkové anestezie

Na základě vytvořených průběhů vitálních parametrů byly vytvořeny grafy znázorňující rozdíly hodnot vitálních parametrů mezi probandem a simulátorem v počáteční fázi celkové anestezie a následně v době indukce a vedení celkové anestezie. Pro určení statisticky významných změn mezi hodnotami vitálních parametrů probanda a pacienta byly hodnoty středního arteriálního tlaku a srdeční frekvence statisticky analyzovány pro úroveň významnosti  $p < 0,01$  a  $p < 0,05$ .



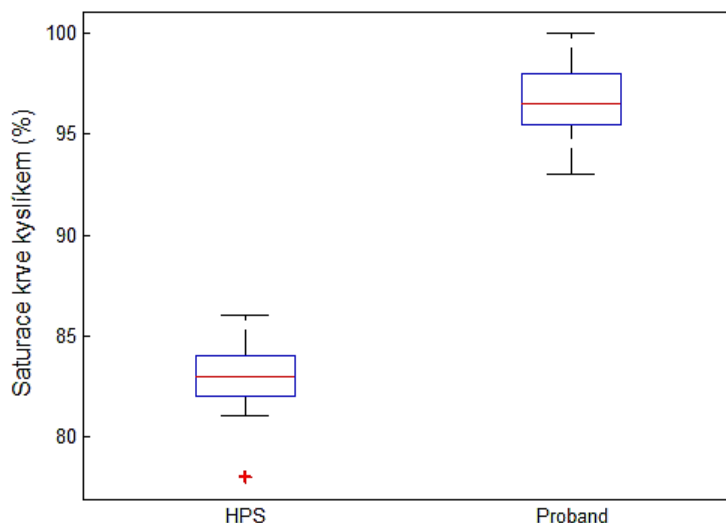
Obrázek 10: Znárodnění průměrných změn středního arteriálního tlaku. Část označená číslicí 1 značí počáteční hodnoty MAP, část 2 hodnoty MAP na konci indukce anestezie a část 3 hodnotu MAP na konci 15 minuty celkové anestezie. Hvězdička značí statisticky významné změny hodnot mezi probandem a simulátor pro  $p < 0,01$



Obrázek 11: Znárodnění průměrných změn srdeční frekvence. Část označená číslicí 1 značí počáteční hodnoty HR, část 2 hodnoty HR při nástupu účinku Propofolu, část tři hodnoty HR na konci indukce anestezie a část 3 hodnotu HR na konci 15 minuty celkové anestezie

Z výše uvedených dvou grafů je patrné, že statisticky významný rozdíl hodnot vitálních parametrů (HR, MAP) mezi probandem a simulátorem byl nalezen pouze na konci indukce CA mezi hodnotami středního arteriálního tlaku pro úroveň významnosti  $p < 0,01$ .

Dále byl vytvořen krabicový graf k znázornění rozdílu mediánů saturace krve kyslíkem mezi probandem a virtuálním pacient v době intubace.



Obrázek 12: Znárodnění nejnižší hodnoty saturace krve kyslíkem u probanda a simulátoru HPS během intubace

Rozdíl mediánů saturace krve kyslíkem mezi probandem a virtuálním pacientem (simulátor) byl vyhodnocen na základě Mann – Whitneyův testu pro úroveň významnosti  $p < 0,05$  jako statisticky významný.

V následující tabulce jsou shrnuty číselné hodnoty změn vitálních parametrů v jednotlivých časových intervalech celkové anestezie.

Tabulka 12: Hodnoty vitálních parametrů ve třech časových intervalech (před indukcí anestezie [Počáteční stav], 5 minut po indukcii anestezie [Konec indukce], 15 minut po zahájení indukce [Vedení anestezie])

	Počáteční stav		Konec indukce		Vedení anestezie	
	Proband	HPS	Proband	HPS	Proband	HPS
<b>MAP</b>	97 ± 6,5	96 ± 5,3	89 ± 9,4	77 ± 16,2	77 ± 9,4	78 ± 9,4
<b>HR</b>	79 ± 14,2	78 ± 14,9	86 ± 15,5	85 ± 16,4	72 ± 12,2	76 ± 12,7
<b>S<sub>p</sub>O<sub>2</sub></b>	97,8 ± 1,5	98 ± 0,5	99 ± 1,3	99 ± 0,4	97 ± 5,9	99 ± 0,4

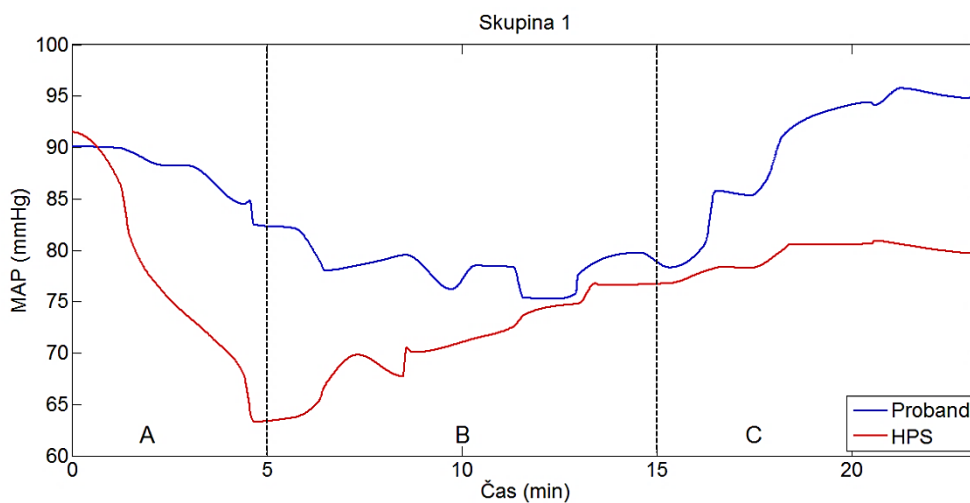
HR=srdeční frekvence, MAP= střední hodnota arteriálního tlaku, S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>= Saturace krve kyslíkem. Hodnoty jsou vyjádřeny průměrem ± SD.

### 3.3 Průběhy vitálních parametrů pro tři skupiny probandů

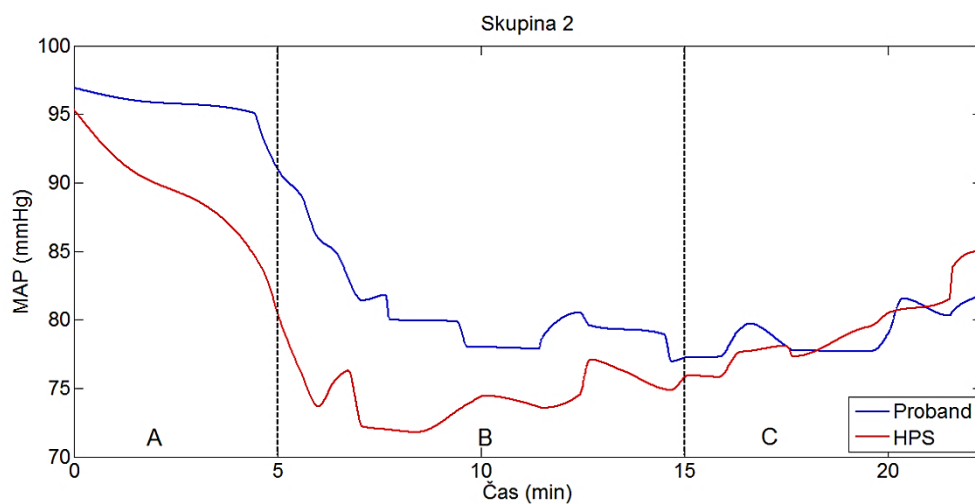
Celková skupina 20 probandů a 20 simulací byla rozdělena do tří skupin dle jejich počátečních hodnot srdeční frekvence a středního arteriálního tlaku (viz Tabulka 13). Pro každou skupinu byl následně vytvořen graf průběhů vitálních parametrů (HR, MAP) v čase. Grafy jsou rozdělené 2 svislými čarami na 3 oblasti. První oblast prezentuje indukci anestezie, druhá vedení anestezie a třetí ukončení celkové anestezie.

Tabulka 13: *Rozdělené skupiny na základě počátečních hodnot srdeční frekvence a středního arteriálního tlaku*

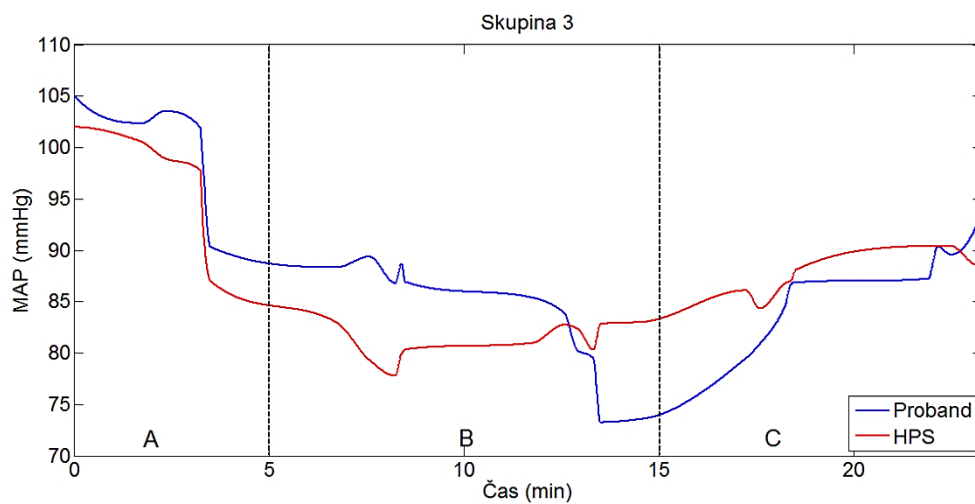
	HR (tep/min)	MAP (mmHg)
Skupina 1	61 - 67	88 - 92
Skupina 2	72 - 76	96 - 100
Skupina 3	88 - 112	103 - 109



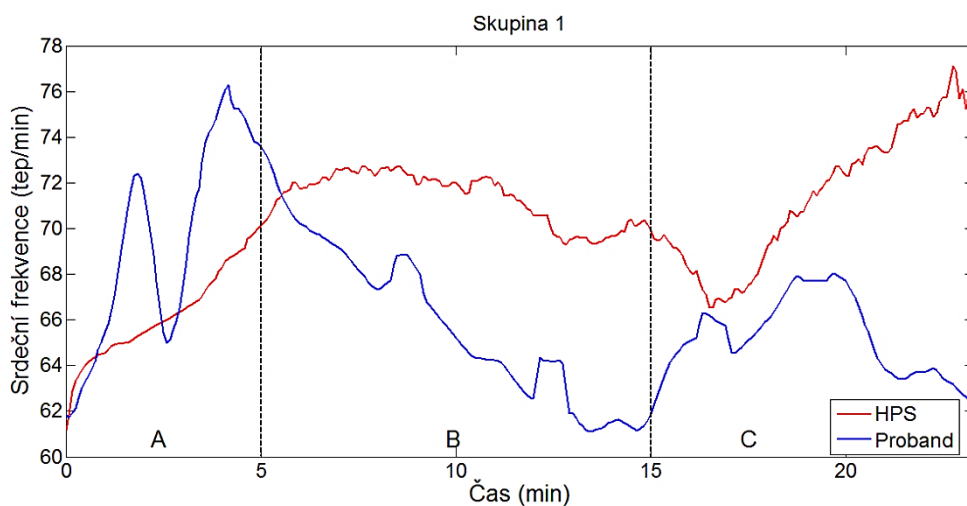
Obrázek 13: *Graf průběhu MAP v čase pro skupinu 1. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a poslední úsek znázorňuje časový úsek C od 15. minuty do konce měření*



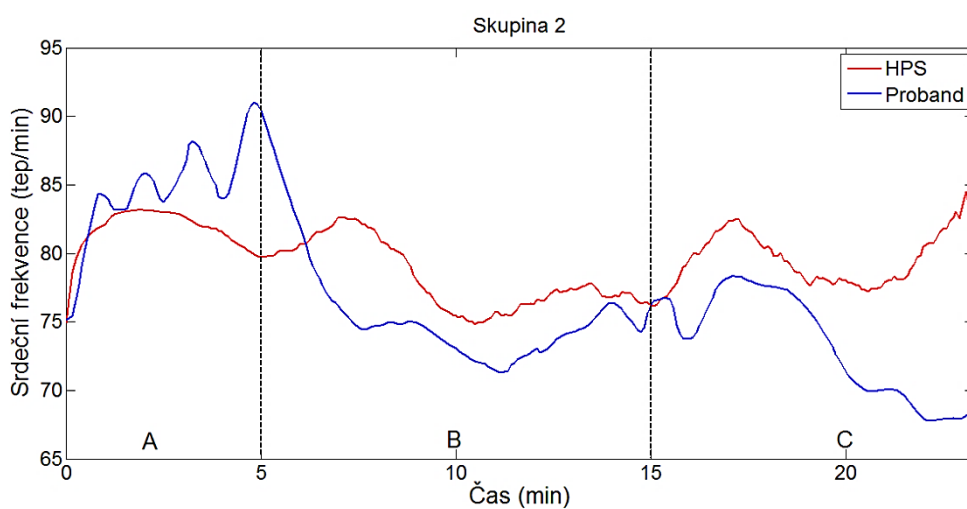
Obrázek 14: Graf průběhu MAP v čase pro skupinu 2. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a poslední úsek znázorňuje časový úsek C od 15. minuty do konce měření



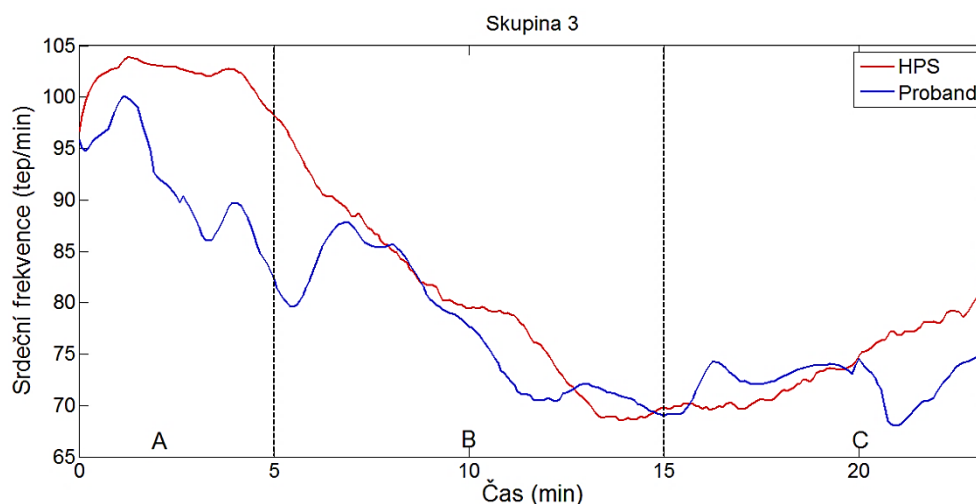
Obrázek 15: Graf průběhu MAP v čase pro skupinu 3. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a poslední úsek znázorňuje časový úsek C od 15. minuty do konce měření



Obrázek 16: Graf průběhu srdeční frekvence v čase pro skupinu 1. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a poslední úsek znázorňuje časový úsek C od 15. minuty do konce měření



Obrázek 17: Graf průběhu srdeční frekvence v čase pro skupinu 2. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a poslední úsek znázorňuje časový úsek C od 15. minuty do konce měření



Obrázek 18: Graf průběhu srdeční frekvence v čase pro skupinu 3. První část A znázorňuje časový interval 5 minut od podání intravenózních farmak. Druhá část B časový úsek mezi 5. a 15. minutou a poslední úsek znázorňuje časový úsek C od 15. minuty do konce měření

Na základě vytvořených grafů průběhu srdeční frekvence a středního arteriálního tlaku pro jednotlivé skupiny byla spočítána míra korelace mezi křivkami probanda a virtuálního pacienta (viz Tabulka 14 a 15)

Tabulka 14: Míra korelace průběhů MAP v konkrétních skupinách mezi probandem a simulátorem v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], A-B [0. až 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA]) celkové anestezie

	A	B	A-B	C	D
Skupina 1	0.9782*	-0.5768	0.2800	0.4247*	0.6632*
Skupina 2	0.9030*	0.0634	0.7175*	0.6058*	0.5945*
Skupina 3	0.9602*	0.1659	0.7542*	0.7427*	0.5203*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

Tabulka 15: Míra korelace průběhů HR v konkrétních skupinách mezi probandem a simulátorem v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], A-B [0. až 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA]) celkové anestezie

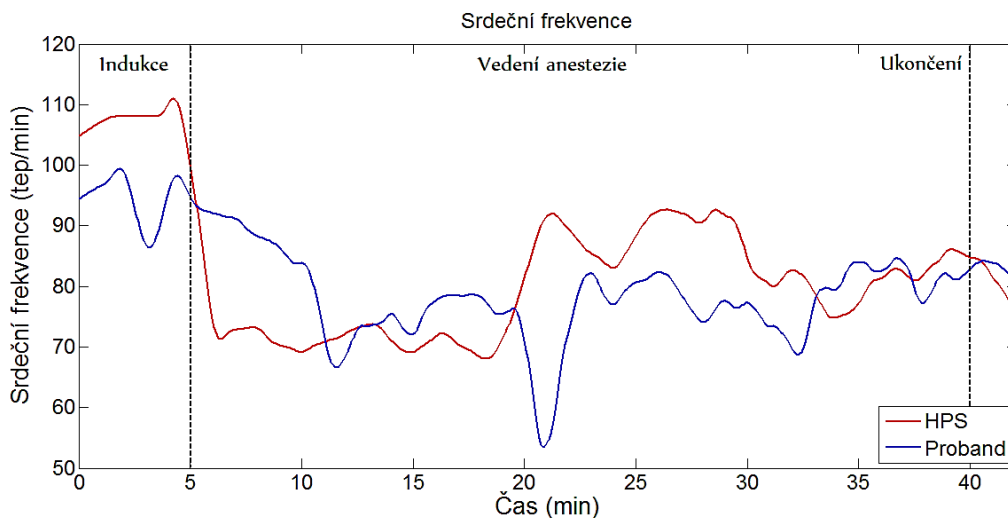
	A	B	A-B	C	D
Skupina 1	0.6511*	0.2777	0.0284	-0.2488	-0.0493
Skupina 2	0.1484	0.4817*	0.5674*	0.0454	0.3757
Skupina 3	0.1479	0.7832*	0.8577*	0.0210	0.7886*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

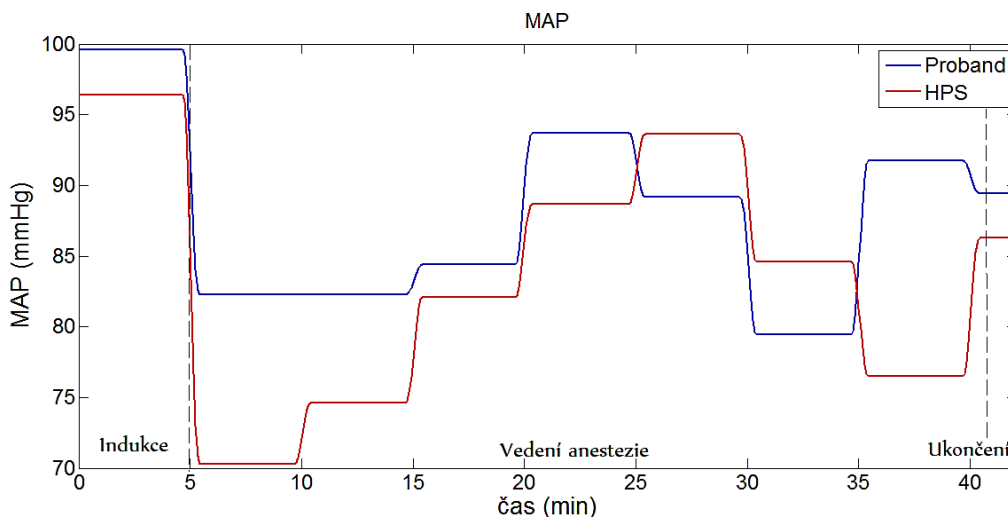
### 3.4 Grafické znázornění průběhu vitálních parametrů v čase pro dvojici proband – virtuální pacient.

Ukázka grafického znázornění měřených vitálních parametrů (srdeční frekvence, krevní tlak a saturace krve kyslíkem) pro konkrétní dvojici proband 13 – simulace 13.

Jednotlivé grafy průběhů vitálních parametrů v čase jsou rozděleny do tří částí: indukce, vedení a ukončení celkové anestezie.

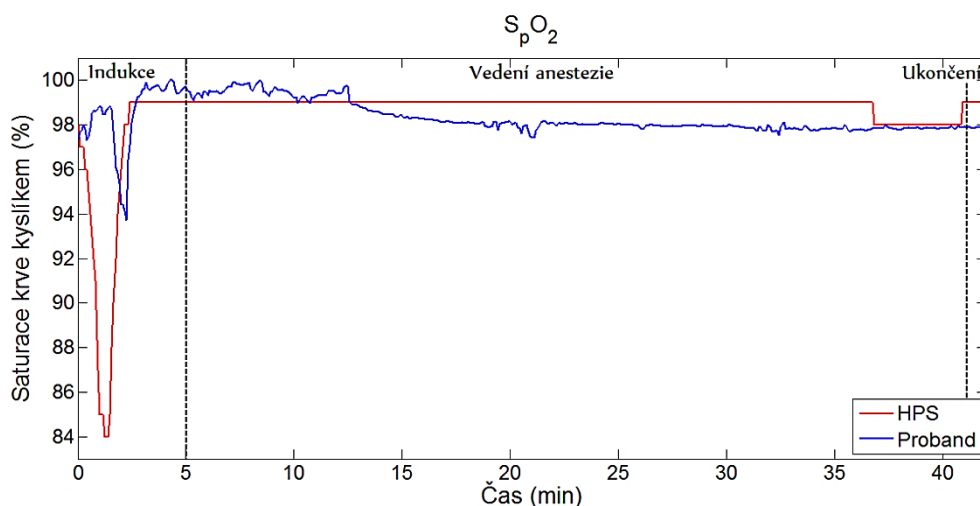


Obrázek 19: Graf průběhu srdeční frekvence v čase



Obrázek 20: Graf průběhu středního arteriálního tlaku v čase





Obrázek 21: Graf průběhu saturace krve kyslíkem v čase

Tabulka 16: Míra korelace mezi jednotlivými vitálními parametry dvojice proband – virtuální pacient v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], A-B [0. až 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA]) celkové anestezie pro simulaci 13

	A	B	A-B	C	D
HR	0.1034	0.1030	0.7105*	-0.0268	0.2288
MAP	1*	1*	-0.4395	0.1501	0.6366*
SpO2	0.6267*	-	0.5593*	0.3136	0.3426

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

## 4 Diskuze

Hlavním výsledkem studie je, že fyziologické odezvy celotělového simulátoru na podaná nitrožilní farmaka a inhalační anestetika odpovídají fyziologickým odezvám reálného probanda. Tato skutečnost je však patrná pouze pro indukci a počátek vedení anestezie. Dalším podstatným zjištěním je, že simulátor HPS má rychlejší odezvu na podaná nitrožilní a inhalační anestetika, než reálný pacient.

Z výsledného grafu průběhu srdeční frekvence získaného ze všech naměřených probandů a všech simulovaných virtuálních pacientů uvedeného na obrázku 6 si lze povšimnout několika odchylek mezi křivkami. Po podání nitrožilního anestetika, myorelaxans a analgetika je patrný mírný nárůst srdeční frekvence u obou křivek. Tento nárůst je pravděpodobně zapříčiněn aplikací Propofolu. Následně po mírném nárůstu srdeční frekvence je viditelný mírný pokles srdeční frekvence u křivky probanda. Mírné snížení srdeční frekvence je patrně způsobeno doznívajícím účinkem Propofolu. U křivky virtuálního pacienta k mírnému poklesu srdeční frekvence nedochází. Odlišná reakce simulátoru může být vysvětlena programovým nastavením, ve kterém není nastavena doba odeznívání účinku Propofolu na 1 minutu, jak je to tomu v reálném případě. Na konci indukce dochází u křivky probandů k opětovnému mírnému nárůstu srdeční frekvence. Nárůst srdeční frekvence může být způsoben stálým působením endogenních katecholaminů. U křivky virtuálního pacienta k tomuto nárůstu nedochází patrně z důvodu stále trvajících účinku Propofolu a z nemožnosti simulace působení endogenních katecholaminů. O neshodnosti průběhu křivek v indukční části vypovídá i nízký korelační koeficient, jehož hodnota 0,4841 se považuje za nízkou závislost.

V průběhu anestezie mezi 5. a 15. minutou je naopak patrný podobný průběh u obou křivek, u kterých dochází k mírnému poklesu srdeční frekvence. Usuzovat o podobném průběhu můžeme z hodnoty korelačního koeficientu 0,8151, který značí střední závislost. Rozdíl mezi křivkami je viditelný zejména v míře poklesu srdeční frekvence, kde u křivky simulátoru dochází k nižšímu poklesu, než-li u křivky probanda. U reálného pacienta mírný pokles srdeční frekvence v průběhu anestezie vypovídá o nástupu účinku inhalačních anestetik, opiátů a odeznění účinku endogenních katecholaminů. Rozdíl v míře poklesu srdeční frekvence může být vysvětlen tím, že u simulátoru lze simulovat pouze podání inhalačních anestetik a opiátů, avšak nelze simulovat snížení srdeční frekvence vlivem

odeznění účinku endogenních katecholaminů ve stejné míře, jako je tomu u reálného pacienta.

V poslední zkoumané části průběhu srdeční frekvence, která označuje konec vedení a začátek ukončení anestezie je znatelný největší rozdíl v průběhu obou křivek. O rozdílu průběhu svědčí i korelační koeficient s hodnotou  $-0.4302$ . Rozdíl průběhu obou křivek je předvídatelný zejména z důvodu začátku laparoskopického zákroku, při kterém dochází k mnoha podnětům ovlivňujících změnu srdeční frekvence popisovaných v podkapitole 1.4.3. U simulátoru HPS sice byly simulovány dostupné podněty ovlivňující změnu hodnot srdeční frekvence, avšak z důvodu zcela nahodilého a nepředvídatelného výskytu těchto podnětů během laparoskopických zákroků, nebyla možná jejich identická reprodukce.

V konkrétních časových úsecích průběhu celkové anestezie, kde byly statisticky posuzovány rozdíly hodnot srdeční frekvence mezi probandem a virtuálních pacientem, nebyla zjištěna statistická významnost rozdílů hodnot pro úroveň významnosti  $p < 0,05$  a  $p < 0,01$ . Z tohoto poznatku lze usuzovat, že i přesto že u virtuálního pacienta nelze docílit identické simulace celkové anestezie při laparoskopických zákrocích, lze docílit shodných reakcí simulátoru na podaná farmaka v úvodu a průběhu celkové anestezie.

Dalším zkoumaným vitálním parametrem byla střední hodnota arteriálního tlaku. Z výsledného grafu průběhu středního arteriálního tlaku na obrázku 7 si lze povšimnout, že po podání farmak pro úvod anestezie dochází k poklesu MAP u obou křivek. O shodném průběhu, lze usuzovat i z hodnoty  $0.9974$  Spearmanova korelačního koeficientu. Dále je z grafu evidentní, že u křivky virtuálního pacienta je tento pokles výraznější, než pokles střednímu arteriálnímu tlaku u probanda. Rozdíl poklesu MAP v 5. minutě celkové anestezie mezi probandem a simulátorem je statisticky významný pro úroveň významnosti  $p < 0,01$ . Snížení krevního tlaku bylo pravděpodobně způsobeno nitrožilním anestetikem Propofol, které u simulátoru HPS způsobuje vyšší pokles, než-li u reálného pacienta.

V době mezi 5. a 15. minutou je u obou křivek patrný mírný pokles MAP, který je znatelnější u křivky virtuálního pacienta. Zatímco u křivky probanda mírný pokles trvá do konce 15. minuty, u křivky virtuálního pacienta mírný pokles trvá pouze do 10. minuty a následně dochází k opětovnému zvyšování hodnot MAP. U reálného pacienta je tento postupný pokles MAP zapříčiněn účinkem inhalačních anestetik a opiátů. Nástup účinku inhalačních anestetik, která způsobují pokles středního arteriálního tlaku, se dle klinické praxe udává mezi 10. a 15. minutou od počátku celkové anestezie.

Na základě výše uvedených poznatků můžeme usuzovat, že simulátor HPS má rychlejší odezvu na podaná nitrožilní a inhalační anestetika, než-li reálný pacient. V tomto úsudku nás utvrzuje i fakt, že po posunutí křivky MAP virtuálního pacienta o 3 minuty dopředu se zvýšila hodnota korelačního koeficientu mezi 0. a 15. minutou z 0,4948 na hodnotu 0,8750.

V poslední pozorované časové oblasti celkové anestezie je patrný mírný nárůst hodnoty MAP. Tento nárůst můžeme přisoudit začátku laparoskopického zákroku, při kterém je pacientům provedeno kapnoperitoneum viz kapitola 1.5, které způsobuje hemodynamické změny popsané v kapitole 1.5.3. Kapnoperitoneum bylo u virtuálního pacienta simulováno dostupnými parametry popsanými v kapitole 2.2. Jelikož u obou křivek dochází k mírnému nárůstu středního arteriálního tlaku, můžeme se domnívat, že simulace kapnoperitonea dostupnými parametry měla vliv na zvýšení hodnoty MAP.

Třetím pozorovaným vitálním parametrem byla saturace krve kyslíkem. Z výsledného grafu na obrázku 9 si lze povšimnout, že k největšímu rozdílu v průběhu křivky probanda a simulátoru dochází v indukční části celkové anestezie. Rozdíl v průbězích způsobuje zejména pokles saturace krve kyslíkem u křivky simulátoru. Místo, ve kterém dochází k poklesu  $S_pO_2$  je doba, ve které byla prováděna intubace probanda/virtuálního pacienta. Rozdíl mezi probandem a simulátorem v míře poklesu  $S_pO_2$  během intubace je znázorněn na obrázku 12 krabicovým grafem a vyhodnocen jako statisticky významný pro úroveň významnosti  $p < 0,05$ . Diference v míře poklesu  $S_pO_2$  během intubace může být pravděpodobně vysvětlena tím, že na rozdíl od virtuálního pacienta byla u probanda v průběhu aplikace nitrožilních farmak provedena preoxygenace kyslíkovou maskou. Preoxygenace má za cíl tzv. „nasaturování“ pacienta, což následně vede k udržení fyziologických hodnot  $S_pO_2$  i během intubace. Snaha o provedení preoxygenace byla i u virtuálního pacienta, avšak z technického důvodu nebyla možná její realizace. Nárůst  $S_pO_2$  u virtuálního pacienta byl zaznamenán, až po intubaci a napojení na anesteziologický přístroj. Dále v průběhu vedení anestezie jsou viditelné mírné odchylky obou průběhů. U křivky virtuálního pacienta je oproti křivce probanda zřejmý konstantní průběh  $S_pO_2$ . Nejednotnost mezi grafy byla patrně způsobena tím, že u probanda během laparoskopického zákroku dochází ke změně polohy, která má vliv na hemodynamické změny, kdežto změna polohy u virtuálního pacienta během simulace neměla vliv na změnu hodnot  $S_pO_2$ .

Následně byly hodnoceny průběhy vitálních parametrů (HR, MAP) ve třech skupinách. Z hodnot korelačních koeficientů uvedených v tabulce 14 a 15 lze usuzovat, že nejlépe

simulovanou skupinou byla skupina 1 s hodnotou 0,6632 korelačního koeficientu pro celkový průběh MAP a skupina 3 s hodnotou 0,7886 korelačního koeficientu pro celkový průběh HR. Dále si lze povšimnout, že oproti celkovému průběhu vitálních parametrů v čase dochází v jednotlivých skupinách k větším odchylkám mezi průběhy vitálních parametrů probanda a virtuálního pacienta. Tento jev může být vysvětlen tím, že v jednotlivých skupinách se více projeví individuální odezvy na podněty z operačních zákroků.

Limitace klinického výzkumu byla způsobena několika faktory. Jedním z nich bylo nemožnost použití pro simulaci celkové anestezie inhalační anestetikum Desfluran, které se v některých případech podávalo probandům v nemocnici. Nemožnost použití Desfluranu byla zapříčiněna jeho absencí v parametrech respiračního bloku v softwaru MŮSE. Protože je v dnešní době inhalační anestetikum Desfluran stále více používáno zejména z důvodu jeho nízké rozpustnosti v krvi, bylo kontaktováno zákaznické centrum HPS s dotazem, zda-li není nějaká možnost simulace Desfluranu či není vytvořen nový software MŮSE, který by zahrnoval toto anestetikum pro simulaci. Jelikož na můj dotaz nepřišla odpověď, bylo usouzeno, že v dnešní době zatím nic takového není a tudíž byli pro simulaci použiti pouze probandi, kterým bylo aplikováno inhalační anestetikum Isofluran nebo Sevofluran.

Další limitací simulace celkové anestezie při laparoskopických zákrocích byla nemožnost simulace všech faktorů ovlivňující změnu hemodynamických parametrů např: simulace reakce pacienta na probíhající zákrok a zároveň v případě simulace faktorů ovlivňující hemodynamické změny viz kapitola 2, nebylo možné provést tyto změny v přesně určených časech, jak tomu bylo při reálných situacích. Tato limitace pravděpodobně způsobila nepřesnost výsledků, což se mohlo dále projevit v nejednotnosti průběhů vitálních parametrů mezi probandem a virtuálním pacientem.

Rozdíly mezi výsledky mohly být také způsobeny tím, že z technických důvodů nebylo možné provést preoxygenaci kyslíkovou maskou, což mělo za následek výraznější pokles  $S_pO_2$  u virtuálního pacienta během intubace, než-li u probanda. Dále byl rozdíl v podání inhalačního anestetika, které bylo u simulátoru podáno prostřednictvím softwaru MŮSE. Tento rozdíl v podání mohl mít za následek částečné ovlivnění výsledků.

Pro další zpracování této problematiky by bylo vhodné zaměřit se pouze na prvních 15 minut průběhu celkové anestezie a přizpůsobit podmínky simulace tak, aby byly co nejvíce omezeny uvedené limitace. Zaměření se na prvních 15 minut uvádím z důvodu, že výsledné hodnoty vitálních parametrů reálného pacienta a simulátoru budou dle mého

názoru méně zatíženy chybou způsobenou reálným a simulovaným laparoskopickým zákrokem. Na základě výsledků průběhů vitálních parametrů v čase, kde jsou patrné rozdíly ve shodnosti průběhů pro jednotlivé skupiny, bych se do budoucna zaměřila pouze na měření a simulaci probandů, kteří měli podobné počáteční hodnoty vitálních parametrů.

## 5 Závěr

Předmětem této diplomové práce bylo porovnání hodnot parametrů životních funkcí patientského simulátoru HPS s údaji od reálných pacientů během navození a vedení celkové anestezie. Na základě provedené klinické studie bylo zjištěno, že celotělový simulátor HPS má shodné fyziologické odezvy na podaná intravenózní farmaka a inhalační anestetika jako reálný pacient při indukci a počátku vedení celkové anestezie. Současně bylo zjištěno, že celotělový simulátor HPS má rychlejší odezvu na podaná nitrožilní a inhalační anestetika, než-li reálný pacient. Na základě statistické analýzy bylo zjištěno, že změny hodnot vitálních parametrů v konkrétních časových úsecích celkové anestezie mezi probandem a virtuálním pacientem se statisticky významně liší pouze u naměřených hodnot středního arteriálního tlaku na konci indukce a u hodnot saturace krve kyslíkem v době intubace.

# Použitá literatura

- [1] KOFRÁNEK J., HOZMAN J. *Pacientské simulátory*. První vydání. Praha: *Creative Connections s.r.o.*, 2013. ISBN 978-80-904326-6-6.
- [2] CUMIN, D., J. M. WELLER, K. HENDERSON a A. F. MERRY. Standards for simulation in anaesthesia: creating confidence in the tools. *British Journal of Anaesthesia* [online]. 2010, 105(1), 45-51 [cit. 2016-04-09]. DOI: 10.1093/bja/aeq095.ISSN00070912. Dostupné z: <http://bj.oxfordjournals.org/lookup/doi/10.1093/bja/aeq095>
- [3] ROSENBERG, M. (2000). Simulation technology in anesthesiology. *Anesthesia Progress*, 47(1), 8– 11.
- [4] CAE Healthcare: *HPS User Guide: (Human Patient Simulator) Software and User Guide*.
- [5] Čadek, O., Grünes, R., Kudrna, P., Matějka, R., Rožánek, M., Suchomel, J.: *Experimentální úlohy v prostředí simulované JIP*, Praha 2012
- [6] HWANG, Yongho, Samsun LAMPOTANG, Nikolaus GRAVENSTEIN, Isaac LURIA a Benjamin LOK. Integrating conversational virtual humans and mannequin patient simulators to present mixed reality clinical training experiences. In: *2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* [online]. 2009 [cit. 2015-07-15]. DOI: 10.1109/ismar.2009.5336466.
- [7] SAHU, Sandeep a Indu LATA. Simulation in resuscitation teaching and training, an evidence based practice review. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*[online]. 2010, 3(4) [cit. 2015-07-15]. DOI: 10.4103/0974-2700.70758.
- [8] CAE HEATHCARE: *HPS USER GUIDE*, 2012.
- [9] MUSACCHIO, Michael J., Adam P. SMITH, Christopher A. MCNEAL, Lorenzo MUNOZ, David M. ROTHENBERG, Kelvin A. von ROENN a Richard W. BYRNE. Neuro-Critical Care Skills Training Using a Human Patient Simulator. *Neurocritical Care* [online]. 2010, 13(2): 169-175 [cit. 2015-07-15]. DOI: 10.1007/s12028-010-9405-7.
- [10] BHAGWAT, Milind. Simulation and anaesthesia. *Indian Journal of Anaesthesia* [online]. 2012, 56(1), 14- [cit. 2016-05-01]. DOI: 10.4103/0019-5049.93338.ISSN00195049.Dostupné z:<http://www.ijaweb.org/text.asp?2012/56/1/14/93338>
- [11] SEGALL, Noa, Melanie C. WRIGHT a Jeffrey M. TAEKMAN. Human patient simulation as a research tool in cognitive engineering. In: *2007 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* [online]. IEEE, 2007, s. 2256-2260 [cit. 2016-05-01]. DOI: 10.1109/ICSMC.2007.4413802. ISBN 978-1-4244-0990-7.Dostupné z:<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4413802>



- [12] WALDROP, William B., David J. MURRAY, John R. BOULET a Joseph F. KRAS. Management of Anesthesia Equipment Failure: A Simulation-Based Resident Skill Assessment. *Anesthesia & Analgesia* [online]. 2009, vol. 109, issue 2, s. 426-433 [cit. 2015-05-30]. DOI: 10.1213/ane.0b013e3181aa3079.
- [13] CHAKRAVARTHY, Bharath, Elizabeth HAAR, Srinidhi BHAT, Christopher MCCOY, T. Kent DENMARK a Shahram LOTFIPOUR. Simulation in Medical School Education: Review for Emergency Medicine. *Western Journal of Emergency Medicine* [online]. 2011, **12**(4): 461-466 [cit. 2015-07-15]. DOI: 10.5811/westjem.2010.10.1909.
- [14] FEHR, James J., John R. BOULET, William B. WALDROP, Rebecca SNIDER, Megan BROCKEL a David J. MURRAY. Simulation-based Assessment of Pediatric Anesthesia Skills. *Anesthesiology* [online]. 2011 [cit. 2015-07-01]. DOI: 10.1097/aln.0b013e318238bcf6.
- [15] PARK, Christine S., Lauryn R. ROCHLEN, Edward YAGHMOUR, Nicole HIGGINS, Jeanette R. BAUCHAT, Kyle G. WOJCIECHOWSKI, John T. SULLIVAN a Robert J. MCCARTHY. Acquisition of Critical Intraoperative Event Management Skills in Novice Anesthesiology Residents by Using High-fidelity Simulation-based Training. *Anesthesiology* [online]. 2010, 112(1): 202-211 [cit. 2015-07-01]. DOI: 10.1097/aln.0b013e3181c62d43.
- [16] DALLEY, Paul, Brian ROBINSON, Jennifer WELLER a Catherine CALDWELL. The Use of High-Fidelity Human Patient Simulation and the Introduction of New Anesthesia Delivery Systems. *Anesthesia & Analgesia*[online]. 2004, s. 1737-1741 [cit. 2015-05-30]. DOI: 10.1213/01.ane.0000136804.46675.ea.
- [17] MURRAY, W. Bosseau, Michael L. GOOD, Joachim S. GRAVENSTEIN, Johannes H. VAN OOSTROM a W. Glover BRASFIELD. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* [online]. **17**(5),293-300 [cit. 2016-05-07]. DOI: 10.1023/A:1021294002356.ISSN13871307.Dostupnéz:<http://link.springer.com/1.1023/A:1021294002356>
- [18] CHANG, Chul-Ho. Medical simulation is needed in anesthesia training to achieve patient's safety. *Korean Journal of Anesthesiology* [online]. 2013, **64**(3) [cit. 2015-07-15]. DOI: 10.4097/kjae.2013.64.3.204.
- [19] Howard A. SCHWID. Anesthesia simulators: technology and applications. *Israel Medical Association Journal*. 2000, , 949–953.
- [20] Málek J., Dvořák A. a kol.: *Základy anesteziologie*, Praha 2009
- [21] SLÍVA, Jiří a Martin VOTAVA. *Farmakologie*. 1. vyd. Praha: Triton, 2011, 394 s. Lékařské repetitorium, sv. 6. ISBN 978-807-3875-008.
- [22] PACHL, Jan a Karel ROUBÍK. *Základy anesteziologie a resuscitační péče dospělých i dětí*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 374 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0479-5.

- [23] MÁLEK, Jiří. *Praktická anesteziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 188 s. ISBN 978-802-4736-426.
- [24] MUDR.VRABCOVÁ, Martina. Celková anestezie. In: *Celková anestezie* [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z:<http://www.lf2.cuni.cz/Projekty/mua/241.htm>
- [25] HOLUB, Zdeněk a David KUŽEL. *Minimálně invazivní operace v gynekologii*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0834-5.
- [26] MEININGER, Dirk, Klaus WESTPHAL, Dorothee H. BREMERICH, Heiner RUNKEL, Michael PROBST, Bernhard ZWISSLER a Christian BYHAHN. Effects of Posture and Prolonged Pneumoperitoneum on Hemodynamic Parameters during Laparoscopy. *World Journal of Surgery* [online]. 2008, **32**(7), 1400-1405 [cit. 2016-04-28]. DOI: 10.1007/s00268-007-9424-5. ISSN 0364-2313. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00268-007-9424-5>
- [27] JOSHI, Girish P. Anesthesia for laparoscopic surgery. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie* [online]. 2002, **49**(S1), R45-R49 [cit. 2016-04-28]. DOI: 10.1007/BF03018135. ISSN 0832-610x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF03018135>
- [28] Hodgson, C., McClelland, M., A. , Newton, J. R. : Some effects of the peritoneal insufflation of carbon dioxide at laparoscopy. *Anaesthesia*, 1970, **25**, s. 382-390.
- [29] GRABOWSKI, Julia E. a Mark A. TALAMINI. Physiological Effects of Pneumoperitoneum. *Journal of Gastrointestinal Surgery* [online]. 2009, **13**(5), 1009-1016 [cit. 2016-04-09]. DOI: 10.1007/s11605-008-0662-0. ISSN 1091-255x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11605-008-0662-0>
- [30] SATO, N., M. KAWAMOTO, O. YUGE, H. SUYAMA, M. SANUKI, C. MATSUMOTO a K. INOUE. Effects of pneumoperitoneum on cardiac autonomic nervous activity evaluated by heart rate variability analysis during sevoflurane, isoflurane, or propofol anesthesia. *Surgical Endoscopy* [online]. 2000, **14**(4), 362-366 [cit. 2016-04-09]. DOI: 10.1007/s004640000155. ISSN 0930-2794. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s004640000155>
- [31] NAKAYAMA, Masayasu, Noriaki KANAYA, Mitsutaka EDANAGA a Akiyoshi NAMIKI. Hemodynamic and bispectral index responses to tracheal intubation during isoflurane or sevoflurane anesthesia. *Journal of Anesthesia* [online]. 2003-11-1, **17**(4), 223-226 [cit. 2016-04-28]. DOI: 10.1007/s00540-003-0186-4. ISSN 0913-8668. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00540-003-0186-4>
- [32] HAYAKAWA-FUJII, Yoko, Motoshi TAKADA, Shuichiro OHTA a Shuji DOHI. Hemodynamic stability during induction of anesthesia and tracheal intubation with propofol plus fentanyl, ketamine, and fentanyl-ketamine. *Journal of Anesthesia* [online]. 2001-11-1, **15**(4), 191-196 [cit. 2016-04-28]. DOI: 10.1007/s005400170001. ISSN 09138668. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s005400170001>

- [33] WILMOT, G., N. BHIMSAN, D. A. ROCKE a W. B. MURRAY. Intubating conditions and haemodynamic changes following thiopentone or propofol for early tracheal intubation. *Canadian Journal of Anaesthesia* [online]. 1993, **40**(3), 201-205 [cit. 2016-04-28]. DOI: 10.1007/BF03037030. ISSN 0832-610x. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF03037030>
- [34] CASTOR, G., I. NIEDERMARK, J. HELMS a J. MOTSCH. Haemodynamic Effects of Thiopentone, Midazolam, Etomidate and Propofol During Induction of Anaesthesia. *Drug Investigation* [online]. 1991, **3**(3), 188-194 [cit. 2016-04-28]. DOI:10.1007/BF03259563. ISSN01142402. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF03259563>
- [35] Datex-Ohmeda S/5 Collect. *Návod k použití softwaru Datex-Ohmeda S/5 Collect.* vydání, březen 2003
- [36] Aespire 7900. *Návod k použití přístroje Datex-Ohmeda Aespire 7900*, únor 2005.
- [37] Dräger Medical AG & Co.KG. *Návod k použití přístroje Zeus SW 4.n.* 1 vydání, březen 2008

## **Příloha A – Obsah CD**

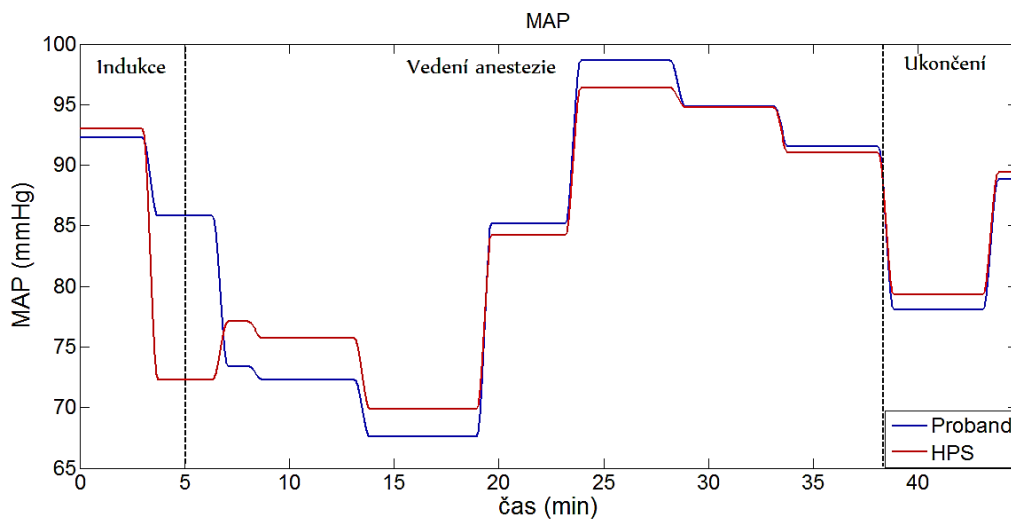
- Diplomová práce.pdf
- Zadani\_ diplomove\_prace.pdf
- Název\_ diplomove\_prace.pdf
- Title of thesis.pdf
- Abstrakt\_CZ.pdf
- Abstract\_EN.pdf
- Klicova\_ slova.pdf
- Key\_words.pdf
- Plus dokumentace
  - Soubor všech scénářů celkové anestezie
  - Složky všech probandů obsahující jednotlivé záznamy vitální parametrů
  - Složky všech virtuálních pacientů obsahující jednotlivé záznamy vitálních parametrů
  - Ukázka záznamu o anestezii

## **Příloha B**

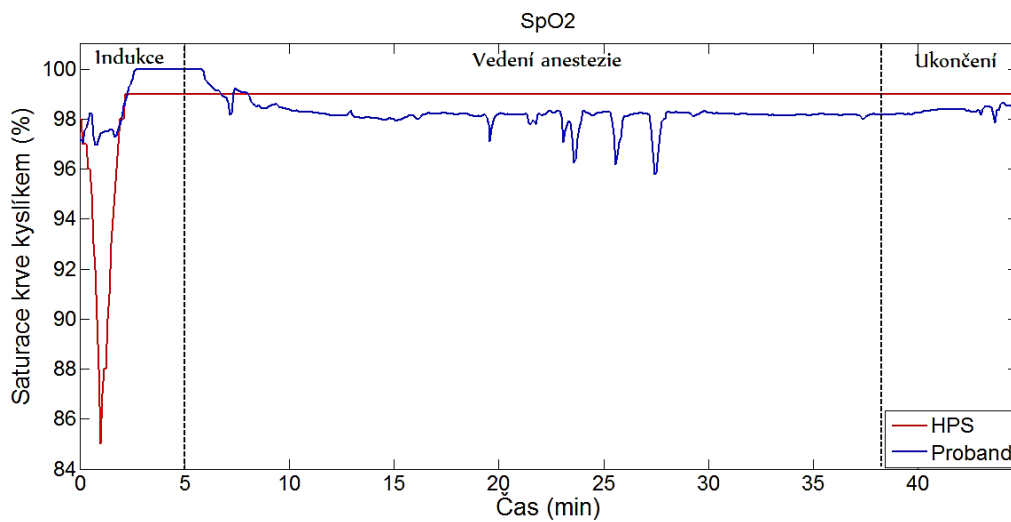
- Příloha č.1... Průběhy vitálních parametrů v čase a vypočítané korelační koeficienty pro všechny dvojice proband – virtuální pacient
- Příloha č. 2... Protokol měření

Příloha č. 1: Průběhy vitálních parametrů v čase a vypočítané  
korelační koeficienty pro všechny dvojice  
proband – virtuální pacient

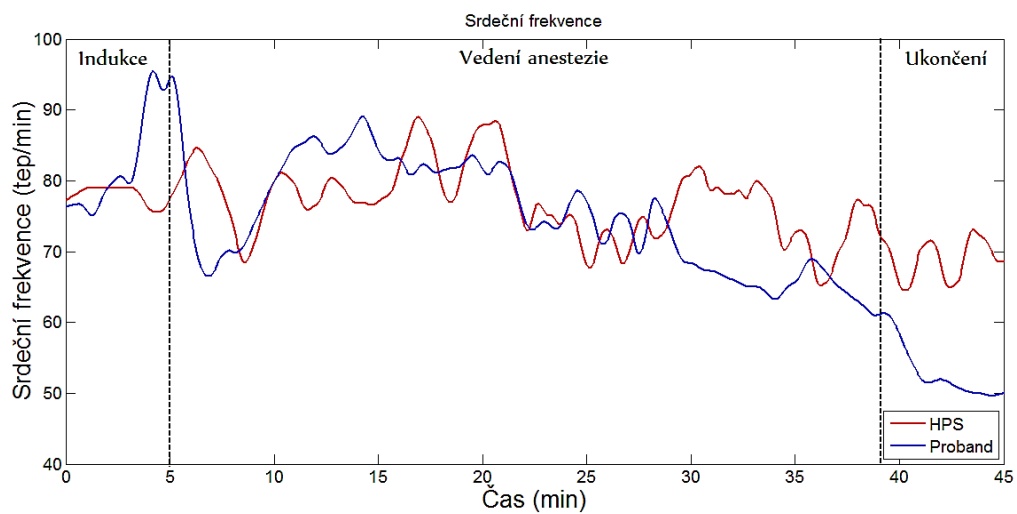
## Simulace 1 – Proband 1



Obrázek B-1: Grafické znázornění průběhu středního arteriálního tlaku pro simulaci 1



Obrázek B-2: Grafické znázornění průběhu středního arteriálního tlaku pro simulaci 1



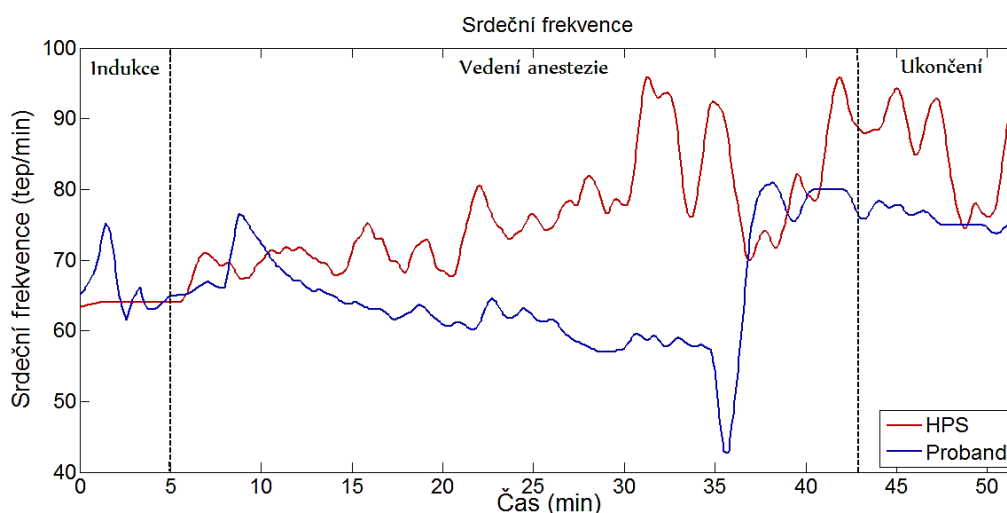
Obrázek B-3: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase, simulace 1

Tabulka 1: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS1 – Proband1.

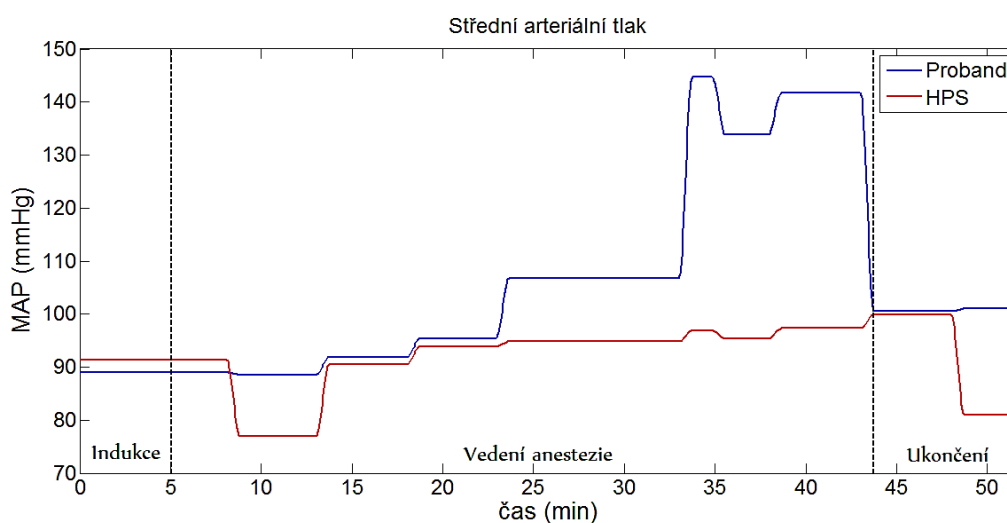
	A	B	C	D	E
HR	-0.2039	-0.0532	0.2528	0.2268	0.1648
BP	1	0.3153	1	0.9310*	0.6489*
SpO2	0.8714*	-	-	0.2920	0.3425

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

## Simulace 2 – Proband 2

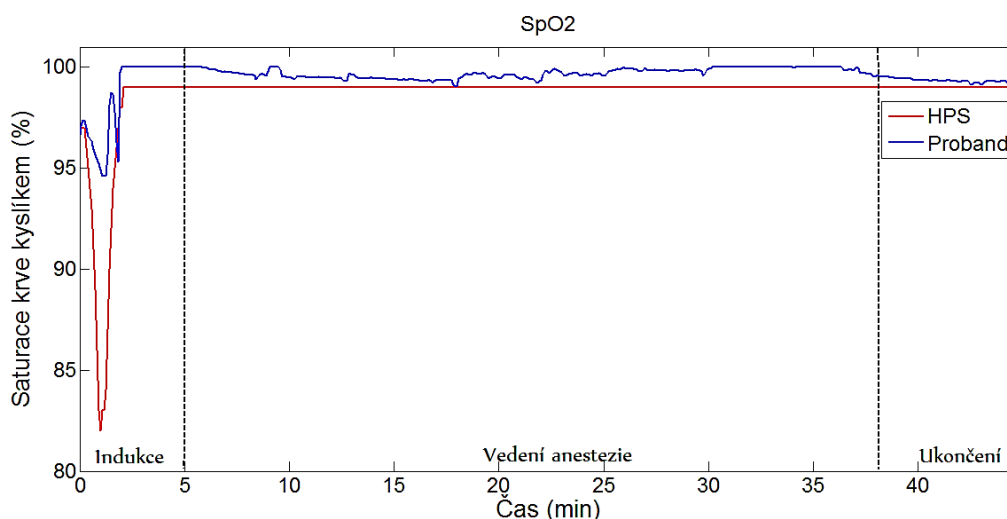


Obrázek B-4: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 2



Obrázek B-5: Grafické znázornění průběhu MAP v čase, simulace 2





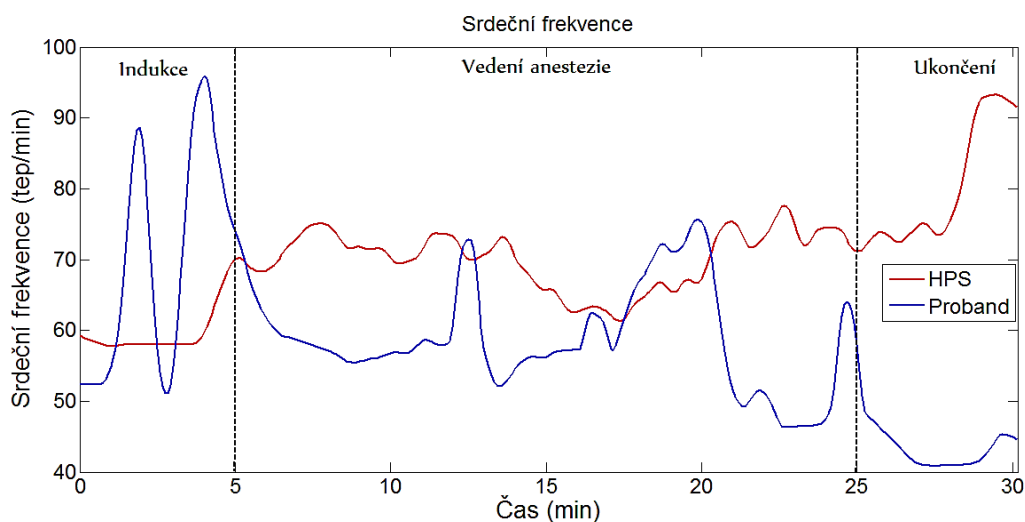
Obrázek B-6: Grafické znázornění průběhu  $S_pO_2$ , simulace 2

Tabulka 2: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS2 – Proband2.

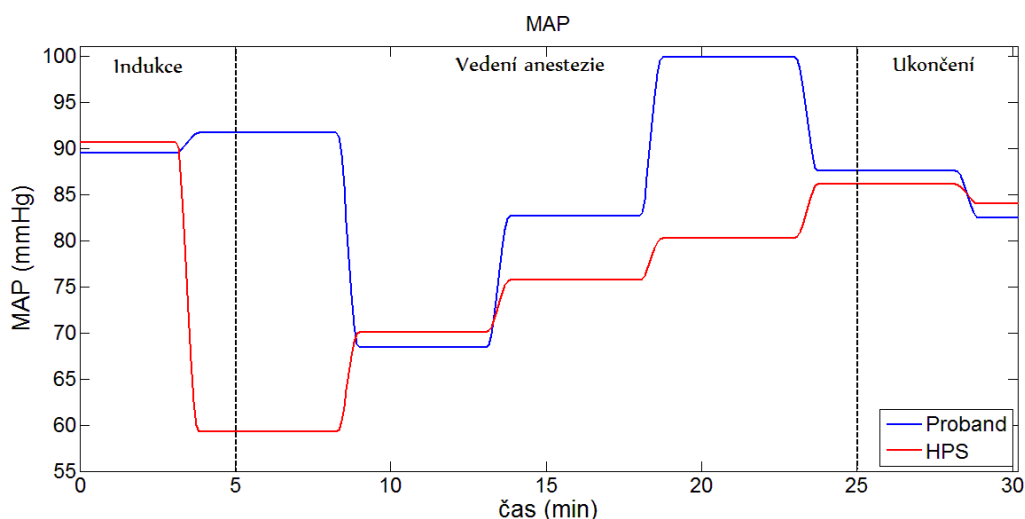
	A	B	C	D	E
HR	-0.0511	0.1192	0.1125	0.0749	-0.0713
BP	-	0.7894*	0.4786*	0.7042*	0.4890*
SpO2	0.9609*	-	-	0.3083	0.5586*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

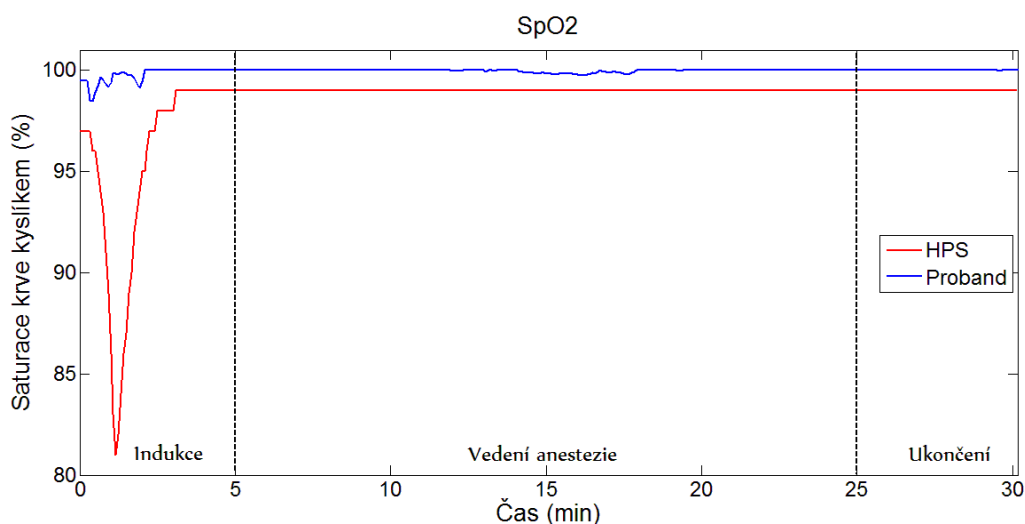
### Simulace 3 – Proband 3



Obrázek B-7: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase, simulace 3



Obrázek B-8: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 3



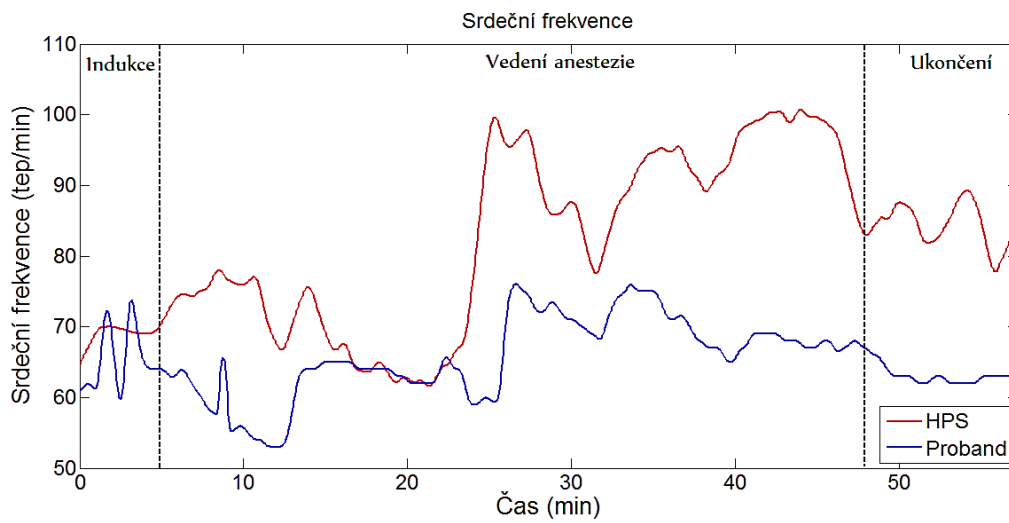
Obrázek B-9: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 3

Tabulka 3: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS3 – Proband3.

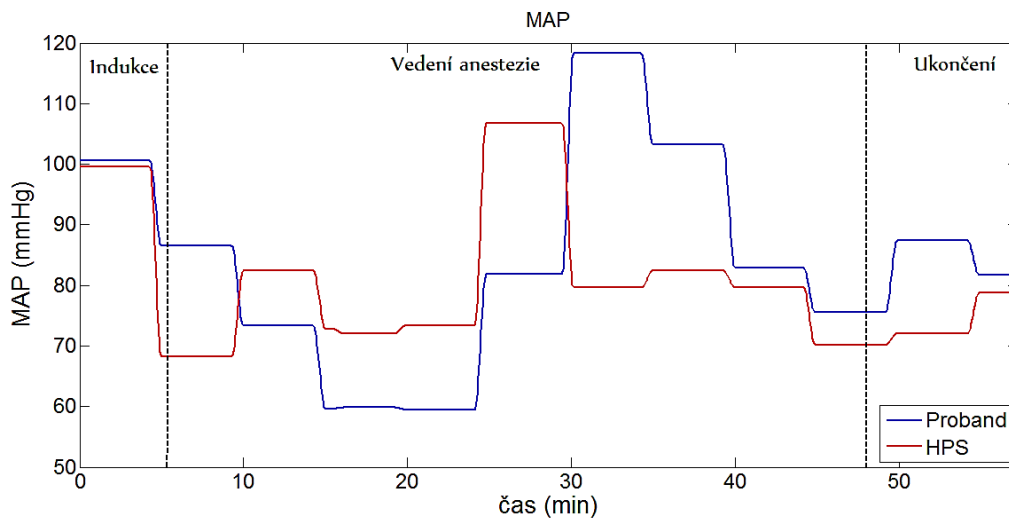
	A	B	C	D	E
HR	0.1596	-0.1021	-0.4442*	-0.3131	-0.1052
BP	-1*	-0.6570*	-0.0011	0.0687	0.4504*
SpO2	0.7355*	-	-	0.4557*	0.5814*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

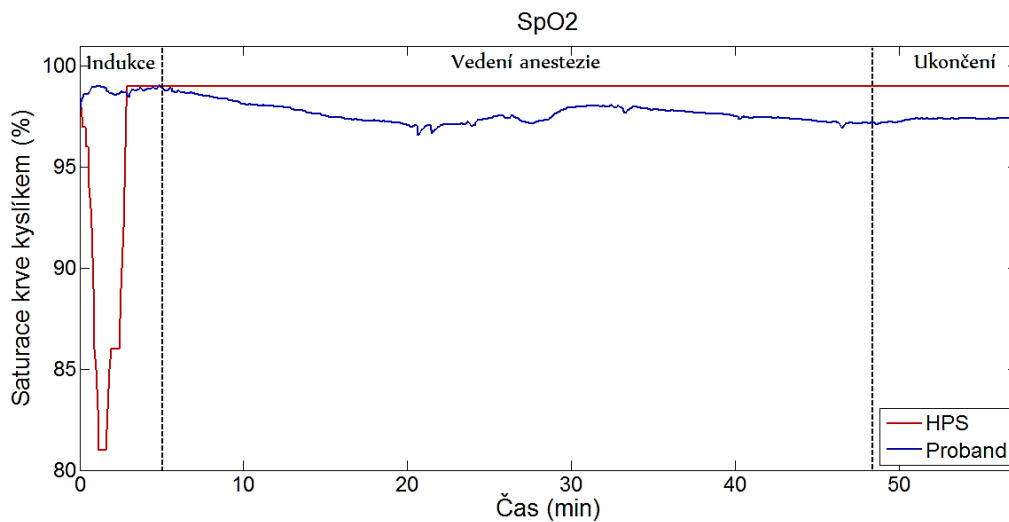
## Simulace 4 – Proband 4



Obrázek B-10: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 4



Obrázek B-11: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 4



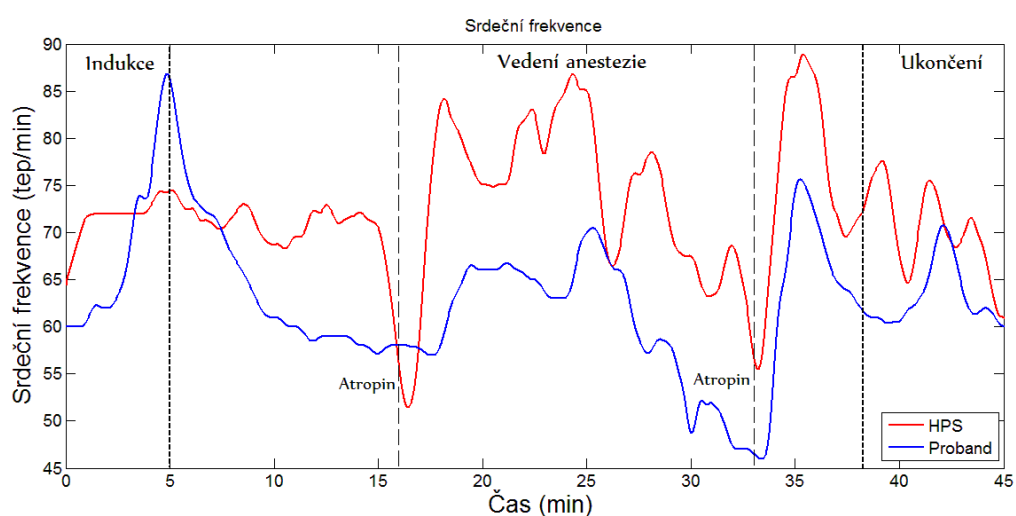
Obrázek B-12: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 4

Tabulka 4: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS4 – Proband4.

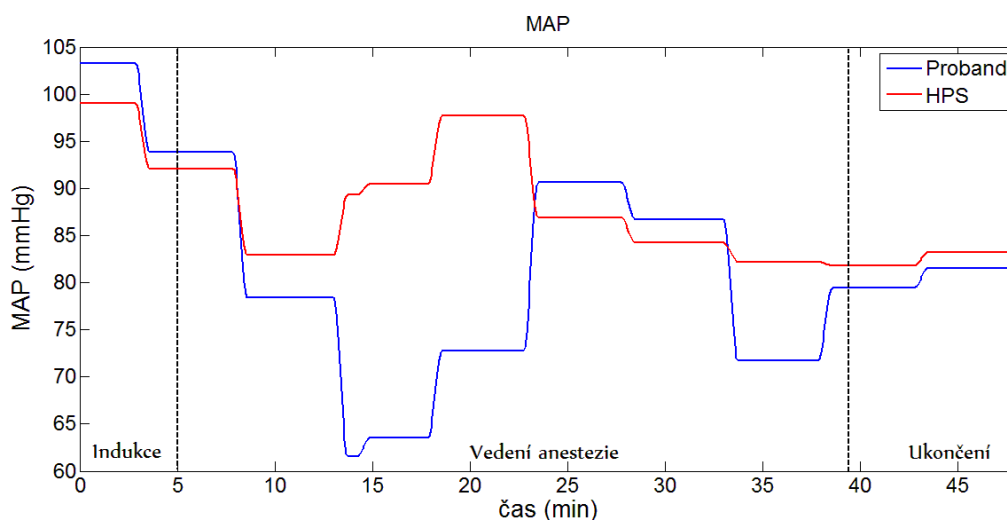
	A	B	C	D	E
HR	-0.1964	0.0987	0.3529	0.3797	0.1303
BP	1*	-0.9152*	0.5081*	0.2638	0.5226*
SpO2	-0.0491	-	-	-0.3379	-0.3739

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

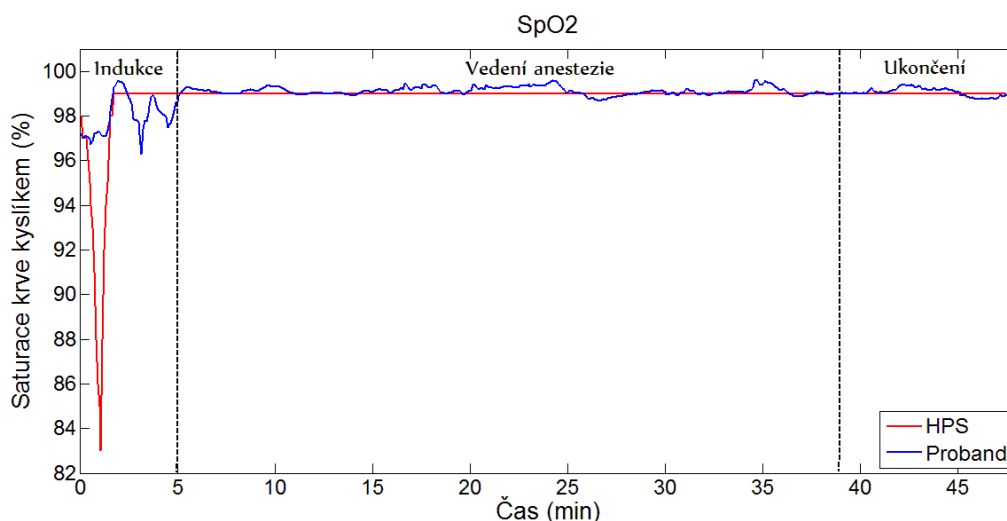
### Simulace 5 – Proband 5



Obrázek B-13: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 5



Obrázek B-14: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 5



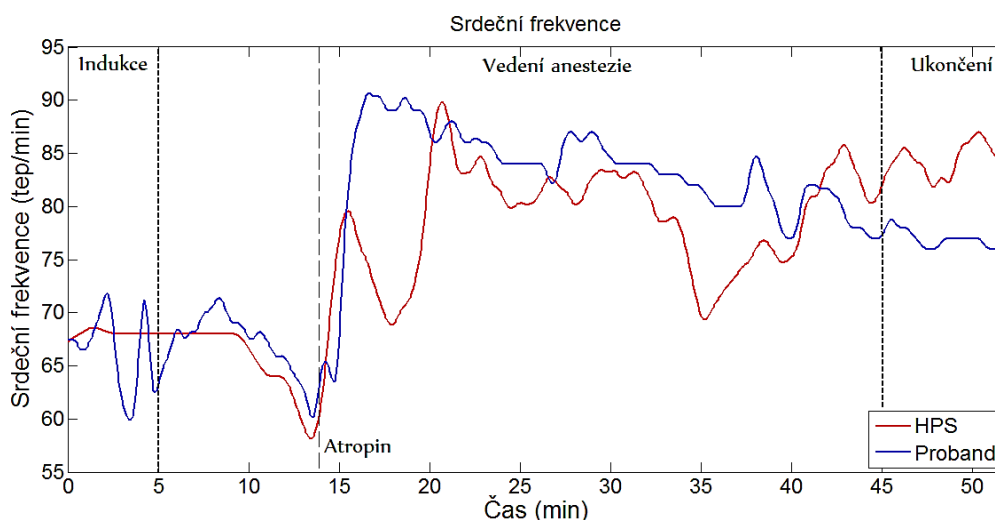
Obrázek B-15: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 5

Tabulka 5: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS5 – Proband5.

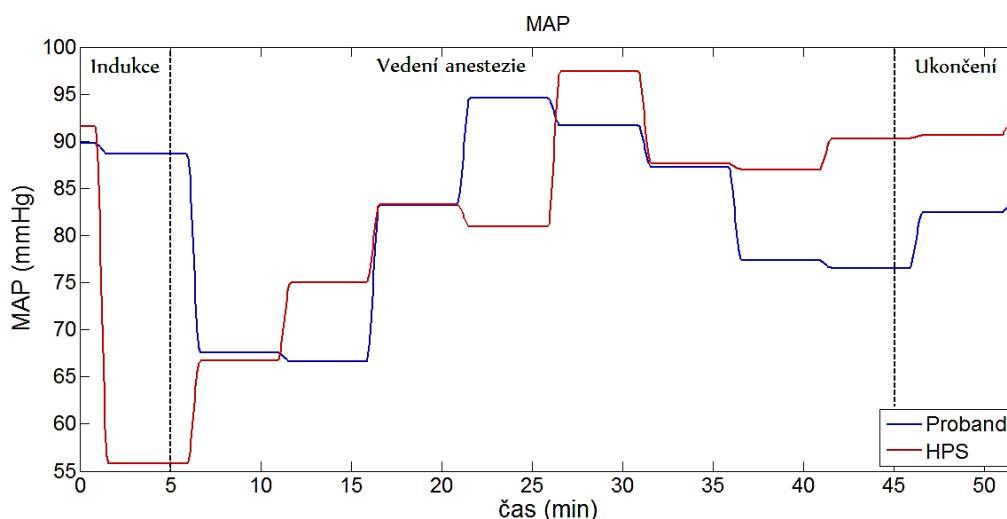
	A	B	C	D	E
HR	0.6661*	0.0803	0.3481	0.2941	0.2995
BP	1*	0.5852*	0.0113	0.3209	-0.4107
SpO2	0.6888*	-	-	0.3279	0.5409*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

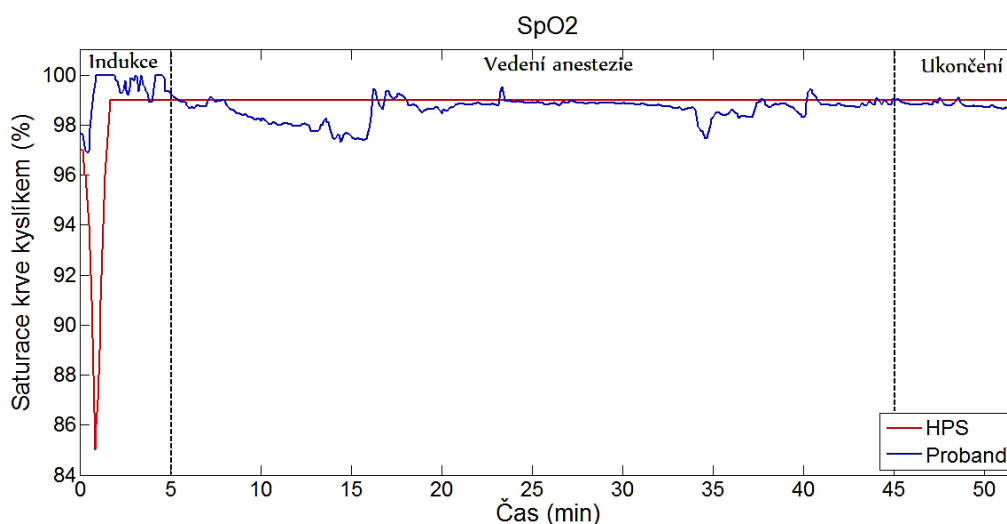
### Simulace 6 – Proband 6



Obrázek B-16: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 6



Obrázek B-17: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 6



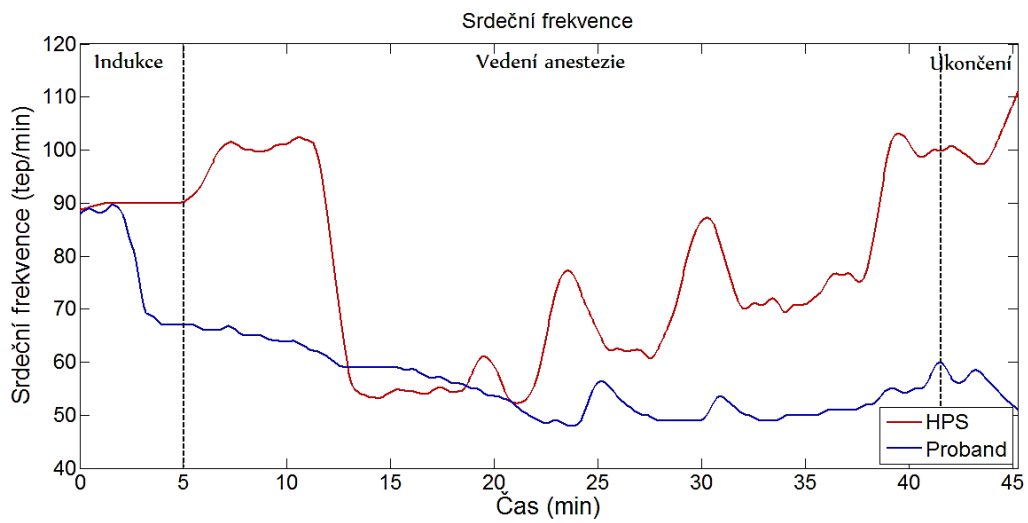
Obrázek B-18: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 6

Tabulka 6: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS6 – Proband6.

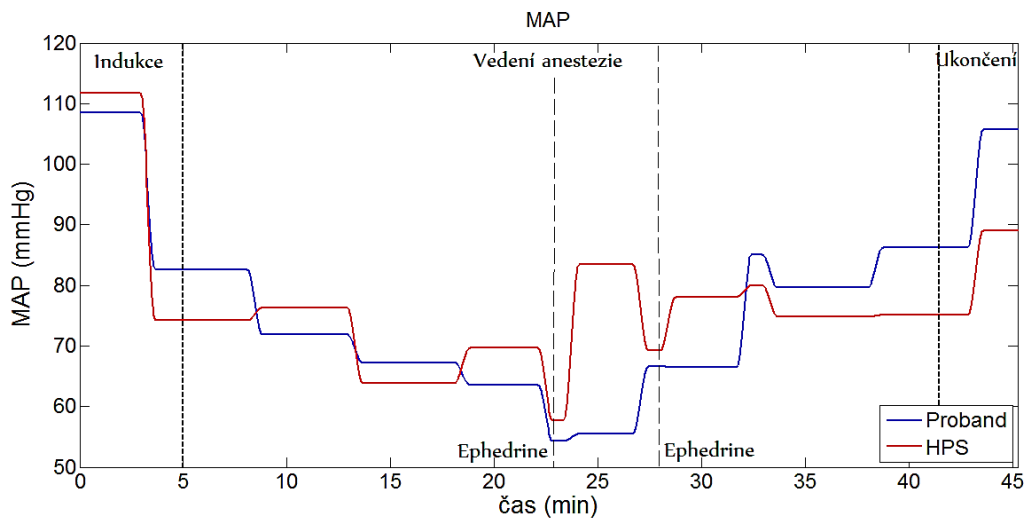
	A	B	C	D	E
HR	0.0736	0.4953*	-0.1393	0.4734*	0.3636
BP	1*	-1	0.0461	0.2342	0.8652*
SpO2	0.1094	-	-	-0.0246	-0.0505

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

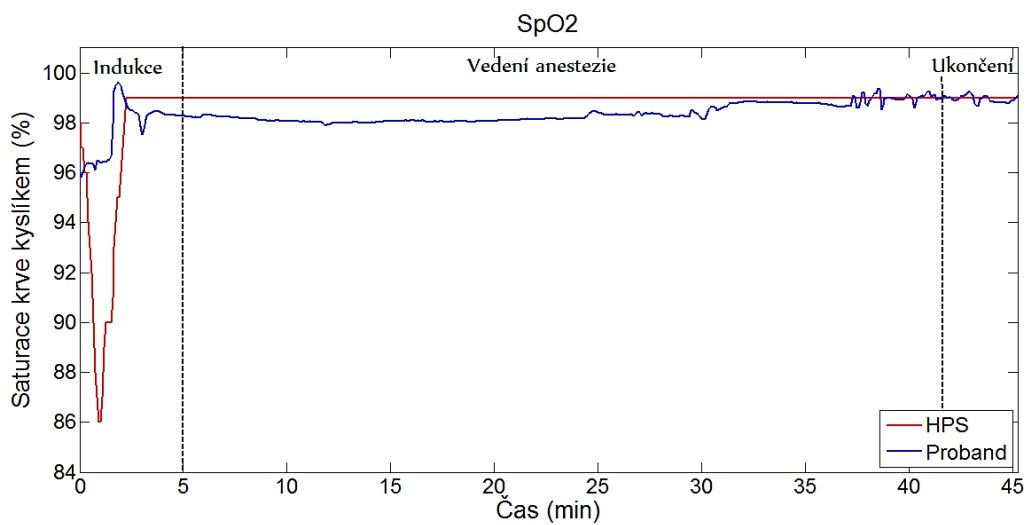
## Simulace 7 – Proband 7



Obrázek B-19: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 7



Obrázek B-20: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 7



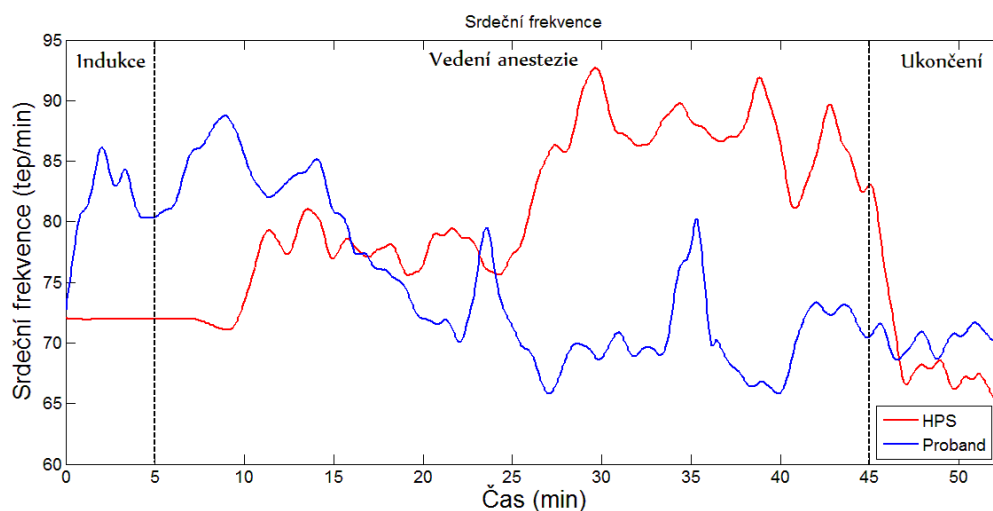
Obrázek B-21: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 7

Tabulka 7: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS7 – Proband7.

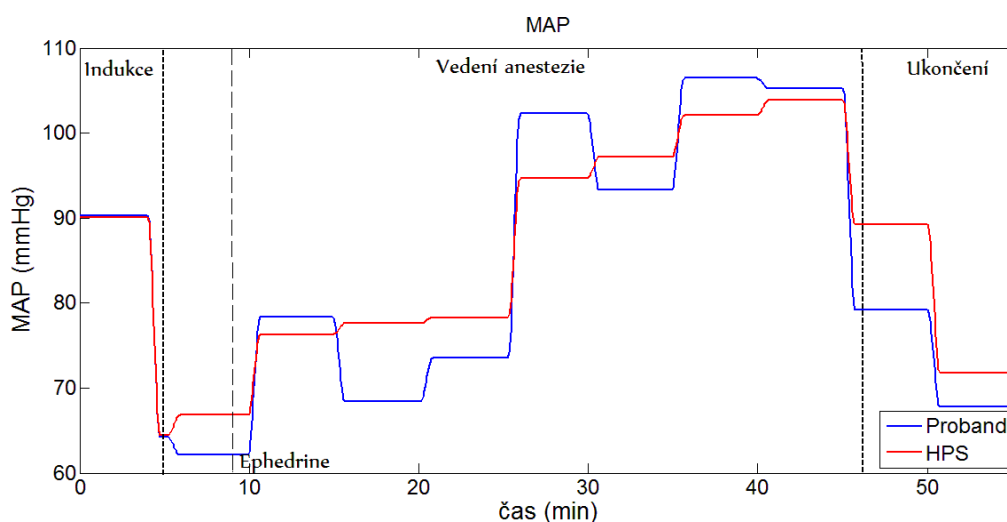
	A	B	C	D	E
HR	-0.2923	0.5071*	0.0337	0.3319	-0.0689
BP	1*	0.0211	0.3257	0.4174*	1*
SpO2	0.4629*	-	-	0.1979	0.3282

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

## Simulace 8 – Proband 8

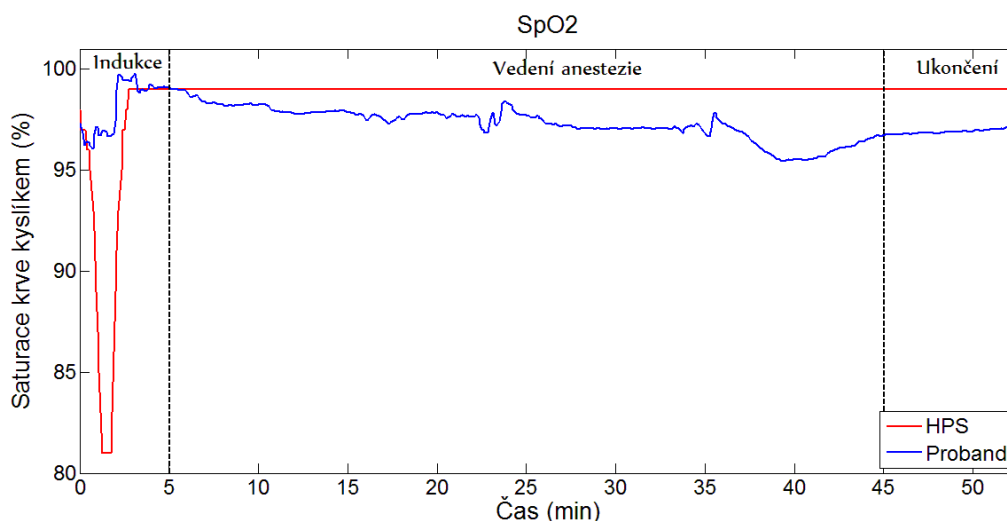


Obrázek B-22: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 8



Obrázek B-23: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 8





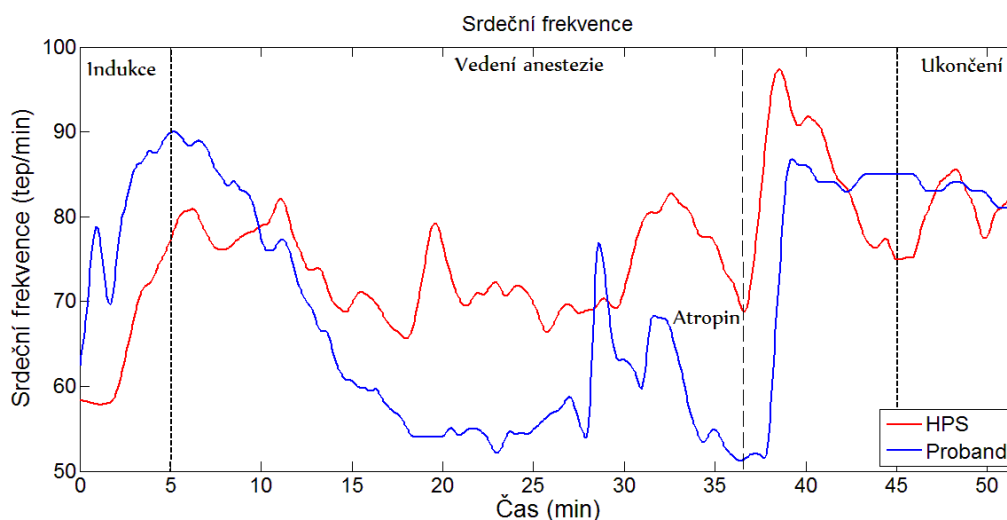
Obrázek B-24: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 8

Tabulka 8: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS8 – Proband8.

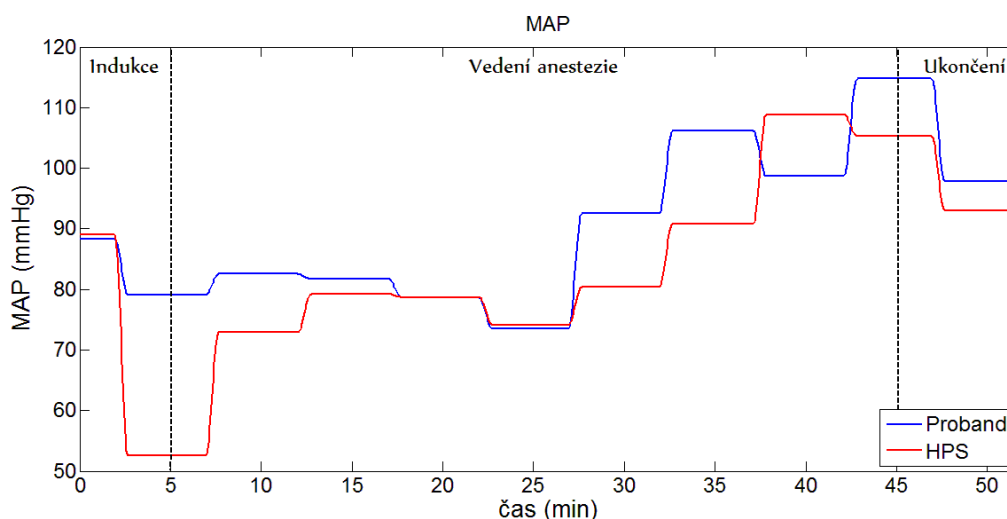
	A	B	C	D	E
HR	-0.0612	-0.3469	-0.1019	-0.2163	-0.2635
BP	1	0.8906*	0.9521*	0.9536*	0.7345*
SpO2	0.5983*	-	-	0.0644	0.3947

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

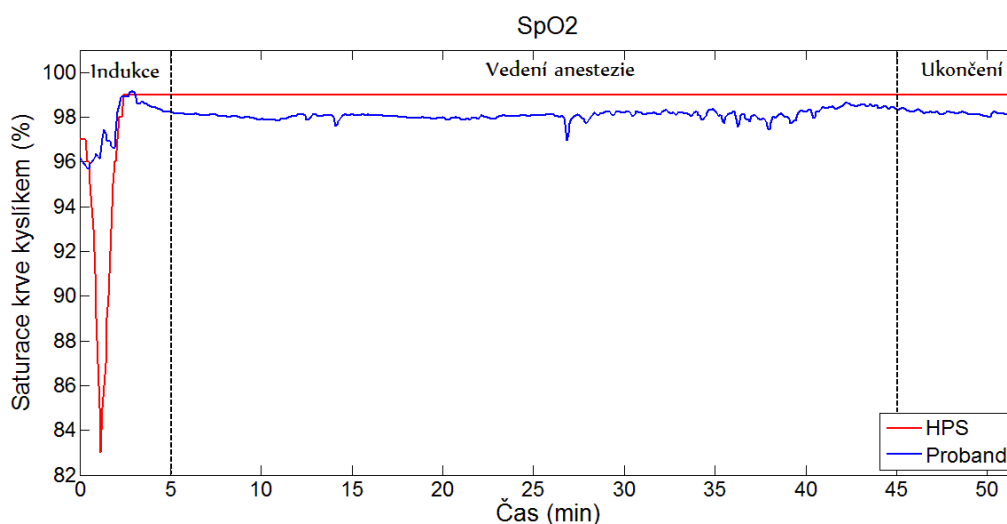
### Simulace 9 – Proband 9



Obrázek B-25: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 9



Obrázek B-26: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 9



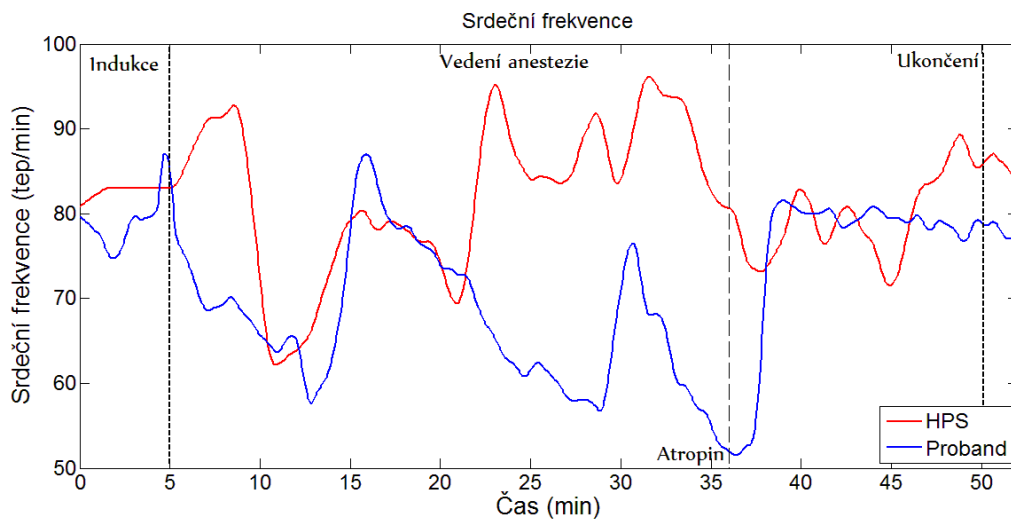
Obrázek B-27: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 9

Tabulka 9: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS9 – Proband9.

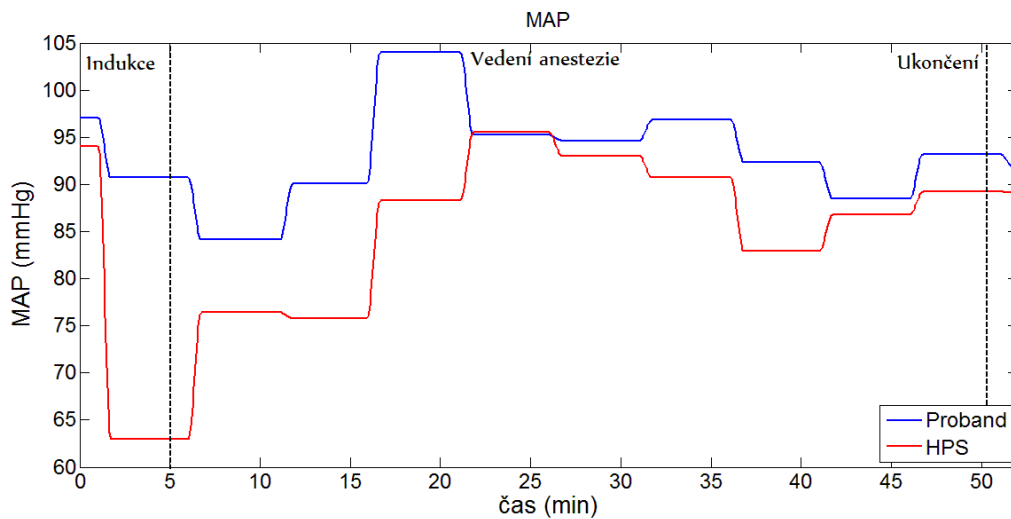
	A	B	C	D	E
HR	0.8300*	0.3737	0.2977	0.2418	0.2071
BP	1	0.2689	0.8506*	0.8265*	0.1392
SpO2	0.7400*	-	-	0.2825	0.5075*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

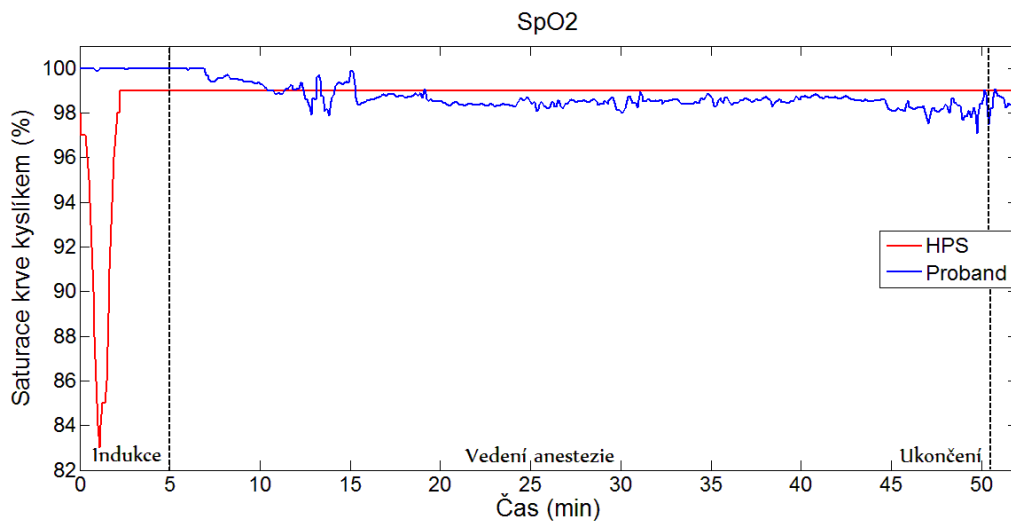
## Simulace 10 – Proband 10



Obrázek B-28: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 10



Obrázek B-29: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 10



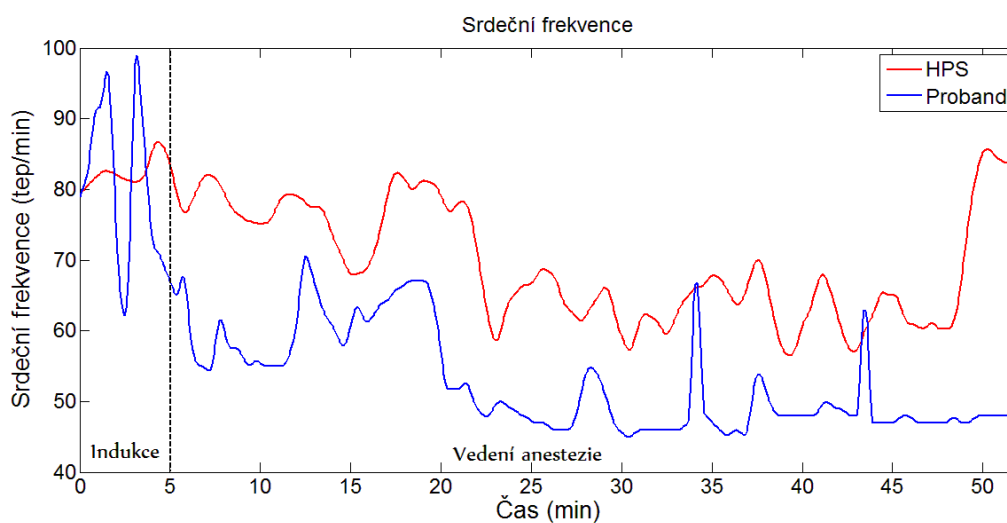
Obrázek B-30: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 10

Tabulka 10: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS10 – Proband10.

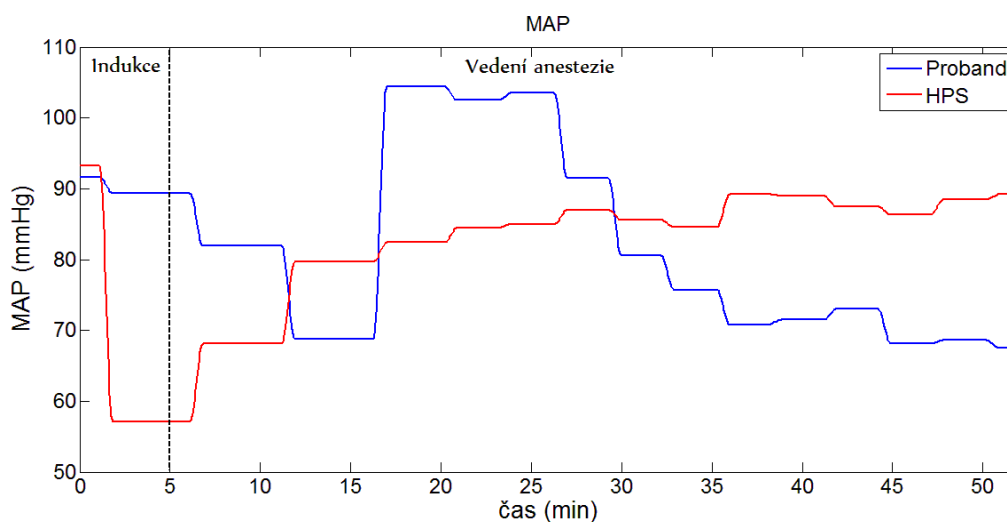
	A	B	C	D	E
HR	-0.1781	0.6115*	-0.1484	-0.0311	0.2406
BP	1	-1	0.5073*	0.7015*	1
SpO2	0.0515	-	-	-0.3257	-0.4172

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

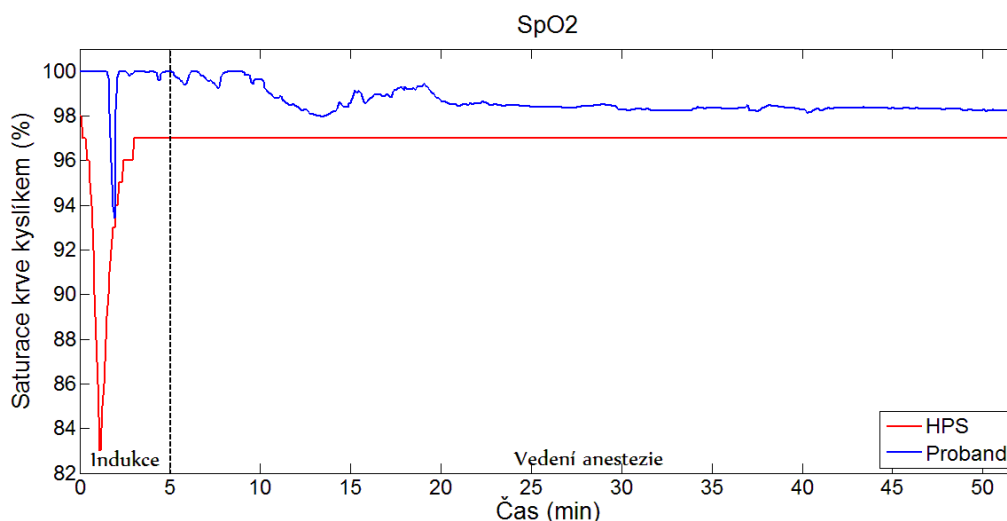
### Simulace 11 – Proband 11



Obrázek B-31: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 11



Obrázek B-32: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 11



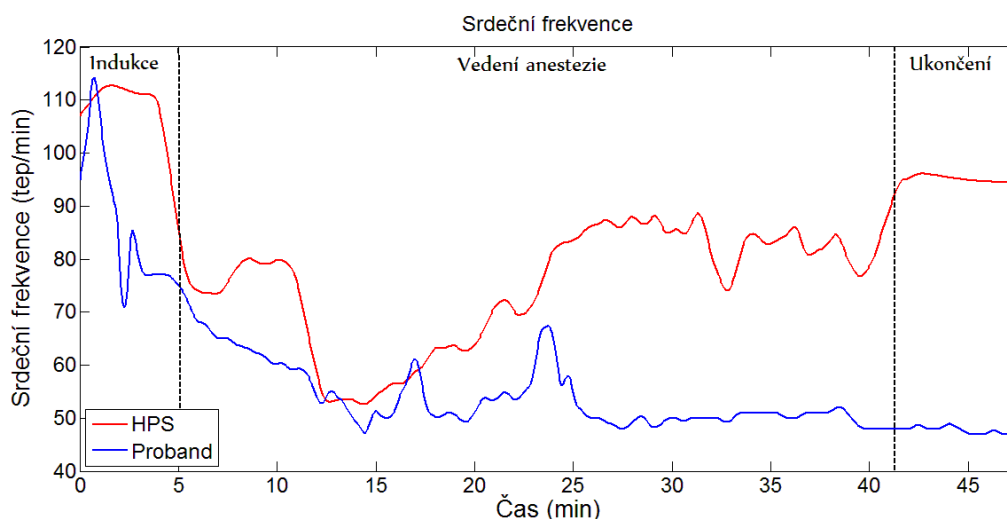
Obrázek B-33: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 11

Tabulka 11: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS11 – Proband11.

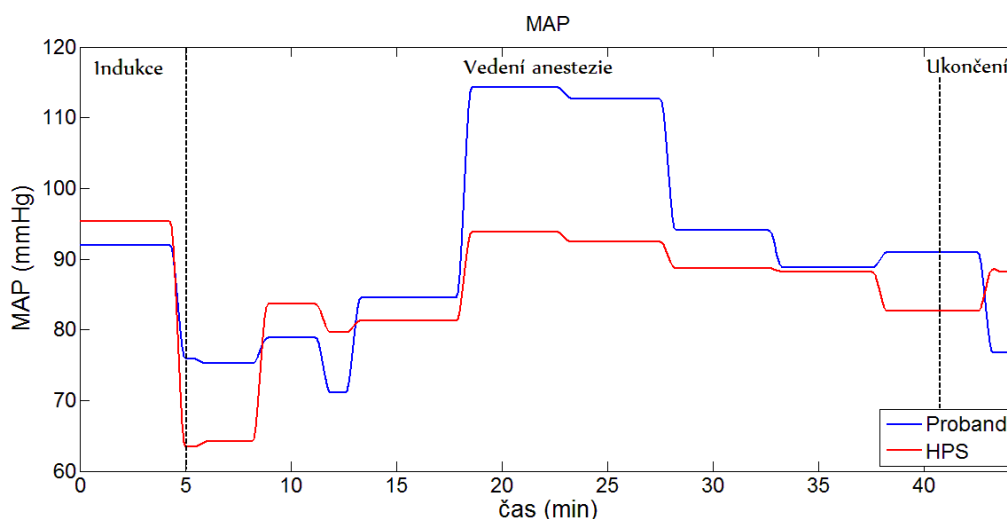
	A	B	C	D	E
HR	0.0881	-0.0647	0.2530	0.4551*	0.0662
BP	-0.7901	-0.9093	-0.8508	-0.6645	1*
SpO2	0.0832	-	-	-0.1879	-0.2016

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

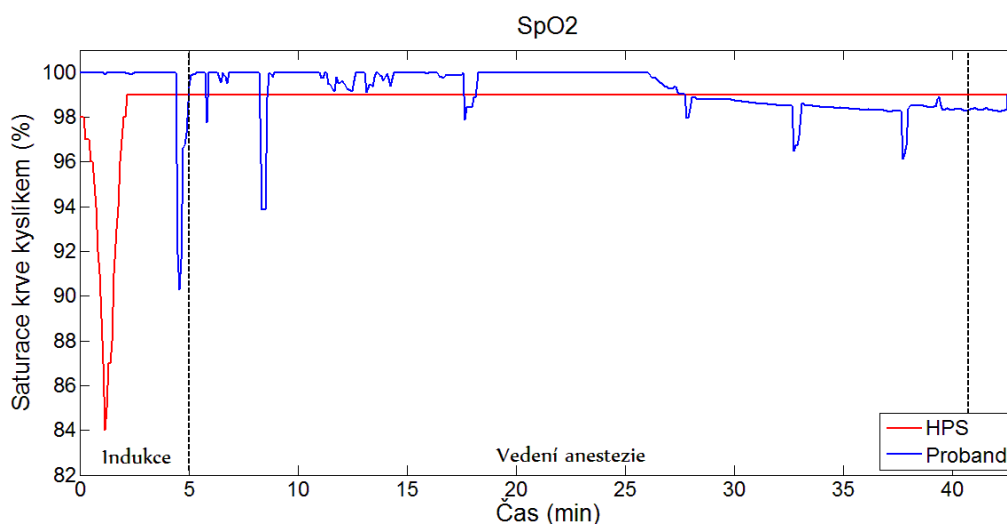
## Simulace 12 – Proband 12



Obrázek B-34: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 12



Obrázek B-35: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 12



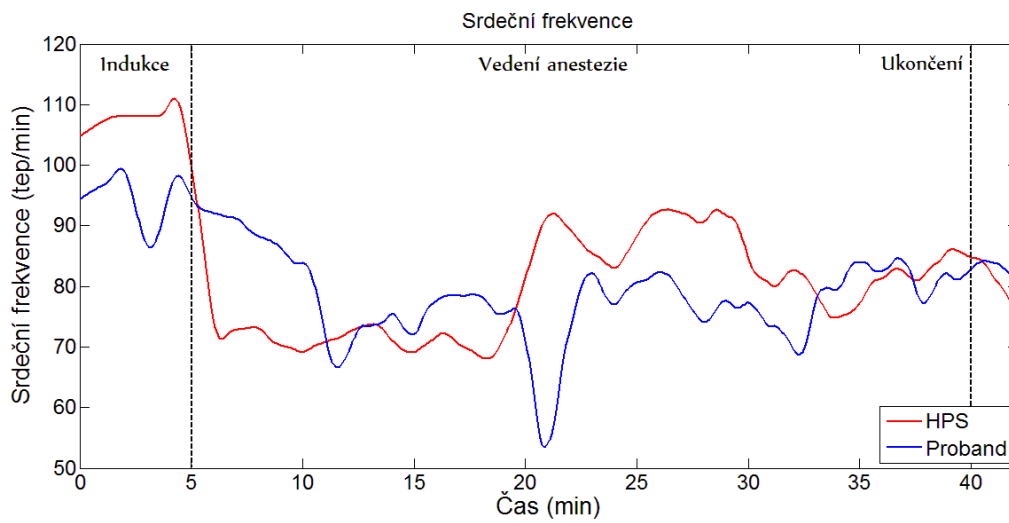
Obrázek B-36: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 12

Tabulka 12: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS12 – Proband12.

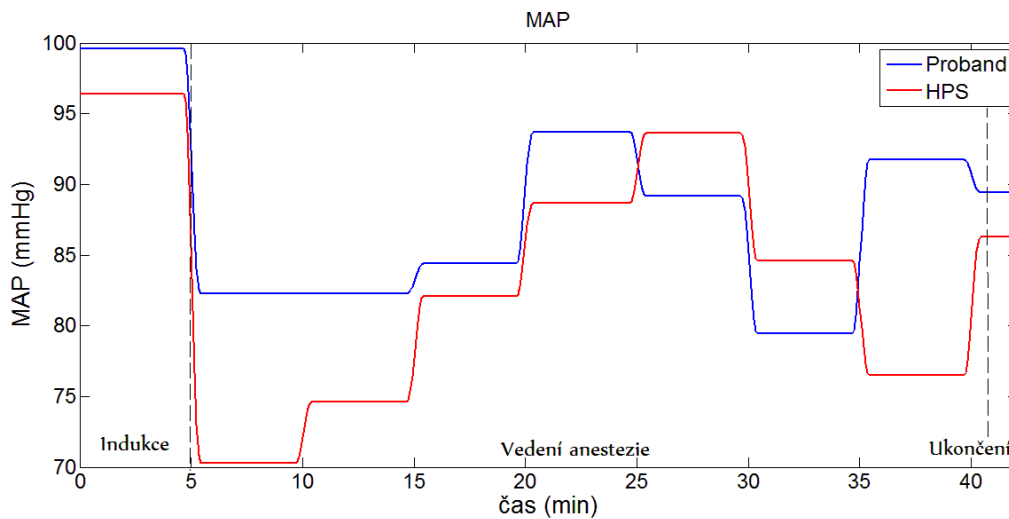
	A	B	C	D	E
HR	0.3094	0.6350*	-0.2728	0.1552	-0.2160
BP	1	0.5965*	0.8365*	0.8003*	0.5438*
SpO2	-0.2218	-	-	-0.2188	-0.2435

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

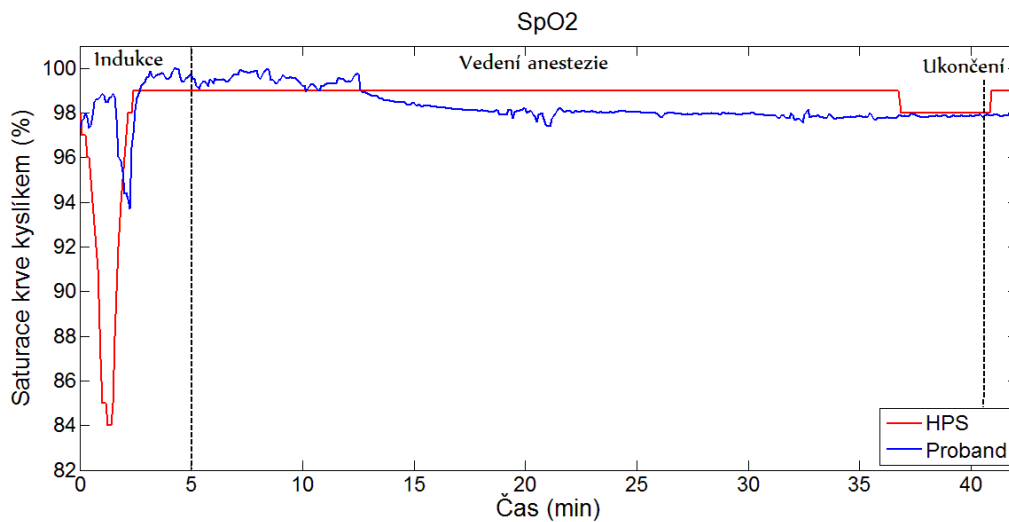
## Simulace 13 – Proband 13



Obrázek B-37: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 13



Obrázek B-38: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 13



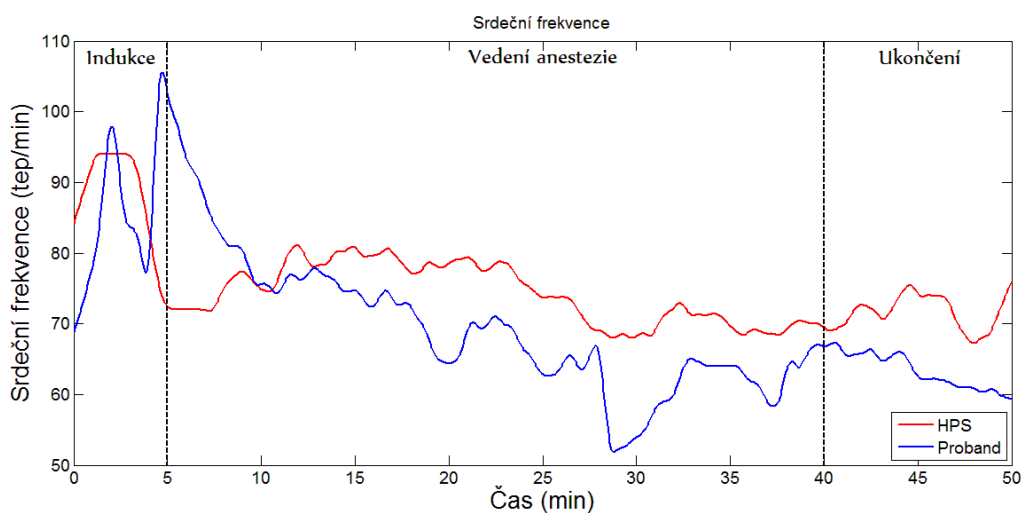
Obrázek B-39: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 13

Tabulka 13: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS13 – Proband13.

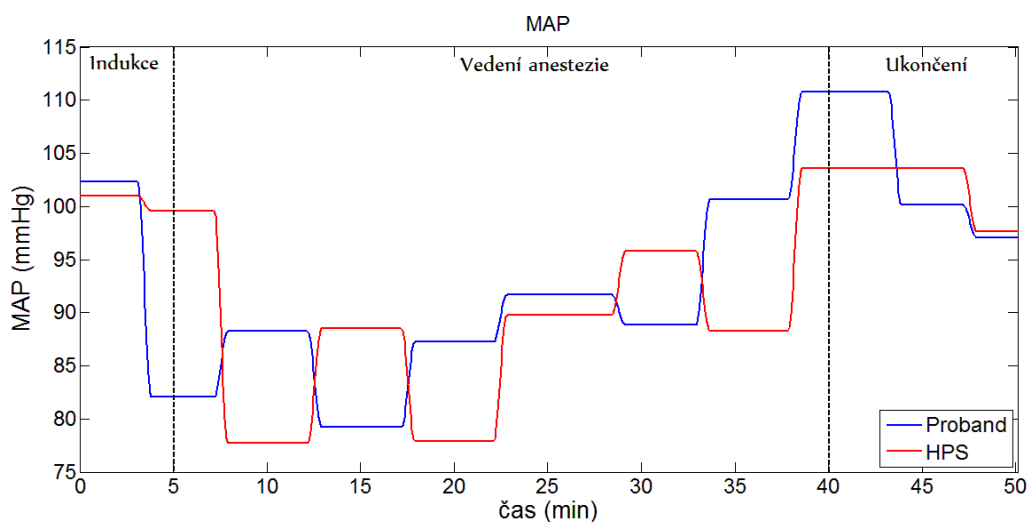
	A	B	C	D	E
HR	0.1034	0.1030	-0.0268	0.2288	0.7105*
BP	1	1	0.1501	0.6366*	-0.4395
SpO2	0.6267*	-	0.3136	0.3426	0.5593*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

### Simulace 14 – Proband 14

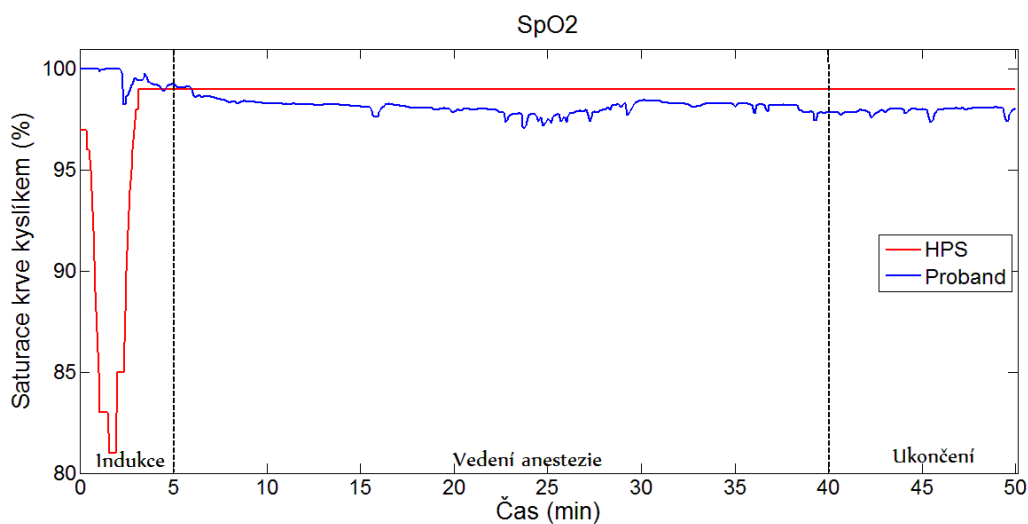


Obrázek B-40: Grafické znázornění průběhu HR v čase pro simulaci 14



Obrázek B-41: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 14





Obrázek B-42: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci

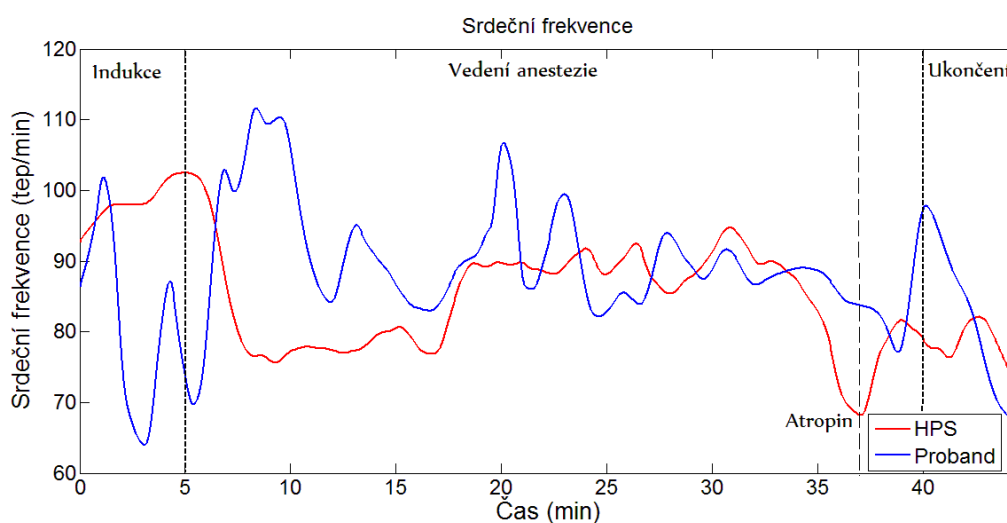
14

Tabulka 14: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS14 – Proband14.

	A	B	C	D	E
HR	0.0178	-0.0359	0.2915	0.3745	0.1591
BP	1	-0.7729	0.5723*	0.5410*	-0.4985
SpO2	-0.5569	-	-	-0.3979	-0.5898

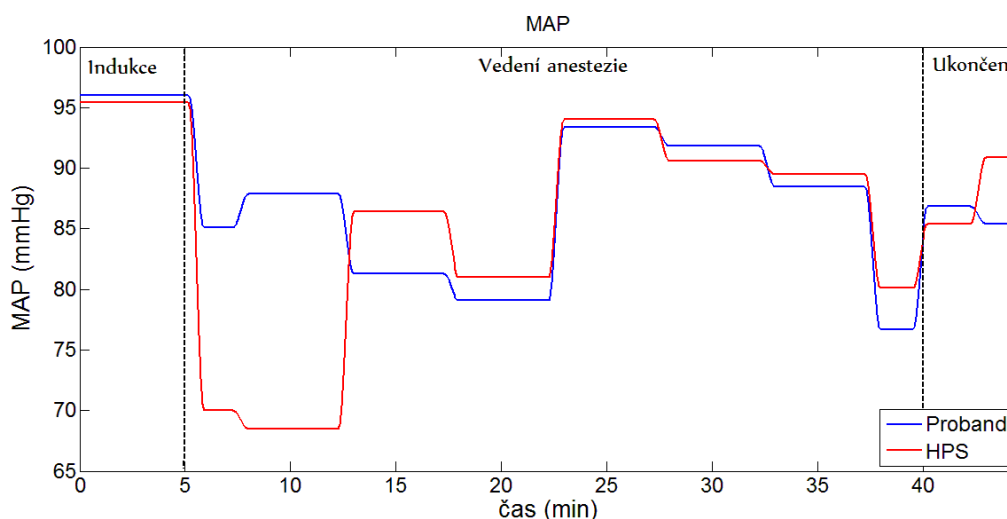
\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

### Simulace 15 – Proband 15

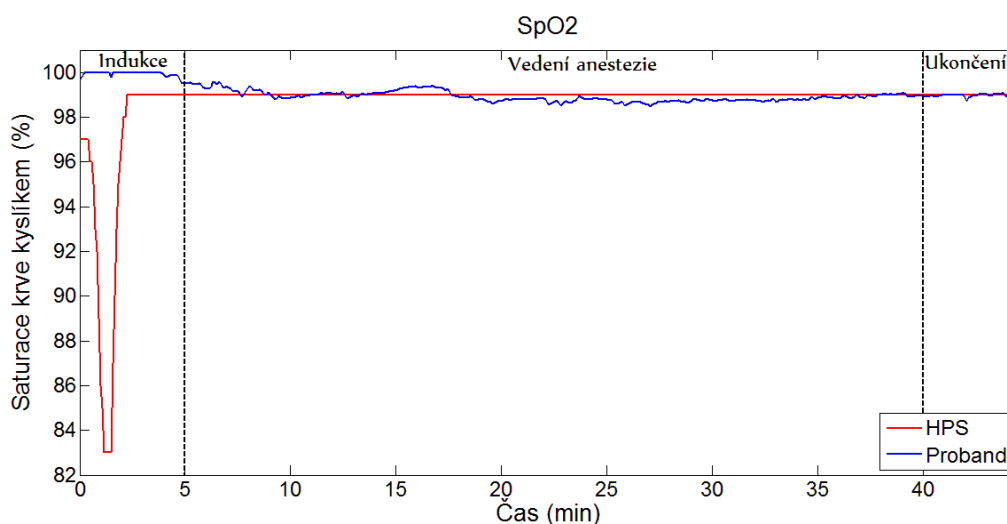


Obrázek B-43: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci

15



Obrázek B-44: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 15



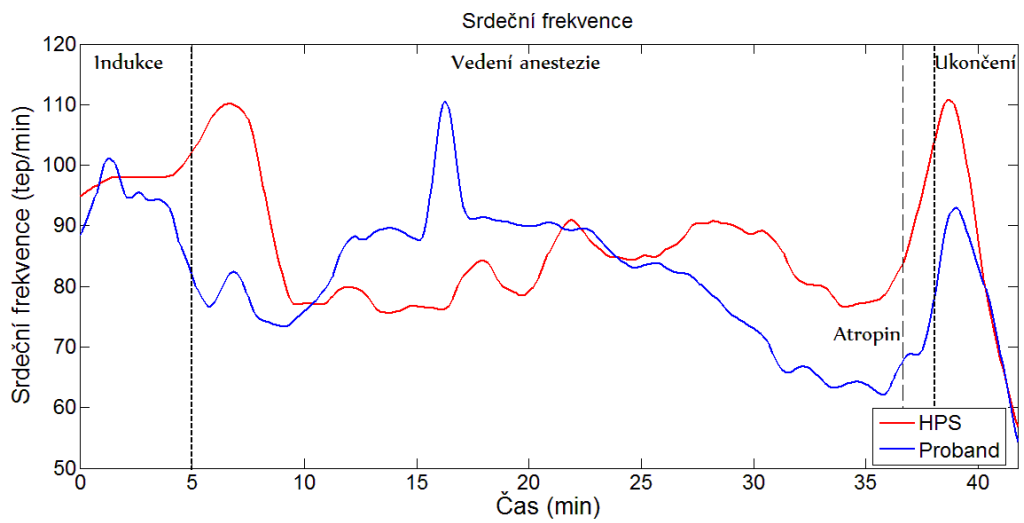
Obrázek B-45: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 15

Tabulka 15: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS15 – Proband15.

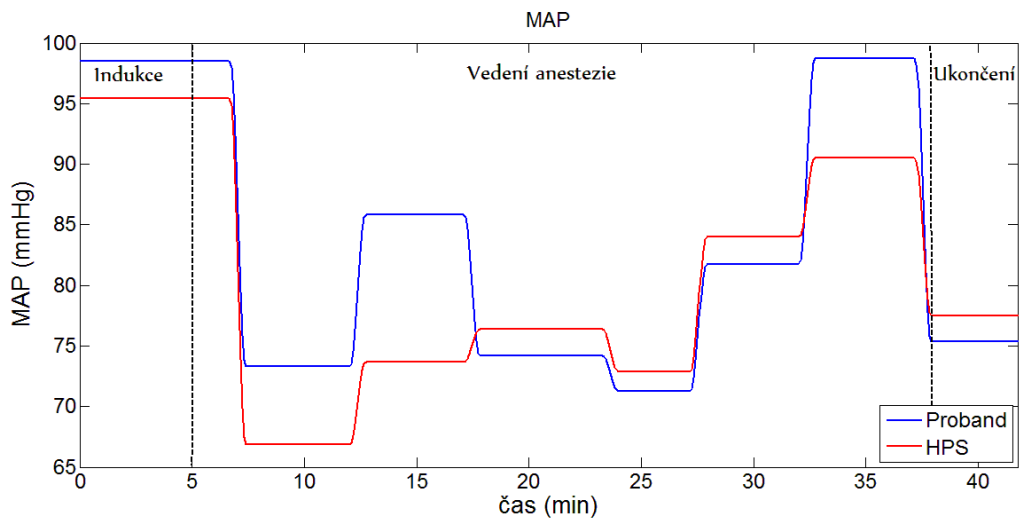
	A	B	C	D	E
HR	-0.1623	-0.3253	0.1614	-0.0895	-0.4426
BP	1	-0.6176	0.8814*	0.7573*	-0.7748
SpO2	-0.2572	-	-	-0.3525	-0.4938

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

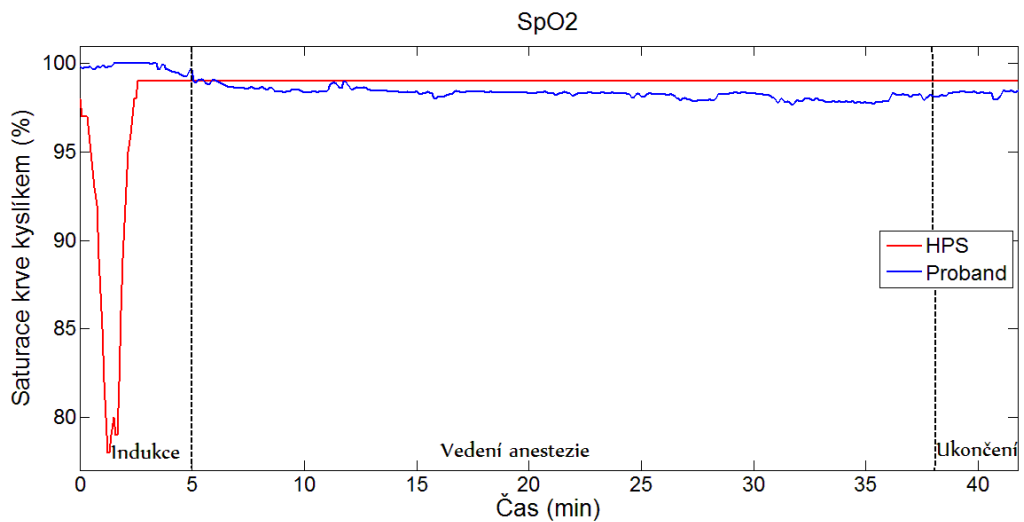
## Simulace 16 – Proband 16



Obrázek B-46: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 16



Obrázek B-47: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 16



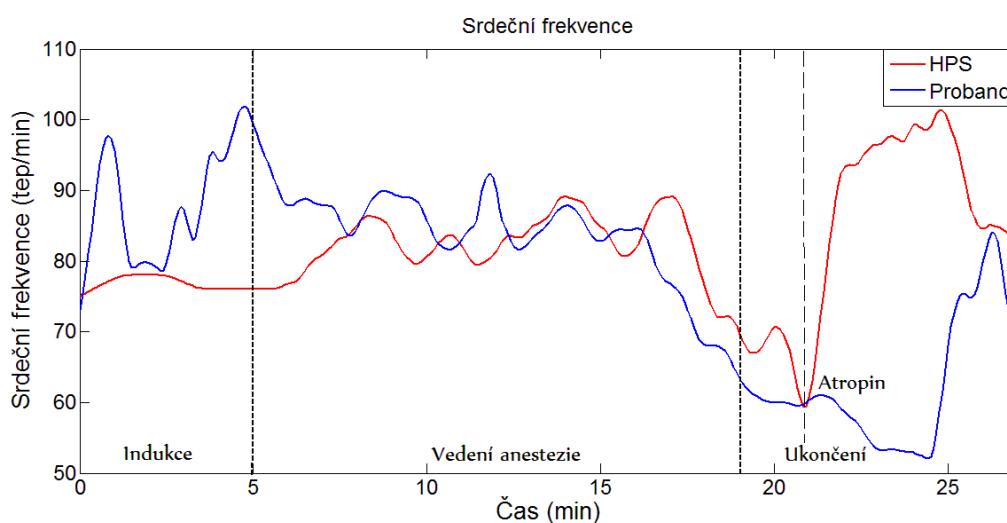
Obrázek B-48: Grafické znázornění průběhu  $S_pO_2$  v čase pro simulaci 16

Tabulka 16: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS16 – Proband16.

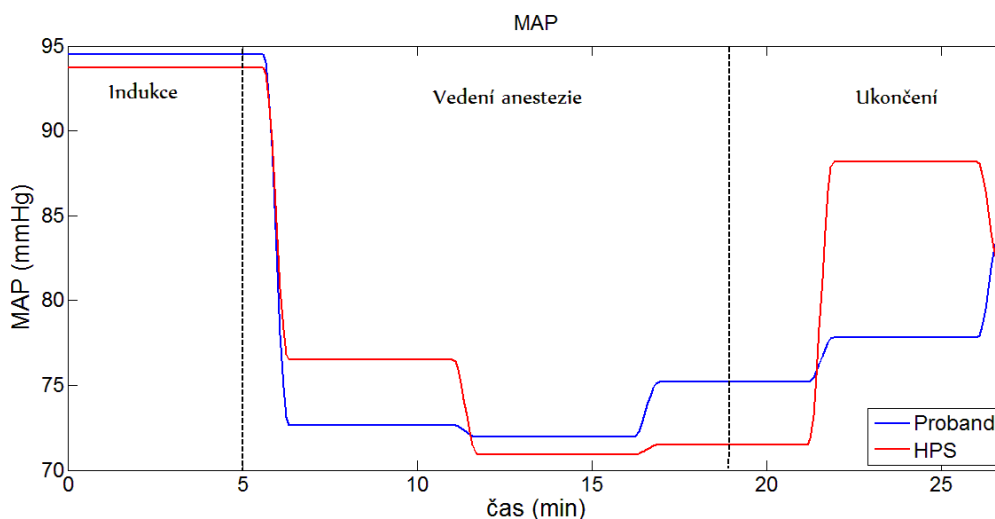
	A	B	C	D	E
HR	0.2509	-0.3143	0.1583	0.1642	0.0261
BP	1*	1*	0.7813*	0.8138*	0.7995*
SpO2	-0.2849	-	-	-0.4047	-0.5709

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

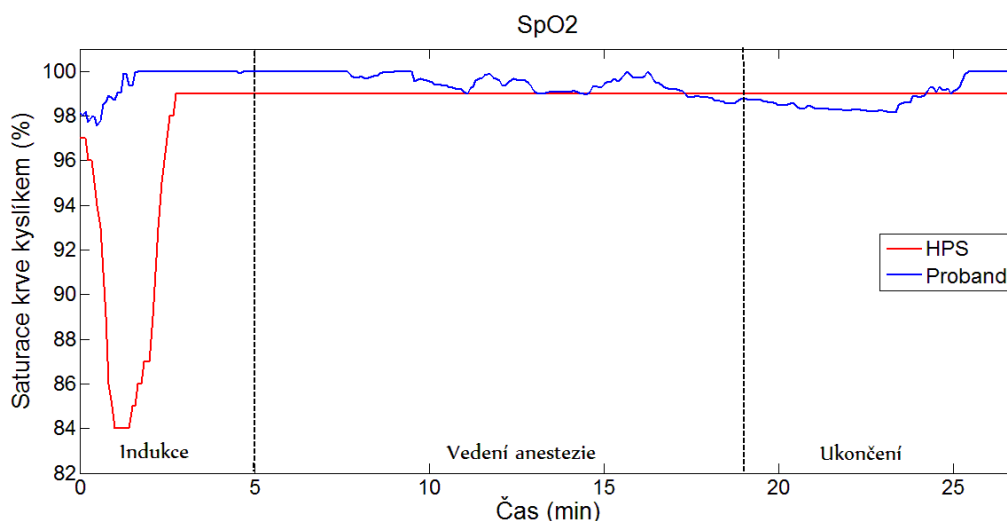
### Simulace 17 – Proband 17



Obrázek B-49: Grafické znázornění průběhu HR v čase pro simulaci 17



Obrázek B-50: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 17



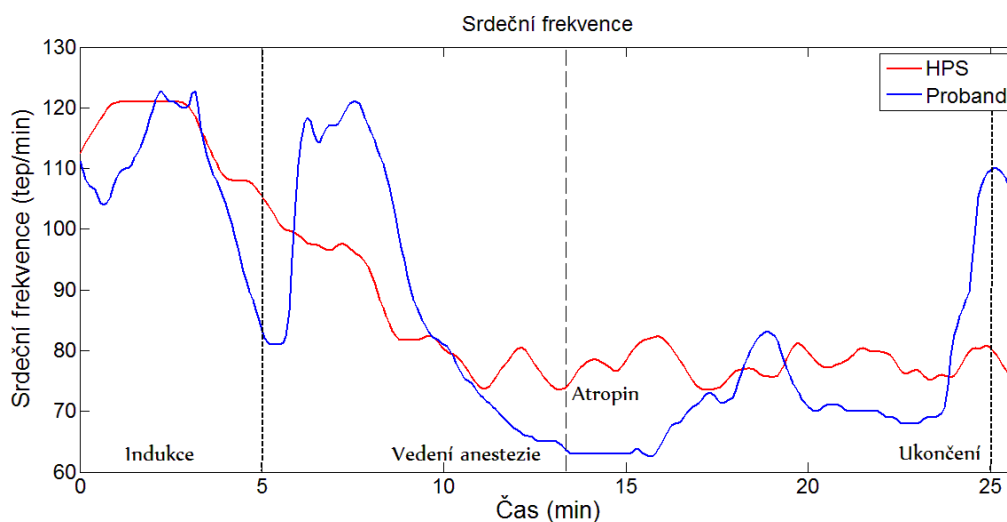
Obrázek B-51: Grafické znázornění průběhu  $S_pO_2$  v čase pro simulaci 17

Tabulka 17: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS17 – Proband17.

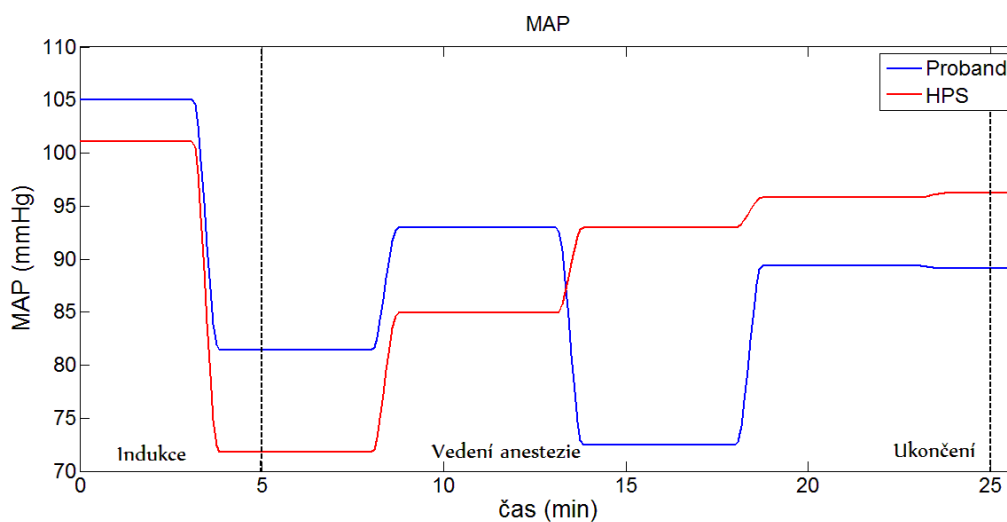
	A	B	C	D	E
HR	-0.2292	-0.2570	-0.1380	-0.1534	0.8349*
BP	1*	1*	0.9467*	0.9056*	0.9371*
SpO2	0.5525*	-	-	0.0241	-0.5321

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

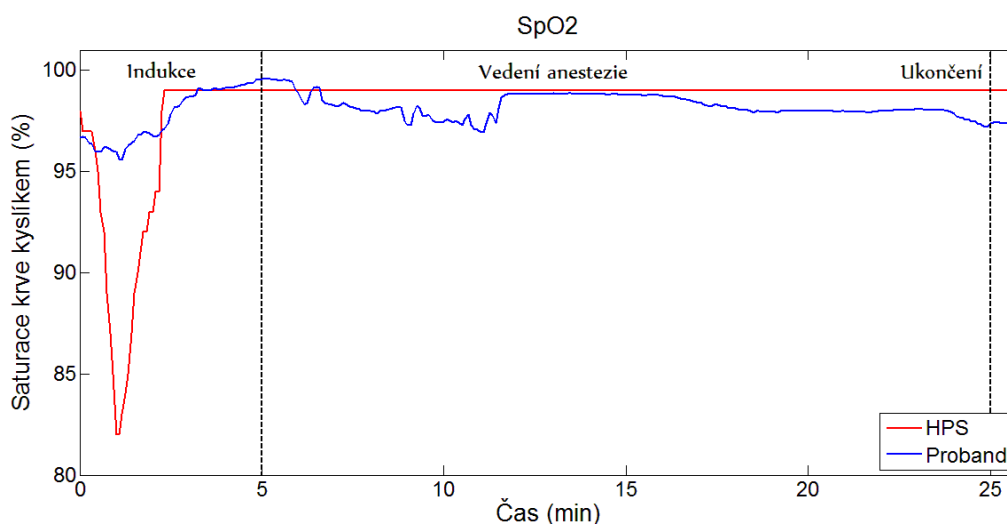
### Simulace 18 – Proband 18



Obrázek B-52: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 18



Obrázek B-53: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 18



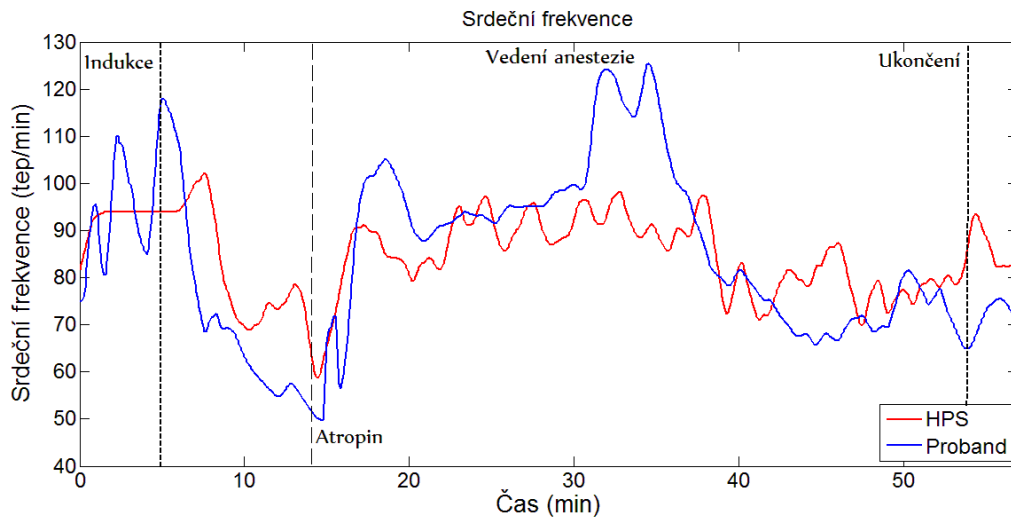
Obrázek B-54: Grafické znázornění průběhu  $S_pO_2$  v čase pro simulaci 18

Tabulka 18: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS18 – Proband18.

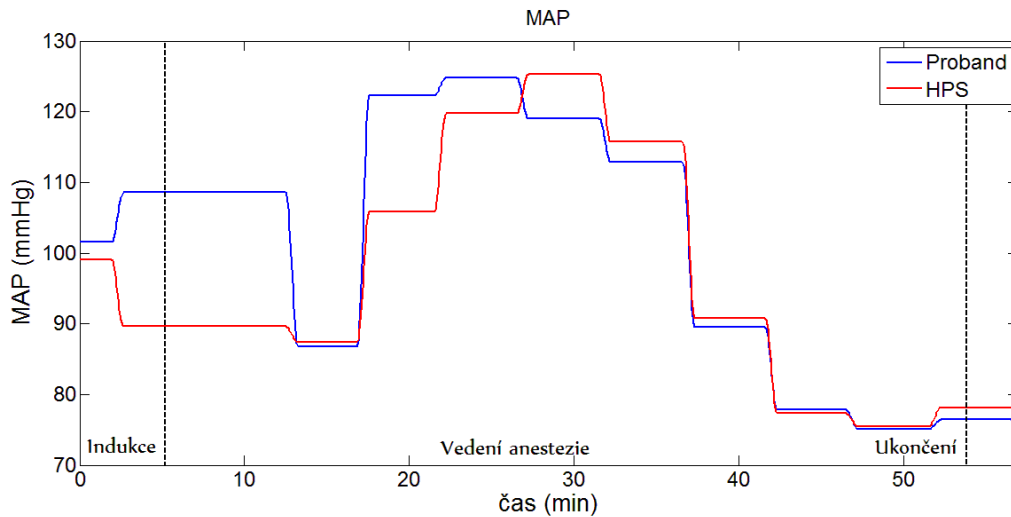
	A	B	C	D	E
HR	0.6963*	0.5894*	0.1743	0.6070*	0.7199*
BP	1*	0.0421	0.2990	0.3945	0.8873*
SpO2	0.8599*	-	-	0.4919*	0.6341

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

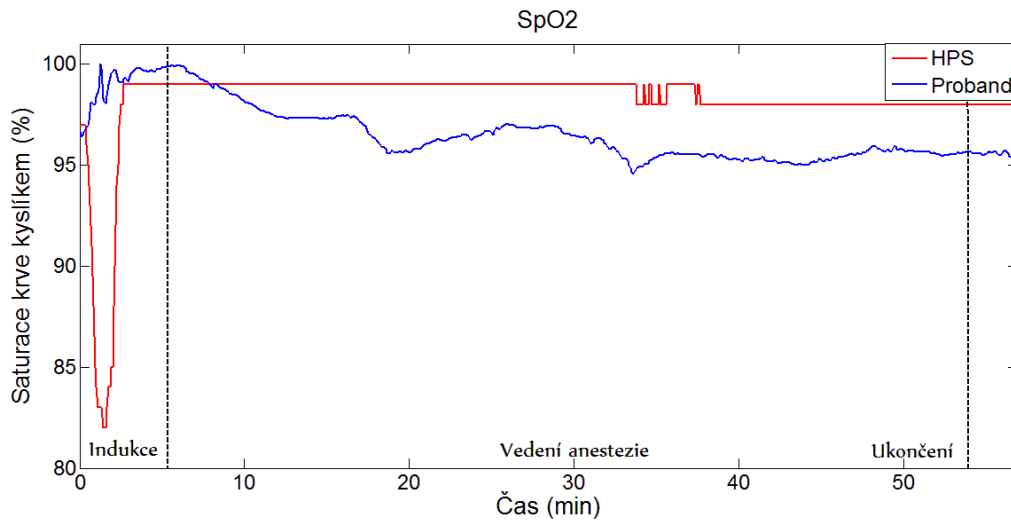
## Simulace 19 – Proband 19



Obrázek B-55: Grafické znázornění průběhu srdeční frekvence v čase pro simulaci 19



Obrázek B-56: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 19



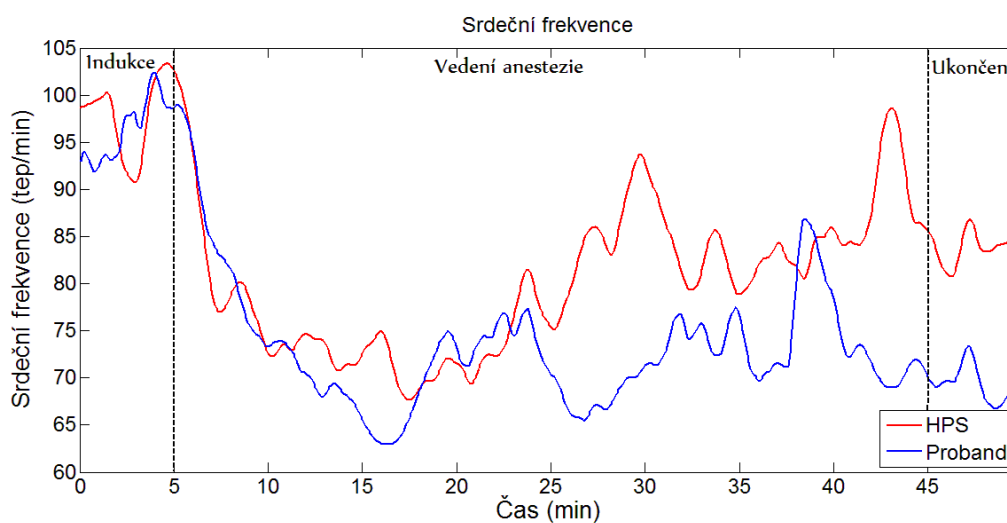
Obrázek B-57: Grafické znázornění průběhu  $S_pO_2$  v čase pro simulaci 19

Tabulka 19: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS19 – Proband19.

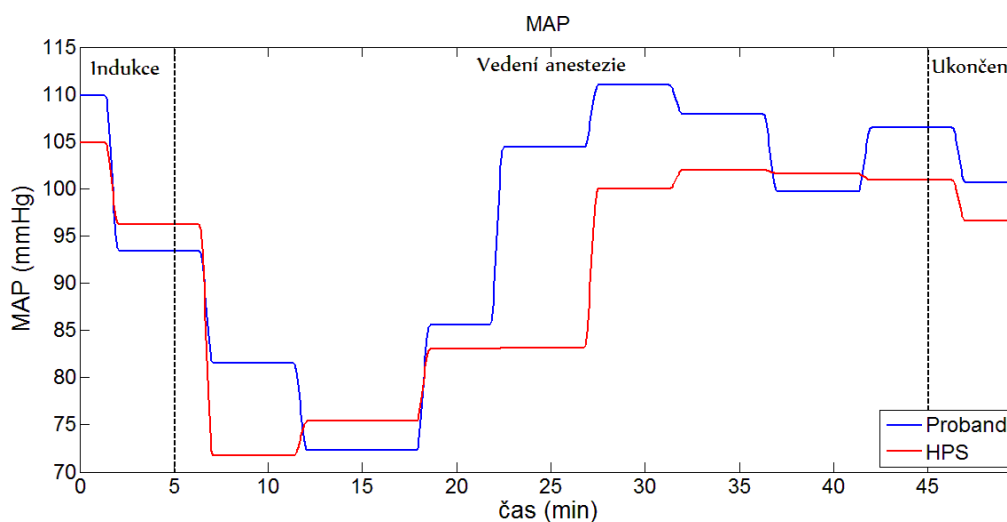
	A	B	C	D	E
HR	0.3655	0.6922*	0.3361	0.4207*	0.7652*
BP	-1	1*	0.8180*	0.8806*	0.8688*
SpO2	0.4828*	-	0.6801*	0.5274*	0.6473*

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

### Simulace 20 – Proband 20

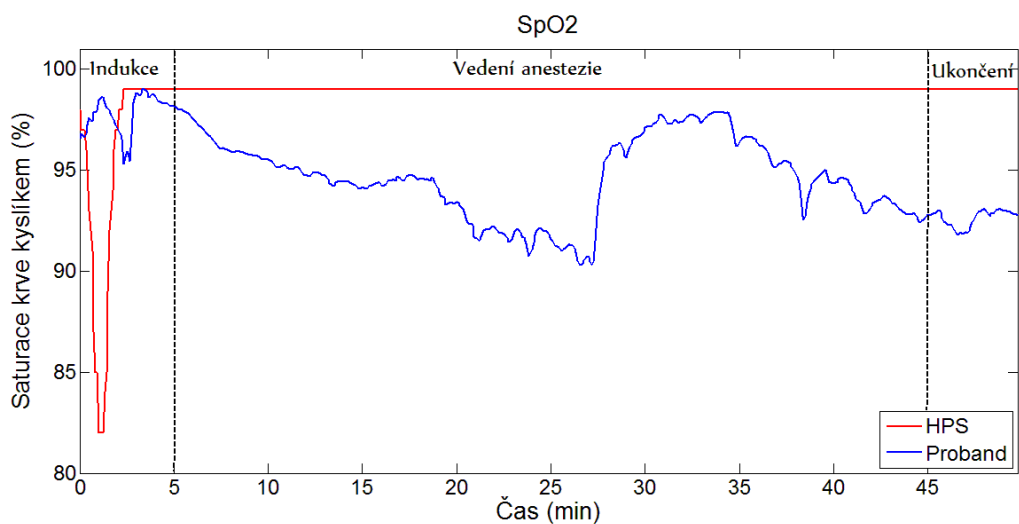


Obrázek B-58: Grafické znázornění průběhu HR v čase pro simulaci 20



Obrázek B-59: Grafické znázornění průběhu MAP v čase pro simulaci 20





Obrázek 60: Grafické znázornění průběhu saturace krve kyslíkem v čase pro simulaci 20

Tabulka 20: Míra korelace mezi průběhy vitálních parametrů v jednotlivých časových úsecích (A [0. – 5. minuta], B [5. – 15. minuta], C [15. minuta až konec simulace], D [Celkový průběh CA], E [0. až 15. minuta]) CA pro dvojici HPS20 – Proband20.

	A	B	C	D	E
HR	-0.0214	0.5217*	-0.0110	0.2283	0.6961*
BP	1*	0.0285	0.5648*	0.7835*	0.2806
SpO2	0.2764	-	-	-0.2835	-0.3385

\* Korelační koeficient je statisticky významný pro  $p < 0,05$ .

## Příloha č. 2: Měřicí protokol

## Měřicí protokol

Měření CA při laparoskopických zákrocích na gynekologicko-porodnickém oddělení Thomayerovy nemocnice

Datum měření	Přibližný čas měření	Sál	Zapsal
--------------	----------------------	-----	--------

### Personální zajištění - Příchod do nemocnice

- Vykonavatel měření

Jméno:

Příjmení:

Podpis:

- Převlečení do sálového oděvu.
- Dezinfekce rukou.

### Technické zajištění - Nastavení nahrávání dat

- Spustit notebooku.
- Vytvořit složku pacienta pro ukládání nahrávaných dat.
- Propojit počítač s patientským monitorem Datex Ohmeda.
- Spustit software Datex Ohmeda S/5 Collect, Version 4.0, zkontrolovat připojení správného portu.
- V softwaru S/5 Collect vybrat vitální parametry (trends) pro nahrávání.
  - HR
  - NIBPsys
  - NIBPdia
  - NIBPmean
  - S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>
  - E<sub>t</sub>CO<sub>2</sub>
- Volba intervalu vzorkování vitálních parametrů.
  - 1 s                       5 s                       10 s                       30 s
  - 1 min                       5 min                       10 min                       30 min
  - 1 hod
- V softwaru S/5 Collect vybrat vitální parametry (waveforms) pro nahrávání.
  - ECG1
  - Pleth
  - CO<sub>2</sub>
- Volba vzorkovací frekvence pro ECG1, Pleth, CO<sub>2</sub>.
  - 300 Hz                       200 Hz                       100 Hz                       50 Hz
  - 50 Hz                       25 Hz                       10 Hz                       5 Hz
  - 1 Hz

- Volba periody zobrazování ECG1, Pleth, CO<sub>2</sub> na monitoru.
  - 5 s                       10 s                       30 s                       1 min                       5 min
- Spustit nahrávání dat.
  - DRC – uložit do vytvořené složky pacienta.
  - ASCII – uložit do vytvořené složky pacienta.
- Kontrola nahrávání dat.

### Údaje probanda

- Záznam osobních údajů probanda:  
 Výška:    Váha:    Ročník:
- OA probanda:  
 Krevní tlak:  
 Srdeční frekvence:

### Průběh měření

- Záznam aplikovaných farmak probandovi do záznamu o anestezii ARK TN.
- Záznam údajů z anesteziologického přístroje do záznamového archu.
- Záznam změny hodnot aplikovaného inhalačního anestetika probandovi do záznamového archu.
- Záznam situací ovlivňující změny hodnot vitálních parametrů.

situace	čas			
Změna polohy pacienta				
Laparoskopický výkon				

### Závěrečná část

- Ukončit nahrávání dat.
- Zálohovat data z počítače připojeného k patientskému monitoru.
- Odpojit datový kabel od patientského monitoru a počítače.
- Vypnout počítač.